

*Библиотека*  
**ЭЛЕКТРОМОНТЕРА**

*Зеркал*  
И. Я. АВИНОВИЦКИЙ

**СОЕДИНЕНИЯ  
КАБЕЛЕЙ**

Г О С Э Н Е Р Г О И З Д А Т

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

*Выпуск 40*

И. Я. АВИНОВИЦКИЙ

# СОЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЕЙ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА 1961 ЛЕНИНГРАД

ЭЭ-3-3

*Брошюра освещает комплекс вопросов, связанных с выполнением соединений силовых кабелей с бумажной изоляцией напряжением до 10 кв, а также силовых и контрольных кабелей с резиновой изоляцией в полихлорвиниловой оболочке.*

*Наряду с общими сведениями, классификацией и техническими требованиями, предъявляемыми к соединениям, приводится описание конструкции, характеристика применяемых материалов и технология выполнения соединений кабелей в чугунных и свинцовых соединительных муфтах, в латунных стопорных и стопорно-переходных муфтах, а также в универсальных соединительно-стопорных муфтах нового типа — из эпоксидных компаундов. При описании конструкций муфт и технологии их монтажа поясняется назначение отдельных деталей, материалов и выполняемых операций.*

---

---

## ВВЕДЕНИЕ

Известно, что силовые кабели находят широкое применение в общей схеме распределения и передачи электроэнергии. Наиболее распространенными являются кабели на напряжения до 10 кв. Внутри промышленных предприятий и в городах эти кабели прокладываются в различных условиях: в земле (в траншее), в блочной канализации, а также открыто на конструкциях (по стенам, в каналах или туннелях). При этом кабели прокладываются на горизонтальных, наклонных, вертикальных или на смешанных трассах. Длина кабельных линий, определяемая удаленностью потребителей, также бывает различной. Строительная же длина кабеля (длина кабеля на барабане) в зависимости от его конструкции, рабочего напряжения и сечения ограничивается и во многих случаях является недостаточной. В связи с этим на длинных трассах кабельные линии осуществляются из нескольких отдельных, соединяемых между собой кабелей. Соединения кабелей в этих случаях выполняют в специальных чугунных или свинцовых соединительных муфтах.

Помимо указанного простого соединения кабелей, в некоторых случаях выполняются специальные соединения кабелей в стопорных или стопорно-переходных муфтах. Необходимость устройства на кабельной линии стопорных муфт диктуется следующими обстоятельствами. Силовые кабели с нормально пропитанной бумажной изоляцией рассчитаны для прокладки на участках с определенной разностью уровней между высшей и низшей точками расположения кабеля по трассе.

Ограничение допустимой разности уровней прокладки кабелей связано с механической прочностью отдельных элементов кабельной линии (соединительных и кон-

цевых муфт), самого кабеля и главным образом его оболочки.

При большой разности уровней пропиточный состав кабеля с бумажной нормально пропитанной изоляцией, перемещаясь в нижнюю зону кабеля, оказывает значительное давление на свинцовую или алюминиевую оболочку кабеля, на соединительные и концевую муфты. Кроме того, при этом обедняется бумажная изоляция кабеля в верхней части трассы, что приводит к снижению электрической прочности. Перемещение пропиточного состава и внутреннее давление, образуемое им в кабеле, зависят в известной степени и от температуры. Это обстоятельство объясняется тем, что при нагреве имеющем место при электрической нагрузке кабеля или сравнительно высокой температуре окружающей среды, вязкость пропиточного состава уменьшается, вследствие чего он легко перемещается по кабелю и, кроме того, увеличивается в объеме (тепловое расширение).

В свете изложенного кабеля с нормально пропитанной бумажной изоляцией на напряжение до 10 кв допускается прокладывать при разности уровней не более:

20 м — для кабелей на напряжения 1—3 кв небронированных.

25 м — для кабелей на напряжения 1—3 кв бронированных.

15 м — для кабелей на напряжения 6—10 кв бронированных.

В случаях большей разности уровней на кабельной линии монтируются стопорные муфты, назначение которых состоит в том, чтобы разделить отрезки кабелей указанных выше длин и предотвратить стекание пропиточного состава из одного участка кабельной линии в другой, находящийся в более низкой зоне трассы.

На вертикальных трассах при очень больших разностях уровней, например 100—300 м, применяются специальные кабели — с обедненно-пропитанной бумажной изоляцией. Однако такие кабели, прокладываемые на крутонаклонных или вертикальных трассах, как правило, приходится соединять с проложенными на горизонтальных участках трассы кабелями с нормально пропитанной изоляцией. В этих случаях соединение кабелей выполняют в так называемых стопорно-переходных муфтах (латунных).

Таким образом, соединения силовых кабелей можно классифицировать следующим образом: соединения в чугунных или свинцовых соединительных муфтах, соединения в стопорных и в стопорно-переходных муфтах.

К перечисленным следует добавить новый вид соединения — в стопорно-соединительных муфтах, выполняемых из эпоксидного компаунда. Муфты из эпоксидного компаунда, разработанные совместно Научно-исследовательским институтом кабельной промышленности и Московским проектно-экспериментальным отделением ГПИ Тяжпромэлектропроект, отличаются простотой монтажа, высокой герметичностью и электрической прочностью.

Чугунные муфты (соединительные или ответвительные) применяются только для кабелей на напряжения до 1 кв; свинцовые соединительные муфты так же, как и муфты из эпоксидного компаунда применяются для кабелей на напряжения до 10 кв, а латунные стопорные и стопорно-переходные муфты — для кабелей на напряжения 6 и 10 кв.

Выполнение рассмотренных видов соединений кабелей является весьма ответственной операцией, требующей от исполнителей (монтеров-кабельщиков) высокой квалификации и добросовестности. Надежность работы кабельных линий, а следовательно, и электроустановок в целом главным образом зависит от качества выполнения соединений. Статистикой установлено, что значительный процент аварий (порядка 40%) в кабельных линиях происходит именно в муфтах.

В связи с этим монтажному и эксплуатационному персоналу необходимо хорошо освоить технологию выполнения различного вида соединений кабелей, предъявляемые к ним технические требования, а также отдельные теоретические положения, относящиеся к рассматриваемому вопросу.

Соединения кабелей, выполняемые в различного рода муфтах, должны отвечать следующим основным требованиям: электрическая прочность мест соединений должна быть не меньше прочности кабеля в целом месте; соединения должны иметь достаточную механическую прочность на растяжение, чтобы выдерживать возможные по условиям прокладки растягивающие усилия;

соединения должны быть герметичными, чтобы исключить возможность доступа в кабель влаги и вытекание из него пропиточного состава.

Перечисленные требования дополняются факторами стоимости и трудоемкости, а также простотой выполнения соединений. Очевидно также, что места соединений (различных типов муфт) должны обладать стойкостью к воздействию окружающей среды.

Для понимания технических требований, назначения различных видов соединений и методов их выполнения необходимо ознакомиться с конструкцией и режимом работы кабелей.

## 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНСТРУКЦИИ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ

Наиболее распространенными до последнего времени являются силовые кабели с изоляцией из пропитанной бумаги. Эти кабели изготавливаются на напряжения от 1 до 35 кВ переменного тока.

Силовые кабели, как известно, различаются по числу и сечению токопроводящих жил, конструкции и номинальному напряжению.

По конструкции кабели с бумажной изоляцией делятся на два основных типа:

а) кабели с поясной изоляцией, т. е. такие, в которых поверх двух, трех или четырех скрученных изолированных жил наложен общий «поясной» слой изоляции;

б) кабели с отдельно свинцованными изолированными жилами, в которых каждая жила заключена в отдельную оболочку (свинцовую или алюминиевую).

Из этих двух типов наибольшее распространение получили трехжильные кабели с поясной изоляцией, применяемые для передачи электроэнергии переменным трехфазным током на напряжения 1 кВ и главным образом 6 и 10 кВ.

Эти кабели изготавливаются с нормально пропитанной бумажной изоляцией на напряжения до 10 кВ и с обедненно-пропитанной изоляцией на напряжения 1—6 кВ.

Кабели второго типа (с отдельно свинцованными жилами) изготавливаются с нормально пропитанной бумажной изоляцией на напряжения 20 и 35 кВ и с

обедненно-пропитанной изоляцией на напряжения 6 и 10 кв.

Кабели с обедненно-пропитанной изоляцией применяются для прокладки на крутонаклонных и вертикальных трассах. В последнее время для указанных целей освоен выпуск специальных кабелей с нестекающей пропиткой, для которых допустимая разность уровней вообще не ограничивается.

Рассмотрим конструкцию наиболее распространенного трехжильного кабеля с поясной изоляцией, представленную на рис. 1.

Основной частью конструкции кабеля является изоляция его жил (фазовая) 2 и поясная изоляция 4.

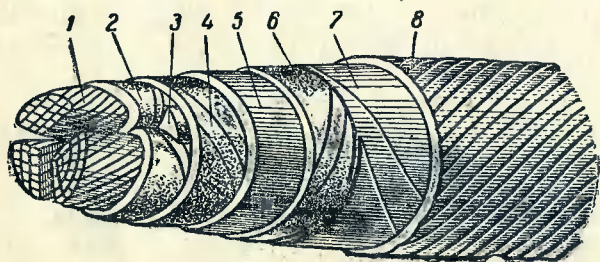


Рис. 1. Трехжильный кабель с поясной изоляцией.

- 1—токопроводящие жилы; 2—изоляция жил; 3—заполнитель;  
4—поясная изоляция; 5—свинцовая или алюминиевая оболочка;  
6—„подушка“; 7—броня; 8—наружный покров.

Бумага, служащая изоляцией кабеля, обладает высокой механической прочностью и стойкостью к воздействию температуры. Бумажная изоляция выполняется многослойной в виде лент, намотанных по спирали слоями, число которых определяется номинальным напряжением кабеля. Для увеличения электрической прочности бумажная изоляция кабеля пропитывается жидкостным (масло-канифольным) компаундом. Последний, кроме того, повышает теплопроводность многослойной бумажной изоляции.

Поясная изоляция увеличивает электрическую прочность кабеля по отношению к заземляемой оболочке, а также повышает его механическую прочность.

Пространство между изолированными жилами и поясной изоляцией, как видно из рис. 1, заполняется бу-

мажным корделем 3 для придания кабелю круглой формы.

Наложённая поверх поясной изоляции металлическая (свинцовая или алюминиевая) оболочка 5 служит для защиты кабеля от проникновения влаги и вытекания пропиточного состава.

«Подушка» 6, состоящая из последовательно наложенных поверх свинцовой оболочки концентрических слоев битумного состава и пропитанных лент сульфатной бумаги или кабельной пряжи, служит для защиты оболочки от коррозии, а также для последующей намотки на нее стальной брони.

В случае алюминиевой оболочки «подушка» состоит из последовательно наложенных концентрических слоев битумного состава, сульфатной бумаги и двух лент полихлорвинилового пластиката.

Броня 7, выполняемая из двух стальных, намотанных по спирали в два слоя лент, либо из круглых или плоских стальных оцинкованных проволок, служит для защиты кабеля от механических повреждений.

Броня из стальных лент (ленточная) применяется в основном для таких условий прокладки, при которых кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям; броня из плоских стальных проволок применяется главным образом для кабелей, прокладываемых на вертикальных и крутонаклонных трассах, а также в местах, где могут возникнуть значительные растягивающие усилия. Для кабелей, прокладываемых под водой, применяется броня из круглых стальных проволок.

Наружный покров 8 защищает стальную броню от коррозии.

На рис. 1 показаны токопроводящие жилы 1 (медные или алюминиевые) секторной формы. С такими жилами изготавливаются трех- и четырехжильные кабели сечением от 25 до 240 мм<sup>2</sup>. Эти же кабели сечением от 2,5 до 16 мм<sup>2</sup>, а также одножильные и все кабели с отдельно освинцованными жилами сечением от 25 до 185 мм<sup>2</sup> изготавливаются с круглыми жилами.

Секторная форма жил имеет ряд преимуществ в сравнении с круглой, поскольку внутреннее пространство у такого кабеля почти полностью заполнено изолированными жилами, вследствие чего уменьшается объем и диаметр кабеля и соответственно сечение канала для

искусственного заполнителя (бумажного корделя), что затрудняет в какой-то мере перемещение в нем пропиточного компаунда кабеля и облегчает достижение герметичности места соединения при монтаже различного рода муфт при значительной разности уровней.

Секторным жилам присущи также и недостатки — повышенная напряженность электрического поля на углах секторов и несколько меньшая (в сравнении с круглыми жилами) гибкость.

Конструкция силовых кабелей с резиновой изоляцией на напряжения до 1 кв проста и не требует специальных пояснений. Оболочки этих кабелей изготавливаются из свинца, полихлорвинила или из негорючей маслостойкой резины. Кабели в свинцовой и полихлорвиниловой оболочках изготавливаются как бронированными, так и небронированными на напряжения до 1 кв.

## 2. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МОНТАЖА СОЕДИНЕНИЙ КАБЕЛЕЙ

При монтаже соединительных и ответвительных муфт последовательно соединяют токопроводящие жилы кабелей, восстанавливают изоляцию их в месте соединения, которое затем герметизируют, а в случае необходимости снабжают соответствующей защитой от механических повреждений.

В стопорных и переходно-стопорных муфтах, помимо выполнения указанных операций, требуется создание надежного разделения соединяемых отрезков кабелей с помощью специальных устройств для предотвращения перетекания пропиточного состава через муфту.

Более подробные сведения о конструкциях различных муфт и методах их монтажа приведены в соответствующих разделах, здесь же рассматриваются вопросы, являющиеся общими при выполнении всех видов соединений кабелей.

Учитывая ответственность выполнения монтажа кабельных муфт и что попадание влаги и грязи снижает их электрическую прочность и приводит к пробоям в муфтах, особо важное значение имеет подготовка рабочего места и надежная защита его от попадания влаги и пыли. С этой целью при монтаже муфт на открытом воздухе либо в помещениях, где возможно попада-

ние капель, брызг и т. п., над местом работы должна устанавливаться брезентовая палатка. Для подготовки материалов, требуемых при монтаже муфт, рядом должна устанавливаться вторая палатка. Необходимо указать также на обязательное соблюдение с этой же целью чистоты рук монтера-кабельщика и применяемого при монтаже инструмента.

Процесс монтажа муфт до полного его окончания должен производиться без перерывов.

Перед началом монтажа обязательно производится испытание на влажность бумажной изоляции кабеля, которая могла быть увлажнена из-за некачественной отделки его конца и иногда из-за дефектов в металлической оболочке кабеля (концы кабелей должны быть герметически закрыты свинцовым колпачком, припаянным к свинцовой или алюминиевой оболочке). Наличие влаги в изоляции обнаруживается при погружении лент в нагретый до 150° С парафин или кабельную пропарочную массу (типа МП-1). Увлажненная изоляция при этом выделяет пену и слегка потрескивает. Для испытания берутся ленты бумажной изоляции с конца кабеля, прилегающие к его оболочке и жилам. При обнаружении влаги испытание повторяют, отрезая участки кабеля с увлажненной изоляцией до полного исчезновения в ней влаги. Во избежание ошибки при определении влажности, могущей возникнуть из-за попадания влаги с пальцев рук, часть ленты, которую опускают в расплавленный парафин или кабельную массу, не следует брать руками.

Монтажу всякой кабельной муфты предшествует разделка концов соединяемых кабелей. При разделке с конца кабеля последовательно удаляют наружные покровы, броню, «подушку», металлическую оболочку, поясную изоляцию и участки фазовой изоляции жил для последующего их соединения. Как видно из схемы разделки кабеля с поясной изоляцией (рис. 2), покровы кабеля и его изоляция удаляются отдельными участками, называемыми ступенями. Длина отдельных ступеней, как и полная длина разделки, определяемые напряжением соединяемых кабелей, сечением их жил и конструкцией муфты, устанавливается соответствующими монтажными инструментами.

Например, ступень поясной изоляции (участок П)

для кабелей на напряжение до 1 кв принимается равной 20 мм, а для кабелей 3, 6 и 10 кв — 25 мм.

Перед разделкой концы соединяемых кабелей выпрямляют и укладывают на специальные деревянные стойки (козелки). Концы кабелей на длине не менее 0,15 м, вероятность повреждения которых наиболее велика, при определении полной длины разделки (А) в расчет не принимают, так как при разделке они отрываются.

Разделку начинают с удаления наружного покрова, для чего у места среза его накладывают бандаж из нескольких витков стальной отожженной проволоки. Наружный покров сматывается с кабеля и обрезается ножом у проволочного бандажа. Для снятия брони по

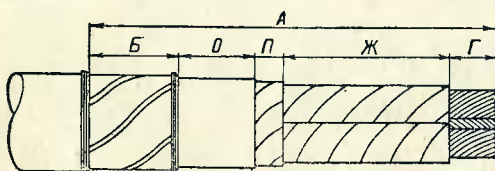


Рис. 2. Схема разделки конца кабеля.

кромке предварительно установленного на ней проволочного бандажа подрезают верхнюю и нижнюю ленты брони специальной бронерезкой, ножовочным полотном с ограничителями глубины резания или ножницами. Затем удаляют «подушку» под броней.

При этом бумагу, покрывающую свинцовую или алюминиевую оболочку кабеля, а также полихлорвиниловые ленты в случае алюминиевой оболочки сматывают (каждую ленту отдельно) и обрывают у места среза брони.

После этого готовят к снятию свинцовую или алюминиевую оболочку, для чего ее тщательно очищают от битума тряпкой, смоченной в бензине. На расстоянии *О* (рис. 2) от среза брони делают один кольцевой надрез оболочки, а на расстоянии *П* от него — второй кольцевой надрез. От второго кольцевого надреза до конца кабеля выполняют два продольных надреза на расстоянии 10 мм один от другого. Надрезают оболочку во избежание повреждения изоляции кабеля на половину ее толщины, для чего применяют специальные жа-

бельные ножи с ограничителями. Сначала удаляется полоска оболочки, заключенная между продольными надрезами, а затем и вся остальная часть оболочки, начиная от второго кольцевого надреза и до конца кабеля. Кольцевой поясok оболочки (участок II) в щелях предохранения ступени поясной изоляции от возможных разрывов удаляют только после изгибания, соединения и изолирования жил кабеля.

После снятия оболочки удаляют поясную изоляцию кабеля путем размотки отдельных ее лент и обрывания их у оставленного кольцевого пояса.

Дальнейшие операции по разделке конца кабеля сводятся к разводке и изгибанию жил и удалению с их концов бумажной изоляции на длине  $L$ , необходимой для выполнения соединения жил.

Изгибание жил кабелей в процессе монтажа выполняется плавно и осторожно во избежание повреждения изоляции. Радиус изгиба должен быть не менее 10—12,5-кратного размера высоты сектора жилы. Для выполнения этого требования рекомендуется применять специальные конусные шаблоны. Допускается (при отсутствии шаблонов) производить выгибание жил руками—через большой палец, постепенно передвигая руки по жиле.

Соединение токопроводящих жил выполняют способом опрессовки, сварки (электрической или газовой) или пайки.

Не останавливаясь на технологии выполнения соединения жил указанными способами, приведенной в отдельной брошюре (Л. 1), укажем лишь некоторые особенности соединения жил кабелей.

Способ опрессовки, являющийся наиболее удобным и простым, применяется в настоящее время для соединения медных и алюминиевых жил кабелей на напряжение до 35 кв. Исключение составляют электростанции с агрегатами мощностью 50 мва и более, районные подстанции, городские кабельные сети, а также взрывоопасные помещения классов В-1 и В-1а, в которых способ опрессовки допустим при напряжении до 1 кв.

Медные жилы кабелей на напряжения 3, 6 и 10 кв соединяют также способом пайки, при этом соединяемые жилы вводятся в медные гильзы, представляющие собой трубки с продольной щелью. Пайка жил в

гильзах осуществляется путем заливания с помощью стальной ложки расплавленного припоя (марки ПОС-30) в заливочные щели гильз. Во избежание перегрева бумажной изоляции пайку выполняют за время не более 2—2,5 мин.

Алюминиевые жилы кабелей на напряжения 3, 6 и 10 кв, кроме указанного выше способа опрессовки, соединяют методом электросварки контактным разогревом (без образования дуги) или пайкой с применением специального припоя (марки А или Б). В случае электросварки для предохранения бумажной изоляции от перегрева применяют специальные охладители, представляющие собой алюминиевые диски или клещи, плотно охватывающие оголенные участки жил с обеих сторон соединения. Указанные охладители служат одновременно для подвода тока от сварочного трансформатора. Сварка жил производится в стальных желобчатых формах, которые после заполнения расплавленным алюминием (жил и присадки) и остывания последнего удаляются.

Пайка алюминиевых жил выполняется путем заливания расплавленного припоя (марки А или Б) в стальные формы — обоймы, устанавливаемые в месте соединения жил и удаляемые после остывания припоя. Перед пайкой соединяемые жилы разделяются по луживам и облуживаются припоем марки А в пламени паяльной лампы. В этом случае для предохранения изоляции от перегрева края ее обматываются асбестом.

После окончания пайки или сварки места соединения жил требуют тщательной обработки. Необходимо удалить лишний припой и придать гильзе (или месту соединения алюминиевых жил, спаенных или сваренных в форме) закругленную форму на краях, зашлифовать неровности. Необходимость закругления краев гильз и удаления неровностей и заострений вызвана тем, что в этих местах (на острых углах) возникает повышенная напряженность электрического поля, снижающая электрическую прочность изоляции.

Во избежание увлажнения изоляции и засорения ее опилками припоя в процессе выполнения соединения жил места соединения и прилегающие к ним участки бумажной изоляции периодически пропаривают (обмывают) горячей кабельной массой.

Во всех случаях монтажа соединений силовых кабелей в различного рода муфтах выполняют соединение металлических оболочек кабеля с корпусами муфт и заземление указанных оболочек на обоих концах кабельной линии (в оконцеваниях). Такое соединение и заземление обеспечивает безопасность обслуживающего персонала в случае прикосновения к оболочке кабеля с поврежденной изоляцией и предохраняет металлическую оболочку (свинцовую или алюминиевую) от выплавления в нескольких местах при пробое кабеля в одном месте.

Для выполнения указанного соединения и заземления применяют гибкие медные жилы сечением от 6 до 25 мм<sup>2</sup>, в зависимости от проводимости металлической оболочки кабеля.

Перечисленные выше операции по разделке конца кабеля, соединению жил и заземлению, а также приведенные в последующих разделах операции по восстановлению изоляции мест соединений и заливке муфт являются весьма ответственными и требуют от исполнителей определенных навыков и аккуратности. Поэтому монтаж муфт должен производиться специально обученными монтерами-кабельщиками, имеющими соответствующие удостоверения.

### 3. СОЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЕЙ НА НАПРЯЖЕНИЕ ДО 1 кВ

Соединение кабелей с бумажной изоляцией. Соединение силовых кабелей с бумажной пропитанной изоляцией (трех- и четырехжильных) выполняют, как правило, в специальных чугунных муфтах, заливаемых разогретой кабельной массой, либо так называемым «безмуфтовым» способом.

Чугунная муфта (рис. 3) состоит из двух полумуфт 4 и 12, соединяемых одна с другой посредством стягивающих болтов 6, расположенных симметрично с обеих сторон. Верхняя полумуфта снабжена съемной крышкой 5 для заливки кабельной массы, обеспечивающей герметичность муфты и служащей одновременно изоляцией места соединения жил.

В местах соединения полумуфт и крышки предусмотрены уплотнительные пазы-канавки, в которые пе-

ред сборкой муфты вкладываются прокладки из маслостойкой резины или проваренного в кабельной массе пенькового канатика. В нижней полумуфте имеются два болта для ее заземления, расположенные у горловины.

Существует четыре типоразмера чугунных муфт (М-40; М-50; М-60 и М-70), каждый из которых предназначен для соединения трех- и четырехжильных кабелей определенного сечения. Так, например, муфта типа М-40 предназначена для трехжильных кабелей сечением до  $35 \text{ мм}^2$  и четырехжильных до  $16 \text{ мм}^2$ , а муфта типа М-70 — для трехжильных и четырехжильных кабелей сечением 240 и  $185 \text{ мм}^2$  соответственно.

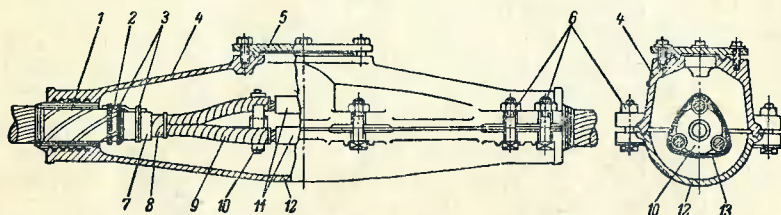


Рис. 3. Соединение кабелей в чугунной муфте.

1—подмотка смоляной лентой; 2—заземляющий провод; 3—бандажи для заземления брони и оболочки кабеля; 4—верхняя полумуфта; 5—крышка; 6—стяжные болты; 7—оболочка кабеля; 8—поясная изоляция; 9—жила кабеля в заводской изоляции; 10—фарфоровая распорка; 11—соединительные гильзы; 12—нижняя полумуфта; 13—бандаж из киперной ленты.

Технология монтажа муфты проста и состоит в следующем. После окончания разделки конца кабеля и изгибания жил, располагаемых по вершинам равностороннего треугольника со сторонами, в зависимости от сечения жил равными  $35\text{--}62 \text{ мм}$ , выполняют их соединение. При этом для фиксации соединяемых жил в нужном положении на изолированные их части по обе стороны соединительных гильз устанавливают фарфоровые распорки по рис. 4, а — в случае выполнения соединения методом пайки и по рис. 4, б — при соединении жил опрессовкой или сваркой. Конструкция фарфоровых распорок в последнем случае (рис. 4, б) позволяет устанавливать их после окончания соединения жил указанными способами. Затем выполняют соединения (заземление) брони и свинцовой или алюминиевой оболочки с корпусом муфты. Для этого на обоих концах соеди-

няемых кабелей закрепляют проволочными бандажами и пропаивают с помощью паяльной лампы заземляющие провода. На концы заземляющих проводов наварируют или опрессовывают (но не напаяют) наконечники во избежание возможного нарушения паяного контакта при коротком замыкании на землю.

В местах горловин муфты кабели подматывают несколькими слоями просмоленной ленты и укладывают в предварительно протертую и высушенную нижнюю полумуфту. При этом концы заземляющих проводов при-

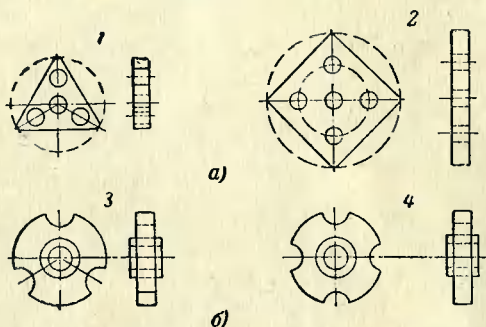


Рис. 4. Фарфоровые распорки.

*a* — для соединения жил пайкой; *b* — для соединения жил опрессовкой.  
 1—3 — для трехжильных кабелей; 2—4 — для четырехжильных кабелей.

соединяют к болтам заземления, расположенным на краях нижней полумуфты.

Проложив прокладку в уплотнительную канавку нижней полумуфты, накладывают на нее верхнюю полумуфту и сбалчивают муфту стягивающими болтами.

Последняя операция при монтаже муфты — заливка кабельной массы. Для заливки чугунных муфт применяют битуминозные кабельные массы одной из следующих марок: МБ-70 — при прокладке кабелей в неотапливаемых помещениях и в земле; МБ-90 — в отапливаемых помещениях; МБМ-1 и МБМ-2 (морозостойкие) — для заливки муфт в районах с температурой до  $-35^{\circ}\text{C}$  (МБМ-1) и  $-45^{\circ}\text{C}$  (МБМ-2). Заливку предварительно разогретой муфты (в пламени паяльной лампы) производят кабельной массой, температура ко-

торой при заливке составляет в зависимости от марки 160—190° С, в несколько приемов, по мере усадки массы при ее остывании. При первом заполнении покрывают массой всю поверхность разделки. По окончании заливки муфты и остывания массы заливочное отверстие закрывают крышкой, приболчиваемой к верхней полу-муфте после установки прокладки в уплотнительную канавку.

При расположении муфты в земле всю поверхность ее в целях защиты от коррозии покрывают горячей битуминозной массой.

Как видно из приведенного описания, конструкция и процесс монтажа чугунной соединительной муфты довольно просты. Однако как конструкция муфт, так и сам способ соединения в целом являются далеко не совершенными. Муфты имеют значительные размеры и вес, что связано с большим расходом металла и кабельной массы. Так, например, муфта типа М-70 весит около 40 кг без массы, а вес заливаемой в нее кабельной массы составляет 8 кг. Расположение столь тяжелых и громоздких муфт при прокладке кабелей внутри зданий на конструкциях, в каналах очень затруднено, а в некоторых случаях невозможно. Чугунные муфты не обеспечивают также полной герметичности.

Безмуфтовое соединение кабелей заключается в том, что защитные покровы при разделке кабеля не удаляются, а лишь сматываются, а ватем в обратном порядке накладываются (восстанавливаются) на предварительно соединенные и изолированные жилы.

Монтаж безмуфтового соединения кабелей производят в следующей последовательности. Разделяют концы соединяемых кабелей, при этом с одного конца кабеля на расстоянии 0,5 м удаляют наружные покровы и броню, а с другого эти покровы не удаляют, а развешивают (смаывают) на расстоянии 1,5 м. В местах указанных длин разделок на кабелях предварительно устанавливают бандажи, предохраняющие покровы от раскручивания. На один из концов кабелей надевают свинцовую трубу. Затем на требуемой для выполнения соединения жил длине с обоих концов удаляют свинцовую или алюминиевую оболочку. Предварительно более длинный конец кабеля отрезают так, чтобы длина жил от места среза оболочек в обоих кабелях была одина-

ковой. Размеры разделки жил принимаются в зависимости от их сечения и составляют от 200 до 250 мм для кабелей сечением от 16 до 240 мм<sup>2</sup>. После удаления поясной изоляции последовательно выполняют соединение жил.

Изолирование мест соединений жил производят плотной намоткой бумажным рулоном шириной 200 мм, который до намотки подогревают. По окончании изолирования каждой пары соединяемых жил все жилы стягивают вместе и обматывают этим же рулоном. Во избежание разматывания поверх рулонной намотки накладывают бандаж из хлопчатобумажной пряжи или суровых ниток. Далее на место соединения надвигают предварительно надетую свинцовую трубу, концы которой припаивают к оболочкам соединяемых кабелей. Вместо свинцовой трубы применяют в некоторых случаях листовой свинец (или свинцовые отходы кабелей большего сечения), которым огибают места соединения таким образом, чтобы края листового свинца накладывались внахлестку не менее чем на 5 мм. В этом случае, помимо пайки концов, выполняют также пайку продольного шва.

Затем последовательно наматывают смоляную ленту на свинцовую трубу и оболочку кабелей, заменяющую «подушку», удаленную при разделке, и накладывают смотанные при разделке броню и наружные покровы. Последние витки накладываемых лент брони спаивают с броней на конце кабеля, у которого при разделке защитные покровы удалялись. В месте пайки ленты брони закрепляют проволочными бандажами.

В месте стыка наружного покрова из кабельной пряжи накладывают бандаж из нескольких витков смоляной ленты.

Описанные безмуфтовые соединения в сравнении с соединением в чугунной муфте имеют значительно меньшие габаритные размеры и вес, благодаря чему легко размещаются при любых способах прокладки кабелей (на конструкциях, в каналах).

Соединение кабелей с резиновой изоляцией в полихлорвиниловой оболочке. Силовые и контрольные кабели с резиновой изоляцией в полихлорвиниловой оболочке имеют широкое применение. Соединение указанных кабелей в чугунных муф-

тах, заливаемых горячей кабельной массой, не может быть выполнено, так как при этом была бы повреждена резиновая изоляция жил, допускающая нагрев не более 55—60° С, а также и полихлорвиниловая оболочка. Но даже при наличии специальной холодной заливочной массы (которая промышленностью не изготавливается) подобные муфты получались бы неоправданно громоздкими и тяжелыми. В связи с указанным соединения этих кабелей выполняют «сухими» способами, без применения каких-либо заливочных масс. При этом места соединений жил (выполняемые опрессовкой и располагаемые «вразбежку») изолируют сырой резиной, каждый слой которой покрывают клеем № 88. Герметизацию места соединения выполняют с помощью полихлорвини-

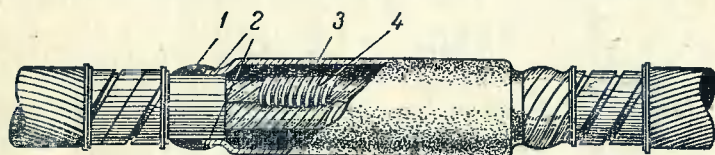


Рис. 5. Соединение кабелей в полихлорвиниловой оболочке с помощью муфты, свариваемой с оболочками концов кабелей.

1—подмотка липкой полихлорвиниловой лентой; 2—места сварки;  
3—полихлорвиниловая муфта; 4—соединение жил.

ловой муфты-трубы, свариваемой или склеиваемой с оболочками соединяемых концов кабелей, либо так называемым восстановлением защитных шкворнов кабеля с применением липкой полихлорвиниловой ленты. Способ герметизации с применением сварки полихлорвиниловой муфты-трубы применяют для соединения кабелей при всех видах их прокладки (включая прокладку в земле), а остальные два способа — только при открытой прокладке внутри зданий. В качестве муфт применяют полихлорвиниловые трубы с толщиной стенки 2—3 мм, а при отсутствии их — полихлорвиниловую оболочку кабелей большего диаметра. Внутренний диаметр полихлорвиниловой муфты-трубы должен быть равен диаметру кабеля по оболочке или превышать его на 3, максимум на 5 мм.

Технология монтажа соединения с применением полихлорвиниловой муфты-трубы, свариваемой с оболочками соединяемых концов кабелей (рис. 5), вклю-

чается в следующем. После окончания разделки концов кабелей на один из них надевают полихлорвиниловую муфту и выполняют соединение и изолирование жил. Затем муфту надвигают на место соединения и концы ее сваривают поочередно с оболочками соединяемых кабелей с помощью специальных клещей (рис. 6). Нагретый до температуры  $180\text{--}200^\circ\text{C}$  (в пламени паяльной лампы) разъемный наконечник клещей вводится в зазор между муфтой и оболочкой кабеля и вращается по окружности в течение  $10\text{--}20$  сек. По истечении этого

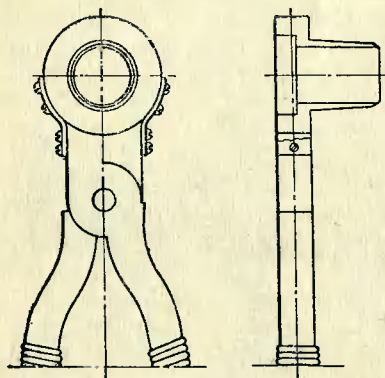


Рис. 6. Клещи для сварки полихлорвиниловой муфты.

времени клещи извлекают и тотчас производят наружное обжатие свариваемых поверхностей. Для обеспечения быстрого и равномерного обжатия по окружности применяют универсальный червячный хомут, предварительно устанавливаемый на свариваемом конце муфты. Взамен червячного хомута может применяться любое другое приспособление, обеспечивающее равномерное обжатие по окружности муфты. Съемные клещей (рис. 6) выполняются различных размеров применительно к кабелям и муфтам разных диаметров. При этом внутренний диаметр наконечника равен (или на  $0,5\text{--}1$  мм меньше) диаметру кабеля по оболочке, а наружный — внутреннему диаметру муфты. По окончании сварки на концах муфты выполняют подмотку липкой полихлорвиниловой лентой (рис. 5).

Монтаж соединения, выполняемый с помощью муфты, склеиваемой с оболочками концов кабелей (рис. 7), отличается от описанного выше только способом соединения муфты с оболочками. Склеивание концов муфты с оболочками кабелей выполняется специальным клеем, представляющим собой раствор  $1\text{--}2$  весовых частей стружки органического стекла в 100 весовых

частях дихлорэтана. Приготовление клея производится в плотно закрывающемся сосуде путем погружения стружки органического стекла в дихлорэтан. Перед нанесением клея склеиваемые поверхности тщательно обезжиривают (бензином, ацетоном, дихлорэтаном и т. п.) Слой клея толщиной не менее 0,25 мм наносят на оболочки соединяемых концов на длине 30 мм. После надвигания на место соединения полихлорвиниловой муфты торцы ее также обильно промазывают клеем. С каждой стороны муфты по окончании склеивания накладывают плотный бандаж из крученого шпагата, покрываемый этим же клеем. Монтаж соединений указанным способом допустим при условии применения полихлорвиниловой муфты — трубы такого диаметра, при котором обеспечивается плотное надвигание ее на оболочку кабеля. Выбор такой трубы практически возможен при соединении силовых кабелей сечением до 35 мм<sup>2</sup> и контрольных — 2,5 мм<sup>2</sup> при числе жил не более десяти.

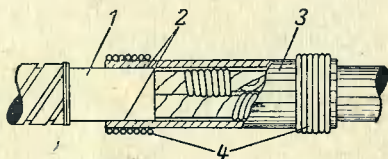


Рис. 7. Соединение кабелей в полихлорвиниловой оболочке с помощью муфты, склеиваемой с оболочками концов кабелей.

1 — полихлорвиниловая оболочка кабеля; 2 — клей; 3 — полихлорвиниловая муфта; 4 — бандаж из шпагата.

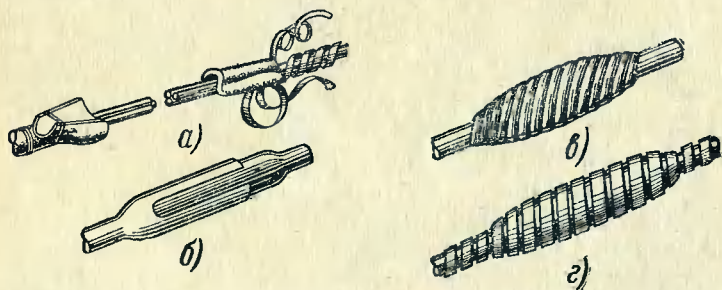


Рис. 8. Соединение кабелей в полихлорвиниловой оболочке способом восстановления защитных покрытий.

а — подготовленные концы кабелей со смотанными защитными покровами; б — вид соединения после наложения оболочек (перед намоткой полихлорвиниловой ленты); в — вид соединения после намотки поверх оболочек изоляционных лент; г — соединение после восстановления брони.

Способ соединения путем восстановления защитных покровов кабеля аналогичен описанному выше безмуфтовому соединению и заключается в том, что при разделке защитные покровы соединяемых концов (включая и надрезываемую вдоль оболочку) не удаляются, а лишь сматываются и отгибаются на время выполнения соединения и изолирования жил, после чего указанные покровы поочередно накладываются на место соединения — восстанавливаются. Сказанное поясняется рис. 8, на котором показаны отдельные стадии монтажа соединения рассматриваемым способом.

После наложения на место соединения жил отогнутых оболочек (рис. 8, б) продольные края и торцы их обильно промазывают густым лаком № 2. Сложенные и промазанные оболочки стягиваются киперной или тафтяной лентой, после чего выполняется четырехслойная намотка липкой полихлорвиниловой лентой, поверхность которой стягивается обмоткой киперной ленты (рис. 8, в). На этом заканчивается восстановление оболочки. Затем на место соединения последовательно накладывают смотанные ранее защитные покровы, которые в месте соединения закрепляются бандажами, а стыки брони, кроме того, пропаиваются (рис. 8, г).

#### 4. СОЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЕЙ НА НАПРЯЖЕНИЯ

3, 6 и 10 кВ

Ранее указывалось, что соединение силовых кабелей осуществляется в различного рода муфтах, конструкции которых определяются их назначением, а также напряжением кабеля.

В связи с тем что способы монтажа и конструкции указанных выше типов муфт различны, рассмотрим отдельно соединение кабелей в каждой из этих муфт.

Соединение кабелей в свинцовых муфтах. Свинцовая соединительная муфта представляет собой трубу, длина и диаметр которой определяются сечением жил и рабочим напряжением соединяемых кабелей. По окончании соединения жил и восстановления изоляции свинцовая муфта надвигается на место соединения кабелей. Концы муфты при этом обколачиваются в виде полушарий до плотного соприкосновения краев с оболочками соединяемых кабелей и спаиваются с эти-

ми оболочками. Заключительной операцией при монтаже муфты является заливка муфты горячей кабельной массой и соединение ее с металлическими оболочками кабеля (заземление). В целях предохранения от возможных механических повреждений смонтированные свинцовые муфты защищаются чугунными или стальными защитными крышками.

Несмотря на простоту конструкции свинцовых соединительных муфт, монтаж их представляет значительную сложность и связан с большими затратами труда и материалов. Наиболее сложным является восстановление изоляции в месте соединения, которое выполняется последовательной намоткой роликов и рулонов из пропитанной кабельной бумаги, аналогичной по своим свойствам бумажной изоляции кабеля. Необходимые для этого комплекты бумажных роликов и рулонов поставляются кабельной промышленностью. Последние представляют собой герметически упакованные в жестяные банки ролики и рулоны, количество и размеры (ширина) которых определяются сечением и напряжением соединяемых кабелей. Банки заполнены тем же масло-канифольным составом, которым пропитаны бумажные ролики и рулоны. Комплекты различаются присвоенными им номерами, при этом каждому номеру соответствует (в зависимости от назначения комплекта) определенное число роликов и рулонов различной ширины. Для монтажа соединений трехжильных кабелей на напряжения 3, 6 и 10 кВ в свинцовых муфтах применяются комплекты № 5, 6 и 7, содержащие бумажные ролики шириной ленты 5, 10 и 25 мм и рулоны шириной ленты 50, 200 (№ 5 и 6) и 250 мм (№ 7). Кроме того, в каждый из указанных комплектов входит бобина хлопчатобумажной пряжи, применяемая для бандажирования.

Перед применением бумажные ролики и рулоны подогревают в предварительно открытых банках до температуры 80° С и проверяют их на отсутствие влаги, как это делается для изоляции кабеля (см. § 2).

Рассмотрим процесс восстановления изоляции кабеля при монтаже соединения в свинцовой муфте. После окончания разделки концов соединяемых кабелей и соединения жил, выполняемых в соответствии с указаниями § 2, весь участок разделки промывают несколько раз разогретой (до 120—130° С) прошпарочной масло-кани-

фольной массой МП-1. Такая промывка, называемая «прошпаркой», производится с целью удаления с поверхности жил влаги, пыли, остатков припоя и т. п.

Далее заводская изоляция жил подготавливается к намотке бумажных роликов, для чего концам изоляции жил придается ступенчатая конусная форма (рис. 9). Длина и количество ступеней зависят от напряжения кабеля. Так, например, для кабелей на напряжение 10 кв конусная форма придается на длине 24 мм, а рекомендуемое число ступеней составляет 3 или 6. Для получения ступенчатой конусообразной формы на каждом краю ступени обрывают определенное количество лент бумажной изоляции жил с помощью тонкой стальной

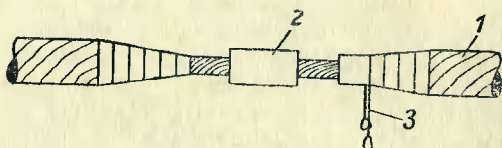


Рис. 9. Ступенчатая разделка изоляции жилы.

1—изоляция жилы (заводская); 2—соединительная гильза; 3—стальная струна с грузиками.

струны с грузиками (рис. 9). Указанная струна навивается (одним витком) на изоляцию жилы на краю последней ступени, после чего сматывают определенное количество верхних лент изоляции, которые обрывают у места намотки струны. Затем струну с грузиками перемещают по направлению к соединительной гильзе на ширину ступени и вновь снимают то же количество лент изоляции, что и на предыдущей ступени. Аналогично производится обрыв лент на всех отдельных ступенях. Подобная ступенчатая разделка обеспечивает лучшее качество восстановления изоляции при последующей намотке роликов за счет хорошего перекрытия мест стыков намотки с заводской изоляцией.

Подготовленное к восстановлению изоляции место соединения обильно промывают горячей прошпарочной массой для удаления влаги и загрязнений, после чего приступают к изоляции оголенных участков жил между торцами соединительных гильз и заводской изоляции жил путем намотки бумажной ленты роликов шириной

5 мм (1 на рис. 10). Намотку этой лентой выполняют до внешней поверхности соединительной гильзы либо до уровня заводской изоляции, если диаметр ее меньше диаметра гильзы. Дальнейшее наложение изоляции в месте соединения выполняется намоткой ленты роликов шириной 10 мм (2 на рис. 10). Лентой этой ширины выполняют намотку до поверхности заводской изоляции либо гильзы (если она имеет больший диаметр), а затем поверх заводской изоляции для выравнивания ее поверхности наматывают еще 6—7 слоев бумажной ленты. Следует указать, что намотка бумажными роликами требует большого навыка и аккуратности. Она должна производиться с усилием, обеспечивающим плотность

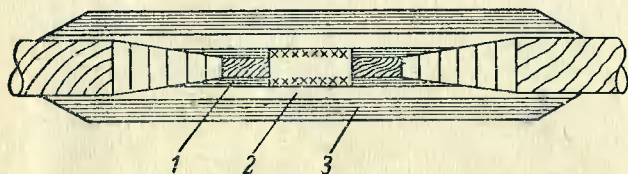


Рис. 10. Восстановление изоляции в месте соединения двух жил.

1—намотка роликами шириной 5 мм; 2—намотка роликами шириной 10 мм; 3—намотка рулонами.

прилегания лент и исключая воздушные зазоры между ними. Бумажную ленту накладывают при намотке роликами таким образом, чтобы зазор между соседними витками слоя не превышал 0,2—0,3 мм.

После выравнивания поверхности изоляции каждой пары соединяемых жил роликами и промывки места соединения горячей пропарочной массой МП-1 дальнейшее изолирование жил выполняют рулонами (3 на рис. 10). Ленту рулона шириной 200—250 мм (в зависимости от типа муфты, определяемого сечением и напряжением кабеля) наматывают на подмотанную роликами заводскую изоляцию жил кабеля симметрично относительно середины гильзы. Намотку выполняют плотно, для чего намотанную ленту вращают в направлении намотки. Во избежание разматывания рулонную намотку закрепляют бандажами из хлопчатобумажной пряжи, взятой из банки комплекта.

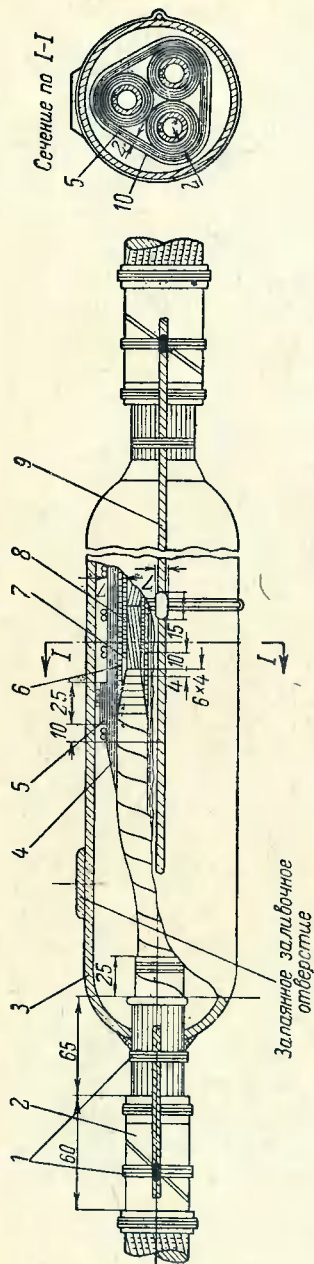


Рис. 11. Соединение кабелей на напряжение 10 кв в свинцовой муфте.

1 — провололочные бандажи для заземления брони и оболочки (свинцовой или алюминиевой) кабеля; 2 — броня кабеля; 3 — свинцовая муфта; 4 — намотка по жиле бумажными рулонами шириной 200—250 мм; 5 — поясная намотка рулоном (или двумя роликами шириной 25 мм); 6 — намотка роликами шириной 10 мм; 7 — намотка роликами шириной 5 мм; 8 — соединительная гильза; 9 — соединяющий провод; 10 — поясной бандаж из хлопчатобумажной пряжи.

При соединении кабелей на напряжение 10 кв края рулонной подмотки обрывают на конус с помощью упомянутой ранее струны с грузиками.

На этом заканчивается восстановление изоляции жил соединяемых кабелей. Далее производится восстановление поясной изоляции. Изолированные роликами и рулонами жилы сближают вплотную и наматывают вокруг них общий поясной бандаж из бумажной ленты рулона шириной 50 мм, который закрепляют хлопчатобумажной пряжей (рис. 11).

Дальнейшие операции по монтажу соединения в свинцовой муфте сводятся к обколачиванию концов муфты и припайке их к оболочкам соединяемых кабелей, заливке муфты кабельной массой и к ее заземлению.

Обколачивание концов свинцовой муфты, надетой предварительно на один из соединяемых кабелей, производится легкими ударами деревянного валька. При этом муфту придерживают сии-

зу рукой и медленно поворачивают с тем, чтобы при постукивании вальком образовывалось ровное полушарие, а края муфты плотно прилегали к оболочке кабеля.

Пайку краев муфты со свинцовой оболочкой выполняют в пламени паяльной лампы оловянисто-свинцовым припоем марки ПОС-30, заглаживаемым тряпкой, пропитанной стеарином. Пайку муфты к алюминиевой оболочке выполняют аналогично, но с предварительным лужением оболочки (в месте пайки) специальным припоем марки А, которым она в пламени паяльной лампы натирается с помощью стальной кисточки.

Лужение и пайка являются весьма ответственными операциями, ибо от их качества зависит герметичность муфты, а следовательно, и надежность ее работы. Во избежание перегрева при пайке, могущего привести к частичному или полному пережогу бумажной изоляции или к сквозному прожиганию свинцовой оболочки кабеля, продолжительность пайки каждой стороны муфты не должна превышать 3 мин.

Заливают муфты кабельной массой марки МБ-70, разогретой до температуры 170—180° С. Перед заливкой свинцовую муфту подогревают пламенем паяльной лампы. Предварительно в верхней части корпуса муфты пробивают два отверстия, одно из которых служит для заливки, а другое — для выхода паров и воздуха. Заливка муфты производится по мере усадки и охлаждения массы в несколько приемов. По окончании заливки массой заливочные отверстия запаиваются.

На рис. 11 показано полностью законченное соединение кабелей на напряжение 10 кВ в свинцовой муфте без защитного кожуха (стального или чугунного).

Монтаж соединений в свинцовых муфтах требует высокой квалификации исполнителей, связан с необходимостью применения нагревательных приборов (для разогрева кабельной массы, комплектов и т. п.) и большими трудозатратами. Опытный монтер-кабельщик с одним-двумя помощниками за 8 ч может смонтировать в зависимости от условий одну-две соединительные муфты.

Свинцовые муфты, к сожалению, не поставляются кабельной промышленностью и изготавливаются силами монтажных организаций способами окунания болванки в расплавленный свинец, кокильного или центробеж-

ного литья, а также выдавливанием на прессе.

Изготовление муфт окунанием стальной полированной болванки, имеющей форму и размеры муфты, в расплавленный свинец выполняют следующим образом. Болванку погружают в тигель с расплавленным свинцом, слегка поворачивают, быстро извлекают ее вместе со слоем свинца (прилипшего вследствие различия температуры болванки и свинца) и погружают для охлаждения в воду, а затем ударом болванки о пол (вертикально) муфта снимается. Для облегчения снятия муфт болванка имеет небольшую конусность по длине. Для каждого типоразмера муфты изготавливают отдельную болванку. Недостатком этого способа, помимо необходимости расплавления свинца, является различие в толщине стенки муфты по ее длине.

Изготовление муфт способом кокильного литья производится с помощью несложного приспособления, представляющего собой две стальные трубы, одна из которых входит в другую с зазором между ними, составляющим в зависимости от типа изготавливаемых муфт 3—3,5 мм. Внутренняя труба (дно которой заглушено) с помощью несложных приспособлений центрируется и может перемещаться в направлении своей продольной оси. В нижней части приспособления поверхности труб плотно притерты друг к другу, образуя конусный вентиль, посредством которого можно открывать доступ расплавленному свинцу в зазор между внутренней и наружной трубами. Приспособление с помощью блока погружают в тигель с расплавленным свинцом при закрытом вентиле. Затем открывают вентиль (перемещением вверх внутренней трубы) и после заполнения пространства между трубами свинцом вновь закрывают его. После этого приспособление охлаждают в воде, вынимают внутреннюю трубу, с которой затем снимают готовую муфту. Для облегчения снятия готовых муфт стенки труб приспособления предварительно смазывают графитным порошком.

Изготовление свинцовых муфт методом центробежной отливки производится на специальном приспособлении, принцип работы которого основан на том, что при быстром вращении в цилиндрической форме расплавленный свинец прижимается к стенкам этой формы. Приспособление состоит из горизонтально рас-

положенного цилиндра, опирающегося в трех точках (с каждого конца) на подшипники и приводимого во вращение электродвигателем, устройств для заливки свинца и его охлаждения. Длина и диаметр цилиндра определяются типоразмерами изготавливаемых муфт. В предварительно подогретый цилиндр заливают расплавленный свинец, после чего закрывают цилиндр со стороны заливки съемной втулкой-пробкой и включают электродвигатель. Примерно через 1 мин во вращающийся цилиндр посредством простого устройства нагнетают для охлаждения воду. После охлаждения и отключения электродвигателя вынимают втулку-пробку и с помощью клещей извлекают готовую муфту.

В крупных монтажных организациях находят применение способ выдавливания муфт на прессе. Этот способ является наиболее совершенным, ибо не требует предварительного расплавления свинца, как это имеет место в остальных способах, и обеспечивает наиболее высокое качество муфт. Однако для изготовления муфт методом выдавливания из свинцовой болванки необходимо наличие прессы, развивающего усилие порядка 100—120 т и имеющего соответствующий длине муфт ход ползуна.

Соединение кабелей в стопорных муфтах. Стопорные муфты, предназначенные для ограничения перемещения пропиточного состава кабеля на вертикальных и крутонаклонных трассах, отличаются сложностью конструкции, большой трудоемкостью монтажа и громоздкостью. Габаритные размеры стопорной муфты для кабелей на напряжение 10 кВ составляют около 1,5 м по длине и 0,15 м по диаметру.

Основной частью конструкции муфты является стопорное устройство, выполняющее роль герметической перегородки между соединяемыми отрезками кабелей. Это устройство, как видно из рис. 12, состоит из трех отдельных стопоров (рис. 12,а), плотно посаженных в текстолитовую перегородку 4, которая в свою очередь помещена в латунную оправу 3. Плотность посадки стопоров и перегородки достигается с помощью конусов, предусмотренных в сопрягаемых деталях, и специального клея. Стопоры расположены в перегородке по вершинам равностороннего треугольника. Каждый стопор представляет собой медный или алюминиевый (для ка-

белей с алюминиевыми жилами) токопроводящий стержень, покрытый плотной многослойной обмоткой из бакелизированной бумаги 2. Обработка поверхности стопоров с приданием им конусной формы производится на токарном станке, а бакелизирование осуществляется многократным покрытием бумаги бакелитовым лаком с последующим запеканием каждого его слоя в термостате при определенном температурном режиме. На место монтажа стопорные устройства поступают полностью

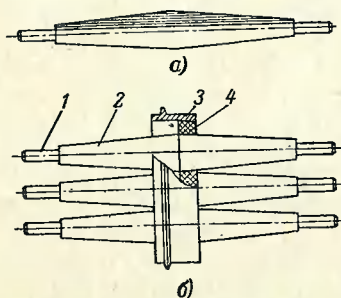


Рис. 12. Стопорное устройство. а—отдельный стопор; б—собранное устройство. 1—токопроводящий стержень; 2—многослойная бакелизированная бумага; 3—латунная оправа; 4—пергородка из текстолита или стеклотекстолита.

в готовом виде, упакованными в герметически запаенные жестяные банки, заполненные маслоканифольной массой.

При монтаже стопорной муфты (рис. 13) стопорное устройство располагают в середине между соединяемыми кабелями и концы контактных стержней стопоров соединяют с обеих сторон с жилами кабелей.

Корпус стопорной муфты (рис. 13) состоит из двух латунных полумуфт — левой 4 и правой 16, которые припаиваются герметически к

латунной оправе стопорного устройства 14, а оболочки соединяемых кабелей припаиваются к горловинам соответствующих полумуфт. Корпус муфты заливают через одно из предусмотренных для этой цели отверстий маслоканифольной массой марки МК-45, разогретой до 140° С.

Восстановление изоляции в местах соединений (а таких мест в стопорной муфте шесть) производится последовательной намоткой роликов и рулонов из пропитанной кабельной бумаги, поставляемых, как и для ступенчатых муфт, специальными комплектами.

Ступенчатая конусная разделка изоляции концов соединяемых жил выполняется так же, как и в описанной выше свинцовой муфте. Однако количество ступеней и их ширина приняты другими, а именно: для кабелей на напряжение 10 кв—9 ступеней, на напряжение 6 кв—5 ступеней; ширина каждой ступени 5 мм.

Начинают намотку роликами шириной 5 мм, которыми заполняют зазор между торцами гильз и ступенями изоляции жил, а дальнейшее изолирование (до диаметра заводской изоляции и получения плотного цилиндра) производят роликами шириной 10 мм. Лентой этой же ширины накладывают над местом соединения еще 6—7 слоев по ширине наматываемого затем рулона. Далее, после прошпаривания всей разделки горячей массой МП-1, производят изолирование бумажными рулонами. Рулонная намотка 9 (рис. 13) выполняется в зависимости от напряжения кабеля в 4 или 3 яруса, в каждом из которых наматывают 3—5 рулонов различной ширины. Намотку рулонами выполняют на каждой паре соединяемых жил до уровня наибольшего диаметра стопора. При намотке рулоны раскладывают таким об-

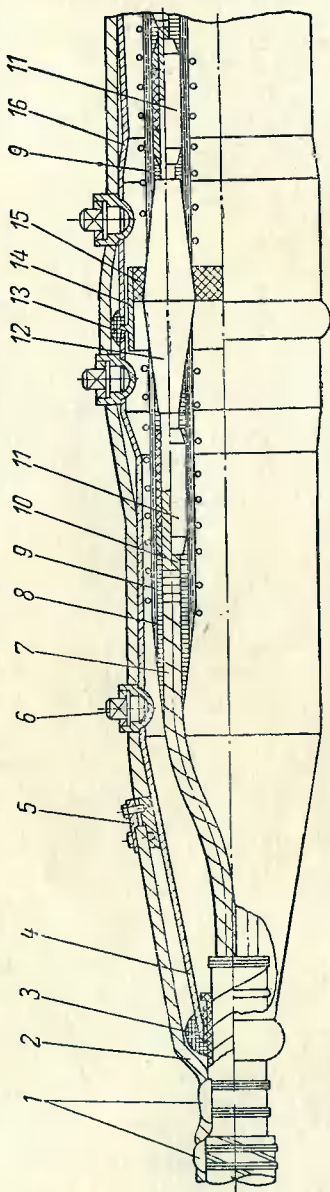


Рис. 13. Соединение кабелей на напряжении 6—10 кв в стопорной муфте.

1—места пайки заземляющего провода к броне и оболочке кабеля; 2—заземляющий провод; 3—место пайки горловины муфты к оболочке; 4—полумуфта левая; 5—контактный зажим заземления; 6—пробка; 7—жила в заводской изоляции; 8—намотка бумажными роликами шириной 5 и 10 мм; 9—намотка рулонами; 10—оголенный участок жилы; 11—соединительная гильза; 12—стопор; 13—место пайки полумуфт с оправой; 14 и 15—оправа и перегородка стопорного устройства; 16—полумуфта правая.

разом, чтобы стыки соседних рулонов одного яруса перекрывались рулонами, намотанными в следующем ярусе. Края многоярусной рулонной намотки со стороны кабеля обрывают на конус с помощью стальной струны с грузиками.

Во избежание разматывания и ослабления плотности намотки рулоны перевязывают хлопчатобумажной пряжей, взятой из комплекта. Для восстановления изоляции мест соединений в стопорных муфтах применяются комплекты № 1 для кабелей на напряжение 6 *кв* и № 2—на напряжение 10 *кв*.

Монтаж соединения кабелей в стопорной муфте производится в следующей последовательности.

Прежде всего до окончательной разделки и снятия оболочки кабеля на концы соединяемых кабелей надвигают полумуфты. После окончательной разделки и разводки жил выполняют соединение жил с токопроводящими стержнями стопоров, а затем ступенчатую разделку изоляции и ее восстановление. Следует помнить (см. § 2), что снятие кольцевого пояса свинцовой или алюминиевой оболочек кабеля выполняется только по окончании соединения жил и восстановления изоляции.

Далее производят пайку полумуфт с оправой стопорного устройства и горловины с оболочками соединяемых кабелей. Заключительной операцией является заливка муфты кабельной массой. Заземление металлических оболочек кабеля и корпуса стопорной муфты выполняется соединением их многопроволочным медным проводом, последовательно присоединяемым к броне и оболочке одного конца кабеля, к заземляющим болтам полумуфт и к оболочке и броне другого конца кабеля.

В случаях прокладки кабелей (и муфт) в земле в целях предохранения от механических повреждений стопорные муфты помещают в специальные стальные или чугунные защитные кожухи. При этом для защиты от коррозии корпуса муфт и заземляющие проводники покрывают асфальтовым лаком.

Вес смонтированной стопорной муфты для кабеля на напряжение 10 *кв* составляет 36 *кг*, а вместе со стальным защитным кожухом около 100 *кг*.

Соединение кабелей в стопорно-переходных муфтах. Для предотвращения перемеще-

ния пропиточного состава из кабеля с нормальной пропиткой в соединяемый с ним кабель с осушенной изоляцией применяются, как уже указывалось, стопорно-переходные муфты, которые по конструкции и принципу монтажа очень похожи на рассмотренные выше стопорные муфты (рис. 13).

Незначительное отличие конструкции стопорно-переходной муфты от стопорной связано с особенностями конструкции кабелей с осушенной изоляцией на напряжения 6 и 10 кв. Как известно (см. § 1), эти кабели изготавливаются с отдельно освинцованными жилами.

Как видно из рис. 14, правая полумуфта 15 (со стороны кабеля с нормальной пропиткой) здесь такая же, как в стопорной муфте, а левая 10 отличается тем, что вместо горловины здесь предусмотрен разветвительный фланец 5 с тремя патрубками 4, в которые входят (и припаиваются) отдельно освинцованные жилы кабеля с осушенной изоляцией.

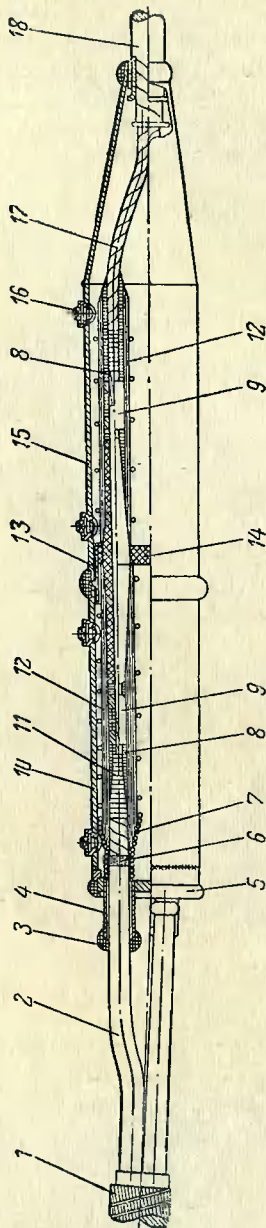


Рис. 14. Соединение кабелей на напряжения 6—10 кв в стопорно-переходной муфте.

1—кабель с осушенной изоляцией; 2—отдельно освинцованная жила кабеля; 3—место пайки оболочки к патрубку; 4—латунный патрубок муфты; 5—разветвительный фланец муфты; 6—ступень полупроводящей бумаги; 7—экранная обмотка; 8—намотка роликами шириной 5 и 10 мм; 9—соединительные гильзы; 10—полумуфта левая; 11—ступенчатая разделанная изоляция жилы; 12—рулонная намотка; 13—оправа и перегородка стопорного устройства; 15—полумуфта правая; 16—пробка; 17—жила кабеля в заводской изоляции; 18—кабель трехжильный с нормально пропитанной изоляцией.

Восстановление изоляции производится как и в случае стопорной муфты последовательной намоткой роликов и рулонов с предварительным выполнением ступенчатой конусной разделки концов изоляции жил; при этом применяют специальные комплекты роликов и рулонов № 3 и 4. Восстановление изоляции со стороны осушенного кабеля имеет некоторые отличительные особенности. Во-первых, здесь выполняют большее количество ступеней при разделке изоляции жил, во-вторых, учитывая особенности конструкции кабеля, в целях создания равномерного электрического поля по конусу рулонной намотки накладывают экранирующую обмотку 7 (рис. 14). Экранирующая обмотка выполняется из медного плетеного канатика, каждый виток которого при намотке накладывается вплотную к предыдущему. Обмотку начинают с края свинцовой (или алюминиевой) оболочки, к которой припаивают 3—4 витка, и продолжают по ступени полупроводящей бумаги, по заводской изоляции и по конусной части рулонной подмотки. Витки экранирующей намотки на всей ее длине пропаивают узкой полоской с помощью паяльника.

После восстановления изоляции, спаивания полу-муфт, а также горловины и патрубков 4 с оболочками кабелей производят заливку муфты масло-канифольной массой МК-45. Заливочные отверстия закрываются пробками 16, которые после отверждения дополнительно припаивают.

## **5. СОЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЕЙ НА НАПРЯЖЕНИЯ 1—10 кВ В УНИВЕРСАЛЬНЫХ МУФТАХ ИЗ ЭПОКСИДНОГО КОМПАУНДА**

Описанные выше соединения кабелей в различного типа муфтах отличаются значительной сложностью и трудоемкостью монтажа, особенно в стопорных и стопорно-переходных. Конструкция последних, кроме того, связана с большим расходом дефицитных металлов (свинца, латуни и олова) и изоляционных материалов. Все это, естественно, отражается на стоимости муфт и их монтажа. Так, например, стоимость стопорной латунной муфты в комплекте со стопорным устройством для трехжильного кабеля сечением  $120 \text{ мм}^2$  составляет 1 500 руб.; стоимость монтажа соединитель-

ной свинцовой муфты на кабеле указанного сечения (на напряжение 10 кВ) составляет 105 руб., а стоимость собственно свинцовой муфты (трубы) — 75 руб.

Наиболее сложной и чрезвычайно трудоемкой операцией при монтаже соединений кабелей в муфтах является восстановление изоляции с помощью бумажных роликов и рулонов.

В последние годы в нашей стране и за рубежом ведутся работы по изысканию новых изоляционных материалов, с помощью которых можно просто и надежно выполнять изолирование и герметизацию мест соединений кабелей. В качестве таких материалов применяются различного рода искусственные смолы и, в частности, эпоксидные. Материалы, получаемые на основе эпоксидных смол—эпоксидные компаунды—обладают высокими диэлектрическими свойствами, большой механической прочностью, весьма высокой клеящей способностью по отношению к металлам, фарфору, резине и т. п., стойкостью к действию щелочей, многих кислот и влаги.

Важным свойством эпоксидных компаундов является их способность отвердевать при добавлении особых веществ, называемых отвердителями.

Научно-исследовательским институтом кабельной промышленности (НИИ КП) совместно с Московским проектно-экспериментальным отделением (МОПЭО) ГПИ Тяжпромэлектропроект на основе экспериментальных работ разработаны и внедрены новые универсальные соединительно-стопорные муфты из эпоксидного компаунда для кабелей на напряжения до 10 кВ включительно. В такой муфте, общий вид которой представлен на рис. 15, концы кабелей разделяются и их жилы соединяются обычными способами, описанными в предыдущих разделах, а корпус муфты образуется путем заливки эпоксидного компаунда в съемную форму. Этот корпус после отвердевания компаунда служит одновременно изоляцией и герметизирующей оболочкой, а также и защитным кожухом муфты.

Для монтажа эпоксидных муфт применяется компаунд марки К-115, разработанный НИИ пластмасс и изготовляемый Охтинским химическим заводом. Компаунд состоит из эпоксидной смолы ЭД-5 (100 весовых частей) и полиэфира МГФ-9 (20 весовых частей). Перед употреблением к компаунду указанного состава добав-

ляют кварцевый песок, измельченный вибропомолом. Песок, служащий наполнителем, должен быть сухим и чистым. Количество песка, добавляемого к компаунду, зависит от температуры окружающей среды, при которой производится монтаж муфты, и на 100 весовых частей компаунда К-115 составляет (в весовых частях):

при температуре от  $-10$  до  $+10^{\circ}$  С —  $50 \div 60$

при температуре от  $+10$  до  $+25^{\circ}$  С —  $80 \div 100$

при температуре свыше  $25^{\circ}$  С —  $120 \div 150$

Для получения однородной массы смесь компаунда с песком тщательно перемешивают.

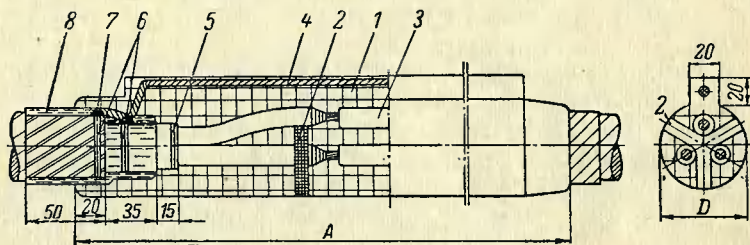


Рис. 15. Соединение кабелей на напряжения 1—10 кВ в муфте из эпоксидного компаунда.

1—корпус муфты (эпоксидный компаунд); 2—распорка из эпоксидного компаунда; 3—соединительная гильза; 4—заземляющий провод; 5—бандаж из сухих суровых ниток; 6—бандажи для заземления свинцовой (или алюминиевой) оболочки и брони кабеля; 7—место пайки; 8—двухслойная подмотка киперной лентой с покрытием каждого слоя эпоксидным компаундом. (Размеры А и D определяются типоразмерами муфт).

Непосредственно перед монтажом муфты в смесь компаунда с наполнителем добавляют отвердитель, в качестве которого применяется кубовый остаток гексаметилендиамина, представляющий собой жидкость черного цвета. Количество отвердителя составляет 25 и 20 весовых частей на 100 весовых частей компаунда К-115 при температуре окружающей среды от  $-10$  до  $+10^{\circ}$  С и свыше  $+10^{\circ}$  С соответственно. Смесь компаунда с отвердителем тщательно перемешивается.

Выполнение соединения кабелей в муфте из эпоксидного компаунда производится по следующей технологии.

После обычной разделки концов кабелей и соединения их жил поверхность разделки тщательно обезжирируют с помощью тряпки, смоченной в бензине или ацетоне. Затем выполняют заземление металлических обо-

лочек и брони кабеля. При этом сперва конец заземляющего провода припаивают к броне и свинцовой (или алюминиевой) оболочке одного кабеля, а затем, отмерив участок провода такой длины, которая необходима для укладки в литниковом отверстии формы муфты, припаивают противоположный конец заземляющего провода к оболочке и броне второго кабеля. Далее приступают к монтажу корпуса муфты. К этому времени должен быть подготовлен компаунд, т. е. к нему должен быть добавлен наполнитель и отвердитель в соответствии с приведенными выше указаниями. Ступени оболочки и брони каждого кабеля в целях повышения надежности их склеивания с компаундом при последующей заливке обматывают в два слоя киперной лентой, покрываемой в процессе намотки приготовленным компаундом (8 на рис. 15).

Для фиксации положения жил в месте соединения с обеих его сторон устанавливают распорки 2, которые закрепляют на жилах с помощью бандажей из сухих суровых ниток. Распорки изготавливают предварительно путем отливки в формах из того же компаунда, который применяется для заливки корпуса муфты.

Съемную форму (рис. 16), изготовленную из тонкой жести (толщиной 0,5—0,9 мм), устанавливают на место соединения. При этом места сопряжения горловин формы с кабелями уплотняют временной подмоткой любой изоляционной лентой. Внутреннюю поверхность формы во избежание прилипания компаунда смазывают предварительно техническим вазелином, тавотом и т. п. Припаянный ранее провод заземления 4 (рис. 15) укладывают в литниковое отверстие формы, после чего производят заливку формы эпоксидным компаундом.

Если заливка производится при отрицательной температуре окружающей среды, компаунд до введения в него отвердителя предварительно подогревают до  $+35 \div +40^\circ \text{C}$  (путем опускания сосуда с компаундом в горячую воду), а при температуре среды свыше  $+20^\circ \text{C}$ , наоборот, — несколько охлаждают компаунд. Предварительное подогревание или охлаждение компаунда диктуется требованиями к времени полимеризации компаунда.

После окончания процесса полимеризации компаунда временная форма снимается и муфта без какого-ли-

бо дополнительного кожуха и покрытия может быть уложена в землю, на конструкцию и т. п. в зависимости от способа прокладки кабелей.

В случае использования эпоксидной муфты в качестве стопорной технология монтажа остается такой же, но включает следующие особенности: соединение жил кабелей выполняется только методом пайки или сварки (для предотвращения перемещения пропиточного состава по жилам); верх корпуса муфты (после снятия формы) укладывается двухслойная намотка

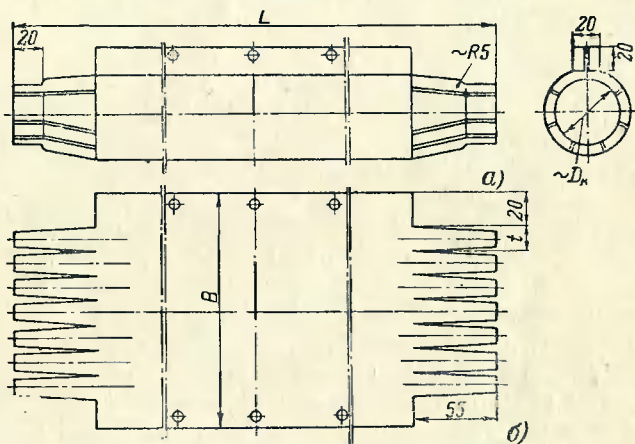


Рис. 16. Съемная форма.

*a*—форма в свернутом виде; *б*—заготовка (выкройка) формы.  
Размеры  $L$ ,  $B$ ,  $D_k$  и  $t$  определяются типоразмерами муфт.

киперной ленты, покрываемой в процессе намотки эпоксидным компаундом. Наложение указанной намотки, повышающей герметичность муфты, производится после снятия формы на следующий день после монтажа муфты. Наложение двухслойной поверхностной намотки киперной лентой рекомендуется выполнять также в случаях монтажа соединительной (нестопорной) муфты при разности уровней более 5 м. При большой разности уровней эта дополнительная намотка лентой обеспечивает герметичность муфты даже в том случае, если пропиточный состав кабеля в каком-то месте пройдет через толщу эпоксидного компаунда в период его полимеризации.

Описанные муфты из эпоксидного компаунда, кроме простоты и быстроты монтажа, отличаются также от других типов соединительных и стопорных муфт значительно меньшим габаритом и расходом материалов и, очевидно, значительно меньшей стоимостью. В таблице приведены размеры соединительных свинцовых и чугунных муфт, латунных стопорных и эпоксидных муфт для кабелей на напряжения 1 и 10 кВ, а также потребность в заливочной массе или эпоксидном компаунде. Данные этой таблицы наглядно свидетельствуют о преимуществах муфт из эпоксидного компаунда. Важным преимуществом этих муфт является и то обстоятельство, что они не требуют установки громоздких и дорогостоящих защитных чугунных или стальных покрышек.

По электрической прочности, как показали серийные испытания, муфты из эпоксидного компаунда не уступают сложным свинцовым и стопорным муфтам, в которых изоляция восстанавливается намоткой бумажными роликами и рулонами, а по герметичности и механической прочности превосходят их. Так, например, герметичность эпоксидной муфты, смонтированной на кабеле марки АСБ 3 × 70, 10 кВ, не нарушалась при длительном испытании избыточным давлением (внутри муфты) около 15 атм.

Сравнительно небольшой опыт эксплуатации муфт из эпоксидного компаунда свидетельствует об их высокой надежности. Нет никаких сомнений в том, что соединения кабелей в муфтах из эпоксидного компаунда в ближайшем будущем найдут самое широкое применение для кабелей на напряжения 1, 3, 6 и 10 кВ и вытеснят сложные, дорогие и громоздкие в монтаже чугунные, свинцовые и другие муфты.

Однако эпоксидному компаунду К-115, с применением которого выше было рассмотрено выполнение соединений кабелей, присущи и некоторые недостатки. Сам компаунд и главным образом отвердитель (кубовый остаток) являются токсичными материалами, которые могут вызвать раздражения кожи (экзему и т. п.). В связи с этим для предупреждения попадания на кожу компаунда или отвердителя приходится применять защитные перчатки (из полиэтилена) и соблюдать другие меры предосторожности.

Нежелательным является также нагрев компаунда

**Основные размеры соединительных, стопорных  
и эпоксидных муфт, необходимое количество кабельной  
массы или эпоксидного компаунда**

| Тип муфты | Размеры муфт, мм |                     | Необходимое количество<br>кабельной массы или эпо-<br>ксидного компаунда для<br>заливки муфты, кг |
|-----------|------------------|---------------------|---|
|           | Длина            | Наружный<br>диаметр |   |

Для кабелей на напряжение 10 кВ

|   |       |     |     |
|---|-------|-----|-----|
| Свинцовая соединительная типа МС-80 для кабелей сечением 35 и 50 мм <sup>2</sup> . . . . .    | 525   | 86  | 4,6 |
| То же, но типа МС-110 для кабелей сечением 185 и 240 мм <sup>2</sup> . . . . .                | 650   | 117 | 7   |
| Латунная стопорная муфта . . . . .  | 1 330 | 150 | 12  |
| Муфта типа МЭ-6 из эпоксидного компаунда для кабелей сечением 16—50 мм <sup>2</sup> . . . . . | 480   | 60  | 2   |
| То же, но типа МЭ-9 для кабелей сечением 150—240 мм <sup>2</sup> . . . . .                    | 600   | 90  | 4,8 |

Для кабелей на напряжение 1 кВ

|   |     |         |     |
|---|-----|---------|-----|
| Чугунная соединительная муфта тип М-40 для кабелей сечением до 35 мм <sup>2</sup> . . . . .   | 580 | 153×128 | 4   |
| То же, но типа М-70 для кабелей сечением 185 и 240 мм <sup>2</sup> . . . . .                  | 900 | 235×300 | 9   |
| Муфта типа МЭ-2 из эпоксидного компаунда для кабелей сечением 16—50 мм <sup>2</sup> . . . . . | 370 | 50      | 1,1 |
| То же, но типа МЭ-4 для кабелей сечением 150—240 мм <sup>2</sup> . . . . .                    | 480 | 80      | 3   |

до значительной температуры в период его отвердевания, сопровождающегося большим выделением тепла, что может при неблагоприятных условиях привести к образованию пузырьков пропитывающего состава кабеля и созданию ими в толще еще неотвердевшего компаунда капиллярных каналов, способствующих вытеканию пропитывающего состава в процессе эксплуатации кабеля.

В условиях монтажа не совсем удобной является также необходимость добавления при приготовлении компаунда наполнителя и отвердителя в определенных весовых соотношениях.

Следует указать, что перечисленные недостатки вовсе не являются органическими и объясняются главным образом тем, что это первый и безусловно удачный опыт применения подобных материалов для соединения кабелей. Нет сомнения в том, что в ближайшее время в результате проведения дальнейших исследований будут найдены новые, более совершенные компаунды, лишенные указанных недостатков. Новые компаунды с более высокими диэлектрическими свойствами позволят применять их для выполнения соединений кабелей на напряжение 35 кв.

## 6. ИСПЫТАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ КАБЕЛЕЙ

Надежность работы соединений кабелей определяется качеством монтажа и применяемых при этом материалов, а также качеством самих муфт и входящих в них узлов. Так, например, хорошо смонтированное соединение кабелей в стопорной муфте может привести к аварии, если корпус муфты либо ее стопорное устройство не обеспечивает требуемой герметичности (имеют щели, сквозные раковины и т. п.). Стопорное устройство, кроме герметичности должно иметь и соответствующие изоляционные свойства, определяемые качеством изготовления.

Поэтому корпуса стопорных, стопорно-переходных муфт и стопорные устройства к ним в соответствии с техническими условиями на их изготовление подвергаются испытанию на герметичность нагнетанием в них сухого подогретого до температуры 45—50° С трансформаторного масла под давлением в 5 атм, прикладыва-

емым в течение 1 ч. Кроме того, проверяют также изоляционные свойства стопорных устройств после их изготовления согласно заводскому паспорту.

Корпуса свинцовых и чугунных муфт после их изготовления не подвергают специальным испытаниям — качество их устанавливают наружным осмотром и измерением основных размеров.

Применяемые для восстановления изоляции комплекты бумажных роликов и рулонов проверяют на месте монтажа на отсутствие влаги.

Смонтированные соединения кабелей отдельному испытанию не подвергают, их испытывают одновременно с кабельными линиями, сдаваемыми в эксплуатацию.

Кабельные линии напряжением до 1 000 в испытывают после окончания монтажных работ мегомметром, с помощью которого измеряют сопротивление изоляции между каждой жилой и заземленной оболочкой кабеля, а также между отдельными жилами кабеля.

Для линий напряжением 3, 6 и 10 кв испытание мегомметром является вспомогательным, позволяющим выявить лишь явные нарушения изоляции (заземление отдельных жил или резкое снижение изоляции какой-либо жилы и т. п.) и целостность жил (обрывы). Пониженные данные сопротивления изоляции, как правило, не являются признаком негодности кабельной линии. Окончательное суждение о состоянии изоляции кабелей на напряжения 3—10 кв можно иметь только после следующего проведения испытания кабеля высоким напряжением. Испытание повышенным напряжением является основным, ибо только оно позволяет выявить различного рода дефекты изоляции кабеля или соединительных муфт. Как правило, это испытание производят выпрямленным напряжением, получаемым от переносных кенотронных аппаратов. Возможно проведение испытания повышенным напряжением и переменного тока, однако в этом случае требуются гораздо более мощные, а следовательно, громоздкие и тяжелые источники питания, применение которых в монтажных условиях затруднительно и неудобно.

В соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) величина испытательного напряжения для кабелей на напряжения 3—10 кв составляет шестикрат-

ное значение номинального напряжения кабеля (для кабеля на напряжение 6 кв испытательное напряжение 36 кв и т. д.).

Время приложения испытательного напряжения 10 мин.

Испытательное напряжение, плавно поднимаемое до указанных величин, прикладывают поочередно между каждой жилой кабеля и остальными жилами, соединенными с заземленной свинцовой или алюминиевой оболочкой. Это относится к многожильным кабелям с поясной изоляцией. В случаях же одножильных кабелей или кабелей с отдельно освинцованными жилами испытательное напряжение прикладывают между жилой и заземленной оболочкой. При испытании кабель должен быть отключен от зажимов электрооборудования, линий и т. п.

В процессе испытания повышенным напряжением производят измерение токов утечки с помощью микроамперметров. Величина тока утечки «Правилами» не нормируется. Однако многолетней практикой установлено, что для кабельных линий до 10 кв ток утечки не должен превосходить 500 мка. Величина тока утечки еще не характеризует качество изоляции. Важным является характер нарастания величины тока утечки, изменение ее в течение всего времени испытания, а также сравнение величин токов утечки в отдельных фазах кабельной линии. Увеличение тока утечки по мере нарастания испытательного напряжения, должно быть плавным, а величина его после установления предельного испытательного напряжения не должна расти. Токи утечки в отдельных фазах (жилах) не должны резко различаться по величине — допустимая разность этих величин должна быть не более двухкратной. Измерение и сравнение токов утечки в отдельных фазах являются хотя и важными, но дополнительными факторами при определении состояния изоляции кабеля и особенно концевых заделок. Главными и явными признаками при испытании повышенным напряжением являются пробой изоляции и наличие скользящих разрядов по поверхности изоляции жил в заделке.

Кабель вместе с соединительными муфтами и концевыми заделками, смонтированными на нем, считается выдержавшим испытание повышенным напряжением,

если не произошло пробоя изоляции, не наблюдалось скользящих разрядов и резких изменений тока утечки или его нарастания после достижения установившегося значения.

Наличие разрядов, искрения на концевых заделках, а также больших значений тока утечки объясняются часто плохим состоянием внешней поверхности концевых заделок и муфт. В связи с этим перед испытанием необходимо тщательно очистить поверхность жил, воронок, изоляторов и т. п.

Наряду с испытанием вновь смонтированных линий в процессе эксплуатации кабелей, в целях предупреждения повреждения изоляции на каком-либо участке линии (например, в соединительной муфте), производят профилактические испытания. Периодичность этих испытаний устанавливается для кабелей 3—10 кВ не реже 1 раза в год, а для кабелей до 1 кВ — 1 раза в 3 года. Профилактические испытания выполняют повышенным выпрямленным напряжением по приведенной выше методике, но величина испытательного напряжения для кабелей 3—10 кВ принимается равной пятикратному значению номинального напряжения, а время его приложения 5 мин.

Частые испытания более высоким напряжением, например шестикратным, могут привести к пробоям соединительных муфт и концевых заделок кабелей, не имеющих явных дефектов.

При обнаружении в процессе испытания местных сосредоточенных дефектов (в муфте и т. п.), характеризующихся заметным нарастанием тока утечки, обычно увеличивают продолжительность испытания до 10, а ватом 15 и более минут. Если при этом наблюдается дальнейшее нарастание тока утечки, то испытательное напряжение поднимают до шестикратного значения номинального напряжения кабеля и ведут испытание до пробоя дефектного места. В случае благополучного исхода профилактического испытания кабельную линию считают годной для дальнейшей эксплуатации.

При проведении испытаний повышенным напряжением, равно как и при работе с мегомметром, следует соблюдать правила техники безопасности. Особое внимание следует обращать на то, чтобы к концевым заделкам испытываемого кабеля не могли дотрагиваться и под-

ходить люди, для чего эти места должны быть ограждены и снабжены плакатами «Стой — высокое напряжение!».

Необходимо после каждого испытания повышенным напряжением и после проверки сопротивления изоляции мегомметром сразу же разрядить кабель от емкостного тока путем заземления его с помощью специальной штанги с рукояткой из изоляционного материала.

---

---

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хромченко Г. Е. Соединение и оконцевание медных и алюминиевых проводов и кабелей, Госэнергоиздат, 1959.

2. Техническая документация на кабельные муфты, вып. I, II, VIII и IX. Госэнергоиздат, 1957 и 1958.

---

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение . . . . .  | 3  |
| 1. Краткие сведения о конструкции силовых кабелей . . . . .   | 6  |
| 2. Общие вопросы монтажа соединений кабелей . . . . .   | 9  |
| 3. Соединение кабелей на напряжение до 1 кв . . . . .   | 14 |
| 4. Соединение кабелей на напряжения 3, 6 и 10 кв . . . . .  | 22 |
| 5. Соединение кабелей на напряжения 1—10 кв в универсальных муфтах из эпоксидного компаунда . . . . . | 34 |
| 6. Испытание соединений кабелей . . . . .   | 41 |
| Литература . . . . .  | 46 |

---

6П2.14 *Авиновицкий Инар Яковлевич*

А20 СОЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЕЙ. М.—Л., Госэнергоиздат, 1961.

46 с. с черт. и илл. (Б-ка электромонтера. Вып. 40)

6П2.14

Редактор *А. Л. Фаерман*

Техн. редактор *Н. И. Борунов*

Сдано в набор 3/ХІ 1960 г.

Подписано к печати 12/І 1961 г.

Т-01614 Бумага 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>

2,46 печ. л. Уч.-изд. л. 2,5

Тираж 30 000 экз.

Цена 9 коп.

Зак. 2569

---

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

---

---

# ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

## „БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА“

### ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

- Хомяков М. В. и Якобсон И. А., Термитная сварка много-  
проволочных проводов (выпуск 23)
- Федотов Б. Н., Схемы включения электрических счетчиков (вы-  
пуск 24)
- Стешенко Н. Н., Техника безопасности при эксплуатации элек-  
троустановок на строительстве (выпуск 25)
- Жерве Г. К., Как рассчитать обмотку статора асинхронного дви-  
гателя (выпуск 26)
- Аптов И. С. и Хомяков М. В., Уход за изоляционным мас-  
лом (выпуск 27)
- Михалков А. В., Что нужно знать о регулировании напряже-  
ния (выпуск 28)
- Локшин М. В., Ремонт высоковольтных изоляторов до 35 кв  
(выпуск 29)
- Боярченков М. А. и Шинянский А. В., Магнитные усили-  
тели (выпуск 30)
- Балуев В. К., Техника безопасности при эксплуатации перенос-  
ных электроустановок (выпуск 31)
- Дементьев В. С., Как определить повреждение в силовом ка-  
беле (выпуск 32)
- Ермолин Н. П., Как рассчитать маломощный силовой трансфор-  
матор (выпуск 33)
- Севастьянов М. И., Техника безопасности такелажных работ  
при монтаже энергетических установок (выпуск 34)
- Анастасиев П. И., Сооружение и монтаж воздушных линий  
электропередачи до 1000 в (выпуск 35)
- Ключев Б. И., Выбор электродвигателей для производственных  
механизмов (выпуск 36)
- Мишустина Л. И., Воздушные автоматические установочные  
выключатели серии АЗ100 (выпуск 37)
- Кожин А. Н., Релейная защита линий 3—10 кв на переменном  
оперативном токе (выпуск 38)
- Карпов Ф. Ф., Козлов В. Н. и Лоодус О. Г., Автоматиза-  
ция насосных установок (выпуск 39).

### ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ

- Гуреев И. А., Шинопроводы напряжением до 1000 в
- Булавин Н. П., Селеновые выпрямители, их монтаж и эксплуа-  
тация
- Ермолаев И. Н., Магнитные пускатели переменного тока
- Якобсон И. А., Опрессование контактных соединений проводов  
и тросов
- 
-

**Цена 9 коп.**