Библиотека СОК

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Е.В. Тарасов

МОНТАЖ, НАЛАДКА, ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Часть I

ВОЗДУШНЫЕ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета

Издательство
Томского политехнического университета
2010

УДК 621.31
Т19

Тарасов Е.В.

Т19 Монтаж, наладка, эксплуатация электрооборудования. Часть I. Воздушные и кабельные линии электропередачи: учебное пособие / Е.В. Тарасов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 146 с.

В пособии описаны элементы конструкций воздушных и кабельных линий электропередачи, их монтажа, ремонта, технического обслуживания и эксплуатации.

Предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 140211 «Электроснабжение» направления 140200 «Электроэнергетика».

УДК 621.31

Рецензенты

Кандидат технических наук, доцент кафедры
общей электротехники и автоматики ТГАСУ
В.М. Педиков

Кандидат технических наук, старший научный
сотрудник НИИ высоких напряжений
Ф.Г. Секисов

© ГОУ ВПО НИ ТПУ, 2010
© Тарасов Е.В., 2010
© Обложка. Издательство Томского
политехнического университета, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебное пособие по содержанию соответствуют программе дисциплины «Монтаж, наладка, эксплуатация электрооборудования» для студентов электротехнических и электромеханических специальностей ЭЛТИ Томского политехнического университета. При этом автором учитывалось занимаемое в учебном плане указанных специальностей место этой дисциплины в ряду других электротехнических дисциплин, надеясь на знание студентом ранее изученных дисциплин.

Работа ориентирована на изучение теоретического материала дисциплины с практическим его использованием при проектировании системы внутризаводского и внешнего электроснабжения.

Рассмотрены технологические основы монтажа воздушных линий электропередачи. Классический вариант воздушной линии с голыми проводами (ВЛ) на класс напряжения до 35 кВ представлен в виде набора технических приемов проведения операций, подкрепленных иллюстрациями. Большое внимание уделено воздушным линиям с изолированными проводами (ВЛИ), монтируемыми проводами СИП 1, СИП 2, СИП 3, напряжением до- и свыше 1000В. В технических аспектах вопроса приведены различные варианты применения арматуры и приспособлений для монтажа. На сегодняшний день это новинка в отечественной электротехнике и знание современных технологий пригодится студентам на производственной практике и при работе на энергетических предприятиях.

Технологии монтажа кабельных линий электропередачи внутризаводских электрических сетей подкреплены большим количеством иллюстраций, показывающих отдельные приемы выполнения операций. В соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ) на рисунках проиллюстрированы нормативные расстояния пересечений, сближений, переходов и ответвлений кабельных линий (КЛ).

Особое место в работе уделяется методикам выявления видов и мест повреждений воздушных и кабельных линий электропередачи сетей до 35 кВ включительно с различными режимами заземления нейтрали.

Текущее обслуживание сетей состоит из периодических осмотров, контрольных измерений и испытаний, методики которых подробно изложены в работе.

ГЛАВА 1. МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

1.1. Подготовительные работы

До начала работ по сооружению воздушных линий электропередачи (ВЛ) должны быть выполнены следующие работы:

- получены разрешения на ведение работ по трассе ВЛ, включая территории лесных массивов и сельскохозяйственных угодий;
- подготовлены временные помещения для размещения монтажных бригад и прорабских участков;
- организованы временные базы для складирования материалов;
- проверены состояние дорог, мостов и подъездных путей к трассе ВЛ, при необходимости сооружены временные подъездные дороги;
- расчищена полоса земли вдоль трассы, а в лесной местности устроены просеки;
- осуществлен предусмотренный проектом снос строений, находящихся на трассе ВЛ или вблизи нее и препятствующих производству работ;
- выполнен производственный пикетаж - установка вдоль трассы ВЛ пикетов, отмечающих будущие места установки опор.

После устройства временных баз для хранения материалов выполняется транспортировка этих материалов в район прохождения трассы ВЛ.

Перевозка опор на трассу ВЛ осуществляется специальными столбовозами. Барабаны с проводом перевозят в вертикальном положении, закрепляя их в кузове автотранспорта растяжками из стальной проволоки. Фарфоровые и стеклянные подвесные изоляторы, предварительно проверенные и собранные в гирлянды требуемой длины транспортируются на трассу ВЛ в специальных деревянных контейнерах, предохраняющих изоляторы от механических повреждений. Разгрузка опор и барабанов с проводом должна выполняться, как правило, подъемными кранами.

Поставка строительной техники на трассу ВЛ осуществляется своим ходом или на специальных автомобильных платформах.

1.2. Воздушные линии с голыми проводами

1.2.1. Сборка и установка опор

Сборка опор. Стойки деревянных опор (рис. 1.1) соединяются внахлест с железобетонными приставками (пасынками). Соединения приставок с деревянной стойкой выполняются с помощью бандажей из стальной проволоки или стальных хомутов. Для бандажей применяется мягкая оцинкованная проволока диаметром 4 мм или неоцинкованная проволока диаметром 5…6 мм. Число витков бандажа принимается равным:

- 12 – при диаметре проволоки 4 мм;
- 10 – при диаметре проволоки 5 мм;
- 8 – при диаметре проволоки 6 мм.

Деревянные опоры для ВЛ напряжением 35 кВ и выше поставляются отдельными элементами (стойки, траверса, раскосы), сборка которых между собой выполняется с помощью болтовых соединений.

В стойках деревянных опор ВЛ напряжением до 10 кВ высверливаются отверстия для вкручивания стальных крючьев, на которые с помощью полиэтиленовых колпачков армируются штыревые изоляторы. На траверсах деревянных П-образных опор ВЛ напряжением 35 кВ и выше в просверленные отверстия устанавливаются элементы сцепной арматуры для дальнейшего крепления гирлянд изоляторов. При необходимости по стойке деревянной опоры прокладывается заземляющий спуск из стальной проволоки.

На железобетонных опорах ВЛ с помощью специальных хомутов монтируются стальные траверсы. Для ВЛ напряжением до 10 кВ эти траверсы имеют штыри, на которые с помощью полиэтиленовых колпачков армируются штыревые изоляторы. Для ВЛ напряжением 35 кВ и выше на концы траверс устанавливаются элементы сцепной арматуры для дальнейшего крепления гирлянд подвесных изоляторов.

Металлические опоры поставляются отдельными элементами, сборка которых между собой выполняется с помощью болтовых соединений. После завершения сборки металлических опор производится восстановление их антикоррозийного покрытия в местах его повреждения при транспортировке и сборке.

Сборка опор выполняется по возможности ближе к месту ее будущей установки. При сборке применяются автокраны, домкраты и другие механизмы и инструменты. Собранные опоры должны соответствовать рабочим чертежам проекта ВЛ.

Фундаменты опор. Металлические опоры устанавливаются на железобетонные фундаменты (подножники) или сваи. Котлованы под

фундаменты металлических опор разрабатываются экскаваторами. Заглубление железобетонных свай в грунт выполняется виброударным способом. Глубина заложения фундаментов или свай должна соответствовать проекту ВЛ.

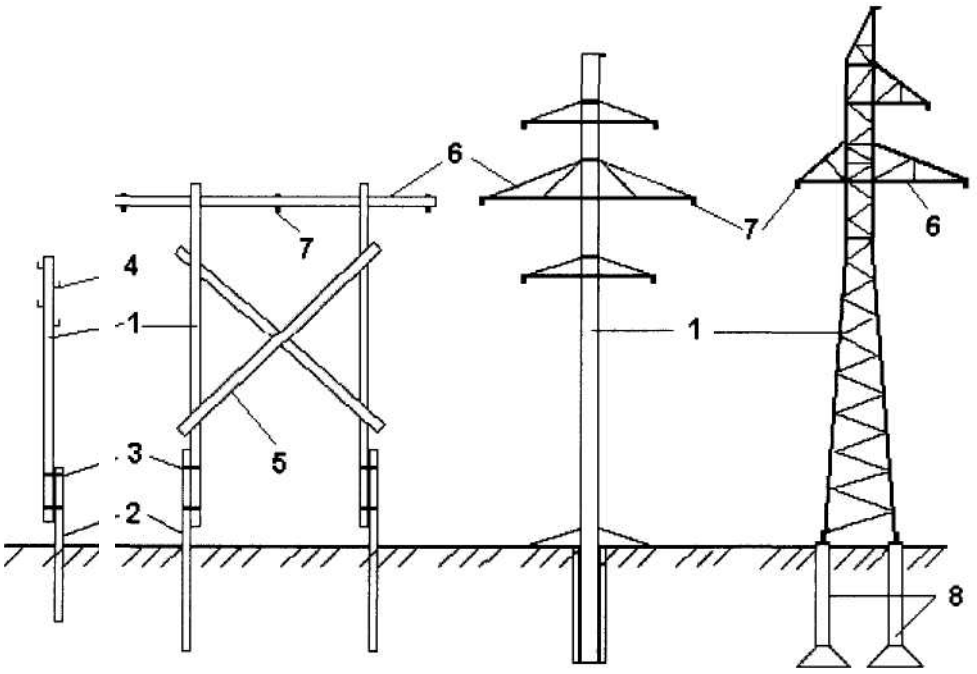


Рис. 1.1. Деревянные (а), железобетонная (б) и стальная (в) опоры ВЛ: 1 - стойка опоры; 2 - железобетонная приставка (пасынок); 3 - бандаж из стальной проволоки или стальной хомут; 4 - крючья для армировки изоляторов; 5 - раскосы для жесткости; 6 - траверсы; 7 - сцепная арматура для крепления гирлянды изоляторов; 8 - железобетонные фундаменты.

Одновременно с устройством фундаментов выполняется монтаж заземляющих устройств – устанавливаются искусственные вертикальные и горизонтальные заземлители. В качестве естественных заземлителей используются непосредственно железобетонные фундаменты опор.

Верхние части железобетонных фундаментов нивелируются по горизонтали и на них устанавливается жесткий шаблон, соответствующий размерам нижней части металлической опоры. После этого котлованы засыпаются с послойной трамбовкой грунта. Шаблон снимается после засыпки котлованов.

Железобетонные и деревянные опоры устанавливаются без фундаментов. Котлованы для деревянных и железобетонных опор разрабатываются специальными буровыми машинами. Диаметр котлована должен

превышать нижний диаметр (размер) стойки опоры на 5…10 см. Глубина котлованов должна соответствовать проекту ВЛ.

Установка опор. Методы установки опор зависят от их конструкций, фундаментов, а также наличия тех или иных подъемных средств и механизмов. Большинство опор устанавливаются с помощью подъемного крана соответствующей грузоподъемности. Вылет и рабочий ход стрелы подъема крана должны обеспечивать полный подъем опоры, перемещение ее к месту установки и удержание в вертикальном положении до закрепления опоры на фундаменте или в грунте.

При установке опоры выверяется ее вертикальное положение. Для металлических опор используются металлические прокладки, устанавливаемые между пятой опоры и верхней плоскостью железобетонного фундамента. Вертикальность деревянных и железобетонных опор достигается с помощью временных оттяжек и упоров до окончательного закрепления опоры в грунте. Котлованы под деревянные и железобетонные опоры после выверки их вертикального положения засыпаются гравийно-песчаной смесью с послойным трамбованием.

1.2.2. Монтаж проводов и молниезащитных тросов

Монтаж проводов (тросов) выполняется отдельно на каждом участке ВЛ, ограниченном двумя ближайшими анкерными опорами (анкерном пролете), и состоит из следующих основных операций:

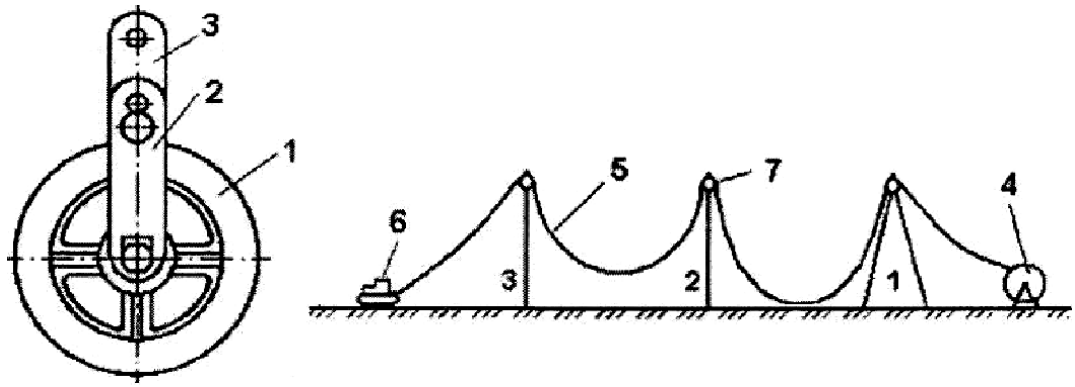
- раскатки проводов, включая их соединения и подъем на опоры;
- натяжения проводов с регулировкой стрелы провеса;
- крепления проводов к изоляторам опор.

Перед раскаткой проводов к опорам подвешиваются специальные монтажные ролики (1.2, *а*), на которые вывешивается провод в процессе раскатки, и по которым выполняется последующее натяжение провода. Раскатка проводов проводится с помощью тягового механизма (трактора) и может осуществляться двумя способами:

- установкой барабана с проводом на стационарном устройстве (козлах или винтовых домкратах) в начале монтируемого участка и закреплением конца провода у движущегося вдоль трассы трактора (рис. 1.2, б);
- закреплением конца провода в начале монтируемого участка и установкой барабана с проводом на движущемся вдоль трассы тракторе.

Второй способ раскатки обеспечивает лучшую сохранность провода от механических повреждений при трении о грунте, однако при-

менение этого способа ограничено. В частности, невозможно раскатать и вывесить средний провод у деревянных П-образных опор с раскосами.



а *б*

Рис. 1.2. Монтажный ролик (а) и фрагмент раскатки провода (б);
а: 1 - диск; 2 - откидная щека для укладки провода; 3 - подвеска для крепления;
б: 1 - анкерная опора; 2, 3 - промежуточные опоры; 4 - барабан с проводом;
5 - провод; 6 - тяговый механизм (трактор); 7 - монтажный ролик.

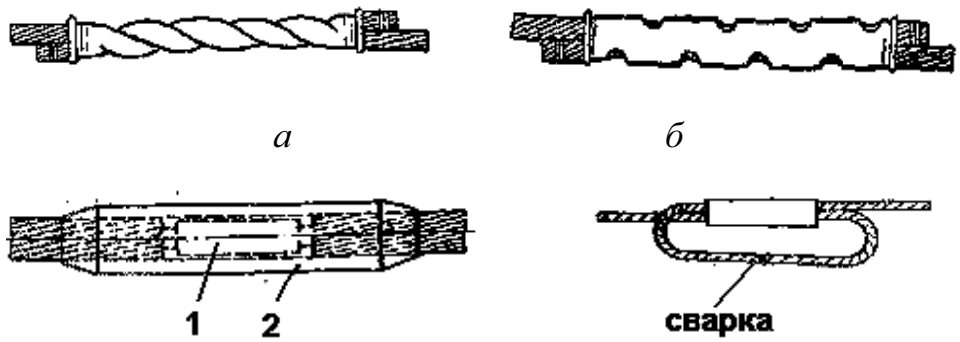
Указанная технология раскатки применяется для голых (неизолированных) алюминиевых и сталеалюминиевых проводов.

При раскатке проводов производится их соединение. Голые алюминиевые и сталеалюминиевые провода сечением до 185 мм^2 соединяются с помощью овальных соединителей, представляющих собой алюминиевую трубку овального сечения. В соединитель с разных сторон вставляются концы соединяемых проводов, после чего с помощью переносных монтажных инструментов производится скручивание соединителя (рис. 1.3, *а*) или его обжатие (рис. 1.3, *б*).

Для повышения надежности контактного соединения и уменьшения его переходного сопротивления короткие концы соединяемых проводов, выходящие из овального соединителя, свариваются с помощью термитного патрона (рис. 1.3, *г*).

Сталеалюминиевые провода сечением 240 мм^2 и более соединяются с помощью прессуемых соединителей, состоящих из двух трубок - стальной и алюминиевой (рис. 1.3, *в*). Для соединения таких проводов применяется переносный ручной пресс. С помощью стальной трубки 1 опрессовываются концы стальных сердечников соединяемых проводов, с помощью алюминиевой трубки 2, накладываемой поверх стальной, опрессовываются алюминиевые части соединяемых проводов.

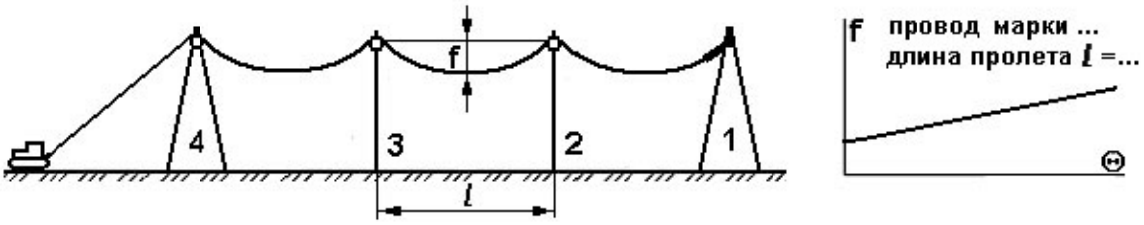
В одном пролете ВЛ допускается не более одного соединения на провод каждой фазы.



а *б* *в* *г*

Рис. 1.3. Соединения алюминиевых и сталеалюминиевых проводов

Натяжение проводов (рис. 1.4, *а*) выполняют с помощью тягового механизма (трактора, лебедки). При натяжении проводов необходимо следить за прохождением через монтажные ролики мест соединений проводов, у пересекаемых проезжих дорог должны быть выставлены сигнальщики.



а *б*

Рис. 1.4. Натяжение проводов (а) и монтажный график (б)

При натяжении проводов регулируются их стрела провеса *f*-расстояние между прямой, соединяющей точки подвеса провода на опорах и низшей точкой провисания провода. Регулировка стрелы провеса выполняется по монтажным графикам (рис. 1.4, *б*) в соответствии с фактической температурой воздуха $t°$, маркой провода и длиной пролета L.

Измерение стрел провеса проводов может выполняться различными способами. В частности, для этих целей применяется простейшее приспособление – карманный высотомер (рис. 1.5). Этот прибор представляет собой плоскую коробку 1, имеющую форму равносторонней трапеции, в верхней части которой имеются смотровые отверстия 2, а в основании вставлено стекло, на котором нанесены две риски – верхняя 3 и нижняя 4.

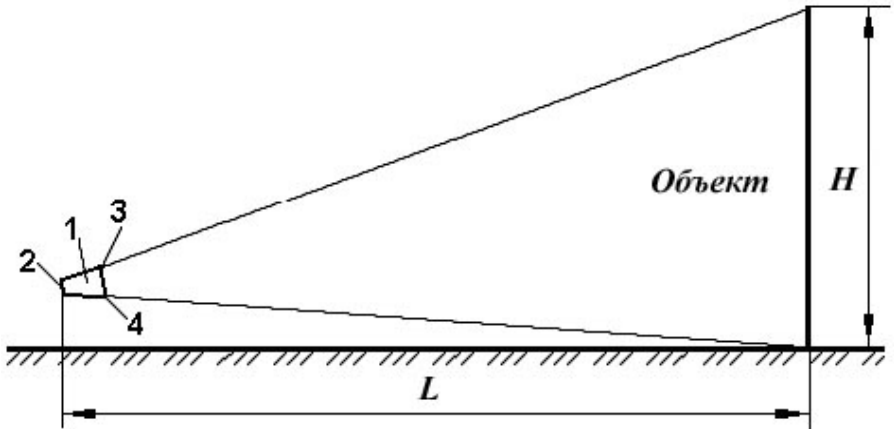


Рис. 1.5. Измерение высоты объекта

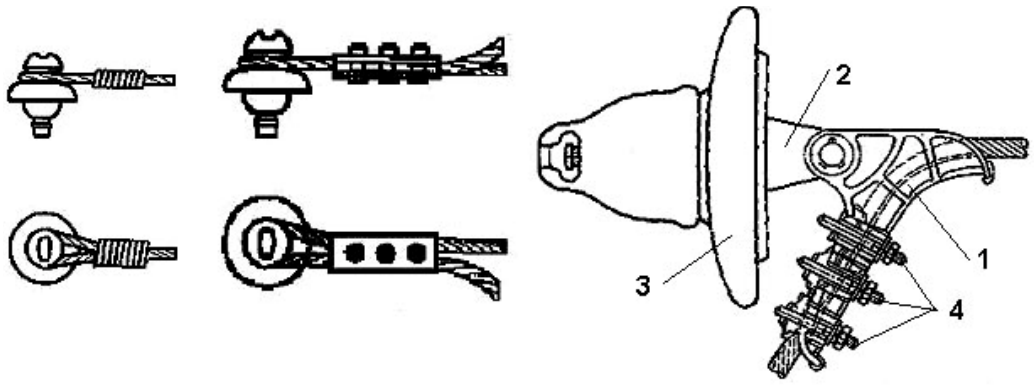
Для определения высоты измеряемого объекта *H* наблюдатель удаляется от него, держа прибор смотровыми отверстиями у глаз, на такое расстояние *L*, при котором верхняя риска совпадет с вершиной объекта, а нижняя – с его основанием. Геометрические размеры прибора и риски на стекле выполнены так, что $H = L \cdot I \cdot 2$. Измерение расстояния *L* проблем не представляет.

Для определения стрелы провеса провода измеряется сначала высота подвески провода на опоре, затем расстояние от низшей точки провисания провода до земли и находится разность полученных значений. Погрешность измерений таким прибором составляет 3...4 %, что вполне приемлемо.

Крепление голых проводов на анкерных опорах ВЛ напряжением до 1 кВ со штыревыми изоляторами осуществляется закручиванием проводов так называемой «заглушкой» (рис. 1.6, *а*). На опорах ВЛ напряжением выше 1 кВ со стержневыми изоляторами крепление проводов выполняется петлей, образованной с помощью болтового плашечного зажима (рис. 1.6, *б*).

Крепление проводов на анкерных опорах с подвесными изоляторами осуществляется с помощью натяжных зажимов (рис. 1.6, *в*). Зажим 1 с помощью сцепной арматуры 2 крепится к нижнему изолятору гирлянды 3. Провод в зажиме затягивается прижимными плашками с помощью *U*-образных шпилек 4.

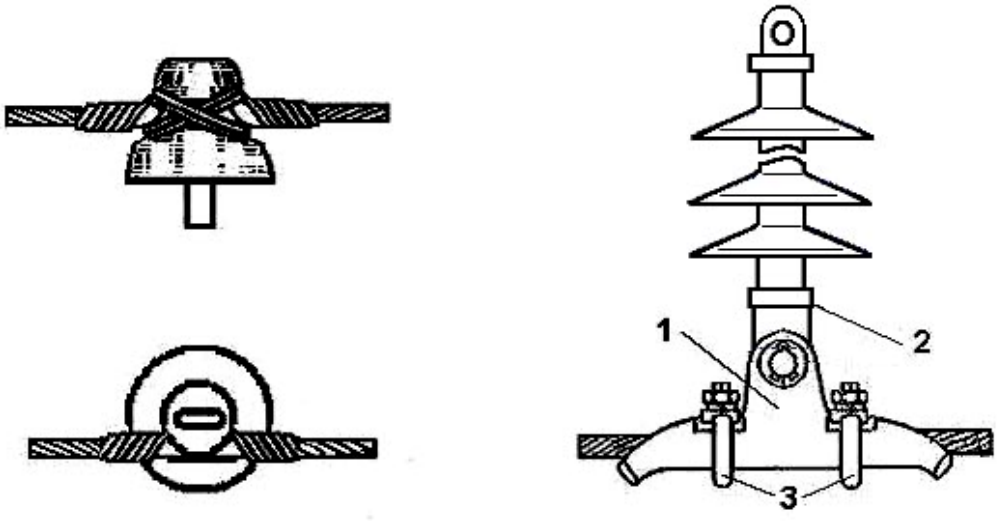
На анкерных опорах короткие концы проводов (шлейфы), идущие от двух натяжных зажимов одной фазы, соединяются болтовыми зажимами или свариваются с помощью термитного патрона.



а *б* *в*

Рис. 1.6. Крепление проводов на анкерных опорах со штыревыми изоляторами (а, б); с подвесными изоляторами (в)

Крепление голых проводов на промежуточных опорах со стержневыми изоляторами осуществляется вязкой из алюминиевых проволок (рис. 1.7, *а*). На промежуточных опорах с подвесными изоляторами провод с монтажных роликов перекладывается в поддерживающий зажим 1 (рис. 1.7, *б*), прикрепляемый к нижней части изолятора 2. Провод в зажиме затягивается прижимными плашками с помощью *U*-образных шпилек 3. На рис. 1.7, *б* показан полимерный подвесной изолятор.



а *б*

Рис. 1.7. Крепление проводов на промежуточных опорах со штыревыми изоляторами (а) и подвесными изоляторами (б)

Монтаж молниезащитных тросов аналогичен монтажу проводов. Соединение тросов выполняется, как правило, с помощью стальных прессуемых соединителей. На ВЛ напряжением до 110 кВ крепление троса к опорам выполняется с помощью сцепной арматуры без изолятора. На ВЛ напряжением 220 кВ крепление троса ко всем опорам выполняется через подвесной изолятор, как правило, стеклянный, шунтированный искровым промежутком. В каждом анкерном участке на одной из анкерных опор трос заземляется.

Большинство работ по монтажу проводов и тросов связано с подъемами на опоры. На ВЛ напряжением до 10 кВ монтажники поднимаются на опоры, как правило, с помощью монтажных когтей (лазов) и поясов. На ВЛ более высокого напряжения широко используются телескопические вышки и гидроподъемники.

После окончания всех монтажных работ на опоры ВЛ на высоте 2…3 м наносятся следующие знаки:

- порядковые номера опор;
- номер ВЛ или ее условное обозначение;
- информационные знаки с указанием ширины охранной зоны;
- предупредительные плакаты на всех опорах в населенной местности.

1.2.3. Монтаж трубчатых разрядников и заземляющих устройств

Трубчатые разрядники крепятся закрытым концом к элементам опор под углом 15° к горизонтали при более низком расположении открытого конца. Закрытый конец разрядника соединяется с заземляющим спуском на опоре из древесины или с металлом проводящей опоры (стальной и железобетонной). Длина внешнего искрового промежутка устанавливается в соответствии с проектом ВЛ.

Поскольку срабатывание разрядника сопровождается сильным выхлопом генерированного электрической дугой газа, открытый конец разрядника должен располагаться так, чтобы выхлопные газы не вызвали междуфазных перекрытий или перекрытий на землю. Зоны выхлопа разрядников разных фаз не должны пересекаться и охватывать элементы конструкций и проводов ВЛ.

При монтаже ВЛ напряжением до 1кВ выполняются ***заземляющие устройства*** для повторного заземления нулевого провода (PEN-проводника), защиты от грозовых перенапряжений, заземления электрооборудования, установленного на опорах ВЛ. Повторные заземления выполняются на концевых опорах линии и опорах с ответвлениями к вводам в здания, в которых может быть сосредоточено большое количе-

ство людей (школы) или которые представляют большую материальную ценность (склады). Заземляющие устройства защиты от грозовых перенапряжений совмещаются с повторными заземлениями.

Схема выполнения совмещенного заземления на деревянной опоре ВЛ напряжением до 1 кВ приведена на рис. 1.8. Заземляющий спуск 1 выполняется стальной проволокой диаметром не менее 6 мм и крепится к телу опоры *U*-образными скобками. Присоединение заземляющего спуска к нулевому проводу 2 выполняется болтовым зажимом 3. У железобетонных опор нулевой провод соединяется со стальной арматурой, у металлических опор – с телом опоры.

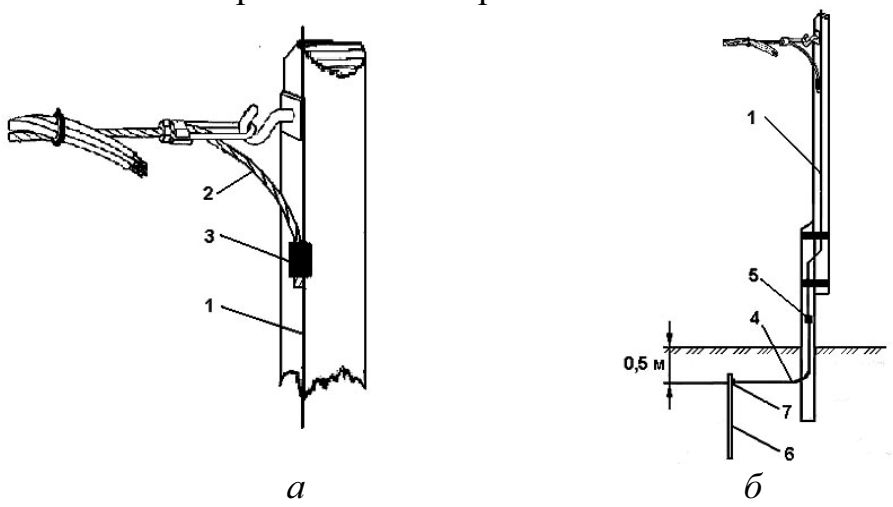


Рис. 1.8. Схема выполнения заземления на опоре ВЛ:
а - верхняя часть опоры; б - опора с заземляющим устройством

При монтаже ВЛ напряжением выше 1кВ заземляющие устройства выполняются у опор:

- имеющих молниезащитный трос;
- имеющих трубчатые разрядники, разъединители, предохранители и прочее оборудование;
- железобетонных и металлических при напряжении 6…35кВ.

Заземляющие спуски у деревянных опор выполняются стальным многожильным проводом сечением не менее 35 мм^2 или стальной проволокой диаметром не менее 10 мм.

В качестве заземлителей на ВЛ всех напряжений следует в первую очередь использовать естественные заземлители (железобетонные фундаменты). При недостаточном сопротивлении естественных заземлителей устанавливаются искусственные заземлители 6 (рис. 1.8, *б*). Присоединение заземляющего спуска деревянной опоры, стальной арматуры железобетонной опоры, тела металлической опоры к заземлителям

выполняется заземляющим проводником 4. Заземляющий проводник соединяется с заземлителем сваркой 7, а с заземляющим спуском - сваркой или болтовым зажимом 5.

1.3. Воздушные линии с проводами СИП

В настоящее время для линий электропередачи напряжением до 20 кВ широко применяются изолированные провода. На напряжение до 1 кВ используются самонесущие изолированные провода (СИП), представляющие собой скрученные в жгут изолированные проводники. Воспринимающий осевую нагрузку (несущий) нулевой проводник может выполняться без изоляции или с изоляцией. В некоторых конструкциях СИП все проводники выполняются несущими. Линии с СИП обозначаются ВЛИ.

Преимущества самонесущих изолированных проводов:

- высокая надежность и бесперебойное обеспечение потребителей электроэнергией;
- сокращение эксплуатационных расходов за счет исключения систематической расчистки трасс, замены поврежденных изоляторов;
- снижение энергопотерь в линии вследствие уменьшения реактивного сопротивления (0,1 Ом/км по сравнению с 0,35 Ом/км для неизолированных проводов);
- возможность совместной подвески на опорах проводов с разным уровнем напряжения и с телефонными линиями;
- простота монтажа и ремонта, особенно при работах под напряжением;
- сокращение объемов аварийно-восстановительных работ;
- отсутствие или незначительное обрастание гололедом и мокрым снегом изолированной поверхности проводов;
- возможность монтажа ЛЭП по фасадам зданий, что может исключить установку части опор, загромождающих тротуары, и улучшить общую эстетику в городских условиях;
- исключение опасности возникновения пожаров в случае падения проводов на землю;
- исключение возможности короткого замыкания между фазными проводами или на землю;
- высокая безопасность обслуживания и отсутствие риска поражения при касании фазных проводов, находящихся под напряжением;

- безопасность работ вблизи ЛЭП;
- снижение вероятности хищения электроэнергии и разрушения.

Изолированные провода подразделяют:

а) по назначению:

- самонесущие изолированные провода – для воздушных линий электропередачи на напряжение до 0,6/1 кВ включительно;
- защищенные провода – для воздушных линий электропередачи на напряжение 10…20 и 35 кВ;

б) по конструктивному исполнению (рис. 1.9):

- с неизолированной нулевой несущей жилой (1,4);
- с изолированной нулевой несущей жилой (2,5);
- с защитной изоляцией (3,6);
- без нулевой несущей жилы;
- герметизированные.

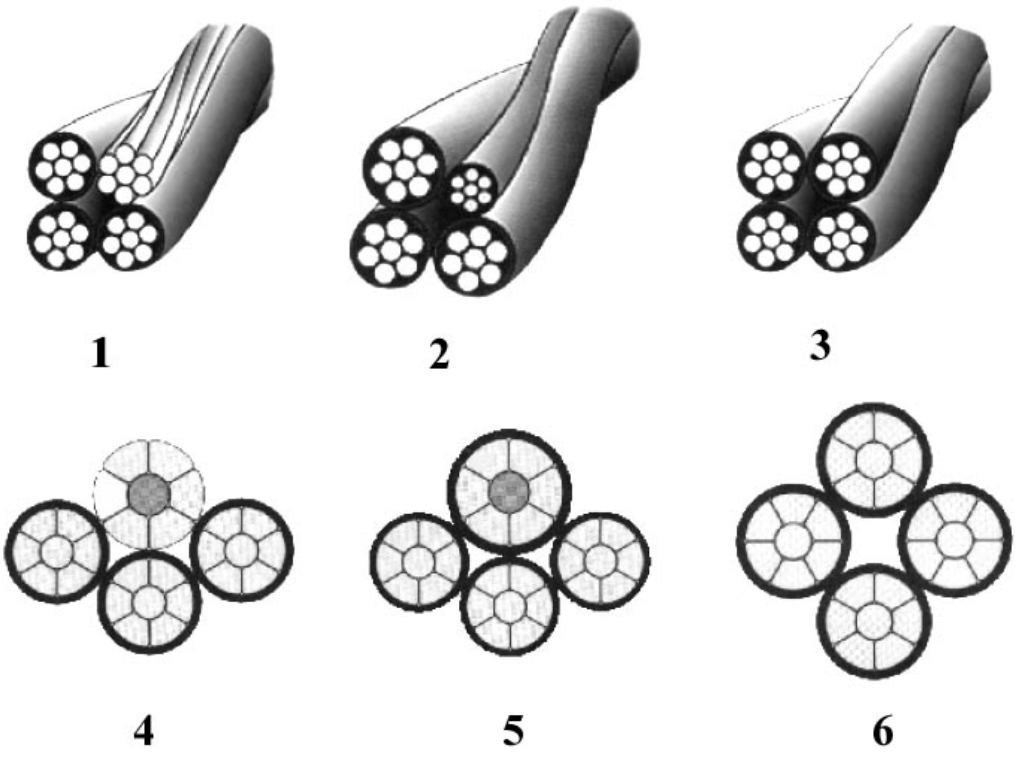


Рис. 1.9. Самонесущий изолированный провод
1,2,3 – зарубежные системы; 4,5,6 – отечественные системы;
1,4 – с неизолированной несущей жилой; 2,5 – с изолированной несущей жилой; 3,6 – с четырьмя несущими жилами с защитной изоляцией

Число основных токопроводящих жил устанавливают из ряда: 1, 2, 3, 4.

Номинальное сечение основных токопроводящих жил устанавливают из ряда: 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240 мм^2.

Номинальное сечение токопроводящих жил проводов без нулевой несущей нейтрали – 16 или 25 мм^2.

Номинальное сечение нулевой несущей жилы устанавливают из ряда: 25, 35, 50, 54,6, 70, 95 мм^2.

Число вспомогательных токопроводящих жил в проводах с нулевой несущей жилой номинальным сечением 50 мм^2 и более устанавливают из ряда: 1, 2, 3.

Номинальное сечение вспомогательных токопроводящих жил для цепей наружного освещения – 16, 25 или 35 мм^2, для цепей контроля – 1,5; 2,5 или 4 мм^2.

В целом для типового участка ВЛ с СИП можно выделить следующие этапы выполнения монтажных работ:

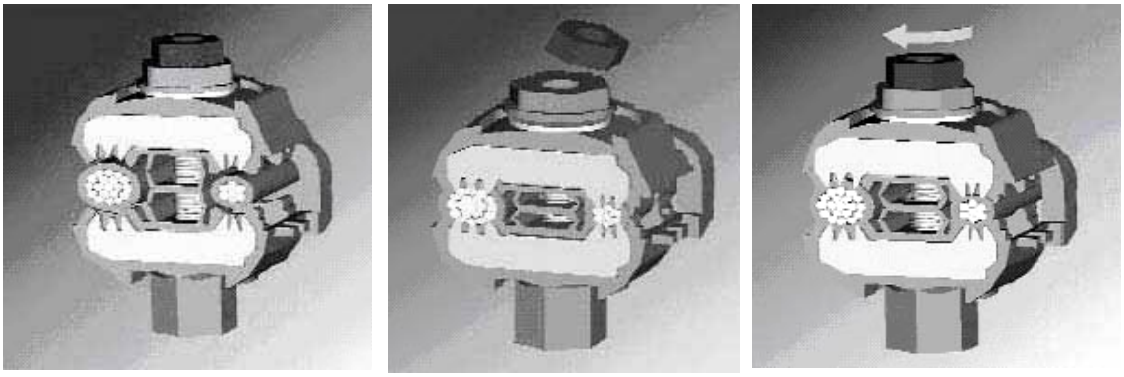
1. Установка опор.
2. Монтаж крепежных устройств.
3. Размотка СИП.
4. Натяжение ВЛИ и ее анкерные закрепления.
5. Замена роликов на промежуточные зажимы.
6. Обустройство линейных ответвлений от магистрали.
7. Защита ВЛИ от перенапряжений. Заземление.
8. Защита ВЛИ от коротких замыканий.
9. Обустройство уличных светильников.
10. Обустройство трансформаторных вводов.
11. Применение изолированных соединителей.

Во всех указанных выше системах СИП могут быть включены 1 или 2 добавочных изолированных алюминиевых проводника сечением 16 или 25 мм^2 в качестве дополнительных жил или жил для уличного освещения.

Следует заметить, что качество изолированной воздушной линии, бесперебойность ее работы и срок эксплуатации во многом зависит от линейной арматуры на которой смонтирована линия. Одним из компонентов линейной арматуры является ответвительный зажим или как его еще называют на западный манер, конектор с прокалыванием изоляции. В процессе эксплуатации ВЛИ очень важную роль играет качество и надежность контакта. Такое качество и надежность в полной мере обеспечивают герметичные конекторы, защитные кожухи которых всегда могут защитить от попадания влаги.

Герметичные конекторы разработаны и испытаны для применения на самонесущем изолированном проводе до 1 кВ, с изоляцией из сшитого полиэтилена, соответствующих Европейскому стандарту HD 626. В этом стандарте испытания проводятся с условием проверки надежной работоспособности в самых тяжелых условиях окружающей среды:

- монтаж и эксплуатация при низких температурах;
- допустимая механическая нагрузка на оба провода не ограничивается при применении данного конектора;
- гарантированная герметичность при испытании напряжением 6 кВ при погружении в воду в течении 30 мин.;
- неизменная температура и сопротивление контакта при циклических нагрузках и перегрузках;
- испытание напряжением 6 кВ после пребывания в тяжелых погодных условиях (ультрафиолетовое солнечное излучение, колебания температуры и влажности);
- коррозийная стойкость металлических деталей испытывается в камере соляного тумана и в камере влажного газа SO.



а *б* *в*

Рис 1.10. Установка прокалывающего зажима:
а - до монтажа; б - во время монтажа; в - после срыва головки

В процессе монтажа конектор легко устанавливается на провод, отсутствуют выпадающие компоненты. Правильное положение провода идущего на ответвление легко контролируется через резиновый колпачок, который прикреплен к корпусу зажима. Контактные пластины прокалывают изоляцию и обеспечивают надежный контакт с жилой. Болт изолирован от контактных пластин, что обеспечивает максимальную безопасность электромонтера даже при монтаже под напряжением. Конекторы имеют шестигранную срывную головку, у которой момент затяжки значительно ниже, чем на изолированных прокалывающим за-

жимах, что предотвращает повреждение жил провода от больших усилий при затягивании. Герметизирующие накладки плотно прижимаются к изоляции, обеспечивая полную защиту от проникновения влаги.

На рис. 1.11 изображен процесс монтажа герметичного прокалывающего конектора на самонесущий изолированный провод:

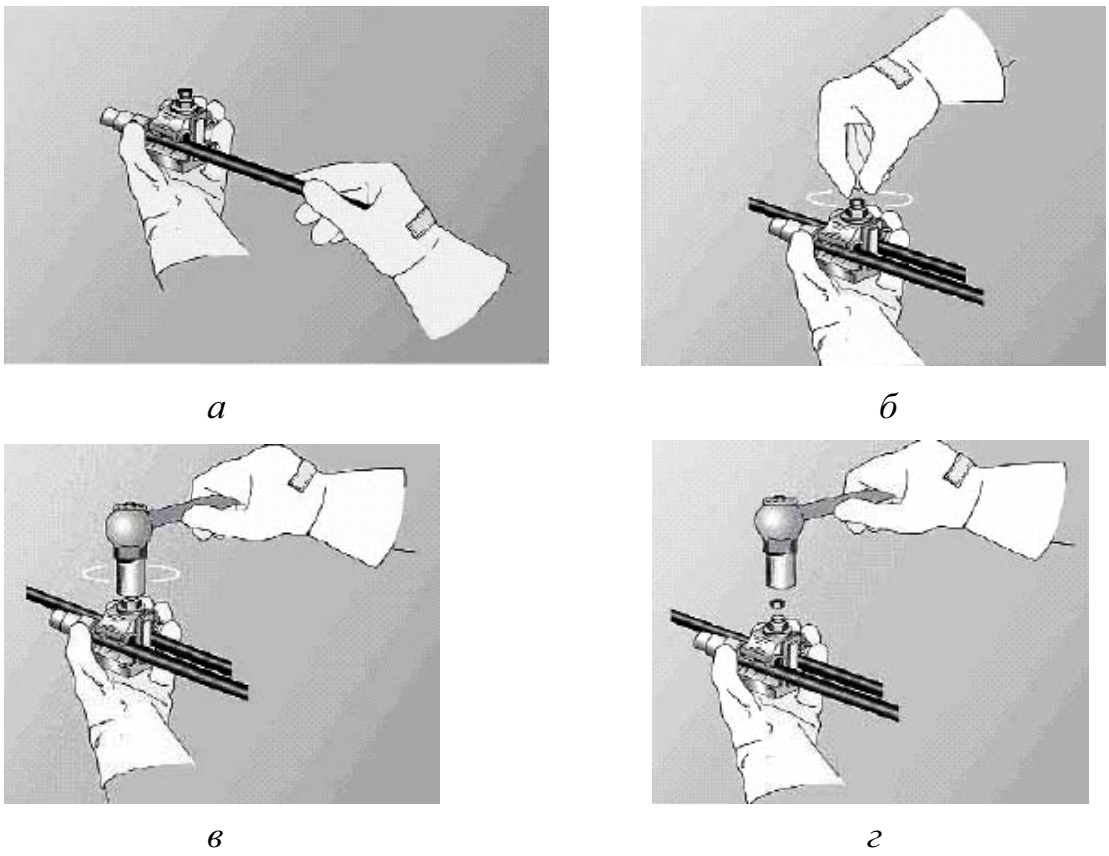


Рис. 1.11. Процесс монтажа герметичного прокалывающего конектора на самонесущий изолированный провод:а – установить ответвляемый провод в зажим; б – установить зажим на основной провод и подтянуть болт; в – завершить затяжку болта с помощью накидного ключа 13 мм до полного срыва головки болта

1.3.1. Арматура СИП

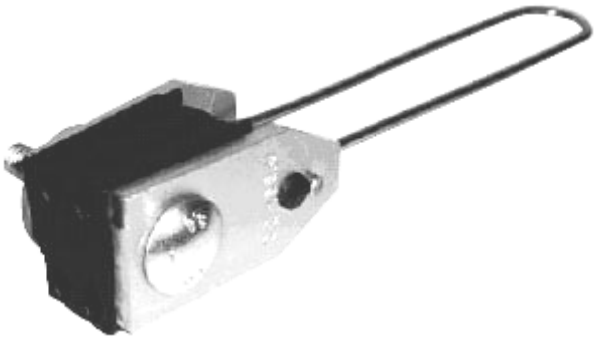
Анкерные зажимы

Использование: зажимы предназначены для монтажа 2-х или 4-х изолированных проводов, при подключении абонента. Служат для крепления самонесущих проводов к стенам зданий и столбам, с помощью стандартных крюков, анкерных кронштейнов и других разновидностей

креплений. Благодаря съемной дужке зажим можно крепить на всевозможные типы крюков и кронштейнов.

Строение:

- обойма – форма из цинкованной стали;
- дужка – нержавеющая сталь;
- прижимная часть – ультрафиолетопогодостойкий полимер, усиленный стекловолокном;
- пружины горячего цинкования;
- болт горячего цинкования.

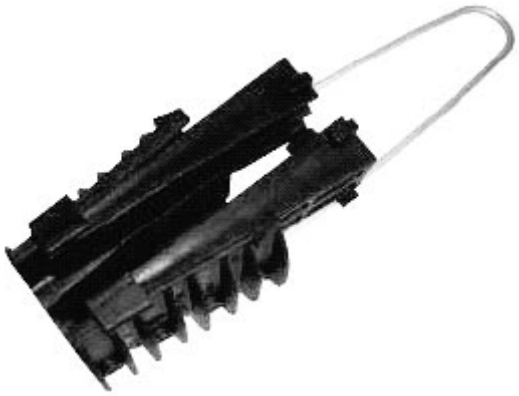


Анкерные зажимы типа ZM – 201, ZM – 202



Анкерные зажимы типа Z – 201, Z – 202

Предназначены как для монтажа магистралей малых сечений, так и для крепления 2-х или 4-х изолированных проводов при подключении абонента. Служат для крепления самонесущих проводов к стенам зданий и столбам, с помощью стандартных крюков.

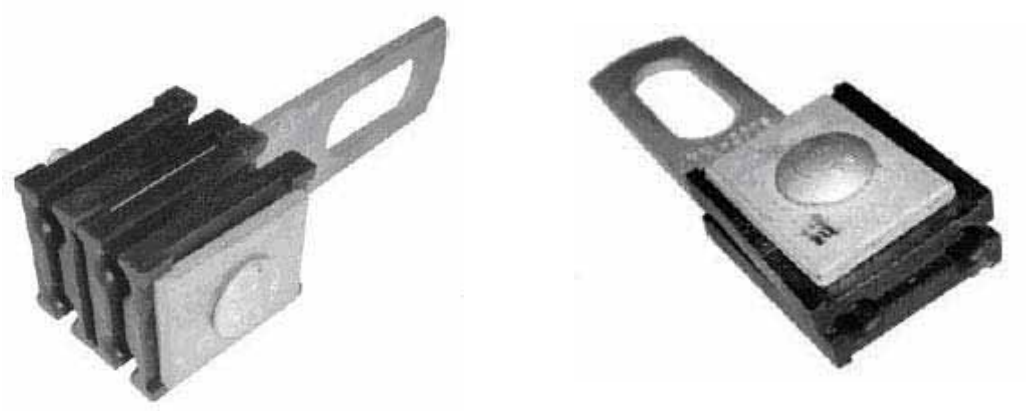


Анкерный зажим PA 25*100

Использование: зажим универсален и предназначен для крепления как 2-х, так и 4-х изолированных проводов, при подключении отвода абонента.

Строение:

- отвечает требованиям стандарта NF C 33 042;
- подвижный клин не требует монтажного инструмента;
- открывающаяся дужка позволяет крепить зажим как к кронштейнам, так и к крюкам;
- изменяемая длина дужки (до 220 мм);
- корпус изготовлен из ультрафиолетостойкого полимера и усилен стекловолокном.



Анкерные зажимы HEL – 5505, HEL – 5505-2

Использование: монтаж магистралей малых сечений (16…35 мм^2), а также монтаж отводов абонентов Предназначен для анкерного или промежуточного крепления самонесущего провода сечением от 16 мм^2 до 35 мм^2. Зажим может быть легко использован в качестве промежуточного, поворотом фиксирующей части на 900. Простота монтажа, один болт 17 мм, малая длина зажима –165 мм, прекрасная защита от скольжения – 4 кН.

Строение:

- зацеп – сталь горячего цинкования;
- прижимная часть – погодо-ультрафиолетостойкий полимер, усиленный стекловолокном;
- пружины горячего цинкования.



Анкерные зажимы SPIN-403, SPIN-404

Использование: монтаж магистралей с использованием изолированных проводов типа AsXS(n). Служат для крепления этих проводов к стенам зданий и столбам, с помощью стандартных крюков.

Строение:

- обойма – алюминиевая форма
- зацеп – сталь горячего цинкования;
- прижимная часть – ультрафиолетопогодостойкий полимер, усиленный стекловолокном;
- пружины горячего цинкования;
- клин из ультрафиолетостойкого полимера.

Использование: монтаж магистралей с использованием изолированных проводов типа AsXS(n). Служат для крепления этих проводов к стенам зданий и столбам, с помощью стандартных крюков, а также возможно крепление на кронштейнах.



Анкерные зажимы HEL-5503 и Z-203

Прокалывающие зажимы

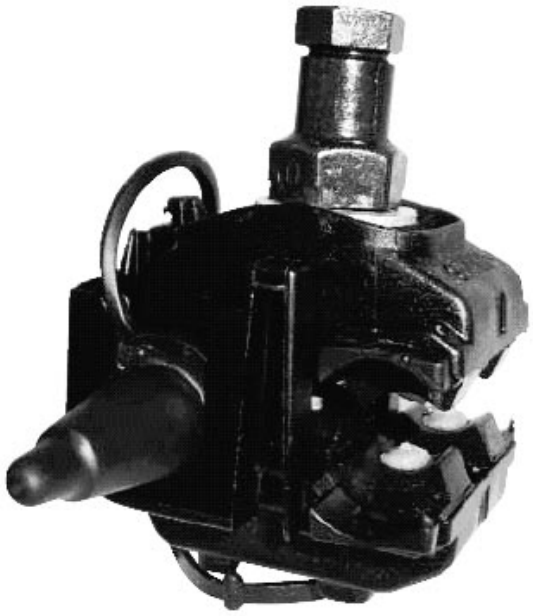
Ответвительный прокалывающий зажим EP 95-13

Герметичный ответвительный зажим, прокалывающий изоляцию, предназначен для всех видов самонесущего провода до 1кВ. Как правило используется для подключения освещения.

Оснащен самосрывной головкой болта.

При затягивании болта, зубцы контактных пластин прокалывают изоляцию и создают прекрасный контакт.





Ответвительный прокалывающий зажим P2X95 (150)

Герметичный ответвительный зажим, прокалывающий изоляцию, предназначен для всех видов самонесущего провода до 1 кВ.

Используется для подключения отводов абонента.

Оснащен самосрывной головкой болта.

При затягивании болта, зубцы контактных пластин прокалывают изоляцию и создают прекрасный контакт.



Ответвительные прокалывающие зажимы P3X95, P4X150D

Герметичный ответвительный зажим, прокалывающий изоляцию, предназначен для всех видов самонесущего провода до 1 кВ.

Используется для подключения изолированного провода крупных сечений при разветвлении магистрали. Оснащен самосрывной головкой болта.

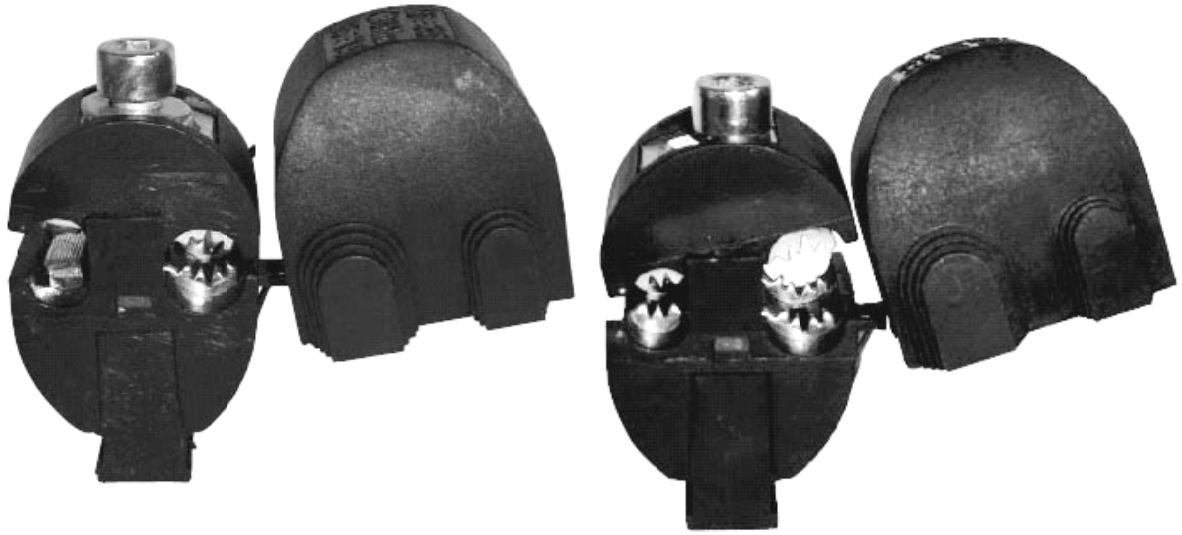


Ответвительный прокалывающий зажим RDP 25/CN

Ответвительный зажим, прокалывающий изоляцию, предназначен для всех видов самонесущего провода до 1 кВ.

Используется для подключения изолированного провода при подключении отвода абонента от голой линии.

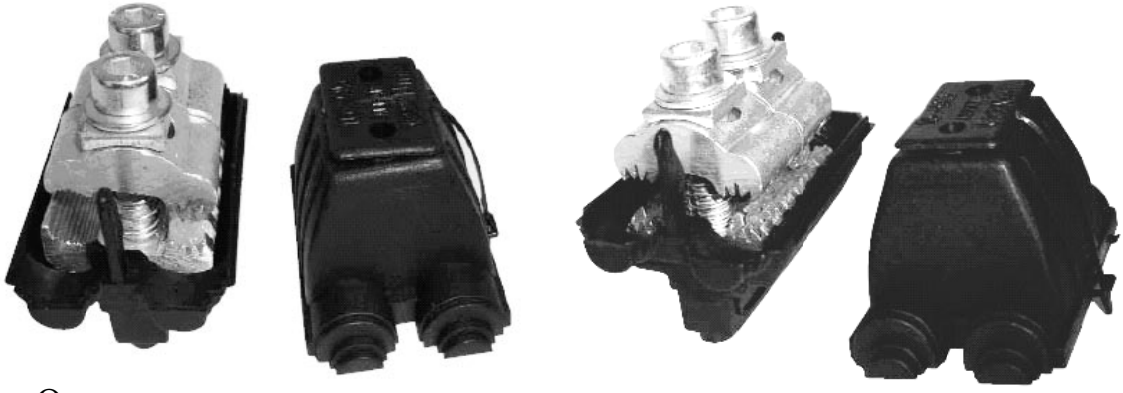
Оснащен самосрывной головкой болта.



Ответвительные прокалывающие зажимы Z-205, Z-2051

Ответвительный зажим, прокалывающий изоляцию, предназначен для всех видов самонесущего провода до 1 кВ.

Используется для подключения изолированного провода при подключении отводов абонента, также возможно подключение освещения.



Ответвительные прокалывающие зажимы Z-206, Z-2061

Ответвительный зажим, прокалывающий изоляцию, предназначен для всех видов самонесущего провода до 1 кВ.

Используется для подключения изолированного провода при разветвлении магистрали и для подключения отводов абонента.

Z-206 предназначен для подключения от неизолированной линии или от кабеля.

Z-2061 предназначен для подключения при переходе от изолированной линии.

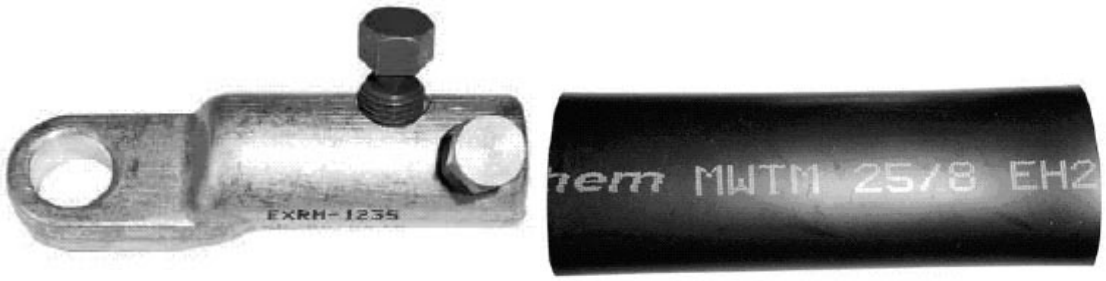
Плашечные зажимы для голых проводов и нейтрали заземления. Зажимы предназначены для соединения двух голых проводов. Провода могут быть из алюминиевого или сталеалюминиевого сплава.





Механические болтовые наконечники применяются для оконцевания медных и алюминиевых, однопроволочных и многопроволочных жил. Наконечники оснащены болтами с самосрывными головками, что значительно упрощает монтаж. Болты вворачиваются ключем с накидной головкой, до срыва головки.

Термоусаживаемая трубка MWTM обеспечивает надежную герметизацию между наконечником и изоляцией жилы. Наконечник луженный, поэтому может быть присоединен как к алюминиевой, так и к медной жиле.



Зажимы для прокладки по фасадам зданий - BRPF 70-510-1F(6F)

Провод крепится к седлу зажима с помощью пластмассовых кабельных ремешков. Вторая линия может быть закреплена на том же зажиме с противоположной стороны дополнительным ремешком. Корпус

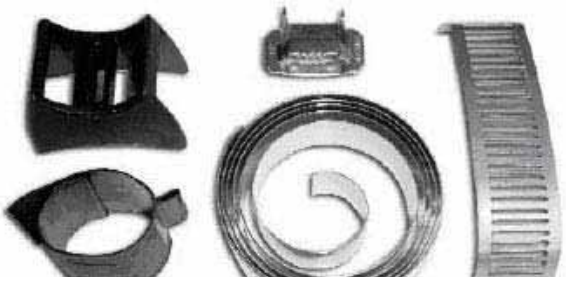
зажима и ремешки изготовлены из погодо- и ультрафиолетостойкого полимера. Ширина ремешков 9 мм, черного цвета, галогенонесодержащие и неподдерживающие горения.

Монтаж зажима: дюбельная часть зажима устанавливается в предварительно просверленное отверстие 0,12 мм и закрепляется с помощью гвоздя. Часть зажима с седлом надвигается до характерного щелчка, подтверждающего фиксацию. Зажимы устанавливаются на стенах, обычно через 0,7 м.

Дистанционный бандаж SO 79.5 и SO 79.6

Предназначен для крепления самонесущего провода или кабелей к опорам. Крепится с помощью ключа для натяжки и резки ленты.





Промежуточные подвесные зажимы



Подвесной зажим Z-224 (от 0^o до 30^o)

Применение – используется в качестве промежуточного крепления проводов СИП, сечением от 4×16 до 4×120 $мм^2$ по прямой или с углом поворота линии от 0^o до 30^o на стандартных крюках.

Строение: зацеп изготовлен из профильного оцинкованного метала. Болт М8. Вкладыш из ультрафиолетопогодостойкого полимера, усиленного стекловолокном.

Подвесной зажим Z-225 (от 0^o до 60^o)



Применение – используется в качестве промежуточного крепления проводов СИП, сечением от 4×16 до 4×120 мм^2 по прямой или с углом поворота линии от 0^o до 60^o на стандартных крюках.

Строение – зацеп изготовлен из сплава алюминия и имеет специальную вставку из стального кольца, что увеличивает износоустойчивость дужки зажима. Вкладыш из ультрафиолетопогодостойкого полимера, усиленного стекловолокном. Оснащен защелкой и лимбом с указанием сечения, что значительно облегчает и ускоряет монтаж.

Подвесной зажим Z-226 (SPIN 320) (от 0^o до 90^o)



Применение – используется в качестве промежуточного крепления проводов СИП, сечением от 4·16 до 4·120 мм^2 по прямой или с углом поворота линии от 0^o до 90^o на стандартных крюках. Чаще всего используется на угловых опорах при прокладке проводов крупных сечений до 4×95+2×35. Наличие роликов в самом зажиме делает возможным прокладку провода без применения раскаточных роликов.

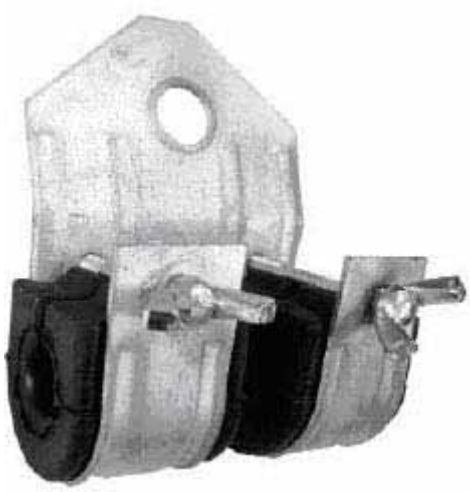
Строение: зацеп изготовлен из профильного оцинкованного метала. Болт М8. Вставка – ультрафиолетопогодостойкая резина, ролики - ультрафиолетопогодостойкий полимер.

Подвесной зажим Z-204 и Z-2044 (от 0^0 до 30^0)



Применение – используется в качестве промежуточного крепления проводов СИП, сечением 16…95 мм^2 по прямой или с углом поворота линии до 30 на стандартных крюках.

Строение – зацеп изготовлен из профильного оцинкованного метала. Болт мотыльковый М8. Вставка резиновая, ультрафиолетопогодостойкая, подбирается в зависимости от сечения провода (от 2×16 до 4×95).



Подвесной зажим Z-2045 н- Z-2048 (от 0^o до 90^o)

Применение – используется в качестве промежуточного крепления проводов СИП, сечением 16…95 $мм^2$ по прямой или с углом поворота линии до 90^o на стандартных крюках.

Строение – зацеп изготовлен из профильного оцинкованного метала. Болт мотыльковый М8. Вставка резиновая, ультрафиолетопогодостойкая, подбирается в зависимости от сечения провода (от 2·16 до 4·95).

1.3.2. Установка опор (рис. 1.12)

Опоры устанавливаются согласно проекту на ВЛИ и могут реализовываться на основе стоек:

- железобетонных (типа СВ95 и СВ85);
- деревянных (типа С1 и С2);
- металлических.

Назначение опор показано на рис. 1…12.

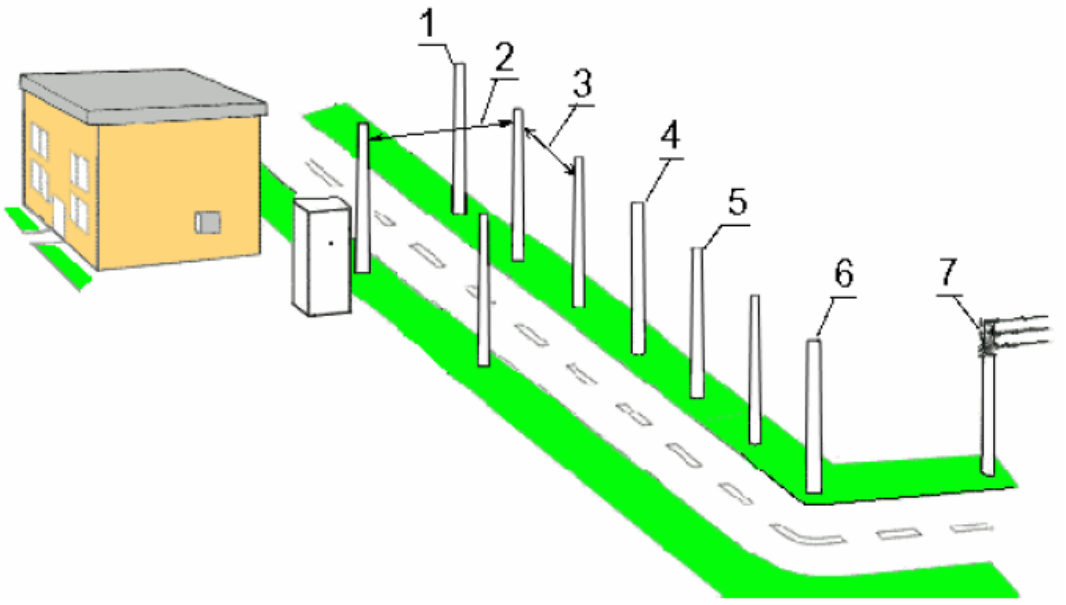


Рис. 1.12. Расстановка опор

1 - концевая опора; 2,4 - ответительные для ввода; 3 - пролет между соседними опорами магистрали; 5 - промежуточная; 6 - угловая (промежуточная или анкерная); 7 – анкерная.

1.3.3. Монтаж крепежных устройств

Монтаж крепежных устройств включает в себя закрепление на опорах, на фасадах зданий и сооружений металлических кронштейнов или крюков, используемых для фиксации изолированных зажимов, которые удерживают СИП. Типы кронштейнов для каждого места закрепления комплектуются в строгом соответствии с проектом на ВЛИ и с учетом технических характеристик устанавливаемых кронштейнов, приводимых в каталоге предприятия-производителя.

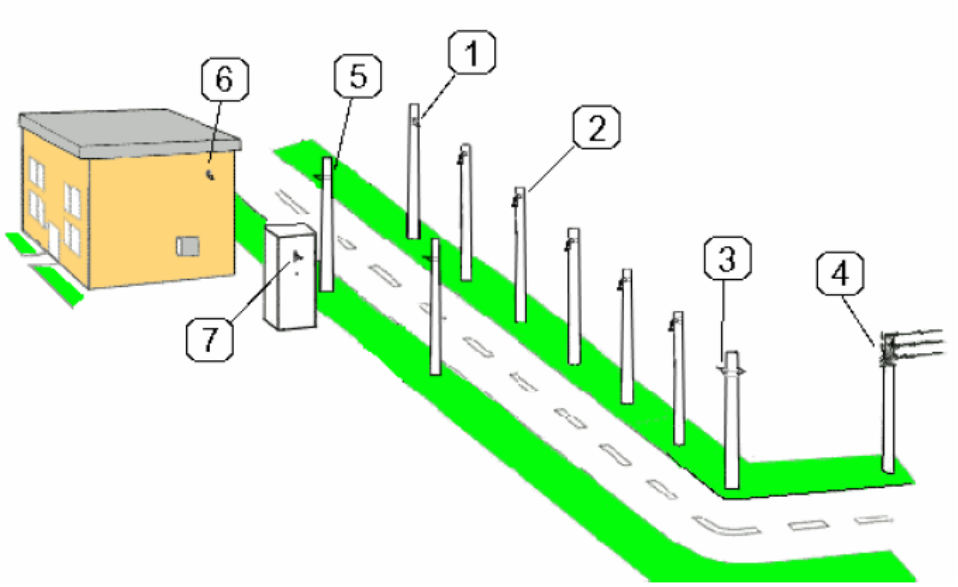


Рис. 1.13. Расположение крепежных устройств, с помощью которых изолированные зажимы с СИП крепятся к опоре или к фасаду здания: 1, 3, 4, 5 - кронштейн анкерный; 2 - кронштейн поддерживающий; 6, 7 - кронштейн на фасаде или на стене

Ленточный узел крепления кронштейна для СИП к опоре выполняется из ленты монтажной типа ЛМ 20 (или F2007), изготовленной из нержавеющей стали, концы которой закрепляются с помощью скрепы монтажной типа СМ 20 (или А200) с применением специального инструмента – лентонатяжителя.

На рис 1.14 показана последовательность одновиткового монтажа нижнего хомута. Монтаж верхнего выполняется аналогичным образом).

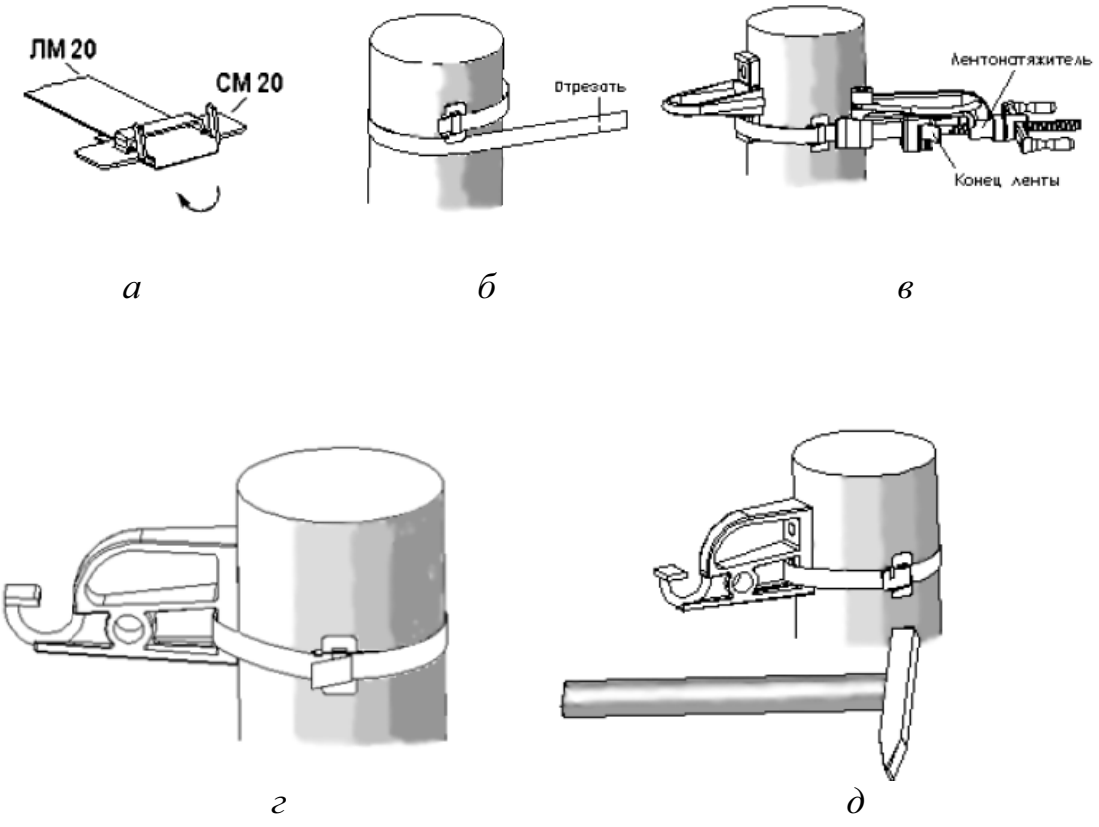


Рис. 1.14. Последовательность монтажа ленточного узла крепления кронштейна: 1 - фиксация начала ленты; 2 - отрезка нужной длины; 3 - заправка кронштейна и натяжка ленты до упора; 4 - загиб ленты в обратную сторону и ее обрезка; 5 - фиксация конца ленты «усиками» скрепы с помощью молотка

1.3.4. Размотка СИП

Размотка жгута самонесущего провода представлена на рис. 1.15. Она осуществляется непосредственно с барабана 1, закрепленного на раскаточной тележке (рис. 1.16), с помощью механической лебедки 6, установленной с противоположного от барабана конца линии, с использованием раскаточных роликов 3, закрепленных на опорах монтируемого участка.

Для свободного прохождения жгута СИП через ролики применяются:

- вспомогательный трос (поз. 5), который при размотке СИП наматывается на вал механической лебедки (поз. 6);
- комплект «вертлюг-монтажные чулки» для протяжки СИП (поз. 4) через ролики, обеспечивает удержание конца жгута СИП в сжатом состоянии и не позволяет жгуту перекручиваться при его протяжке.

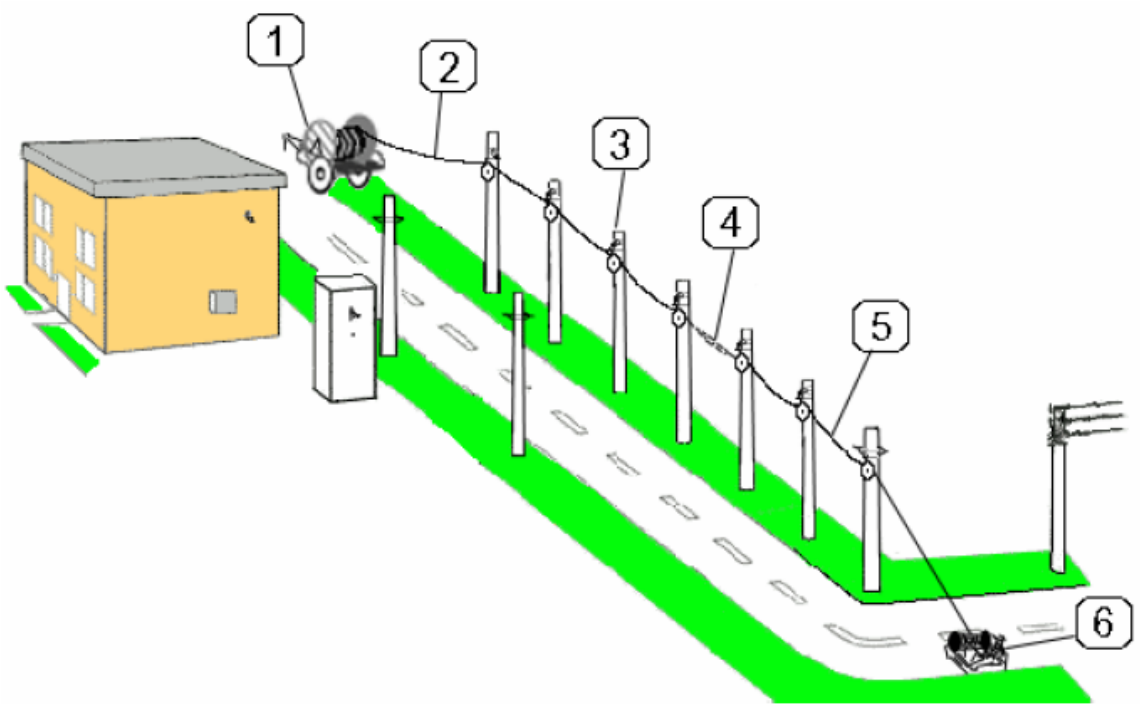


Рис. 1.15. Жгут СИП в процессе размотки:
1 - барабан; 2 - провод СИП; 3 - раскаточный ролик 4 - вертлюг;
5 - вспомогательный трос; 6 - механическая лебедка

Размотка СИП выполняется в следующей последовательности:

- с одного конца монтируемого участка устанавливается барабан с СИП на раскаточной тележке,
- с другого конца участка устанавливается механическая лебедка со вспомогательным тросом,
- закрепляются на опорах раскаточные ролики, начиная с опоры со стороны лебедки, одновременно в них заправляется вспомогательный трос, разматываемый с барабана лебедки,
- после подтягивания троса к барабану с СИП на конце троса закрепляется монтажный чулок для троса из комплекта «вертлюг-монтажные чулки»,
- на конце жгута СИП закрепляется монтажный чулок для защиты СИП из комплекта «вертлюг-монтажные чулки»,
- с помощью механической лебедки жгут СИП протягивается через все ролики и размотка прекращается, когда жгут пройдет последний ролик и немного опустится в сторону лебедки.

Рекомендации и предостережения:

1. Применение раскаточных роликов обязательно, поскольку, имея рабочие поверхности, покрытые пластиком, они предотвращают

повреждение изоляции раскатываемых проводов. Недопустима размотка СИП на земной поверхности, поскольку это может привести к повреждению и загрязнению изоляции проводов. В случае последнего при монтаже прокалывающих зажимов электрическое сопротивление контакта между зубьями зажима и проводниками СИП будет больше расчетного, а это приведет к дополнительным электрическим потерям и к преждевременному выходу из строя ВЛИ.

2. Обязательное применение вертлюга при размотке СИП предотвращает самопроизвольное раскручивание проводов в жгуте. Если для размотки не применять вертлюг, то в отдельных местах между проводниками могут появиться заметные просветы, в которых при не расчетных механических воздействиях на ВЛИ (сильный ветер, падение дерева и т. д.) возникает опасность обрыва отдельного провода.

3. Обязательно применять монтажный чулок для жгута СИП, поскольку это ускоряет процесс раскатки и предохраняет изоляцию СИП от механических повреждений за счет равномерного распределения механической нагрузки вдоль жгута СИП при его размотке.

Инструменты для размотки

Раскаточная тележка (рис. 1.16) – передвижная платформа, установленная на небольшом автомобильном прицепе, имеющая специальное устройство для фиксации вала и его торможения, в котором закрепляется вращающийся барабан с самонесущим проводом.

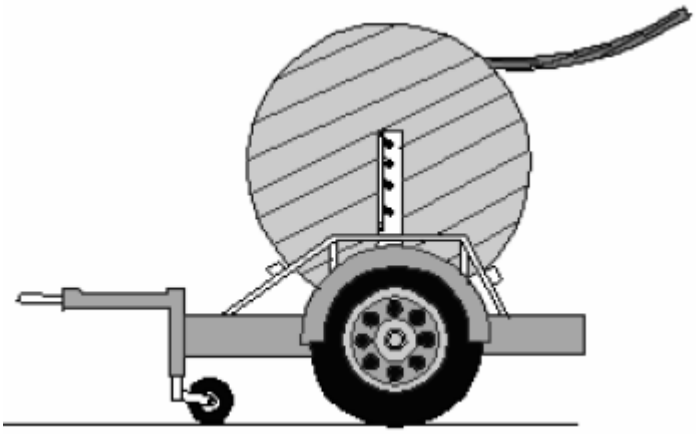


Рис. 1.16. Раскаточная тележка

Раскаточные ролики, например, типа EDD 1000 и EDD 1700 (рис. 1.17) имеют пластиковое покрытие и обустроены устройством для подвешивания с лентой и зажимом.

Максимально допустимый диаметр жгута СИП - 50 мм.

Максимальная нагрузка для роликов:

EDD 1000 – 1000 кгс,
EDD 1700 – 1700 кгс.
Вес роликов:
EDD 1000 – 5,2 кг,
EDD 1700 – 10,7 кг.

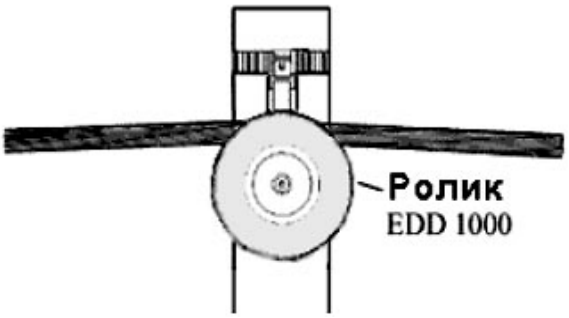


Рис. 1.17. Раскаточный ролик

Вертлюг типа EMD15 (рис.1.18) – стыковочный элемент, устанавливаемый с помощью чулков между разматываемым СИП и вспомогательным тросом и предотвращающий раскручивание жгута СИП. Вертлюг выдерживает максимальную нагрузку – 1500 кгс.

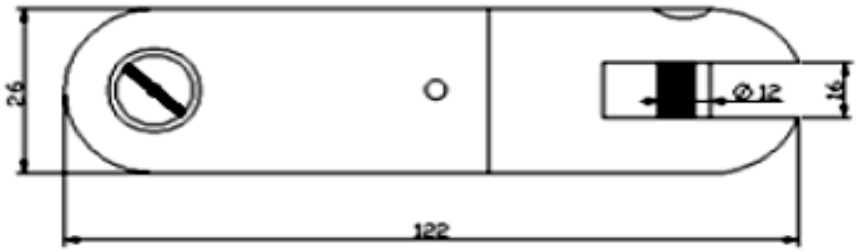


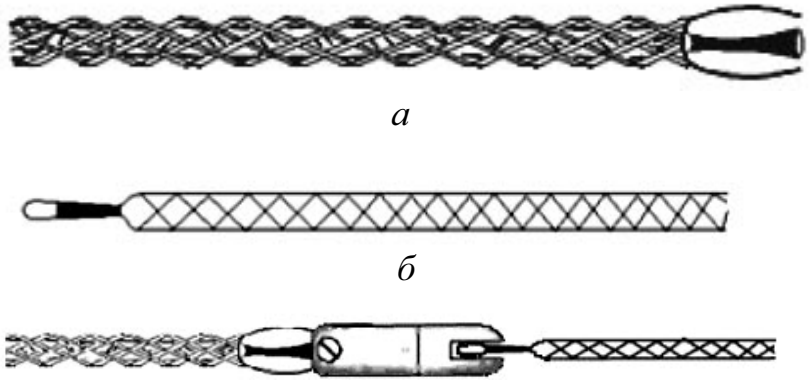
Рис. 1.18. Вертлюг

Трос вспомогательный

Вспомогательным тросом может служить любой достаточно прочный трос с сечением не менее 10 мм^2, выдерживающий силу растяжения не менее 400 кгс. Конструкция троса и материал, из которого он сделан, должны обеспечивать удобство оперирования с ним. Он не должен запутываться при его размотке с барабана лебедки, а также при случайном его освобождении.

Механическая лебедка

Механическая лебедка используется для раскатки проводов СИП путем наматывания на ее рабочий барабан вспомогательного троса, соединенного с СИП посредством комплекта «вертлюг-монтажные чулки». Эта лебедка при натяжении и раскатке провода обеспечивает постоянное натяжение вспомогательного троса во время всей процедуры раскатки. Возможно использование лебедок различных модификаций и закрепляемых, к примеру, на опорах, на автомобильных прицепах, в кузове грузового автомобиля.



а

б

в

Рис. 1.19. Защитный монтажный чулок и вспомогательный трос:
а - типа TCSB38, TCSB50для захвата и протягивания конца жгута СИП;
б - типа TCSB15, TCSB20 для захвата вспомогательного троса;
в - трос вспомогательный

Натяжение ВЛИ и ее анкерное закрепление (рис 1.20).

После размотки жгута самонесущего провода на роликах, закрепленных на опорах, необходимо на конечной опоре закрепить несущий провод анкерным зажимом (поз. 1). При этом механическая лебедка через комплект «вертлюг-монтажные чулки» (поз. 2) должна удерживать линию в натянутом положении. Далее с помощью комплекта инструментов для натяжения: ручной лебедки, закрепленной на ближней опоре (поз. 3), и натяжного устройства линия натягивается до требуемого проектной документацией значения силы натяжения, что контролируется с помощью динамометра.

Натянутая ручной лебедкой линия на ближней (начальной) опоре закрепляется с помощью анкерного зажима (поз. 4).

СИП на конечной опоре освобождается из монтажного чулка, и, если это необходимо, концы проводников как фазных, так и нейтрального изолируются с помощью наконечников или колпачков (их еще называют концевыми капами) типа СЕСТ (эластомерные) либо 102L (термоусаживаемые).

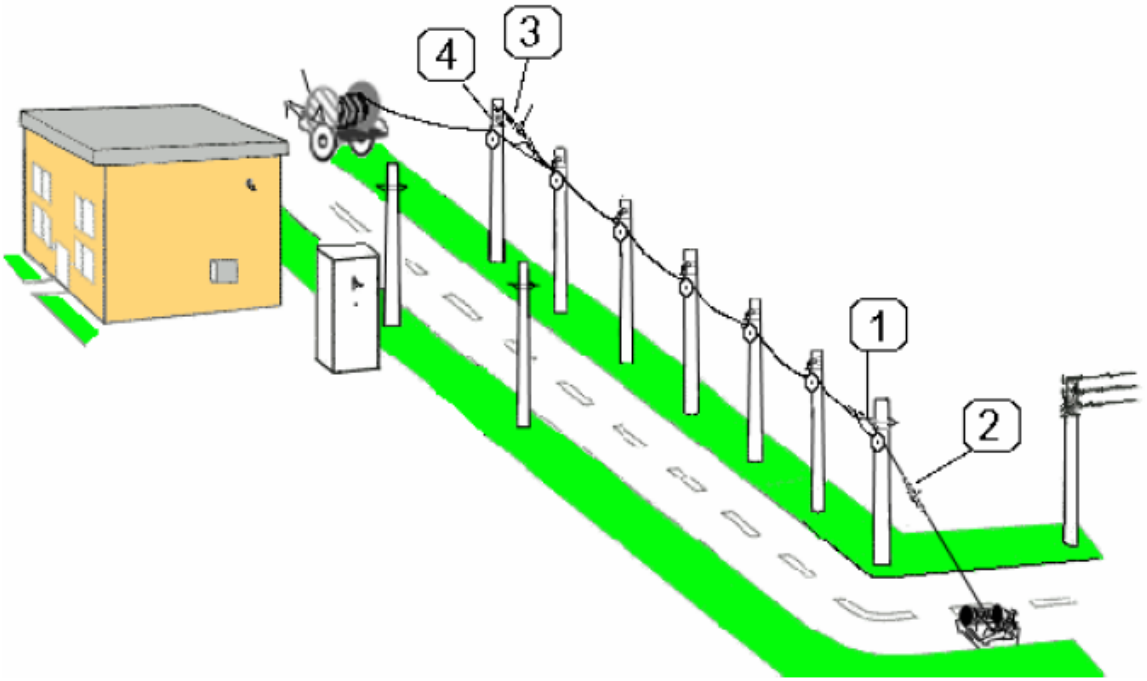


Рис. 1.20. Натяжение и анкерное закрепление провода СИП:
1,4 - начальная и конечная опоры участка; 2 - вертлюг; 3 - ручная лебедка

На ближней опоре оставляется заданный запас провода СИП, остальной провод отрезается с помощью секторных ножниц.

Замена роликов на промежуточные зажимы (рис. 1.21).

После выполнения натяжения СИП и закрепления его анкерными зажимами на концевых опорах необходимо заменить ролики на промежуточные зажимы на опорах промежуточных и, при необходимости, на угловых.

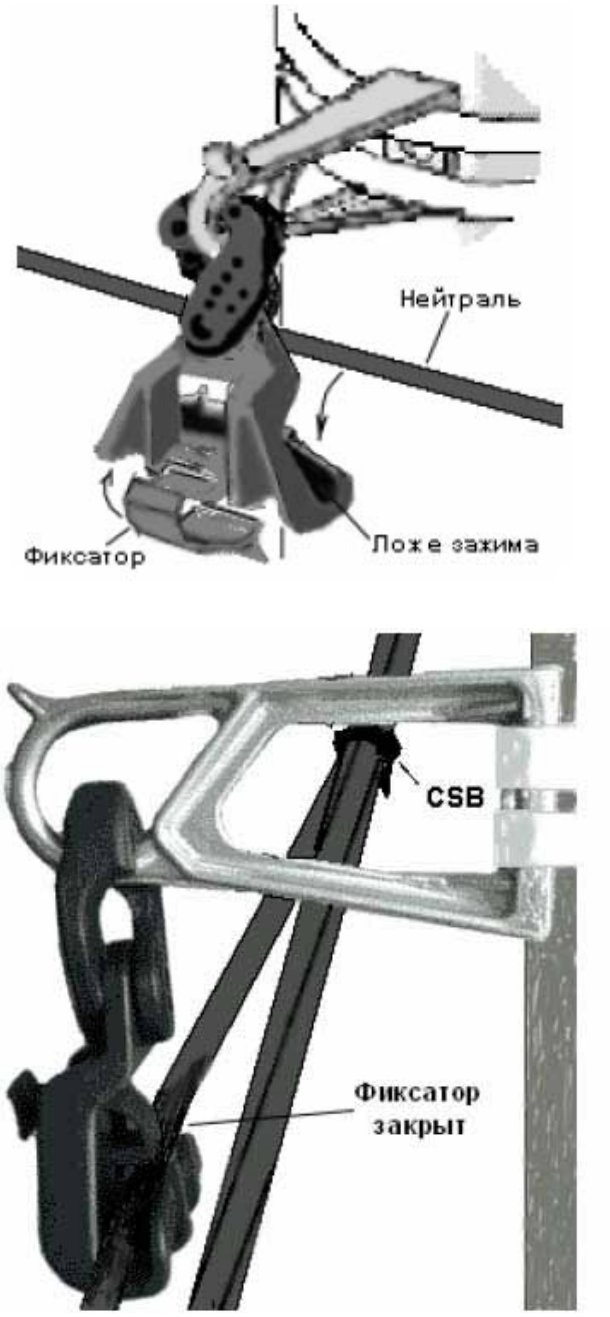


Рис. 1.21. Последовательность замены роликов на промежуточные зажимы

Для закрепления нейтрали СИП в промежуточном зажиме, например, типа ES 1500 (рис. 1.21) необходимо предварительно раскрыть фиксатор зажима и в открывшееся ложе зажима вставить нейтральный провод. Затем этот провод прижимается к ложу зажима фиксатором, который дожимается до упора.

При значительных углах изгиба ВЛИ (при углах изгиба больших, чем указано выше) и на угловых опорах необходимо использовать зажимы анкерные типа РА 1000, РА 1500, РА 2000, РА 95-2000.

Закрепление нейтрали СИП в анкерном зажиме на промежуточной опоре выполняется по аналогии с предыдущим этапом, где выполнялось анкерное закрепление.

Анкерный зажим РА 1500 посредством стального канатика крепится к анкерному кронштейну СА 1500 (рис. 1.22), а затем натянутый нейтральный провод заклинивается двумя клиньями анкерного зажима.

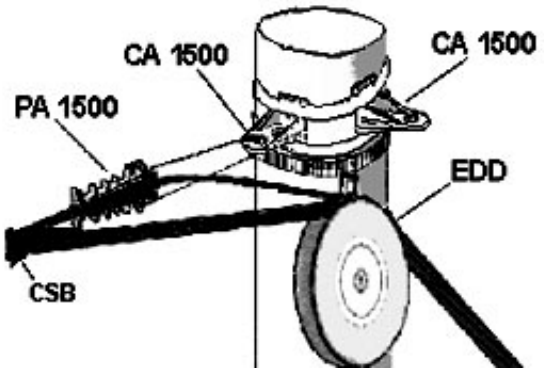


Рис. 1.22. Закрепление нейтрали СИП в анкерном зажиме

С обеих сторон от зажимов (как промежуточного, так и анкерного) на расстоянии 20…30 см от них жгут СИП необходимо стянуть кабельными ремешками, что в дальнейшем предотвратит смещение проводников СИП друг относительно друга под воздействием внешних факторов (ветровой нагрузки и пр.).

1.3.5. Обустройство ответвлений от магистрали

Ответвления от магистрали ВЛИ в виде линейного ответвления или ответвления от ВЛИ к вводу осуществляются в следующей последовательности:

- размотка СИП для ответвительной линии;
- закрепление проводов в начале ответвительной линии;
- натяжение ответвительной линии и закрепление ее конца;
- закрепление ответвительной линии на опорах;
- подключение ответвительной линии к потребителю;
- подключение ответвительной линии к магистральной ВЛИ.

Закрепление проводов в начале ответвительной линии осуществляется с помощью комплекта анкерного крепления: зажима и крон-

штейна. У зажима РА 25х100 2 или 4 провода СИП заклиниваются клиньями зажима, у зажима HEL-5505 все четыре несущих провода стягиваются между полимерными пластинами болтовым соединением (рис. 1.23).



Рис. 1.23. Анкерные зажимы РА 25х100 и HEL-5505

Натяжение ответвительной линии и закрепление ее конца.

Выполняются по аналогии с магистралью. Отличие может составлять случай, когда конец ответвительной линии закрепляется на стене или фасаде здания. Кронштейн на фасаде здания крепится с помощью шурупов или дюбелей, а уже к нему прикрепляется через дужку или петлю анкерный зажим с проводом.

Закрепление ответвительной линии на промежуточных опорах.

В том случае (поз. 4), если в ответвительной линии есть промежуточные опоры, для закрепления СИП с изолированной нейтралью используются промежуточные зажимы типа ES 1500 или анкерные зажимы EA1500, если имеется значительный изгиб линии.

Для закрепления СИП самонесущей системы (2 или 4 провода) используются промежуточные поддерживающие крепления типа RA 25 или зажимы типа DUL (рис.1.24).



а



б

Рис. 1.24. Промежуточные поддерживающие крепления:
а - типа RA 25; б - типа DUL

Подключение ответвительной линии к потребителю выполняется с помощью герметичных изолированных наконечников (рис. 1.25), опрессовываемых ручным прессом (рис. 1.26.). Предварительно провод ответвительной линии прокладывается до места подключения и после тщательного расчета остающихся концов лишний провод отрезается с помощью ручных секторных ножниц.



Рис. 1.25. Герметичные изолированные наконечники.



Рис. 1.26. Ручной пресс для монтажа наконечников СИП

Типоразмер наконечника (рис. 1.25) выбирается в строгом соответствии с сечением монтируемого провода. Так, например, для медных клемм в шкафу потребителя и для СИП с сечением жилы 16 мм^2 необходимо выбрать наконечник типа CPTAU 16 D16.

С концов монтируемого провода срезается изоляция длиной, достаточной для обеспечения герметичности заделки провода в наконечнике после опрессовки.

Оголенный конец каждого из проводников СИП вставляется в свой наконечник и с помощью ручного или гидравлического пресса и шестигранных матриц типа 4E140 - E83, 4E173, 5E21 запрессовывается внутри наконечника.

Наконечники закрепляются на клеммах шкафа с помощью гаек с шайбами. Подключение ответвительной линии к магистральной ВЛИ выполняется с помощью прокалывающих зажимов.

Защита ВЛИ от перенапряжений. Заземление (рис. 1.27).

Защиту ВЛИ от перенапряжений необходимо выполнять во всех случаях, предусмотренных в ПУЭ.

Особого внимания требуют участки ВЛИ:

- проходящие по открытой или высокой местности,
- в зонах со среднегодовой продолжительностью гроз 40 часов и более,
- в населенной местности и в местах скопления людей,
- подключаемые к трансформаторным подстанциям,
- стыкующиеся с подземными кабелями или с кабельными
- вставками,
- заканчивающихся вводом в здание с дорогостоящим электрооборудованием.

Для защиты от перенапряжений, вызванных грозовыми разрядами, при монтаже ВЛИ необходимо использовать:

- Заземляющие устройства, состоящие из заземлителя, размещенного в земле, и заземляющих проводников (спусков) для деревянных опор (поз. 1 и 3) или заземляющих выпусков арматуры железобетонных стоек.
- Аппараты защиты от перенапряжений: разрядники и ограничители перенапряжений (ОПН).

Заземляющие устройства (выполняемые согласно требованиям гл. 1.7 и 2.4.25…2.4.26 ПУЭ) необходимо применять, кроме указанного выше, также для:

- повторного заземления несущего нулевого провода,
- заземления электрооборудования, установленного на опорах ВЛИ,
- для заземления разрядников и ОПН.

В качестве заземляющих проводников на опорах ВЛИ рекомендуется применять оцинкованную круглую сталь диаметром не менее 6 мм.

Допускается применять неоцинкованную круглую сталь диаметром не менее 6 мм, имеющую антикоррозионное покрытие.

Разрядники и ОПН, устанавливаемые на опорах ВЛИ для защиты кабельных вставок от грозовых перенапряжений, должны быть присоединены к заземлителю отдельным спуском.

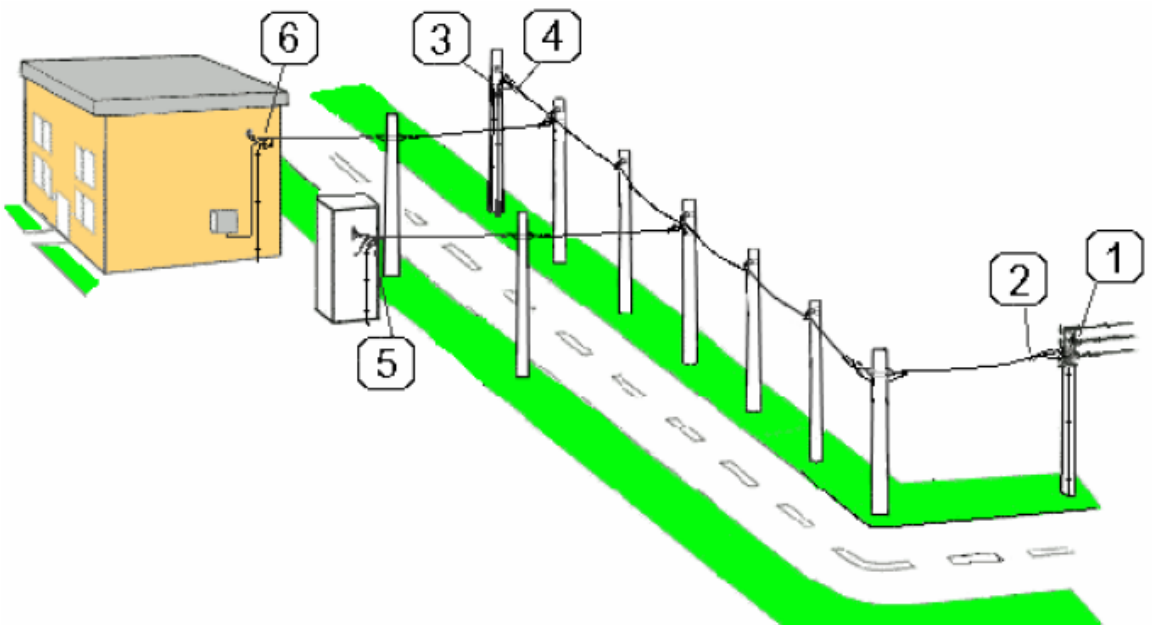


Рис. 1.27. Схема сети с размещением устройств защиты от перенапряжений: 1 - питающая ВЛ; 2 - место присоединения ВЛИ к ВЛ; 1, 3, 5, 6 - места установки ОПН и разрядников к заземляющим спускам; 4 - концевой анкерный зажим

Ограничители перенапряжений являются более современными защитными аппаратами от перенапряжений по сравнению с разрядниками. Кроме того, пока только отдельные типы ОПН приспособлены для применения в полностью изолированной ВЛИ. К ним относятся ОПН фирмы TYCO типа LVA-280A-AS и LVA-440A-AS. Менее приспособлены для ВЛИ ОПН отечественного производства типа ОПН-П1-0,38УХЛ1, у которого оба вывода не изолированы, поэтому после подключения к нему проводников требуется неизолированные выводы этого ОПН заизолировать специальной термоусаживаемой лентой, например типа SSRK-60-100, SSRK-100-200.

Согласно «ПУ ВЛИ до 1 кВ» в начале и в конце каждой магистрали ВЛИ должны быть установлены на проводах зажимы для присоединения приборов контроля напряжения и переносного защитного заземления (поз. 2 и 4).

Защита ВЛИ от коротких замыканий

Защиту ВЛИ от коротких замыканий и от перегрузок по мощности необходимо выполнять по аналогии с защитой ВЛ с неизолированными проводами, выполняемой с учетом требований ПУЭ.

Основным элементом защиты ВЛИ от коротких замыканий является проходной предохранитель для абонентских ответвлений типа CCFBD (рис. 1.28, 1.29). Проходные предохранители монтируются на

опорах, на которых к магистрали ВЛИ подключаются линейные ответвления (например, поз. 1, рис. 1.27), при этом выполняется защита:

• магистрали ВЛИ и всех ответвлений от короткого замыкания и от перегрузки по мощности, возникших в одном из линейных ответвлений (секционирование),

• ответвления от короткого замыкания и от перегрузки по мощности, возникших в ВЛ с неизолированными проводами, подключенной к ответвлению,

• временных подключений к ВЛИ.

Применение проходных предохранителей CCFBD на смонтированных абонентских ответвлениях, кроме того, позволяет реализовать возможность подачи напряжения потребителю после оплаты им услуг предприятию, обеспечивающему электроснабжение. Для этого плавкая вставка вставляется в корпус предохранителя только в нужный момент (по факту оплаты).

Проходной предохранитель типа CCFBD представляет собой разборную конструкцию, состоящую из корпуса из двух частей и плавкой вставки, вставляемой в корпус предохранителя. Конструкция предохранителя CCFBD позволяет выполнять соединение и разъединение линии под нагрузкой до 60 А.

Проходной предохранитель типа CCFBD испытан на герметичность напряжением 6 кВ под водой.



Рис. 1.28. Проходной предохранитель типа CCFBD

Корпус предохранителя изготовлен из погодоультрафиолетостойкого полимера. Он легко собирается и герметизируется при сборке. На нем закреплена герметизирующая заглушка, которая позволяет защитить отключенную линию со стороны сети. На корпусе имеются петли для пломбирования подключенного предохранителя, что позволяет регистрировать факты несанкционированной расстыковки предохранителя и замены плавкой вставки на большую мощность.

Проходной предохранитель монтируется в разрыв СИП без несущего провода, состоящего из 2-х или из 4-х изолированных проводов, между ответвительным прокалывающим зажимом и анкерным зажимом для проводов абонентов типа HEL-5505 , PA 25x100.



Рис. 1.29. Сборка проходного предохранителя

Предохранитель применяется для провода сечением 16 мм^2 – модификация CCFBD 16-16, и 25 мм^2 – модификация CCFBD 25-25.

Контактное соединение предохранителя с концами провода СИП выполняется опрессовкой с обеих сторон с помощью ручного пресса IMPI, SIMECA или SIMABLOC с одной матрицей E140.

Обустройство уличных светильников

По аналогии с ВЛ с неизолированными проводами уличные светильники, монтируемые на ВЛИ, могут крепиться на опоре сверху на дополнительной выступающей штанге и сбоку с помощью болтового соединения или монтажной ленты из нержавеющей стали (рис.1.30). Аналогичным способом выполняется заземление корпуса светильника.

Монтаж уличного светильника начинается с закрепления его на опоре.

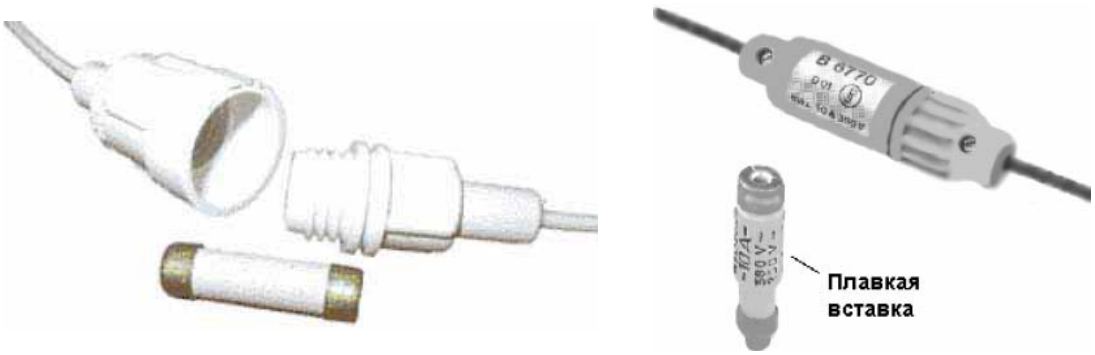
Светильник, имеющий две прорези для ленты, крепится сбоку на опоре с помощью ленты монтажной типа ЛМ 20 (или F2007) и скрепы монтажной СМ 20 (или А200) двумя узлами крепления методом, аналогичным с закреплением кронштейнов для СИП.

Для зануления корпуса светильника выполняется отдельный заземляющий спуск из стальной оцинкованной проволоки диаметром не менее 6 мм, который для железобетонной опоры также можно закрепить с помощью ленты и скрепы. Для деревянных опор такой вид закрепления спуска на опоре не приемлем, поскольку в этом случае дерево внутри ленточного кольца постепенно выгорает.



Рис. 1.30. Монтаж уличного светильника

Для защиты ВЛИ от коротких замыканий, возникающих в светильнике, в корпусе светильника монтируется проходной предохранитель типа ПП-1 (или В 6770), который подключается в разрыв фазного провода (рис. 1.31).



а *б*

Рис. 1.31. Конструкции предохранителей для ответвлений ВЛИ:
а - предохранитель ПП-1 Номинальные токи плавкой вставки: 6 А, 10 А;
б - предохранитель В 6770 Номинальные токи плавкой вставки: 2 А, 4 А, 6 А, 10 А

С помощью ответвительных прокалывающих зажимов присоединяются:

- нулевой провод светильника к несущему нулевому проводу магистрали ВЛИ (зажим типа KZEP 13),
- фазный провод светильника (от предохранителя ПП-1) к проводу уличного освещения ВЛИ (если таковой есть) или к фазному проводу ВЛИ (зажим типа KZEP 13),
- провод от корпуса светильника к заземляющему спуску (зажим типа RDP25/CN).

Подключение проводов от светильника к проводам СИП выполняется по аналогии с монтажом ответвлений, описанным в разделе о подключении ответвлений к магистрали ВЛИ.

Есть различия в монтаже предохранителей:

- у предохранителя ПП-1 есть монтажные провода длиной по 50 см, выходящие из половинок корпуса и подключаемые к внешним проводам клемником или скруткой с последующей изоляцией,
- у предохранителя В 6770 в половинках корпуса есть гнезда с
- крепежными винтами, в которые вставляются присоединительные провода и закрепляются винтами.

Обустройство трансформаторных вводов (рис. 1.32)

Для выполнения трансформаторных вводов окончание ВЛИ закрепляется на фасаде трансформаторной подстанции комплектом анкерного крепления и заводится через кабельный проход в стене внутрь здания. У проводов оставляются концы нужной длины, на которые одеваются изолированные наконечники типа CPTAU или CPTA и запрессовываются ручным прессом с матрицей. Эта операция аналогична подключению ответвительной линии к потребителю, описанному в разделе о подключении ответвлений.

Наконечники (поз. 2) закрепляются болтовым соединением на клеммах трансформатора (поз. 1).

Для защиты трансформатора от перенапряжений со стороны ВЛИ к каждому фазному проводу ВЛИ перед стеной здания подключается ограничитель перенапряжения типа LVA (поз. 3) с помощью ответвительных зажимов по аналогии с процедурой, описанной в разделе о защите ВЛИ от перенапряжений.

Заземляющие выводы ОПН подключаются к заземляющему спуску (поз. 4)

Герметизацию кабельного прохода (поз. 5) можно выполнить, например, с помощью надувного уплотнителя типа RDSS, разработанного фирмой «Райхем» (рис. 1.33…1.35).

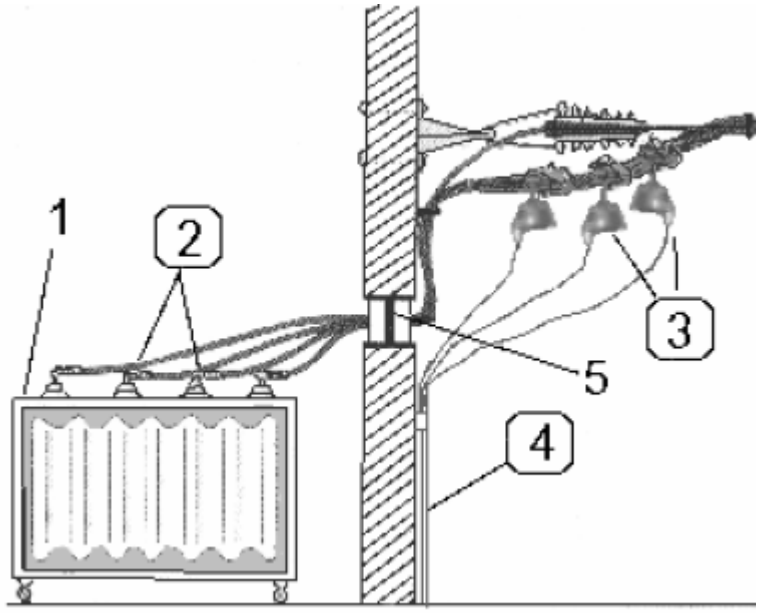


Рис. 1.32. Трансформаторный ввод ВЛИ:
1 - трансформатор; 2 - наконечники клемм вводов; 3 - ограничители перенапряжений; 4 - заземляющий спуск; 5 - кабельный проход

Уплотнитель типа RDSS состоит из надувной камеры, изготовленной из гибкой металлизированной фольгой пленки. На обеих сторонах камеры нанесен слой герметика. Камера оборачивается вокруг СИП и легко вставляется в отверстие кабельного ввода в стене. Затем при надувании камеры с помощью специального устройства герметик под давлением уплотняет места примыкания камеры с проводами и стенкой прохода (рис. 1.33,1.34).

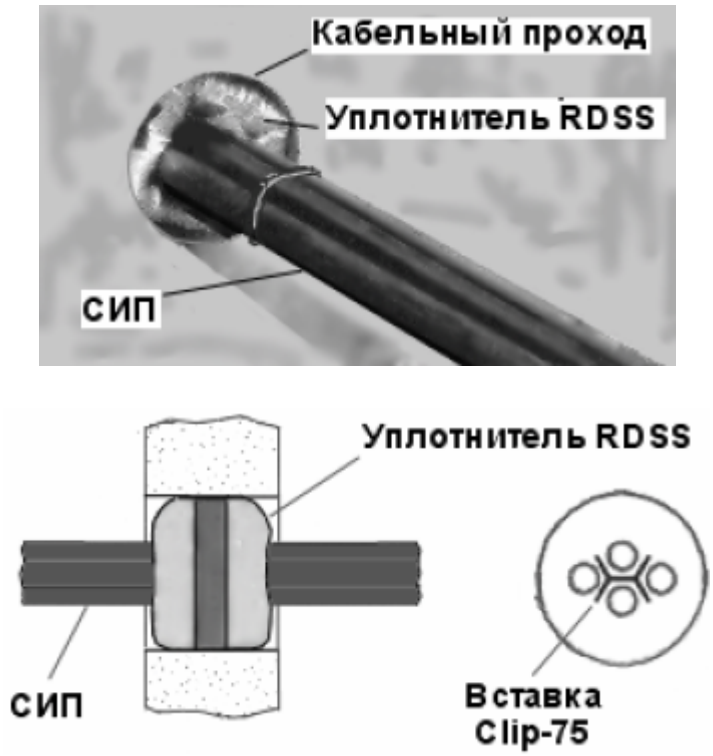


Рис. 1.33. Внешний вид и схема расположения элементов уплотнителя типа RDSS

Для уплотнения проводников СИП в жгуте применяется уплотнительная вставка типа Clip, которая препятствует проникновение влаги внутрь здания между проводниками СИП.

Уплотнитель можно установить с помощью любого устройства для надувания, которое может обеспечить давление 3,0 + 0,2 бар.

Инструмент, рекомендуемый фирмой «Райхем»:

- устройство для надувания - RDSS-IT-16,
- газовые баллончики - E7512-0160.



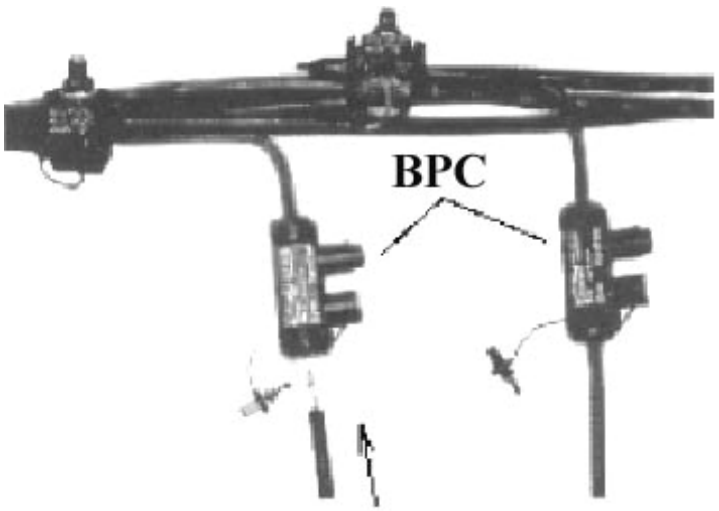
Рис.1.34. Процесс монтажа уплотнителя типа RDSS

При надувании камеры уплотнителя после достижения заданного давления выдергивается трубка для надувания и автоматически запирается гелевый клапан системы уплотнения. После этого на долгое время внутри камеры надежно поддерживается нужное давление.

Применение изолированных соединителей:

Во время монтажа ВЛИ в некоторых ее местах может возникнуть потребность в дополнительном соединении проводов:

- для проводов уличного светильника,
- для выполнения подключения абонента после оплаты,
- для осуществления замены абонентской линии.



Указанную задачу можно хорошо выполнить, используя герметичные изолированные соединители типа ВРС, которые применяются для всех типов СИП до 1 кВ.

Соединители ВРС имеют модификации как для прокалывания изоляции, так и для снятия изоляции.



Соединяемые провода пропускаются в противоположные отверстия в соединителе и зажимаются болтами. Для герметизации открытого контакта используется втычная заглушка, прикрепленная к корпусу.



Болты (13 мм) имеют срывную головку. Модификация с прокалыванием изоляции не требует зачистки изоляции на проводе; в то же время она не допускает повторный монтаж.

Модификация со снятием изоляции может быть установлена или удалена под нагрузкой (максимум 90 А). Эта модификация допускает повторный монтаж.

Другие достоинства соединителей:

- они применяются для однопроволочных и многопроволочных алюминиевых и медных жил,

- болт покрыт изоляцией, что обеспечивает безопасность при монтаже под напряжением,
- они испытаны на герметичность напряжением 6 кВ в течение 30 минут под водой,
- корпус выполнен из изоляционного материала – погодо- и ультрафиолетостойкого полимера, усиленного стекловолокном.

Удачные решения в монтаже СИП (рис. 1.35, 1.36).

Первое решение – ввод в подстанцию.

На подстанции для крепления анкерных зажимов РА 1500, с помощью которых закрепляются вводы в подстанцию, установлена рама из металлического профиля, к которой крепятся хомутики зажимов. Конструкция позволяет надежно и безопасно закрепить большое количество анкерных зажимов (в данном случае закреплено 8 зажимов).



Рис. 1.35. Закрепление вводов на подстанцию

Второе решение – закрепление провода «Торсада» на фасаде здания, а также ввод в здание.

Выполнено с помощью кронштейна, стойки которого вмурованы в стену здания, и анкерного зажима. Видно, насколько часто используются кабельные ремешки и как плотно уложен жгут СИП на участке с прокалывающими зажимами. Внешне узел крепления выглядит вполне эстетично.



Решения с претензией на рекорд



На опоре, стоящей возле подстанции, насчитано 20 хомутов из стальной ленты, которые крепят к опоре: анкерных кронштейнов СА 1500 – 16 штук, анкерных зажимов РА 1500 – 16 штук, анкерных абонентских зажимов РА 25Х100 – 2 штуки, светильник – 1.

ГЛАВА 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

2.1. Осмотр воздушных линий

При техническом обслуживании воздушных линий (ВЛ) периодически проводятся их осмотры. Осмотр – это обход ВЛ с визуальной проверкой состояния трассы и всех элементов ВЛ. График осмотров ВЛ утверждается техническим руководителем предприятия в соответствии с требованиями [2]:

- осмотр ВЛ по всей длине – не реже 1 раза в год;
- отдельные участки ВЛ, включая участки, подлежащие ремонту, не реже 1 раза в год должны осматриваться административно-техническим персоналом;
- для ВЛ напряжением 35 кВ и выше не реже 1 раза в 10 лет должны проводиться верховые осмотры (осмотры с подъемом на опору);
- для ВЛ напряжением 35 кВ и выше, проходящих в зонах с высокой степенью загрязнения или по открытой местности, а также для ВЛ напряжением 35 кВ и выше, эксплуатируемых 20 и более лет, верховые осмотры должны проводиться не реже 1 раза в 5 лет;
- для ВЛ напряжением 0,38…20 кВ верховые осмотры должны проводиться при необходимости.

По мере необходимости осмотры ВЛ проводятся в темное время суток для выявления коронирования и опасности перекрытия изоляции и возгорания деревянных опор. Внеочередные осмотры ВЛ или их участков должны проводиться при образовании на проводах и тросах гололеда, при пляске проводов, во время ледохода и разлива рек и после стихийных бедствий (бурь, ураганов, пожаров) в зоне прохождения ВЛ, а также после отключения ВЛ релейной защитой и неуспешного АПВ.

Трасса ВЛ. При осмотрах ВЛ, проходящих в лесных массивах, обращают внимание на зарастание просек, их ширину и противопожарное состояние. Правилами охраны электрических сетей для ВЛ устанавливается охранная зона в виде земельного участка и воздушного пространства, ограниченная вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии от крайних проводов при неотклоненном их положении на расстоянии:

- для линий напряжением до 1000 В – 2 м;
- линий до 20 кВ включительно – 10 м;
- линий 35 кВ – 15 м;

- линий 110 кВ – 20 м;
- линий 220 кВ – 25 м.

В охранной зоне без письменного согласования с организацией, эксплуатирующей ВЛ, не должны проводиться какие-либо работы, складирование материалов, свалки мусора и тому подобное. При прохождении ВЛ в населенной местности расстояния по горизонтали от крайних проводов при наибольшем их отклонении до ближайших зданий и сооружений должны быть не менее:

- 2 м – для ВЛ напряжением до 20 кВ;
- 4 м – для ВЛ напряжением 35…110 кВ;
- 6 м – для ВЛ напряжением 220 кВ.

Опоры. При осмотре опор обращают внимание на их отклонения от вертикального положения, разворот и уклон траверс, прогибы (кривизну) элементов опор. В местах заглубления опор не должно быть проседания или вспучивания грунта. У железобетонных фундаментов металлических опор и железобетонных приставок деревянных опор не должно быть трещин и сколов бетона с обнажением стальной арматуры.

На опорах должны присутствовать их порядковые номера, информационные знаки с указанием ширины охранной зоны, а в населенной местности – предупредительные плакаты безопасности. Номер или условное обозначение ВЛ должны быть указаны на концевых опорах линии, первых опорах ответвлений, опорах в местах пересечений ВЛ одинакового напряжения, опорах пересечения с железными дорогами, опорах участков параллельно идущих линий при расстоянии между ними менее 200 м.

У **деревянных** опор не должно быть видимого загнивания деревянных частей, следов обгорания или расщепления. Внешнее загнивание опор определяется визуально, наличие внутреннего загнивания – путем простукивания древесины молотком в сухую и неморозную погоду. Звонкий звук указывает на здоровую древесину, глухой – на наличие в ней внутреннего загнивания.

Проверяется состояние бандажей (хомутов), сочленяющих деревянную стойку с железобетонной приставкой. Не должно быть ослабления бандажей, поражения их коррозией.

У **металлических** опор проверяются сварные швы и болтовые соединения, состояние антикоррозийного покрытия и степень поражения элементов опор коррозией в местах нарушения этого покрытия. Не допускается сквозное поражение коррозией металлических элементов опор, появление трещин в металле и сварных швах. У фундаментов ме-

таллических опор не должно быть зазора между пятой опоры и железобетонным фундаментом.

У **железобетонных** опор проверяется состояние антикоррозийного покрытия и степень поражения коррозией металлических траверс. Особое внимание уделяется осмотру железобетонной стойки опоры, которой не должно быть трещин и других повреждений бетона. Трещины способствуют коррозии арматуры и, следовательно, уменьшению прочности опоры.

Провода и тросы. У проводов и тросов не должно быть обрывов и оплавлений отдельных проволок, набросов на провода посторонних предметов. У ВЛ с изолированными проводами проверяется состояние изоляции проводов в местах их соприкосновения с деревьями и отдельными сучьями, состояние изолирующей оболочки соединительных и ответвительных зажимов.

Изоляторы и арматура. Изоляторы ВЛ не должны иметь трещин, ожогов от перекрытия и других видимых повреждений глазури. Все изоляторы в гирляндах должны быть чистыми и целыми. По интенсивности коронирования изоляторов определяется степень их загрязненности. У ВЛ со штыревыми изоляторами не должно быть срывов изоляторов со штырей или крючьев, обрыва вязки провода к изолятору, не должно быть выпадения и ослабления крючьев (штырей) или их изломов.

При оценке состояния арматуры обращают внимание на ее комплектность (наличие всех болтов, гаек, шплинтов, замков), отсутствие трещин, деформации, видимых следов коррозии. На поверхности овальных и опрессованных соединителей не должно быть следов коррозии, трещин и других механических повреждений. Гасители вибрации должны быть на установленном при монтаже месте.

У ***трубчатых разрядников*** проверяется направление зоны выхлопа, состояние поверхности разрядника, которая не должна иметь ожогов электрической дугой, трещин, расслоений и глубоких царапин.

У ***заземляющих устройств*** проверяется состояние (целостность и степень поражения коррозией) заземляющих проводников и их соединений с заземлителями.

При оценке состояния проводов, изоляторов, арматуры и других элементов ВЛ, расположенных достаточно высоко, целесообразно использовать бинокль.

Все замеченные при осмотрах дефекты и неисправности ВЛ заносятся в листок осмотра, форма которого приводится ниже.

Предприятие _____
Район (участок)_____
ЛИСТОК ОСМОТРА
ВЛ_____кВ
Вид осмотра _____

Номер опоры, пролета	Замеченные неисправности

Осмотр произведен от опоры № _____до опоры №_____
«____»_____20__г.
ф.и.о._____ подпись_____
Листок осмотра принял. дата_____ подпись_____

Все дефекты и неисправности в зависимости от их характера устраняются при техническом обслуживании или плановом ремонте ВЛ. Повреждения аварийного характера должны быть устранены немедленно.

2.2. Профилактические измерения и испытания

При техническом обслуживании ВЛ периодически проводятся профилактические проверки, измерения и испытания, периодичность которых должна соответствовать требованиям [2, 4, 5].

Опоры. Отклонение от вертикального положения металлических, железобетонных и деревянных опор должно быть не более 1:200, 1:150 и 1:100 соответственно. Отклонение от горизонтали (уклон) траверс железобетонных и деревянных опор должен быть не более 1:100 и 1:50. У деревянных опор разворот траверс относительно линии, перпендикулярной оси ВЛ, не должен превышать 5 %; у железобетонных и стальных опор – 100 мм.

В зонах с высокой степенью загрязненности атмосферы измеряется поперечное сечение металлических элементов опор, уменьшившееся в результате коррозии. Для этой цели используются ультразвуковые толщиномеры, позволяющие измерять остаточное сечение элемента без предварительной его очистки от грязи и ржавчины. Допустимый коррозийный износ поперечного сечения металлических элементов опор и тросовых оттяжек не должен превышать 20 % от площади первоначального сечения.

У стоек железобетонных опор измеряется ширина раскрытия трещин. Трещины шириной до 0,3 мм должны закрашиваться влагостойкой краской; 0,3…0,6 мм – затираться полимерцементным раствором. Стойки опор при ширине раскрытия трещин более 0,3 мм и их количестве более двух в одном сечении должны быть усилены железобетонным бандажом, а при длине таких трещин более 3 м необходима замена опоры.

В тросовых оттяжках железобетонных анкерно-угловых опор измеряется тяжение. Измеренные тяжения не должны отличаться от проектных значений более чем на 20 %.

Один из методов измерения, не требующий специальных приборов, основан на зависимости между периодом собственных колебаний оттяжки и величиной тяжения в ней. В оттяжке рукой возбуждаются колебания и с помощью секундомера определяется период ее собственных колебаний. Величина тяжения T рассчитывается по формуле [3]

$$T = \frac{4lm}{\tau^2}, H, \qquad (2.1)$$

где l – длина оттяжки, м; m – масса оттяжки, кг; τ – период собственных одноволновых колебаний, с.

Тяжения в оттяжках можно определить по упругой деформации (прогибу) натянутого стального каната, поскольку существует прямая зависимость между тяжением T и силой P, вызывающей прогиб f каната: $P = Tf$. Выполненные по указанному принципу измерители тяжения в оттяжках (ИТО) позволяют осуществлять измерения с погрешностью, не превышающей 2 %.

Степень внешнего или внутреннего загнивания деревянных опор определяется приборами, принцип действия которых основан на измерении хода и усилия, с которым игла прокалывает древесную стойку. Граница между здоровой и загнившей частями древесины определяется по резкому изменению этого усилия. Загнившую древесину игла прокалывает с усилием менее 300 Н.

В результате измерений определяется диаметр здоровой части древесины при внешнем загнивании (или эквивалентный диаметр при внутреннем загнивании). Стойка деревянной опоры бракуется и подлежит замене при диаметре здоровой части менее:

- 12 см (ВЛ до 35 кВ);
- 15 см (ВЛ 35 кВ и выше с проводами сечением до 120 мм^2);
- 18 см (ВЛ 35 кВ и выше с проводами сечением более 120 мм^2).

Провода и тросы. Стрелы провеса проводов и тросов должны отличаться от проектных значений не более чем на 5 %. Расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли должны быть не менее:

- 5 м – для ВЛ до 1 кВ с самонесущими изолированными проводами;
- 6 м – то же, но с голыми проводами;
- 6 м – для ВЛ выше 1 кВ с изолированными проводами;
- 7 м – для ВЛ напряжением до 110 кВ в населенной местности;
- 6 м – то же, но в ненаселенной местности;
- 5 м – то же, но в труднодоступной местности;
- 8 м – для ВЛ напряжением 220 кВ в населенной местности;
- 7 м – то же, но в ненаселенной местности;
- 6 м – то же, но в труднодоступной местности.

Расстояния от проводов ВЛ до различных объектов и сооружений в местах пересечений и сближений ВЛ с этими объектами должны быть не менее установленных [4, 6].

При уменьшении площади поперечного сечения проводов вследствие обрыва, истирания или оплавления отдельных проволок более чем на 16% (алюминиевые провода) и более чем на 33 % (сталеалюминиевые провода) дефектный участок провода должен быть заменен.

У изолированных проводов определяются размеры повреждения изоляции. Места незначительного повреждения изоляции ремонтируются с помощью термоусаживаемых ремонтных лент или манжет. При значительных повреждениях изоляции дефектный участок вырезается и заменяется новым.

Изоляторы и арматура. Сопротивление одного фарфорового изолятора гирлянды, измеренное мегаомметром, должно быть не менее 300 МОм. Такие измерения могут выполняться только на отключенной линии. Без отключения линии измеряется распределение напряжения по изоляторам гирлянды. Для этого используется измерительная изолирующая штанга. Напряжения на фарфоровых изоляторах гирлянды составляют от 5 до 20 кВ на одном изоляторе. Наибольшее напряжение приложено к изолятору со стороны провода, а наименьшие напряжения – к изоляторам в середине гирлянды. Сумма напряжений на изоляторах гирлянды не должна отличаться от фазного напряжения ВЛ более чем на +10 % у металлических и железобетонных опор и более чем на + 20% у деревянных опор.

В качестве примера в табл. 2.1 приведено усредненное распределение напряжения по гирлянде из 7 фарфоровых изоляторов для ВЛ напряжением 110 кВ. Нумерация изоляторов начинается от траверсы опоры.

Т а б л и ц а 2.1

Напряжение, кВ, на одном изоляторе						
1	2	3	4	5	6	7
9	6	5	7	8,5	10	18,5

Изолятор бракуется, если напряжение на нем меньше 50 % указанного.

Испытания и измерения установленных на ВЛ стеклянных подвесных изоляторов, изоляторов всех типов для подвески грозозащитного троса и полимерных изоляторов не производятся; их контроль осуществляется только внешним осмотром. Стеклянные изоляторы бракуются и подлежат замене при появлении на поверхности стекла волосянных трещин.

Сцепная арматура бракуется, если ее поверхность сплошь поражена коррозией, на поверхности есть трещины, следы оплавления и механической деформации, шарнирные соединения имеют износ более 10 %.

У ***трубчатых разрядников*** измеряются внешний и внутренний искровые промежутки и диаметр дугогасительного канала. Длина внешнего искрового промежутка должна соответствовать проектному значению, длина внутреннего искрового промежутка не должна отличаться от проектного более чем на 5 мм. Диаметр дугогасительного канала в зависимости от типа разрядника не должен превышать начальный диаметр более чем в 1,3…1,5 раза.

Заземляющие устройства. Измерения сопротивлений ЗУ выполняются ежегодно в период наибольшего высыхания грунта. Сопротивления повторных заземлений нулевого провода ВЛ напряжением до 1 кВ должны быть не более 30 Ом. В сетях такого напряжения, работающих с глухозаземленной нейтралью, измеряется полное сопротивление петли «фаза-нуль» и рассчитывается ток однофазного короткого замыкания. По величине этого тока проверяется надежность срабатывания защитного аппарата, установленного в начале линии.

На ВЛ напряжением выше 1 кВ сопротивления ЗУ устанавливаются в зависимости от удельного сопротивления грунта ρ и должны быть не более величин, указанных в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Удельное сопротивление грунта ρ, Ом × м	Сопротивление ЗУ, Ом
до 100	10
более 100 до 500	15
более 500 до 1000	20
более 1000 до 5000	30
более 5000	$6\times10^{-3}\rho$

Результаты измерений оформляются соответствующими протоколами. Проверка ЗУ со вскрытием грунта производится не менее чем у 2 % опор от общего числа опор с заземлителями. Указанную проверку следует проводить в населенной местности и на участках с наиболее агрессивными и плохо проводящими грунтами. Элемент заземлителя должен быть заменен, если коррозией разрушено более 50 % его сечения.

2.3. Определение места повреждения

Проведение периодических осмотров, профилактических измерений и испытаний не гарантирует безотказной работы ВЛ. В практической эксплуатации всегда имеют место случайные повреждения ВЛ: однофазные и многофазные замыкания, обрывы проводов и другие повреждения. Одной из важных задач эксплуатации ВЛ является быстрое определение места повреждения и проведение ремонтно-восстановительных работ. При большой протяженности и разветвленности распределительных сетей указанная задача может эффективно решаться только при использовании специальных технических средств, определяющих поврежденную линию и расстояние до места повреждения.

Технические средства для определения места повреждения (ОМП) широко используются при эксплуатации ВЛ всех классов напряжений. В зависимости от класса напряжения средства ОМП можно разделить на два вида: средства ОМП в сетях с большими токами замыкания на землю (110-220 кВ) и средства ОМП в сетях с малыми токами замыкания на землю (6…35 кВ).

Линии электрических сетей с большими токами замыкания на землю характеризуются достаточно большой протяженностью. Методы и средства ОМП здесь основаны на измерении и запоминании парамет-

ров аварийного режима (токов и напряжений прямой, обратной и нулевой последовательности) и вычислении расстояния до мест повреждения. В таких сетях используются, как правило, двусторонние методы, основанные на фиксации токов и напряжений по концам ВЛ.

Для измерения и запоминания токов и напряжений используются полупроводниковые и микропроцессорные фиксирующие приборы. По сравнению с полупроводниковыми, микропроцессорные фиксирующие приборы позволяют реализовать более сложные алгоритмы ОМП, более приспособлены к перепрограммированию при изменении параметров сети, более точные. Опыт эксплуатации микропроцессорных приборов ОМП показал, что погрешность определения расстояния до места повреждения не превышает 5 %.

При повреждении на контролируемой линии средства ОМП осуществляют в темпе процесса лишь функции измерения и запоминания токов и напряжений аварийного режима. Обработка результатов измерения выполняется уже после отключения линии релейной защитой.

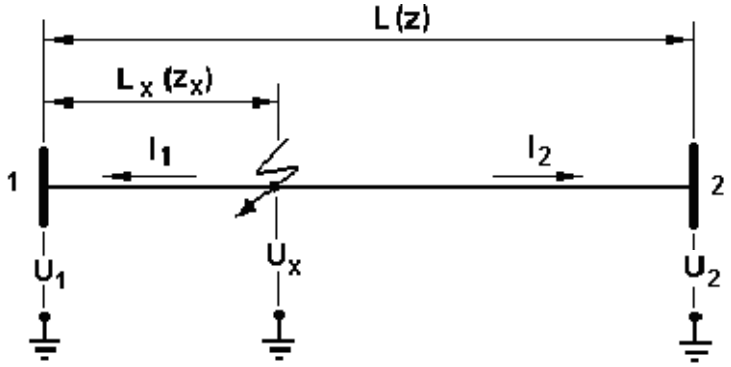


Рис. 2.1. Напряжения и токи в линии в момент повреждения

Пусть в некоторой точке линии, соединяющей подстанции 1 и 2, (рис. 2.1), происходит повреждение, например однофазное короткое замыкание. Индикаторы, установленные по концам линии, фиксируют в аварийном режиме токи и напряжения. Параметры аварийного режима связаны соотношениями:

$$U_1 + I_1 z_x = U_x;\;\; U_2 + I_2\left(z - z_x\right) = U_x, \qquad (2.2)$$

где U_1, U_2 и U_x – напряжения нулевой последовательности по концам линии и в месте повреждения; I_1, I_2 – токи нулевой последова-

тельности по концам линии; z, z_x – сопротивления нулевой последовательности линии и участка до места повреждения.

Приравнивая левые части выражений (2.2), получим:

$$z_x = \frac{I_2 z + U_2 - U_1}{I_1 + I_2}. \tag{2.3}$$

Поделив правую и левую части последнего выражения на удельное сопротивление проводов линии z_0, получим искомое расстояние до места повреждения:

$$L_x = \frac{I_2 z + U_2 - U_1}{z_0 (I_1 + I_2)}. \tag{2.4}$$

Параметры линии z и z_0 вводятся с клавиатуры устройства при его установке. Величина L_x в километрах выдается на дисплей устройства.Возможность исключения из расчетных выражений напряжения U_x показывает независимость результата ОМП от сопротивления в месте повреждения.

Существенной особенностью структуры распределительных сетей 6…35 кВ является их разветвленность. Расстояния до мест многофазных замыканий в этих сетях определяются средствами ОМП, установленными на питающих подстанциях (односторонние средства ОМП). Однако даже высокая точность этих средств не позволяет указать место повреждения вследствие разветвленности сетей.

На рис. 2.2 показана разветвленная электрическая сеть. После отключения повреждения выключателем Q и определения расстояния до места повреждения возникает задача определения аварийного участка разветвленной сети, поскольку повреждения в точках K_1, K_2 или K_3 являются равноудаленными от питающей подстанции.

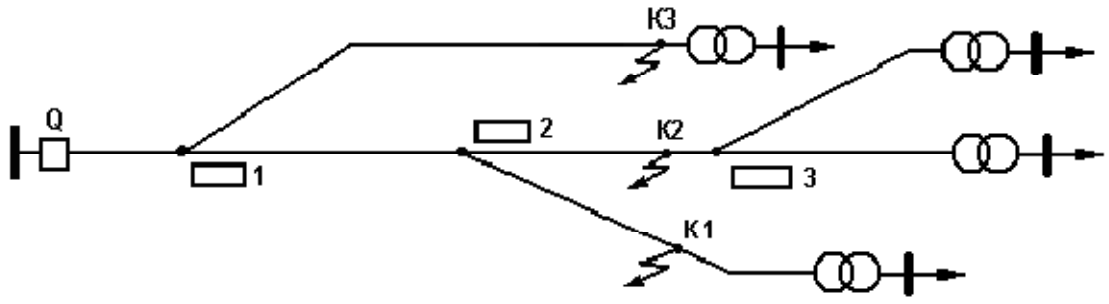


Рис. 2.2. Расстановка указателей поврежденного участка в разветвленной сети

Для ориентирования при поиске места повреждения в местах разветвления сети устанавливаются указатели поврежденного участка, фиксирующие факт протекания тока короткого замыкания. По положениям указателей 1, 2 и 3 эксплуатационный персонал правильно определяет направление поиска места повреждения. В частности, при замыкании в точке K_1 факт протекания тока короткого замыкания будет зафиксирован только указателем 1.

В электрических сетях с изолированной нейтралью (6…35 кВ) ток однофазного замыкания на землю имеет емкостной характер, а по величине значительно (на один-два порядка) меньше тока нагрузки. Малая величина токов замыкания на землю исключает возможность применения рассмотренных выше методов и средств ОМП.

В соответствии с [2] допускается работа сети с заземленной фазой до устранения повреждения; при этом эксплуатационный персонал обязан отыскать и устранить повреждение в кратчайший срок. Отыскание места однофазных замыканий на землю осуществляется с помощью переносных приборов, измеряющих вблизи ВЛ уровень магнитного поля токов нулевой последовательности.

Принцип определения места замыкания на землю в разветвленной сети иллюстрируется схемой (рис. 2.3), состоящей из линий W_1, W_2, W_3 и W_4. При замыкании в точке K через место повреждения протекают емкостные токи нулевой последовательности, замыкающиеся через распределенные емкости линий, представленные на рис. 2.3 сосредоточенными емкостями C_1, C_2, C_3, C_4 и $C_{4'}$. Распределение этих токов в линиях сети показано эпюрами.

Величины токов, растекающихся по линии W_4 влево ($I_{0,4}$) и вправо ($I''_{0,4}$) от места замыкания пропорциональны суммарным емкостям на землю:

$$I'_{0,4} = k\left(C'_4 + C_1 + C_2 + C_3\right); I''_{0,4} = k(C''_{0,4}), \qquad (2.5)$$

где k – коэффициент пропорциональности.

Наибольший уровень емкостных токов нулевой последовательности имеет место в поврежденной линии до места замыкания, после которого уровень этих токов резко уменьшается.

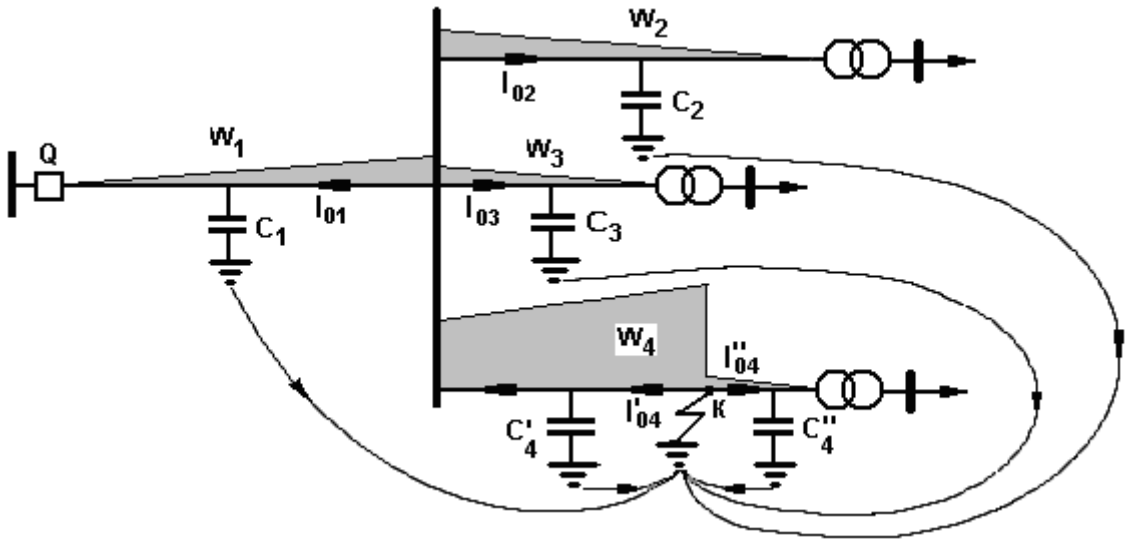


Рис. 2.3. Схема сети и эпюры показаний переносного прибора в различных ее участках

Применение переносных приборов, реагирующих на магнитные поля основной частоты (50 Гц), затруднено вследствие значительного влияния на измерения рабочих токов линий. Поэтому при поиске мест замыканий на землю используют приборы, реагирующие на высшие гармонические составляющие магнитного поля токов нулевой последовательности. В этом случае влияние токов нагрузки на результаты измерения существенно меньше.

2.4. Борьба с гололедом

Гололедно-изморозевые отложения на проводах и тросах ВЛ роисходят при температуре воздуха около -5° С и скорости ветра 5…10 м/с. Полная масса гололедно-изморосевых отложений приводится к форме полого цилиндра льда с толщиной стенки, равной *b* (рис. 2.4).

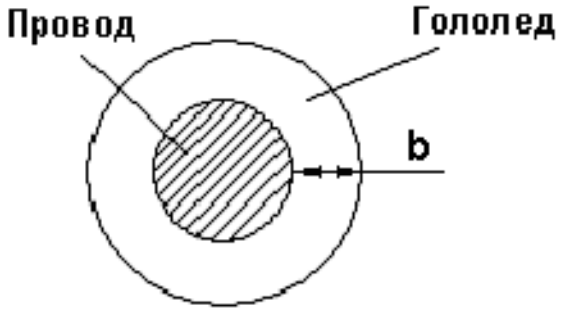


Рис. 2.4. Идеализированное представление гололеда на проводах

По толщине стенки гололеда при повторяемости 1 раз в 25 лет территория страны делится на 8 районов:

- I район $b = 10$ мм;
- II район $b = 15$ мм;
- III район $b = 20$ мм;
- IV район $b = 25$ мм;
- V район $b = 30$ мм;
- VI район $b = 35$ мм;
- VII район $b = 40$ мм;
- особый $b \geq 45$ мм.

Карты районирования страны приводятся в [6].

Гололед обуславливает дополнительные механические нагрузки на все элементы ВЛ. При значительных гололедных отложениях возможны обрывы проводов, тросов, разрушения арматуры, изоляторов и даже опор ВЛ. Гололед может откладываться по фазным проводам достаточно неравномерно. Стрелы провеса проводов с гололедом и без гололеда могут отличаться на несколько метров. Такая разрегулировка стрел провеса, а также неодновременный сброс гололеда при его таянии, вызывающий «подскок» отдельных проводов, могут привести к перекрытию воздушной изоляции. Гололед является одной из причин «пляски» проводов, способной привести к их схлестыванию.

На небольших участках ВЛ производится, как правило, механическое удаление гололеда. Для этой цели используются шесты, веревки и другие подручные средства. При механическом удалении гололеда без отключения ВЛ должны использоваться шесты из бакелита, стеклопластика и другого изоляционного материала.

Основным методом борьбы с гололедом при эксплуатации протяженных ВЛ является его плавка за счет нагревания проводов протекающим по ним током. Существует достаточно большое количество схем плавки гололеда, определяемых схемой электрической сети, нагрузкой потребителей, возможностью отключения линий и другими факторами.

Схема плавки гололеда переменным током искусственного короткого замыкания показана на рис. 2.5, *а*.

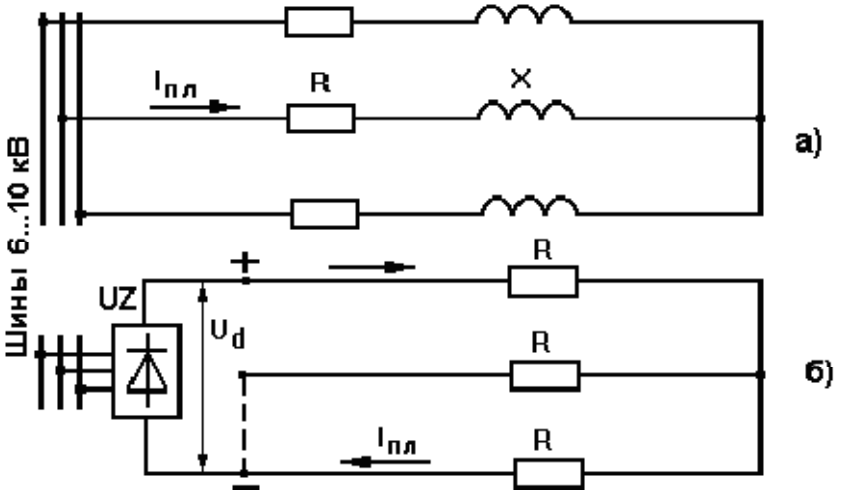


Рис. 2.5. Принципиальные схемы плавки гололеда переменным (а) и выпрямленным (б) током

ВЛ одним концом подключается к источнику питания, которым, как правило, служат шины 6…10 кВ подстанций или отдельный трансформатор, провода на другом конце ВЛ замыкаются. Напряжение и мощность источника выбираются таким образом, чтобы обеспечить протекание по проводам ВЛ тока в 1,5…2 раза превышающего длительно допустимый ток [3, 4]. Такое превышение допустимого длительного тока оправдано кратковременностью процесса плавки (~1 ч), а также более интенсивным охлаждением провода в зимний период.

Следует помнить, что допустимые длительные токи приводятся в справочной литературе для температуры воздуха 25° С.

Ориентировочные величины токов при различной продолжительности плавки гололеда переменным током приведены а табл. 2.3, в последнем столбце которой указан ток, предупреждающий образование гололеда на проводах.

Для ВЛ напряжением 220 кВ и выше с проводами сечений 240 мм^2 и более плавка гололеда переменным током требует очень больших мощностей источника питания (десятки МВА). Для параметров проводов ВЛ такого класса справедливо соотношение $R<<X$. Полная мощность источника увеличивается за счет большой и бесполезной для плавки гололеда реактивной нагрузки. На таких ВЛ плавка гололеда осуществляется выпрямленным током [3].

Таблица 2.3

Марка провода	Ток плавки, А, при продолжительности, мин			Ток предупр., А
	30	60	100	
АС 50	330	270	240	160
АС 70	410	330	290	205
АС 95	510	400	350	245
АС 120	565	450	400	275
АС 150	660	525	460	325
АС 185	750	600	520	375
АС 240	860	690	610	440

Принципиальная схема плавки гололеда выпрямленным током показана на рис. 2.5, *б*. Выпрямитель UZ подключается к шинам 6…10 кВ подстанций или отдельному трансформатору. Используются, как правило, две схемы плавки гололеда выпрямленным током: «фаза – фаза» и «фаза – две фазы».

Параметры выпускаемых отечественной промышленностью нерегулируемых выпрямительных блоков, подключаемых к переменному напряжению 10 кВ:

- выпрямленное напряжение 14 кВ;
- выпрямленный ток 1200 А;
- мощность на выходе 16800 кВт.

Для получения большей мощности выпрямительные блоки можно включать последовательно или параллельно. ОАО НИИПТ разработана на базе управляемого трехфазного мостового выпрямителя установка для плавки гололеда, подключаемая к серийному силовому трансформатору или шинам соответствующего напряжения (до 35 кВ). В отличие от нерегулируемых выпрямительных блоков эта установка позволяет при плавке гололеда плавно изменять выходные параметры в диапазоне:

- выпрямленное напряжение 0…50 кВ;
- выпрямленный ток 0…1200 А;
- мощность на выходе 0…60000 кВт.

Эксплуатационный персонал ВЛ должен контролировать процесс гололедообразования и обеспечивать своевременное включение схем плавки гололеда. ВЛ, на которых производится плавка гололеда, должны быть оснащены сигнализаторами гололеда, работоспособность которых должна проверяться ежегодно перед наступлением зимнего периода.

Следует отметить, что плавка гололеда должна проводиться в районах интенсивного гололедообразования ($b > 20$ мм) с частой пляской проводов. В других случаях применение плавки гололеда должно обосновываться технико-экономическими расчетами.

2.5. Ремонт воздушных линий

При ремонтах ВЛ выполняется комплекс мероприятий, направленных на поддержание или восстановление первоначальных эксплуатационных характеристик ВЛ путем ремонта или замены отдельных ее элементов.

Для ВЛ напряжением до 10 кВ структура ремонтного цикла представляет собой чередование текущего и капитального ремонтов: Т-К-Т-К... Продолжительность ремонтного цикла для ВЛ на деревянных опорах составляет 5 лет, на железобетонных опорах – 10 лет.

Для ВЛ напряжением 35 кВ и выше предусматриваются только капитальные ремонты с периодичностью:

- не реже 1 раза в 5 лет для ВЛ на деревянных опорах;
- не реже 1 раза в 10 лет для ВЛ на железобетонных и металлических опорах.

Перечень работ, относящихся к текущим и капитальным ремонтам ВЛ, устанавливается типовыми инструкциями по эксплуатации ВЛ [4]. Объем ремонтных работ определяется по результатам предшествующих осмотров, испытаний и измерений. Поэтому для планирования ремонтов ВЛ ведется следующая эксплуатационно-техническая документация:

- паспорта ВЛ;
- листки осмотров;
- ведомости проверки загнивания деревянных опор;
- ведомости проверки линейной изоляции;
- ведомости измерений габаритов и стрел провеса проводов и тросов;
- ведомости измерений сопротивлений заземляющих устройств;
- журналы неисправностей ВЛ;
- журналы учета работ на ВЛ и другие документы.

На основании этих документов составляется многолетний график работ, в котором указывается перечень всех ВЛ и годы их вывода в ремонт в соответствии с техническим состоянием. На основании многолетнего графика составляются годовые графики работ. По форме организации капитальный ремонт ВЛ может выполняться децентрализован-

но, централизованно и по смешанной форме. При децентрализованной форме ремонт выполняется силами предприятия, эксплуатирующего ВЛ.

Наиболее прогрессивной формой капитального ремонта ВЛ является централизованный ремонт, выполняемый по договору подряда строительно-монтажной организацией, специализирующейся на строительстве ВЛ. Бригады централизованного ремонта могут быть комплексными, выполняющими все виды ремонтных работ, или специализированными, выполняющими определенные виды работ, например замену опор.

Основными преимуществами централизованного ремонта являются высокое качество и сокращение сроков ремонтных работ. Это достигается высокой квалификацией персонала, использованием передовых методов организации и проведения работ, высокой степенью их механизации.

Законченные работы по капитальному ремонту ВЛ должны приниматься техническим руководителем предприятия, о чем делается отметка в плане-графике работ. Все работы, произведенные на ВЛ, должны оформляться соответствующими актами с указанием объема выполненных работ, даты выполнения, фамилии производителя работ. В паспорте ВЛ должны отражаться все основные выполненные работы (замена опор, проводов, изоляторов) и изменение характеристик ВЛ, например появление новых пересечений.

ГЛАВА 3. МОНТАЖ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 35 кВ

3.1. Подготовительные работы

В настоящее время при монтаже новых и реконструкции существующих КЛ наряду с традиционно применяемыми кабелями с бумажной пропитанной, пластмассовой и резиновой изоляцией начинают широко применяться кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). Эта изоляция имеет высокие диэлектрические и механические характеристики, больший, чем у других кабельных изоляционных материалов, диапазон рабочих температур.

В зависимости от условий прокладки СПЭ кабели допускают длительные токи нагрузки на 15…30 % больше, чем кабели с бумажной пропитанной изоляцией. СПЭ кабели имеют длительный срок службы (до 50 лет), повреждаемость таких кабелей на 1…2 порядка ниже, чем кабелей с бумажной изоляцией. Очевидно, что применение СПЭ кабелей становится не только технически целесообразным, но и экономически выгодным.

На место монтажа кабель поставляется на специальных барабанах. Строительная длина кабеля на барабане составляет 200…2000 м в зависимости от внешнего диаметра кабеля и номера (размера) барабана. Для разгрузки кабельных барабанов должны использоваться автокраны или специальные транспортные средства – кабельные транспортеры.

При прокладке КЛ в земле (в траншеях, трубах, блоках) предварительно оформляется разрешение на проведение раскопок и выполняется разметка кабельной трассы. При пересечении кабельной трассой других подземных коммуникаций выполняются согласования будущих пересечений с организациями, эксплуатирующими эти коммуникации.

Для предотвращения повреждения пересекаемых подземных коммуникаций вручную роются шурфы (небольшие траншеи) для обнаружения этих коммуникаций. Работы выполняются в присутствии представителя организации, эксплуатирующей пересекаемые коммуникации.

При открытой прокладке кабеля проверяются кабельные сооружения, производственные помещения и установленные в них опорные конструкции для кабелей.

В зависимости от типа изоляции кабеля устанавливаются наибольшие допустимые разности уровней кабельной трассы. Для кабелей напряжением 10 (35) кВ с бумажной пропитанной изоляцией эта

разность уровней составляет 15 м, для кабелей с резиновой, пластмассовой и СПЭ-изоляцией разность уровней не ограничена.

Перед монтажом производится осмотр кабеля на барабанах. Не должно быть наружных механических повреждений, оба конца кабеля на барабане должны быть герметично заделаны. По результатам осмотра кабеля составляется соответствующий акт.

Монтаж кабелей с бумажной пропитанной изоляцией при низких температурах (ниже -5° С) выполняется после их предварительного подогрева, поскольку при отрицательных температурах эта изоляция отвердевает, становится неэластичной и при прокладке кабеля может быть повреждена. Наиболее простой способ прогрева кабеля – в теплом помещении. Продолжительность прогрева зависит от температуры воздуха в помещении и составляет 72 ч при 5…10° С, 24 ч при 10… 25° С и 18 ч при 25…40° С.

При необходимости сокращения указанного времени используют метод прогрева кабеля электрическим током прямо на барабанах, следя за температурой наружного покрова кабеля на внешних витках барабана, которая не должна превышать 20° С. При этом условии температура изоляции кабеля во внутренних витках барабана не превысит допустимого значения.

Одним из преимуществ СПЭ кабелей является возможность их прокладки без предварительного подогрева при температурах до -20° С для кабелей с полиэтиленовой защитной оболочкой и при температурах до -15° С для кабелей с поливинилхлоридной защитной оболочкой. Такая возможность достигается благодаря использованию качественных полимерных материалов для изоляции и оболочки СПЭ кабеля.

3.2. Прокладка кабелей в траншее

Наиболее дешевый способ канализации электроэнергии – размещение кабелей в траншее. Такой способ не требует большого объема строительных работ и создает хорошие условия для охлаждения кабелей. Недостаток этого способа – возможность механических повреждений кабелей во время различных раскопок, проводимых при эксплуатации сооружений.

3.2.1. Подготовка траншеи к прокладке кабеля

Траншеи большой протяженности роют специальными ковшовыми, роторными или цепными землеройными машинами. На участках кабельной трассы, проходящих в непосредственной близости от подземных и наземных сооружений, зелёных насаждений и расположенных в земле коммуникаций, используют малогабаритные

механизмы, например экскаватор Э-153 с ковшом емкостью 0,15 м^3 или отбойные молотки, ломы и лопаты.

Траншеи для прокладки кабелей отрывают глубиной не менее 700 мм, а размеры их по дну зависят от числа прокладываемых кабелей. В местах, где будут располагаться кабельные соединительные муфты для удобства выполнения соединений кабелей, траншею расширяют, образуя котлован (для одной муфты 2,5 м длиной и 1,5 м шириной плюс 0,4 м для каждой последующей муфты). Муфты располагают в шахматном порядке.

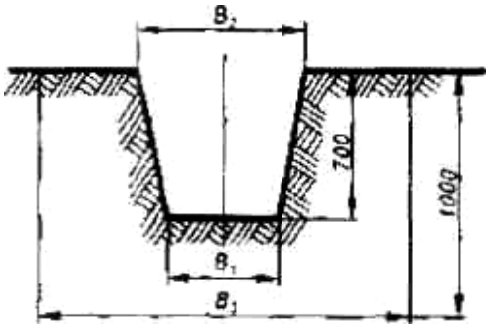


Рис. 3.1. Размеры траншеи для прокладки кабелей 1…10 кВ:
В1 – размер на дне траншеи; В2 – размер у поверхности земли;
В3 – размер зоны отвода

В одной траншее рекомендуется размещать не более 6 кабелей. Размеры траншей в зависимости от числа размещаемых в них кабелей приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Тип траншеи	Размеры, мм			Число прокладываемых силовых кабелей *
	В1	В2	В3	
Т-1	300	350	2150	1
Т-2	300	500	2300	1-2
Т-3	400	600	2400	2-3
Т-4	600	700	2500	3-4
Т-5	750	830	2600	4-5
Т-6	800	1000	2800	5-6
* В одной траншее размещают не более 2-х кабелей напряжением 20-35 кВ.				

Приёмку траншей от строительной организации выполняют после осмотра и подтверждения, что: трасса выполнена строго по геодезической разбивке с соблюдением вертикальных отметок дна траншеи, с привязками

траншеи к различным ориентирам, углы поворотов траншеи должны соответствуют требованиям для радиусов изгиба кабелей. При приемке особое внимание обращают на планировочные отметки по всей длине трассы.

Глубина траншеи от планировочной отметки для кабелей напряжением до 10 кВ должна быть не менее 0,7 м, при пересечении улиц, площадей – 1 м. Меньшая глубина траншеи (до 0,5 м) допускается при вводе кабелей в здания, сооружения, а также в местах пересечений с подземными сооружениями при условии защиты кабелей от механических повреждений на участках длиной до 5 м.

Ширину траншеи при прокладке в ней силовых кабелей до 10 кВ принимают не менее, указанной на рис. 3.2.

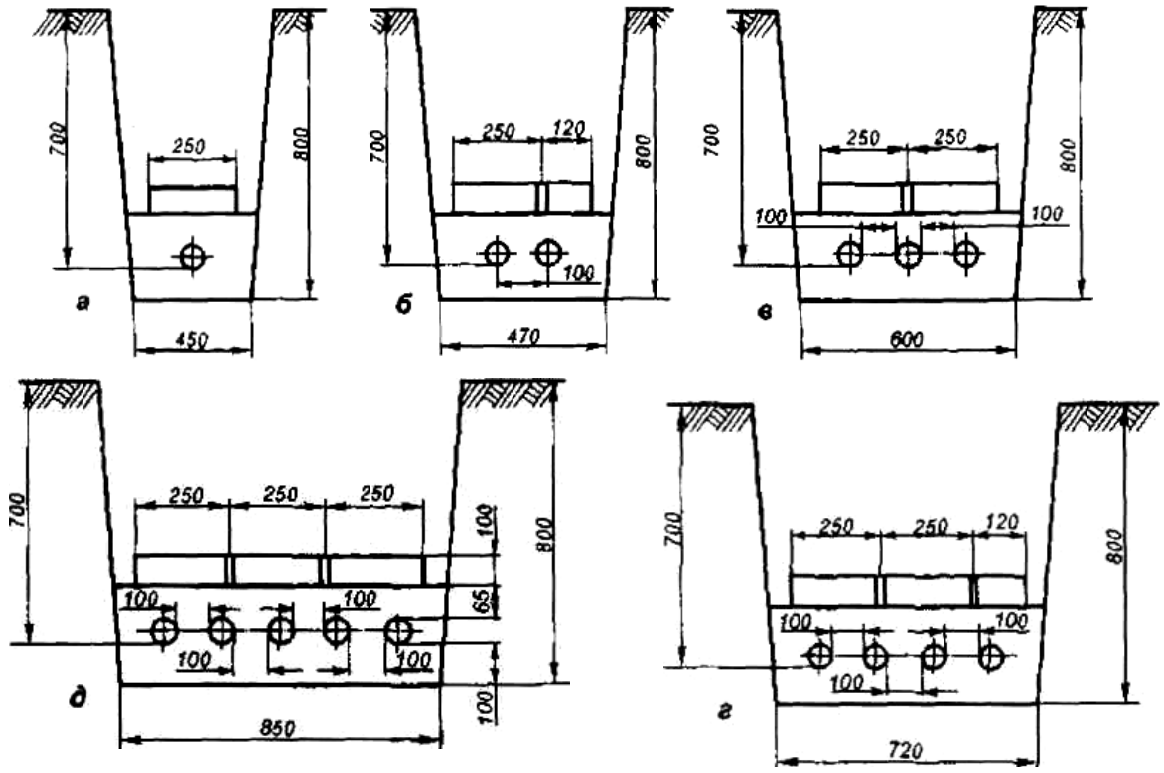


Рис. 3.2. Размеры кабельных траншей и размещение в них кабелей с защитой кирпичом от механических повреждений:
а – одного, б – двух, в – трех, г – четырех, д – пяти

Перед прокладкой кабелей в траншею представители эксплуатирующей организации осматривают готовность трассы для прокладки кабелей:

- кладку и крепление (при необходимости) труб;
- диаметры труб и их соответствие для проектной марки кабеля;

• заготовку кирпича или плит для механической защиты кабелей по всей трассе или наличие сигнальной ленты;

• отсутствие воды в траншее;

• отсутствие камней и прочих предметов в траншее;

• углы поворотов траншеи;

• глубину траншеи по всей трассе;

• заделку труб в проходы при вводе в здания через фундаменты и стены;

• расстановку по всей трассе линейных и угловых роликов (угловые ролики должны быть закреплены);

• на кабели, которые будут проложены в данной траншее, предъявляют протоколы испытаний кабелей на заводе, акты осмотра барабана и кабеля на нем, а для зарубежного кабеля – дополнительно протокол вскрытия и наружного осмотра образца.

Дно траншеи по всей длине должно быть присыпано песком или мелкой землей, не содержащей камней, строительного мусора, шлака и т. п. Толщина подсыпки должна составлять не менее 100 мм.

Вдоль всей траншеи должны быть заготовлены для засыпки кабеля песок или мелкая земля.

Защитные трубы должны быть уложены на присыпанный песок или землю. Расстояние в свету между трубами должно быть не менее 100 мм.

После выполнения перечисленных требований разрешают прокладку кабеля и составляют акт на скрытые работы и акт приемки траншей, каналов, туннелей и блоков под монтаж кабелей.

3.2.2. Расположение кабелей в траншее

Кабели укладывают на дно траншеи, очищенное от камней и неровностей, куда насыпают слой мягкой земли или песка толщиной не менее 100 мм. Кабели укладывают с соблюдением требований приведенных выше. При прокладке нескольких кабелей в траншее концы кабелей, предназначенные для последующего монтажа соединительных и стопорных муфт, следует располагать со сдвигом мест соединения не менее чем на 2 м. При этом должен быть оставлен запас кабеля с длиной, необходимой для проверки изоляции на влажность и монтажа муфты, а также укладки дуги компенсатора (длиной на каждом конце не менее 350 мм для кабелей напряжением до 10 кВ). В стесненных условиях при больших потоках кабелей допускается располагать компенсаторы в вертикальной плоскости ниже уровня прокладки кабелей. Муфта при этом остается на уровне прокладки кабелей (рис. 3.3 и 3.4).

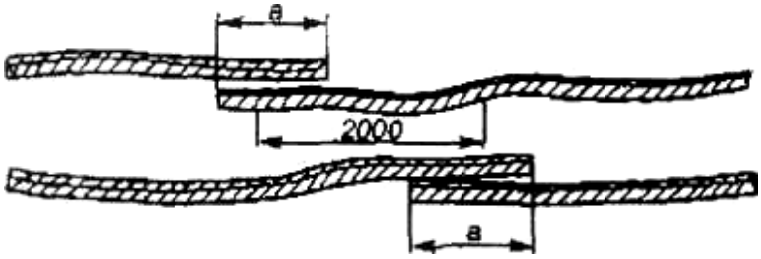


Рис. 3.3. Расположение концов кабелей в месте монтажа двух соединительных муфт. Размер (а) составляет от 0,5 до 1 м

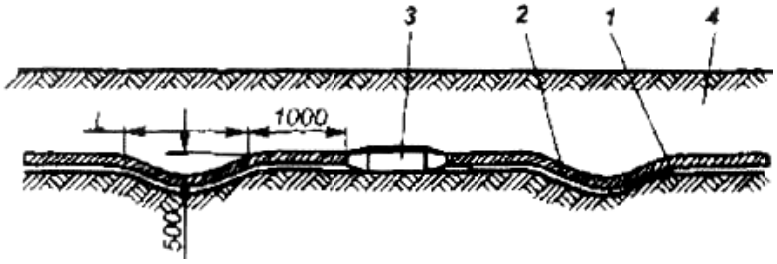


Рис 3.4. Вертикальное расположение компенсаторов в месте монтажа соединительной муфты в траншее:
1 – кабель; 2 – компенсатор; 3 – муфта; 4 – траншея

Примечание*. Длина компенсатора, зависит от марки и диаметра кабеля.

3.2.3. Пересечения и сближения

Обычно кабели в траншее укладывают в один ряд на установленных расстояниях от зданий и сооружений (рис. 3.5…3.17). Наименьшее расстояние между кабелями и нефте- или газопроводом – не менее 0,5 м. При пересечениях кабели до 1 кВ прокладывают поверх кабелей более высокого напряжения, так как вероятность повреждения в кабелях до 1 кВ больше и при таком размещении в случае аварий в кабелях до 1 кВ не будут повреждаться кабели более высокого напряжения. При пересечениях кабелей другими кабельными линиями между ними должен быть слой грунта толщиной не менее 500 мм. Если это расстояние соблюсти нельзя, то между кабелями до 35 кВ прокладывают бетонные плиты (кирпичи) или кабель помещают в трубу или гофрированный шланг. Кирпичи или бетонную плиту укладывают на слой земли толщиной не менее 150 мм, который насыпают поверх кабелей. При пересечении железнодорожных путей и шоссейных дорог кабели прокладывают в туннелях, блоках или трубах по всей ширине зоны отчуждения на расстоянии не менее 1 м от полотна дороги и не менее 0,5 м от дна водоотводной канавы.

В местах пересечений и сближений с препятствиями для защиты, кабелей следует применять асбоцементные, пластмассовые, бетонные, керамические, чугунные и гофрированные пластмассовые трубы. Применение стальных труб допускается только для проходов, выполняемых методом прокола грунта. Для предохранения от скопления в трубах воды их следует прокладывать с уклоном не менее 0,2 %. Внутренний диаметр труб длиной более 5 м должен быть не менее полуторакратного наружного диаметра кабеля, но не менее 100 мм. Не допускается проложенный в траншее кабель оставлять без надзора, если он не присыпан землей и не защищен плитами или кирпичом. Кабели, предназначенные для напряжений выше 1 кВ, должны быть, за редкими исключениями, закрыты сверху красным бесщелевым кирпичом или специальными плитами (рис. 3.3). Трасса каждой линии должна быть нанесена на план местности.

При пересечении улиц, площадей, шоссейных и железнодорожных путей глубину укладки увеличивают до 1 м. Уменьшение глубины укладки до 0,5 м допускается при вводе кабелей в здание, а также при пересечении линией подземных сооружений при условии защиты кабелей от механических повреждений (например, при прокладке в трубах). Прокладку кабельных линий 6…10 кВ по пахотным землям производят на глубине не менее 1 м, при этом землю над трассой используют под посевы.

Ширина дна траншеи для прокладки силовых кабелей до 10 кВ должна быть не менее: 300 мм – для одного-двух кабелей; 400 мм – для двух-трех кабелей; 500 мм – для трех-четырех кабелей; 630 мм – для четырех-пяти кабелей и 800 мм – для пяти-шести кабелей. В случае разработки траншеи землеройным механизмом допускается сокращение ширины траншеи для прокладки одного кабеля до 10 кВ до ширины фрезы, но не менее 150 мм. Несоблюдение расстояний между кабелями вызывает во время их эксплуатации недопустимый нагрев, что может послужить причиной выхода кабелей из строя.

На поворотах траншею роют так, чтобы при изгибе кабелей не повреждалась их изоляция. Допустимые радиусы изгиба кабелей приведены в нормативах. Кабели в алюминиевой оболочке, особенно больших сечений, довольно трудно изогнуть по необходимому радиусу; для этого пользуются специальным приспособлением, аналогичным ручному трубогибу.

Прокладку кабелей при пересечениях автомобильных и железных дорог выполняют открытым (рытье траншеи) или закрытым

(прокол, горизонтальное бурение) способом. Прокол грунта для прохода кабелей под сооружениями без рытья открытой траншеи производят способами горизонтального бурения, продавливания или пневмопробойником типа Д-4601.

Траншея перед прокладкой кабеля должна быть осмотрена для выявления мест на трассе, содержащих вещества, разрушительно действующие на металлический покров и оболочку кабеля (солончаки, известь, вода, насыпной грунт, содержащий шлак или строительный мусор, участки, расположенные ближе 2 м от выгребных и мусорных ям, и т. п.). При невозможности обхода этих мест кабель должен быть проложен в чистом нейтральном грунте.

При прокладке в земле параллельно с другими эксплуатируемыми кабелями или инженерными коммуникациями вблизи зданий и сооружений должны соблюдаться расстояния в свету (не менее):

- между кабелями до 10 кВ – 0,1 м (это же расстояние при параллельной прокладке вновь прокладываемых кабелей);
- от кабелей 35 кВ – 0,25 м (рис. 3.6);
- от кабелей, эксплуатируемых другими организациями, и кабелями связи – 0,5 м (рис. 3.7);
- от стволов деревьев – 2 м и от кустарниковых посадок – 0,75 м (рис. 3.8);
- от фундаментов зданий и сооружений – 0,6 м (рис. 3.9);
- от трубопроводов, водопровода, канализации, дренажа, газопроводов низкого и среднего давления – 1 м (рис. 3.10);
- от газопроводов высокого давления и теплопроводов – 2 м (рис. 3.13);
- от электрифицированной железной дороги – 10,75 м (рис. 3.11);
- от трамвайных путей – 2,75 м (рис. 3.12);
- от автомобильной дороги: от бровки – 1 м, от бордюрного камня – 1,5 м (рис. 3.14);
- от крайнего провода ВЛ 110 кВ – 10 м (рис. 3.15);
- от опоры ВЛ. до 1 кВ – 1 м (рис. 3.16);

Допускается уменьшение перечисленных расстояний в стесненных условиях, но это должно быть оговорено в проекте и должны быть предусмотрены меры по защите кабелей в трубах или блоках. При пересечении других кабельных линий или инженерных коммуникаций и сооружений расстояния в свету должны быть не менее:

- от кабелей напряжением до 10 кВ – 0,25 м (рис. 3.17);

• от трубопроводов, теплопроводов, газопроводов – 0,5 м (рис. 3.18);

• от полотна железных дорог, трамвайных путей, автомобильных дорог – 0,6 м.

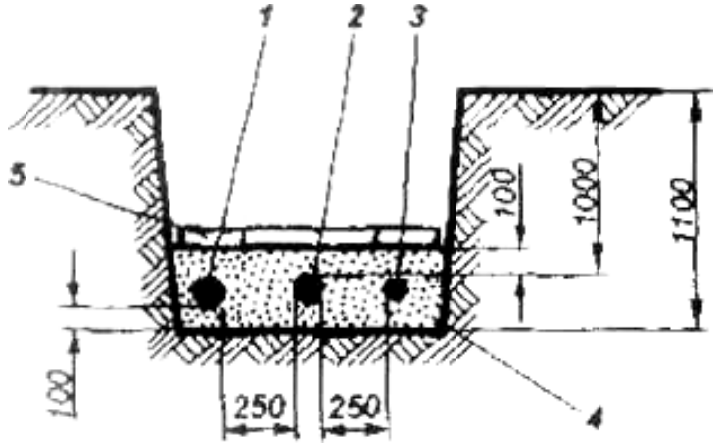


Рис. 3.5. Прокладка кабелей 1…10 кВ параллельно с кабелями 35 кВ (20 кВ): 1 – кабель 20 кВ; 2 – кабель 35 кВ; 3 – кабель 10 кВ; 4 – песок; 5 – железобетонные плиты

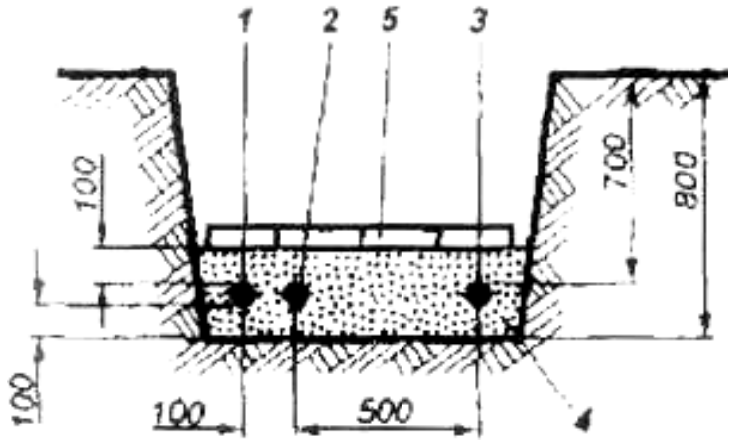


Рис. 3.7. Прокладка кабелей 1…10 кВ с кабелями связи и с силовыми кабелями до 10 кВ, эксплуатируемыми другими организациями: 1 – кабель 10 кВ; 2 – кабель 1 кВ; 3 – кабель связи или силовой кабель другой организации; 4 – песок; 5 – кирпичи или плиты

Примечание*. Расстояние между кабелями, эксплуатируемыми различными организациям, должно быть не менее 500 мм. Если требуемое расстояние не может быть выдержано, между кабелями устанавливают перегородки из несгораемых материалов (кирпич, бетон) или один из кабелей на участке недоступного сближения.

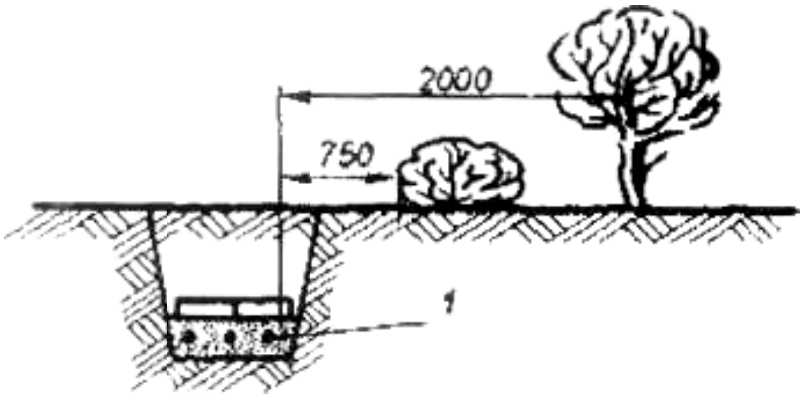


Рис. 3.8. Прокладка кабелей рядом с кустарниками и деревьями:1 – кабель 1…10 кВ

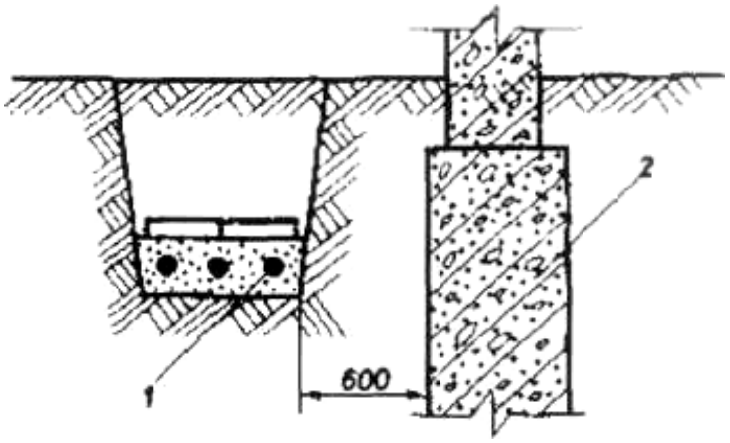


Рис. 3.9. Прокладка кабелей рядом с фундаментом здания и сооружений: 1 – кабель 1…10 кВ; 2 – фундамент

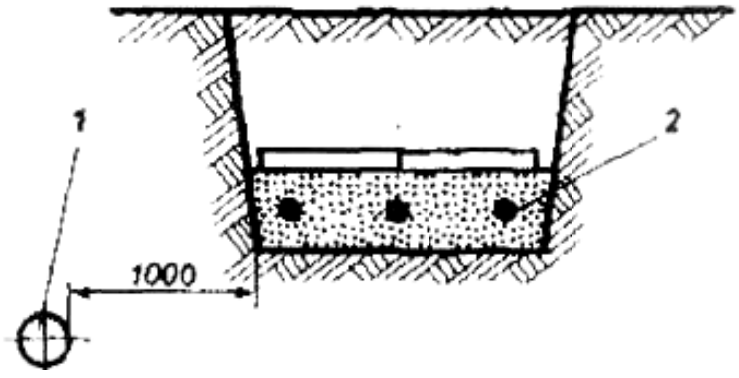


Рис. 3.10. Прокладка кабелей параллельно трубопроводам, водопроводам, канализации, дренажу, газопроводам низкого и среднего давления:1 – трубопровод; 2 – кабель 1…10 кВ

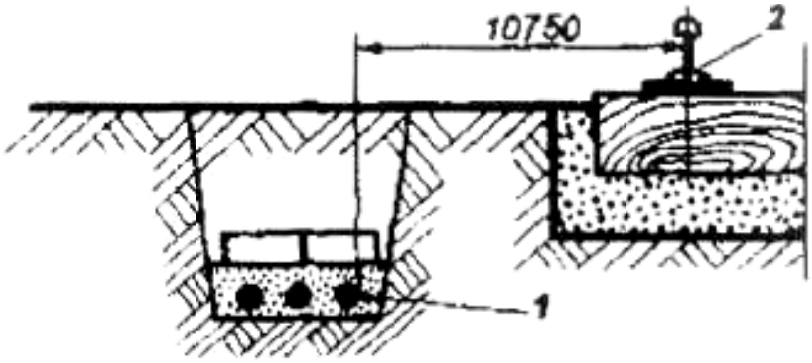


Рис.3.11. Прокладка кабелей параллельно с электрифицированной железной дорогой: 1 – кабель 1...10 кВ; 2 – головка рельса

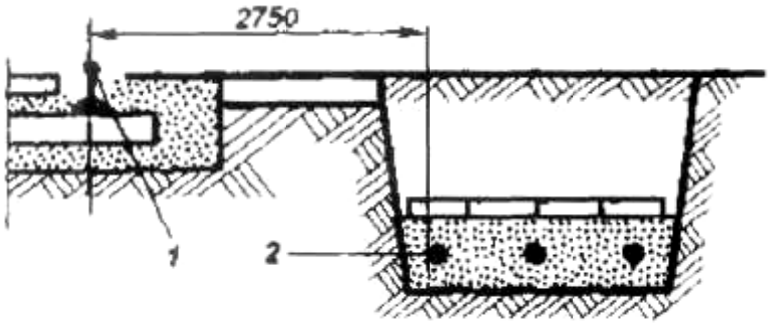


Рис. 3.12. Прокладка кабелей параллельно с трамвайными путями: 1 – головка рельса; 2 – кабель 1...10 кВ

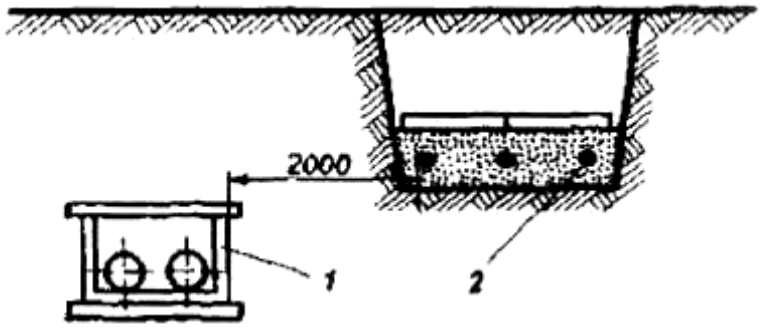


Рис. 3.13. Прокладка кабелей рядом с теплотрассами и газопроводами высокого давления: 1 – лоток; 2 – кабель 1...10 кВ

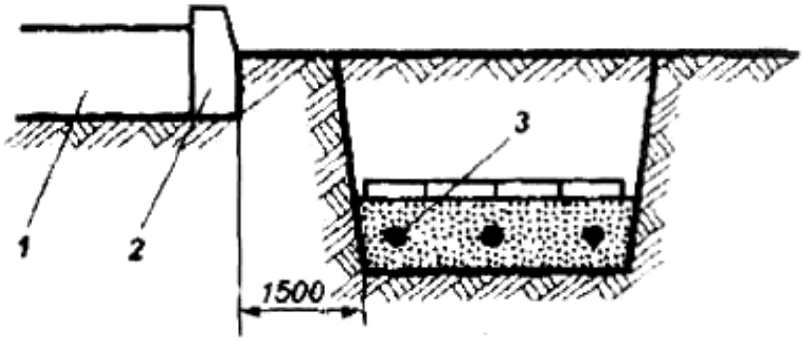


Рис. 3.14. Прокладка кабелей параллельно автомобильной дороге:
1 – полотно дороги;2 – бордюрный камень; 3 – кабель 1…10 кВ

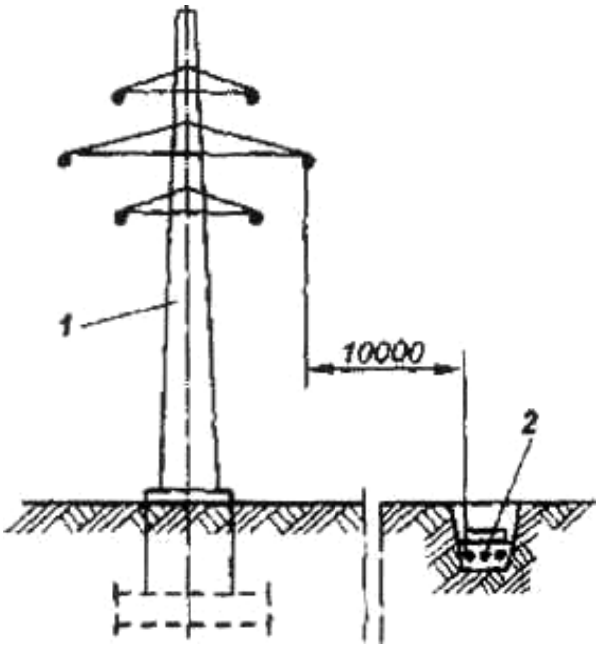


Рис. 3.15. Прокладка кабелей рядом с воздушной линией электропередачи напряжением 110 кВ:
1 – опора ВЛ; 2 – кабель 1…10 кВ

Примечание *. При прокладке кабелей рядом с опорами ВЛ 220 кВ и выше, расстояние до них принимают по проекту кабельной линии или по проекту ВЛ (в зависимости от того, какая линия построена позже).

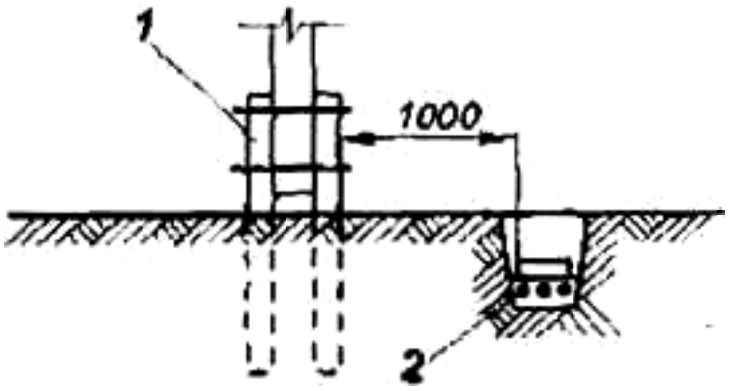


Рис. 3.16. Прокладка кабелей рядом с воздушной линией электропередачи до 1кВ: 1 – опора ВЛ; 2 – кабель 1…10 кВ

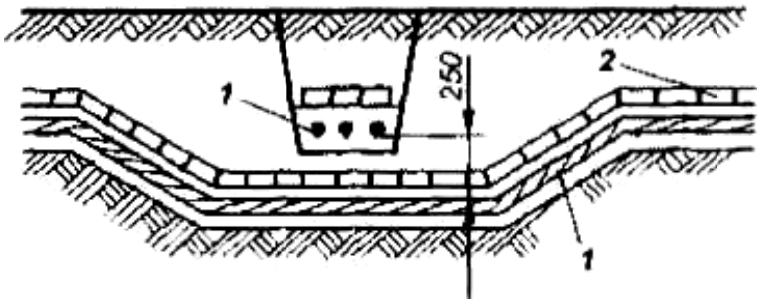


Рис. 3.17. Пересечение кабельных трасс напряжением до 10 кВ: 1 – кабель до 10 кВ; 2 – кирпичи

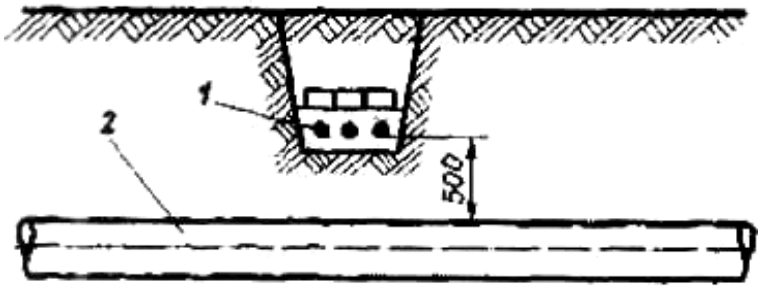


Рис. 3.18. Пересечение кабелей с трубо-проводо- и газопроводами: 1 – кабель до 10 кВ; 2 – трубопровод

При прокладке кабелей по мостам необходимо использовать кабели в алюминиевой или пластмассовой оболочке, под пешеходной частью мостов в трубах из несгораемого материала. Кабели должны быть электрически изолированы от металлических частей мостов.

На кабелях в местах перехода через температурные швы мостов и с конструкцией мостов на устои должны быть выполнены компенсаторы в виде полукруга.

При сложных спусках с мостов на устои проектной организацией должны быть разработаны эскизы на сложные места.

При подводной прокладке применяют кабели с круглой и плоской броней. Установка соединительных муфт в воде запрещена, т. е. при пересечении рек необходимо прокладывать кабель одной строительной длины.

Подводную прокладку кабелей должна выполнять специализированная монтажная организация по предварительно согласованному проекту производства работ.

При прокладке кабелей в местах, где почва подвержена смещению (в том числе и в насыпных грунтах), кабели должны иметь проволочную броню.

В местах поворота, разветвления кабелей траншеи выполняют так, чтобы радиус изгиба кабелей был не меньше допустимого (рис. 3.19).

На уклонах от 20° до 50° прокладку кабелей в траншеях производят с креплением кабеля к железобетонным сваям.

На рис. 3.20 показан пример прокладки кабеля на уклонах. Расстояние А между креплениями должно быть не более 15 м для кабелей с броней из плоских лент и 50 м для кабелей с проволочной броней. Размер Н не превышает наибольших допустимых разностей уровней для кабелей. Места крепления кабелей к плите заливают битумной массой. Вместо железобетонных свай могут применять столбы из дерева хвойных пород, обработанного антисептическим составом.

Кабели укладывают с запасом 1...2 % («змейкой») от его длины для исключения возможности возникновения опасных механических напряжений при смещении почвы и температурных деформациях, особенно в весенний период при оттаивании земли.

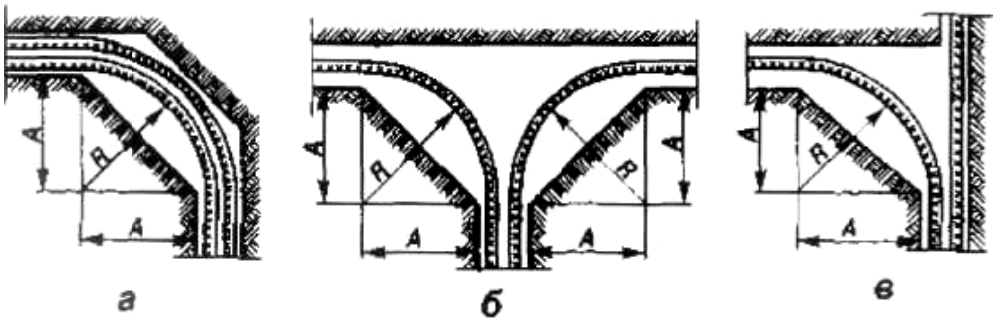


Рис. 3.19. Поворот и разветвление кабельных трасс:
а – поворот кабелей; б – разветвление кабелей; в – ответвление

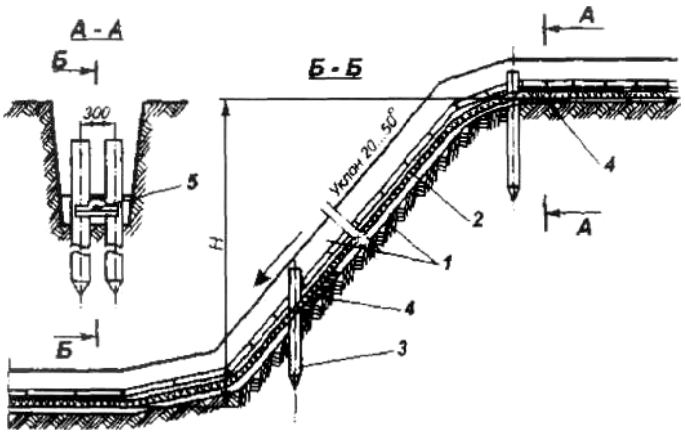


Рис. 3.20. Крепление кабеля на размываемых ливнями и талыми водами склонах с уклоном от 20 до 50°: 1 – просевший грунт или песок; 2 – кирпич или плиты; 3 – свая железобетонная; 4 – плита асбоцементная; 5 – скоба для крепления кабеля

Укладку кабеля «змейкой» при прокладке с помощью механизмов выполняют в процессе перекладки его с роликов на дно траншеи.

После осмотра кабельной трассы представителем эксплуатирующей организации разрешается производить засыпку кабеля песком пли мелкой землей, не содержащей камней, строительного мусора и шлака.

В том случае, если проектом предусмотрена защита кабелей красным глиняным кирпичом или асбоцементными плитами, то присыпка над кабелем должна быть не менее 100 мм. При прокладке над кабелями сигнально-предупредительной ленты, что также должно быть указано в проекте, присыпка должна быть не менее 300 мм, т. е. лента должна находиться на глубине 400 мм от планировочной отметки. Меньшая глубина прокладки ленты допускается на участках длиной до 5 м при вводе кабеля в здание, а также в местах пересечения с подземными сооружениями и коммуникациями при условии защиты кабелей от механических повреждений (в трубах, железобетонными плитами). В этих случаях лента должна быть введена на 300 мм в трубу или под плиту с каждой стороны пересечения.

Сигнально-предупредительная лента из поливинилхлоридного пластиката должна быть красного цвета толщиной 0,5…1 мм и шириной не менее 150 мм. Одну ленту можно прокладывать над двумя кабелями. При большем числе кабелей необходимо укладывать дополнительное число лент с таким расчетом, чтобы края ленты закрыли кабель с учетом «змейки».

После присыпки кабелей и укладки кирпича (плит) или сигнально-предупредительной ленты представители строительной и электромонтажной организаций совместно с представителями эксплуатирующей

организации составляют акт на скрытые работы, который является официальным документом, разрешающим засыпку траншей грунтом. Засыпка трасс без указанного документа запрещается. Засыпку трасс производят сразу же после подписания акта. Окончательную засыпку котлованов необходимо производить после монтажа соединительных муфт и испытания кабельной линии повышенным напряжением. Запрещается засыпка траншей грунтом, содержащим камни, отходы металла и т. п.

Прокладка кабельной линии в траншее состоит из следующих основных операций: рытье траншеи, доставка, раскатка и размещение кабелей в траншее; соединение жил кабелей; монтаж соединительной кабельной муфты; защита кабеля от механических повреждений и засыпка траншеи; концевая заделка кабеля.

Кабели доставляют к месту укладки в барабанах на специальных кабельных транспортерах или автомашинах, оборудованных устройством для их погрузки, транспортировки и выгрузки.

Выгружать барабан с кабелем надо осторожно, чтобы не повредить кабель и не травмировать рабочих. Категорически запрещается сбрасывать барабаны с кабелем с автомашин или кабельных транспортеров. Кабель выгружают на максимально близком расстоянии от места раскатки, но так, чтобы он не мешал движению рабочих и не мог упасть в траншею.

Существует два способа механизированной раскатки кабеля при прокладке его в траншее: с движущегося барабана с кабелем вдоль траншеи или с неподвижно установленного барабана с кабелем на одном из концов трассы или в месте окончания его строительной длины на трассе.

Первый способ применяют во всех случаях, когда механизм (транспортер, автомобиль, трубоукладчик, передвигаемые трактором сани) может свободно передвигаться вдоль трассы и когда в траншее нет препятствий, требующих протяжки через них кабеля (например, поперечные подземные сооружения). Рабочие при этом способе передвигаются вслед за механизмом по дну или бровке траншеи, принимают сматываемый с барабана кабель и укладывают его на дно траншеи (рис. 2.21). В тех случаях, когда такой способ раскатки кабеля применить нельзя, раскатку кабеля производят с барабана, установленного в конце траншеи или на трассе. Раскатку выполняют в этом случае по роликам тяжением кабеля тросом с помощью приводной лебедки или ручной лебёдки, или автомобилем.

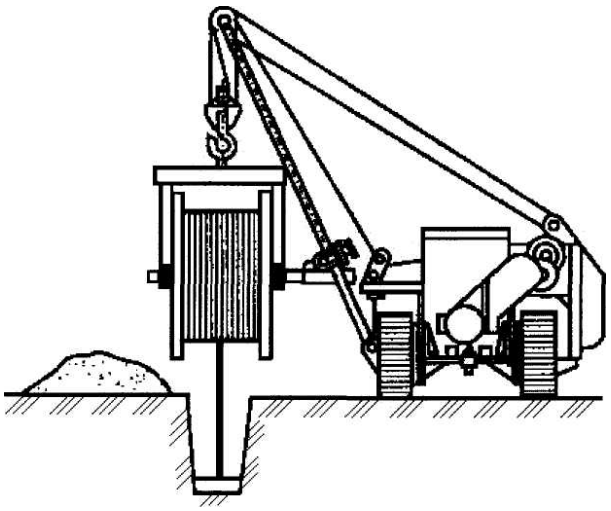


Рис. 3.21. Раскатка кабеля кабелеукладчиком

Раскатку кабеля и укладку его в траншее при помощи лебёдки с тросом и раскаточных роликов выполняют следующим образом. Сматывают трос с барабана лебедки и к его концу крепят конец кабеля при помощи проволочного чулка (закрепляемого на оболочке кабеля) или кабельного зажима (с захватом за токопроводящие жилы кабеля). Затем, расставив по дну траншеи раскаточные ролики, приводят в движение барабан лебедки, при этом трос наматывается на барабан и протаскивает кабель по роликам на требуемое расстояние, после чего кабель снимают с роликов и укладывают на дно траншеи, а ролики удаляют.

При засыпке кабельных траншей применяют бульдозеры, катки и трамбовки.

Для механизации прокладки кабелей в траншеях, каналах, галереях, в закрытых помещениях применяют комплекс УКПК (рис. 3.22).

Технические характеристики комплекса УКПК:

Наибольшая длина трассы прокладки, м 600

Количество приводов индивидуальных для тяжения кабелей ПИК-4У при длине трасы до 200 м 1

Грузоподъёмность, кг 2000

Наибольшие размеры транспортируемого оборудования, мм 3600х1600х2800

Габариты (длина – ширина – высота), мм:

передней отсоединяемой части тележки 934х2000х1100

задней части тележки 1217х2000х 1100

Масса, кг 238

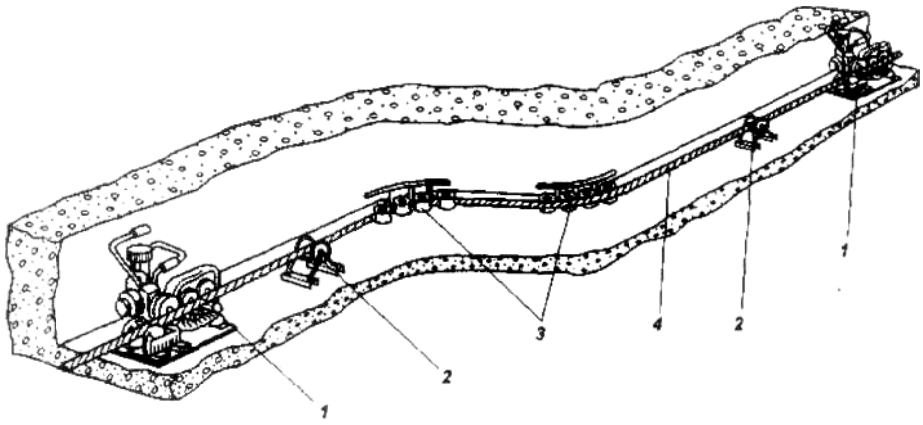


Рис. 3.22. Универсальный комплекс УКПК: 1 – индивидуальный привод ПИК-4У; 2 – линейные распорные ролики (модернизированные); 3 – универсальное обводное устройство; 4 – прокладываемый кабель

Привод ПИК-4У оснащен двумя сменными приводами: бензомоторным для работы на открытом воздухе; электрическим для работы в закрытых помещениях. Если длина трассы не превышает 180 м и имеет один угол поворота, используют одно устройство; при длине трассы 200…300 м с поворотами применяют два привода, а при длине трассы 500 м с поворотами – три-четыре привода. Кабели напряжением до 1 кВ защищают там, где возможны механические повреждения: в местах частых раскопок, в местах перехода через улицы, дороги, вдоль проезжей части. Кабели напряжением выше 1 кВ защищают от механических повреждений красным кирпичом или бетонными плитами на всем протяжении трассы.

3.3. Прокладка кабелей в трубах

В тех случаях, когда необходимо защищать кабели от механических повреждений, от воздействия агрессивных грунтов и блуждающих токов, их необходимо прокладывать в трубах. Для этой цели применяются стальные, чугунные, асбоцементные, керамические и пластмассовые трубы.

Материал труб определяется в проекте. Разрешается замена одних типов труб на другие, но это должно быть оговорено в проекте. Внутренний диаметр труб для прокладки кабеля с однопроволочными алюминиевыми жилами с символом «ож», например ААБл (ож), а также для кабелей марки ААШв должен быть не менее двукратного наружного диаметра кабеля. Для остальных марок кабеля диаметр труб - не менее полуторакратного диаметра кабеля. Трубы должны удовлетворять следующим требованиям:

• внутренняя поверхность их должна быть гладкой;

• торцы труб с внутренней стороны должны быть скруглены с радиусом не менее 5м и не иметь выступов, изломов, заусенцев;

• соединения труб должны быть строго соосны;

• торцы труб в местах входа (выхода) в туннели, каналы должны быть заделаны заподлицо с внутренними поверхностями стен.

Трубы должны быть уложены с уклоном не менее 0,2 %. Соединение труб должно выполняться с помощью металлических, пластмассовых или резиновых манжет или асбоцементных муфт. При образовании труб в блоки, расстояние в свету между трубами по вертикали и горизонтали должно быть не менее 100 мм. В связи с этим нижние трубы блока должны укладываться на большую глубину с таким расчетом, чтобы верхние трубы блока находились от планировочной отметки на глубине 0,7 м. Сортамент труб, рекомендуемых для прокладки в них кабелей, приведен в табл. 3.2.

Кабели с пластмассовыми защитными покровами типа ААШв прокладываются в трубах только на прямолинейных участках длиной не более 40 м и на вводах в здания и кабельные сооружения. При прокладке кабелей типа ААШв в земле для каждого отрезка кабеля, независимо от его длины, допускается не более четырех переходов в трубах суммарной длиной до 20 м или более чем двух переходов в трубах длиной более 40 м.

Концы труб после прокладки в них кабелей уплотняют намоткой на кабель нескольких слоев смоляной ленты или кабельной пряжи (джут) с последующей подбивкой ее Кабельные вводы в здания и сооружения герметизируют согласно указаниям, приведенным в проекте. Уплотнение труб при траншейной прокладке при вводе кабеля и кабельное сооружение показано на рис. 3.23.

Таблица 3.2

Трубы для кабельных прокладок

Труба	ГОСТ, ТУ
Стальная водогазопроводная	ГОСТ 3262-75
Стальная электросвариая	ГОСТ 10704-76
Чугунная	ГОСТ 6942 3-80
Асбоцементная	ГОСТ 1839-80
Керамическая	ГОСТ 286-82
Полиэтиленовая	ГОСТ 18599-83
Поливинилхлоридная	ТУ 6-05-1791-76
Винипластовая	ТУ 1573-77

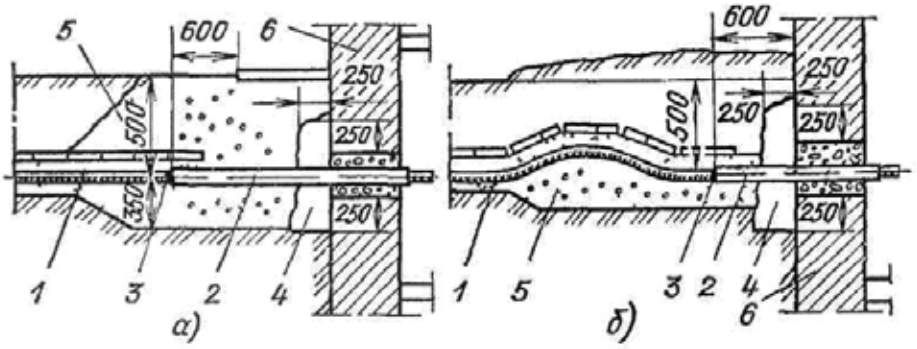


Рис 3. 23. Ввод кабеля через трубу в здания или кабельные сооружения: а – при отсутствии просадок грунта, б – при ожидании просадки грунта: 1 – кабель; 2 – труба; 3 – уплотнение; 4 – гидроизоляция; 5 – песок без примесей глины и камней; 6 – стена здания

3.4. Прокладка кабелей в каналах

Кабельные каналы следует применять при внутрицеховой и внутризаводской прокладках кабелей Каналы выполняются из унифицированных железобетонных лотковых каналов с перекрытиями, из унифицированных железобетонных стеновых плит с основаниями и перекрытиями из монолитного железобетона, а также из кирпича. Способ прокладки кабелей в каналах позволяет обеспечить осмотры и ремонты кабельных линий в процессе эксплуатации, а также прокладывать новый или заменять действующий кабель без производства земляных работ. Кроме того, при прокладке кабелей в каналах обеспечивается надежная защита от механических повреждений.

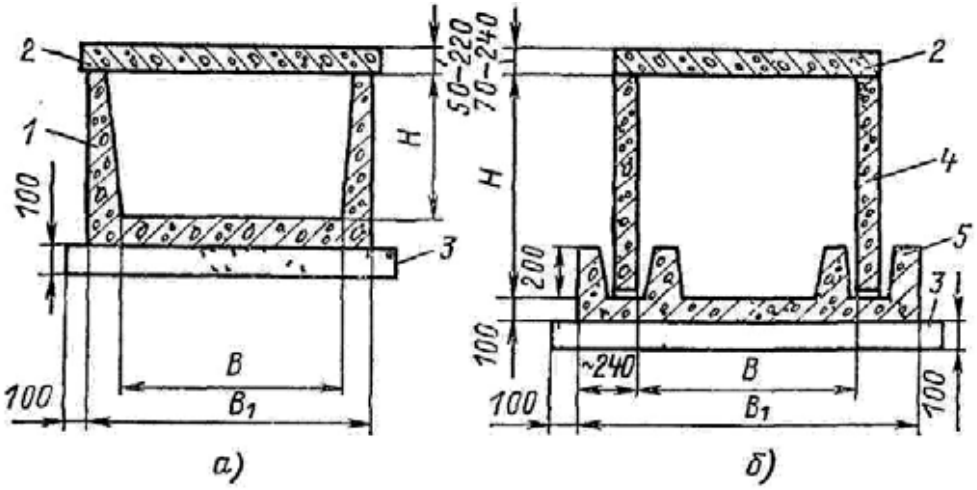


Рис. 3. 24. Сборные железобетонные каналы: а - лотковые типа ЛК; б – из сборных плит типа СК,1 – лоток; 2 – плита перекрытия; 3 – подготовка песчаная; 4 – плита; 5 – основание

На рис. 3.24 представлены прямые участки унифицированных каналов лоткового типа и из сборных элементов. Основные прямые лотковые каналы, перекрытия к ним, а также основные элементы сборных каналов имеют длину 3 м. Сборные элементы к лотковым и сборным каналам в местах поворотов и ответвлений имеют длину и ширину из расчета на возможность прокладки в них кабелей напряжением до 10 кВ сечением 3 х 240 мм^2 с радиусом изгиба кабеля $R = 25d$. В каналах должны быть выполнены мероприятия по предотвращению попадания в них технологических вод и масел, а также обеспечен отвод почвенных и ливневых вод. Полы в каналах должны иметь уклон не менее 0,1 % в сторону водосборников или ливневой канализации. Каналы, расположенные во влажных грунтах или ниже уровня грунтовых вод, должны иметь гидроизоляцию дна и стенок.

На участках, где могут быть пролиты расплавленный металл, жидкости с высокой температурой или вещества, разрушающе действующие на оболочки кабелей, сооружение кабельных каналов не разрешается.

Кабельные каналы вне зданий, где это вызывается соображениями охраны, должны быть засыпаны поверх съемных плит землей с толщиной слоя 300 мм и более. На огражденных территориях, доступных только для обслуживающего персонала, например на подстанциях, засыпка кабельных каналов поверх съемных плит землей запрещается.

В электромашинных помещениях каналы могут перекрываться рифленым железом, а в помещениях щитов управления с паркетными полами – деревянными щитами с паркетом.

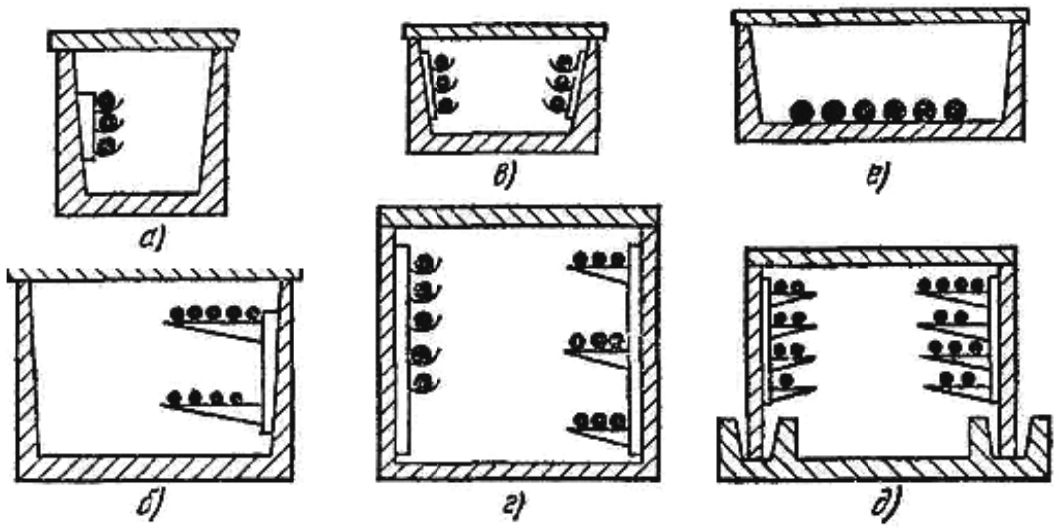


Рис. 3.25. Варианты прокладки кабелей в лотках:
а – расположение кабелей на одной стенке на подвесках; б – то же на полках; в – то же на обеих стенках на подвесах; г – то же на одной стенке на подвесах, на другой на полках; д – то же на обеих стенках на полках; е – то же на дне канала

Засыпка силовых кабелей, проложенных в каналах, запрещается. Расположение кабелей на конструкциях в зависимости от типоразмеров каналов может быть следующим: а) на одной стенке канала на подвесах; б) на одной стенке канала на полках; в) на обеих стенках канала на подвесках; г) на одной стенке канала на подвесках, на другой стене на полках; д) на обеих стенках канала на полках; е) на дне канала при глубине его не более 0,9 м. Возможные варианты прокладки кабелей в каналах представлены на рис. 3.25.

Кабельные каналы должны рассчитываться с учетом возможности дополнительной прокладки кабелей не менее 10 % от проложенных.

Горизонтальное расстояние в свету между конструкциями при двухстороннем их расположении (ширина прохода) должна быть не менее 300 мм для каналов глубиной до 600 мм и не менее 400 мм для каналов глубиной 900 мм и 1200 мм.

Для прокладки в каналах применяют кабели с оболочками, не распространяющими горение. Расположение кабелей и их крепление на конструкциях в зависимости от их напряжения, сечения и типа, а также выполнение горизонтальных асбоцементных перегородок и установка соединительных муфт такие же, как и в туннелях. Установка кабельных конструкций, расстояние между ними такие же, как и при установке в туннелях.

3.5. Прокладка кабелей в блоках

Прокладка кабелей в блоках рекомендуется для мест пересечений с железными и автомобильными дорогами, в условиях стесненности по трассе (при большом числе других подземных коммуникаций и сооружений), при вероятности разлива металла или агрессивных жидкостей в местах прохождения кабельных трасс, при прокладке кабельных линий в агрессивных по отношению к оболочке кабелей грунтах, при необходимости защиты кабелей от блуждающих токов.

Для сооружения блоков применяются двух- и трехканальные железобетонные панели, предназначенные для прокладки в сухих, влажных и насыщенных водой грунтах, асбоцементные трубы для защиты кабелей от блуждающих токов, керамические трубы для защиты кабелей в агрессивных и насыщенных водой грунтах (при необходимости можно и в сухих грунтах). При выборе материалов кабельных блоков следует учитывать уровень грунтовых вод и их агрессивность, а также наличие блуждающих токов.

В местах изменения направления трассы или глубины заложения блоков, а также на прямолинейных участках большой длины выполняются кабельные колодцы. Число колодцев на прямых участках блока долж-

но быть минимальным, при этом расстояние между соседними колодцами следует принимать максимально возможным с учетом строительных длин кабелей, допустимых усилий тяжения и условий прокладки.

Габариты кабельных колодцев должны обеспечивать нормальные условия протяжки кабелей с максимальным сечением 3 х 240 мм^2 с радиусом изгиба кабеля $R = 25d$, замену их в случае надобности, установку соединительных муфт с защитными металлическими кожухами длиной 1250 мм.

Кабельные колодцы выполняются из кирпича или сборного железобетона и бывают следующих типов: проходной прямого типа; угловой – для изменения направления блочной канализации с углами поворота 90°, 120°, 135° и 150°; тройниковый прямой и с углом поворота 120° и 150°; крестообразный.

Уклон пола колодца должен быть 0,3 % в сторону водосборника. Решетка водосборника должна быть металлической. Установка закладных деталей под кабельные конструкции производится в процессе монтажа колодцев.

Горловины (лазы) кабельных колодцев должны быть круглыми или овальными и иметь двойные металлические крышки, из которых нижняя должна иметь приспособления для их снятия. Люки круглой формы рассчитаны только на одностороннюю протяжку кабелей и должны иметь диаметр не менее 700 мм, люки овальной формы рассчитаны на двустороннюю протяжку кабелей большой длины сечением до 185 мм^2 и иметь ширину 800 мм, длину 1800 мм. Кабели сечением 240 мм^2 и выше следует протягивать без петли в одну сторону. Колодцы должны быть снабжены стальными скобами или металлической лестницей для спуска.

В связи с тем, что кабельные колодцы являются наиболее дорогой частью блочной канализации, рекомендуется при переходе с блочной канализации на траншейную применять кабельные камеры.

При выполнении блоков из асбоцементных труб внутренние поверхности труб и их стыки должны быть смазаны битумом марки

БН-IV, разведенным в керосине (2 массовые части битума и 1 массовая часть керосина). При сухих грунтах все наружные поверхности труб и их стыки должны быть покрыты окрасочной гидроизоляцией в два слоя, а при влажных и насыщенных водой грунтах должна быть устроена оклеечная гидроизоляция в два слоя.

У блоков из керамических труб для агрессивных грунтов заполнение пустот между трубами должно быть выполнено бетоном, для неагрессивных грунтов – бетоном, но только в местах соединения труб, а остальная часть должна засыпаться песком или просеянным грунтом.

При параллельной прокладке блока с трубопроводами между трубопроводами и ближайшим кабелем расстояние должно быть не менее 250 мм, а при параллельной прокладке с теплопроводом – не менее 2 м.

Сооруженные блоки перед засыпкой землей должны быть приняты электромонтажной и эксплуатирующей организациями. Блочная канализация должна соответствовать проекту. Глубина заложения кабельных блоков (считая от верхнего кабеля) должна быть не менее 1 м при пересечении улиц и площадей и 0,7 м во всех остальных случаях. В производственных помещениях и на закрытых территориях глубина не нормируется.

Трасса кабельных блоков должна быть прямолинейная. При пересечении инженерных сооружений трасса должна быть перпендикулярна их оси. В отдельных случаях допускается отклонение от прямого угла, но не более чем на 45°, когда необходимость в этом вызвана особенностями расположения места ввода блоков в здание или наличием сооружений, построенных на трассе.

Каждый кабельный блок должен иметь 10 % резервных каналов, но не менее одного канала.

Если блочная канализация выполнена с отклонениями от проекта, то при приемке под монтаж строительной части электромонтажной организации должны быть переданы исправленные исполнительные чертежи. Отступления от проекта должны быть согласованы с автором электрической части проекта.

Засыпку блоков допускается производить только после их приемки. Каналы кабельных блоков и труб, выходы из них, а также места их соединения должны иметь обработанную и очищенную поверхность для предотвращения механических повреждений оболочек кабелей как при протяжке, так и в условиях эксплуатации.

Внутренние диаметры отверстий (каналов) железобетонных блоков должны быть не менее 90 мм, внутренние диаметры труб блочной канализации – не менее 100 мм. Кабельные блоки должны иметь уклон не менее 0,2 % в сторону колодцев.

Наименьшие расстояния в свету между трубами блочной канализации, проложенными непосредственно в земле, должны быть такими же, как и для кабелей, проложенных без труб.

При вводе блоков в здания и кабельные сооружения (туннели, коллекторы, подвалы и т. п.) должны быть приняты меры, исключающие проникновение через трубы или проемы воды, газа и мелких животных из траншей в здания и сооружения.

До затяжки кабеля в канал блока необходимо произвести его очистку от бетонного раствора при стыковании блоков и строительного му-

сора. Это достигается протягиванием через канал с помощью лебедки каната с прикрепленным к нему приспособлением в виде стального контрольного цилиндра (рис. 3.26) и ершей (рис. 3.27). Наружный диаметр контрольной поверхности цилиндра должен быть на 15 мм меньше диаметра канала, а диаметр ерша – на 6мм больше диаметра канала. Схема прочистки канала показана на рис. 3.28. Для этого к одному концу предварительно затянутой в канал стальной проволоки присоединяют стальной канат и протягивают его через канал, после этого ко второму концу каната прикрепляют контрольный цилиндр с ершами. В колодце (ближайшем к лебедке) закрепляют направляющие ролики, через которые пропускают протянутый канат, и, прикрепив его к канату лебедки, производят очистку канала. При прочистке трассы к последнему ершу прикрепляют стальной канат, который одновременно затягивают в канал для последующей протяжки кабеля. Затяжку проволоки в каналы блоков рекомендуется производить в процессе сооружения кабельной канализации. Затяжка проволоки в блоки законченной строительством канализации на участках трассы длиной до 50 м производится путем непосредственного проталкивания круглой проволоки диаметром 4…5 мм с загнутым концом, чтобы он не мог упереться в стенки канала.

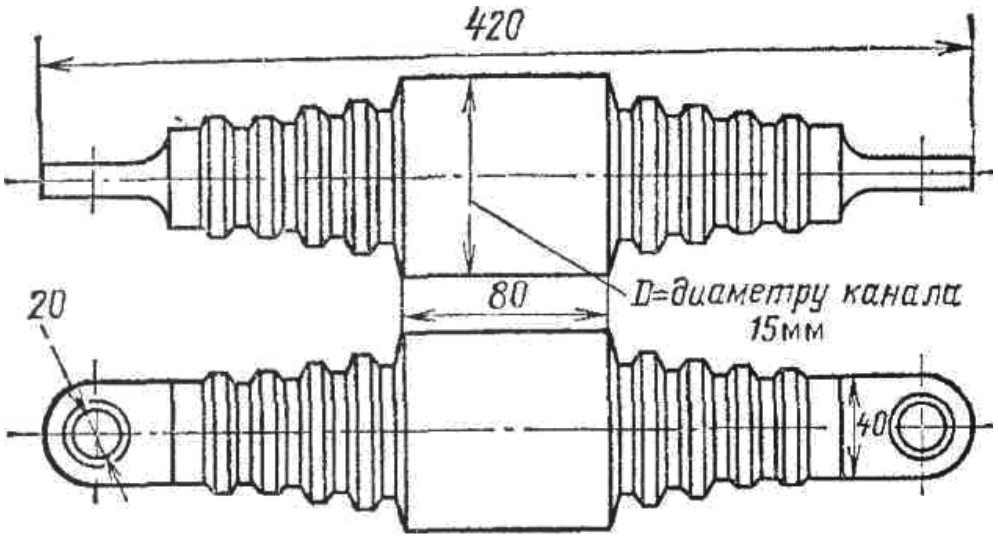


Рис. 3.26. Контрольный цилиндр

А-А

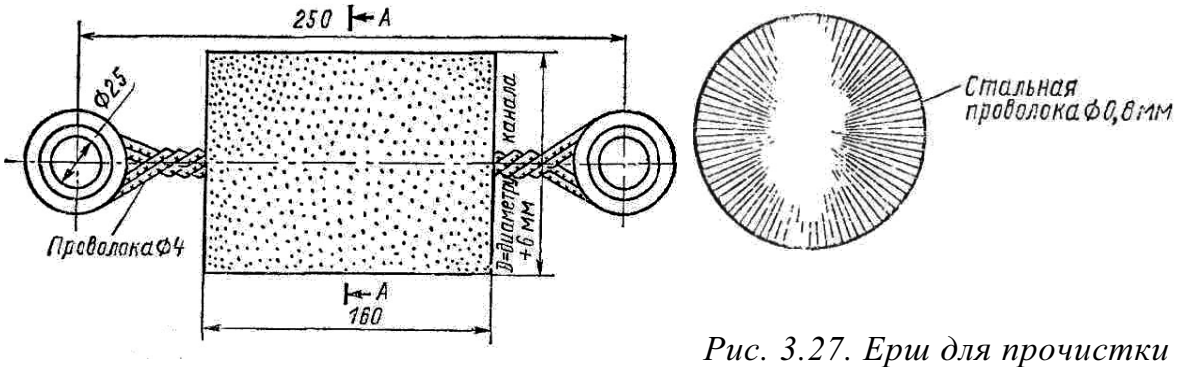


Рис. 3.27. Ерш для прочистки канала

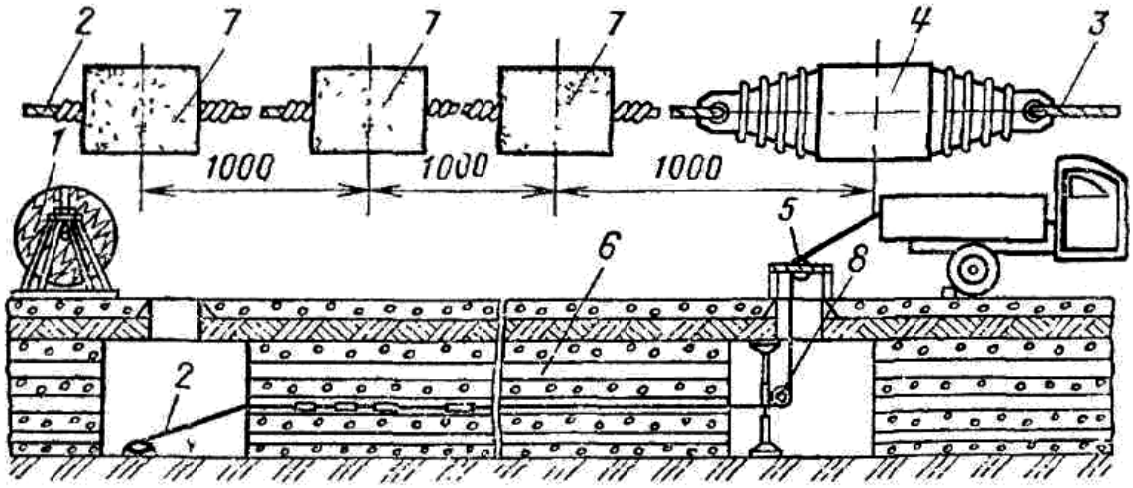


Рис. 3.28. Схема прочистки блочной канализации:
1 – барабан с кабелем; 2 – канат для затяжки кабели, 3 – канат для прочистки канала; 4 – контрольный цилиндр; 5 – ролик; 6 – канал блока; 7 – ерш; 8 – распорный ролик

На участках длиной более 50 м стальной канат следует затягивать одним из способов: а) проталкиванием проволоки с двух концов труб одновременно с предварительно сделанным на каждом конце крючком; при встрече в трубе концы проволок сцепляют и проволоку вытаскивают с одной стороны настолько, чтобы наружу вышло место сцепления проволок; б) при помощи сцепных или свинчивающихся штанг (стержней).

Для прокладки в блочной канализации следует применять кабели с голой свинцовой оболочкой марок СГ и АСГ, а также кабели с голой поливинилхлоридной оболочкой марок ВВГ, АВВГ, ВГР и АВРГ. На участках блоков длиной до 50 м допускается также прокладка бронированных кабелей в свинцовой или алюминиевой оболочке без наружного покрова из кабельной пряжи с покраской брони для защиты от коррозии битумным паком марки БТ-577 по ГОСТ 5631-79.

Марки кабелей для каждого конкретного случая определяются проектом. При протяжке кабеля марки СГ в блоки с креплением каната к оболочке кабеля чулком общая длина канала блока по условиям предельно допустимых усилий тяжения не должна превышать 145 м для кабелей сечением до 3 х 50мм^2, 115м сечением 3 х 70мм^2, 108 м сечением 3 х 95мм^2 и выше.

Если сквозную протяжку кабеля на двух или более участках осуществить невозможно, то кабель можно протянуть из промежуточного колодца в обе стороны трассы при условии, что размеры люка позволяют в конце протяжки опустить в колодец петлю кабеля с соблюдением допустимого радиуса изгиба.

В этом случае барабан с кабелем устанавливают у промежуточного колодца и протягивают кабель на более длинном участке трассы. Затем с барабана сматывают и отрезают по замеру кабель на длину второго участка (с припуском на соединение кабелей) и раскладывают петлями на земле. Предварительно закрепив конец кабеля к канату, затянутому в канал блока, производят протяжку его на втором участке трассы, тщательно наблюдая за тем, чтобы при завершении протяжки и опускании петли в колодец радиус изгиба кабеля не был меньше допустимого

Протяжку кабеля рекомендуется производить со скоростью 0,6…1 км/ч и по возможности без остановок, чтобы при трогании кабеля с места избежать больших усилий тяжения.

После протяжки кабель следует уложить в колодце на опорные конструкции, его концы герметизировать, а во всех местах выхода кабеля из каналов блока проложить эластичные прокладки (например, листовой асбест) для защиты оболочки от истирания.

Соединительные муфты в колодце после их монтажа должны быть помещены в защитный противопожарный кожух.

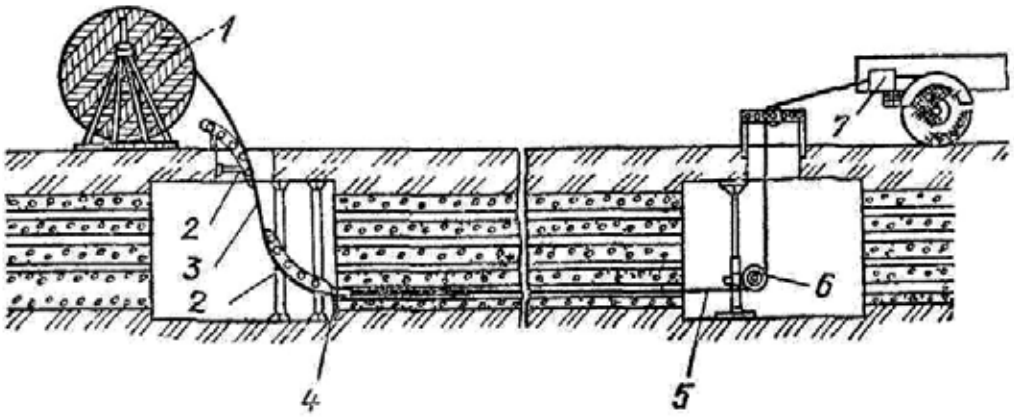


Рис. 3.29. Схема протяжки кабеля на одном участке:
1 – барабан с кабелем; 2 – угловой ролик; 3 – кабель; 4 – разъемная воронка; 5 – канат; 6 – ролик для каната; 7 – установка для контроля тяжения

На вводах блоков в здания, туннели отверстия в блоках после прокладки кабелей должны быть заделаны несгораемым и легко пробиваемым материалом.

Максимальная общая длина канала блока для кабелей марки АСГ сечением от 3 х 95 мм^2 и выше не должна превышать 150 м.

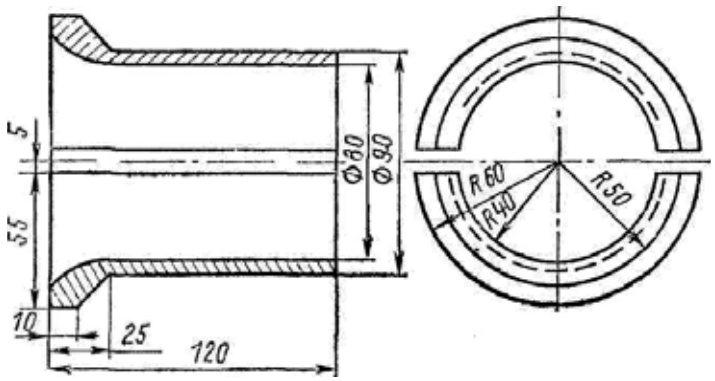


Рис. 3 30. Разъемная стальная воронка

Для контроля усилия тяжения на лебедке устанавливается динамометр или другое контрольное устройство.

Протяжка кабеля на участке между двумя соседними колодцами производится по схеме, приведенной на рис. 3.29. Для этого необходимо в колодцах установить угловые ролики с винтовым обжимным и распорным креплением их к строительным конструкциям колодцев, прикрепить стальной канат, затянутый в канал блока, к кабелю, установить разъемную воронку (рис. 3.30) во входное отверстие канала блока, запасовать канат через ролики, присоединить его к канату лебедки и приступить к затяжке кабеля.

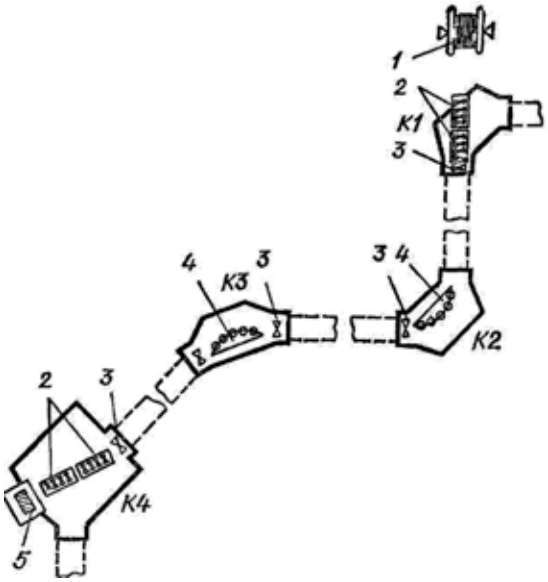


Рис. 3.31. Схема расстановки механизмов и приспособлений для прокладки кабелей в блоках:
1 – барабан с кабелем; 2 – угловые ролики во входном и выходном колодцах; 3 – линейные ролики; 4 – угловые ролики в промежуточных колодцах; 5 – тяговая лебедка; KI-K4 – колодцы блочной канализации

Сквозная протяжка кабеля на двух и более участках, без разрезки его в промежуточных колодцах, возможна при условии, что после протяжки в колодцах будет создан необходимый запас кабеля по длине для укладки его на опорные конструкции. Для протяжки кабеля следует в соответствии с проектом производства работ предварительно установить все необходимые угловые и направляющие ролики как в крайних, так и в промежуточных колодцах.

На рис. 3.31. показана примерная трасса и схема расстановки в ней механизмов и приспособлений.

3.6. Прокладка кабелей в туннелях и коллекторах

Кабельные туннели и коллекторы рекомендуется сооружать в городах и на предприятих с уплотненной застройкой территории или при большом насыщении территории подземными инженерными коммуникациями, а также на территориях больших металлургических, машиностроительных и других предприятий.

В больших городах в их старых районах, как правило, сооружены коллекторы. В новых районах больших городов кабели прокладываются в туннелях.

Туннели и коллекторы круглого сечения проходного исполнения имеют внутренний диаметр 2,6 м и предназначены для двусторонней прокладки кабелей (рис. 3.32). Кабельные коллекторы и туннели прямоугольного сечения предназначены для двусторонней и односторонней укладки кабелей и бывают проходного и полупроходного исполнений. При большом числе кабелей коллекторы и туннели прямоугольного сечения могут быть трехстенными (сдвоенными).

На рис. 3.33 показано размещение кабелей в туннелях и коллекторах прямоугольного сечения.

Применение полупроходных туннелей допускается в местах, где подземные коммуникации мешают выполнить проходной туннель, при этом полупроходной туннель принимают длиной не более 15 м и для кабелей напряжением не выше 10 кВ.

Проходы в кабельных коллекторах и туннелях, как правило, должны быть не менее 1 м, однако допускается уменьшение проходов до 800 мм на участках длиной не более 500 мм. Пол туннеля или коллектора должен быть выполнен с уклоном не менее 1 % в сторону водосборников или ливневой канализации. При отсутствии дренажного устройства через каждые 25 м должны быть устроены водосборные колодцы размером 0,4 х 0,4 х 0,3 м, перекрываемые металлическими решетками. При необходимости перехода с одной отметки на другую должны быть

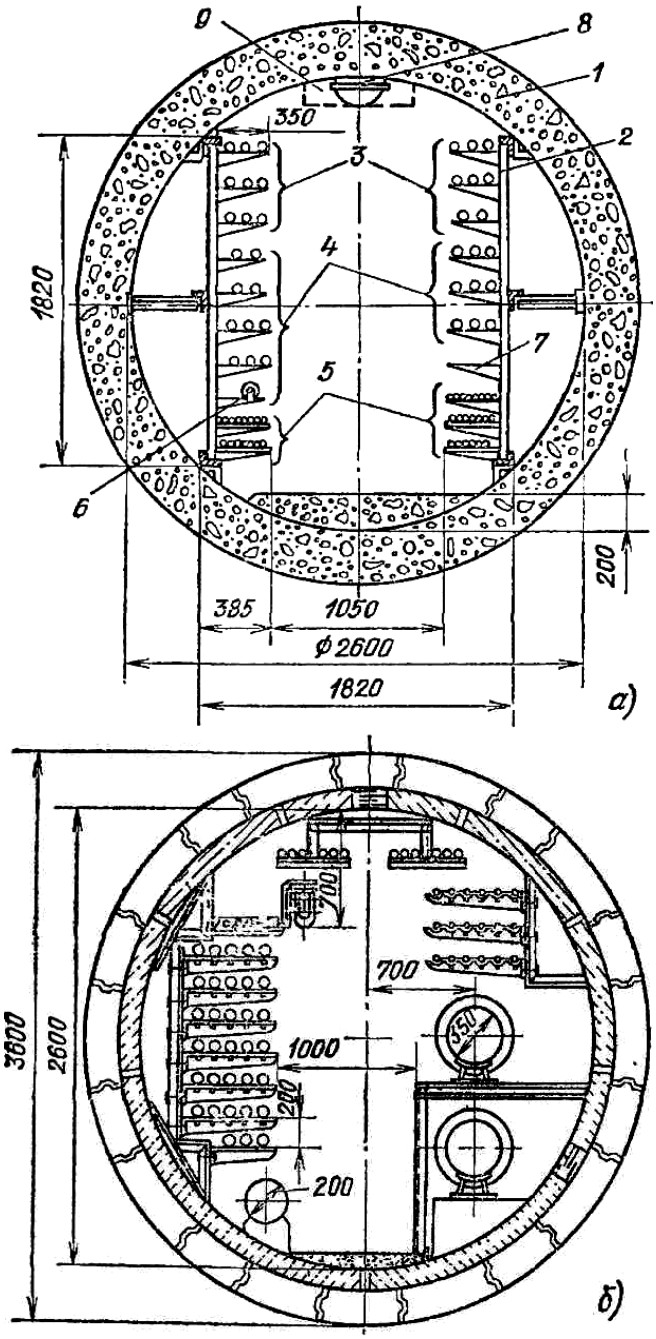


Рис. 3.32. Размещение кабелей в туннелях и коллекторах круглого сечения:
а – туннель; б – коллектор; 1 – блок туннеля; 2 – блок кабельных конструкций;
3 – кабели выше 1 кВ; 4 – кабели до 1 кВ; 5 – контрольные кабели;
6 – муфта соединительная; 7 – свободная полка для укладки соединительных муфт;
8 – светильник; 9 – зона пожароизвещателей и трубопроводов
механизированной уборки пыли и пожаротушения

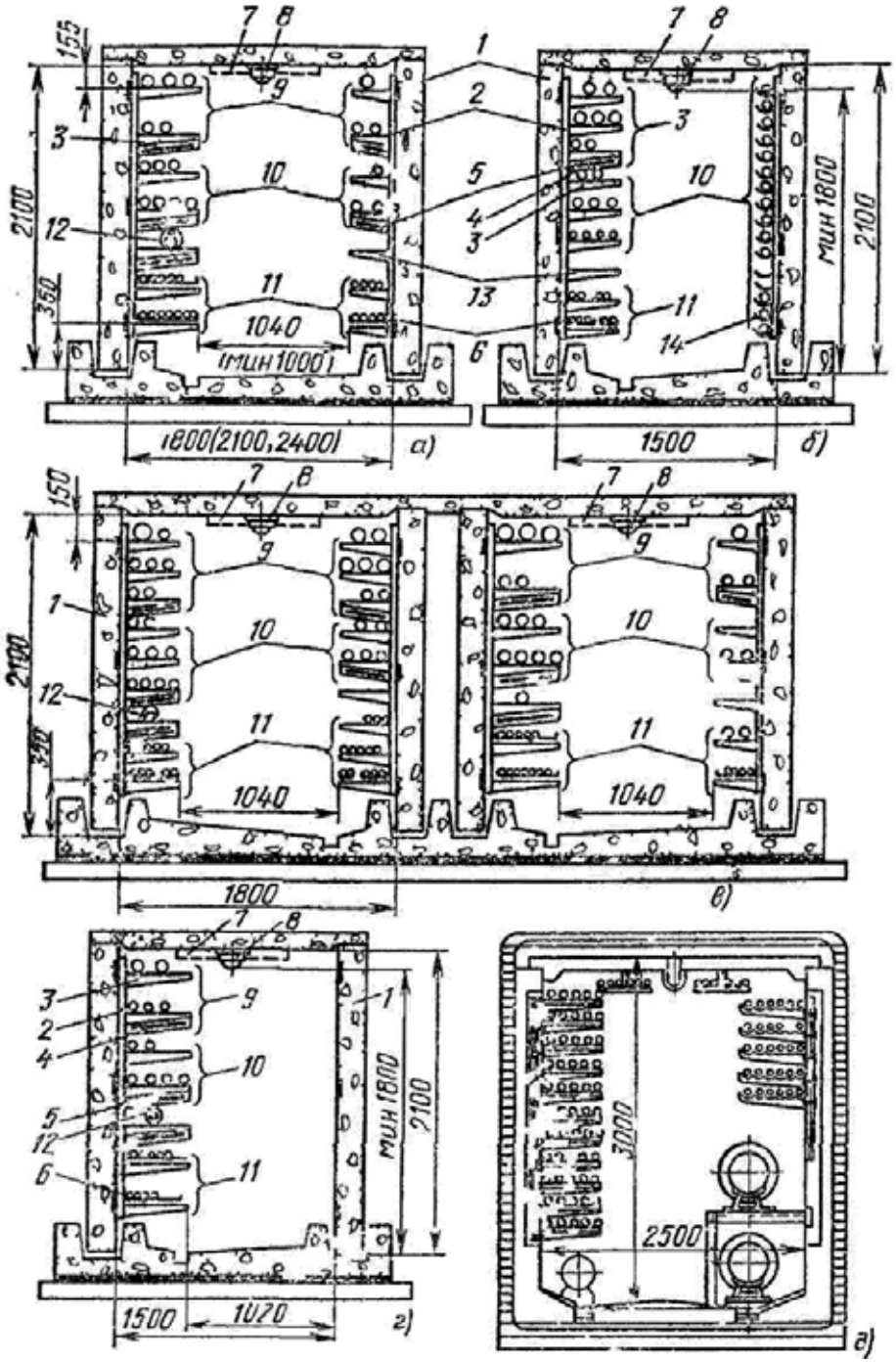


Рис 3.33. Размещение кабелей в туннелях и коллекторах прямоугольного сечения: а, б – проходной с двусторонним расположением кабелей, в – проходной трехстенный с четырехсторонним расположением кабелей, г – проходной с односторонним расположением кабелей, д – проходной двусторонний коллектор;1 – блок туннеля; 2 – стойка; 3 – полка; 4 – подвеска; 5 – перегородка огнестойкая; 6 – лоток сварной; 7 – зона пожароизвещателей и трубопроводов механизированной уборки пыли и пожаротушения; 8 – светильник; 9 – силовые кабели выше 1кВ; 10 – силовые кабели до 1 кВ; 11 – контрольные кабели; 12 – муфта соединительная в защитном кожухе; 13 – полка для укладки соединительных муфт; 14 – подвеска

устроены пандусы с уклоном не более 15°. В туннелях (коллекторах) должны быть выполнены мероприятия по предотвращению попадания в них грунтовых и технологических вод и обеспечен отвод почвенных и ливневых вод. Туннели (коллекторы) должны быть обеспечены в первую очередь естественной вентиляцией. Выбор системы вентиляции и расчет вентиляционных устройств производятся на основании тепловыделений, указанных в строительных заданиях. Перепад температуры между поступающим и удаляемым воздухом в туннеле не должен превышать 10° С. Вентиляционные устройства должны автоматически отключаться, а воздуховоды должны снабжаться заслонками с дистанционным или ручным управлением для прекращения доступа воздуха в коллектор или туннель в случае возникновения пожара.

В туннеле и коллекторе должны быть предусмотрены стационарные средства для дистанционного и автоматического пожаротушения. Источником возникновения пожара могут быть кабели, соединительные кабельные муфты, а также небрежное отношение с огнем и легко воспламеняющимися материалами при монтажных или ремонтных работах. Выбор пожарогасящих средств производится специализированной организацией. В коллекторах и туннелях должны быть установлены датчики, реагирующие на появление дыма и повышение температуры окружающей среды выше 50° С. Коллекторы и туннели должны быть оборудованы электрическим освещением и сетью питания переносных светильников и инструмента.

Протяженные кабельные туннели и коллекторы разделяют по длине огнестойкими перегородками на отсеки длиной не более 150 м с устройством в них дверей шириной не менее 0,8 м. Двери из крайних отсеков должны открываться в помещение или наружу. Дверь в помещение должна открываться ключом с двух сторон. Наружная дверь должна быть снабжена самозакрывающимся замком, открывающимся ключом снаружи. Двери в средних отсеках должны открываться в сторону лестницы и должны быть снабжены устройствами, фиксирующими их закрытое положение. Открываются эти двери с обеих сторон без ключа.

Прокладка кабелей в коллекторах и туннелях рассчитывается с учетом возможности дополнительной прокладки кабелей в количестве не менее 15 %. Законченные строительством туннели и коллекторы должны быть до начала прокладки кабелей приняты по акту электромонтажной и эксплуатирующей организациями. При приемке проверяется соответствие сооружения проекту, а также требованиям ПУЭ и СНиП.

Металлические опорные кабельные конструкции должны быть установлены на расстоянии 0,8…1 м одна от другой на горизонтальных прямолинейных участках. В местах поворотов трассы расстояние между

конструкциями выбирается по месту с учетом допустимого радиуса изгиба кабелей, но не больше чем для прямых участков. Все металлические конструкции должны иметь антикоррозионное покрытие.

Перед прокладкой кабелей в сооружениях представители эксплуатирующей организации осматривают готовность трассы для прокладки кабелей:

- крепление заделанных в стены труб;
- диаметр труб и их соответствие для проектной марки кабеля;
- крепление конструкций (стоек, полок) и расстояние между ними по горизонтали и вертикали;
- окраску металлоконструкций (особенно в местах приварки);
- отсутствие течи воды и воды в приямках;
- исправность электропроводки и наличие ламп (при необходимости на поворотах установить дополнительное освещение);
- отсутствие посторонних предметов по всей трассе;
- расставленные по всей трассе линейные и угловые ролики (угловые ролики должны быть закреплены).

После выполнения перечисленных требований разрешается прокладка кабеля и составляется акт на скрытые работы и акт приемки сооружения под монтаж кабелей. Для прокладки в туннелях разрешается применять только кабели с негорючими оболочками. При двустороннем расположении кабельных конструкций контрольные кабели следует размещать по возможности на противоположной стороне от силовых кабелей. При одностороннем расположении конструкций контрольные кабели следует размещать под силовыми кабелями и разделять их горизонтальной перегородкой.

При применении автоматического пожаротушения с использованием воздушно-механической пены или распыленной воды перегородки допускается не устанавливать.

Силовые кабели напряжением до 1 кВ следует прокладывать под кабелями напряжением выше 1 кВ и разделять их горизонтальной перегородкой. Различные группы кабелей, а именно, рабочие и резервные напряжением выше 1 кВ, рекомендуется прокладывать на разных полках с разделением их горизонтальными несгораемыми перегородками. В качестве перегородок рекомендуются асбоцементные плиты прессованные неокрашенные толщиной не менее 8 мм.

Прокладку бронированных кабелей всех сечений и небронированных сечением жил 25 мм2 и выше следует выполнять по конструкциям (полкам), а небронированных кабелей сечением жил 16 мм2 и менее – на лотках, уложенных на кабельные конструкции.

Кабели, проложенные в коллекторах и туннелях, должны быть жестко закреплены в конечных точках, с обеих сторон изгибов и у соединительных муфт. Во избежание установки дополнительных соединительных муфт следует выбирать предпочтительную строительную длину кабелей. Каждую соединительную муфту на силовых кабелях следует укладывать на отдельной полке опорных конструкций и заключать в защитный противопожарный кожух, который должен быть отделен от верхних и нижних кабелей по всей ширине полок защитными асбоцементными перегородками. В каждом туннеле и канале должны предусматриваться свободные ряды полок для укладки соединительных муфт.

Для прохода кабелей через перегородки, стены и перекрытия должны быть установлены патрубки из несгораемых труб. В местах прохода кабелей в трубах зазоры в них должны быть тщательно уплотнены несгораемым материалом. Материал заполнения должен обеспечивать схватывание и легко поддаваться разрушению в случае прокладки дополнительных кабелей или их частичной замены. Несгораемый материал для уплотнения может быть принят по следующей рецептуре: а) цемент с песком в отношении 1:10; б) глина с цементом и песком в отношении 1,5:1:1; в) глина с песком в отношении 1:3; г) перлит с алебастром в отношении 1:2.

Если кабель одной строительной длины подлежит частичной прокладке в коллекторе или туннеле, а на другой части трассы – в земле, то в таких случаях следует применять кабель с наружным покровом. Сгораемый покров удаляется только на участке всей трассы внутри туннеля до самого места выхода из него заподлицо с заделкой трубы или проема. Применение в кабельных туннелях небронированных кабелей с полиэтиленовой оболочкой по условиям пожарной безопасности запрещается.

Перед прокладкой кабеля требуется измерить длину кабельной линии в соответствии с проектом. Для прокладки кабеля в протяжных туннелях необходимо также уточнить расположение мест, откуда может производиться затяжка кабеля в туннель или коллектор (колодцы, вентиляционные шахты и т. д.), и определить фактическое расстояние между ними.

Механизированная раскатка кабеля в туннелях, как правило, производится тяжением с помощью лебедки. При размотке барабан с кабелем необходимо установить на домкратах на одном конце трассы (рис. 3.34), а на другом конце – тяговую лебедку, расставить вдоль трассы линейные и угловые ролики (распорного или винтового крепления), раскатать конец лебедки и, прикрепив его к концу кабеля, протянуть кабель по трассе, после этого вручную переложить его на отведенное место на кабельных конструкциях.

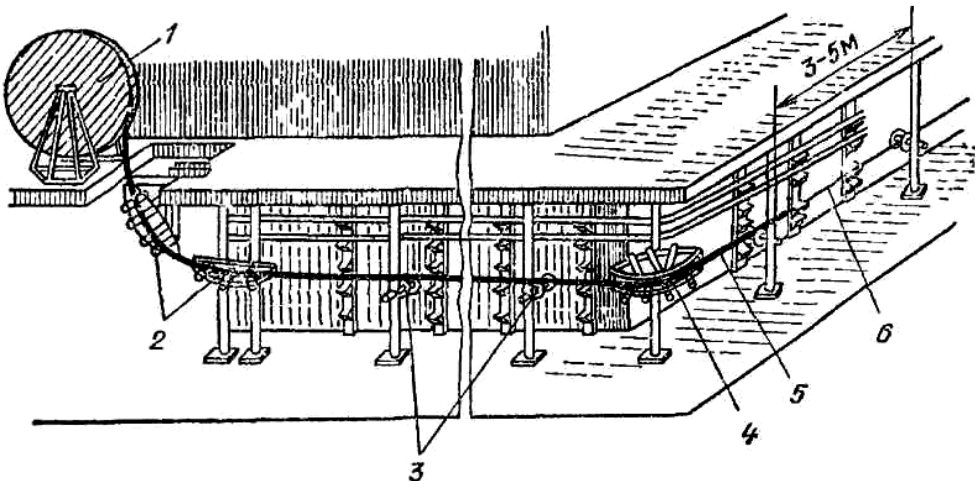


Рис. 3.34. Раскатка кабеля в туннеле:
1 – барабан с кабелем; 2 – угловые ролики; 3 – линейные ролики;
4 – угловой ролик на повороте трассы; 5 – кабель; 6 – канат лебедки

Если нельзя раскатать кабель на всю необходимую длину, то после замера его вручную сматывают с барабана на недостающую длину, отрезают и вручную завершают прокладку его с применением метода «петли».

Прокладку малого числа кабелей в туннелях и коллекторах небольшой протяженности (до 50 м), особенно при ремонтных работах, целесообразно производить вручную. Для этого по предварительному замеру трассы отрезают кабель необходимой длины, отрезанный участок кабеля вручную переносят и укладывают на предназначенное для него место. Кабель на полках или асбоцементных перегородках должен быть уложен без натяжения, также без натяжения он должен быть уложен в трубах.

Кабели, проложенные горизонтально по металлоконструкциям, должны быть жестко закреплены непосредственно у концевых заделок, на поворотах трассы с обеих сторон изгибов и у соединительных муфт с обеих сторон. При вертикальной прокладке кабели должны быть закреплены за каждую кабельную конструкцию. Расстояния между вертикальными конструкциями должны быть указаны в проекте. Между небронированными кабелями со свинцовой или алюминиевой оболочкой и металлическими опорными конструкциями должны быть проложены эластичные прокладки из негорючего материала (например, листовой асбест, листовой поливинилхлорид) толщиной не менее 2 мм, предохраняющие оболочку от механических повреждений. Небронированные кабели с пластмассовой оболочкой допускается крепить скобами (хомутами) без прокладок. Металлическая броня кабелей, прокладываемых в туннелях, должна иметь антикоррозионное покрытие.

Расстояние между полками кабельных конструкций при прокладке силовых кабелей напряжением до 10 кВ должно быть не менее 200 мм.

Расстояние между полками при установке огнестойкой перегородки при прокладке кабелей должно быть не менее 200 мм, а при укладке соединительной муфты 250 мм или 300 мм – в зависимости от типоразмера муфты.

3.7. Прокладка кабелей на лотках

Лотки предназначены для открытой прокладки кабелей там, где по действующим правилам прокладка кабелей в стальных трубах необязательна. Лотки устанавливаются в сухих, сырых и жарких помещениях, в помещениях с химически активной средой.

Рекомендуется применять лотки заводского изготовления типа НЛ.

На лотках разрешается производить прокладку небронированных сиговых кабелей напряжением до 1 кВ и сечением не более 16 мм^2.

Лотки устанавливаются на опорных конструкциях по стенам и под перекрытиями на высоте не менее 2 м от уровня пола или на площадках обслуживания в местах, где нет опасности механических повреждений кабелей. В электротехнических помещениях, обслуживаемых специально обученным персоналом, высота расположения лотков не нормируется.

При установке лотков параллельно с трубопроводами расстояние между лотками или коробами и трубопроводами должно быть не менее 100 мм, а от трубопроводов с горючими жидкостями и газами – не менее 250 мм.

При пересечении лотками трасс горячих трубопроводов, а также при параллельной прокладке с ними должны быть приняты меры по защите кабелей от воздействия высокой температуры. Меры защиты должны быть указаны в проекте.

Прокладку кабелей на лотках следует выполнять тяжением каната по роликам с помощью лебедки. Кабели раскатываются по роликам вдоль лотков с последующей укладкой на отведенное место. Ролики устанавливаются на расстоянии не более 2 м друг от друга, а также на концах и в местах поворота трассы, причем ролики, устанавливаемые в местах поворота трассы, должны обеспечивать изгиб кабелей с радиусом не менее допустимого. Прокладку небронированных кабелей с пластмассовой оболочкой на прямолинейных участках трассы допускается производить без роликов. Подъем и укладку кабелей на лотки на коротких участках трассы следует выполнять с передвижных вышек, платформ, подмостей, стремянок и т. п. Кабели на лотках следует укладывать однослойно (однорядно) с промежутками между ними в свету порядка 5 мм, пучками в один слой (ряд) с расстояниями между пучками в свету 20 мм, однослойно без промежутков между кабелями и многослойно. Число кабелей, укладываемых на лотках, указано в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Максимальное число кабелей, укладываемых на лотках пучками и в один ряд, в зависимости от наружного диаметра

Тип кабеля	Тип лотка	Ширина лотка, мм	Наружный диаметр кабеля, мм	Число пучков, шт.	Число кабелей, шт.	
					в пучке	всего*
Силовой трехжильный сечением до 16 мм^2	КЛ40	400	до 16 от 11 до 12 от 13 до 15 от 16 до 9 от 20 до 23 от 24 до 30	10 9 8 7 6 5	4 4 4 4 4 4	40/26 36/24 32/19 28/15 24/13 20/11
	КЛ20	200	до 10 от 11 до 15 от 16 до 24 от 25 до 30	5 4 3 2	4 4 4 4	20/12 16/9 12/6 8/5
	КЛ10	100	от 10 до 15	2	4	8/1
	КЛ5	50	от 10 до 15	1	4	4/1
Силовой одножильный сечением до 16 мм^2	КЛ40	400	до 8 от 9 до 11 от 12 до 14 15	8 7 6 5	12 12 12 12	96/30 84/24 72/20 60/19
	КЛ20	200	до 8 от 9 до 12 от 13 до 15	4 3 2	12 12 12	48/14 36/10 24/9
	КЛ10	100	до 8 от 9 до 11 от 12 до14 15	2 2 1 1	12 9 12 10	24/12 18/9 12/7 10/6
	КЛ5	50	до 8 от 9 до 12 от 13 до 15	1 1 1	12 9 4	12/6 9/5 4/3

* В числителе указано число кабелей в пучке, в знаменателе – при укладке в один ряд.

Крепление кабелей, прокладываемых на лотках на прямых участках трассы при горизонтальной установке лотков, не требуется, за исключением случаев расположения лотков плашмя на опорных поверхностях. В последнем случае крепление кабелей должно выполняться с интервалом не более 1 м. При вертикальном расположении лотков крепление кабелей также должно выполняться с интервалом не более 1 м.

При прокладке кабелей на лотках пучками кабели в каждом пучке должны быть скреплены между собой и с лотками бандажами. Расстояние между бандажами на горизонтальных прямолинейных участках трассы должно быть не более 4,5 м, а на вертикальных – не более 1 м. В местах по-

ворота трассы для всех случаев расположения лотков как при прокладке отдельных кабелей, так и при прокладке в пучках крепление кабелей должно производиться до и после поворота на расстоянии не более 0,5 м. Крепление кабелей на лотках следует выполнять полоской с пряжкой, хомутом, скобой и т. п. При креплении небронированных кабелей и проводов металлическими бандажами и скобами необходимо в местах крепления кабель обертывать мягкой прокладкой толщиной не менее 2 мм из асбеста, поливинилхлорида и т. п. Маркировку кабелей, проложенных в лотках многослойно или пучками, рекомендуется производить только у концевых заделок.

3.8. Прокладка кабелей на эстакадах и в галереях

Прокладка кабелей напряжением до 10 кВ сечением до 240 мм^2 на эстакадах и в галереях применяется для внутризаводских электрических сетей по территориям промышленных предприятий. Применение специальных кабельных эстакад рекомендуется в качестве основного вида прокладки кабелей по территориям химических и нефтехимических предприятий, где не исключена возможность разливки веществ, разрушительно действующих на оболочки кабелей. Допускается также использовать технологические эстакады для совмещенной прокладки трубопроводов и кабелей. Основные типы кабельных эстакад выполняются непроходными железобетонными и металлическими, проходными железобетонными, металлическими и комбинированными. Непроходные эстакады выполняются таким образом, чтобы была возможность обслуживания их со специально оборудованных машин.

На рис. 3.35 представлены галереи, кабельные эстакады с солнцезащитными козырьками и без них различных исполнений из унифицированных элементов. При совмещенной прокладке трубопроводов и кабелей эстакады должны иметь индивидуальное исполнение. По кабель ным эстакадам приняты основные расстояния между опорами 6 и 12 м. На отдельных участках трассы при необходимости расстояние между опорами может быть 9 м.

Основная высота сооружения эстакад от полотна автодороги принята равной 5 м. На территориях, где отсутствуют пересечения с дорогами, высота должна быть 2,5 м (от планировочной отметки земли) с переходами в местах пересечения с дорогами на высоту:

5 м – при пересечении с автодорогами;

6 м – при пересечении с неэлектрифицированными железными дорогами (от головки рельса);

7,1 м – при пересечении с электрифицированными железными дорогами (от головки рельса).

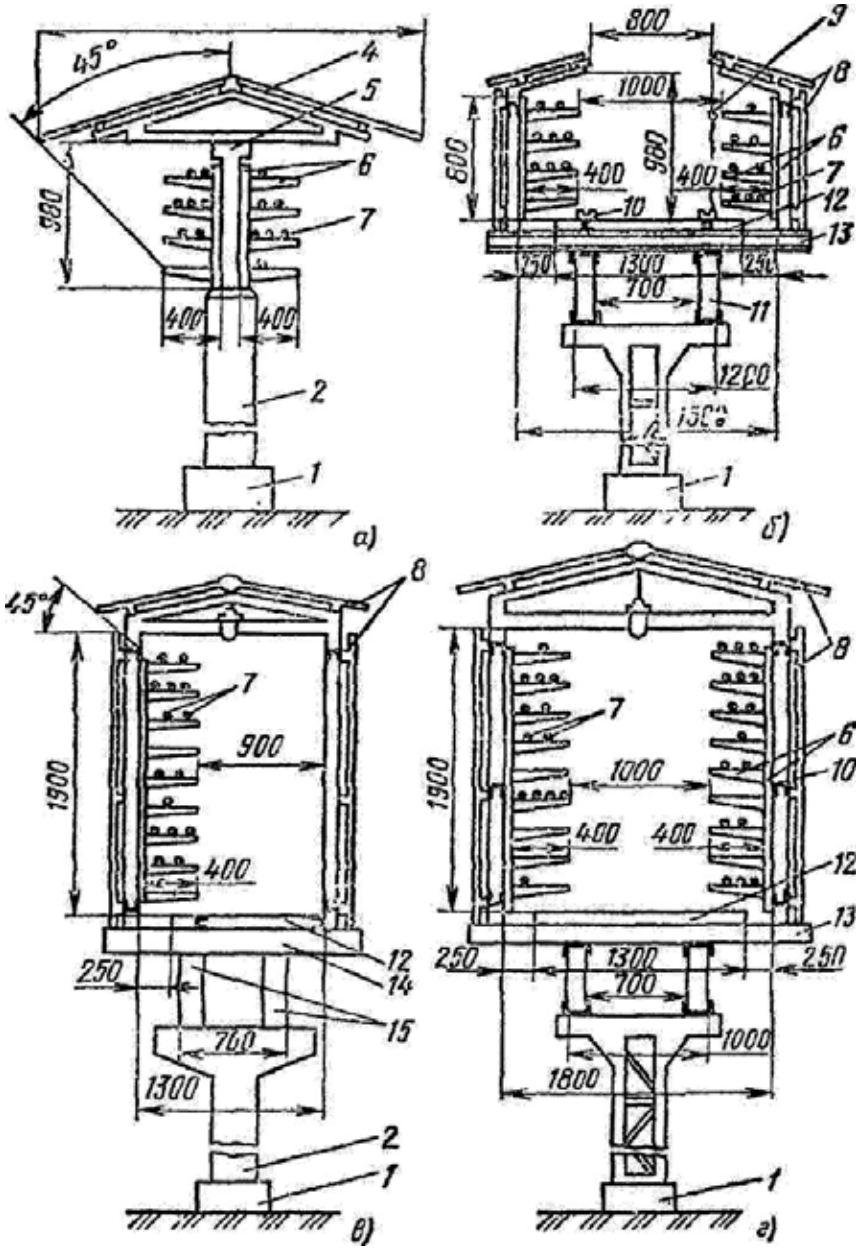


Рис. 3.35. Прокладка кабелей на кабельных эстакадах с солнцезащитными козырьками и без солнцезащитных козырьков:

а – эстакада непроходная железобетонная; б – эстакада проходная металлическая: в – галерея односторонняя; е – галерея двусторонняя металлическая; д – галерея трехстенная комбинированная; е – эстакада непроходная железобетонная без солнцезащитных козырьков; ж – эстакада проходная без солнцезащитных козырьков; 1 – железобетонное основание; 2 – железобетонная колонна; 3 – металлическая колонна; 4 – солнцезащитный козырек; 5 – железобетонная балка; 6 – кабельная конструкция (стойка и полки); 7 – кабели; 8 – стационарные солнцезащитные панели; 9 – съемные солнцезащитные панели; 10 – профиль стальной (только в местах стыка солнцезащитных панелей); 11 – основные несущие металлические фермы; 12 – металлический настил; 13 – металлическая траверса; 14 – железобетонная траверса; 15 – основные несущие железобетонные балки; 16 – сплошная огнезащитная перегородка; 17 – стойка; 18 – лита; 19 – соединительная муфта; 20 – контрольные кабели; 21 – пучок кабелей сечением 16 мм^2

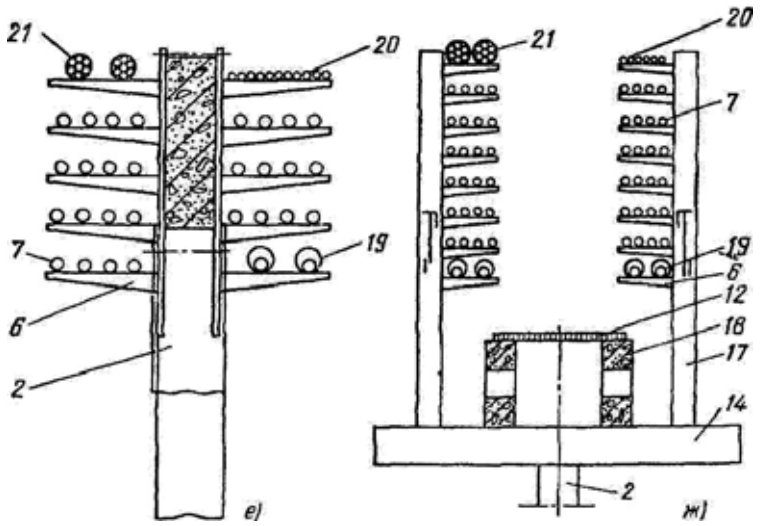


Рис. 3.35. (Продолжение). Прокладка кабелей на кабельных эстакадах с солнцезащитными козырьками и без солнцезащитных козырьков

Углы поворотов эстакад, ответвления, переходы с одной отметки на другую, примыкания к зданиям, вертикальные шахты и лестницы выполняются индивидуально в каждом конкретном случае в зависимости от местных условий.

Без солнцезащитных козырьков эстакады бывают непроходные и проходные: непроходные применяются для прокладки 16, 24 и 40 кабелей с пролетами между опорами 6м, а для прокладки 24 и 40 кабелей – 12 м; проходные одно- и двухсекционные эстакады дня прокладки 64 и 128 кабелей с пролетами 6 и 12 м.

Расстояние между полками по вертикали на непроходных эстакадах 200 мм, на проходных 250 мм.

Расстояние по горизонтали между полками 1 м, но оно может быть увеличено при разработке конкретного проекта с учетом несущей способности кабельных конструкций. При прокладке кабелей в алюминиевой оболочке сечением жил 50 мм2 и более расстояние между кабельными конструкциями допускаются до 6м. Стрела провеса кабелей между конструкциями должна быть 0,4 м.

Для прокладки по эстакадам должны применяться кабели без наружного горючего покрова, имеющие антикоррозионную защиту, или с наружным защитным покровом из негорючих материалов.

Расположение кабелем на полках, расстояния между кабелями, установка соединительных муфт и другие условия такие же, что и при прокладке кабелей в туннелях.

Механизированная раскатка кабеля в закрытых эстакадах туннельного типа (рис. 3.36) производится с помощью электролебедки тяжением ка-

беля канатом с применением линейных и угловых роликов преимущественно распорного типа по тому же принципу, что и в обычных туннелях.

Перекладка кабелей с роликов на опорные конструкции производится вручную. Раскатку кабеля по открытым кабельным и технологическим эстакадам рекомендуется производить с помощью специально оборудованной автомашины (рис. 3.37) при наличии условий ее проходимости вдоль трассы. В кузове автомашины должны быть установлены на домкратах барабан с кабелем и направляющее роликовое устройство. При отсутствии специально оборудованной машины прокладка может быть произведена с помощью электролебедки тяжением кабеля канатом по роликам (рис. 3.38). Для этого устройство с роликами для раскатки устанавливается на стойках кабельных конструкций (если последние рассчитаны на раскатку по ним кабеля) с расстоянием 3…5 м друг от друга. В начале, конце и на поворотах трассы должны быть установлены угловые ролики.

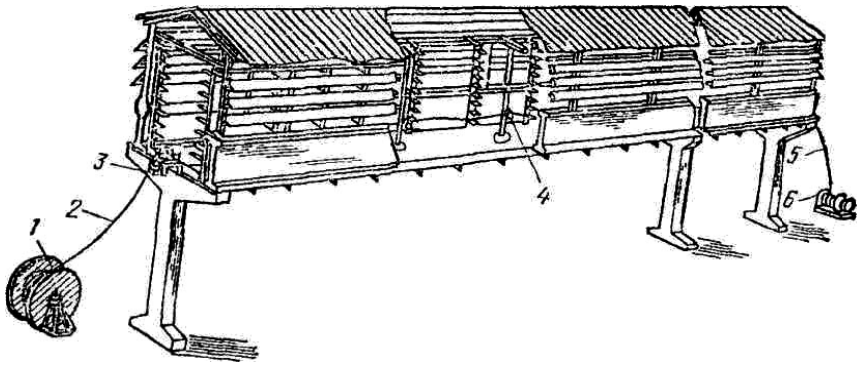


Рис. 3.36. Раскатка кабеля на эстакадах туннельного типа:
1 – барабан с кабелем; 2 – кабель; 3 – угловой ролик;
4 – линейный ролик; 5 – канат; 6 – лебедка

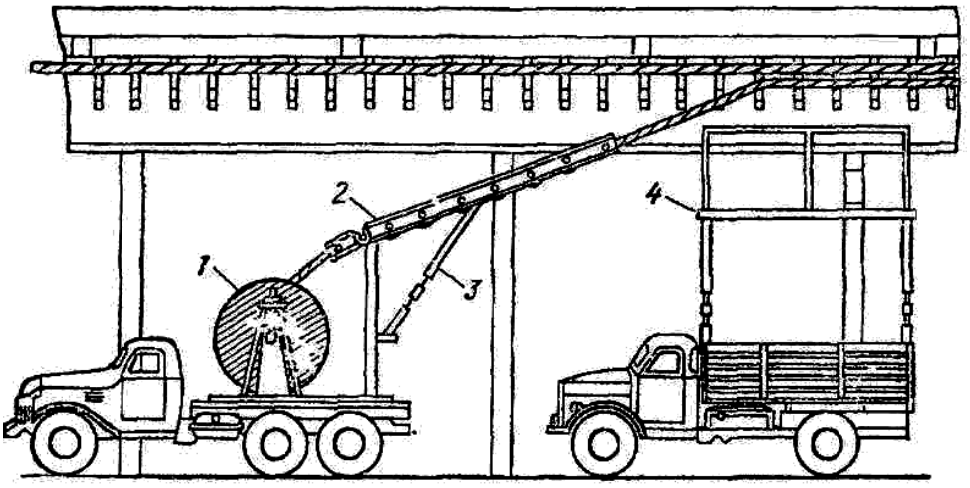


Рис. 3.37. Прокладка кабелей на открытой непроходной эстакаде с помощью специально оборудованной машины:1 – барабан с кабелем; 2 – протяжное приводное устройство; 3 – винтовое упорное устройство для регулировки высоты подъема кабеля; 4 – платформа для размещения монтажников при укладке кабеля

Кабель после раскатки перекладывают на отведенное ему место на полках кабельных конструкций. Раскатка кабеля также может производиться по линейным и угловым роликам, установленным на уровне земли, с последующим подъемом и укладкой кабеля на опорные конструкции непроходных эстакад. При креплении кабелей, проложенных по горизонтали на конструкциях, должны соблюдаться те же требования, что и для кабелей, проложенных в туннелях.

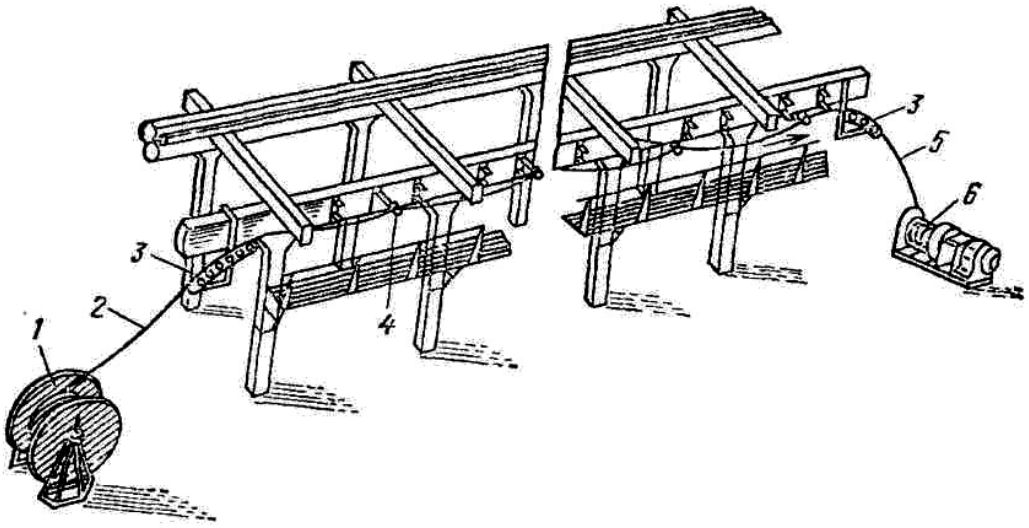


Рис. 3.38. Раскладка кабеля на открытых эстакадах тяжением электролебедкой: 1 – барабан с кабелем; 2 – кабель; 3 – угловой ролик; 4 – линейный ролик; 5 – канат; 6 – лебедка

3.9. Прокладка кабелей на тросах

Монтаж кабелей на тросах рекомендуется выполнять в тех случаях, когда другие виды прокладки кабелей не могут быть применены по технологическим, конструктивным или экономическим соображениям. Прокладка силовых кабелей на тросах применяется в сетях напряжением до 1 кВ как внутри помещений, так и вне их. Кабельные проводки на тросах внутри помещений (цехов) выполняются по колоннам вдоль и поперек здания, а также между стенами (рис. 3.39), а вне помещений, как правило, между стенами зданий.

Для силовых линий, прокладываемых на тросе, применяются такие же кабели, как и для прокладки внутри зданий и сооружений. Выбор марки кабеля определяется проектом. Кабели, прокладываемые вне зданий, в том числе и под открытыми навесами, должны иметь защитное негорючее наружное покрытие.

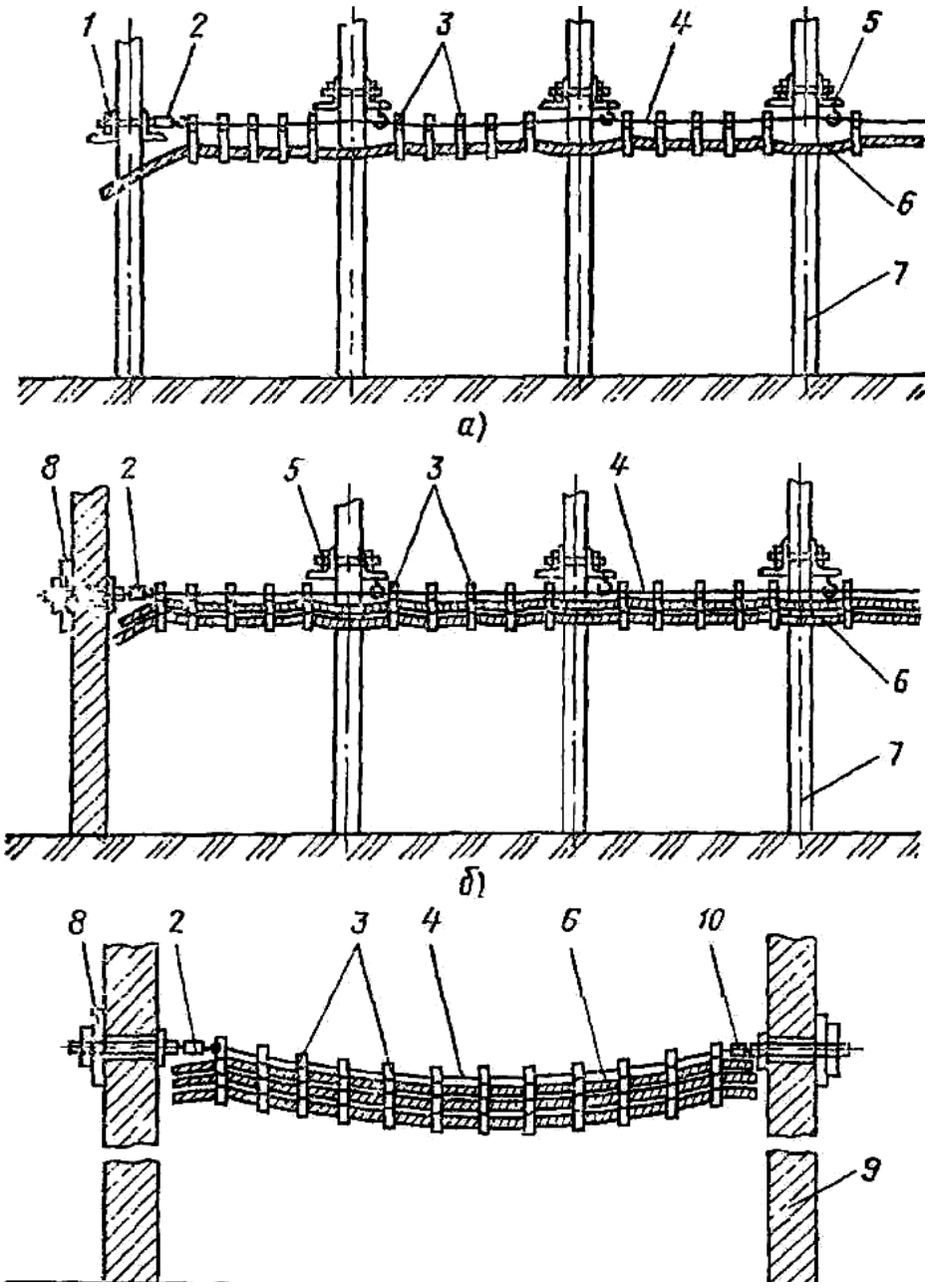


Рис. 3.39. Прокладка кабеля на тросах: а – по колоннам; б – то же с креплением троса и стене; в – между стенами, 1 – обхват конечный; 2 – муфта натяжная; 3 – кабельный подвес; 4 – трос несущий; 5 – обхват промежуточный; 6 – кабель; 7 – колонна; 8 – анкер; 9 – стена; 10 – зажим тросовый

Выбор троса производится в зависимости от несущей нагрузки. В качестве несущего троса применяются сплетенные из стальных оцинкованных проволок канаты по ГОСТ 3062-80 или ГОСТ 3063-80, горячекатаная сталь круглая по ГОСТ 2590-71. Расстояние между анкерными креплениями несущего троса определяется в проекте и должно быть не более 100 м. Расстояние между промежуточными креплениями

должно быть не более 30 м при прокладке одного-двух кабелей сечением до 70 мм^2, 12 м при прокладке больше двух кабелей сечением 70 мм^2 и во всех случаях прокладки кабелей сечением 95 мм^2 и выше. Расстояние между кабельными подвесками должно быть 0,8…1 м. Анкерные концевые конструкции должны крепиться к стенам или колоннам зданий; крепление их к балкам и фермам не допускается.

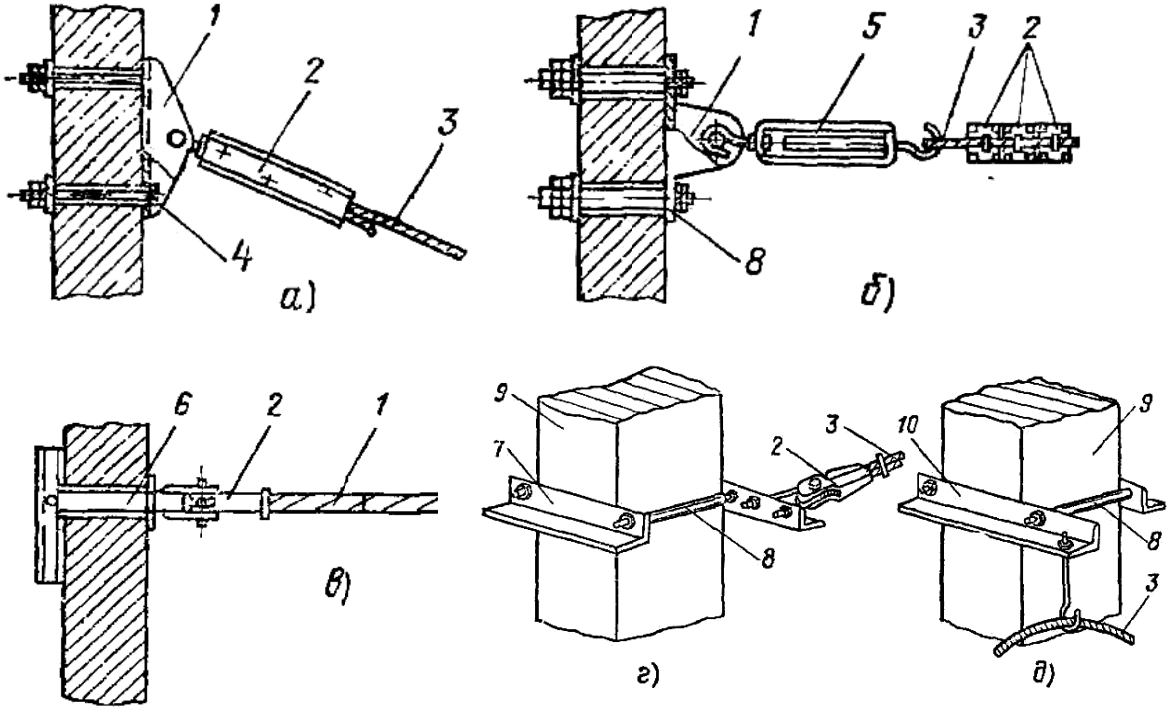


Рис. 3.40. Установка анкеров на стене и обхватов на колонне:
а, б – на стене с креплением на болтах; в – на стене с откидной планкой;
г, д – на колонне на шпильках; 1 – анкер; 2 – зажим тросовый;
3 – несущий трос; 4 – болт; 5 – муфта натяжная; 6 – анкер с откидной планкой;
7 – обхват концевой; 8 – шпилька; 9 – колонна; 10 – обхват промежуточный

Заготовку несущих тросов и кабелей, комплектование заводских изделий и изготовление конструкций по чертежам следует производить на монтажно-заготовительных участках. Заготовленные отрезки тросов и кабелей необходимо замаркировать и намотать на инвентарные барабаны. Анкерные устройства должны прикрепляться к стенам зданий с помощью шпилек и болтов, либо поворотной откидной планки, которая закладывается через заготовленное отверстие в стене (рис. 3.40). Концевые и промежуточные обхваты крепятся на колоннах зданий стяжными шпильками. Подъем и закрепление несущего троса, раскатанного вдоль трассы, производится с автовышек, гидроподъемников, подмостей, лесов и т. д.

Установку на анкере натяжной муфты, закрепленной на конце несущего троса, когда второй конец троса закреплен на другом анкере, следует производить натяжкой троса монтажными блоками (полиспастом). Для этого трос следует предварительно вытянуть вручную и закрепить его в блоке (рис. 3.41).

Окончательное натяжение несущего троса и регулировка стрелы провеса производятся натяжными муфтами. Стрела провеса троса после прокладки кабелей должна быть равной 1/40…1/60 длины пролета, что для пролета в 6м составляет 100…150 мм, а для пролета 12 м 200…300 мм.

Раскатку, подъем и укладку кабелей в подвесные кабельные конструкции рекомендуется выполнять с применением специальных механизмов и приспособлений. Монтаж одного кабеля может быть осуществлен совместно с монтажом несущего троса. С этой целью кабель к тросу закрепляется непосредственно на земле, с помощью монтажных блоков или лебедки осуществляется подъем вместе с кабелем и натяжка несущего троса, а затем и крепление троса в анкерных устройствах. Все не имеющие окраски или гальванопокрытия металлические и оголенные места стального троса внутри помещений, а также стальной трос на всем протяжении при прокладке вне помещений независимо от наличия покрытия должны быть покрыты смазкой (например, солидолом). Внутри помещения стальной трос, имеющий гальванопокрытие, покрывается смазкой только в тех случаях, если он может подвергаться разрушению под действием агрессивной окружающей среды в процессе эксплуатации.

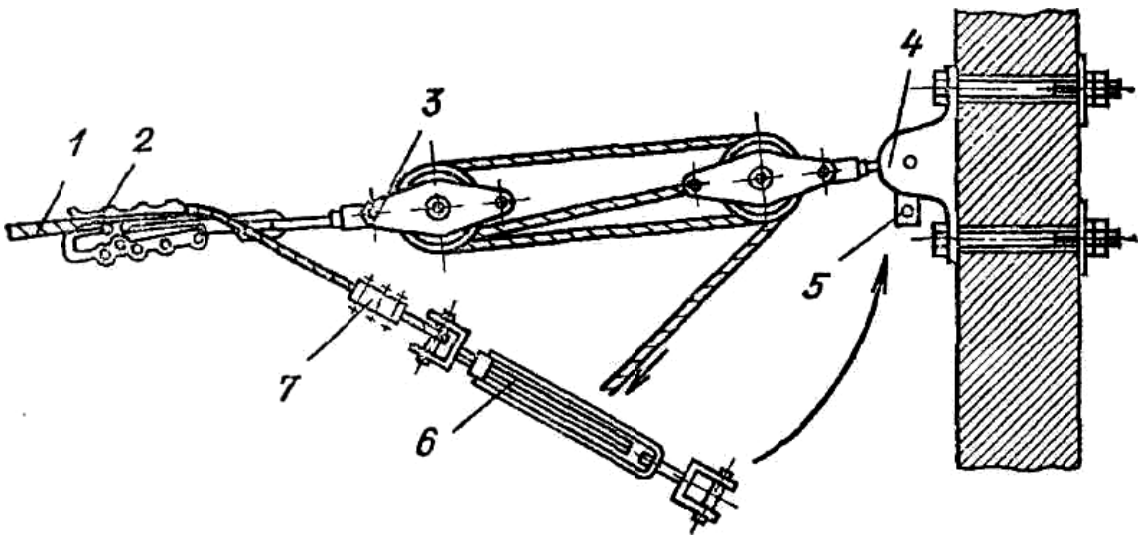


Рис. 3.41. Установка на анкер натяжной муфты:
1 – трос несущий; 2 – зажим монтажный; 3 – полиспаст; 4 – анкер;
5 – соединительная планка муфты; 6 – муфта натяжная; 7 – зажим тросовый

Защита кабелей, проложенных открыто на воздухе, от солнечных лучей должна осуществляться в соответствии с указаниями, приведенными в проекте.

3.10. Бестраншейная прокладка кабеля в земле

Бестраншейная прокладка силового бронированного кабеля в свинцовой или алюминиевой оболочке напряжением до 10 кВ допускается со специальных самоходных или передвигаемых тяговыми механизмами кабелеукладчиков ножевого типа.

Способ бестраншейной прокладки кабеля с помощью кабелеукладчика ножевого типа рекомендуется при прокладке на участках кабельных трасс, удаленных от подземных сооружений, в грунтах первой, второй и третьей категорий (песчаных и глинистых) без ограничений мест применения и длины прокладываемых кабелей.

Разбивка трассы на местности должна производиться в соответствии с проектом и размечаться вехами, расстояние между которыми определяется пределом видимости и рельефом местности. До начала работ по прокладке трасса должна быть очищена от пней, выровнены бугры грунта, выполнены съезды через овраги для подготовки рабочей зоны прохода кабелеукладчика.

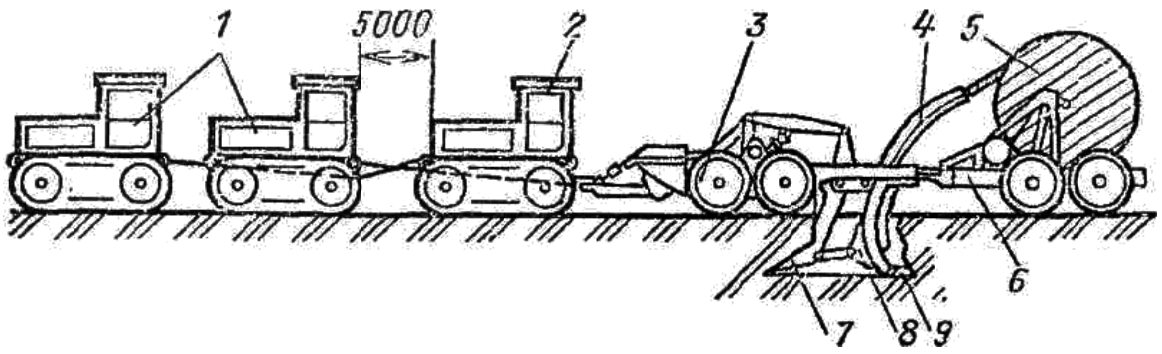


Рис. 3.42. Прокладка кабеля кабелеукладчиком:
1 – трактор типа 100 М; 2 – трактор типа 100 МБГ; 3 – кабелеукладчик типа КУ-150; 4 – входной лоток кассеты; 5 – барабан с кабелем; 6 – кабельный транспортер типа ТК; 7 – нож; 8 – кассета для кабеля; 9 – кабель

Работа кабелеукладчика ножевого типа основана на принципе расклинивания грунта и образования в нем щели шириной до 100 мм и глубиной до 1,2 м от уровня поверхности земли. В образовавшуюся щель по мере продвижения кабелеукладчика через прикрепленную к ножу кассету укладывается кабель, сматываемый с барабана, установленного на кабельном транспортере. Устройство «постели», присыпка кабеля

мелкой землей и механическая защита кабеля при этом не требуются. Засыпка кабеля производится грунтом, разрезаемым ножом кабелеукладчика при его передвижении.

На рис. 3.42 показана бестраншейная прокладка кабеля кабелеукладчиком типа КУ-150. В зависимости от категории грунта и рельефа местности передвижение кабелеукладчика и кабельного транспортера типа ТКБ-5 или ТКБ-6 с барабаном с кабелем может осуществляться тремя-семью тракторами типа Т-100М или Т-100МБГ

Средняя скорость прокладки кабеля равна 2,4 км/ч. Во избежание повреждения кабеля кабелеукладчик должен плавно передвигаться по трассе без резких толчков и торможений.

При прокладке следует мерной планкой контролировать заглубление кабеля в грунт через каждые 20…50 м. Если глубина заложения кабеля окажется недостаточной, то прокладка должна быть приостановлена и продолжена только после устранения причины вызвавшей отклонение от нормы (очистка от корней, удаление посторонних предметов, большое натяжение кабеля, необходимость смены ножей и т. п.). Отклонение глубины заложения кабеля от проектной допускается в пределах 50 мм.

При прокладке необходимо учитывать строительную длину кабелей на барабанах, чтобы соединительные муфты приходились в местах удобных для монтажа и эксплуатации, и не оказались в заболоченных местах, оврагах и т. д. Перед окончанием размотки кабеля с одного барабана конец его внахлест скрепляется с концом кабеля другого барабана. В городах или поселках на участках, имеющих подземные коммуникации и пересечения с инженерными сооружениями, бестраншейная прокладка кабелей запрещается.

3.11. Заземление кабелей и кабельных конструкций

Заземление металлических оболочек и брони кабеля, металлических корпусов муфт и конструкций, на которых расположены кабели и муфты, производится для безопасности обслуживающего персонала, а также для предохранения свинцовой или алюминиевой оболочки от выплавления в ряде точек при пробое изоляции кабеля на землю.

В кабельных линиях к частям, подлежащим заземлению, относятся металлические оболочки и броня силовых и контрольных кабелей, металлические кабельные соединительные и концевые муфты, металлические кабельные конструкции, лотки, короба, тросы, на которых укреплены кабели, стальные трубы, в которых проложены кабели (в помещениях).

Броня и металлические оболочки кабелей должны иметь надежные соединения по всей длине кабельной линии между собой и с металлическими корпусами соединительных и концевых муфт.

Соединение брони и оболочки с соединительными и концевыми муфтами выполняется с помощью гибких многопроволочных медных проводников. На концах кабельных линий медные проводники присоединяются к магистрали заземления.

Сечение заземляющих многопроволочных медных проводников для силовых кабелей при отсутствии других указаний в проекте должно быть не менее:

Сечение жил кабелей, мм^2	Сечение проводника заземления, мм^2
до 10	6
16, 25, 35	10
50, 70, 95, 120	16
150, 185, 240	25

Выполнение непрерывности заземления кабеля в местах соединения строительных длин кабеля с помощью свинцовых соединительных муфт осуществляется последовательным соединением проводника заземления с помощью пайки к броне и оболочке конца одного кабеля, затем к свинцовой муфте (в центре ее), а затем к оболочке и броне другого конца кабеля (рис. 3.43).

В тех случаях, когда свинцовая муфта защищается герметичным кожухом, провод заземления должен быть присоединен к броне таким образом, чтобы остались свободные концы для присоединения к болтам заземления кожуха.

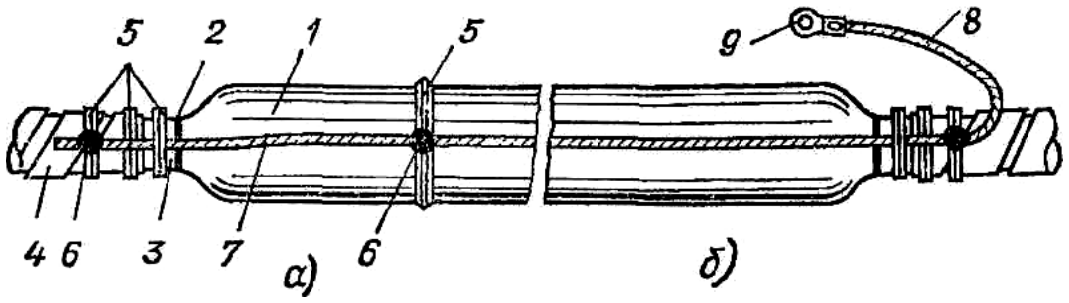


Рис. 3.43. Заземление свинцовой соединительной муфты:
а – муфта предназначена для укладки в негерметичный кожух типа КзЧ;
б – муфта предназначена для укладки в герметичный кожух типа КзЧГ;
1 – муфта свинцовая марки СС; 2 – место припайки муфты к оболочке кабеля;
3 – оболочка кабеля; 4 – броня из плоских стальных лент; 5 – бандажи из оцинкованной проволоки; 6 – место припайки проводника заземления; 7 – медный многопроволочный проводник заземления; 8 – конец проводника заземления для присоединения под болт;
9 – опрессованный наконечник

Выполнение непрерывности заземления в местах соединения кабелей с помощью эпоксидных соединительных муфт выполнятся с помощью соединения проводника заземления, состоящего из двух отрезков, которые припаиваются к оболочкам и бронелентам обоих концов кабелей с помощью пайки. Соединение отрезков проводника заземления между собой осуществляется в соединительной медной гильзе с помощью опрессовки. Провод заземления должен быть в поливинилхлоридной изоляции или с надетой на него поливинилхлоридной трубкой, либо неизолированным с подмоткой из хлопчатобумажной ленты, промазанной эпоксидным компаундом (рис. 3.44).

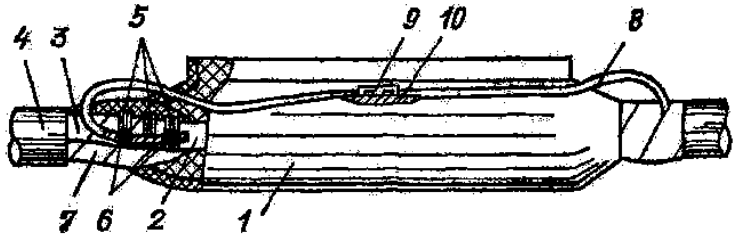


Рис. 3 44. Соединение проводником заземления концов кабеля в эпоксидной соединительной муфте: 1 – корпус муфты, 2 – металлическая оболочка кабеля; 3 – броня из плоских лент; 4 – джутовый покров; 5 – бандажи из оцинкованных проволок, 6 – место припайки проводника заземления; 7 – герметизирующая подмотка; 8 – проводник заземления в поливинилхлоридной оболочке; 9 – опрессованная медная гильза, 10 – изолирующая подмотка проводника заземления и гильзы

Для концевых муфт и концевых заделок длина провода заземления выбирается такой, чтобы обеспечить его присоединение к оболочке и броне кабеля и к заземляющему болту металлического корпуса муфты. Свободный конец провода заземления, оконцованный наконечником путем сварки, пайки или опрессовки, присоединяется к заземляющему болту опорной конструкции муфты или заделки (рис. 3.45). Провод для заземления присоединяется к свинцовой или алюминиевой оболочке кабеля при помощи бандажа из оцинкованной стальной проволоки диаметром 1…1,5 мм с последующей припайкой припоем ПОССу 30…0,5. Предварительно место припайки к оболочке должно быть тщательно очищено и облужено: свинцовая оболочка – припоем марки ПОССу 30…0,5, а алюминиевая – припоем марки А.

Присоединение провода к броне производится для ленточной брони к обеим бронелентам, а для проволочной брони — по окружности ко всем проволокам. Места присоединения должны быть предварительно очищены до блеска и облужены припоем ПОССу 30…0,5, после этого провод для заземления крепится бандажом из оцинкованной стальной проволоки диаметром 1…1,5 мм и припаивается тем же припоем. Лужение и пайка производятся с применением паяльного жира.

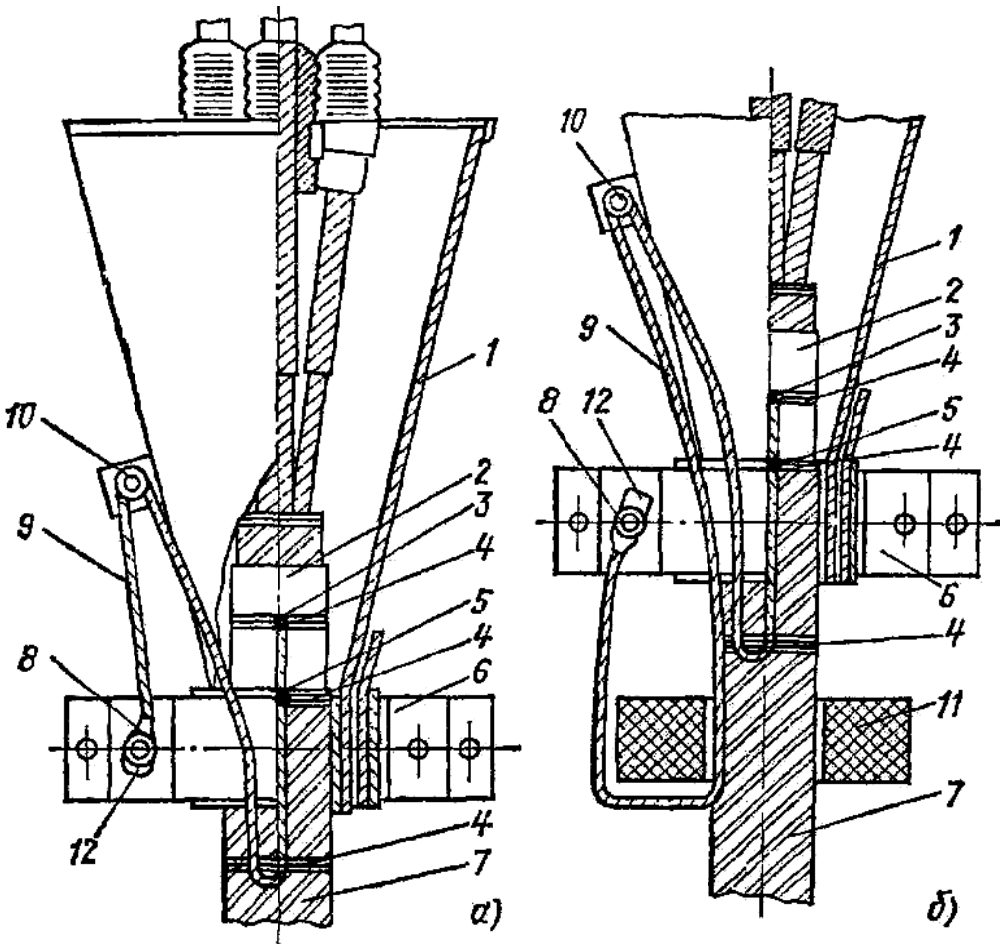


Рис. 3 45. Заземление концевых заделок КВБ:

а – без трансформатора тока; б – с трансформатором тока;
1 – металлический корпус заделки; 2 – оболочка; 3 – место пайки проводника заземления к оболочке; 4 – бандаж; 5 – место пайки проводника заземления к броне; – скоба; 7 – броня; 8 – место присоединения проводника заземления к скобе; 9 – проводник заземления; 10 – место присоединения проводника заземления к корпусу заделки; 11 – трансформатор тока; 12 – наконечник

Заземление металлических оболочек одножильных кабелей в сетях переменного тока выполняется в соответствии с указаниями, приведенными в проекте. Заземление стальных лотков и коробов должно производиться не менее чем в двух местах, как правило, на обоих концах линий. Кроме того, каждое ответвление дополнительно заземляется в конце его. В тех случаях, когда лотки или короба используются в качестве заземляющих проводников, должна быть обеспечена непрерывность электрической цепи.

Все металлические части, применяемые при прокладке кабелей на тросах, включая и несущий трос, должны быть заземлены. Несущий трос необходимо заземлять в двух местах – с противоположных концов – путем разъемного соединения его гибкими перемычками с заземляющими проводниками или с помощью сварки.

Анкерные, промежуточные, опорные и подвесные кабельные конструкции заземляются через трос путем плотного и надежного контакта между ними. Места крепления троса и конструкций должны быть зачищены до металлического блеска и смазаны составом ЦИАТИМ.

Стальные трубы, используемые для заземления, должны иметь надежные соединения. При открытой прокладке могут применяться хорошо затянутые муфты на сурике с контргайкой на стороне длинного участка резьбы (сгон) или иные конструкции, дающие надежный контакт. При скрытой прокладке должны применяться только муфты на сурике, причем они должны быть дополнительно приварены с каждой стороны в одной-двух точках.

При тонкостенных трубках нельзя рекомендовать приварку муфт или других соединителей непосредственно на монтаже из-за возможного прожога тонкой стенки трубы. Поэтому при прокладке этих труб целесообразно предварительно в монтажных мастерских у концов отдельных труб приваривать стальные флажки, а затем на месте монтажа приваривать между флажками перемычки или сваривать флажки между собой. Короткие отрезки труб, предназначенные для механической защиты кабельных линий и проходящие через стены или перекрытия, допускается не заземлять, если все проложенные в них кабели имеют металлическую оболочку или если помещения, в которые входят концы труб, относятся к категории без повышенной опасности.

3.12. Маркировка кабельных линий

Перед сдачей в эксплуатацию на всех проложенных кабелях, а также на всех муфтах и концевых заделках должны быть установлены маркировочные бирки. Бирки должны устанавливаться на конечных пунктах у концевых заделок, в колодцах и камерах блочной канализации.

На открыто проложенных кабелях в каналах, производственных помещениях, коллекторах, туннелях бирки должны быть установлены у концевых заделок, соединительных муфт, в местах поворота трассы, с обеих сторон прохода через межэтажные перекрытия и стены, в местах входа кабелей в траншеи и другие инженерные сооружения, а также на прямолинейных участках через каждые 50…70 метров.

На бирках обозначают марку кабеля, номинальное напряжение, число и сечение жил, номер или наименование кабельной линии, а на бирках у муфт и заделок – также номер муфты, дату монтажа и фамилию кабельщика, монтировавшего муфту.

ГЛАВА 4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

4.1. Эксплуатация кабельных линий

4.1.1. Осмотр

При техническом обслуживании кабельных линий (КЛ) периодически проводят их осмотры с целью визуального обнаружения неисправностей и дефектов. КЛ на напряжение до 35 кВ, проложенные открыто, должны осматриваться не реже 1 раза в 6 месяцев; проложенные в земле – не реже 1 раза в 3 месяца.

Не реже 1 раза в 6 месяцев выборочные осмотры КЛ должны проводиться административно-техническим персоналом. Внеочередные осмотры КЛ должны проводиться в период паводков и после ливневых дождей, когда возможны сдвиги почвы и попадание грунтовых вод в подземные кабельные сооружения, а также после отключения КЛ релейной защитой. При осмотрах трасс КЛ, проложенных в земле, проверяется наличие знаков привязки линии к постоянным ориентирам (или пикетов на незастроенной территории), обозначающих трассу. На трассе КЛ не должно быть вспучивания или проседания грунта, не должно производиться каких-либо работ, раскопок, складирования строительных материалов, свалок мусора.

Правилами охраны электрических сетей для КЛ, проложенной в земле, устанавливается охранная зона в размере 1м с каждой стороны от крайних кабелей. Любые работы в охранной зоне КЛ должны выполняться с разрешения и под наблюдением организации, эксплуатирующей КЛ.

В местах выхода кабеля из земли, например на стену здания или опору ВЛ, должна быть защита кабеля от механических повреждений. Осмотры КЛ, проложенных в кабельных сооружениях (тоннелях, эстакадах и других), должны проводить два человека. В первую очередь проверяется с помощью газоанализатора отсутствие в кабельных сооружениях газов, состояние освещения и вентиляции. Проверяется общее состояние кабельных сооружений, наличие средств пожаротушения, отсутствие посторонних предметов. Все металлические конструкции кабельных сооружений должны быть покрыты негорючим антикоррозийным составом.

Кабельные туннели должны быть оборудованы средствами для отвода ливневых и почвенных вод. Эти средства должны находиться в исправном состоянии.

По температуре внутри кабельных сооружений косвенно контролируется тепловой режим кабелей. Температура воздуха внутри сооружений должна превышать температуру наружного воздуха не более чем на 10 °С.

На открыто проложенных кабелях должны быть стойкие к воздействию окружающей среды бирки, прикрепляемые в начале и в конце кабеля и через 50 м. На этих бирках указываются: марка и сечение кабеля, напряжение, номер или другое условное обозначение линии. На бирках муфт должны быть отмечены номер муфты и дата ее монтажа.

Проверяется состояние антикоррозийного покрова металлических оболочек кабелей, расстояния между кабелями, состояние соединительных и концевых кабельных муфт, отсутствие следов вытекания масла или кабельной мастики.

Все замеченные при осмотрах дефекты и неисправности КЛ заносятся в листок осмотра. Эти дефекты и неисправности в зависимости от их характера устраняются при текущем техническом обслуживании. Повреждения аварийного характера должны быть устранены немедленно.

4.1.2. Допустимые нагрузки при эксплуатации

Для каждой КЛ при вводе в эксплуатацию устанавливается допустимая токовая нагрузка. Эта нагрузка определяется по условию, что температура жил кабеля будет не выше длительно допустимой нормируемой температуры $\Theta_{доп}$ (2, 14) Для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией величина $\Theta_{доп}$ зависит от номинального напряжения $U_{ном}$ (табл. 4.1).

Таблица 4.1

$U_{ном}$, кВ	до 3	6	10	20	35
$\Theta_{доп}$, ° С	80	65	60	55	50

Для кабелей:

- с изоляцией из полиэтилена и поливинилхлорида $\Theta_{доп}$ = 70° С;
- с изоляцией из сшитого полиэтилена $\Theta_{доп}$ = 90° С;
- с резиновой изоляцией $\Theta_{доп}$ = 65° С.

Перегрев изоляции кабеля выше $\Theta_{доп}$ заметно ускоряет процесс ее старения и, следовательно, сокращает срок службы кабеля.

Непосредственное измерение температуры жилы кабеля представляет значительные трудности. Поэтому для проверки теплового режима кабель нагружают током и снимаются показания термодатчиков, установленных на стальной броне (оболочке или шланге) кабеля. Температура жилы кабеля $\Theta_ж$ рассчитывается по формуле:

$$\Theta_ж = \Theta_б + \Delta\Theta, \qquad (4.1)$$

где $\Theta_б$ – температура брони (оболочки или шланга), измеренная при испытании; $\Delta\Theta$ – превышение температуры жилы кабеля над температурой брони оболочки или шланга).

Величина ΔΘ рассчитывается по эмпирической формуле или определяется по номограммам (7, 24). Одна из таких номограмм для кабелей с алюминиевыми жилами, находящихся в эксплуатации от 5 до 25 лет, приведена на рис. 4.1.

Токовая нагрузка КЛ, при которой $\Theta_ж = \Theta_{доп}$, соответствует допустимой длительной нагрузке.

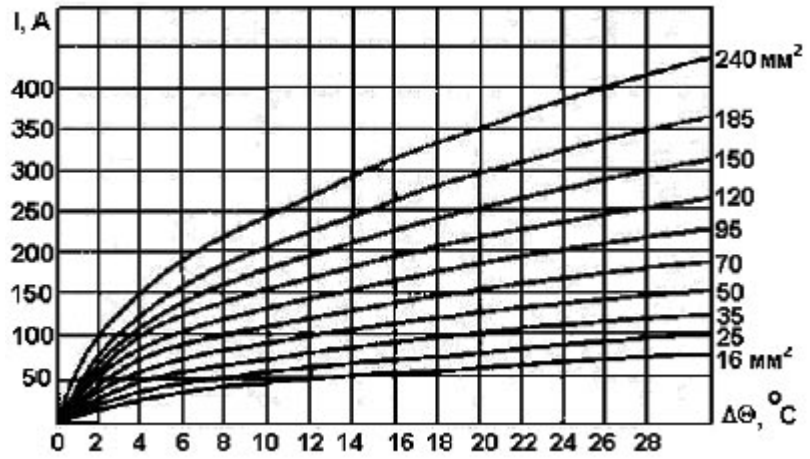


Рис. 4.1. Разность температур между броней и алюминиевыми жилами кабелей напряжением 10 кВ

В практической эксплуатации действительную токовую нагрузку кабеля *I* сопоставляют с длительно допустимым током $I_{доп}$, приводимым в справочной литературе [2]. Длительный режим работы кабеля считается допустимым при выполнении условия:

$$I < kI_{доп}, \tag{4.2}$$

где *k* – поправочный коэффициент.

Принимаемые по справочным данным [2] поправочные коэффициенты учитывают реальную температуру охлаждающей среды, количество кабелей в земляной траншее, удельное тепловое сопротивление грунта, срок службы кабеля и другие факторы.

При эксплуатации КЛ допускаются кратковременные перегрузки, например, на период ликвидации аварии [1]. Допустимые перегрузки кабелей напряжением до 10кВ в зависимости от вида изоляции составляют:

- кабели с бумажной изоляцией – на 30 %;
- изоляцией из полиэтилена и поливинилхлорида – на 15 %;
- резины – на 18 %;
- сшитого полиэтилена – на 25 %;

Для кабелей со всеми видами изоляции, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки должны быть снижены до 10 %. Указан-

ные перегрузки допускаются продолжительностью не более 6 часов в сутки в течение 5 суток. Суммарная продолжительность перегрузки в год не должна превышать 100 ч.

Для кабелей напряжением 20…35 кВ с бумажной изоляцией перегрузки не допускаются [1].

Контроль нагрузочного режима КЛ осуществляется снятием графиков нагрузки, выполняемым не реже 2 раз в год. Причем один раз контроль осуществляется в период зимнего максимума нагрузки.

4.1.3. Профилактические измерения и испытания

Особое внимание при техническом обслуживании КЛ уделяется кабельной изоляции. Одним из средств контроля состояния изоляции является измерение ее сопротивления, выполняемое мегаомметром. Схемы измерения фазной и междуфазной изоляции кабеля показаны на рис. 4.2. Отсчет величины сопротивления изоляции осуществляется приблизительно через 1 минуту после начала процесса измерения.

Сопротивление изоляции кабелей на напряжение до 1 кВ должно быть не менее 0,5 МОм. Сопротивление изоляции кабелей на напряжение выше 1 кВ не нормируется.

Электрическая прочность изоляции КЛ проверяется испытанием повышенным выпрямленным напряжением. Величина испытательного напряжения $U_{исп}$ и длительность его приложения t в зависимости от вида кабельной изоляции приведены в табл. 4.2.

Испытательное напряжение прикладывается поочередно к каждой жиле кабеля, при этом две другие жилы кабеля и его металлическая оболочка (экран) должны быть заземлены. Испытательное напряжение поднимается плавно со скоростью 1…2 кВ/с до требуемого значения и поддерживается неизменным в течение времени, указанного в табл. 4.2. При проведении испытаний повышенным напряжением измеряются токи утечки и их несимметрия по фазам.

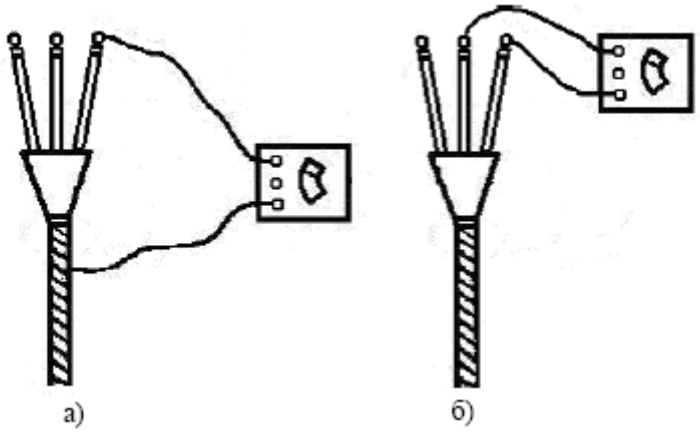


Рис. 4.2. Измерение сопротивления фазной (а) и междуфазной (б) изоляции кабеля

Таблица 4.2

Uном, кВ	до 1	3	6	10	20	35
Бумажная пропитанная изоляция						
Uисп, кВ/t, мин	2,5/5	15…25/5	36/5	60/5	100/5	175/5
Пластмассовая и СПЭ изоляция						
Uисп, кВ/t, мин	2,5/5	7,5/5	36/5	60/5		
Резиновая изоляция						
Uисп, кВ/t, мин		6/5	12/5	20/5		

Изоляция кабеля считается удовлетворительной, если не произошло ее пробоя, а токи утечки и коэффициент несимметрии этих токов по фазам не превысили значений, приведенных в табл. 4.3.

Таблица 4.3

$U_{ном}$, кВ	6	10	20	35
$I_{ут}$, мА	0,2	0,5	1,5	1,8
$I_{ут\ max}/I_{ут\ min}$	2	3	3	3

У кабелей с пластмассовой защитной оболочкой (шлангом) дополнительным испытаниям повышенным выпрямленным напряжением подвергается защитная оболочка. Испытательное выпрямленное напряжение – 10 кВ в течение 1 мин подается между металлической оболочкой (экраном) и землей. При неуспешных испытаниях отыскивается место повреждения пластмассовой оболочки и выполняется ее ремонт.

На вертикальных участках кабелей напряжением 20…35 кВ с бумажной изоляцией контролируется осушение изоляции. Этот контроль осуществляется с помощью термометров, укрепленных на броне кабеля в верхней, средней и нижней частях вертикального участка. Разность показаний термометров более чем на 2…3 °С свидетельствует о сильном осушении изоляции и начавшемся процессе ее пробоя. В этом случае вертикальный участок кабеля должен быть выведен из эксплуатации и заменен.

У одножильных кабелей, собранных в трехфазную группу, измеряется токораспределение. Неравномерность распределения токов по фазам должна быть не более 10 %.

После отсоединения кабеля от оборудования, профилактических испытаний, монтажа или перемонтажа кабельных муфт должны быть проверены фазировка кабеля и целостность его жил. Сущность фазировки заключается в проверке соответствия фаз А, В и С кабеля фазам А, В и С, например, распределительного устройства, к шинам которого подключается кабель после отсоединения.

Определение целостности жил выполняется мегаомметром. Измерения сопротивления проводят между каждой парой фаз с одного конца кабеля. Жилы кабеля на другом конце замыкаются между собой. При целых жилах кабеля мегаомметр при всех измерениях должен показать нулевое сопротивление.

4.1.4. Определение мест повреждения

Несмотря на периодический осмотр кабельных трасс и проведение профилактических испытаний, при эксплуатации имеют место повреждения (случайные отказы) КЛ. Как правило, это пробой изоляции, реже – разрыв фаз.

Поврежденный кабель отсоединяется с обоих концов от оборудования и с помощью мегаомметра определяется характер повреждения: измеряется сопротивление изоляции между каждой фазой и заземленной металлической оболочкой и между каждой парой фаз.

Измерения проводят с одного конца кабеля. Фазные жилы другого конца кабеля разомкнуты (для определения замыканий) или замкнуты и заземлены (для определения обрывов).

Результаты измерений могут не выявить характер повреждения, поскольку переходное сопротивление в месте повреждения может быть достаточно высоким, в частности, из-за затекания места пробоя изоляции маслоканифольным составом (заплывающий пробой) в кабелях с бумажной пропитанной изоляцией. Для снижения переходного сопротивления изоляция кабеля в месте повреждения прожигается.

Для этого на кабель подается напряжение, достаточное для пробоя изоляции в месте повреждения. После некоторого времени повторения пробоев переходное сопротивление в месте повреждения уменьшается, разрядное напряжение снижается, а ток разряда увеличивается. Изоляция прожигается этим током, переходное сопротивление в месте повреждения уменьшается.

После определения характера повреждения выбирается способ и аппаратура для определения места повреждения кабеля. По точности определения места повреждения различают относительные и абсолютные методы.

Относительные методы имеют определенную погрешность и позволяют определить лишь зону повреждения. Это импульсный, петлевой и емкостной методы. Точное место повреждения позволяют найти абсолютные методы такие, как индукционный и акустический.

Импульсным методом определяется зона однофазного или многофазного замыкания, зона обрыва любого количества фазных жил.

В поврежденную линию посылается эталонный электрический импульс. По экрану измерительного прибора, проградуированному в мкс,

измеряется интервал времени t_x между моментом подачи импульса и моментом прихода импульса, отраженного от места повреждения (рис. 4.3).

Скорость распространения электромагнитных волн в силовых кабелях практически не зависит от сечения и материала жил и составляет 160 ± 3 м/мкс. Расстояние до места повреждения вычисляется как

$$l_x = 80\ t_x, \text{ м.}$$

Для случая, приведенного на рис. 4.3, зона повреждения находится на расстоянии l_x = 80 х 3,5 = 280 м от места измерения.

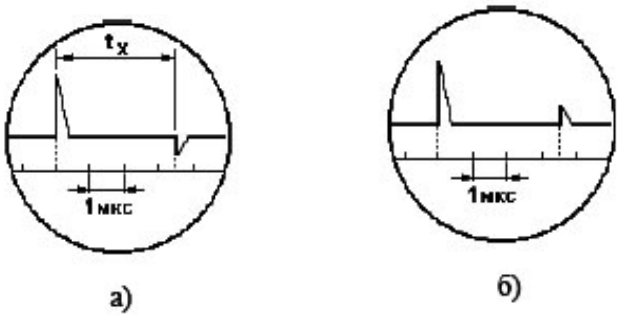


Рис. 4.3. Экран прибора при определении зоны повреждения кабеля импульсным методом: а – при замыкании; б – при обрыве

По знаку отраженного импульса судят о характере повреждения. Если посланный и отраженный импульс разного знака – повреждение типа замыкание (рис. 4.3, *а*), если одного знака – повреждение типа обрыв (рис. 4.3, *б*).

Петлевой метод применяется для определения зоны однофазных и двухфазных замыканий на землю. Этот метод основан на измерении омического сопротивления жил кабеля до места повреждения. На одном конце кабеля замыкаются нормальная и поврежденная жилы (образуется петля). Измерения проводятся с другого конца кабеля (рис. 4.4). Для измерения сопротивлений R_2 и R_4 может использоваться, например, мост постоянного тока.

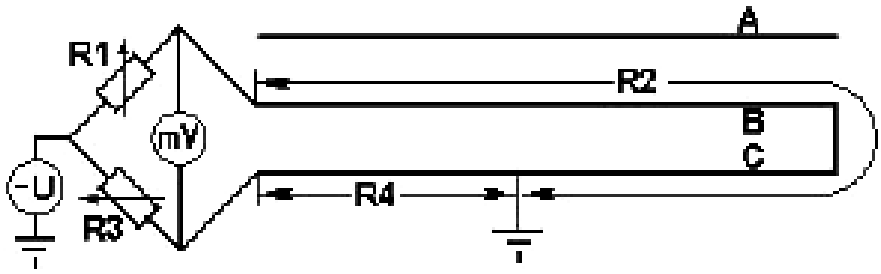


Рис. 4.4. Схема определение зоны повреждения петлевым методом

В одну диагональ моста включается источник постоянного напряжения – U, в другую – измерительный прибор, например милливольтметр mV. Регулируемыми сопротивлениями R_1 и R_3 достигается равновесие моста – нулевое показание милливольтметра. Известно, что равновесие моста будет достигаться при выполнении соотношения

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}, \tag{4.3}$$

где R_2 – сопротивление нормальной жилы и участка поврежденной жилы от конца кабеля до места повреждения; R_4 – сопротивление участка поврежденной жилы от начала кабеля до места повреждения.

Поскольку сопротивление жилы кабеля пропорционально его длине, зона повреждения после достижения равновесия моста определяется несложными вычислениями

$$l_x = \frac{2lR_3}{R_1 + R_2}, \tag{4.4}$$

где l – длина кабеля.

Емкостной метод позволяет определить зону обрыва фазных жил кабеля. Метод базируется на измерении емкости между каждой жилой и заземленной металлической оболочкой кабеля.

Пусть измеренная емкость оборванной жилы составляет C_x, а измеренная емкость целой жилы – C. Расстояние до места обрыва составляет

$$l_x = l\frac{C_x}{C} \tag{4.5}$$

При обрыве трех фазных жил емкость кабеля рассчитывается по известному выражению

$$C = \frac{b_0 l}{314} \tag{4.6}$$

где b_0 – удельная емкостная проводимость кабеля, определяемая по справочным данным.

Индукционный метод позволяет определить место многофазных замыканий в кабеле после успешного прожига изоляции в месте повреждения. Метод основан на улавливании магнитного поля, создаваемого вокруг кабеля протекающим по нему током. Улавливание поля производится с помощью специальной поисковой катушки, имеющей магнитный сердечник для концентрации поля.

По двум поврежденным жилам кабеля пропускается ток высокой частоты (800…1000 Гц) от звукового генератора G (рис. 8.5). Вокруг кабеля образуется магнитное поле высокой частоты. Поместив в это поле поисковую катушку, соединенную через усилитель с наушниками, мож-

но прослушивать звуковой сигнал. Обслуживающий персонал, продвигаясь по трассе КЛ, прослушивает этот звуковой сигнал.

Слышимость сигнала вдоль кабельной линии будет периодически изменяться от max до min. Это объясняется спиральным повивом жил кабеля. Преобладание над поверхностью земли магнитного поля одной жилы периодически меняется на преобладание противоположного магнитного поля другой жилы.

В месте короткого замыкания ток от генератора *G* меняет свое направление, интенсивность магнитного поля и, следовательно, слышимость сигнала в этом месте усиливаются. За местом повреждения звукового сигнала не будет. Использование тока высокой частоты необходимо для отстройки звукового сигнала от фона промышленной частоты 50 Гц соседних кабелей.

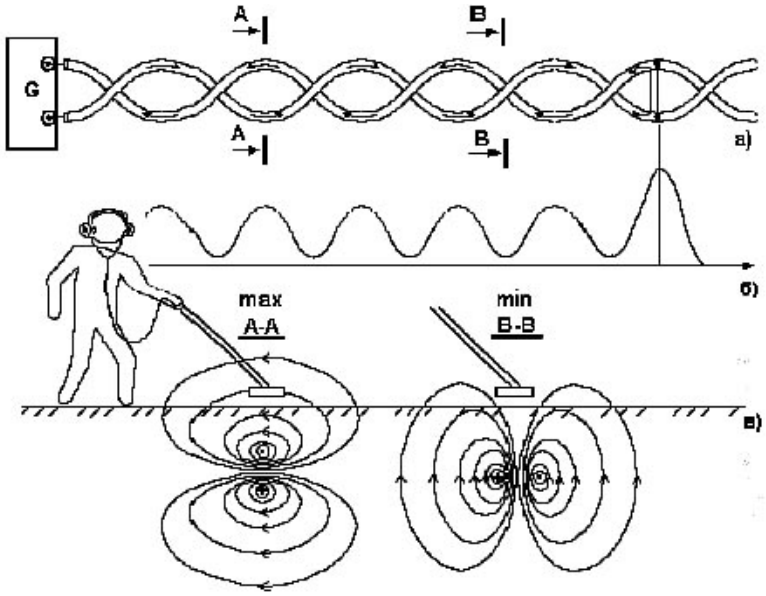


Рис. 4.5. Иллюстрация индукционного метода отыскания повреждения

Акустический метод позволяет определить место однофазных и многофазных замыканий в кабеле при заплывающем пробое.

В поврежденную жилу (в поврежденные жилы) периодически подаются импульсы постоянного напряжения, например, от накопительного конденсатора. В месте повреждения возникают разряды, вызывающие акустический шум. Уровень этого шума прослушивается с поверхности земли, например, с помощью стетоскопа или прибора с пьезодатчиком-преобразователем механических колебаний в электрические.

При практическом поиске мест повреждения КЛ используется сочетание относительных и абсолютных методов. С помощью относительного метода определяется зона повреждения, а затем в этой зоне отыскивается место повреждения абсолютным методом.

4.2. Ремонт кабельных линий

4.2.1. Общие указания по ремонту

Во время эксплуатации кабельных линий по определенным причинам кабели, а также соединительные муфты и концевые заделки выходят из строя. Основные причины повреждения кабельных линий напряжением 1…10 кВ следующие:

- предшествующие механические повреждения – 43 %;
- непосредственные механические повреждения строительными и другими организациями – 16 %.
- дефекты в соединительных муфтах и концевых заделках во время монтажа - 10 %;
- повреждение кабеля и муфт в результате осадки грунта – 8 %;
- коррозия металлических оболочек кабелей – 7 %;
- дефекты изготовления кабеля на заводе – 5 %;
- нарушения при прокладке кабеля – 3 %;
- старение изоляции из-за длительной эксплуатации или перегрузок – 1 %;
- прочие и неустановленные причины – 7 %.

Приведены средние данные за последние десять лет в Московской кабельной сети.

В соответствии с требованиями «Инструкции по эксплуатации силовых кабельных линий. Ч 1. Кабельные линии напряжением до 35 кВ» каждая кабельная линия должна подвергаться текущему или капитальному ремонту. Текущий ремонт может быть аварийным, срочным и плановым.

Аварийным ремонтом называется такой, когда после отключения кабельной линии потребители всех категорий остались без напряжения и нет возможности подать напряжение по кабелям высокого или низкого напряжения, в том числе по временным шланговым кабелям, или когда резервная линия, на которую передана нагрузка, недопустимо перегружается и нет возможности дальнейшей разгрузки или требуется ограничение потребителей.

К аварийному ремонту приступают немедленно и выполняют его непрерывно в минимально кратчайший срок и включают кабельную ли-

нию в работу. В больших городских кабельных сетях и на крупных промышленных предприятиях для этого сформированы аварийно-восстановительные службы из бригады или нескольких бригад, которые дежурят круглосуточно и по указанию диспетчерской службы немедленно выезжают на место аварии.

Срочным ремонтом называется такой, когда приемники первой или особо важные второй категории лишаются автоматического резервного питания, а для приемников всех категорий нагрузка на оставшихся кабельных линиях вызывает их перегрузку или ограничение потребителей. К срочному ремонту кабельных линий приступают ремонтные бригады по указанию руководства энергослужбы в течение рабочей смены.

Плановый ремонт – это ремонт всех кабельных линий, не указанных выше, который выполняется по плану-графику, утвержденному руководством энергослужбы. План-график ремонтов кабельных линий составляется ежемесячно на основе записей в журналах обходов и осмотров, результатов испытаний и измерений, а также по данным диспетчерских служб

Капитальный ремонт кабельных линий производится по годовому плану, разрабатываемому ежегодно в летний период для следующего года на основе данных эксплуатации.

При составлении плана капитального ремонта учитывается необходимость внедрения новых, более современных типов кабелей и кабельной арматуры. Планируется ремонт кабельных сооружений и всех работ, связанных с исправностью освещения, вентиляции, противопожарных средств, устройств по откачке воды. Учитывается также необходимость частичной замены кабелей на отдельных участках, лимитирующих пропускную способность линий или не удовлетворяющих требованиям термической стойкости в изменившихся условиях работы сети при возросших токах короткого замыкания

Ремонт находящихся в эксплуатации кабельных линий выполняется непосредственно самим эксплуатационным персоналом или персоналом специализированных электромонтажных организаций.

При ремонте эксплуатируемых кабельных линий выполняются следующие работы:

- подготовительные – отключение кабельной линии и ее заземление, ознакомление с документацией и уточнение марки и сечения кабеля, выписка наряда-допуска по технике безопасности, погрузка материалов и инструмента, доставка бригады на место работы;
- подготовка рабочего места – выполнение шурфов, раскопка котлованов и траншей определение ремонтируемого кабеля, ограждение рабочего места и мест раскопок, определение кабеля в РП (ТП) или в

кабельных сооружениях, проверка отсутствия горючих и взрывоопасных газов, получение разрешения на огневые работы;

- подготовка к монтажу – допуск бригады, прокол кабеля, разрезание кабеля или вскрытие муфты, проверка изоляции на наличие влаги отрезание участков поврежденного кабеля, установка палатки;
- прокладка ремонтной кабельной вставки;
- ремонт кабельной муфты – разделка концов кабеля, фазировка кабелей, монтаж соединительных муфт (или муфты и заделки);
- оформление окончания работ – закрытие дверей РУ, ТП, кабельных сооружений, сдача ключей, засыпка котлованов и траншей, уборка и погрузка инструмента, доставка бригады на базу, составление исполнительного эскиза и внесение изменений в документацию кабельной линии, отчет об окончании ремонта;
- измерения и испытания кабельной линии.

В целях ускорения ремонтных работ на кабельных линиях должна широко применяться механизация при выполнении земляных работ: пневматические отбойные молотки, электромолотки, бетоноломы, экскаваторы, средства для отогрева мерзлого грунта.

Для перевозки ремонтных бригад применяются специальные передвижные кабельные мастерские.

Ремонты кабельных линий бывают простые, не требующие больших трудозатрат и времени, и сложные, когда ремонт продолжается несколько дней.

К простым ремонтам относятся, например, такие, как ремонт наружных покровов (джутового покрова, поливинилхлоридного шланга), покраска и ремонт бронелент, ремонт металлических оболочек, ремонт концевых заделок без демонтажа корпуса и т. п. Перечисленные ремонты выполняются в одну смену одной бригадой (звеном).

К сложным относятся такие ремонты, когда приходится заменять большие длины кабеля в кабельных сооружениях с предварительным демонтажем вышедшего из работы кабеля или прокладывать в земле новый кабель на участке длиной несколько десятков метров (в редких случаях в сотни метров).

Выполнение ремонтов усложняется в большинстве случаев тем, что кабельная трасса проходит по сложным участкам со многими поворотами, с пересечением шоссейных дорог и инженерных коммуникаций, при большой глубине залегания кабеля, а также в зимнее время, когда необходимо отогревать землю. При выполнении сложных ремонтов прокладывается новый участок кабеля (вставка) и монтируются две соединительные муфты.

Сложные ремонты выполняются одной или несколькими бригадами, а при необходимости круглосуточно, с применением землеройных механизмов и других средств механизации.

Сложные ремонты выполняются или силами энергослужбы предприятия (городских сетей), или с привлечением специализированных организаций по монтажу и ремонту кабельных линий.

4.2.2. Ремонт защитных покровов

Ремонт наружного джутового покрова. Протянутый через трубы, блоки или другие препятствия кабель, имеющий содранную пропитанную кабельную пряжу и остальные наружные покровы до стальной брони, необходимо восстановить. Ремонт выполняется подмоткой смоляной лентой в два слоя с 50 %-м перекрытием с последующей промазкой этого участка разогретой битумной мастикой МБ 70 (МБ 90).

Ремонт поливинилхлоридного шланга и оболочек. Первый способ ремонта поливинилхлоридного шланга или оболочек – сварка, которая в струе горячего воздуха (при температуре 170…200° С) производится с применением сварочного пистолета с электрическим подогревом воздуха (рис. 4.6) или воздушным пистолетом (рис 4.7). Сжатый воздух при этом подводится от компрессора, баллона со сжатым воздухом, переносного баллона с ручным насосом.

В качестве присадки при сварке применяется поливнилхлоридный пруток диаметром 4…6 мм.

Перед сваркой места, подлежащие ремонту, необходимо очистить и обезжирить бензином, кабельным ножом вырезать посторонние включения и срезать в местах повреждения шланга выступающие края и задиры. Для ремонта проколов небольших отверстий и раковин место повреждения в шланге или оболочке и конец присадочного прутка прогревают в течение 10…15 со струей горячего воздуха, затем струю отводят, а конец прутка прижимают и приваривают к шлангу в месте разогрева.

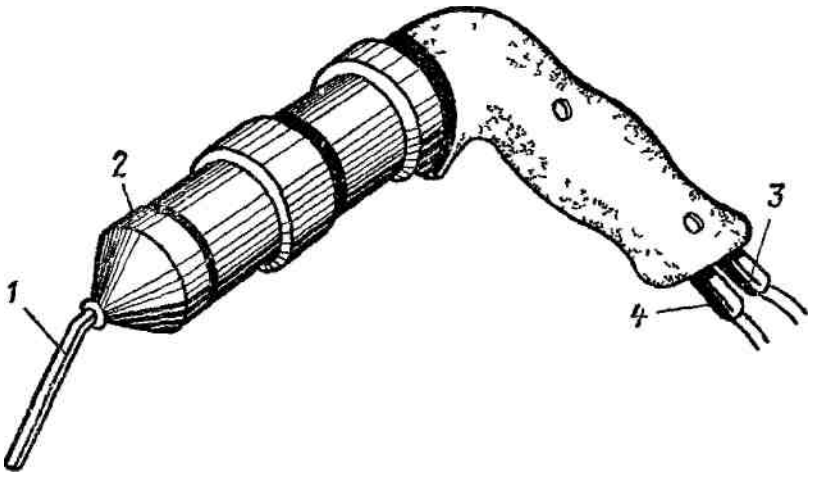


Рис 4.6. Сварочный пистолет ПС-1 с электрическим подогревом:
1 – сопло для выхода горячего воздуха; 2 – нагревательная воздушная камера;
3 – штуцер для подачи сжатого воздуха; 4 – провод электропроводки

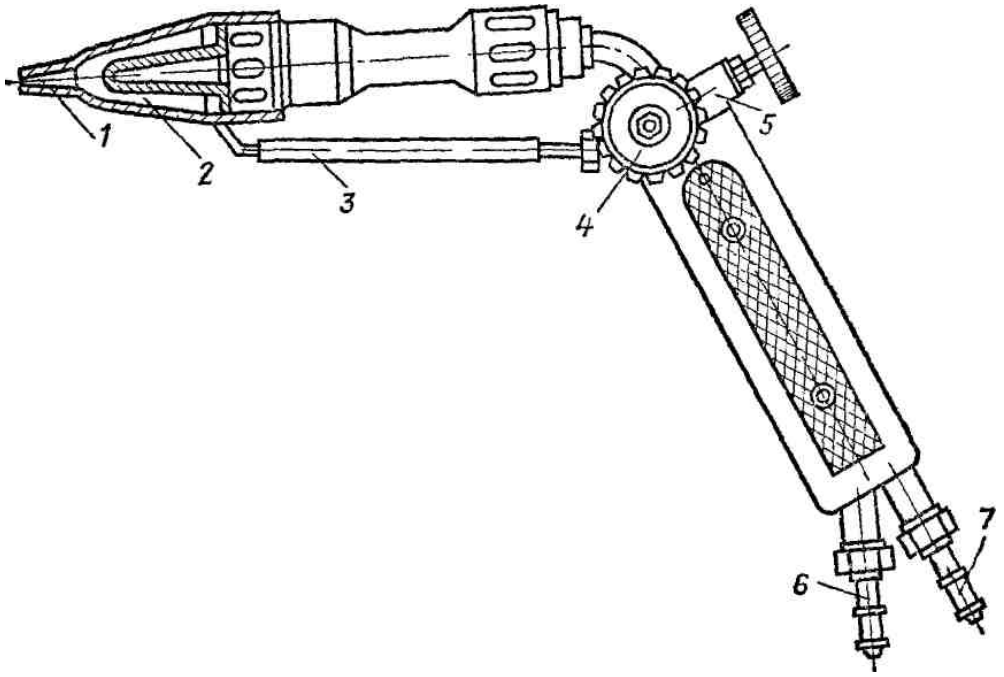


Рис. 4.7. Газовоздушный пистолет:
1 – сопло для выхода горячего воздуха; 2 – нагревательная воздушная камера; 3 – резиновая трубка;
4 – кран для воздуха; 5 – кран для пропан-бутана; 6 – штуцер для подачи сжатого воздуха;
7 – штуцер для подачи пропан-бутана

После охлаждения, убедившись в прочности приварки прутка легким подергиванием его, пруток отрезают.

Для герметизации и выравнивания сварочного шва место ремонта прогревают до появления признаков плавления, после этого к разогретому месту прижимают рукой кусок кабельной бумаги, сложенной в три-четыре слоя. Для надежности операцию повторяют 3…4 раза.

Для ремонта шланга или оболочки, имеющего щели, прорези и вырезы, конец присадочного прутка приваривают к целому месту шланга на расстоянии 1…2 мм от места повреждения.

Убедившись в прочности приварки, направляют струю воздуха так, чтобы одновременно прогревались нижняя часть присадочного прутка и обе стороны прорези или щели. Легким усилием, нажимая на пруток, последний укладывают и приваривают вдоль щели или прорези. Приварку прутка заканчивают на целом месте на расстоянии 1…2 мм от повреждения. Затем ножом срезают выступающие поверхности прутка и производят выравнивание сваренного шва.

Разрывы шланга или оболочки ремонтируют с применением поливинилхлоридных заплат или разрезанных манжет. Заплата изготовляется из пластиката так, чтобы края ее на 1,5…2 мм перекрывали место разрыва. Заплату по всему периметру приваривают к шлангу, а затем вдоль образовавшегося шва приваривают присадочный пруток, а выступающие поверхности прутка срезают и производят выравнивание шва в месте сварки.

Для ремонта шланга или оболочки с применением разрезной манжеты отрезают кусок поливинилхлоридной трубки на 35…40 мм больше длины поврежденного места, разрезают трубку вдоль и надевают ее на кабель симметрично месту повреждения. Манжету временно закрепляют поливинилхлоридной или миткалевой лентой с шагом 20…25 мм, приваривают конец прутка в месте стыка манжеты со шлангом (оболочкой), а затем укладывают и приваривают пруток вокруг торца манжеты. После приварки обоих торцов манжеты к шлангу (оболочке) снимают ленты временного крепления, приваривают пруток вдоль разреза манжеты, срезают выступающие поверхности прутка и производят окончательное выравнивание всех сварных швов.

По второму способу ремонт поливинилхлоридных шлангов и оболочек кабелей можно выполняться с применением эпоксидного компаунда и стеклоленты. Поверхность шланга или оболочки предварительно обрабатывается, как указано выше, и дополнительно на ней создается шероховатость с помощью драчевого напильника. Место повреждения и за его краями на расстоянии 50…60 мм в обе стороны смазывается эпоксидным компаундом К-П5 или К-П6 с введенным в него отвердителем. По слою эпоксидного компаунда накладываются четыре-пять слоев стеклоленты, каждый из которых также промазывается слоем компаунда.

Временный ремонт шлангов и оболочек в целях предотвращения проникновения влаги под оболочку кабеля, а также для предотвращения вытекания битумного состава из-под шланга разрешается выполнять с помощью липкой поливинилхлоридной ленты с 50 %-м перекрытием в три слоя с промазкой верхнего слоя поливинилхлоридным лаком № 1.

По второму способу временный ремонт выполняется лентой ЛЭТСАР в три слоя с 50 %-м перекрытием.

Покраска бронелент. При обнаружении во время обходов в кабельных сооружениях на открыто проложенных кабелях разрушений бронепокровов кабеля коррозией выполняется их покраска. Рекомендуется применять термостойкие пентафталевые лаки ПФ-170 или ПФ-171 (ГОСТ 15907-70) или термостойкую маслобитумную краску БТ-577 (ГОСТ 5631-79). Лучшим способом покраски является применение краскораспылителя, а при его отсутствии – кисти.

Ремонт бронелент. На открыто проложенных кабелях обнаруженные участки разрушенных бронелент обрезаются и удаляются. В местах отрезанных лент выполняются временные бандажи. Рядом с временными бандажами обе ленты тщательно зачищаются до металлического блеска и облуживаются припоем ПОССу 30-2, после чего провод заземления крепится бандажами из оцинкованной проволоки диаметром 1…1,4 мм и припаивается этим же припоем. Сечение проводника заземления выбирается в зависимости от сечения жил кабеля, но не менее 6 мм^2.

При облуживании и пайке бронелент применяется паяльный жир. Продолжительность каждой пайки должна быть не более 3 мин. Временные бандажи удаляются. На оголенный участок оболочки наносится антикоррозионное покрытие.

В тех случаях, когда возможны механические воздействия на ремонтируемом участке кабеля, на него дополнительно наматывается по повиву один слой бронеленты, предварительно демонтируемый с отрезка кабеля с неповрежденной броней. Лента наматывается с 50 %-м перекрытием и закрепляется бандажами из оцинкованной проволоки. Проводник заземления в этом случае по всей длине перемычки должен быть распушен в целях создания плотного облегания брони вокруг участка ремонтируемого кабеля.

4.2.3. Ремонт металлических оболочек

При повреждении оболочки кабеля (трещины, проколы), когда имеется течь маслоканифольного состава на этом участке, по обе стороны от места повреждения на расстоянии по 150 мм от места повреждения удаляется оболочка с кабеля. Снимается верхний слой поясной изоляции и проверяется на влажность в разогретом парафине.

В том случае, если влага отсутствует и изоляция не разрушена, ремонтируется свинцовая или алюминиевая оболочка. Из листового свинца толщиной 2…2,5 мм вырезается полоса шириной на 70…80 мм больше оголенного участка кабеля и длиной на 30…40 мм больше длины окружности кабеля по оболочке. В полосе делаются два заливочных

отверстия с таким расчетом, чтобы они располагались над оголенной частью кабеля. Полоса тщательно очищается от пыли и грязи ветошью, смоченной в бензине. Удаленные полупроводящий слой бумаги и верхняя лента поясной изоляции восстанавливаются и закрепляются бандажами из хлопчатобумажных ниток. Прошпаривается участок кабельной массой МП-1. Полосой свинца обертывают оголенное место кабеля так, чтобы она заходила равномерно на края оболочки кабеля, а края образовавшейся свинцовой трубы перекрывали друг друга не менее чем на 15…20 мм. Вначале производят пропайку припоем ПОССу 30-2 продольного шва, а затем торцы трубы подгибают к оболочке кабеля и припаивают к ней.

Для кабелей с алюминиевой оболочкой в месте припайки свинцовой трубы оболочка кабеля облуживается припоем марки А. Заливается муфта горячей кабельной массой МП-1. После остывания и доливки запаиваются заливочные отверстия. На запаянное на торцах место накладывается бандаж из медной проволоки виток к витку диаметром 1мм с выходом 10мм на оболочку кабеля и припаивается к оболочке. Отремонтированное место покрывается смоляной лентой в два слоя с 50 %-м перекрытием.

В том случае, если влага проникла под оболочку или повреждена поясная изоляция, а также изоляция жил, участок кабеля вырезается на всей длине, где имеется влага или повреждения изоляции. Вместо него вставляется необходимой длины отрезок кабеля и выполняется монтаж двух соединительных муфт. Сечение и напряжение кабеля должны соответствовать вырезанному участку.

Марку кабеля для вставки можно применять другую, но по своей конструкции аналогичной вырезанному участку.

4.2.4. Восстановление бумажной изоляции

В тех случаях, когда токопроводящие жилы не повреждены, а изоляция жил и поясная изоляция повреждены, но в ней отсутствует влага, выполняется восстановление изоляции с последующим монтажом разрезной свинцовой соединительной муфты.

Производится раскопка кабеля до такой длины, чтобы можно было создать достаточную слабину кабеля для разведения жил между собой. После разведения жил и удаления старой изоляции восстанавливается изоляция жил с помощью наложения бумажных роликов или лентой ЛЭТСАР с предварительной обработкой прошпарочной массой МП-1. Устанавливается разрезная свинцовая муфта и пропаивается сначала продольный шов, а затем муфта припаивается к оболочке кабеля.

Указанный ремонт можно выполнять на горизонтальных участках кабельных трасс, где отсутствует повышенное давление масла, так как муфта с продольной пайкой имеет меньшую механическую прочность.

4.2.5. Ремонт токопроводящих жил

При разрыве жил кабеля на незначительной длине и возможности подтянуть кабель за счет «змейки», выполненной при прокладке, производится обычный ремонт соединительной свинцовой или эпоксидной соединительной муфты. В том случае, если запаса кабеля недостаточно, могут применяться удлиненные соединительные гильзы и муфты. Ремонт в этом случае производится с одной соединительной свинцовой муфтой. Во всех остальных случаях при ремонте токопроводящих жил кабеля применяется вставка кабеля и выполняется монтаж двух соединительных свинцовых или эпоксидных муфт.

4.2.6. Ремонт соединительных муфт

Необходимость ремонта соединительной муфты или монтаж вставки кабеля и двух соединительных муфт устанавливается после осмотра муфты и ее разборки.

В том случае, если пробой произошел с места пайки жилы или с гильзы на корпус свинцовой муфты и разрушение от пробоя имеет небольшие размеры и изоляция не увлажнена, производится последовательная разборка муфты и разборка поврежденной части изоляции. Затем восстанавливается изоляция бумажными роликами или лентой ЛЭТСАР и прошпаривается массой МП-1. Устанавливается разрезной корпус муфты, и выполняются все дальнейшие операции по монтажу муфты.

В случае если пробой произошел в шейке муфты с жилы на край оболочки и изоляция не увлажнена, производится разборка муфты. Затем отрезается участок брони и оболочки на длину, необходимую для удобного разведения жил. Восстанавливается изоляция у поврежденной жилы, и выполняется прошпарка. Устанавливается удлиненный разрезной корпус свинцовой муфты, и выполняются все операции по монтажу муфты.

Если невозможно выполнить удлиненную муфту из-за больших разрушений, то применяется вставка кабеля с монтажом двух муфт по технологии, предусмотренной технической документацией.

В большинстве случаев повреждения в соединительных муфтах происходят при профилактических испытаниях повышенным напряжением. И если к ремонту не приступили сразу же после определения места повреждения, в муфту начинает поступать влага. В этом случае ре-

монт поврежденной соединительной муфты осуществляется вырезанием дефектной муфты и участков кабеля. Как правило, чем больше лежит в земле поврежденная и не отремонтированная муфта, тем длиннее приходится делать вставку кабеля для восстановления при ремонте кабельной линии.

4.2.7. Ремонт концевых муфт наружной установки

Концевые муфты наружной установки в большинстве случаев выходят из работы в дождливые периоды времени года или при большой относительной влажности воздуха и, как правило, имеют большие дефекты и разрушения внутри муфты. Поэтому поврежденная муфта обрезается, проверяется изоляция кабеля на влажность, и, если бумажная изоляция не увлажнена, выполняется монтаж муфты в соответствии с требованиями технической документации. Если длина кабеля в конце линии имеет достаточный запас, то ремонт ограничивается монтажом только концевой муфты. Если же запаса кабеля недостаточно, то на конце кабельной линии выполняется вставка кабеля необходимой длины. В этом случае необходимо монтировать соединительную и концевую муфты.

Демонтированные муфты могут использоваться для повторного монтажа. Но для этого необходимо очистить корпус и все детали муфты от сажи, промыть их бензином и просушить.

В концевых муфтах наружной установки с металлическим корпусом 1 раз в год в течение всего времени эксплуатации проверяют уплотнения и подтягивают гайки. Одновременно осматривают контактные соединения и в случае необходимости очищают контактные поверхности и подтягивают болты.

Систематически (по мере надобности согласно результатам осмотра) окрашивают места пайки, швы армировки и уплотнений эмалью ХВ-124.

Поверхность концевых эпоксидных муфт наружной установки необходимо в процессе эксплуатации (1 раз в 3…5 лет в зависимости or местных условий) красить эмалями воздушной сушки ЭП-51 или ГФ-92ХС. Окраску выполняют в сухую погоду, предварительно очистив поверхность муфты и изоляторов

Изоляторы концевых муфт наружной и внутренней установок, а также изоляционные поверхности концевых заделок необходимо периодически очищать от пыли и грязи тканью, не оставляющей ворса, и смоченной в бензине или ацетоне. Более частой очистке должна подвергаться концевая кабельная арматура в цехах промышленных предприятий и зонах с проводящей пылью. Периодичность протирки и очистки концевой кабельной арматуры на данной электроустановке устанавливает главный инженер местного энергопредприятия.

4.2.8. Ремонт концевых заделок

При разрушении корпуса заделки и выгорании жил в корешке ремонт заделок выполняется так же, как и ремонт концевых муфт, за исключением того, что корпус заделки и детали нельзя использовать повторно.

Ремонт концевых заделок в стальных воронках при разрушении изоляции жил выполняется в следующей последовательности:

- разрушенную изоляцию жил или пришедшую в негодность (загрязнение, увлажнение) удаляют с жил;
- сматывают один слой бумажной изоляции;
- производят подмотку в пять слоев с 50 %-м перекрытием липкой поливинилхлоридной лентой или тремя слоями прорезиненной ленты с последующим покрытием изоляционными лентами или красками. Вместо указанных лент ремонт может быть выполнен с применением ленты ЛЭТСАР (два слоя) и ленты ПВХ (один слой).

При растрескивании, отслаивании, частичном уходе и значительном загрязнении заливочного состава, особенно когда эти дефекты сопровождаются заметным смещением жил между собой или к корпусу воронки (что может в свою очередь вызываться неправильным положением или отсутствием распорной пластины), следует сделать полную перезаливку стальной воронки.

Старый заливочный состав удаляется (выплавляется), воронка опускается вниз и очищается от копоти и грязи. Производится подмотка нового уплотнения (под воронку), и воронка ставится на место.

Горловина воронки подматывается смоляной лентой, и воронка вместе с кабелем крепится к опорной конструкции хомутом. Проверяется правильность положения фарфоровых втулок. Производится заливка воронки заливочным составом (МБ-70, МБ-90).

Ремонт концевых заделок из поливинилхлоридных лент производится при наличии пропиточного состава в корешке или на жилах, при растрескивании и обрывах лент. Технология ремонта заключается в демонтаже старых лент и подмотке на жилах новых лент ПВХ или ЛЭТСАР.

Ремонт эпоксидных концевых заделок при разрушении подмоток на жилах выполняется с демонтажем старых лент, восстановлением новых лент ЛЭТСАР и дополнительной подливкой эпоксидного компаунда с таким расчетом, чтобы ленты заходили в заливаемый компаунд не менее чем на 15 мм.

При течи пропитывающего состава по кабелю в корешке заделки обезжириваются нижняя часть заделки на участке 40…50 мм и на таком же расстояний участок брони или оболочки (для небронированных ка-

белей). На обезжиренный участок корпуса заделки и примыкающий к нему участок кабеля шириной 15…20 мм накладывается двухслойная подмотка из смазанной эпоксидным компаундом хлопчатобумажной ленты. Устанавливается ремонтная форма (рис. 4.8), заливка которой производится эпоксидным компаундом.

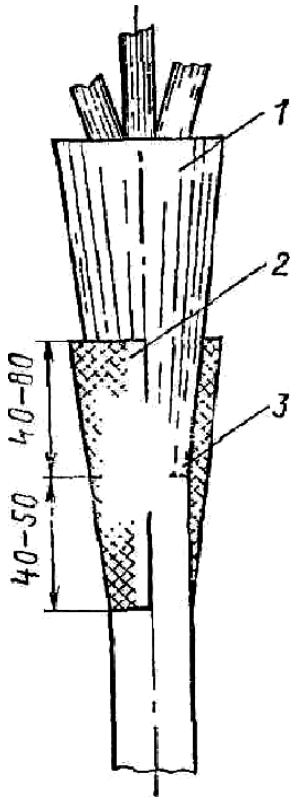


Рис. 4.8. Установка ремонтной формы для устранения течи пропитывающего состава в месте ввода кабеля в корпус заделки:
1 – корпус заделки; 2 – ремонтная форма; 3 – место течи

При нарушении герметичности в месте выхода жил из корпуса заделки обезжириваются верхняя плоская часть корпуса заделки и участки трубок или подмотки жил длиной 30 мм, примыкающие к корпусу. Устанавливается съемная ремонтная форма (рис. 4.9), размеры которой выбираются в зависимости от типоразмера заделки. Заливка формы компаундом производится так же, как и в предыдущем случае.

При нарушении герметичности на жилах обезжиривается дефектный участок трубки или подмотки жилы накладывается ремонтная двухслойная подмотка из хлопчатобумажных лент и обильной смазкой эпоксидным компаундом каждого витка обмотки или лента ЛЭТСАР в три слоя.

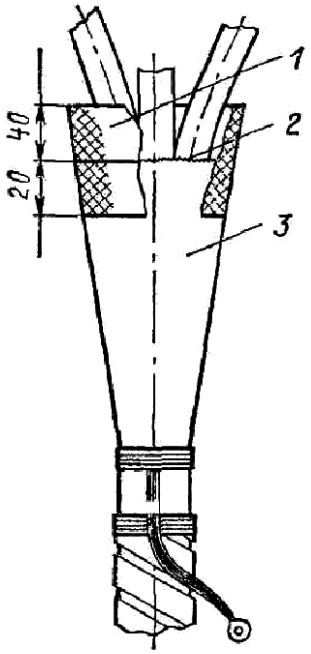


Рис. 4.9. Установка ремонтной формы для устранения течи в месте выхода жил из корпуса заделки:
1 – ремонтная форма; 2 – место течи, 3 – корпус заделки

При нарушении герметичности в месте примыкания трубки или подмотки к цилиндрической части наконечника обезжириваются поверхность бандажа и участок трубки или подмотки жилы длиной 30 мм. На обезжиренные участки накладывается двухслойная подмотка из хлопчатобумажных лент с обильной обмазкой компаундом каждого витка подмотки. Поверх подмотки накладывается плотный бандаж из крученого шпагата и также обмазывается эпоксидным компаундом.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……... 3

1. МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 4

1.1. Подготовительные работы…… 4

1.2. Воздушные линии с голыми проводами…….. 5

1.2.1. Сборка и установка опор…… 5

1.2.2. Монтаж проводов и молниезащитных тросов……. 7

1.2.3. Монтаж трубчатых разрядников и заземляющих устройств……... 12

1.3. Воздушные линии с проводами СИП……... 14

1.3.1. Арматура СИП…… 18

1.3.2. Установка опор…….. 29

1.3.3. Монтаж крепежных устройств……. 30

1.3.4. Размотка СИП……. 31

1.3.5. Обустройство ответвлений от магистрали……... 38

2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ…… 54

2.1. Осмотр воздушных линий…… 54

2.2. Профилактические измерения и испытания…….. 57

2.3. Определение места повреждения…… 61

2.4. Борьба с гололедом…… 65

2.5. Ремонт воздушных линий……. 69

3. МОНТАЖ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 35 КВ 71

3.1. Подготовительные работы……... 71

3.2. Прокладка кабелей в траншее……. 72

3.2.1. Подготовка траншеи к прокладке кабеля……... 72

3.2.2. Расположение кабелей в траншее…… 75

3.2.3. Пересечения и сближения…… 76

3.3. Прокладка кабелей в трубах…….. 88

3.4. Прокладка кабелей в каналах…… 90

3.5. Прокладка кабелей в блоках…… 92

3.6. Прокладка кабелей в туннелях и коллекторах……. 99

3.7. Прокладка кабелей на лотках……. 106

3.8. Прокладка кабелей на эстакадах и в галереях…….. 108

3.9. Прокладка кабелей на тросах…….. 112

3.10. Бестраншейная прокладка кабеля в земле…….. 116

3.11. Заземление кабелей и кабельных конструкций…… 117

3.12. Маркировка кабельных линий……. 121

4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ…… 122

4.1. Эксплуатация кабельных линий…….. 122

4.1.1. Осмотр……. 122

4.1.2. Допустимые нагрузки при эксплуатации…… 123

4.1.3. Профилактические измерения и испытания…… 125

4.1.4. Определение мест повреждения…… 127

4.2. Ремонт кабельных линий……. 131
4.2.1. Общие указания по ремонту…….. 131
4.2.2. Ремонт защитных покровов……... 134
4.2.3. Ремонт металлических оболочек…….. 137
4.2.4. Восстановление бумажной изоляции……... 148
4.2.5. Ремонт токопроводящих жил…… 139
4.2.6. Ремонт соединительных муфт…….. 139
4.2.7. Ремонт концевых муфт наружной установки…….. 140
4.2.8. Ремонт концевых заделок…….. 141

Учебное издание

ТАРАСОВ Евгений Владимирович

МОНТАЖ, НАЛАДКА, ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Часть I

ВОЗДУШНЫЕ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Учебное пособие

Издано в авторской редакции

Научный редактор
доктор физико-математических наук,
профессор А.В. Кабышев
Дизайн обложки *А.И. Сидоренко*

Подписано к печати 15.12.2010. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 8,49. Уч.-изд. л. 7,68.
Заказ 2220-10. Тираж 100 экз.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru