

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор
ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ»
_____ В.М. Золотарев

РУКОВОДСТВО

**ПО ВЫБОРУ, ПРОКЛАДКЕ, МОНТАЖУ,
ИСПЫТАНИЯМ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА
НА НАПРЯЖЕНИЕ
от 45 до 150 кВ**

РАЗРАБОТАНО:

Главный инженер-
технический директор
ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ»
_____ Ю.А. Антонец

Главный технолог
ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ»
_____ А.Л. Обозный

2014 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Общие сведения о кабелях с изоляцией из сшитого полиэтилена, выпускаемых ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ»

- 1.1 Введение
- 1.2 Общие сведения о кабелях с изоляцией из сшитого полиэтилена
- 1.3 Конструкция
- 1.4 Технология производства и применяемые материалы
- 1.5 Испытания

Раздел 2. Руководство по выбору кабелей

- 2.1 Марки кабелей
- 2.2 Номинальное напряжение
- 2.3 Область применения и условия эксплуатации
- 2.4 Выбор номинального сечения жил и экранов в зависимости от токовых нагрузок
- 2.5 Способы заземления экранов кабелей и защита от перенапряжений
- 2.6 Электрические характеристики кабелей
- 2.7 Наружный диаметр и масса кабелей
- 2.8 Химическая устойчивость наружных оболочек

Раздел 3. Инструкция по прокладке кабелей

- 3.1 Введение
- 3.2 Общие требования
- 3.3 Способы прокладки кабелей
- 3.4 Подготовка и приемка трассы
- 3.5 Хранение и транспортирование барабанов с кабелем
- 3.6 Подготовительные работы
- 3.7 Прокладка
- 3.8 Испытание оболочек кабелей, проложенных в земле
- 3.9 Ремонт оболочки кабелей
- 3.10 Герметизация концов кабелей

Раздел 4. Рекомендации по выбору и монтажу кабельных муфт

- 4.1 Соединительные муфты
- 4.2 Концевые муфты
- 4.3 Соединение маслонаполненных кабелей и кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена с помощью переходных муфт
- 4.4 Общие указания по монтажу термоусаживаемых муфт

Раздел 5. Испытания и эксплуатация кабельных линий

- 5.1 Испытания кабельных линий после монтажа и в процессе эксплуатации
- 5.2 Определение мест повреждений кабельных линий
- 5.3 Ремонт кабельных линий
- 5.4 Обходы и осмотры кабельных линий

Раздел 6. Правила безопасности при выполнении работ на кабельных линиях

- 6.1 Общие положения
- 6.2 Земляные работы
- 6.3 Вскрытие муфт, разрезание кабеля
- 6.4 Прокладка, перекладка кабеля и переноска муфт
- 6.5 Работы в подземных сооружениях

Приложение А. Примеры прокладки кабельных линий на напряжение 64/110 кВ с использованием кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена

Литература

Контактная информация

РАЗДЕЛ 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КАБЕЛЯХ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА, ВЫПУСКАЕМЫХ ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ»

1.1 ВВЕДЕНИЕ

Харьковский кабельный завод «Южкабель» был создан в 1943 г. для обеспечения кабельно-проводниковой продукцией потребностей фронта и восстанавливаемой электромашиностроительной промышленности Харькова и Украины. С момента своего создания завод постоянно уделял внимание расширению номенклатуры выпускаемых изделий, повышению культуры производства и решению социальных вопросов коллектива.

В настоящее время ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ» является крупнейшим предприятием в регионе по выпуску кабельно-проводниковой продукции и изделий цветного проката, успешно функционирующим в условиях рыночной экономики. ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ» не только обеспечивает потребности Украины, но и является экспортером в страны СНГ, ближнего и дальнего зарубежья. ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ» обеспечивает своей продукцией новостройки и машиностроение, электростанции и метрополитены, городской транспорт и железные дороги, нефтяные месторождения и угольные шахты. ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ» является корпоративным поставщиком НАЭК «Энергоатом» с правом поставки продукции на атомные станции Украины.

Цели ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ» в области качества — удовлетворение потребителей за счет обеспечения высокого качества продукции, маркетинговых исследований и постоянной связи с потребителями, оперативного реагирования на потребности рынка. Для этого на заводе постоянно ведется разработка и запуск в производство новых изделий, соответствующих международным и национальным стандартам, внедрение новых материалов и работа по качеству закупаемых материалов с их поставщиками, в числе которых такие известные зарубежные фирмы, как Du Pont, Borealis, Alkana, внедрение новых перспективных технологических процессов, в том числе «ноу-хау».

Технологическое оборудование завода постоянно модернизируется. По закупкам нового технологического и испытательного оборудования ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ» сотрудничает с ведущими мировыми производителями: фирмами MAG (Австрия), Troester (Германия), Pourtier (Франция), Cortinovis (Италия), Hipotronics (США) и т.д.

Предприятие оснащено испытательным оборудованием, позволяющим вести испытания и контроль всей выпускаемой номенклатуры кабельно-проводниковой продукции. Центральная заводская лаборатория аккредитована в Системе сертификации УкрСЕПРО на техническую компетентность.

Одновременно с расширением производства решаются вопросы сертификации продукции, производства и системы качества в соответствии с национальными и международными требованиями.

На предприятии функционирует система качества, разработанная и сертифицированная на соответствие ISO 9001:2008 и ДСТУ ISO 9001:2009, позволяющая осуществлять управление качеством продукции на этапах от разработки продукции и поступления материалов до поставки продукции потребителю, и система управления окружающей средой, сертифицированная на соответствие ДСТУ ISO 14001:2006.

Проектирование, монтаж и эксплуатация кабельных линий с применением кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена проводятся согласно разработанным при участии специалистов «Южкабеля» стандартам СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-49:2011 «Проектування кабельних ліній напругою до 330 кВ», СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-50:2011 «Монтаж кабельних ліній електропередавання напругою 110 – 330 кВ» и СОУ 40.1-00013741-35:2010 «Експлуатація кабельних ліній електропередавання напругою від 110 кВ до 330 кВ».

1.2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КАБЕЛЯХ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

В 60-х годах прошлого века появилось первое поколение кабелей с экструдированной изоляцией, вначале с изоляцией из термопластичного полиэтилена, затем – из сшитого полиэтилена. Массовое производство кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 110 кВ началось в 1971 г., в настоящее же время созданы, проложены и находятся в эксплуатации подобные кабели на напряжение до 500 кВ.

На территории стран СНГ этот вид кабелей получает все большее применение. Так, кабельные сети ОАО «Мосэнерго» и АО «Ленэнерго» приняли решение о широком применении кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена при сооружении электрических сетей. Начата замена проложенных ранее кабелей с бумажной пропитанной изоляцией на среднее напряжение и маслонаполненных кабелей на напряжение 110 кВ на кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Сшитый полиэтилен (русская аббревиатура СПЭ, английская XLPE, немецкая VPE) представляет собой полимер, образованный молекулами полиэтилена, цепочки которых соединены между собой дополнительно поперечными связями (рисунок 1.1).

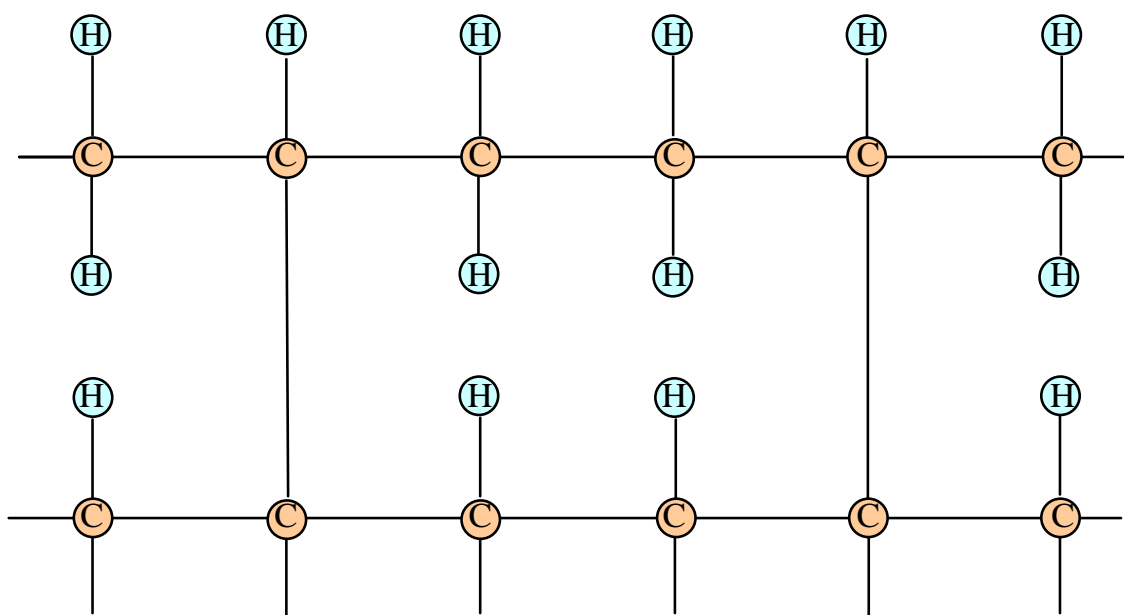


Рисунок 1.1

Широкое использование сшитого полиэтилена в качестве материала изоляции силовых кабелей обусловлено его превосходными диэлектрическими качествами (высокая электрическая прочность, низкий $\tan \delta$, низкая диэлектрическая проницаемость и, вследствие этого, малая емкость) и высокой температурной стабильностью, что позволяет увеличить токовые нагрузки как в режиме эксплуатации, так и в режиме короткого замыкания.

Основным недостатком первых кабелей высокого напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена было интенсивное старение полимерной изоляции. В настоящее время установлено, что старение полиэтилена в условиях воздействия электрического поля определяется прежде всего наличием неоднородностей в изоляции, возникающих как в процессе производства кабелей, так и свойственных самому изоляционному материалу в исходном состоянии. Если в полимерной изоляции кабеля существуют неоднородности, то под действием влаги и электрического поля в процессе эксплуатации в этой изоляции начинают развиваться проводящие каналы, известные под названием «дендритов» (древовидных образований) или «водных триингов». Триинги могут развиваться на поверхности изоляции, в основном на участках, в которых существует неоднородность структуры изоляции на границе с по-

лупроводящими экранами по жиле и по изоляции, и из неоднородностей структуры, находящихся в толще изоляции (загрязнения, включения, микропустоты). Образование триингов приводит к местным концентрациям электрического поля в изоляции. Область изоляции с триингом со временем подвергается более быстрому окислению, изоляция быстро стареет, и в результате может наступить пробой.

Разработанные «Южкабелем» конструкции, применяемые материалы и современная технология изготовления кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена позволяют свести к минимуму или исключить процесс триингообразования в течение длительного срока службы и прогнозировать работоспособность кабелей в течение 30 лет и более.

Основные свойства сшитого полиэтилена

- электрическая прочность при 20 °С - около 50 кВ/мм;
- диэлектрическая проницаемость ϵ_r при 20 °С - не более 2,5
- тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$ при 90 °С - не более $10 \cdot 10^{-4}$
- стойкость к тепловой деформации (нагрев образца до 200 °С под нагрузкой 20 Н/см² в течение 15 мин):
 - удлинение под нагрузкой при 200 °С - не более 175 %
 - остаточное удлинение после снятия нагрузки и охлаждения - не более 15 %
- водопоглощение при температуре 85 °С и продолжительности испытания 14 суток - не более 1 мг/см²

В сравнении с маслонаполненными кабелями высокого напряжения кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена имеют ряд преимуществ:

- ✓ повышенная нагрузочная способность, обусловленная более высокой допустимой температурой изоляции в рабочем режиме (см. таблицу 1.1)
- ✓ высокая термическая стабильность при протекании токов короткого замыкания (см. таблицу 1.1)
- ✓ малый вес и меньший наружный диаметр, что облегчает прокладку кабелей, особенно на сложных участках кабельных трасс
- ✓ меньший допустимый радиус изгиба кабелей
- ✓ возможность прокладки на трассах с неограниченной разностью уровней
- ✓ отсутствие жидкостей в конструкции кабеля и подпитывающей аппаратуры, что значительно снижает расходы на сооружение кабельной линии, ее ремонт и эксплуатацию
- ✓ простая технология монтажа муфт и ремонта кабеля
- ✓ отсутствие утечек масла, что снижает риск загрязнения окружающей среды

Таблица 1.1

Наименование характеристики	Значение для кабеля на напряжение 64/110 кВ	
	для кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена	для маслонаполненного кабеля
Длительно допустимая температура нагрева жилы, °С	90	85
Допустимая температура в режиме перегрузки, °С	130	90
Максимально допустимая температура жилы при коротком замыкании, °С	250	200
Допустимая плотность 1-секундного тока короткого замыкания, А/мм ² : - для медной жилы - для алюминиевой жилы	143 94	101 67
Диэлектрическая проницаемость изоляции ϵ_r при максимально допустимой температуре	2,5	3,7
Тангенс угла диэлектрических потерь при максимально допустимой температуре	0,0010	0,0045

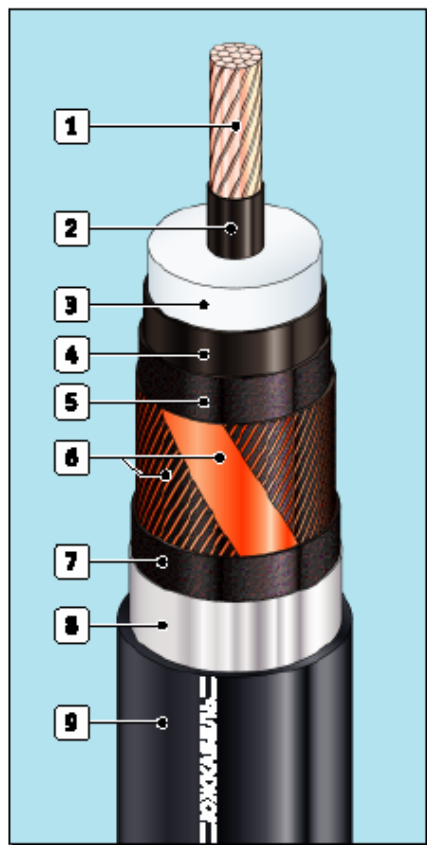
1.3 КОНСТРУКЦИЯ

Основные элементы конструкции:

- **токопроводящая жила** – медная или алюминиевая, многопроволочная уплотненная (жила номинальным сечением 1200 мм² и более скручена из 4 – 6 многопроволочных уплотненных секторов, т.н. жила конструкции Милликена). Номинальное сечение жилы до 2000 мм². Возможна герметизация жилы от продольного распространения влаги с помощью водонабухающих нитей;
- **внутренний полупроводящий слой, изоляция и внешний полупроводящий слой**, наложенные одновременно методом тройной экструзии. Эти элементы выпрессовываются из композиций сшиваемого полиэтилена высокой чистоты производства фирмы «Borealis», Швеция, и вулканизируются в среде азота при высоких значениях температуры и давления. Полупроводящие слои прочно соединены с изоляцией, что увеличивает стойкость кабеля к токам короткого замыкания и воздействию циклов нагрева и охлаждения;
- **экран**, выполненный в виде комбинации из медных проволок и лент. Номинальное сечение экрана от 35 до 300 мм². Экран герметизирован в продольном направлении водонабухающими лентами; возможна также дополнительная поперечная герметизация при помощи алюмополимерной ленты, сваренной с наружной оболочкой;
- **экструдированная наружная оболочка** из полиэтилена высокой плотности, поливинилхлоридного (ПВХ) пластика или полимерной композиции, не распространяющей горение.

Возможно изготовление кабелей с наружной оболочкой в исполнении «нг» (не распространяющих горение), в исполнении «нгд» (не распространяющих горение и с низким выделением дыма и коррозионноактивных газов) или «нг-HF» (не распространяющих горение, безгалогенных), а также в тропическом исполнении.

Система маркообразования кабелей, их конструктивные и эксплуатационные характеристики приведены в разделе 2.



Пример конструкции кабеля марки ПвЭгаПу:

- 1 – медная токопроводящая жила
- 2 – внутренний экструдированный полупроводящий слой
- 3 – экструдированная изоляция из сшитого полиэтилена
- 4 – внешний экструдированный полупроводящий слой
- 5 – обмотка полупроводящим водонабухающим полотном
- 6 – медный экран, выполненный в виде повива медных проволок, скрепленных спирально наложенной медной лентой
- 7 – обмотка водонабухающим полотном
- 8 – алюмополимерная лента, наложенная продольно и сваренная с наружной оболочкой
- 9 – экструдированная усиленная наружная оболочка из полиэтилена высокой плотности

1.4 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЯЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Технологический процесс производства кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на «Южкабеле» соответствует последним достижениям в области кабельной техники:

- в производстве применяются материалы только наилучшего качества, прошедшие входной контроль: триингостойкие суперчистые изоляционные и полупроводящие композиции сшиваемого полиэтилена и полиэтилена высокой плотности для оболочек производства фирмы «Borealis», поливинилхлоридные пластикаты, в т.ч. пониженной горючести и пониженной пожароопасности фирмы «Проминвест пластик», водоблокирующие материалы фирм «Lantor», «Geca Tapes»;
- применение вакуумной упаковки при транспортировке изоляционных материалов и закрытого процесса их загрузки и экструзии обеспечивает максимальную чистоту изоляции;
- токопроводящие жилы скручиваются и уплотняются на крутильной машине фирмы «Cortinovis». Применение уплотнения по повивам позволяет получить высокий коэффициент уплотнения жилы и гладкую ее поверхность. На крутильной машине при необходимости накладываются также водоблокирующие материалы;
- одновременное наложение изоляции и полупроводящих экранов осуществляется на наклонных линиях газовой вулканизации фирм «Troester» и «Maillefer», вулканизация происходит в среде азота при высоких значениях температуры и давления («сухая» вулканизация), что дает возможность исключить попадание влаги в изоляцию и получить гладкую и однородную изоляцию без пустот и посторонних включений, с плотно прилегающими полупроводящими экранами. Толщина и эксцентриситет слоев непрерывно контролируются приборами лазерного контроля;
- наложение обмоток водонабухающими лентами, экранов из медных проволок и лент производится на универсальной крутильной машине Drum Twister фирмы «Pourtier»;
- экструдирование наружных оболочек кабелей и наложение алюмополимерных лент (при необходимости) происходит на экструзионных линиях фирм «Troester» и «Maillefer», оснащенных приборами измерения диаметра, контроля герметичности оболочки и устройством для маркирования с помощью печатающей ленты;
- комплекс испытательного оборудования фирмы «Hipotronics» позволяет проводить испытания кабелей на наличие в изоляции частичных разрядов, а также испытания готовых кабелей повышенным напряжением;
- все перечисленное оборудование имеет компьютеризированное управление технологическими процессами и испытаниями на базе математического, программного и технического обеспечения, разработанного фирмой «Siemens», включая системы рецептов и отчетов.

Система управления производством включает в себя следующие функции:

- ✓ автоматический расчет технологических параметров линий (например, для наклонной линии газовой вулканизации – послойное соотношение температуры как функции времени, основанное на расчете теплопередачи между слоями, температурной зависимости периода полураспада пероксида и т.д.);
- ✓ обеспечение полной синхронизации всех узлов линий в зависимости от параметров технологического процесса и их изменений;
- ✓ сигнализацию и мониторинг в случае достижения одним или несколькими технологическими параметрами своих критических значений;
- ✓ отслеживание стабильности параметров технологического процесса и обеспечение практически мгновенной реакции на их текущие измерения.

Система управления оборудована современными промышленными компьютерами с интерфейсом, позволяющим создавать, хранить, а при необходимости и выдавать технологические параметры или результаты испытаний для принятия управленческих решений.

1.5 ИСПЫТАНИЯ

Кабели подвергаются приемо-сдаточным, периодическим и типовым испытаниям.

В процессе приемо-сдаточных испытаний строительные длины кабелей подвергаются следующим видам испытаний:

- проверка герметичности оболочки
- испытание переменным напряжением величиной $2,5U_0$ в течение 30 мин
- измерение уровня частичных разрядов
- измерение электрического сопротивления токопроводящей жилы
- проверка маркировки и упаковки

Образцы, взятые от строительных длин кабелей, подвергаются испытаниям:

- проверка конструктивных элементов и основных размеров
- испытание на тепловую деформацию изоляции

Периодически проверяется:

- стойкость кабелей к монтажным изгибам
- электрическая емкость кабелей
- водонепроницаемость кабелей

Типовые испытания проводятся при внесении изменений в конструкцию кабелей, технологию их изготовления или применяемые материалы, если это изменения влияют на технические характеристики кабелей.

В состав типовых испытаний могут включаться:

- электрические испытания (измерение электрического сопротивления медного экрана, измерение $\tan \delta$ изоляции, измерение уровня частичных разрядов в изоляции до и после испытания на изгиб, а также после воздействия циклов нагрева и охлаждения, испытание импульсным напряжением, измерение удельного электрического сопротивления полупроводящих экранов)
- испытания на стойкость к внешним воздействующим факторам (стойкость к повышенной и пониженной температуре окружающей среды, в повышенной влажности, испытание на водонепроницаемость, испытание на нераспространение горения, в т.ч. при прокладке в пучках, испытание на дымогазовыделение при горении и тлении кабелей)
- механические и физико-химические испытания материалов изоляции и оболочки
- испытание готовых кабелей старением при повышенной температуре для проверки совместимости материалов

Кабели сертифицированы в системе УкрСЕПРО и в системе сертификации ГОСТ Р с привлечением испытательной базы ОАО «ВНИИКП» г. Москва, РФ и НИИВН г. Славянск, Украина.

РАЗДЕЛ 2

РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ КАБЕЛЕЙ

2.1 МАРКИ КАБЕЛЕЙ

Марка кабеля содержит краткое обозначение конструктивных элементов, которые определяют основные условия прокладки и эксплуатации кабеля.

Марки кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена содержат следующие обозначения:

Токопроводящая жила	А	алюминиевая жила
	—	медная жила (без обозначения)
Изоляция	Пв	изоляция из сшитого полиэтилена
Экран	Э	медный экран по изолированной жиле
	г	продольная герметизация экрана водонабухающими лентами
	га	продольная и поперечная герметизация экрана водонабухающими материалами и алюмополимерной лентой
Наружная оболочка	П	наружная оболочка из полиэтилена или сополимера полиэтилена
	Пу	усиленная полиэтиленовая оболочка
	Внг	наружная оболочка из ПВХ пластика, не распространяющего горение при групповой прокладке кабелей
	Внгд	наружная оболочка из ПВХ пластика, не распространяющего горение и с низким выделением дыма и коррозионноактивных газов
	Пнг	наружная оболочка из полимерной композиции, не распространяющей горение
	Пнг-НГ	наружная оболочка из полимерной композиции, не распространяющей горение, не содержащей галогенов
Климатическое исполнение	—	исполнение У (УХЛ) (без обозначения)
	-Т	исполнение Т (тропическое)

Пример обозначения: «Кабель А ПвЭ г П - 110 1х240(г)/95 ТУ У 31.3-00214534-060:2010»

алюминиевая токопроводящая жила

изоляция из сшитого полиэтилена

медный экран с продольной герметизацией

наружная оболочка из полиэтилена

номинальное фазное/линейное напряжение, кВ

число жил

номинальное сечение токопроводящей жилы, мм²

жила продольно герметизирована

номинальное сечение экрана, мм²

обозначение технических условий

2.2 НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Кабели предназначены для работы в сетях переменного тока частоты 49-61 Гц на номинальное напряжение величиной, указанной в таблице 2.1, в сетях с заземленной нейтралью.

Таблица 2.1

U_0 , кВ	U , кВ	U_m , кВ
26	45	52
36	60	72,5
64	110	126
76	132	145
87	150	172

U_0 – номинальное фазное напряжение (действующее напряжение между токопроводящей жилой и металлическим экраном, на которое рассчитан кабель);

U – номинальное линейное напряжение (действующее напряжение между токопроводящими жилами кабелей одной трехфазной системы);

U_m – максимальное значение напряжения сети, при котором может использоваться кабель.

В обозначении кабелей и в дальнейшем по тексту указывается номинальное линейное напряжение U .

2.3 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Основные марки кабелей и соответствующие им области применения приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Марка кабеля	Рекомендуемые области применения
АПвЭгП, ПвЭгП	Для прокладки в земле (траншеях) с высокой коррозионной активностью грунта, при условии защиты кабеля от механических повреждений
АПвЭгаП, ПвЭгаП	То же, для прокладки в сырых, частично затапливаемых помещениях, в несудоходных водоемах при обеспечении механической защиты кабелей
АПвЭВнг, ПвЭВнг, АПвЭгПнг, ПвЭгПнг	Для групповой прокладки в помещениях, каналах и туннелях, в т.ч. пожароопасных

Кабели предназначены для прокладки на трассах без ограничения разности уровня.

При прокладке кабелей на воздухе (на эстакадах, галереях, открытых лотках и т.д.) необходимо предусмотреть защиту кабелей от солнечного излучения.

Допускается прокладка кабелей с наружной оболочкой из полиэтилена в помещениях и кабельных сооружениях при условии обеспечения дополнительных средств противопожарной защиты.

Кабели с маркировкой «нгд» и «нг-НФ» предназначены для прокладки на объектах, где наряду с требованиями к нераспространению горения предъявляются требования к пониженному дымогазовыделению при горении и тлении: атомных станциях, электростанциях, метрополитенах, высотных зданиях, крупных промышленных объектах и др.

Прокладка кабелей с маркировкой «нг», «нгд» и «нг-НФ» в земле (траншеях) не рекомендуется; в обоснованных случаях допускается прокладка этих кабелей в сухих грунтах при условии обеспечения защиты кабеля от механических повреждений и соблюдении требований, указанных в 3.2.3 и 3.2.11.

Кабели с усиленной оболочкой из полиэтилена предназначены для прокладки на сложных участках кабельных трасс, содержащих более 4 поворотов под углом свыше 30° или прямолинейные участки с более чем 4 переходами в трубах длиной свыше 20 м или с более чем двумя переходами в трубах длиной свыше 40 м, а также для прокладки в воде.

Кабели предназначены для эксплуатации в стационарном состоянии при температуре окружающей среды от плюс 50 °С до минус 50 °С для кабелей с наружной оболочкой из ПВХ пластика, до минус 60 °С – для кабелей с наружной оболочкой из полиэтилена и от плюс 65 °С до минус 25 °С – для кабелей в тропическом исполнении.

Длительно допустимая температура нагрева жил кабелей при эксплуатации 90 °С.

Максимально допустимая температура нагрева жил кабелей при коротком замыкании 250 °С. Продолжительность короткого замыкания не должна превышать 5 с.

Предельно допустимая температура экрана при коротком замыкании 350 °С.

Допустимая температура нагрева жил кабелей в режиме перегрузки не более 130 °С.

Продолжительность работы кабелей в режиме перегрузки не должна быть более 8 ч в сутки и не более 1000 ч за срок службы.

2.4 ВЫБОР НОМИНАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ЖИЛ И ЭКРАНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОКОВЫХ НАГРУЗОК

2.4.1 Номинальное сечение токопроводящих жил выбирается из диапазона сечений, приведенного в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Номинальное напряжение, U, кВ	45	60	110	132	150
Номинальное сечение жил, мм ²	70-2000	95-2000	185-2000	240-2000	300-2000

Номинальное сечение токопроводящих жил кабелей выбирается по длительно допустимому току, приведенному в 2.4.2 и скорректированному с учетом условий прокладки и эксплуатации кабеля при помощи поправочных коэффициентов, приведенных в 2.4.3. Поправочные коэффициенты должны быть приняты для участка трассы с наихудшими условиями охлаждения, длина которого превышает 10 м.

Длительно допустимый ток кабельной линии определяется исходя из передаваемой мощности по формуле:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}, [\text{A}] \quad (2.1)$$

где P – передаваемая мощность, кВт

U – номинальное линейное напряжение, кВ

φ - угол сдвига фаз между напряжением и током.

Передаваемая мощность принимается с учетом возможных послеаварийных нагрузок и обеспечения необходимого резерва мощности в системе.

При необходимости прокладки нескольких параллельных кабельных цепей для передачи мощности P рекомендуется проводить технико-экономические расчеты с учетом затрат на прокладку кабелей, их монтаж и эксплуатацию.

Выбранное номинальное сечение жилы должно быть проверено по допустимому току при перегрузках (в послеаварийном режиме) в соответствии с 2.4.4 и по допустимому току короткого замыкания жилы, приведенному в 2.4.6.

Номинальное сечение экрана кабелей выбирается по допустимому току короткого замыкания экрана, приведенному в 2.4.6.

2.4.2 Длительно допустимые токовые нагрузки

Длительно допустимая токовая нагрузка силовых кабелей рассчитывается по методике СЕІ ІЕС 60287.

Длительно допустимый ток кабеля рассчитывается в общем случае по формуле:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\Theta - W_d (0,5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4))}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}} \quad [A], \quad (2.2)$$

где $\Delta\Theta$ – разница температур между токоведущей жилой и окружающей средой, °С;

W_d – диэлектрические потери на единицу длины, Вт/м;

T_1 – термическое сопротивление между жилой и металлическим экраном (оболочкой), °С.м/Вт;

T_2 – термическое сопротивление между металлическим экраном (оболочкой) и броней, °С.м/Вт;

T_3 – термическое сопротивление наружного покрова, °С.м/Вт;

T_4 – термическое сопротивление окружающей кабель среды, °С.м/Вт (для земли эта величина обусловлена процессом теплопроводности, а для воздуха – процессом конвекции);

R – электрическое сопротивление токопроводящей жилы переменному току при максимально допустимой температуре жилы, Ом/м;

n – число жил в кабеле;

λ_1, λ_2 – отношение общих потерь в металлических экранах (оболочках) и броне к сумме потерь в токопроводящих жилах.

При расчете по этой формуле сделаны следующие допущения:






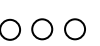




- а) подсушивание грунта вокруг кабелей, проложенных в земле, не учитывается;
- б) кабели, проложенные на воздухе, защищены от воздействия солнечного излучения.

Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей, приведенные в таблице 2.4, рассчитаны при следующих условиях:

- температура жилы 90 °С;
- температура окружающей среды 20 °С при прокладке в земле и 30 °С при прокладке на воздухе;
- фактор нагрузки 1,0;
- глубина прокладки в земле 1,5 м;
- удельное тепловое сопротивление грунта 1 К·м/Вт;
- при прокладке треугольником кабели проложены вплотную, при прокладке в плоскости расстояние между кабелями в свету равно диаметру кабеля;
- кабели на воздухе проложены свободно (на расстоянии от опоры) и защищены от воздействия солнечного излучения;
- номинальное сечение медного экрана 95 мм².

При других условиях эксплуатации длительно допустимый ток должен быть скорректирован путем умножения величин, указанных в таблице 2.4, на корректирующие коэффициенты, приведенные в 2.4.3.

Таблица 2.4

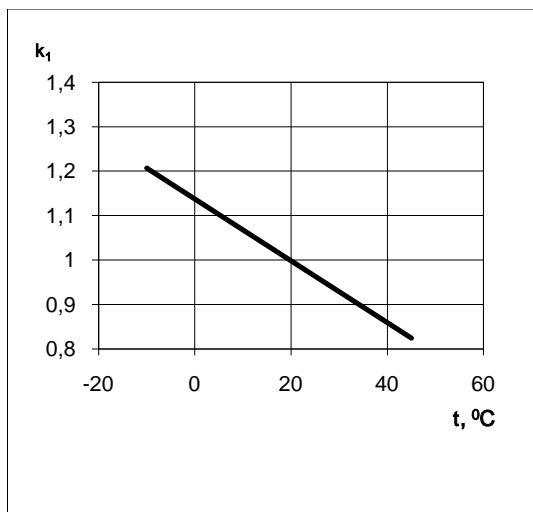
Номинальное сечение жилы, мм ²	Длительно допустимая токовая нагрузка, А (слева – при заземлении экрана на двух концах линии, справа – при поперечном соединении экранов или заземлении экрана на одном конце линии), для кабелей															
	с медной жилой								с алюминиевой жилой							
	в земле				на воздухе				в земле				на воздухе			
																
45 и 60 кВ																
70	260	264	263	275	299	302	344	359	203	205	207	213	233	235	272	279
95	308	314	307	327	357	363	406	431	240	243	244	253	279	281	322	334
120	346	355	342	370	405	414	455	491	271	276	273	287	317	321	363	381
150	384	396	375	413	453	465	502	552	301	307	301	320	355	360	403	428
185	428	445	413	464	510	527	554	625	338	346	335	361	401	410	450	485
240	488	513	462	536	587	613	621	727	387	399	379	416	464	477	511	565
300	541	576	504	603	659	695	678	823	432	448	417	468	524	541	564	640
350	567	607	523	636	695	737	704	872	457	477	438	499	558	579	593	684
400	603	651	549	683	742	793	738	940	486	511	462	534	597	622	625	735
500	668	734	595	774	832	903	797	1071	546	580	509	609	677	714	688	843
630	735	824	639	875	926	1024	851	1219	610	658	557	693	765	818	749	965
800	798	913	679	979	1016	1146	899	1370	674	740	602	783	855	928	807	1097
1000	852	994	712	1074	1094	1254	935	1503	734	819	643	872	938	1034	854	1221
1200	995	1247	807	1327	1426	1721	1279	2088	854	998	733	1056	1212	1377	1159	1662
1400	1039	1334	830	1426	1492	1846	1288	2234	901	1075	760	1140	1283	1487	1181	1785
1600	1072	1408	847	1512	1544	1950	1299	2361	941	1144	782	1216	1342	1584	1204	1899
2000	1127	1536	874	1664	1629	2132	1311	2586	1008	1269	819	1355	1444	1761	1233	2106
110, 132 и 150 кВ																
185	435	449	422	468	532	545	573	624	342	349	341	364	417	423	460	484
240	498	520	475	544	619	639	658	737	394	405	388	422	487	496	533	572
300	554	585	519	612	695	724	722	835	440	455	428	476	549	563	591	649
350	581	617	540	646	733	767	753	886	466	484	450	506	585	602	624	694
400	619	662	567	694	784	826	792	954	497	518	475	543	626	647	660	745
500	687	748	615	787	881	941	860	1088	559	590	524	618	711	742	730	855
630	761	845	664	894	989	1075	934	1255	627	672	576	707	810	855	809	992
800	827	939	705	1000	1086	1204	987	1410	694	757	623	799	905	970	873	1126
1000	887	1027	741	1106	1180	1333	1036	1580	760	843	668	897	1005	1095	936	1282
1200	1012	1258	824	1337	1476	1746	1358	2086	866	1005	746	1063	1245	1395	1216	1659
1400	1057	1348	847	1438	1546	1874	1366	2234	914	1083	775	1148	1319	1507	1240	1784
1600	1092	1424	865	1524	1602	1982	1379	2364	955	1153	797	1225	1382	1605	1265	1899
2000	1149	1556	892	1678	1690	2170	1387	2590	1024	1281	834	1366	1488	1786	1295	2108

2.4.3 Поправочные коэффициенты для пересчета длительно допустимых токов

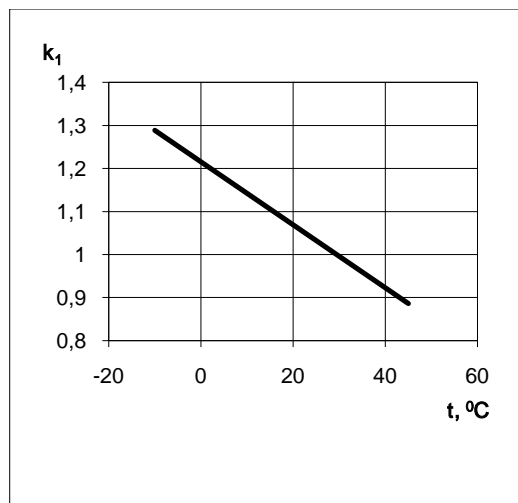
- в зависимости от температуры окружающей среды (k_1)

Таблица 2.5

	Поправочный коэффициент k_1 при температуре окружающей среды, °C											
	- 10	- 5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
В земле	1,20	1,17	1,13	1,10	1,06	1,03	1,00	0,97	0,93	0,89	0,86	0,82
На воздухе	1,29	1,25	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88



а)



б)

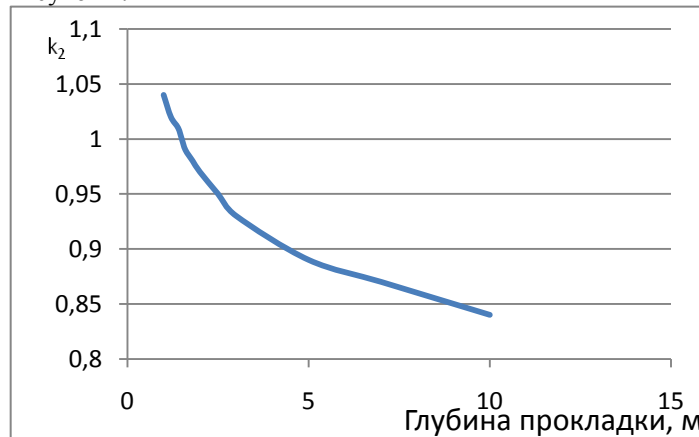
Рисунок 2.1 – Поправочный коэффициент k_1 : а) при прокладке в земле;
б) при прокладке на воздухе

• в зависимости от глубины прокладки (k_2)

Таблица 2.6

Глубина прокладки, м	Поправочный коэффициент k_2
1,0	1,04
1,2	1,02
1,4	1,01
1,5	1,00
1,6	0,99
1,8	0,98
2,0	0,97
2,5	0,95
3,0	0,93
5,0	0,89
7,0	0,87
9,0	0,85
10,0	0,84

Рисунок 2.2



• в зависимости от удельного теплового сопротивления грунта (k_3)

Таблица 2.7

Удельное тепловое сопротивление грунта $\rho_{гр}$, °C·м/Вт	k_3
0,4	1,37
0,6	1,21
0,8	1,09
1,0	1,00
1,2	0,93
1,4	0,87
1,6	0,83
1,8	0,79
2,2	0,72
2,6	0,67
3,0	0,63

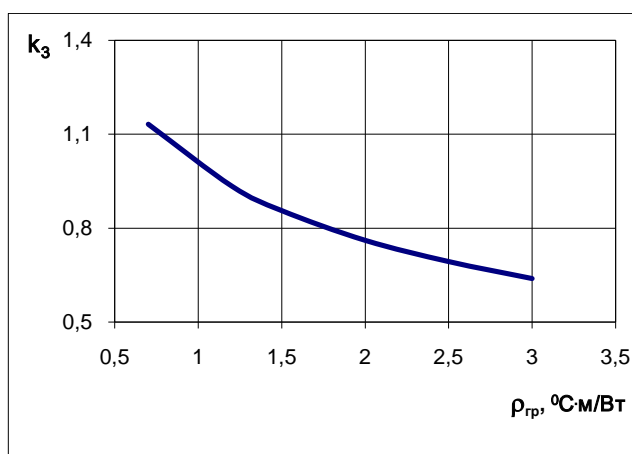


Рисунок 2.3

Примечание. Удельное термическое сопротивление окружающей среды (ориентировочно):
 - проточной воды $0 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{м/Вт}^*$
 - при прокладке по дну водоемов $0,40 - 0,50 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{м/Вт}^{**}$

- песок влажностью более 9 %, песчано-глинистая почва влажностью более 14 %	0,80 °С·м/Вт***
- песок влажностью 7-9 %, песчано-глинистая почва влажностью 12-14%	1,20 °С·м/Вт***
- песок влажностью более 4 и менее 7%, песчано-глинистая почва влажностью 8-12%	1,80 °С·м/Вт***
- песок влажностью до 4%, каменистая почва	3,00 °С·м/Вт***

*данные из справочника «Электрические кабели, провода и шнуры» (Д.С. Бачелис, Н.И. Белоруссов, А.Е. Саакян, М.: Энергия, 1971)

** по данным МЭК 60287-3-1

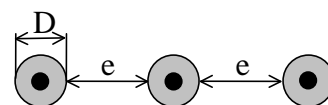
*** данные в соответствии с ПУЭ

• в зависимости от расположения кабелей

- в зависимости от расстояния между фазами (для кабелей, проложенных в плоскости) (k_4)

Таблица 2.8

e/D	0	0,75	1	1,5	2	3
Кабели в земле, k_4	0,95	0,99	1,00	1,02	1,03	1,06
Кабели на воздухе, k_4	0,80	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00



- для кабелей, проложенных в земле (k_5)

Таблица 2.9 - Поправочные коэффициенты для пересчета длительно допустимых токов проложенных рядом в земле групп кабелей (k_5)

$e, \text{ мм}$	Число групп кабелей				
	2	3	4	5	6
0 (касающиеся)	0,85	0,76	0,70	0,66	0,62
100	0,87	0,79	0,74	0,70	0,67
300	0,90	0,83	0,79	0,75	0,73
500	0,92	0,85	0,82	0,79	0,77
700	0,93	0,87	0,84	0,82	0,80
900	0,94	0,89	0,86	0,84	0,83
1200	0,95	0,91	0,89	0,87	0,86
1500	0,96	0,92	0,91	0,89	0,89
1800	0,96	0,93	0,92	0,91	0,91
2000	0,97	0,94	0,93	0,92	0,92
3000	0,98	0,96	0,96	0,95	0,95
4000	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97
5000	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98

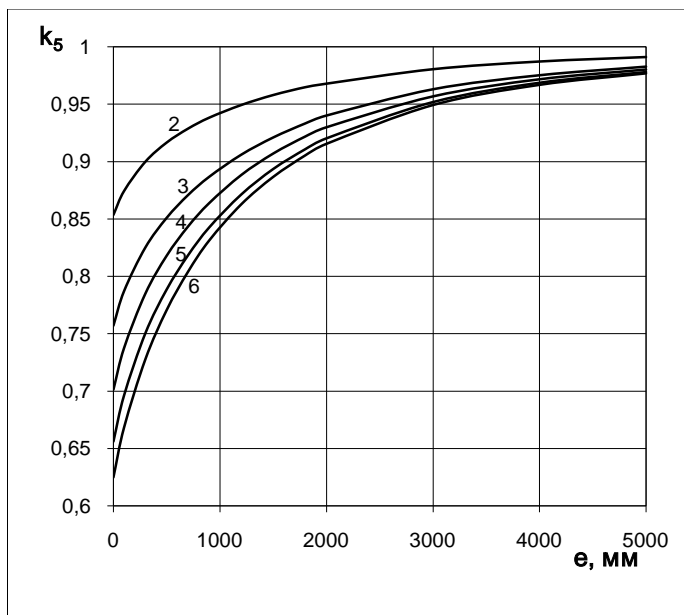


Рисунок 2.4

Примечание. Резервные кабели при расчете не учитываются.

- для кабелей, проложенных на воздухе (k_5)

Таблица 2.10

Количество кабельных систем		1	2	3	Вариант расположения
1. Кабели проложены по поверхности земли ¹		0,97	0,94	0,93	
2. Кабели проложены на полках (без возможности циркуляции воздуха) ²	Количество полок				
	1	0,97	0,94	0,93	
Кабели проложены на лотках (с возможностью циркуляции воздуха) ²	Количество лотков				
	1	1,00	0,97	0,96	
	2	0,98	0,95	0,94	
Кабели проложены по поверхности земли ³		0,96	0,91	0,88	

¹ Нагрев от соседних кабельных систем учитывается при $e/D: \leq 1$ – для 2-х кабельных систем
 $\leq 1,5$ – для 3-х кабельных систем

² Нагрев от соседних кабельных систем учитывается, если зазор между кабелем и лежащей выше полкой меньше $4D$ и расстояние между кабелями на одной полке соответствует указанному в ⁽¹⁾

³ Нагрев от соседних кабельных систем учитывается при $e/D: \leq 0,5$ – для 2-х кабельных систем
 $\leq 0,75$ – для 3-х кабельных систем

Примечание. Резервные кабели при расчете не учитываются.

- при длине труб менее 10 м: $k_6 = 1$
- при длине труб 10 м и более применяются коэффициенты, приведенные в таблице 2.11.

Условия прокладки	k ₆ при внутреннем диаметре трубы					
	1.5 De	2 De	2.5 De	3 De	3.5 De	4 De
Кабели проложены в отдельных трубах в грунте или на воздухе с защитой от солнечного излучения	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95
Три кабеля проложены в одной трубе в грунте или на воздухе с защитой от солнечного излучения	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95
Три кабеля проложены в трубе, находящейся под воздействием солнечного излучения интенсивностью 1000 Вт/м ² :						
- в стальной трубе	0,77	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81
- в пластмассовой трубе	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83

- в зависимости от номинального сечения экрана кабеля (k_7) (при заземлении экрана с двух сторон)

[illegible]

Номинальное сечение алюминиевой жилы, мм ²	k ₇ для кабеля с алюминиевой жилой, с сечением экрана, мм ²																	
	35	50	70	95	120	150	185	240	300	35	50	70	95	120	150	185	240	300
	прокладка треугольником									прокладка в плоскости								
70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,02	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
95						0,99	0,99			1,02	1,01				0,99	0,99	0,99	0,99
120								1,01	1,01									
150	0,98	0,98				1,04	1,04			1,02	0,98	0,98			0,98	0,98		
185			1,02					1,02	0,98								0,97	0,96
240	1,03	1,03				0,96	0,95			1,08	1,06	1,03			0,97	0,96		
300			1,04		1,04			0,94	0,93					1,11			1,08	1,04
350	1,05	1,05				0,92	0,91			1,16	1,11	1,05			0,94	0,93		
400			1,06		1,06			0,90	0,89					1,18			1,13	1,06
500	1,07	1,07				0,88	0,87			1,20	1,15	1,07			0,89	0,88		
630			1,08		1,08			0,86	0,85					1,22			1,17	1,08
800	1,09	1,09				0,84	0,83			1,24	1,19	1,10			0,91	0,90		
1000			1,10	1,10	0,82			0,81	1,26				1,21	1,12			0,92	0,91
1200	1,11	1,11				0,80	0,79			1,28	1,23	1,14			0,93	0,92		
			1,12	1,12	0,78			0,77	1,30				1,25	1,16			0,94	0,93
	1,13	1,13				0,76	0,75			1,32	1,27	1,18			0,95	0,94		
			1,14	1,14	0,74			0,73	1,34				1,29	1,20			0,96	0,95
	1,15	1,15				0,72	0,71			1,36	1,31	1,22			0,97	0,96		
			1,16	1,16	0,70			0,69	1,38				1,33	1,24			0,98	0,97
	1,17	1,17				0,68	0,67			1,40	1,35	1,26			0,99	0,98		
			1,18	1,18	0,66			0,65	1,42				1,37	1,28			1,00	0,99
	1,19	1,19				0,64	0,63			1,44	1,39	1,30			1,01	1,00		
			1,20	1,20	0,62			0,61	1,46				1,41	1,32			1,02	1,01
	1,21	1,21				0,60	0,59			1,48	1,43	1,34			1,03	1,02		
			1,22	1,22	0,58			0,57	1,50				1,45	1,36			1,04	1,03
	1,23	1,23				0,56	0,55			1,52	1,47	1,38			1,05	1,04		
			1,24	1,24	0,54			0,53	1,54				1,49	1,40			1,06</	

1400	1,09	1,07	1,04		0,97		0,92	0,89	0,87	1,20	1,14	1,07		0,96			0,93	0,94
1600	1,10	1,08					0,94	0,91		1,22	1,15							
2000	1,12	1,09				0,96	0,93	0,90		1,24	1,16						0,92	

2.4.4 Перегрузочная способность кабелей

Из-за высокой теплоемкости грунта температура токопроводящей жилы в кабеле, проложенном в земле, возрастает значительно медленнее, чем для кабеля, проложенного на воздухе. Поэтому для кабеля, проложенного в земле, в течение ограниченного времени возможно увеличение токовой нагрузки по сравнению с длительно допустимой. При этом температура жилы не должна превысить 90 °С.

В таблице 2.13 и на рис. 2.5, 2.6 приведены характеристики перегрузочной способности кабелей на напряжение 110 кВ с номинальным сечением жилы до 800 мм².

На рис. 2.5 приведена перегрузочная кривая (зависимость допустимой длительности перегрузки от ее кратности) при первоначальном включении кабеля (т.е. при первоначальном перегреве $\tau_1=0$), полученная по формуле:

$$\frac{I}{I_{ном}} = \frac{I}{\sqrt{1 - e^{-t_{пер}/\beta}}},$$

где I – ток перегрузки, А;

$I_{ном}$ – длительно допустимый ток в земле, А;

$t_{пер}$ – допустимая длительность перегрузки, ч;

β – постоянная времени нагрева, ч (см. таблицу 2.13).

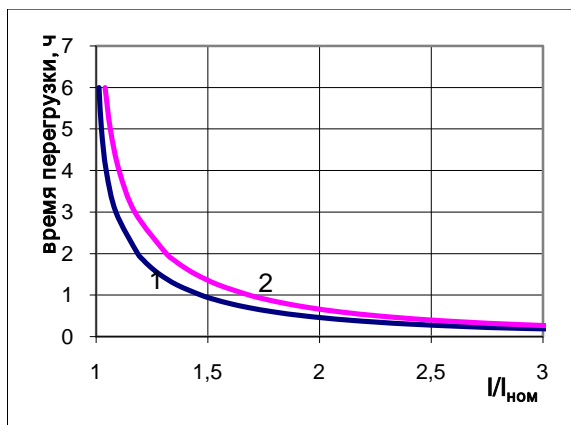


Таблица 2.13

Номинальное сечение жилы, мм²	β , ч, для жилы:	
	медной	алюминиевой
240	1,61	1,53
300	1,72	1,61
350	1,79	1,66
400	1,86	1,73
500	2,01	1,84
630	2,08	1,88
800	2,31	2,06

Рисунок 2.5 – Перегрузочная кривая при первоначальном включении кабеля:

1 – для сечения жилы 240 мм²;

2 – для сечения жилы 800 мм²

Допустимая кратность перегрузки $I/I_{ном}$ кабеля, предварительно нагретого током $I_0 = m_0 \cdot I_{ном}$, приведенная на рисунке 2.6 для времени перегрузки 0,5; 1; 2 и 3 ч, получена по формуле:

$$\frac{I}{I_{ном}} = \sqrt{\frac{1 - m_0 e^{-t_{пер}/\beta}}{1 - e^{-t_{пер}/\beta}}}.$$

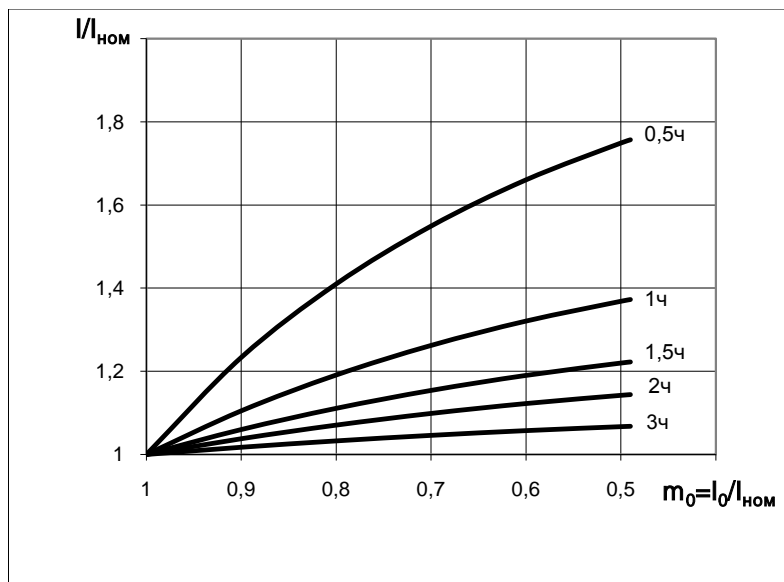


Рисунок 2.6

Допустимый ток при перегрузках послеаварийного режима, при котором температура нагрева жилы не превысит 130 °С, рассчитывается умножением длительно допустимого тока, определенного по 2.4.2, 2.4.3, на коэффициент 1,17 для кабелей, проложенных в земле, и 1,20 – для кабелей, проложенных на воздухе.

Потребление электроэнергии, а значит, и нагрузка кабеля, колеблется в течение суток и в течение года в целом. На рисунке 2.7 приведен пример суточной кривой потребления электроэнергии (в процентах от максимального значения).

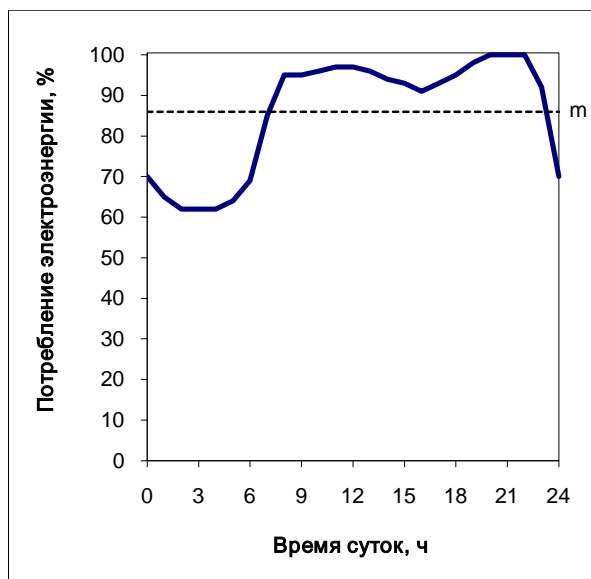


Рисунок 2.7 – Суточная кривая потребления электроэнергии

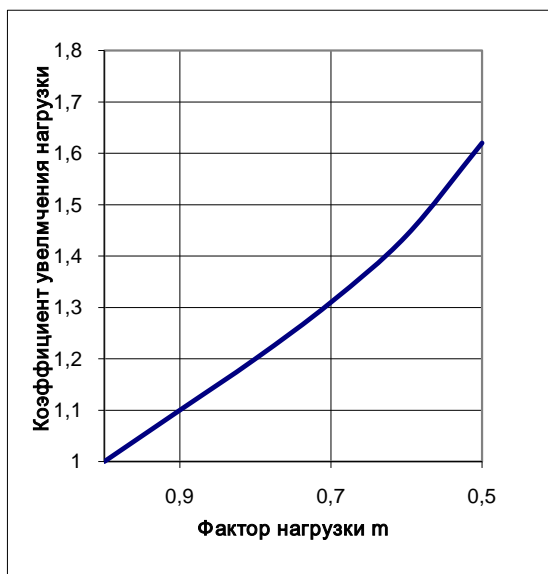


Рисунок 2.8

В зависимости от суточной кривой потребления для кабеля, проложенного в земле, допустимы более высокие нагрузки, чем в случае непрерывной работы при 100%-ной нагрузке (см. рисунок 2.8). Фактор нагрузки m рассчитывается как отношение площади под кривой потребления электроэнергии, к площади прямоугольника 100% · 24 ч (для примера, приведенного на рис. 2.7, $m = 0,86$).

2.4.5 Допустимые токи короткого замыкания по жиле и по экрану

Допустимые токи односекундного короткого замыкания по жиле, приведенные в таблице 2.14, рассчитаны, исходя из начальной температуры жилы кабеля 90 °С и конечной температуры 250 °С. Для расчета допустимых токов короткого замыкания при начальной температуре жилы, отличающейся от 90 °С, используются расчетные плотности токов короткого замыкания (таблица 2.15).

Допустимые токи односекундного короткого замыкания по медному экрану, рассчитанные исходя из конечной температуры экрана 350 °С, приведены в таблице 2.16.

Для продолжительности короткого замыкания, отличающейся от 1 с, значения допустимого тока короткого замыкания по жиле или экрану необходимо умножить на поправочный коэффициент:

$\kappa = 1/\sqrt{t}$, где t — продолжительность короткого замыкания, с.

Таблица 2.14

Материал жилы	Допустимый ток короткого замыкания по жиле, кА (при длительности к.з. 1 с), для кабелей с номинальным сечением жилы, мм ²																
	70	95	120	150	185	240	300	350	400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	2000
алюминий	6,6	8,9	11,3	14,2	17,5	22,7	28,2	32,9	37,6	47,0	59,0	75,2	94,0	112,8	131,6	150,4	188,0
медь	10,0	13,6	17,2	21,5	26,5	34,3	42,9	50,1	57,2	71,5	90,1	114,4	143,0	171,6	200,2	228,8	286,0

Таблица 2.15

Материал жилы	Расчетная плотность тока короткого замыкания, А/мм ² , (при длительности к.з. 1 с), для температуры жилы к началу короткого замыкания в °С							
	90	80	70	60	50	40	30	20
медь	143	149	154	159	165	170	176	181
алюминий	94	98	102	105	109	113	116	120

Таблица 2.16

Сечение медного экрана, мм ²	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Допустимый односекундный ток короткого замыкания экрана, кА	7,1	10,2	14,2	19,3	24,4	30,4	37,5	48,7	60,8

2.4.6 Пример выбора номинального сечения токопроводящей жилы кабеля и экрана

Исходные данные:

- передаваемая мощность линии 145 МВт, $\cos\varphi = 0,95$; линейное напряжение 150 кВ;
- марка кабеля АПвЭВнг;
- кабели скреплены в треугольник, экраны заземлены при помощи поперечного соединения;
- кабельная линия прокладывается в грунте (траншее) и по территории предприятия по крытой эстакаде;
- глубина прокладки в земле 2 м, удельное тепловое сопротивление грунта 1,2 °С.м/Вт;
- расчетная температура воздуха 35 °С, грунта 25 °С;
- ток однофазного короткого замыкания на землю по данным проекта энергосистемы составляет 17 кА, время срабатывания защиты 0,5 с.

1. Ток нагрузки в линии, рассчитанный по формуле (2.1), составит:

$$I = \frac{145 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 150 \cdot 0,95} = 587 \text{ А}$$

2. В таблице 2.4 для поперечного соединения экранов выбирается номинальное сечение алюминиевой жилы 500 мм², допустимый ток в земле 596 А, в воздухе 759 А.

Номинальное сечение экрана выбирается по току короткого замыкания, пересчитанному на 1 с:

$$I_3 = 17 \cdot \sqrt{0,5} = 12 \text{ кА}, \text{ что соответствует сечению экрана } 70 \text{ мм}^2.$$

Поправочные коэффициенты для заданных условий прокладки:

в земле: $\kappa_1=0,97$ (табл.2.5), $\kappa_2=0,97$ (табл.2.6), $\kappa_3=0,93$ (табл.2.7), $\kappa_7=1,02$ (табл.2.12)

$$I_3 = 596 \cdot 0,97 \cdot 0,97 \cdot 0,93 \cdot 1,02 = 531 \text{ А}$$

в воздухе: $\kappa_1=0,96$ (табл.2.5), $\kappa_7=1,02$ (табл.2.12)

$$I_3 = 759 \cdot 0,96 \cdot 1,02 = 743 \text{ А}$$

Выбранного сечения жилы для прокладки в земле недостаточно, необходимо принять следующее сечение 630 мм^2 , допустимый ток для которого в земле составит

$$I_3 = 680 \cdot 0,97 \cdot 0,97 \cdot 0,93 \cdot 1,02 = 606 \text{ А}$$

Таким образом, для прокладки в земле выбран кабель с сечением жилы 630 мм^2 ; на воздухе может быть проложен такой же кабель или сделана вставка кабеля с сечением жилы 500 мм^2 .

2.5 СПОСОБЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭКРАНОВ КАБЕЛЕЙ И ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

1. Заземление экрана на двух концах кабельной линии

Экраны соединяются и заземляются на обоих концах кабельной линии (рис. 2.9). Потери энергии в экране при таком способе заземления обусловлены токами, циркулирующими по экрану. Ток, наводимый в экране, пропорционален току в жиле, расстоянию между фазами и сечению экрана. В некоторых случаях величина тока в экране может быть сравнима с величиной тока в жиле, что должно быть учтено при проектировании линии.

При прокладке кабелей в плоскости потери в экране можно уменьшить путем регулярной транспозиции кабелей (рис. 2.10) не менее чем в двух местах по длине кабельной линии. В местах транспозиции кабелей рекомендуется выдерживать расстояние в свету между кабелями не менее диаметра кабеля.

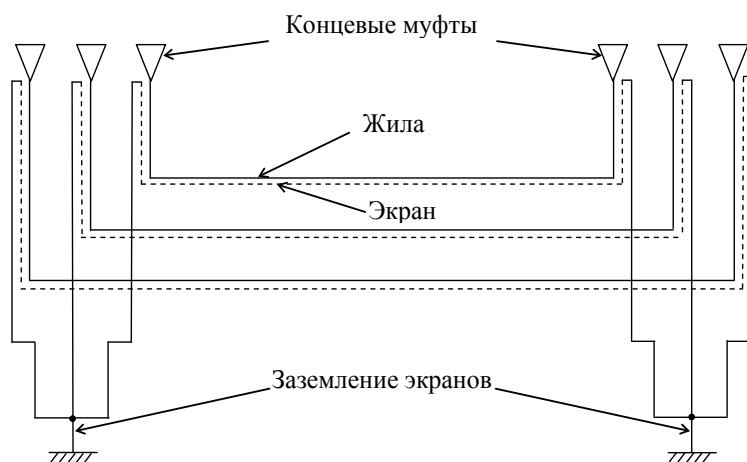


Рисунок 2.9 – Заземление экрана на двух концах кабельной линии

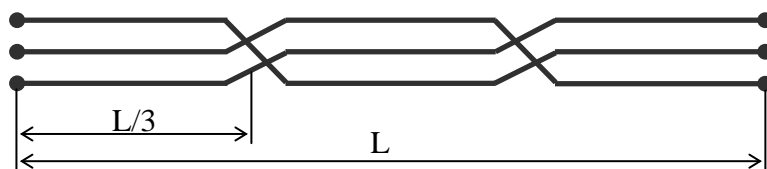


Рисунок 2.10 – Транспозиция кабелей

2. Заземление экрана на одном конце кабельной линии

Экраны соединяются и непосредственно заземляются только на одном конце кабельной линии. На втором конце экраны соединяются с землей через ограничитель перенапряжения (ОПН) (рис. 2.11). При таком способе заземления на экранах появляется наведенное напряжение E , прямо пропорциональное току, протекающему по кабелю, и длине кабельной линии L (см. ниже). При этом способе соединения экранов потери в экранах обусловлены вихревыми токами, и их величина меньше, чем при заземлении экрана по способу 1, что дает возможность существенно повысить длительно допустимые токовые нагрузки кабелей. Длина кабельной линии при таком способе заземления ограничивается допустимой величиной напряжения на экране.

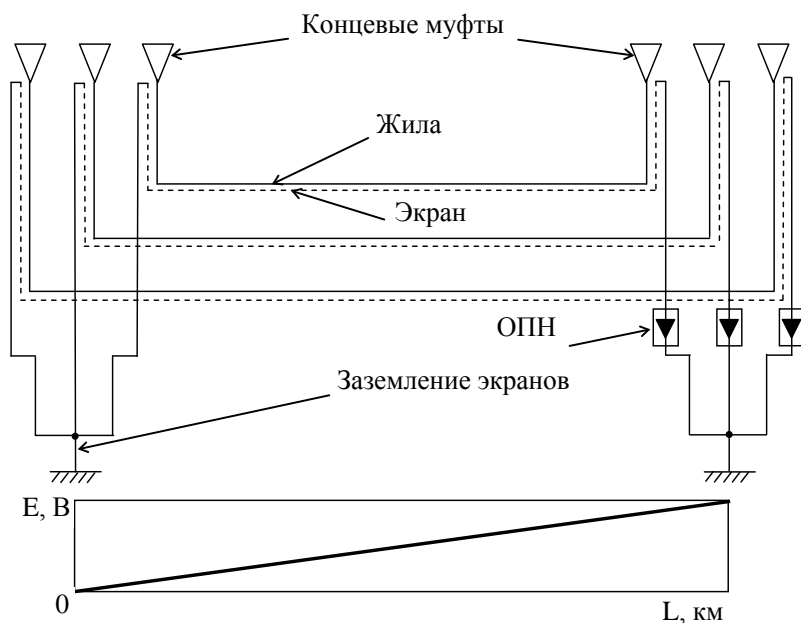


Рисунок 2.11

3. Поперечное соединение экранов (транспозиция экранов, cross-bonding)

При этом способе заземления экраны соседних кабелей соединяются между собой и заземляются через ОПН через равные промежутки по длине кабельной линии (рис. 2.12). В этом случае максимальное напряжение наводится у соединительных коробок, потери в экране обусловлены только вихревыми токами. Длительно допустимые токи повышаются так же, как и при заземлении по способу 2. Длина малых секций кабельной линии ограничивается величиной напряжения на экране; при большой длине линии может быть необходимо применение двух циклов транспозиции экранов. При этом способе заземления необходима установка дополнительного оборудования (экраноразделительных муфт и соединительных коробок).

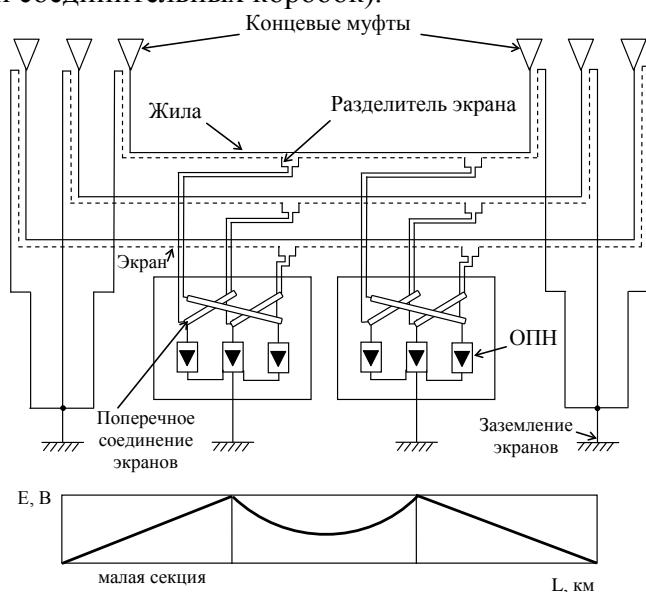


Рисунок 2.12

Напряжение E , наведенное в экране кабеля при заземлении экранов на одном конце кабельной линии или при поперечном соединении экранов, может быть рассчитано по формуле:

$$E = I \cdot X_L \text{ [В/км]},$$

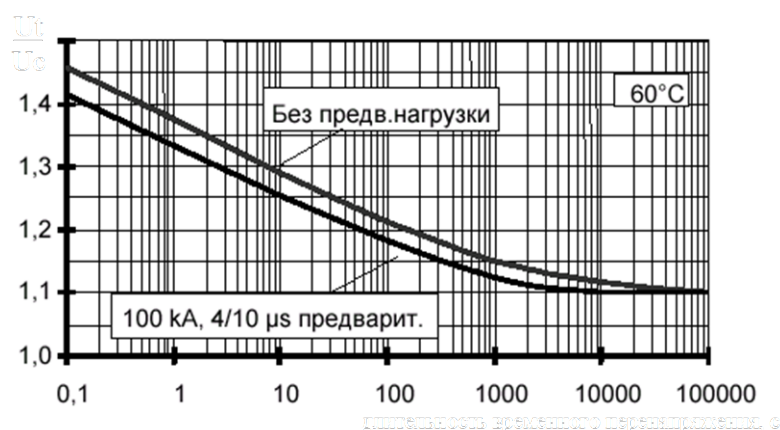
где I – ток, протекающий по жиле, А;

X_L – индуктивное сопротивление, Ом/км.

Расчетная величина напряжения на экране для кабелей с медной жилой составляет в зависимости от сечения жилы до $40 \div 200$ В/км для кабелей, проложенных треугольником, и до $60 \div 400$ В/км для кабелей, проложенных в плоскости.

Защита оболочек кабелей от перенапряжения осуществляется с помощью ограничителей перенапряжения (ОПН), включенных между оболочкой и землей (рис. 2.11, 2.12).

Для выбора ОПН необходимо определить максимальное напряжение, которое будет приложено к его выводам, и максимальную длительность замыкания на землю, а затем подобрать соответствующий ОПН по кривой допустимого временного перенапряжения. Напряжение на ОПН при временном перенапряжении должно находиться ниже или на кривой допустимого временного перенапряжения. Пример такой кривой для ОПН среднего напряжения фирмы Тусо Electronics приведен на рис. 2.13.



U_t – максимальное напряжение, которое прикладывается к выводам ОПН в случае замыкания на землю (временное перенапряжение), кВ;

U_c – рабочее напряжение ОПН, кВ

Рисунок 2.13 – Кривые допустимого временного перенапряжения ОПН

2.6 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАБЕЛЕЙ

Таблица 2.17 – Сопротивление жил и экранов кабелей постоянному току при 20°C

Номинальное сечение жилы (экрана), мм ²	Сопротивление, Ом/км, не более, для жилы (экрана)	
	из алюминия	из меди
35	-	0,524
50	-	0,387
70	0,443	0,268
95	0,320	0,193
120	0,253	0,153
150	0,206	0,124
185	0,164	0,0991
240	0,125	0,0754
300	0,100	0,0601
350	0,089	0,0543
400	0,0778	0,0470
500	0,0605	0,0366
625(630)	0,0469	0,0283
800	0,0367	0,0221

1000	0,0291	0,0176
1200	0,0247	0,0151
1400	0,0212	0,0129
1600	0,0186	0,0113
2000	0,0149	0,0090

Сопротивление жил и экранов при температуре, отличной от 20 °С, рассчитывается:

– для медной жилы (экрана): $R_t = R_{20} \cdot \frac{242,5 + t}{262,5}$ Ом/км

– для алюминиевой жилы: $R_t = R_{20} \cdot \frac{228 + t}{248}$ Ом/км,









где t — температура жилы (экрана), °С;









R_{20} — сопротивление жилы (экрана) при 20 °С, Ом/км.

Таблица 2.18 – Сопротивление жил и экранов кабелей переменному току частотой 50 Гц при 90°С

Номинальное сечение жилы (экрана), мм ²	Сопротивление, Ом/км, не более, для жилы (экрана)	
	из алюминия	из меди
35	-	0,668
50	-	0,494
70	-	0,342
95	-	0,246
120	-	0,196
150	-	0,159
185	-	0,127
240	0,161	0,097
300	0,129	0,078
350	0,115	0,071
400	0,101	0,061
500	0,079	0,048
625(630)	0,062	0,038
800	0,049	0,031
1000	0,038	0,024
1200	0,032	0,021
1400	0,028	0,018
1600	0,025	0,016
2000	0,020	0,014

Таблица 2.19 – Реактивные характеристики кабелей

Номиналь- ное сечение жилы, мм ²	Индуктивность L, мГн/км		X _L , Ом/км		Емкость C, мкФ/км	X _C , кОм/км	Ток заряда на фазу, А/км	Полное сопротивление, Ом/км, при 50 Гц и темпера- туре жилы 90 °С			
								кабелей с алюминиевой жилой		кабелей с медной жилой	
											
45 кВ											
70	0,661	0,510	0,208	0,160	0,135	23,61	1,10	0,605	0,591	0,401	0,378
95	0,636	0,483	0,200	0,152	0,148	21,57	1,21	0,457	0,438	0,318	0,290
120	0,618	0,464	0,194	0,146	0,158	20,14	1,29	0,379	0,357	0,276	0,245
150	0,602	0,447	0,189	0,140	0,168	18,91	1,37	0,326	0,300	0,248	0,213
185	0,587	0,429	0,184	0,135	0,181	17,61	1,48	0,280	0,251	0,225	0,186
240	0,567	0,408	0,178	0,128	0,197	16,12	1,61	0,241	0,206	0,204	0,162
300	0,551	0,390	0,173	0,122	0,215	14,82	1,75	0,216	0,179	0,190	0,146
350	0,541	0,379	0,170	0,119	0,227	14,02	1,85	0,206	0,166	0,184	0,139
400	0,534	0,371	0,168	0,117	0,235	13,55	1,92	0,196	0,155	0,179	0,133
500	0,519	0,354	0,163	0,111	0,257	12,39	2,10	0,182	0,137	0,171	0,122
630	0,505	0,338	0,159	0,106	0,283	11,27	2,31	0,171	0,124	0,164	0,114
800	0,491	0,322	0,154	0,101	0,310	10,26	2,53	0,162	0,113	0,158	0,107
1000	0,486	0,316	0,153	0,099	0,340	9,36	2,78	0,158	0,108	0,155	0,104
1200	0,478	0,307	0,150	0,097	0,424	7,51	3,46	0,154	0,102	0,152	0,099
1400	0,470	0,297	0,148	0,093	0,452	7,05	3,69	0,150	0,098	0,149	0,095
1600	0,466	0,293	0,146	0,092	0,466	6,83	3,80	0,149	0,095	0,147	0,094
2000	0,457	0,282	0,144	0,089	0,501	6,36	4,09	0,145	0,091	0,144	0,090
60 кВ											
95	0,671	0,521	0,211	0,164	0,127	25,04	1,04	0,462	0,443	0,325	0,297
120	0,646	0,494	0,203	0,155	0,139	22,92	1,13	0,384	0,361	0,283	0,251
150	0,628	0,474	0,197	0,149	0,148	21,45	1,21	0,331	0,304	0,254	0,219
185	0,612	0,458	0,192	0,144	0,158	20,16	1,29	0,286	0,256	0,231	0,193
240	0,595	0,439	0,187	0,138	0,169	18,80	1,38	0,247	0,213	0,212	0,170
300	0,576	0,418	0,181	0,131	0,185	17,25	1,51	0,223	0,185	0,198	0,154
350	0,559	0,399	0,176	0,125	0,200	15,89	1,64	0,211	0,171	0,190	0,145
400	0,543	0,381	0,170	0,120	0,219	14,55	1,79	0,199	0,157	0,182	0,136
500	0,527	0,363	0,166	0,114	0,239	13,32	1,95	0,184	0,140	0,173	0,125
630	0,512	0,346	0,161	0,109	0,262	12,14	2,14	0,173	0,126	0,166	0,116
800	0,498	0,330	0,157	0,104	0,287	11,08	2,35	0,164	0,116	0,160	0,109
1000	0,489	0,319	0,153	0,100	0,315	10,11	2,57	0,159	0,109	0,156	0,105
1200	0,484	0,313	0,152	0,098	0,391	8,14	3,19	0,156	0,104	0,154	0,101
1400	0,475	0,304	0,149	0,095	0,416	7,65	3,40	0,152	0,100	0,151	0,097
1600	0,471	0,299	0,148	0,094	0,429	7,42	3,50	0,150	0,097	0,149	0,095
2000	0,462	0,288	0,145	0,090	0,461	6,91	3,76	0,147	0,093	0,146	0,092
110 кВ											
185	0,655	0,503	0,206	0,158	0,137	23,31	1,12	0,295	0,264	0,243	0,204
240	0,627	0,473	0,197	0,149	0,153	20,85	1,25	0,255	0,220	0,220	0,179
300	0,608	0,453	0,191	0,142	0,164	19,44	1,34	0,231	0,193	0,207	0,164
350	0,596	0,440	0,187	0,138	0,172	18,56	1,40	0,221	0,181	0,201	0,156
400	0,590	0,433	0,185	0,136	0,177	18,03	1,44	0,212	0,170	0,196	0,150
500	0,572	0,414	0,180	0,130	0,191	16,69	1,56	0,197	0,153	0,187	0,140
630	0,549	0,387	0,172	0,122	0,217	14,67	1,77	0,184	0,138	0,177	0,129
800	0,533	0,370	0,168	0,116	0,236	13,51	1,92	0,175	0,127	0,171	0,122
1000	0,511	0,345	0,161	0,108	0,274	11,63	2,24	0,166	0,116	0,163	0,112
1200	0,503	0,336	0,158	0,106	0,320	9,94	2,62	0,162	0,111	0,160	0,108
1400	0,494	0,325	0,155	0,102	0,340	9,35	2,78	0,158	0,106	0,156	0,104
1600	0,489	0,320	0,154	0,101	0,350	9,08	2,86	0,156	0,104	0,155	0,102
2000	0,480	0,309	0,151	0,097	0,375	8,48	3,07	0,152	0,099	0,152	0,098
132 кВ											
240	0,646	0,494	0,203	0,155	0,137	23,29	1,12	0,260	0,225	0,226	0,185
300	0,627	0,473	0,197	0,149	0,146	21,77	1,19	0,236	0,198	0,213	0,169
350	0,615	0,460	0,193	0,145	0,153	20,82	1,25	0,226	0,186	0,207	0,162

Номиналь- ное сечение жилы, мм ²	Индуктивность L, мГн/км		X _L , Ом/км		Емкость C, мкФ/км	X _C , кОм/км	Ток заряда на фазу, А/км	Полное сопротивление, Ом/км, при 50 Гц и темпера- туре жилы 90 °С			
								кабелей с алюминевой жилой		кабелей с медной жилой	
											
400	0,602	0,446	0,189	0,140	0,163	19,54	1,33	0,215	0,174	0,200	0,154
500	0,584	0,426	0,183	0,134	0,176	18,13	1,43	0,200	0,157	0,191	0,144
630	0,561	0,401	0,176	0,126	0,198	16,07	1,62	0,187	0,141	0,181	0,133
800	0,544	0,383	0,171	0,120	0,215	14,83	1,75	0,179	0,131	0,174	0,125
1000	0,527	0,363	0,166	0,114	0,236	13,50	1,93	0,171	0,122	0,168	0,118
1200	0,518	0,353	0,163	0,111	0,274	11,61	2,24	0,166	0,116	0,164	0,113
1400	0,508	0,341	0,159	0,107	0,291	10,94	2,38	0,162	0,111	0,161	0,109
1600	0,503	0,336	0,158	0,106	0,299	10,64	2,44	0,160	0,109	0,159	0,107
2000	0,493	0,324	0,155	0,102	0,320	9,95	2,61	0,156	0,104	0,156	0,103
150 кВ											
300	0,631	0,478	0,198	0,150	0,139	22,84	1,14	0,238	0,199	0,214	0,171
350	0,618	0,464	0,194	0,146	0,146	21,84	1,19	0,227	0,187	0,208	0,164
400	0,606	0,450	0,190	0,141	0,156	20,37	1,28	0,216	0,175	0,201	0,156
500	0,588	0,431	0,185	0,135	0,167	19,06	1,36	0,202	0,158	0,192	0,145
630	0,564	0,405	0,177	0,127	0,188	16,94	1,53	0,188	0,143	0,182	0,134
800	0,548	0,387	0,172	0,122	0,204	15,64	1,66	0,180	0,132	0,176	0,127
1000	0,536	0,374	0,169	0,117	0,221	14,43	1,80	0,174	0,125	0,171	0,121
1200	0,523	0,358	0,164	0,113	0,262	12,14	2,14	0,168	0,118	0,166	0,115
1400	0,512	0,346	0,161	0,109	0,278	11,45	2,27	0,164	0,113	0,162	0,111
1600	0,508	0,341	0,160	0,107	0,286	11,13	2,34	0,162	0,111	0,161	0,109
2000	0,497	0,329	0,156	0,103	0,306	10,42	2,50	0,158	0,106	0,157	0,105

Индуктивность рассчитана для следующих условий прокладки: при прокладке треугольником кабели проложены вплотную, при прокладке в плоскости — на расстоянии одного диаметра кабеля. При других условиях прокладки индуктивность рассчитывается по формуле:

$$L = 0,1 + 0,2 \ln \frac{h-r}{r}, \text{ мГн/км,}$$

где h — расстояние между центрами жил, мм; r — радиус жилы, мм.

Емкость кабелей рассчитана по формуле:
$$C = \frac{\varepsilon_r}{18 \ln \frac{D}{d}}, \text{ мкФ/км,}$$

где $\varepsilon_r = 2,5$ — относительная диэлектрическая проницаемость сшитого полиэтилена;

D — диаметр по изоляции (без учета полупроводящего экрана по изоляции), мм;

d — диаметр по полупроводящему экрану по жиле, мм.

2.7 НАРУЖНЫЙ ДИАМЕТР И МАССА КАБЕЛЕЙ

Таблица 2.20

Номинальное сечение жилы, мм ²	Наружный диаметр, мм, кабелей на напряжение, кВ				
	45	60	110	132	150
	АПвЭВнгд, АПвЭгВнг, АПвЭгП, ПвЭВнгд, ПвЭгВнг, ПвЭгП, АПвЭгаП, ПвЭгаП				
70	44	-	-	-	-
95	46	47	-	-	-
120	47	49	-	-	-
150	48	50	-	-	-
185	56	58	63	-	-
240	58	60	64	76	-
300	60	62	67	79	81
350	62	64	68	81	83
400	63	65	70	80	82
500	66	68	74	83	85
630	70	72	75	84	86
800	75	77	80	89	91
1000	83	85	94	97	99
1200	86	88	97	100	102
1400	91	93	102	105	107
1600	94	96	105	108	110
2000	98	100	110	112	114
	АПвЭгПу, АПвЭгПнг, АПвЭгПнг-НФ, ПвЭгПу, ПвЭгПнг, ПвЭгПнг-НФ АПвЭгаПу, АПвЭгаПнг, АПвЭгаПнг-НФ, ПвЭгаПу, ПвЭгаПнг, ПвЭгаПнг-НФ				
70	45	-	-	-	-
95	47	48	-	-	-
120	48	50	-	-	-
150	49	51	-	-	-
185	56	58	67	-	-
240	58	60	68	77	-
300	60	62	71	81	83
350	62	64	72	82	85
400	64	65	74	81	84
500	67	68	77	85	87
630	71	73	78	86	88
800	76	78	84	91	93
1000	85	87	93	100	102
1200	88	90	96	103	105
1400	93	96	101	108	111
1600	96	99	104	112	114
2000	101	103	109	116	118

Таблица 2.21

Номинальное сечение жилы, мм ²	Расчетная масса, кг/км, кабелей на напряжение, кВ									
	45	60	110	132	150	45	60	110	132	150
	АПвЭВнг					АПвЭВнгд				
70	1900	-	-	-	-	2000	-	-	-	-
95	2050	2180	-	-	-	2150	2290	-	-	-
120	2180	2320	-	-	-	2290	2430	-	-	-
150	2320	2460	-	-	-	2430	2580	-	-	-
185	3710	3880	5020	-	-	3880	4050	5230	-	-
240	4000	4180	5140	5800	-	4170	4350	5350	6020	-
300	4320	4500	6630	7310	7540	4490	4680	6850	7540	7790
350	4560	4750	6910	7600	7840	4740	4930	7130	7840	8090
400	4710	4910	7080	7540	7780	4900	5100	7310	7780	8020
500	5190	5390	7620	8100	8350	5390	5600	7850	8350	8600
630	6920	7130	8040	8530	8780	7130	7350	8280	8780	9040
800	7620	7850	8800	9310	9580	7840	8070	9050	9580	9850
1000	8950	9200	9980	10820	11110	9200	9450	10260	11110	11410
1200	9710	9970	10780	11650	11950	9970	10230	11060	11950	12260
1400	10610	10870	11730	12640	12950	10870	11150	12030	12960	13280
1600	11350	11640	12520	13460	13790	11640	11930	12830	13790	14120
2000	12740	13040	13760	14940	15270	13040	13340	14280	15270	15610
	АПвЭгаП					АПвЭгП				
70	1790	-	-	-	-	1720	-	-	-	-
95	1940	2060	-	-	-	1870	1990	-	-	-
120	2070	2200	-	-	-	1990	2120	-	-	-
150	2200	2340	-	-	-	2120	2260	-	-	-
185	3250	3410	4500	-	-	3140	3290	4390	-	-
240	3530	3680	4620	5260	-	3400	3570	4510	5150	-
300	3820	4000	6110	6770	7020	3710	3890	5980	6650	6890
350	4060	4250	6380	7070	7290	3950	4130	6240	6960	7170
400	4210	4400	6550	7000	7240	4090	4280	6430	6870	7120
500	4700	4880	7090	7580	7820	4560	4760	6960	7430	7680
630	6400	6620	7520	8000	8260	6270	6490	7360	7870	8130
800	7110	7320	8280	8800	9080	6960	7190	8140	8650	8920
1000	8450	8680	9480	10340	10650	8280	8540	9330	10180	10480
1200	9210	9460	10290	11210	11510	9040	9310	10130	11010	11330
1400	10090	10380	11270	12210	12550	9940	10220	11090	12030	12370
1600	10860	11160	12080	13060	13400	10700	11000	11900	12870	13210
2000	12290	12600	13560	14580	14910	12120	12400	13350	14390	14710
	АПвЭгПу					АПвЭгПнг, АПвЭгПнг-НГ				
70	1790	-	-	-	-	2130	-	-	-	-
95	1930	2060	-	-	-	2290	2460	-	-	-
120	2060	2190	-	-	-	2460	2610	-	-	-
150	2200	2330	-	-	-	2610	2780	-	-	-
185	3400	3520	4620	-	-	3760	3940	5160	-	-
240	3690	3800	4760	5370	-	4050	4230	5280	5950	-
300	3990	4100	6250	6930	7190	4370	4560	6850	7580	7910
350	4220	4360	6510	7240	7470	4610	4840	7130	7880	8210
400	4390	4510	6700	7160	7420	4770	5000	7340	7820	8150
500	4870	5000	7240	7730	7990	5290	5530	7930	8380	7990
630	6530	6750	7660	8180	8450	7200	7420	8360	8860	9260
800	7230	7460	8450	8970	9260	7840	8110	9220	9800	10120
1000	8520	8790	9600	10480	10790	9320	9620	10520	11510	11870
1200	9290	9570	10410	11320	11650	10140	10460	11400	12400	12780
1400	10200	10500	11390	12350	12690	11150	11480	12480	13550	13940
1600	10970	11280	12210	13200	13550	11970	12320	13350	14450	14850
2000	12400	12690	13660	14730	15060	13490	13800	14880	16080	16440
	АПвЭгаПу					АПвЭгаПнг, АПвЭгаПнг-НГ				

Номинальное сечение жилы, мм ²	Расчетная масса, кг/км, кабелей на напряжение, кВ									
	45	60	110	132	150	45	60	110	132	150
70	1860	-	-	-	-	2210	-	-	-	-
95	2010	2140	-	-	-	2370	2540	-	-	-
120	2140	2270	-	-	-	2540	2690	-	-	-
150	2270	2420	-	-	-	2690	2870	-	-	-
185	3520	3630	4750	-	-	3880	4050	5310	-	-
240	3800	3910	4870	5490	-	4170	4350	5440	6190	-
300	4100	4220	6370	7070	7320	4490	4680	6980	7760	8050
350	4320	4470	6660	7380	7610	4730	4960	7300	8100	8360
400	4530	4630	6830	7300	7560	4890	5120	7480	8000	8290
500	5020	5120	7380	7900	8140	5450	5660	8070	8660	8920
630	6650	6870	7820	8320	8600	7220	7480	8540	9100	9410
800	7380	7600	8590	9120	9410	8010	8250	9370	9960	10280
1000	8750	8990	9810	10700	11020	9510	9774	10690	11680	12050
1200	9530	9780	10640	11590	11890	10340	10340	11570	12640	12960
1400	10430	10730	11640	12610	12950	11310	11650	12660	13740	14130
1600	11210	11520	12460	13460	13820	12140	12490	13540	14650	15050
2000	12650	12980	13960	15000	15340	13670	14030	15120	16280	16640
	ПвЭВнг					ПвЭВнгд				
70	2320	-	-	-	-	2420	-	-	-	-
95	2640	2770	-	-	-	2750	2880	-	-	-
120	2930	3070	-	-	-	3040	3180	-	-	-
150	3250	3390	-	-	-	3360	3510	-	-	-
185	4870	5040	6180	-	-	5030	5210	6390	-	-
240	5520	5700	6670	7330	-	5690	5870	6880	7550	-
300	6190	6380	8510	9190	9420	6370	6560	8730	9420	9670
350	6720	6910	9070	9760	10010	6910	7100	9290	10002	10250
400	7120	7310	9480	9950	10190	7310	7500	9710	10190	10430
500	8270	8470	10690	11170	11420	8460	8670	10920	11420	11670
630	10870	11080	11990	12470	12730	11080	11300	12220	12720	12980
800	12710	12930	13890	14400	14670	12930	13160	14140	14670	14940
1000	15450	15700	16480	17320	17610	15700	15950	16760	17610	17910
1200	17510	17770	18580	19450	19750	17770	18040	18860	19750	20060
1400	19690	19970	20830	21740	22050	19970	20250	21120	22060	22380
1600	21750	22040	22920	23860	24190	22040	22330	23230	24190	24520
2000	25740	26040	26960	27930	28270	26040	26340	27280	28270	28610
	ПвЭгаП					ПвЭгП				
70	2220	-	-	-	-	2150	-	-	-	-
95	2530	2660	-	-	-	2460	2580	-	-	-
120	2820	2950	-	-	-	2740	2870	-	-	-
150	3130	3270	-	-	-	3050	3190	-	-	-
185	4410	4570	5660	-	-	4300	4450	5550	-	-
240	5090	5240	6150	6770	-	4920	5090	6030	6670	-
300	5710	5880	7990	8650	8890	5590	5770	7860	8530	8770
350	6230	6420	8550	9230	9460	6120	6300	8410	9110	9340
400	6620	6810	8950	9403	9650	6500	6690	8830	9280	9530
500	7770	7960	10160	10660	10890	7630	7830	10030	10500	10760
630	10360	10570	11470	11950	12210	10230	10450	11320	11820	12050
800	12190	12410	13370	13920	14170	12040	12270	13230	13740	14010
1000	14940	15180	15980	16840	17150	14780	15040	15820	16680	16980
1200	17010	17260	18090	19010	19310	16840	17110	17930	18810	19130
1400	19190	19480	20370	21310	21650	19040	19320	20170	21130	21470
1600	21260	21560	22480	23450	23800	21100	21400	22300	23270	23610

Номинальное сечение жилы, мм ²	Расчетная масса, кг/км, кабелей на напряжение, кВ									
	45	60	110	132	150	45	60	110	132	150
2000	25290	25600	26560	27580	27910	25120	25400	26340	27390	27710
	ПвЭгПу					ПвЭгПнг, ПвЭгПнг-НГ				
70	2210	-	-	-	-	2450	-	-	-	-
95	2530	2650	-	-	-	2770	2930	-	-	-
120	2810	2940	-	-	-	3090	3230	-	-	-
150	3120	3260	-	-	-	3410	3580	-	-	-
185	4560	4680	5800	-	-	4920	5090	6340	-	-
240	5210	5320	6280	6900	-	5570	5760	6840	7590	-
300	5870	5980	8130	8820	9070	6250	6440	8730	9500	8380
350	6390	6530	8680	9410	9640	6780	7010	9290	10120	9010
400	6790	6920	9110	9570	9820	7180	7400	9750	10270	9140
500	7940	8070	10320	10800	11070	8360	8600	11000	11540	10470
630	10480	10710	11607	12130	12370	11050	11300	12310	12890	11790
800	12310	12550	13540	14060	14350	12930	13200	14310	14890	15210
1000	15020	15290	16100	16980	17290	15820	16120	17030	18010	18370
1200	17090	17370	18210	19120	19450	17940	18260	19200	20210	20580
1400	19300	19600	20490	21450	21790	20250	20580	21580	22650	23040
1600	21370	21680	22610	23600	23950	22370	22720	23750	24850	25250
2000	25400	25690	26660	27720	28060	26490	26800	27870	29080	29430
	ПвЭгаПу					ПвЭгаПнг, ПвЭгаПнг-НГ				
70	2280	-	-	-	-	2520	-	-	-	-
95	2600	2730	-	-	-	2850	3020	-	-	-
120	2890	3020	-	-	-	3170	3310	-	-	-
150	3200	3340	-	-	-	3490	3670	-	-	-
185	4690	4790	5910	-	-	5040	5210	6460	-	-
240	5320	5430	6400	7020	-	5690	5870	6960	7710	-
300	5990	6100	8250	8940	9190	6370	6560	8860	9630	8510
350	6510	6650	8820	9530	9760	6910	7130	9460	10250	9140
400	6920	7040	9240	9700	9950	7310	7530	9880	10400	9330
500	8090	8200	10450	10960	11200	8530	8730	11140	11720	10610
630	10610	10840	11770	12260	12530	11180	11430	12480	13040	11930
800	12460	12680	13680	14240	14500	13100	13340	14460	15100	15380
1000	15250	15490	16410	17200	17520	16210	16270	17190	18180	18540
1200	17330	17580	18440	19390	19690	18140	18410	19370	20440	20760
1400	19530	19830	20730	21710	22050	20410	20750	21760	22840	23230
1600	21610	21920	22860	23860	24220	22540	22890	23930	25050	25450
2000	25650	25980	26960	28000	28340	26670	27030	28120	29280	29640

Данные, приведенные в таблицах 2.20, 2.21, являются справочными.

2.8 ХИМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ НАРУЖНЫХ ОБОЛОЧЕК

При воздействии в процессе прокладки, монтажа и эксплуатации химических веществ, к которым конструктивные материалы кабелей (ПВХ пластикат, полиэтилен для оболочек и изоляции) имеют удовлетворительную устойчивость, не требуется дополнительной защиты от них. При воздействии химических веществ, к которым материалы оболочки имеют ограниченную или неудовлетворительную устойчивость, кабели должны быть защищены от их воздействия или должна быть изменена трасса кабеля и/или условия прокладки.

Следует иметь в виду, что при нормальной эксплуатации кабеля температура на поверхности оболочки достигает 70-80 °С, при этом химическая активность веществ резко возрастает.

Сведения о химической устойчивости материалов оболочек, приведенные в таблицах 2.22, 2.23, являются справочными.

Таблица 2.22 (данные фирмы Helukabel)

Химическое соединение	Концентрация, %	Температура, °С	Устойчивость оболочки	
			поливинилхлоридной	полиэтиленовой
Неорганические соединения				
Алюминиевые квасцы	слабая	20	у	
Алюминия соли	любая	20	у	
Аммиак, вод.р-р	10	20	у	
Аммиака ацетат, вод.р-р	любая	20	у	
Аммиака карбонат, вод.р-р	любая	20	у	
Аммиака хлорид, вод.р-р	любая	20	у	
Бария соли	любая	20	у	у
Борная кислота	100	20	у	у
Кальция хлорид, вод.р-р	слабая	20	у	у
Кальция нитрат, вод.р-р	слабая	20	у	у
Хрома соли	слабая	20	у	
Калия карбонат, вод.р-р		20	у	у
Калия хлорат, вод.р-р	слабая	20	у	о
Калия хлорид, вод.р-р	слабая	20	у	у
Калия дихромат, вод.р-р		20	у	
Калия иодид, вод.р-р		20	у	у
Калия нитрат, вод.р-р	слабая	20	у	у
Калия перманганат, вод.р-р		20	о	у
Калия сульфат, вод.р-р		20	у	у
Меди соли	слабая	20	у	у
Магния соли	слабая	20	у	у
Натрия бикарбонат (сода), вод.р-р		20	у	
Натрия бисульфит, вод.р-р		20	у	у
Натрия хлорид (поваренная соль), вод.р-р		20	у	у
Натрия тиосульфат, вод.р-р		20	у	у
Натриевый щелок	50	50	у	
Никеля соли, вод.р-р	слабая	20	у	у
Нитробензол	100	50	н	
Фосфорная кислота	50	20	у	у
Ртуть	100	20	у	у
Ртуты соли	слабая	20	у	у
Азотная кислота	30	20	н	н
Соляная кислота	конц.	20	н	у
Серы диоксид		20	у	о
Углерода дисульфид		20	н	н
Серная кислота	50	50	у	
Водорода сульфид		20	у	у
Морская вода		20	у	у
Серебра соли, вод.р-р		20	у	у

Химическое соединение	Концентрация, %	Температура, °С	Устойчивость оболочки	
			поливинилхлоридной	полиэтиленовой
Вода		20	у	
Водорода пероксид, вод.р-р		20	у	
Цинка соли, вод.р-р		20	у	
Олова хлорид		20	у	
Органические соединения				
Ацетон		20	н	
Этиловый спирт	100	20	н	у
Этилхлорид		50	н	
Этиленгликоль		100	о	
Муравьиная кислота	30	20	н	у
Анилин		50	н	
Бензин		20	н	н
Бензол		50	н	
Янтарная кислота, вод.р-р	слабая	20	у	
Тормозная жидкость		100	о	
Бутан		20	у	
Масло		50	у	
Хлорбензол		30	н	
Хлоропрен		20	н	
Дизельное масло		20	о	
Диэтилэфир		50	у	
Диэтилпрестон			н	
Ледяная уксусная кислота	20	50	н	
Уксусная кислота	20		о	о
Фреон		20	н	
Масло для смазки приводов		100	у	
Глицерин	любая	50	у	
Гидравлическое масло		20	н	
Изопропиловый спирт	100	20	н	у
Молочная кислота	10		н	
Машинное масло		20	о	
Метанол		20	н	
Метиловый спирт	100		о	у
Метиленхлорид		20	н	
Моторное масло		120	н	
Оливковое масло		50	у	у
Щавелевая кислота	слабая	20	у	о
Растительные масла			у	у
Дегтярная кислота		20	у	
Углерода тетрахлорид	100	20	у	
Трихлорэтилен	100	20	у	
Винная кислота, вод.р-р			у	
Лимонная кислота			у	
Примечание. «у» - удовлетворительная устойчивость, «о» - ограниченная устойчивость, «н» - неудовлетворительная устойчивость				

Таблица 2.23 – Данные фирмы Borealis об устойчивости полиэтиленовых оболочек

Наименование вещества	20 °C	60 °C	Наименование вещества	20 °C	60 °C
Азотная кислота (95 % и выше)	н	н	Оливковое масло	у	н
Акрилат этила	о	н	Пентан-2	н	н
Амилацетат	о	о	Перекись водорода (90 %)	у	н
Анилин	у	о	Пропилен дихлорид	н	н
Ароматические углеводороды	н	н	Серная кислота (кипящая)	н	н
Ацетон	о	о	Серная кислота (80 – 98 %)	у	н
Бензол	о	о	Сернистый кальций	о	о
Бензин	о	о	Скипидар (живица)	н	н
Бром (жидкий или газ)	н	н	Стирол	о	н
Бромистый метил	н	н	Тетрагидрофуран	н	н
Бромформ	н	н	Тетрадекан	н	н
Гексан	у	о	Тетрахлорид титана	о	н
Гексахлорофен	о	о	Тетрахлорид углерода	о	н
Декан	о	н	Тетрахлорметан	о	н
Диацетоновый спирт	о	о	Тетрахлорэтилен	н	н
Дибутиловый амин	о	н	Толуол	о	н
Дизтопливо	у	о	Тормозная жидкость	о	н
Дипентен	н	н	Трехокись серы	н	н
Дисульфид углерода	о	н	Треххлористое соединение бора	о	н
Дихлорбензол	н	н	Трибромметан	н	н
Дихлорпропилен	н	н	Трихлорбензол	н	н
Дихлорэтилен	н	н	Трихлорэтилен	н	н
Диэтиловый кетон	о	о	Фтор (газ)	н	н
Диэтиловый эфир	н	н	Фурфурол	н	н
Изооктан	у	о	Фурфуроловый спирт	у	о
Изопентан	н	н	Хлор (газ или насыщенный водный р-р)	о	н
Изоприловый эфир	у	н	Хлорбензол	н	н
Изопропиламин	н	н	Хлорная кислота (70 %)	у	н
Йод (спиртовой р-р, йодид калия)	н	н	Хлористый метил	н	н
Камфорное масло	о	о	Хлористый метилен	н	н
Керосин	н	н	Хлористый этил	н	н
Ксилол	о	н	Хлористый этилен	н	н
Лигроин	о	н	Хлоросульфоновая кислота	н	н
Лизоль	о	н	Хлороформ	н	н
Масляная кислота	у	о	«Царская водка» (HCl:HNO ₃ =3:1)	н	н
Меркантанат этила	н	н	Циклогексан	н	н
Метилциклогексан	н	н	Этилацетат	у	н
Нитробензол	н	н	Этилбензол	н	н
Нитротолуол	н	н	Этиловый спирт	у	о
Нитроэтан	у	н	N-пентан	н	н
Озон	о	н	O-Zylene	н	н
Октиловый спирт	у	н	P-Zylene	н	н
Олеум	н	н			
Примечание. «у» - удовлетворительная устойчивость, «о» - ограниченная устойчивость, «н» - не-удовлетворительная устойчивость					

РАЗДЕЛ 3

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОКЛАДКЕ КАБЕЛЕЙ

3.1 ВВЕДЕНИЕ

3.1.1 Проектирование кабельной линии, подготовка трассы и работы по прокладке кабелей должны выполняться в соответствии с «Правилами устройства электроустановок», действующими отраслевыми строительными нормами и правилами и настоящей инструкцией.

3.1.2 Прокладка кабелей должна производиться только при наличии проекта производства работ (ППР).

3.1.3 Прокладка кабелей должна выполняться монтажной организацией, имеющей соответствующее оборудование, приспособления, инструмент, материалы и квалифицированных специалистов.

3.1.4 Инструкция распространяется на условия и способы прокладки кабелей в земле (траншеях), в кабельных сооружениях, производственных помещениях, трубах и блоках. На подводную прокладку данная инструкция не распространяется. Условия и способы подводной прокладки кабелей определяются при проектировании кабельной линии и должны быть согласованы с изготовителем кабеля.

3.2 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

3.2.1 Минимальный радиус изгиба при прокладке и монтаже кабелей

Минимальный радиус изгиба при прокладке должен быть не менее $16D_n$, где D_n — наружный диаметр кабеля.

При тщательном контроле изгиба, например, применением соответствующего шаблона, допускается уменьшение радиуса изгиба кабеля до $10D_n$. При этом рекомендуется подогрев кабеля в месте изгиба до температуры 20 °С.

3.2.2 Допустимые осевые и радиальные нагрузки, возникающие при тяжении кабелей

3.2.2.1 Допустимое усилие тяжения

Усилия, возникающие во время тяжения кабеля с многопроволочной алюминиевой жилой, не должны превышать 30 Н/мм^2 номинального сечения жилы, кабеля с медной жилой — 50 Н/мм^2 .

При проектировании кабельной линии трасса и строительные длины кабелей должны быть выбраны таким образом, чтобы при протяжке кабеля не было превышено допустимое усилие тяжения.

Усилие, возникающее в конце прямой трассы при тяжении кабеля, рассчитывается:

а) для трассы без разности уровней:

$$F = 9,81 \cdot M \cdot L \cdot \mu \text{ [Н]}$$

где M — масса кабеля, кг/м;

L — длина кабеля, м;

μ — коэффициент трения.

б) для наклонной трассы:

$$F = 9,81 \cdot M \cdot L \cdot (\mu \cos \beta \pm \sin \beta) \text{ [Н]}$$

где: β — угол наклона трассы;

+ при протяжке кабеля снизу вверх

– при протяжке сверху вниз

Изгибы трассы повышают усилие тяжения на коэффициент, зависящий от угла изгиба и коэффициента трения. Усилие на выходе изгиба рассчитывается:

$$F_E = F_A \cdot e^{\mu\alpha} [\text{Н}]$$

где F_E – усилие на выходе изгиба;

F_A – усилие на входе изгиба;

α – угол изгиба, радиан;

μ – коэффициент трения.

Ориентировочная величина коэффициента трения μ составляет:

- при протяжке по роликам: 0,20 – 0,30;
- при протяжке в бетонные блоки: 0,40 – 0,60;
- при протяжке в пластмассовые трубы:
 - с использованием смазки: 0,10 – 0,20;
 - с помощью проливания воды: 0,15 – 0,25;
 - с помощью смазки и воды: 0,10 – 0,15.

3.2.2.2 Допустимое радиальное давление

Во время протягивания кабеля по изгибам возникает радиально направленная сила, величина которой зависит от усилия тяжения, радиуса и угла изгиба.

Радиальное давление на единицу длины рассчитывается:

$$F_r = \frac{F \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{r \cdot \pi \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}} [\text{Н/м}]$$

где F – усилие тяжения кабеля, Н;

α – угол изгиба, °;

r – радиус изгиба, м.

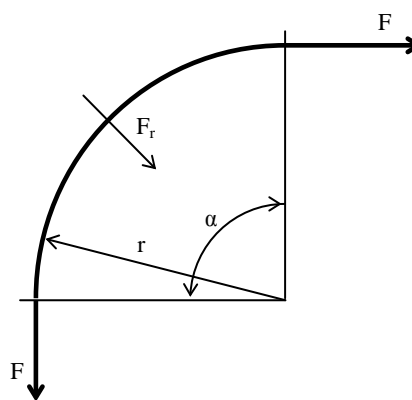


Рисунок 3.1

При $\alpha = 0 \dots 90^\circ$ можно использовать упрощенную формулу:

$$F_r = \frac{F}{r} [\text{Н/м}].$$

Максимально допустимое радиальное давление для небронированного кабеля составляет не более:

- 10000 Н/м – при протягивании в трубах;
- 1500 Н/м – при протягивании через угловой ролик;
- при использовании системы роликов: 7500 Н/м при установке 5 роликов на 1 м длины и 4500 Н/м при установке 3 роликов на 1 м длины.

3.2.2.3 Пример расчета

Кабель АПвЭгП-110 1х500/50 протягивается по роликам. Длина трассы 350 м. Трасса имеет два изгиба на угол 45° и 90° (см. рис.3.2), радиус изгиба 1,8 м, длина участков 0-1 и 1-2 – 100 м, длина участка 2-3 – 150 м. Разность уровней между точками 3 и 2 составляет +15 м.

В соответствии с таблицами раздела 2 наружный диаметр кабеля 74 мм, масса $6960 \text{ кг/км} = 6,96 \text{ кг/м}$. Минимальный радиус изгиба для выбранного кабеля составит $16 \cdot 74 = 1184 \text{ мм}$, следовательно, радиус изгиба 1,8 м является допустимым.

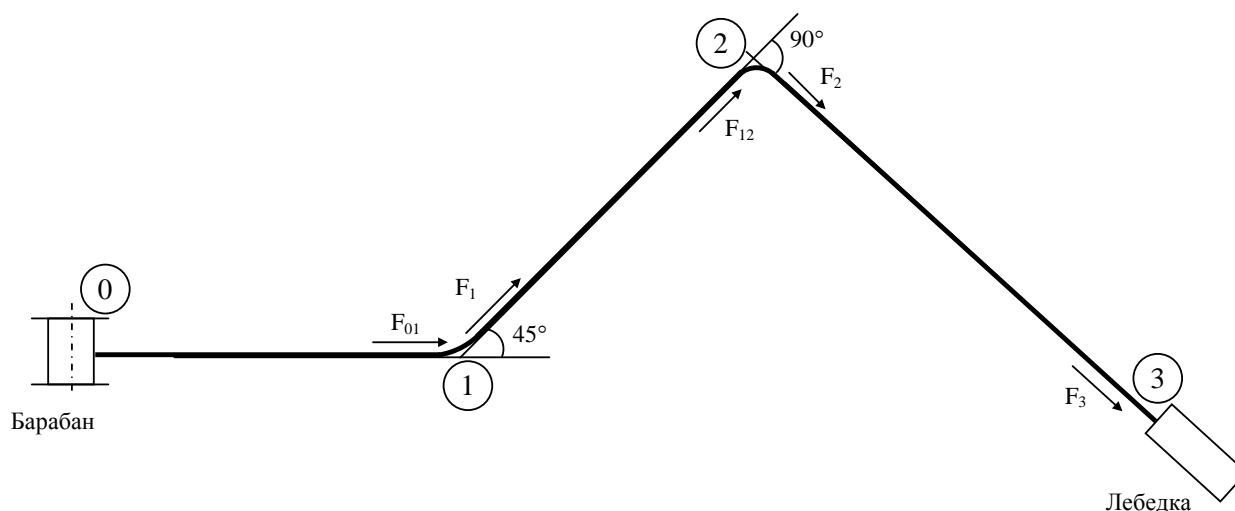


Рисунок 3.2

Усилие тяжения в конце участка 0-1:

$$F_{0-1} = 9,81 \cdot 6,96 \cdot 0,30 \cdot 100 = 2048,3 \text{ Н}$$

Усилие тяжения на выходе из изгиба 1:

$$F_1 = F_{0-1} \cdot e^{0,30 \cdot (45 \cdot \pi / 180)} = 2048,3 \cdot 1,27 = 2601,3 \text{ Н}$$

Усилие тяжения в конце участка 1-2:

$$F_{1-2} = F_1 + 9,81 \cdot 6,96 \cdot 0,30 \cdot 100 = 2601,3 + 2048,3 = 4649,6 \text{ Н}$$

Усилие тяжения на выходе из изгиба 2:

$$F_2 = F_{1-2} \cdot e^{0,30 \cdot (90 \cdot \pi / 180)} = 4649,6 \cdot 1,60 = 7439,4 \text{ Н}$$

Угол наклона участка 2-3:

$$\arcsin 15/150 = 5,7^\circ$$

Усилие тяжения в конце участка 2-3:

$$F_{2-3} = 7439,4 + 9,81 \cdot 6,96 \cdot 150 (0,30 \cos 5,7 + \sin 5,7) = 11513,9 \text{ Н}$$

Допустимое усилие тяжения равно $30 \cdot 500 = 15000 \text{ Н}$, т.е. выбранная трасса и метод протяжки обеспечивают усилие тяжения в пределах допустимого.

Радиальное давление на изгибе 1 составит (см. 3.2.2.2):

$$F_{r1} = \frac{2601,3 \cdot \sin \frac{135^\circ}{2}}{1,8 \cdot \pi \cdot \frac{135^\circ}{360^\circ}} = 1133,3 \text{ Н/м}$$

На изгибе 2:

$$F_{r2} = \frac{7439,4 \cdot \sin \frac{90^\circ}{2}}{1,8 \cdot \pi \cdot \frac{90^\circ}{360^\circ}} = 3721,0 \text{ Н/м}$$

Полученные значения радиального давления показывают, что на первом изгибе достаточно установки одного углового ролика (допустимое радиальное давление 1500 Н/м), а на втором необходимо установить систему роликов (допустимое радиальное давление 4500 Н/м при установке трех роликов на 1 м длины).

3.2.3 Температура окружающей среды при прокладке

Прокладка кабелей без предварительного подогрева допускается при температуре не ниже минус 5 °С. При условии предварительного подогрева (см. 3.3.5) допускается прокладка при температуре не ниже минус 15 °С для кабелей с оболочкой из ПВХ пластика и полимерной композиции, не распространяющей горение, и не ниже минус 20 °С для кабелей с полиэтиленовой оболочкой. Не допускается прокладка кабелей при температуре окружающей среды выше 40 °С. Под температурой окружающей среды подразумевается температура оболочки кабеля.

3.2.4 При выборе трассы кабельной линии необходимо учесть наличие химически агрессивных сред. Справочные данные о химической устойчивости наружных оболочек кабелей приведены в разделе 2.

3.2.5 Протяжка кабелей может осуществляться:

- а) за оболочку – при помощи закрепленного на ней проволочного чулка;
- б) за жилу – при помощи концевой захвата (для кабелей с однопроволочными жилами) или клинового захвата (для кабелей с многопроволочными жилами).

3.2.6 Кабели должны быть уложены «змейкой» с запасом по длине 1 – 2 % для компенсации температурных деформаций кабелей и конструкций, а также смещений почвы. Укладывать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается.

3.2.7 Металлические экраны кабелей и металлические кабельные конструкции должны быть заземлены в соответствии с ПУЭ и СНиП.

3.2.8 Кабели трех фаз прокладываются параллельно в плоскости или треугольником.

При прокладке кабелей в плоскости рекомендуется выдерживать расстояние в свету между кабелями не менее диаметра кабеля.

3.2.9 При проектировании кабельной линии необходимо учесть, что вокруг отдельно проложенных (не соединенных в треугольник) кабелей не должны создаваться замкнутые контуры из магнитных материалов (например, стали). Это нужно учитывать при выборе материала труб, выборе крепления кабелей на конструкциях, крепления бирок на кабелях.

Запрещается применение креплений, экранов, бандажей, хомутов и т.д. из магнитных материалов, полностью охватывающих кабель по контуру.

3.2.10 При хранении кабелей и в процессе прокладки необходимо следить за герметичностью концов кабелей (сохранностью кабельных кап). Заделка концов кабелей выполняется с помощью герметизируемых кабельных кап (см. 3.10).

3.2.11 Кабель после прокладки должен быть защищен от воздействия прямых солнечных лучей (засыпан слоем песчано-гравийной смеси, закрыт щитами и т.п.). Не допускается воздействие прямых солнечных лучей на кабель в течение более чем 12 ч.

3.3 СПОСОБЫ ПРОКЛАДКИ КАБЕЛЕЙ

3.3.1 Выбор способа прокладки

3.3.1.1 Кабели могут быть проложены в земле (траншее), в кабельных сооружениях (каналах, туннелях, коллекторах, галереях, эстакадах, блоках), в трубах, в производственных помещениях.

3.3.1.2 При выборе способов прокладки кабельных линий необходимо руководствоваться ПУЭ.

3.3.1.3 Выбор трассы кабельной линии, глубины заложения, расположения кабелей и расстояния между ними, способов механической защиты кабелей должен быть сделан с учетом допустимых токовых нагрузок (см. раздел 2). Все параметры должны быть указаны в проекте кабельной линии.

3.3.2 Прокладка в земле (траншеях)

3.3.2.1 Глубина заложения кабеля в земле (в траншее) должна быть не менее 1500 мм. При этом под кабелем должна быть сделана подсыпка толщиной не менее 100 мм, а сверху него – засыпка толщиной не менее 100 мм слоем песчано-гравийной смеси.

3.3.2.2 На всем протяжении трассы кабеля в траншее должны быть защищены от повреждений железобетонными плитами.

3.3.2.3 При засыпке кабеля не должны менять своего положения. При необходимости кабели должны быть скреплены.

3.3.2.4 При прокладке в траншее нескольких кабелей места соединений могут располагаться в один ряд или со сдвигом между соседними кабелями не менее чем на 2 м.

3.3.2.5 При прокладке кабеля в местах соединений должен быть оставлен запас длиной, достаточной для монтажа муфты, а также для укладки дуги компенсатора. Укладывать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается.

В стесненных условиях при большом количестве кабелей допускается располагать компенсаторы в вертикальной плоскости ниже уровня прокладки кабелей. Муфта при этом остается на уровне прокладки кабелей.

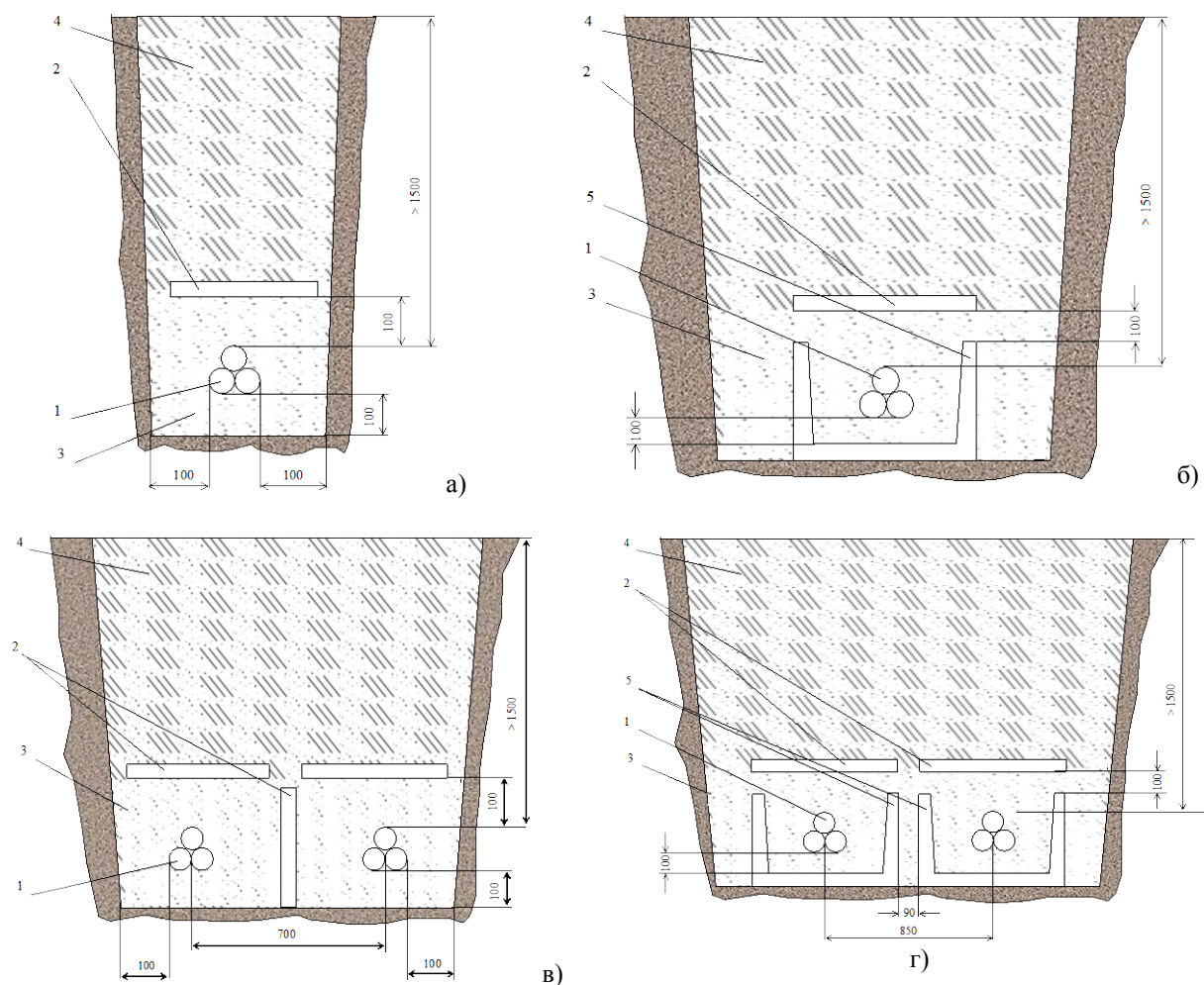
3.3.2.6 В местах соединения кабелей должны быть подготовлены котлованы, соосные с траншеей, глубиной не менее 1,5 м и длиной не менее 6 м. Ширина котлована не менее 2 м для одноцепной линии и 3 м для двухцепной линии.

Не рекомендуется располагать соединения кабелей над и под коммуникациями, а также над перекрытиями подземных сооружений.

3.3.2.7 При сооружении траншей необходимо избегать мест, содержащих вещества или мусор, разрушительно действующие на оболочку кабеля, в т.ч. насыпной грунт, содержащий шлак или строительный мусор, участки, расположенные ближе 2 м от выгребных и мусорных ям. Сведения о химической устойчивости оболочек кабелей приведены в разделе 2.

При невозможности обхода этих мест кабель должен быть проложен в трубах (пластмассовых с герметичными стыками или асбоцементных, покрытых снаружи и внутри битумным составом), или траншея должна быть расширена с обеих сторон на 0,5 – 0,6 м, углублена на 0,3 – 0,4 м и засыпана чистым нейтральным грунтом.

3.3.2.8 Примеры прокладки кабелей в траншее приведены на рис. 3.3.



1 – кабель; 2 – железобетонная плита; 3 – песчано-гравийная смесь; 4 – засыпной грунт;
5 – железобетонный лоток

Рисунок 3.3 – Примеры прокладки кабелей в траншее

3.3.3 Прокладка в кабельных блоках, трубах и железобетонных лотках

3.3.3.1 Внутренний диаметр трубы или канала блока для прокладки одного кабеля должен быть не менее $1,5 D$, где D – диаметр кабеля.

Следует располагать по одному кабелю в трубу (канал блока).

3.3.3.2 Общая длина трубы (канала блока) определяется при проектировании с учетом конструкции трассы и предельно допустимых усилий тяжения. При расчете усилий тяжения, возникающих при протяжке через трубу (канал блока), необходимо учитывать диаметр кабеля и трубы, материал и состояние внутренней поверхности трубы.

3.3.3.3 Для прокладки кабелей применяются асбоцементные, пластмассовые, керамические трубы. Для обеспечения сохранности оболочки кабель рекомендуется протягивать в полиэтиленовые трубы, которые для повышения механической прочности могут быть протянуты в асбоцементные. Применение труб из магнитных материалов (стали, чугуна) для прокладки одной фазы кабеля запрещается.

3.3.3.4 Трубы должны быть соединены муфтами, соединительными патрубками или манжетами и, в случае необходимости, скреплены цементным раствором.

При выборе способа соединения труб запрещается применять муфты, патрубки, манжеты из магнитных материалов, охватывающие кабели одной фазы по замкнутому контуру.

Внутренний диаметр муфт, патрубков и манжет должен быть не меньше внутреннего диаметра соединяемых труб.

3.3.3.5 В процессе соединения труб и сборки блоков в трубы (каналы блоков) рекомендуется затягивать проволоку, которую в дальнейшем можно будет использовать для протягивания троса, предназначенного для прочистки трубы (канала) и протягивания кабеля.

3.3.3.6 До протягивания кабеля трубу (канал блока) необходимо очистить ее от остатков бетонного раствора и строительного мусора. Для этого через трубу (канал блока) протягивают с помощью лебедки канат с прикрепленным к нему приспособлением в виде стального контрольного цилиндра и трех ершей из стальной проволоки. Наружный диаметр контрольной поверхности цилиндра должен быть на 15 мм меньше внутреннего диаметра трубы (канала), а диаметр ерша – на 6 мм больше внутреннего диаметра трубы (канала). К последнему ершу прикрепляют стальной трос, при помощи которого затем будет протягиваться кабель.

3.3.3.7 Для уменьшения усилия тяжения кабеля через трубу (канал блока) кабель покрывают смазкой или проливают через трубы или каналы воду.

Смазка не должна содержать веществ, разрушающих оболочку кабеля. Для кабелей с полиэтиленовой оболочкой рекомендуется применять технический вазелин, с поливинилхлоридной оболочкой – технический вазелин, тавот или солидол. Ориентировочный расход смазки – 8-10 кг на каждые 100 м кабеля. Следует следить за тем, чтобы к смазанной поверхности не прилипали камни, мусор, песок, которые могут повредить оболочку кабеля при протяжке.

3.3.3.8 Протягивать кабель через трубы и каналы блоков рекомендуется по возможности плавно и без остановок.

3.3.3.9 Примеры прокладки кабелей в трубах приведены на рис. 3.4.

3.3.4 Прокладка в кабельных сооружениях и производственных помещениях

3.3.4.1 Прокладка кабелей должна начинаться после завершения всех строительных работ.

3.3.4.2 При прокладке в кабельных сооружениях и производственных помещениях кабелей с полиэтиленовой оболочкой в проекте необходимо предусмотреть дополнительные меры противопожарной защиты, например, нанесение огнезащитных покрытий.

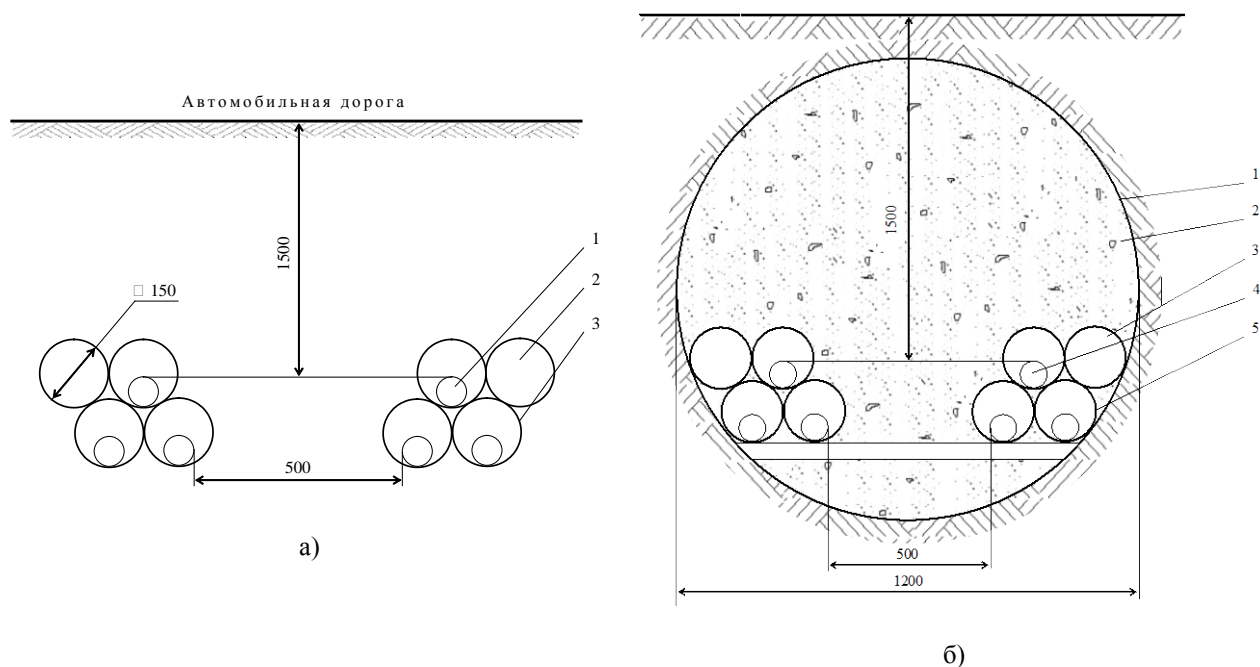
3.3.4.3 Кабели в кабельных сооружениях рекомендуется прокладывать целыми строительными длинами, избегая, по возможности, применения в них соединительных муфт.

3.3.4.4 Опорные конструкции, на которые укладывают кабели, должны иметь исполнение, исключаящее возможность повреждения оболочек кабелей.

3.3.4.5 При необходимости установки соединительных муфт в кабельных сооружениях (помещениях) необходимы отдельные полки на опорной конструкции для каждой муфты. Противопожарные кожухи для соединительных муфт кабелей с полиэтиленовой изоляцией не требуются.

3.3.4.6 На трассе, состоящей из проходного туннеля, переходящего в полупроходной туннель или непроходной канал, соединительные муфты должны быть расположены в проходном туннеле.

3.3.4.7 Кабели внутри помещений и снаружи в местах, где возможны механические повреждения (передвижение автотранспорта, грузов и механизмов, доступность для неквалифицированного персонала) должны быть защищены до безопасной высоты, но не менее 2 м от уровня земли или пола и на глубине 0,3 м в земле.



1 – кабель;
2 – резервная асбоцементная труба;
3 – асбоцементная труба

1 – стальная труба; 2 – бетон;
3 – резервная асбоцементная труба;
4 – кабель; 5 – асбоцементная труба

Рисунок 3.4 – Примеры прокладки кабелей в трубах:

а) под автомобильными и другими дорогами;

б) под железнодорожными путями

3.3.4.8 Проходы кабелей через стены, перегородки и перекрытия должны быть выполнены через отрезки неметаллических труб (асбоцементных, пластмассовых и т.д.), отфактурированные отверстия в железобетонных конструкциях или открытые проемы.

Зазоры в отрезках труб, отверстиях и проемы после прокладки кабелей должны быть заделаны негорючим материалом по всей толщине стены или перегородки в соответствии с 4.18 ДБН В.1.1-7-2002 „Пожежна безпека об’єктів будівництва”.

Зазоры в проходах через стены допускается не заделывать, если стены не являются противопожарными преградами.

3.3.4.9 Вводы кабелей в здания, кабельные сооружения и другие помещения должны быть выполнены в асбоцементных, бетонных, керамических или пластмассовых трубах. Концы труб должны выступать в траншею из стены здания или фундамента (при наличии отмотки – за линию последней) не менее чем на 0,6 м, и иметь уклон в сторону траншеи.

Должны быть предусмотрены меры, исключаяющие проникновение из траншей в здания, кабельные сооружения и помещения воды и мелких животных.

3.3.4.10 Не допускается прокладка кабеля без труб в строительных основаниях.

3.3.5 Прокладка при низких температурах

3.3.5.1 При температуре воздуха ниже допустимой (см. 3.2.3) прокладка кабелей допускается только после предварительного подогрева кабелей и при выполнении прокладки в сжатые сроки (не более 30 мин).

При невозможности прокладки кабеля в указанный срок в процессе прокладки должен обеспечиваться постоянный подогрев кабеля или прокладка должна производиться с перерывами, во время которых кабель дополнительно подогревают.

3.3.5.2 Рекомендуются подогрев кабеля выдержкой в обогреваемом помещении или в тепляке или палатке с обогревом (с температурой до 40 °С).

Продолжительность прогрева кабелей на барабане в обогреваемом помещении или тепляке:

- при температуре воздуха в помещении или тепляке от 5 до 10 °С - не менее 72 ч;

-	- II -	от 10 до 25 °С - не менее 24 ч;
-	- II -	от 25 до 40 °С - не менее 18 ч.

3.3.6 Прокладка в вечномёрзлых грунтах

3.3.6.1 Глубина прокладки кабелей в вечномёрзлых грунтах определяется при проектировании с учетом конкретных грунтовых и климатических условий.

3.3.6.2 Грунт, используемый для обратной засыпки траншей, должен быть размельчен и уплотнен. Наличие в траншее льда и снега не допускается. Грунт для насыпи следует брать из мест, удаленных от оси трассы кабеля не менее чем на 5 м. Грунт в траншее после осадки должен быть покрыт мохоторфяным слоем.

3.3.6.3 В качестве дополнительных мер против возникновения морозобойных трещин следует применять:

- засыпку траншеи с кабелем песчаным или гравийно-галечным грунтом;
- устройство водоотводных канав или прорезей глубиной до 0,6 м, расположенных с обеих сторон трассы на расстоянии 2-3 м от ее оси;
- обсев кабельной трассы травами и обсадку кустарником.

3.3.7 Крепление кабелей

3.3.7.1 При выборе способа крепления кабелей необходимо исключить возможность повреждения их оболочек и учесть требование 3.2.9.

3.3.7.2 При прокладке кабелей треугольником они должны быть скреплены лентами, стяжками, хомутами или скобами.

Кабели, прокладываемые в траншее, не должны менять своего положения при засыпке грунтом. При необходимости следует выбрать шаг скрепления и скрепить их.

Кабели, проложенные на воздухе, должны быть скреплены с шагом 1,0 – 1,5 м по длине кабельной линии и на расстоянии не более 0,5 м от каждого изгиба кабельной линии.

Скрепление с указанным шагом должно быть по всей кабельной линии, за исключением участков около соединительных и концевых муфт.

3.3.7.3 Для скрепления кабелей трех фаз одной кабельной линии в треугольник допускается использование хомутов или скоб из магнитных материалов (например, стали). При этом обязательно использование эластичных прокладок для защиты оболочки кабеля. Стальные крепления должны иметь эффективное антикоррозионное покрытие, рассчитанное на весь срок эксплуатации кабельной линии.

3.3.7.4 Кабели, прокладываемые по конструкциям, консолям, эстакадам, стенам, перекрытиям, фермам и т.д., следует закреплять в конечных точках, непосредственно у концевых муфт в двух местах, у соединительных муфт, на поворотах трассы (с обеих сторон от изгиба на расстоянии не более 0,5 м), на остальных участках трассы – в местах, расположенных по длине кабельной линии с шагом от 1 до 1,5 м, с учетом требований 3.2.6, 3.2.8, 3.2.9, 3.3.7.2.

При укладке кабелей на консоли кабели должны быть закреплены на каждой консоли. Расстояние между консолями должно быть не более 1 м.

Кабели, прокладываемые вертикально по конструкциям и стенам, должны быть закреплены на каждой кабельной конструкции.

Крепление кабелей должно быть выполнено таким образом, чтобы была предотвращена деформация кабелей и муфт под действием собственного веса кабеля, а также в результате действия механических напряжений, возникающих при циклах нагрева и охлаждения и при магнитных взаимодействиях во время коротких замыканий.

Расчет механического усилия, возникающего между двумя кабелями при коротком замыкании, проводится по формуле:

$$F = \frac{0,2}{s} \cdot (2,5 I_k)^2 \text{ [Н/м]},$$

где s – расстояние между центрами жил, м;

I_k – ток короткого замыкания, кА.

3.3.7.5 В местах жесткого крепления кабелей на конструкциях должны быть проложены прокладки из эластичного материала (листовая резина, листовой поливинилхлорид, неопрен и т.д.). Прокладки должны выступать за края хомутов или скоб по ширине на 5 - 8 мм.

Крепление кабелей при помощи специальных скоб и хомутов без прокладок должно быть согласовано с изготовителем кабеля.

Крепление кабелей при помощи специальных кабельных зажимов производства концерна KOZ Products (Голландия).

Кабельные зажимы KOZ выполнены из армированного стекловолокном полиамида, обеспечивающего высокое механическое (20кН до 69кН, в зависимости от типа изделия), тепловое и химическое сопротивление.

Зажимы KOZ рассчитаны на высокие динамические нагрузки сильных токов короткого замыкания. Уравновешенная конструкция изделий обеспечивает равномерное распределение давления на зажимаемой поверхности кабеля. Стойкость к воздействию пламени, ультрафиолетовому излучению, соленой воде, озона, масла, топлива, щелочи и радиоактивных лучей, галогенов позволяет использовать зажимы KOZ как для внутренней, так и для наружной установки. Полностью годны для повторного использования.

Отсутствие механических потерь прочности в пределах температур от -50°C до +120°C. Огнестойкость в соответствии с VDE 0304, раздел 3, класс ПА.

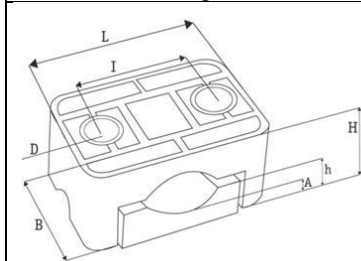
Компания KOZ рекомендует использовать неопреновые прокладки на вертикальных участках и на участках, где происходят значительные температурные перепады.

Зажимы компании KOZ протестированы нидерландской лабораторией КЕМА.

Зажимы типа **KOZ ST** (размеры в мм):

- для кабелей с наружным диаметром до 130 мм
- механическая прочность $20 \div 40$ кН

- возможность многоуровневого монтажа
- усилие затяжки крепежа 5-8 Нм

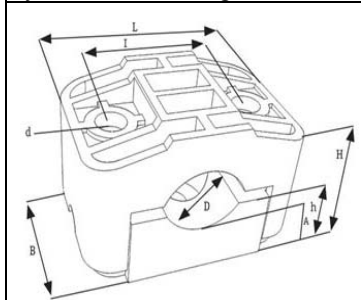


Тип	KOZ ST 18-26	KOZ ST 26-38	KOZ ST 36-52	KOZ ST 50-75	KOZ ST 75-100	KOZ ST 100-130
DØ	18-26	26-38	36-52	50-75	75-100	100-130
L	77	92	108	128	169	200
B	45	60	60	60	80	80
I	49	60	75	95	127	158
dØ	10,5	12,5	12,5	12,5	14,5	14,5
H	36-44	48-60	58-74	76-101	110-135	141-170
h	13,5	21	27	35	51	65
A	6	10	11	14	19	20
вес,г	90	170	225	310	815	1000

Зажимы типа **KOZ STC** (размеры в мм):

- для кабелей с наружным диаметром до 100 мм
- механическая прочность $38 \div 47$ кН
- усилие затяжки крепежа 5-8 Нм

- возможность крепления на опорных балках или на плоских поверхностях

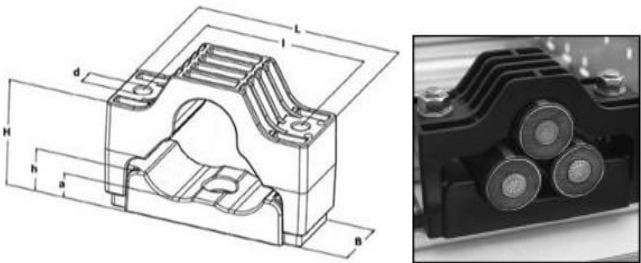


Тип	KOZ STC 21-38	KOZ STC 36-52	KOZ STC 46-75	KOZ STC 72-100
DØ	21-38	36-52	46-75	72-100
L	92	107	128	172
B	60	60	60	80
I	60	75	95	127
dØ	12,5	12,5	12,5	14,5
H	54-70	69-84	79-109	90-115
h	26	33	35	51
A	18	18	20	22,5
вес,г	174	237	298	768

Зажимы типа **KOZ TRI** (размеры в мм):

- для крепления трех одножильных кабелей треугольником
- при повышенной нагрузке от токов короткого замыкания

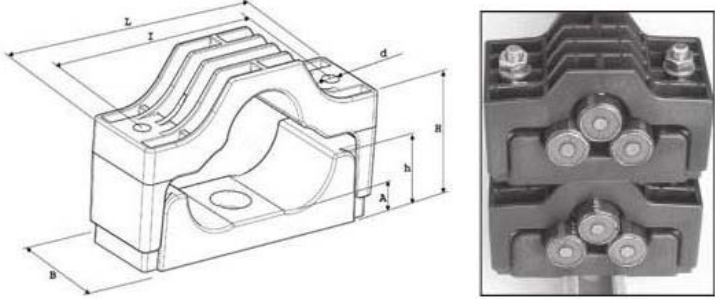
- возможность крепления хомута к крепежной балке, стойкам, опорам, плоской поверхности
- усилие затяжки крепежа 5-8 Нм

	Тип	KOZ TRI 3x25-40	KOZ TRI 3x38-53	KOZ TRI 3x53-66	KOZ TRI 3x67-82	KOZ TRI 3x82-98
	DØ	25-40	38-53	53-66	67-82	82-98
	L	160	190	216	252	284
	B	75	80	80	100	100
	I	125	145	169	202	234
	dØ	14,5	14,5	15	16,5	16,5
	H	68-95	80-115	100-120	140-175	168-205
	h	38	54	44	70	78
	A	20	30	25	26	26
	мех.пр., кН	40	38,7	70	42	42
	вес,г	600	890	1120	1840	2515

Зажимы типа **KOZ TRI eco**(размеры в мм):

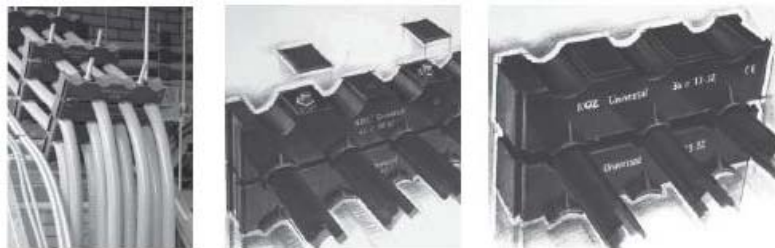
- для крепления трех одножильных кабелей треугольником
- усилие затяжки крепежа 5-8 Нм

- возможность крепления хомута к крепежной балке, стойкам, опорам, плоской поверхности

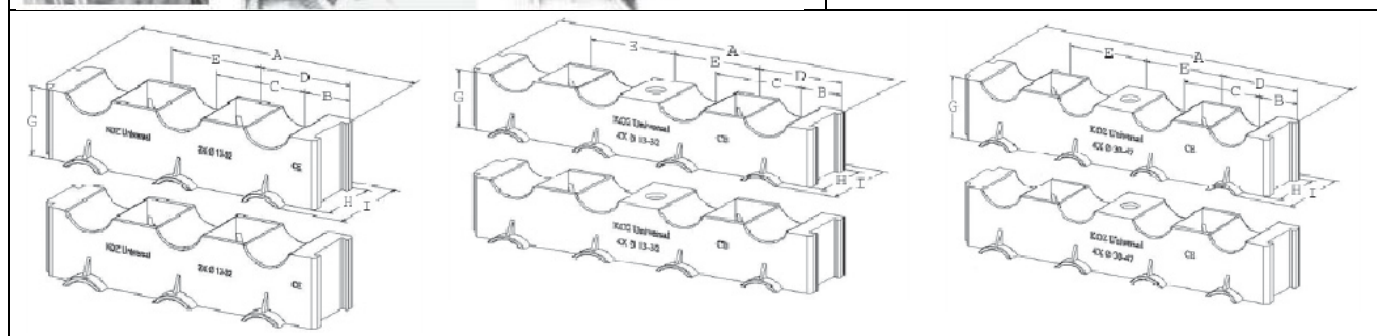
	Тип	KOZ TRI- eco 24-35	KOZ TRI- eco 33-46	KOZ TRIeco 47-66
	DØ	24-35	33-46	47-66
	L	136	156	205
	B	70	70	70
	I	101	121	170
	dØ	11	11	13
	H	54-78	58-90	80-120
	h	35	41	51
	A	20	20	19
	мех.пр., кН	15	16	22
	вес,г	315	385	610

Зажимы типа **KOZ UNI**(размеры в мм):

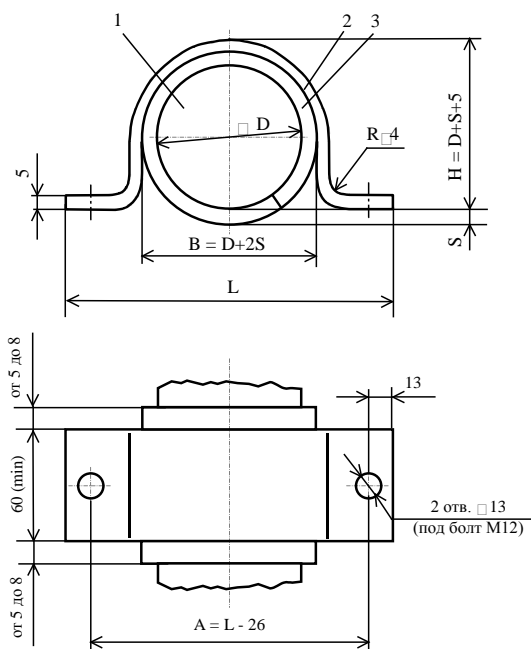
- для крепления одножильных кабелей при прокладке их в плоскости и в нескольких уровнях друг над другом
- для кабелей с номинальным наружным диаметром 13-47мм
- уникальная конструкция «ласточкиного хвоста» позволяет увеличить количество кабелей, которые крепятся в ряд
- усилие затяжки крепежа 5-8 Нм



Тип	KOZ UNI 3x13-32	KOZ UNI 4x13-32	KOZ UNI 4x30-47
A	186,5	246,5	345,0
B	32,2	32,2	44,5
C	60,5	60,5	85,0
D	62,7	62,7	87,5
E	60,5	60,5	85,0
F	10,5	10,5	13,5
G	43	43	65
H	45	45	50
I	61	61	66
мех.пр., кН	19,5	32,5	27,4
вес,г	145	205	375



3.3.7.6 Другие примеры крепления кабелей на металлоконструкциях приведены на рис. 3.5-3.8.



1 – кабель; 2 – хомут (скоба) из алюминия или алюминиевого сплава

3 – прокладка из эластичного материала (резина, поливинилхлорид и т.д.)

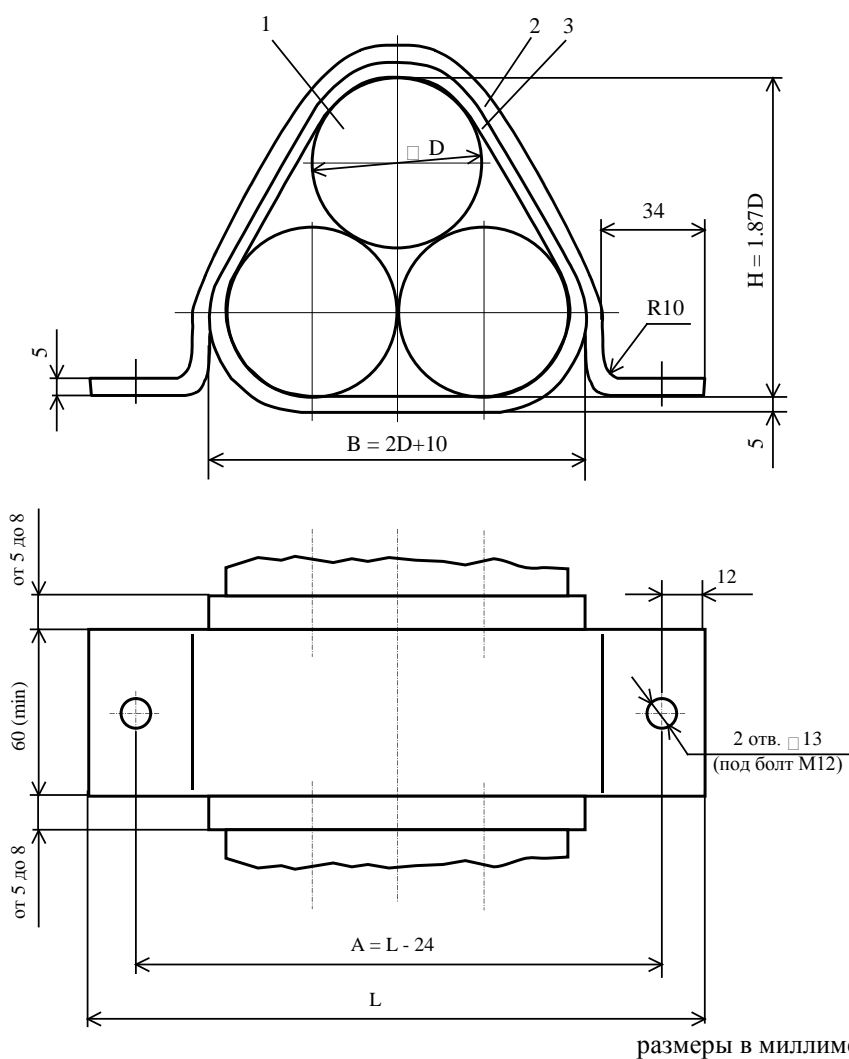
Примечание:

1. Крепежные изделия (болты, гайки, шайбы) не показаны.

2. D - наружный диаметр кабеля, S – толщина прокладки (4-5 мм).

Рисунок 3.5 – Пример крепления одного кабеля на металлоконструкции

размеры в миллиметрах



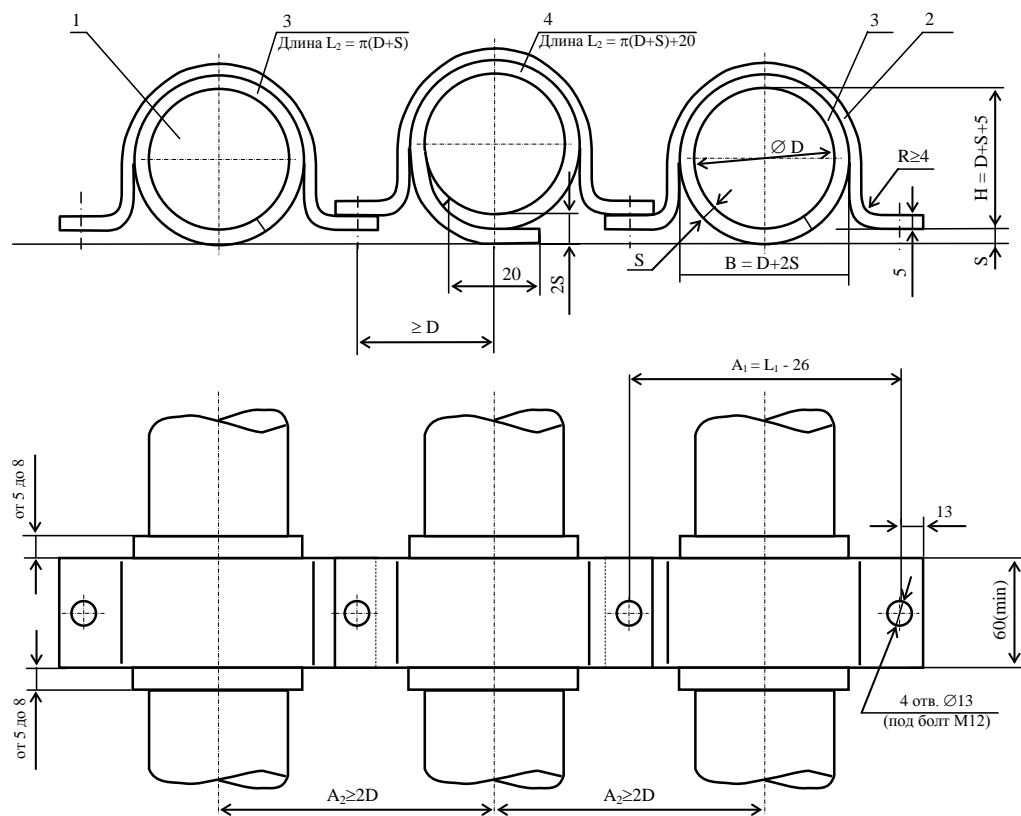
размеры в миллиметрах

1 – кабель; 2 – хомут (скоба) из алюминия или алюминиевого сплава толщиной 5 мм или из стального листа толщиной 3-4 мм; 3 – прокладка из эластичного материала (резина, поливинилхлорид и т.д.) толщиной 4-6 мм

Примечание. 1) Крепежные изделия (болты, гайки, шайбы) не показаны.

2) D - наружный диаметр кабеля.

Рисунок 3.6 – Пример крепления трех кабелей в связке на металлоконструкции

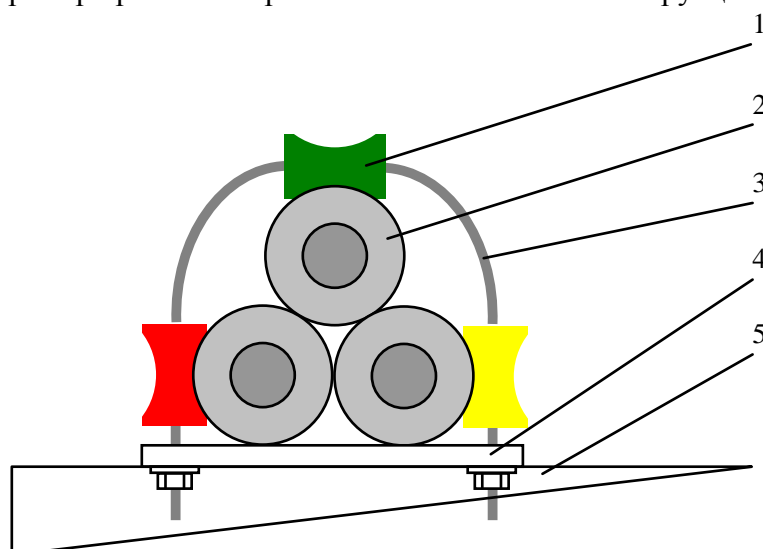


размеры в миллиметрах

- 1 – кабель
 2 – хомут (скоба) из алюминия или алюминиевого сплава
 3, 4 – прокладки из эластичного материала (резина, поливинилхлорид и т.д.)

Примечания. 1) Крепежные изделия (болты, гайки, шайбы) не показаны.
 2) D - наружный диаметр кабеля, S – толщина прокладок (4-5 мм).
 3) Размер A_2 равен размеру A_1 и определяется с учетом величин наружного диаметра кабеля D и выбранного радиуса гибки полки хомута R.

Рисунок 3.7 – Пример крепления трех кабелей на металлоконструкции



- 1 – клица кабельная; 2 – кабель; 3 – оцинкованный хомут; 4 – пластина; 5 – кабельная полка

Рисунок 3.8 – Пример крепления кабеля по эстакаде с помощью тройникового клицевого узла, разработанного ООО «Русэнерго»

3.4 ПОДГОТОВКА И ПРИЕМКА ТРАССЫ

3.4.1 Общие указания

3.4.1.1 Перед началом прокладки трасса кабеля должна быть подготовлена и принята по акту от строительной организации. Допускается приемку трассы производить участками от муфты до муфты. Приемку трассы должны производить представители заказчика, монтажной организации и шеф-монтажной организации.

3.4.1.2 В процессе приемки трассы проверяется ее соответствие проектной документации, требованиям ПУЭ и СНиП и требованиям, изложенным ниже.

3.4.1.3 До прокладки кабеля должны быть закончены все строительные работы на кабельных конструкциях и в производственных помещениях, включая отделочные работы, монтаж вентиляции, освещения, систем пожаротушения и водоотведения.

Подготовка трассы включает:

- установку опорных конструкций и каркасов противопожарных перегородок в кабельных сооружениях;
- установку опорных стоек для концевых муфт;
- подготовку пересечений с другими коммуникациями, проходов для вводов в стены зданий;
- подготовку блоков и траншей;
- подготовку площадок для установки барабанов с кабелем и тяговой лебедки.

Сварка в кабельных конструкциях должна быть выполнена до прокладки кабелей; кирпичная кладка перегородок может быть выполнена после прокладки.

3.4.2 Подготовка траншей:

- 1) из траншеи должна быть удалена вода, камни и посторонние предметы;
- 2) должно быть спланировано дно траншеи;
- 3) на дне траншеи или лотков должна быть сделана подсыпка толщиной 100 мм песчано-гравийной смесью, в кабельных колодцах с соединительными муфтами – подсыпка толщиной не менее 300 мм;
- 4) вдоль трассы должна быть заготовлена песчано-гравийная смесь для засыпки кабелей и железобетонные плиты, предусмотренные проектом;
- 5) в местах расположения соединительных муфт должны быть вырыты котлованы, из них должна быть удалена вода, на дне котлованов должны быть уложены железобетонные плиты;
- 6) на заходах в котлованы и колодцы при необходимости должны быть вырыты приямки для укладки кабелей после монтажа муфт;
- 7) при использовании лотков они должны быть уложены на дно траншеи на ненарушенную структуру грунта и состыкованы так, чтобы не было смещения лотков относительно друг друга в горизонтальной и вертикальной плоскостях. На углах поворота стыки между лотками должны быть скреплены бетоном;
- 8) на участках с сыпучими или влажными грунтами стенки траншеи должны быть раскреплены деревянными щитами. Высота щитов должна быть выбрана так, чтобы избежать смыва грунта во время дождя. Крепления не должны мешать работам по прокладке кабеля. Крепление стен траншеи должно также выполняться при прохождении трассы линии под проезжей частью и тротуарами, а также в местах, не допускающих разрытие траншеи с откосами (стесненные условия).

3.4.3 Подготовка труб:

- 1) трубы должны быть уложены прямолинейно, без отклонений от оси. Дно траншеи перед входами труб должно быть ниже труб на 10 – 15 см;
- 2) заходы труб с внутренней стороны должны быть скругленными с радиусом не менее 5 мм и не иметь выступов, изломов, заусенцев;
- 3) соединения труб должны иметь обработанную и очищенную поверхность;
- 4) прямолинейность труб и отсутствие пробок должны быть проверены при помощи просвечивания электролампой или фонарем на другой стороне перехода;
- 5) после закладки труб они должны быть закрыты заглушками с обеих сторон. Перед прокладкой кабеля заглушки должны быть сняты, и должно быть проведено тампонирующее устройство труб.

3.4.4 Подготовка блочной канализации:

- ### 3.5 ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ БАРАБАНОВ С КАБЕЛЕМ

Во время хранения, погрузки и транспортировки кабелей должен быть обеспечен контроль и необходимый ремонт оболочек и защитных кап во избежание проникновения воды под оболочку.

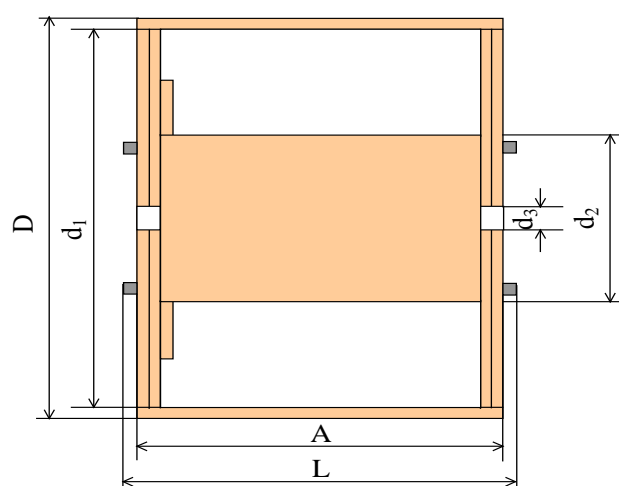


Рисунок 3.9

Таблица 3.1

Номер барабана	Размеры, мм						Расчетная масса барабана, кг	
	D	d ₁	d ₂	A	d ₃	L	без обшивки	со сплошной обшивкой
22а	2260	2200	1480	1290	100	1350	700	860
22б			1680	1340		1400	770	930
25	2580	2500	1500	1560	120	1630	1020	1300
26	2680	2600	1500	1780		1850	1200	1530
30	3080	3000	1800	2160	150	2230	1940	2410

Примечание. Масса барабанов рассчитана при влажности древесины 30-40% и удельном весе пиломатериалов 550 кг/м³.

Таблица 3.2

Номер барабана	Расчетная длина кабеля на барабане, м, при наружном диаметре кабеля, мм													
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120
22а	1140	930	760	640	550									
22б	630	510	420	350	300									
25	1650	1330	1100	930	790	680	590	520	460	410	370	330	280	230
26	2170	1760	1450	1220	1040	900	780	690	610	540	490	440	360	300
30	3350	2710	2240	1880	1600	1380	1210	1060	940	840	750	680	560	470

3.5.4 Барабаны с кабелем должны транспортироваться при горизонтальном положении оси барабана, при этом должны соблюдаться меры их защиты от повреждений. Перевозка барабанов с кабелем плашмя (на щеке) не допускается.

При перевозке барабаны должны быть надежно закреплены.

3.5.5 Погрузка и разгрузка барабанов с кабелем и пустых барабанов должна производиться кранами или другими грузоподъемными механизмами с соблюдением техники безопасности. Рекомендуется применять грузозахватное приспособление, которое крепится в осевом отверстии щек барабана.

3.5.6 Барабаны должны транспортироваться и храниться только в обшитом виде.

3.5.7 Барабаны с кабелем допускается перекачивать на короткое расстояние по ровному и жесткому основанию, по направлению, указанному на щеке барабана. Концы кабелей должны быть закреплены на барабане.

3.5.8 Разгрузка барабанов с кабелем сбрасыванием и скатыванием с транспортных средств запрещается. Погрузка барабанов в транспортные средства накатом допускается только в том случае, если дно транспортного средства находится на одном уровне с полом эстакады, с которой сгружается барабан.

3.6 ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

3.6.1 Подготовка трассы

3.6.1.1 Привезти и установить на трассе барабаны с кабелем, механизмы и приспособления для прокладки в соответствии с ППР.

Барабан с кабелем рекомендуется доставлять на трассу не более чем за один день до начала прокладки, чтобы избежать возможных повреждений кабеля.

Барабаны с кабелем, подлежащие прокладке, должны быть осмотрены, чтобы убедиться в том, что не нарушена обшивка барабанов и герметизация концов кабелей.

3.6.1.2 Установить на трассе ролики так, чтобы кабель не провисал. Расстояние между роликами на прямолинейных участках трассы должно быть не более 4 м. На поворотах трассы установить угловые ролики, обеспечивающие плавный поворот кабеля с радиусом изгиба не менее минимально допустимого и радиальное давление при протяжке не более допустимого (см. 3.2.1, 3.2.2). Ролики не должны иметь острых граней и заусенцев, которые могут повредить наружную оболочку кабеля. Угловые ролики должны быть тщательно закреплены. Ролики должны легко вращаться.

3.6.1.3 При прокладке кабеля в блоках, туннелях, коллекторах на трассе устанавливаются ролики и другое необходимое оборудование (распорные крепления, обводные устройства, воронки и т.д.) в соответствии с ППР. Направляющие ролики должны быть установлены на входах и выходах из туннелей (коллекторов), каналов блоков и во всех имеющихся промежуточных колодцах.

3.6.1.4 На спуске в траншею должны быть установлены направляющие ролики, ширина первого ролика должна быть не меньше ширины барабана.

3.6.1.5 На торцах труб установить входные воронки или специальные направляющие ролики, на выходах из труб – направляющие ролики, позволяющие избежать появления острых кромок при протягивании троса.

3.6.1.6 Установить у конца трассы или за кабельным колодцем лебедку.

3.6.1.7 Установить и проверить связь между местами расположения барабанов, лебедки, поворотов, перегородок и переходов трассы (см. 3.7.6).

3.6.1.8 Установить барабан с кабелем на домкраты, стойки или отдающее устройство так, чтобы при размотке кабель сходил сверху. Проверить крепление закладных втулок в щеках барабана, при необходимости подтянуть гайки на шпильках.

3.6.1.9 Снять обшивку, удалить из щек барабана гвозди и скобы, которые могут повредить кабель при размотке. Проверить крепление нижнего конца кабеля, при необходимости закрепить его дополнительно.

3.6.1.10 Установить тормозные устройства, предназначенные для регулирования скорости вращения барабана при протяжке и его остановки, а также для предотвращения инерционного раскручивания барабана.

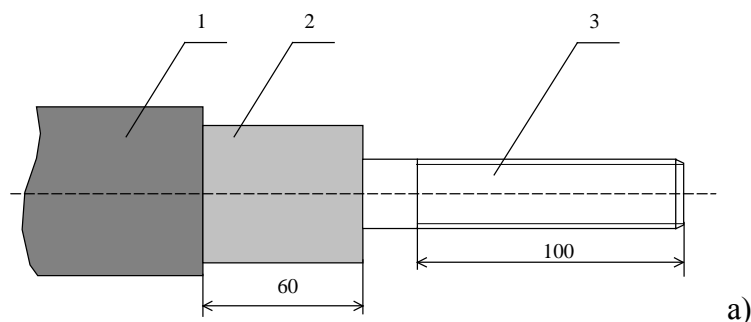
3.6.2 Подготовка кабеля

3.6.2.1 Кабель может протягиваться за жилу с помощью концевого захвата (рис. 3.10, 3.11), или за оболочку с помощью проволочного чулка. Тяжение с помощью концевого захвата, изображенного на рис. 3.10, применяется только для кабелей с однопроволочными жилами, с помощью клинового захвата (рис. 3.11) – для кабелей с многопроволочными жилами.

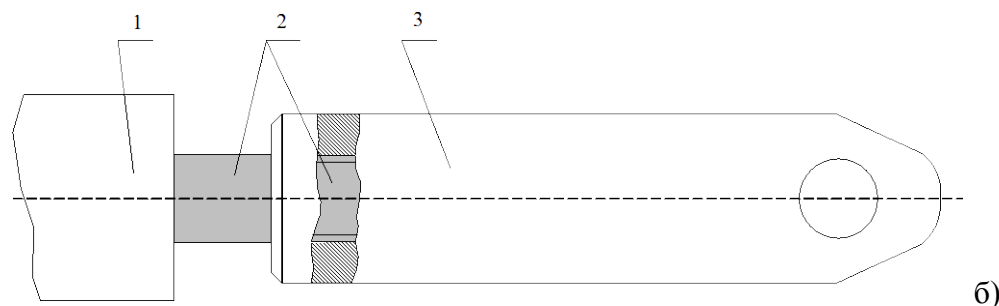
3.6.2.2 При подготовке к тяжению захватом капа снимается. Для монтажа концевого захвата (рис. 3.10) на однопроволочной жиле кабеля нарезается резьба длиной 100 мм (рис. 3.10а), соответствующая резьбе на захвате.

После монтажа захвата необходимо тщательно герметизировать срез оболочки, изоляции токопроводящую жилу и место крепления захвата при помощи термоусаживаемой трубки с клеевым подслоем (например, трубки типа MWTM/S фирмы Райхем).

3.6.2.3 Проволочный чулок монтируется на конце кабеля и закрепляется так, чтобы не повредить капю. Чулок должен быть забандажирован тонкой стальной проволокой и липкой ПВХ лентой. Крепление чулка за оболочку кабеля должно производиться за капой.

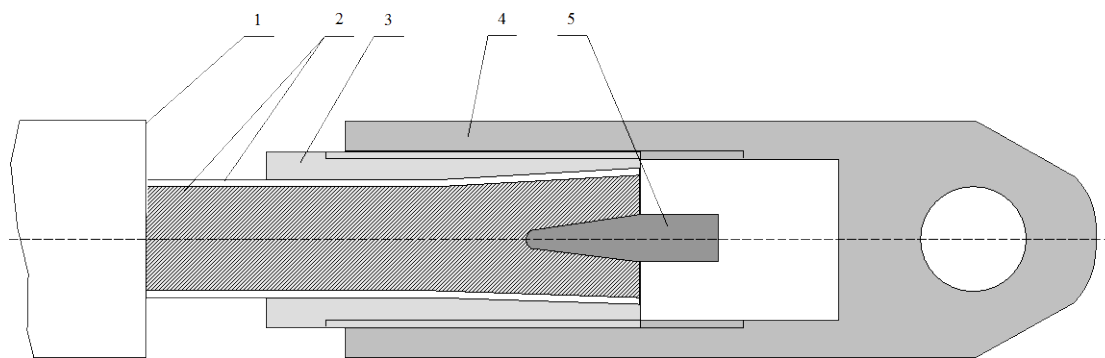


1 – наружная оболочка; 2 – изоляция; 3 – жила



1 – кабель; 2 – жила кабеля; 3 – приспособление для тяжения

Рисунок 3.10: а) разделка кабеля с однопроволочной жилой при тяжении за жилу
б) концевой захват для тяжения кабеля с однопроволочной жилой



1 – кабель; 2 – жила кабеля; 3 – втулка;
4 – приспособление для тяжения; 5 – клин

Рисунок 3.11 – Клиновой захват для тяжения кабеля с многопроволочной жилой

3.6.2.4 При подготовке к протяжке в трубы и блоки необходимо обратить внимание на то, чтобы габаритные размеры проволочного чулка или захвата, подготовленного к тяжению, не привели к заклиниванию кабеля в трубе или канале блока при протяжке. Ориентировочно, габаритные размеры в поперечном сечении проволочного чулка (с бандажом и подмоткой) или захвата (после его монтажа и герметизации) не должны превышать наружный диаметр кабеля более чем на 15 %.

3.6.3 Растянуть канат тяговой лебедки по трассе и прикрепить его к петле для тяжения на захвате или проволочном чулке через противозакручивающее устройство.

3.6.4 Подготовить инструменты и материалы, необходимые для прокладки.

3.7 ПРОКЛАДКА

3.7.1 Тяговая лебедка должна быть оборудована динамометром, позволяющим контролировать усилие тяжения кабеля и устройством, автоматически отключающим лебедку, если усилие тяжения превысит заданную величину.

3.7.2 На сложных трассах прокладки при усилиях тяжения, превышающих допустимые, возможно применение дополнительных синхронизированных тяговых устройств.

3.7.3 Оборудование для протяжки должно позволять плавно регулировать скорость тяжения вплоть до остановки и измерять метраж протянутого кабеля.

3.7.4 В случае, если усилие тяжения превышает допустимую величину, необходимо остановить работы и проверить правильность установки и исправность роликов, натяжение троса по трассе, в переходах и на углах поворотов, наличие смазки (воды) в трубах (каналах блоков), а также проверить возможность заклинивания кабеля в трубах.

Решение о возможности дальнейшей протяжки кабеля принимает представитель шефмонтажной организации.

3.7.5 Скорость тяжения не должна превышать 18 м/мин и должна быть выбрана руководителем прокладки в зависимости от характера трассы, погодных условий и усилий тяжения.

3.7.6 Расстановка рабочих у механизмов и по трассе прокладки, вид связи между ними и руководителем работ должны определяться ППР.

Рекомендуемая примерная схема расстановки рабочих при протяжке кабеля:

- у барабана, на тормозе – 2 человека;
- на сходе кабеля с барабана – 2 человека;
- у спуска кабеля в траншею (входа, выхода из туннеля) – 1 человек;
- сопровождение конца кабеля – 2 человека;
- у лебедки – 1 или 2 человека;
- на каждом углу поворота – 1 человек;

- на каждом проходе в трубах через перегородки или перекрытия, у входа в камеру или здание – 1 человек;

- на прямых участках трассы – по необходимости.

Руководитель работ должен сопровождать движение конца кабеля по трассе.

3.7.7 Команду на включение лебедки дает только руководитель работ после расстановки рабочих и опробования связи. Команду на отключение лебедки «стоп» может дать любой, заметивший неполадки при протяжке.

3.7.8 Если протягивание прервано, то повторное включение лебедки должно быть с малым ускорением, чтобы избежать большого усилия тяжения.

3.7.9 Барабан с кабелем необходимо подтормаживать так, чтобы не было набегания, ослабления и провисания витков кабеля, и в то же время не создавалось чрезмерное усилие торможения. При ослаблении нижнего конца кабеля необходимо остановить протяжку и закрепить его.

3.7.10 На спуске кабеля в траншею или в туннель необходимо следить, чтобы кабель сходил по роликам и не терся о трубы и стенки в проходах.

3.7.11 На входе в трубу необходимо следить за тем, чтобы оболочка кабеля не повредилась о край трубы.

3.7.12 При повреждении кабеля необходимо остановить протяжку и осмотреть место повреждения. Шеф-инженер принимает решение о необходимости и возможности ремонта оболочки до окончания его прокладки с составлением акта о повреждении.

3.7.13 На углах поворота рабочие должны находиться с внешней стороны кабеля или троса во избежание травмы при соскальзывании кабеля (троса) с роликов. Поправлять ролики, кабель или трос руками во время протяжки запрещается.

3.7.14 У лебедки рабочий должен следить за работой лебедки, контролировать усилие тяжения и по командам включать или выключать лебедку.

3.7.15 Сопровождающие конец кабеля должны следить за тем, чтобы кабель шел по роликам, при необходимости поправлять ролики и направлять конец кабеля. Для направления кабеля или троса необходимо использовать специальные крюки. Использовать крюки с острым концом запрещается.

3.7.16 Перед окончанием тяжения конец кабеля должен быть вытянут в сторону протягивания так, чтобы при укладке его по проекту расстояние от верха концевой муфты или условной середины соединительной муфты до конца кабеля было не менее 2 м. Решение о запасе кабеля принимает шеф-инженер. При определении запаса следует учитывать, сколько кабеля осталось на барабане, с тем, чтобы после схода оставшегося конца кабеля с барабана его длины хватило для монтажа муфты.

3.7.17 Отсоединить канат тяговой лебедки, снять проволочный чулок или захват. Отрезать конец кабеля, на котором был смонтирован захват. Место обреза определяет шеф-инженер. Кабель после отрезки конца немедленно герметизировать капой.

После снятия чулка проверить находившуюся под ним капю. В случае повреждения капы снять ее и заменить новой.

3.7.18 При необходимости конец кабеля завести через предназначенное для этого отверстие в камеру, колодец, помещение, через перекрытие или в стойку концевой муфты. При этом контролировать радиус изгиба кабеля. У отверстия, в которое заведен кабель, краской сделать надпись, в которой указать фазу и номер линии.

3.7.19 Снять кабель с роликов, уложить, связать (если требуется) и закрепить его по проекту.

3.7.20 В случае, если после прокладки на барабане остался кабель, необходимо отрезать лишнюю часть кабеля. При отрезке необходимо подложить под виток кабеля доску и следить за тем, чтобы не повредить оболочку кабеля. После отрезки на барабане необходимо сделать надпись с указанием длины оставшегося кабеля. Концы кабеля должны быть герметизированы капами.

3.7.21 После окончания прокладки концы кабеля должны быть приподняты над дном траншеи и в таком положении закреплены.

3.7.22 В случае, если непосредственно после прокладки кабеля не начинается монтаж муфт, концы кабелей следует уложить на подсыпку из песчано-гравийной смеси, засыпать сверху слоем песчано-гравийной смеси толщиной не менее 100 мм, закрыть деревянными щитами и засыпать грунтом. При подготовке к засыпке концы кабеля запрещается сворачивать в бухты. Место нахождения засыпанных концов на трассе рекомендуется обозначить реперными отметками.

3.7.23 После прокладки кабелей в траншее необходимо удалить из траншеи инструменты и оборудование, выполнить засыпку кабеля песчано-гравийной смесью толщиной не менее 100 мм, произвести

испытание оболочки в соответствии с 3.8 и, при необходимости, ее ремонт в соответствии с 3.9. После этого в траншею укладываются железобетонные плиты, предусмотренные проектом, и траншея засыпается грунтом.

Запрещается засыпка траншеи грунтом, содержащим камни, строительный мусор, мерзлые комья и т.д.

3.7.24 После прокладки с трассы кабельной линии должен быть удален мусор, отходы кабеля и использованных материалов.

3.7.25 Каждая кабельная линия должна быть маркирована в соответствии с требованиями ПУЭ. При этом крепление на кабель бирок выполняется пластмассовыми нитями или немагнитной проволокой (медной, алюминиевой, из нержавеющей стали).

3.8 ИСПЫТАНИЕ ОБОЛОЧЕК КАБЕЛЕЙ, ПРОЛОЖЕННЫХ В ЗЕМЛЕ

3.8.1 Испытание оболочек проводят после засыпки кабелей песчано-гравийной смесью.

С целью своевременного обнаружения возможных повреждений рекомендуется проводить испытания оболочек сразу после прокладки строительных длин на участках между колодцами или на отдельных участках линии с проложенным кабелем и смонтированными муфтами. Испытания проводят также после полного монтажа кабельной линии.

3.8.2 При наличии полупроводящего слоя, нанесенного на оболочку, его необходимо снять на расстоянии не менее 200 мм от концов кабеля (или от концевых муфт).

3.8.3 Оболочка кабелей должна выдерживать испытание постоянным напряжением 5 кВ в течение 1 минуты, приложенным между медным экраном кабеля и заземлителем.

3.8.4 В случае, если оболочка не выдержала испытания, должно быть определено место ее повреждения и открыто для осмотра.

3.8.5 Осмотр повреждения производится в обязательном присутствии шеф-инженера с составлением акта. Решение о возможности ремонта оболочки кабеля и других его элементов принимает шеф-инженер.

3.8.6 Ремонт кабеля проводится обученным персоналом по технологии, приведенной в 3.9. Данные о ремонте должны быть занесены в журнал.

3.8.7 После ремонта необходимо засыпать кабель песчано-гравийной смесью и провести повторные испытания оболочки кабеля в соответствии с 3.8.3.

3.8.8 Если при испытаниях оболочек были вскрыты концы кабелей, закрытые капами, то после проведения испытаний на них сразу должны быть смонтированы новые капы.

3.9 РЕМОНТ ОБОЛОЧКИ КАБЕЛЕЙ

3.9.1 Ремонт при помощи термоусаживаемой манжеты

3.9.1.1 Для ремонта рекомендуется использовать термоусаживаемые манжеты фирмы «Райхем» длиной от 750 до 1500 мм. В таблице 3.3 приведены обозначения и основные размеры манжет.

По согласованию с шеф-инженером допускается использовать другие равноценные термоусаживаемые манжеты.

3.9.1.2 Определяется граница места ремонта оболочки кабеля (минимум по 100 мм в обе стороны от краев дефекта по длине кабеля).

3.9.1.3 На поверхности оболочки в месте ремонта снять скребком все наплывы и выпуклые надписи. Снять полупроводящий слой по оболочке (при его наличии).

3.9.1.4 Поверхность оболочки в месте ремонта зачистить шкуркой и обезжирить ацетоном. Допускается применение бензина, нефраса или уайт-спирита.

Таблица 3.3

Наружный диаметр кабеля, мм	Внутренний диаметр манжеты, мм		Обозначение манжеты	Длина, мм
	до усадки (мин.)	после усадки (макс.)		
Ремонтные термоусаживаемые манжеты типа CRSM				
От 56 до 120	203	50	CRSM 198/55-1000/239	1000
			CRSM 198/55-1500/239	1500
Армированные ремонтные термоусаживаемые манжеты типа RFSM				
От 40 до 125	135	36	RFSM 125/40-750/123	750
			RFSM 125/40-1000/123	1000
			RFSM 125/40-1500/123	1500
От 55 до 165	178	50	RFSM 165/55-750/123	750
			RFSM 165/55-1500/123	1500

3.9.1.5 Из комплекта ремонтной термоусаживаемой манжеты взять замок и ножовкой по металлу отрезать от него по прорезам участок длиной, приблизительно равной длине места ремонта оболочки кабеля. Место разреза зачистить напильником от острых кромок и заусенцев. От самой манжеты отрезать участок длиной, равной длине замка.

3.9.1.6 Снять с приготовленного участка манжеты защитную пленку, обернуть манжету вокруг ремонтируемого кабеля таким образом, чтобы адгезивный подслои (клеевой состав) манжеты примыкал к оболочке кабеля, надвинуть на приливы манжеты замок.

3.9.1.7 Расположить манжету с замком симметрично относительно поврежденного места оболочки. Легким пламенем газовой горелки начать прогрев манжеты с середины со стороны, противоположной замку. Перемещая пламя горелки вдоль и по периметру манжеты, добиться ее осаживания на кабель, при этом необходимо следить, чтобы не было перегрева манжеты.

3.9.1.8 После полного прилегания манжеты к оболочке кабеля необходимо дополнительно прогреть зону вблизи замка манжеты. При правильной усадке манжеты после прогрева из-под концов манжеты на оболочку кабеля должен выдавиться в виде ровных валиков клеевой состав.

3.9.1.9 После усадки необходимо дать манжете остыть до температуры ниже 35 °С. До остывания любые механические воздействия на место ремонта не допускаются.

3.9.2 Технология ремонта оболочки с применением лент ЛЭТСАР ЛП

3.9.2.1 Определяются границы места ремонта оболочки (минимум по 150 мм в обе стороны от краев дефекта по длине кабеля).

3.9.2.2 На поверхности оболочки в месте ремонта снять все наплывы или выпуклые надписи. Снять полупроводящий слой по оболочке (при его наличии).

3.9.2.3 Поверхность оболочки в месте ремонта зачистить шкуркой и обезжирить ацетоном. Допускается применение авиационного бензина, нефраса или уайт-спирита.

3.9.2.4 В случае, если повреждения имеют вид сквозных отверстий, трещин или разрывов шириной (или максимальным диаметром) более 3 мм, заложить туда кусочки ленты ЛЭТСАР ЛП и прижать их неострым предметом так, чтобы они находились на уровне наружной поверхности оболочки или выступали над оболочкой не более, чем на 1 мм.

3.9.2.5 Поверхность оболочки в месте расположения дефекта, а также на участках по 100 мм в обе стороны от краев дефекта по длине кабеля промазать лаком КО-916 и дать лаку подсохнуть.

3.9.2.6 На поверхность оболочки, покрытую лаком, наложить четыре слоя ленты ЛЭТСАР ЛП с 50%-ным перекрытием витков.

3.9.2.7 Поверх ленты ЛЭТСАР ЛП с заходом на оболочку кабеля на 50 мм с обеих сторон от намотанной ленты промазать поверхность лаком КО-916 и дать лаку подсохнуть.

3.9.2.8 Поверх ленты ЛЭТСАР ЛП с заходом на оболочку кабеля на 50 мм с обеих сторон от намотанной ленты на поверхность, промазанную лаком, наложить два слоя ленты из ПВХ пластика с 50%-ным перекрытием витков.

3.9.2.9 Поверх ленты из ПВХ пластика, не доходя 25 мм до границ ее намотки с обеих сторон, наложить с предварительным прогревом пламенем газовой горелки два слоя смоляной ленты с 50%-ным перекрытием витков.

3.9.2.10 После наложения смоляной ленты необходимо дать кабелю остыть в месте ремонта до температуры ниже 35 °С. До остывания любые механические воздействия на место ремонта запрещаются.

3.9.3 Технология ремонта оболочки с применением лент RULLE

3.9.3.1 Ленты RULLE выполнены из этиленпропиленовой резины с клейким слоем из бутилкаучука, закрытым защитной пленкой, которая снимается при монтаже. Толщина лент 2 мм, ширина 60 мм.

3.9.3.2 Определяется граница места ремонта оболочки кабеля (минимум по 100 мм в обе стороны от краев дефекта по длине кабеля).

3.9.3.3 На поверхности оболочки в месте ремонта снять скребком все наплывы или выпуклые надписи. Снять полупроводящий слой по оболочке (при его наличии).

3.9.3.4 Поверхность оболочки в месте ремонта зачистить шкуркой и обезжирить ацетоном. Допускается применение авиационного бензина, нефраса или уайт-спирита.

3.9.3.5 На поверхность оболочки в месте расположения дефекта, а также на участках по 100 мм в обе стороны от краев дефекта по длине кабеля намотать в три слоя с 50%-ным перекрытием ленту RULLE. Наматывать клеевым слоем к оболочке кабеля, при намотке снимать с клеевого слоя защитную ленту. При намотке следует вытягивать ленту RULLE так, чтобы нарисованные на ее поверхности овалы превратились в круги.

3.10 ГЕРМЕТИЗАЦИЯ КОНЦОВ КАБЕЛЕЙ

3.10.1 Типоразмеры кап

3.10.1.1 Капы для герметизации концов кабелей выбираются в зависимости от наружного диаметра кабеля. Необходимо использовать капы с клеевым составом, нанесенным на внутреннюю поверхность капы, или со специальными вкладышами из адгезивного материала.

3.10.1.2 Рекомендуются использовать капы по ТУ 16.К71-051-89 «Оконцеватели кабельные термусаживаемые» или капы фирмы «Райхем» с усиленным уплотнением типа 102L (с термоплавким клеем). Размеры и параметры рекомендуемых кап приведены в таблицах 3.4, 3.5. По согласованию с шеф-инженером допускается использовать другие равноценные капы.

Таблица 3.4

в миллиметрах

Рекомендуемый диаметр кабеля		Обозначение капы ТУ 16.К71-051-89	Номер капы по ТУ	Размеры капы	
мин.	макс.			Внутренний диаметр до усадки (мин.)	Внутренний диаметр после свободной усадки (макс.)
55	70	ОКТ 70/55-170	-	86	50
45	95	ОКТ 90/45-110	№ 15	102	43
75	115	ОКТ 115/75-135	№ 16	126	70
90	120	ОКТ 120/90-190	-	135	80

Таблица 3.5

в миллиметрах

Рекомендуемый диаметр кабеля		Обозначение капы	Размеры капы			
мин.	макс.		внутренний диаметр до усадки (мин.)	внутренний диаметр после свободной усадки (макс.)	длина после свободной усадки	толщина после свободной усадки
65	95	102L055-R05/S	100	45	162	3,8
95	115	102L066-R05/S	120	70	145	3,8

3.10.2 Технология монтажа кап

3.10.2.1 Измерить длину цилиндрической части капы.

3.10.2.2 На оболочке кабеля на расстоянии от конца, превышающем длину цилиндрической части капы на 15-20 мм, отметить границу монтажа капы.

3.10.2.3 На поверхности оболочки в месте монтажа капы снять скребком все наплывы и выпуклые надписи. При необходимости обрезать конец кабеля таким образом, чтобы срез был ровным и прямым.

3.10.2.4 Поверхность оболочки в месте монтажа капы зачистить шкуркой и обезжирить ацетоном (допускается использование бензина, нефраса или уайт-спирита).

3.10.2.5 Надеть капю на конец кабеля (между капой и оболочкой должен быть клеевой слой) (рис.3.12).

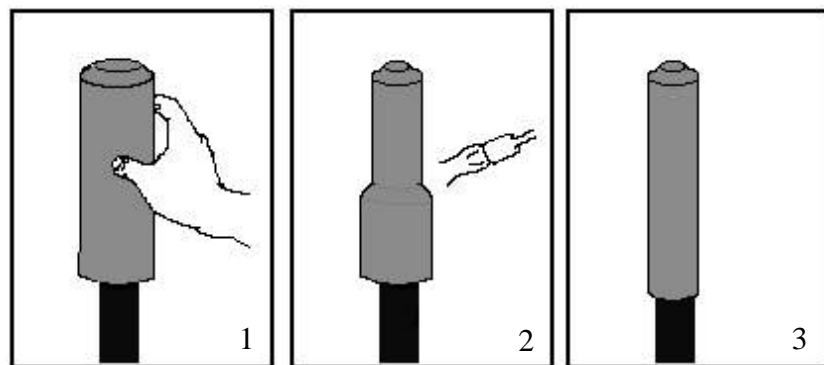


Рисунок 3.12

3.10.2.6 Легким пламенем газовой горелки осадить капю, начиная с торца. Настройте горелку таким образом, чтобы получить мягкое синее пламя с желтым языком. Следует избегать острого синего пламени. Направляйте горелку в сторону усадки для того, чтобы предварительно нагреть усаживаемый материал. Постоянно перемещайте пламя во избежание пережога материала.

При прогреве капы и ее усадке на свободную оболочку кабеля должен выдавлироваться клеевой состав в виде ровного валика. Поверхность капы должна быть ровной, гладкой, без морщин.

3.10.2.7 Дать остыть месту монтажа до температуры ниже 35 °С. До остывания любые механические воздействия на место монтажа капы не допускаются.

3.10.3 При необходимости особенно надежной герметизации концов кабелей возможно применение двойного капирования. При этом внутренняя капа осаживается на полупроводящий экран по изоляции кабеля (герметизируется токопроводящая жила), а наружная капа осаживается на внутреннюю капю и оболочку кабеля.

Возможна также дополнительная герметизация жилы и медного экрана кабеля расплавленным битумом, который наносится перед монтажом на срез кабеля до полного его перекрытия.

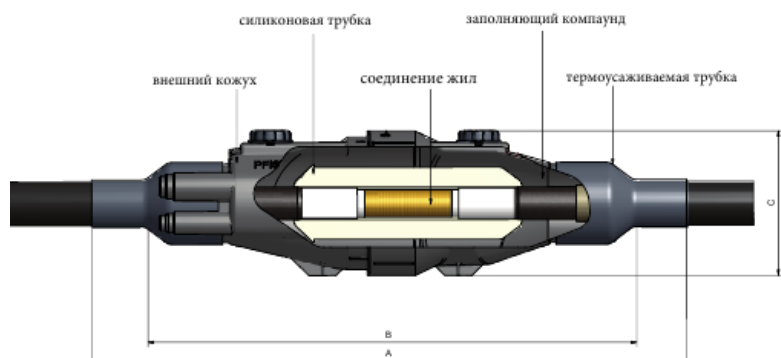
Необходимость двойного капирования и дополнительной герметизации битумом определяет шеф-инженер.

РАЗДЕЛ 4

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ И МОНТАЖУ КАБЕЛЬНЫХ МУФТ

4.1 СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ

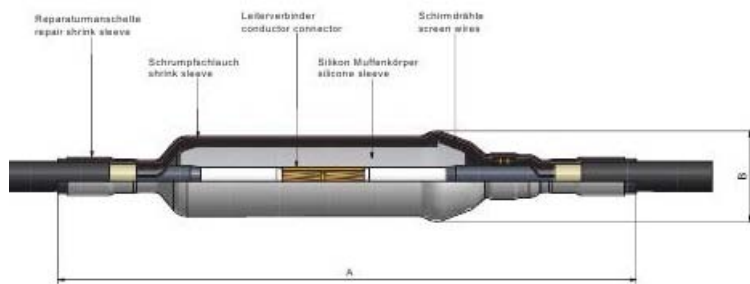
4.1.1 Соединительная муфта MSA PFISTERER с полипропиленовым корпусом для сильно увлажненных грунтов



Характеристики муфты	Макс. рабочее напряжение (Um)	Номинальное напряжение (U)	Ном. имп. напряжение (BIL)	Диапазон сечений жил кабелей
MSA123-DOG MSA123-XKG MSA123-XLG MSA123-DEG	126	110-115	550	150-2000
MSA145-DOG MSA145-XKG MSA145-XLG MSA145-DEG	145	132-138	650	240-2500
MSA170-DOG MSA170-XKG MSA170-XLG MSA170-DEG	170	150-161	750	240-2500

- Мин. температура окружающей среды при эксплуатации минус 50°C
- Требуемая температура во время установки 0...40°C
- Испытания по стандарту IEC 60840
- Диапазон диаметров подготовленной изоляции кабелей 45-122 мм
- Масса нетто (ориентировочно) 75 кг
- Размер A 1700 мм
- Размер B 1400 мм
- Размер C 400 мм

4.1.2 Соединительная муфта MSA PFISTERER с усиленным термоусадочным рукавом

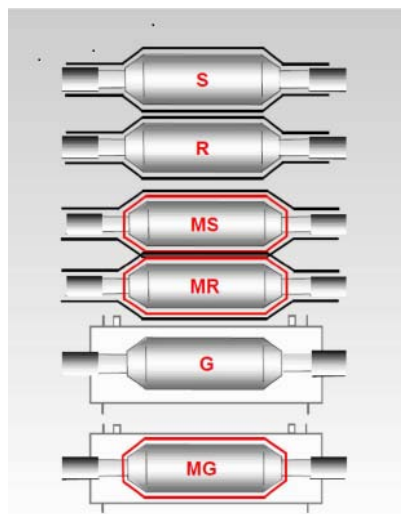


- Мин. температура окружающей среды при эксплуатации минус 50°C
- Требуемая температура во время установки 0...40°C
- Испытания по стандарту IEC 60840

Характеристики муфты	Ед. изм.	MSA123-DOR MSA123-XKR MSA123-XLR MSA123-DER	MSA145-DOR MSA145-XKR MSA145-XLR MSA145-DER	MSA170-DOR MSA170-XKR MSA170-XLR MSA170-DER
Макс. рабочее напряжение (Um)	кВ	126	145	170
Номинальное напряжение (U)	кВ	110-115	132-138	150-161
Ном. имп. напряжение (BIL)	кВ	550	650	750
Диапазон возможных поперечных сечений жилы кабелей	мм ²	150-2000	240-2500	240-2000
Диапазон возможных диаметров подготовленной изоляции кабелей	мм	45-122	45-122	45-103
Масса нетто (ориентировочно)	кг	25	25	36
Размер A	мм	2000	2000	2300
Размер B	мм	260	260	330

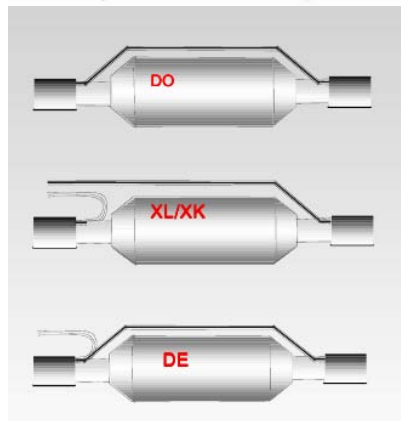
Надвижные муфты IXOSIL состоят, в основном, из предварительно изготовленных силиконовых деталей. Испытанная технология надвигания муфт обеспечивает минимальное время монтажа и максимальную безопасность при эксплуатации. Проверенный материал соответствует всем электрическим, механическим и термическим требованиям к восстановлению изоляции кабеля высокого напряжения. Муфты поставляются в нескольких вариантах, которые различаются по возможности комбинирования специфических исполнений, а именно, типа влагозащищенного барьера, типа защитного кожуха и способа соединения экрана.

Маркировка соединительных муфт PFISTERER:



Влагозащищенный барьер:

S – кожух в виде термоусадочной трубки;
R – кожух в виде термоусадочной трубки, усиленный стекловолокном;
M – влагозащищенный барьер в виде медного кожуха;
G – кожух из полиэтилена; пропилена, усиленного стекловолокном.



Способ соединения экрана:

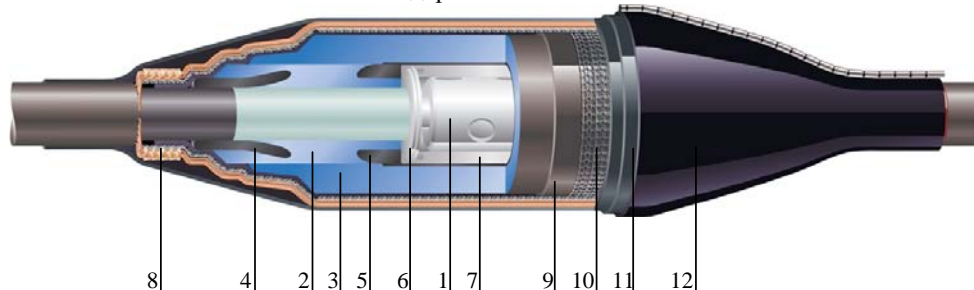
DO – прямое соединение без вывода экрана;
XL – разрыв экрана с двухсторонним выводом экранов одножильными кабелями;
XK – разрыв экрана с выводом экранов с помощью коаксиального кабеля;
DE – прямое соединение экрана с выводом для заземления.

4.1.3 Соединительные и экрано-разделительные муфты EHVS-145 Tyco Electronics

Муфта представляет собой предварительно изготовленную на заводе конструкцию, состоящую из трех частей, для классов напряжений до 150 кВ. Она предназначена для кабелей с полимерной изоляцией с различной конструкцией экранов и металлических оболочек.

Характеристики:

- конструкция состоит из трех предварительно изготовленных на заводе частей
- механические соединительные гильзы с самосрывающимися головками болтов
- встроенная блокировка влаги с использованием термоусаживаемых компонентов
- малая длина разделки кабеля
- не требуется специальных инструментов для монтажа
- может применяться в случаях разделения экранов
- возможно соединение кабелей с различными сечениями
- компоненты из силиконовой резины проходят обязательные заводские испытания
- протоколы испытаний в соответствии со стандартами МЭК 60840 и IEEE 404



- | | |
|--|--|
| 1 – механический соединитель | 7 – металлический экранирующий зажим |
| 2 – адаптер | 8 – не паяное соединение экранов |
| 3 – корпус муфты | 9 – проводящая трубка |
| 4 – конус выравнивания напряженности электрического поля | 10 – медная сетка |
| 5 – высоковольтный электрод | 11 – изоляционная трубка |
| 6 – фиксирующее кольцо | 12 – внешняя защита с встроенной блокировкой влаги |

Муфта состоит из соединителя (1), кабельных адаптеров (2), включая конусы выравнивания напряженности электрического поля и основное тело муфты (3), содержащее клетку Фарадея (7) и внешние термоусаживаемые слои (9, 12).

Жилы кабеля соединяются с помощью механической гильзы (1) с самосрывающимися головками болтов. Эта гильза предназначена для многопроволочных алюминиевых и медных проводников, но может быть также легко модифицирована и для цельнотянутых проводников. Кабельные адаптеры из силиконовой резины (2), приспособленные для различных диаметров изоляции кабеля, выравнивают диаметры области соединения. Это позволяет перекрывать несколько различных сечений кабеля одним изоляционным корпусом муфты (3). Таким образом, стыковка кабелей с различными сечениями возможна без всяких дополнительных комплектующих. Благодаря исключительной эластичности кабельных адаптеров (2) и основного корпуса муфты (3) из силиконовой резины нет необходимости в специальном инструменте для их установки на кабель.

Металлический экранирующий зажим (7) поверх соединителя обеспечивает прекрасную передачу тепла и гладкую переходную поверхность. Фиксирующие кольца (6) обеспечивают необходимое расположение кабельного адаптера по отношению к фазной изоляции кабеля.

В процессе монтажа муфты основная конструкция временно сдвигается на внешнюю оболочку кабеля. Это позволяет выполнить более короткую разделку кабеля и существенно сократить время монтажа. Для соединения металлических экранов используется технология механических соединителей (8). Термоусаживаемые элементы (9, 12) применяются для экранирования муфты и защиты от проникновения влаги. Концепция конструкции соединительной муфты сходна с экрано-разделительной муфтой, несмотря на непрерывность экрана.

Специальные герметизирующие компоненты делают возможным использование проводников заземления с двойной изоляцией и, таким образом, позволяют использовать хорошо зарекомендовавшие себя термоусаживаемые технологии.

Наименование	U системы, кВ	Сечение жилы, мм ²		Диаметр жилы, мм (макс.)	Диаметр изоляции, мм		Наружный диаметр, мм
		мин.	макс.		мин.	макс.	
EHVS-145 (стандартный размер)	110	не норм.	1200	43	34,5	75	105
EHVS-145 (увеличенный размер)	110	не норм.	1200	43	72	84	120
EHVS-145 (стандартный размер)	150	не норм.	1200	43	56	84	105
EHVS-145 (увеличенный размер)	150	не норм.	1200	43	82	108	145

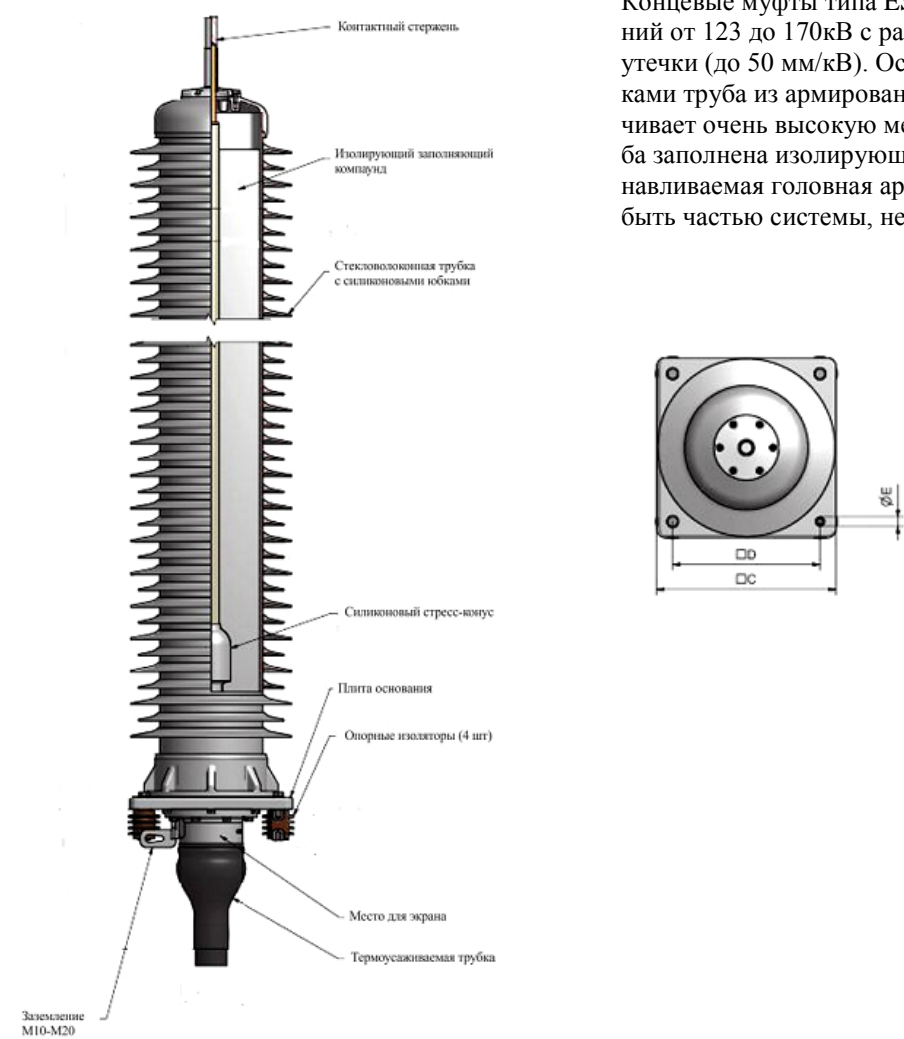
Примечания:

1. Все наконечники и гильзы муфт – механические.
2. Муфты применяются для любых видов экранов кабелей (проволочные, ленточные).

4.2 КОНЦЕВЫЕ МУФТЫ

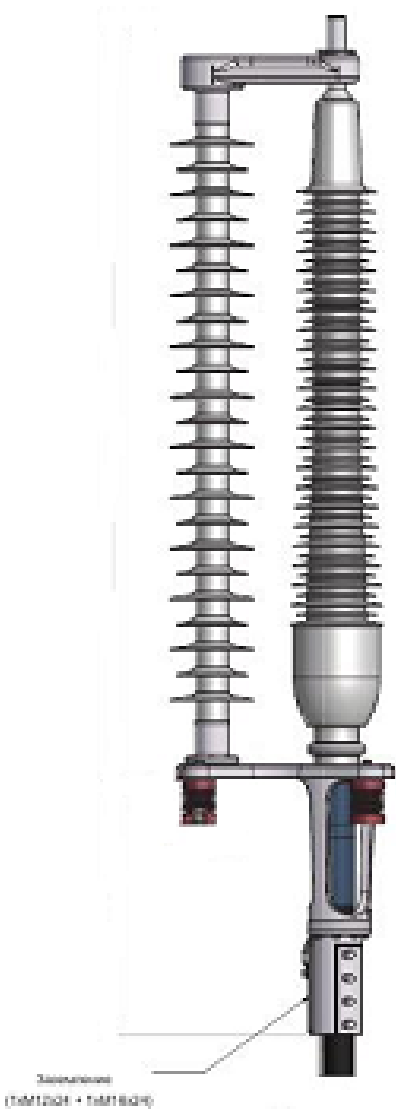
4.2.1 Композитные концевые муфты ESS PFISTERER для наружной установки

Концевые муфты типа ESS разработаны для напряжений от 123 до 170кВ с различной длиной пути тока утечки (до 50 мм/кВ). Оснащенная силиконовыми юбками труба из армированного стекловолокна обеспечивает очень высокую механическую прочность, Труба заполнена изолирующим компаундом. Легко устанавливаемая головная арматура позволяет муфте ESS быть частью системы, не требующей обслуживания.



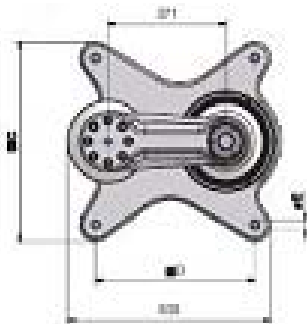
Характеристики муфты	Ед. изм.	ESS 123-C39	ESS 145-C45	ESS 170-C58
Макс. рабочее напряжение (Um)	кВ	126	145	170
Номинальное напряжение (U)	кВ	110-115	132-138	150-161
Ном. имп. напряжение (BIL)	кВ	550	650	750
Стандарты (разработки и тестирования)		IEC60840	IEC60840	IEC60840
Диапазон возможных поперечных сечений жилы кабелей	мм ²	150-1600	240-1200	240-2500
Диапазон возможных диаметров подготовленной изоляции кабелей	мм	42-96	46-84	52-118
Масса нетто (ориентировочно)	кг	98	118	175
Длина пути тока утечки	мм	3813	4495	5797
Класс загрязнения в соотв. с МЭК 60815		IV	IV	IV
Максимальный наклон	°	30	30	30
Размер C	мм	420 (опционально 320, 500)	420 (опционально 320, 500)	500 (опционально 420, 600)
Размер D	мм	345 (опционально 270, 400)	345 (опционально 270, 400)	400 (опционально 345, 500)
Размер E	мм	19	19	19
Мин.температура окружающей среды при эксплуатации	°C	-50°	-50°	-50°
Требуемая температура во время установки	°C	0...40°	0...40°	0...40°

4.2.2 Концевые муфты с сухой изоляцией EST PFISTERER для наружной установки



Концевая муфта типа EST идеально подходит для эксплуатации на открытом воздухе и внутри помещений. Разработаны для напряжений от 123 до 170кВ. Концевая муфта EST состоит из гибкой концевой муфты и одного опорного изолятора. Не содержит жидких изолирующих материалов и является самонесущей.

Концевая муфта EST имеет модульную конструкцию, что обеспечивает простой и быстрый монтаж на земле. Плита основания выполнена таким образом, что ее можно установить на уже имеющееся оборудование.

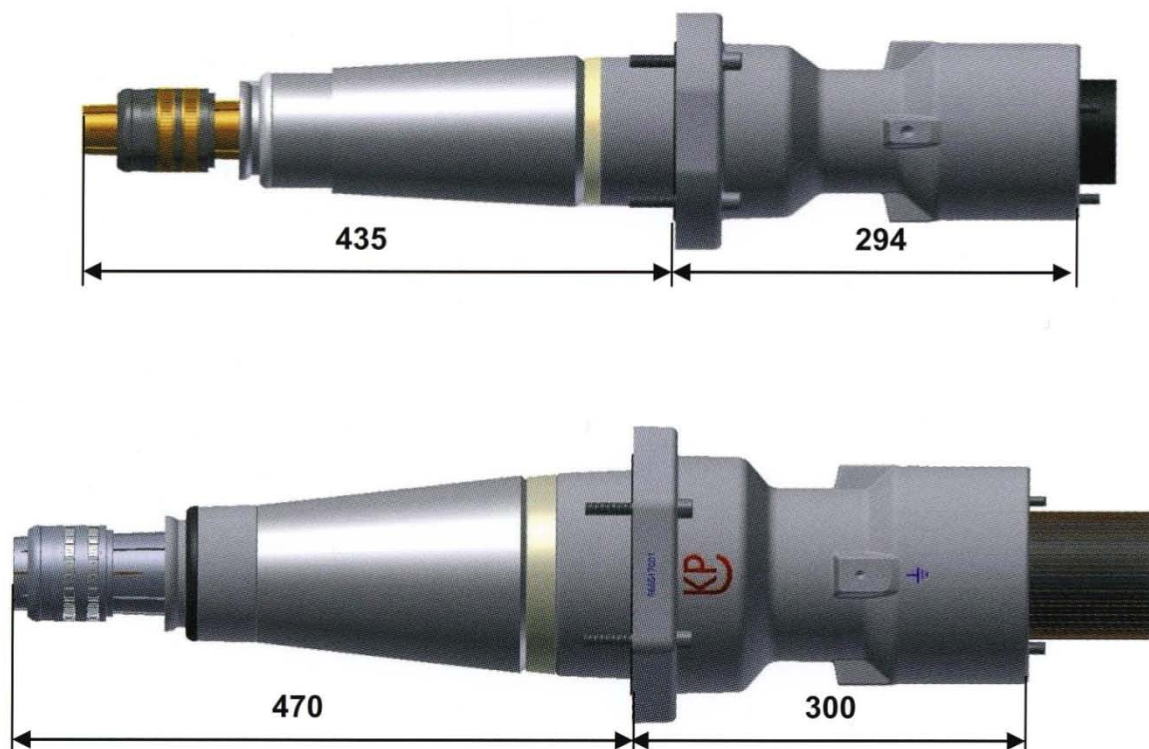


Характеристики муфты	Ед. изм.	EST 123-C31L	EST 145-C45L	EST 170-C53L
Макс. рабочее напряжение (Um)	кВ	126	145	170
Номинальное напряжение (U)	кВ	110-115	132-138	150-161
Ном. имп. напряжение (BIL)	кВ	550	650	750
Стандарты (разработки и тестирования)		IEC60840	IEC60840	IEC60840
Диапазон возможных поперечных сечений жилы кабелей	мм²	150-2500	240-2500	240-2500
Диапазон возможных диаметров подготовленной изоляции кабелей	мм	42-115	46-115	52-115
Масса нетто (ориентировочно)	кг	100	150	150
Длина пути тока утечки	мм	3813	4495	5270
Класс загрязнения в соотв. с МЭК 60815		IV	IV	IV
Максимальный наклон	°	30	30	30
Размер C	мм	600 (опционально 500)	600 (опционально 500)	600 (опционально 500)
Размер D	мм	500 (опционально 400)	500 (опционально 400)	500 (опционально 400)
Мин.температура окружающей среды при эксплуатации	°C	-50°	-50°	-50°
Требуемая температура во время установки	°C	0...40°	0...40°	0...40°

4.2.3 Штекерная соединительная система HV-CONNEX PFISTERER

Преимущества системы CONNEX наилучшим образом проявляются в сетях высокого напряжения: максимально простой монтаж на месте эксплуатации при помощи испытанных в заводских условиях компонентов экономит средства и обеспечивает дополнительную безопасность. Благодаря штекерной системе HV-CONNEX сложные работы с маслом и газом при установке и вводе в эксплуатацию трансформаторов и газизолированных распределительных устройств уходят в прошлое. Штекерные муфты из высоковольтной программы CONNEX в сравнении с традиционными решениями предлагают высочайшую гибкость при расширении и реконструкции сетей.

HV-CONNEX Соединительный штекер: размер 5-S (до 145 кВ) и 6 (до 170 кВ)



Характеристики муфты	Ед. изм.	Соединительный штекер CONNEX, размер 5-S	Соединительный штекер CONNEX, размер 6
Макс. рабочее напряжение (U_m)	кВ	145	170
Номинальное напряжение (U)	кВ	132-138	150-161
Предельно допустимое импульсное напряжение (U_{IL})	кВ	550	650
Стандарты (разработки и тестирования)		IEC60840	IEC60840
Диапазон возможных поперечных сечений проводника	мм ²	95-1600	240-2500
Диапазон диаметров изоляции кабелей	мм	36-76*	53-11,5
Масса нетто (ориентировочно)	кг	20	31
Предельно допустимое напряжение при частоте 50 Гц в течение 1 мин.	кВ	275	325
Частичные разряды $2xU_0$	пк	≤ 2	≤ 2
Тестирование постоянным напряжением $6x U_0$	кВ	304	348
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток		63	63
		50	50
Номинальный импульсный ток	кА	160	160
Размер А (длина снаружи аппаратной части)	мм	294	300
Размер В (длина внутри аппаратной части)	мм	435	470
Мин. температура окружающей среды при эксплуатации	°C	-50°	-50°
Требуемая температура во время установки	°C	0...40°	0...40°

*Если диаметр изоляции больше 76 мм, то необходим CONNEX 6

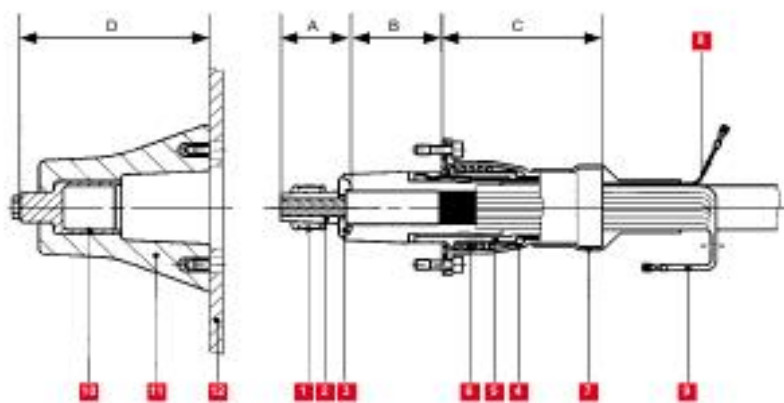
4.2.4 Штекерная соединительная система MV-CONNEX PFISTERER (для сетей среднего напряжения 10-52 кВ)

Программа MV-CONNEX идеально подходит для использования в силовых распределительных устройствах, силовых выключателях, высоковольтных двигателях, трансформаторах, конденсаторах, преобразователях. Разъемы подключения на стороне оборудования выполнены в соответствии со стандартами EN 50180, 50181 и DIN 47637. Штекерная часть подходит для всех типов кабелей с пластмассовой изоляцией. Кроме большого числа стандартных типов для каждого кабеля имеются также и выполняемые по спецификации заказчика версии. Система MV-CONNEX характеризуется наличием большого числа вариантов.



Преимущества

- Нет жидкой изолирующей среды.
- Не нужно открывать отсек кабельных сборок на месте монтажа.
- Устойчива к затоплению.
- Может эксплуатироваться на открытом воздухе.
- Возможна полная проверка трансформаторов и систем газовой изоляции производителем.



A – контактная система

1. Контактное кольцо
2. Зажимной корпус
3. Нажимная деталь

B – изоляционная и управляющая часть

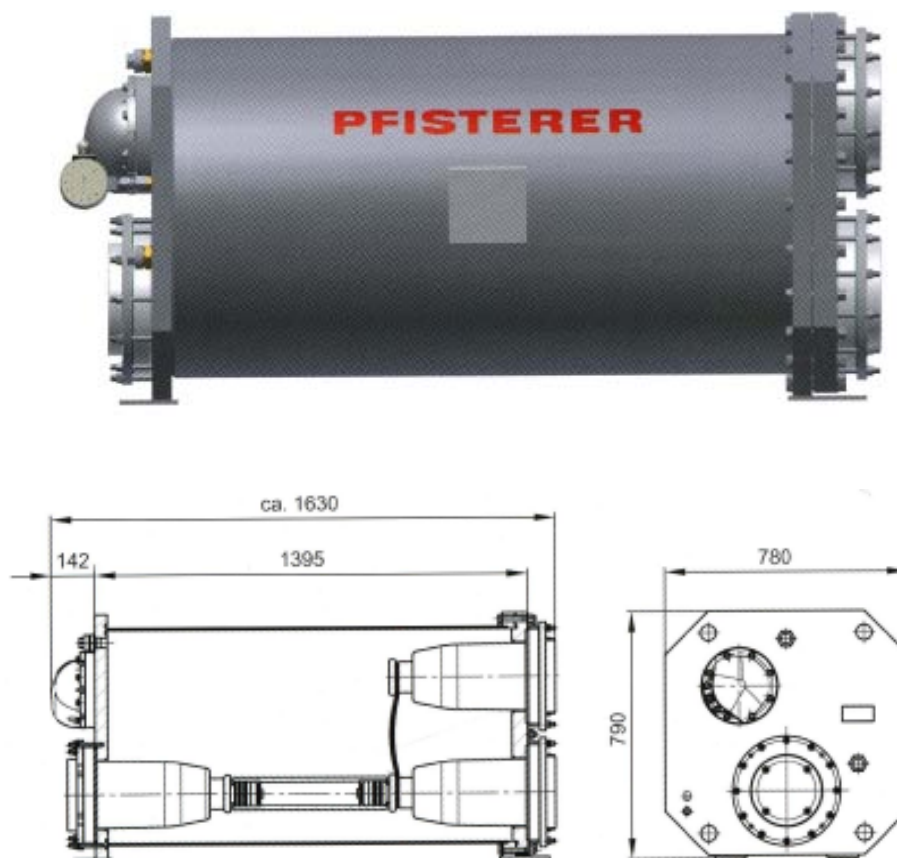
C – корпус

4. Колпачковый фланец
5. Нажимная втулка
6. Нажимная пружина
7. Термоусадочная трубка
8. Измерительный проводник (в зависимости от исполнения)
9. Экран кабеля
- D – часть для подключения к оборудованию*
10. Контактное гнездо
11. Изолирующее гнездо
12. корпус

Стандарт на метод испытаний согл. DIN VDE 0278, часть 6 Большая токовая загрузка, исполнение II		Система подключения кабелей CONNEX				
		Размер				
		0	1	2	3	3-S
Номинальный ток	$I_n(A)$	250	630	800	1250	1250
Макс. рабочее напряжение	$U_m(kV)$	24	36	42	42	52
Номин./пред. перем. напряж.	50Гц/1 мин (кВ)	50	70	95	95	117
Номин./пред. имп. напряж.	1,2/50 нс (кВ)	125	170	200	200	250
Частичный разряд	$2xU_0$	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Проверка пост. Напряжения	15 мин $6xU_0$ (кВ)	72	108	125	125	156
Номин. кратковр. ток	0,5 с (кА)	-	50	50	63	63
Номин. кратковр. ток	1 с (кА)	16	31,5	40	50	50
Номин. импульс. ток	(кА)	40	125	125	150	150

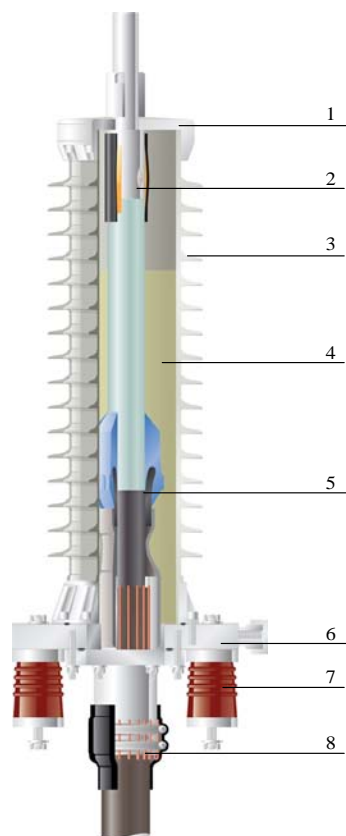
4.2.5 Штекерные муфты HV-CONNEX PFISTERER (Т-образная муфта)

Данная высоковольтная кабельная система CONNEX подразумевает под собой арматуру для соединения и разветвления кабелей различных параметров. Преимущество данных соединительных муфт состоит в том, что их корпус представляет собой блок, полностью изготовленный и протестированный на заводе-изготовителе. Подобные решения обеспечивают возможность универсального использования, например, Т-образное разветвление одного кабеля с пластмассовой изоляцией на два кабеля с пластмассовой изоляцией, или провода воздушной линии на два кабеля с пластмассовой изоляцией. Муфта снабжена поворотным антивзрывным устройством и индикатором давления газа с датчиком сигналов для дистанционной индикации.



размер	Максимальное рабочее напряжение (Um)	Допустимое номинальное напряжение в теч. 1 мин	Предельно допустимое импульсное напряжение (BIL)	Ширина	Длина	Вес
	кВ	кВ	кВ	мм	мм	кг
5, 5-S	145	275	650	780	1630	665,0
6	170	325	750	780	1670	650,0

4.2.6 Композитные концевые муфты наружной установки OHVT-145C, OHVT-170C Tyco Electronics



- 1 – верхний металлический фитинг
- 2 – болт механического соединителя
- 3 – композитный корпус
- 4 – силиконовый наполнитель
- 5 – конус выравнивания напряженности электрического поля
- 6 – основание муфты
- 7 – опорные изоляторы
- 8 – ввод и герметизация

Примечания:

1. Все наконечники и гильзы муфт – механические.
2. Муфты применяются для любых видов экранов кабелей (проволочные, ленточные).
3. По требованию заказчика для муфт OHVT-145C, OHVT-170C возможно увеличение стандартной длины пути тока утечки

Муфты OHVT-145C, OHVT-170C разработаны для классов напряжений от 123 до 170 кВ и для тяжелых условий окружающей среды и предназначены для полимерных кабелей различной конструкции с различными типами экранов.

Композитный корпус может поставляться с разной длиной пути утечки (до 50 мм/кВ), что перекрывает все наиболее общие и самые тяжелые условия загрязнения в соответствии с МЭК 60071-1, МЭК 60071-2 и IEEE 1313.1.

Характеристики:

- легкий корпус, выдерживающий большое давление
- конус выравнивания напряженности электрического поля изготавливается из силиконовой резины и проходит обязательные заводские испытания
- для герметизации используются термоусаживаемые компоненты
- не требуется специальных инструментов для монтажа муфты
- заполнение силиконовым маслом (заливка сверху)
- изолированное основание муфты для секционирования
- фланцы выполнены из коррозионностойкого сплава
- муфты испытаны в соответствии со стандартами МЭК 60840 и IEEE 48

Композитный корпус (3) состоит из резиновой трубки GFR, усиленной стекловолокном, с юбками из силиконовой резины, которые устанавливаются на трубку с помощью прямой формовки. Фитинги (1) и основание (6) сделаны из коррозионностойкого сплава.

Болтовой соединитель с самосрывающимися головками болтов вместе с уплотнительными кольцами соответствует жиле кабеля и обеспечивает герметизацию верхней сборки муфты.

Этот соединитель подходит для многопроволочных алюминиевых и медных жил и также может быть модифицирован для применения на цельнотянутых жилах.

Для установки соединителя не требуется специальный инструмент.

Термоусаживаемая полимерная трубка, содержащая маслостойкий герметик, закрывает тело соединителя и переход на полимерную изоляцию кабеля.

Конус выравнивания напряженности электрического поля из силиконовой резины (5) устанавливается очень просто, без специальных инструментов, благодаря своей исключительной эластичности.

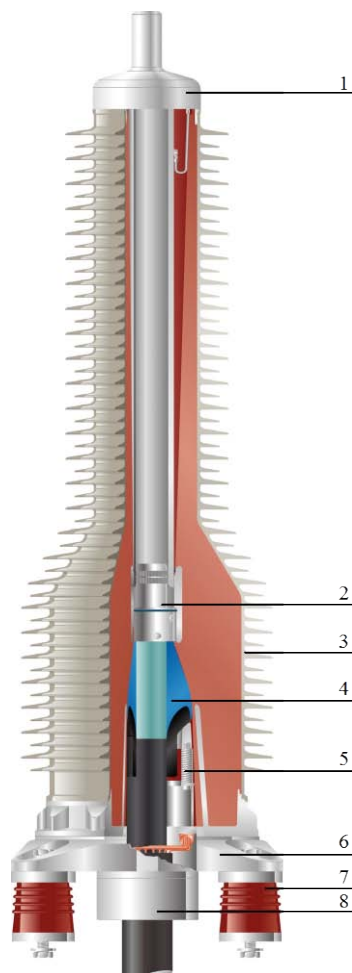
Пространство между конусом выравнивания напряженности электрического поля, изоляцией кабеля и внутренней поверхностью трубки GFR заполняется силиконовым маслом (4). Клапан для заливки находится в основании муфты, но ее заполнение возможно также и сверху.

Фиксация экрана кабеля осуществляется с помощью системы ввода (8), которая адаптирована к их различным вариантам. Термоусаживаемые трубки используются для герметизации этой системы.

Опорные изоляторы (7) применяются для секционирования и перекрещивания экранов, когда необходимо отдельное заземление.

Наименование	U системы, кВ	Сечение жилы, мм ²		Диаметр жилы, мм (макс.)	Диаметр изоляции, мм		Наружный диаметр, мм
		мин.	макс.		мин.	макс.	
OHVT-145C	110	не норм.	1200	43	34,5	84	119
OHVT-170C	150	не норм.	1200	43	34,5	108	119

4.2.7 Сухие концевые муфты наружной установки OHVT-145D Tyco Electronics



- 1 – верхний металлический фитинг
- 2 – механический соединитель
- 3 – силиконовый резиновый корпус с юбками
- 4 – конус выравнивания напряженности электрического поля
- 5 – подпружинивающее кольцо
- 6 – основание муфты
- 7 – опорные изоляторы
- 8 – сальник и герметизация

Муфты OHVT-145D разработаны для классов напряжения до 110 кВ для работы в тяжелых климатических условиях и предназначены для кабелей с пластмассовой изоляцией различной конструкции с различными экранами и броней.

Полимерный корпус муфт имеет большую длину пути утечки и соответствует максимальным требованиям МЭК 60071-1, МЭК 60071-2 и IEEE 1313.1 по условиям загрязнения. Механические характеристики муфт аналогичны обычным маслonaполненным концевым муфтам в композитном корпусе.

Характеристики:

- сухой контакт поверхностей без заполнения маслом
- прочная самонесущая конструкция
- конус выравнивания напряженности электрического поля изготавливается из силиконовой резины и проходит обязательные заводские испытания
- универсальный механический болтовой соединитель со срывом головок
- быстрый и легкий монтаж, объединяющий разъемную технологию с полимерным корпусом
- не требуются специальные инструменты для монтажа муфты
- изолированный кабельный сальник для секционирования
- муфта испытана в соответствии со стандартом МЭК 60840

Полимерный корпус (3) со встроенным контактным электродом фиксируется на поддерживающей конструкции с помощью металлического основания (6) и опорных изоляторов (7).

Болтовой соединитель со срывными головками (2) соответствует жиле кабеля. Этот соединитель подходит для многопроволочных алюминиевых и медных жил кабеля и также может быть модифицирован для применения на цельнотянутых жилах. Для установки соединителя не требуется специальный инструмент.

Конус выравнивания напряженности электрического поля из силиконовой резины (4) устанавливается на кабель очень легко благодаря своей прекрасной эластичности.

Металлическое подпружинивающее кольцо (5) прижимает силиконовый конус выравнивания напряженности электрического поля к корпусу, обеспечивая однородное контактное давление и электрическое соединение поверхностей.

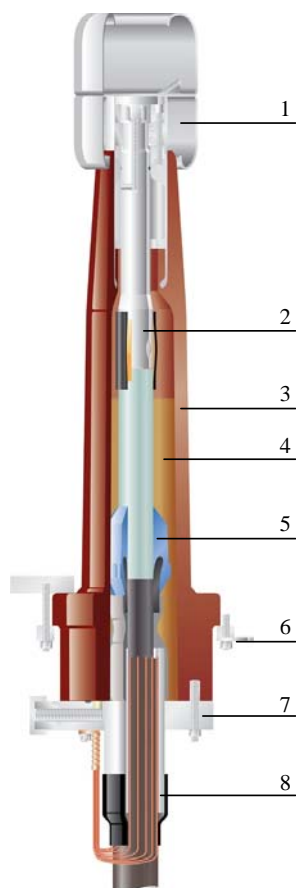
Вводной герметизирующий фланец адаптируется к наружному покрову кабелей с различными конструкциями экранов посредством сальниковой системы (8), защищая при этом кабель.

Наименование	U системы, кВ	Сечение жилы, мм ²		Диаметр жилы, мм (макс.)	Диаметр изоляции, мм		Наружный диаметр, мм
		мин.	макс.		мин.	макс.	
OHVT-145D	110	не норм.	1200	43	35,5	74	99

Примечания:

1. Все наконечники и гильзы муфт – механические.
2. Муфты применяются для любых видов экранов кабелей (проволочные, ленточные).

4.2.8 Концевые муфты SHVT-170, THVT-170 Tyco Electronics для распределительных и трансформаторных подстанций



- 1 – экран против короны (только THVT)
 2 – механический соединитель
 3 – эпоксидный корпус
 4 – заполнение маслом
 5 – конус выравнивания напряженности электрического поля
 6 – фиксирующее кольцо
 7 – основание муфты
 8 – ввод и герметизация

Примечания:

1. Все наконечники и гильзы муфт – механические.
2. Муфты применяются для любых видов экранов кабелей (проволочные, ленточные).

Муфты SHVT-170, THVT-170 разработаны для классов напряжений от 72 до 170 кВ и применяются для установки со стороны кабельных вводов в элегазовых подстанциях. Они выполнены в соответствии со стандартом МЭК 60859 и IEEE 1300, которые определяют правила и нормы при соединении концевых муфт и таких подстанций. Поэтому эти концевые муфты подходят ко всем элегазовым подстанциям, выполненным в соответствии с данными стандартами.

Эти концевые муфты работают как в элегазе (SF_6), так и в изоляционных жидкостях, таких, как трансформаторное масло. Экран против короны на конце муфты обеспечивает необходимое экранирование разъема.

Характеристики:

- заполнение силиконовым маслом
- размеры соответствуют МЭК 60840 и IEEE 1300
- непроницаемый эпоксидный корпус
- работает в элегазе и изоляционных жидкостях
- конус выравнивания напряженности электрического поля изготавливается из силиконовой резины и проходит обязательные заводские испытания
- самосрывающийся болт для жилы кабеля
- не требуется специальных инструментов для монтажа концевой муфты
- изолированный ввод кабеля для секционирования
- муфты испытываются в соответствии со стандартами МЭК 60840, МЭК 60859 и IEEE 1300

Эпоксидный изолятор (3) со встроенным мультиконтактным электродом образует газонепроницаемый интерфейс между кабельным вводом и маслом наполненной частью концевой муфты. Он крепится к корпусу ввода кабеля с помощью фиксирующего кольца (6).

Болтовой соединитель с самосрывающимися головками болтов (2) соответствует любой жиле кабеля. Этот соединитель подходит для многопроволочных алюминиевых и медных проводников и также может быть модифицирован для применения на цельнотянутых жилах. Для установки этого соединителя не требуется специальный инструмент. Полимерная термоусаживаемая трубка, содержащая маслостойкий герметик, закрывает переход от стержня соединителя к полимерной изоляции.

Конус выравнивания напряженности электрического поля из силиконовой резины (5) устанавливается очень просто, без специальных инструментов, благодаря своей исключительной эластичности.

Пространство между конусом выравнивания напряженности электрического поля, изоляцией кабеля и эпоксидным корпусом заполняется силиконовым маслом (4). Клапаны для заливки находятся в верхней болтовой конструкции в основании муфты.

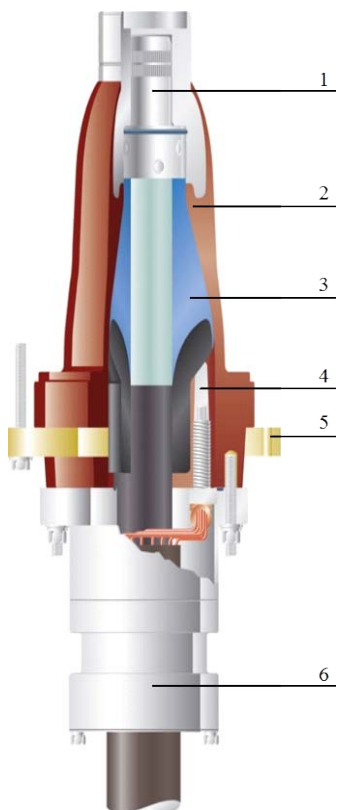
Экран против короны (1) может быть легко установлен на концевой муфте для использования в изолирующих жидкостях. По сравнению с МЭК 60859 и IEEE 1300 обеспечивает меньшие расстояния до заземленных частей.

Фиксация экрана кабеля осуществляется с помощью системы ввода (8), которая адаптирована к различным вариантам конструкции экранов. Эта система также защищает сам кабель.

Обычное положение для монтажа – вертикальное. Для горизонтального монтажа или положения «вверх ногами» используются специальные расширительные баки для масла.

№	Наименование	U системы, кВ	Сечение жилы, мм ²		Диаметр жилы, мм (макс.)	Диаметр изоляции, мм		Наружный диаметр, мм
			мин.	макс.		мин.	макс.	
5	SHVT/THVT-170	110/150	не норм.	1200	43	34,5	84	105

4.2.9 Сухие компактные концевые муфты PHVS-145, PHVT-145 Tyco Electronics для распределительных и трансформаторных подстанций



- 1 – механический соединитель
- 2 – эпоксидный корпус
- 3 – конус выравнивания напряженности электрического поля
- 4 – подпружиненное компрессионное кольцо
- 5 – фиксирующее кольцо
- 6 – ввод и герметизация

Примечания:

- 1. Все наконечники и гильзы муфт – механические.
- 2. Муфты применяются для любых видов экранов кабелей (проволочные, ленточные).

Эти муфты разработаны для классов напряжений от 72 до 145 кВ и предназначены для установки со стороны кабельных вводов в элегазовых подстанциях. Они выполнены в соответствии со стандартом МЭК 60859, который определяет правила и нормы при соединении концевых муфт и таких подстанций. Поэтому эти концевые муфты подходят ко всем элегазовым подстанциям стандарта МЭК 60859. Адаптер муфты соответствует размерам «мокрых» (маслозаполненных) муфт, что также определено в стандарте МЭК 60859.

Эти концевые муфты работают как в элегазе (SF_6), так и в изоляционных жидкостях, таких, как трансформаторное масло. Экран против короны на конце муфты обеспечивает необходимое экранирование разъема.

Концевая муфта легко отсоединяется и состоит из разъемной части и эпоксидного изолятора. Изолятор может быть установлен производителем элегазовой подстанции или трансформатора на заводе-изготовителе, что позволяет сократить время монтажа на площадке и снизить риск загрязнения корпуса муфты. В случае коротких кабельных перемычек и благодаря малой длине и весу разъемной части она может быть также предварительно установлена производителем кабеля, что позволяет дополнительно сократить время, необходимое для монтажа подстанции.

Характеристики:

- «сухое» соединение, нет заполнения маслом
- размеры соответствуют МЭК 60859
- легкий эпоксидный корпус
- работает в элегазе и изоляционных жидкостях
- конус выравнивания напряженности электрического поля изготавливается из силиконовой резины и проходит обязательные заводские испытания
- самосрывающийся мультиконтактный болт
- не требуется специальных инструментов для монтажа муфты
- изолированный ввод кабеля для секционирования
- муфты испытаны в соответствии со стандартами МЭК 60840 и МЭК 60859

Эпоксидный изолятор (2) со встроенным мультиконтактным электродом образует газонепроницаемый интерфейс между кабельным вводом и разъемной частью концевой муфты. Он крепится к корпусу ввода кабеля с помощью фиксирующего кольца (5).

Болтовой соединитель с самосрывающимися головками болтов (1) соответствует жиле кабеля. Этот соединитель подходит для многопроволочных алюминиевых и медных проводников и также может быть модифицирован для применения на цельнотянутых жилах. Для установки этого соединителя не требуется специальный инструмент.

Металлическое подпружиненное компрессионное кольцо (4) вжимает конус выравнивания напряженности электрического из силиконовой резины в углубление эпоксидного корпуса специальной формы, обеспечивая равномерное контактное давление.

Экран против короны может быть легко установлен на концевой муфте PHVT для использования в изолирующих жидкостях. По сравнению с МЭК 60859 обеспечивает меньшие расстояния до заземленных частей.

Фиксация экрана кабеля осуществляется с помощью системы ввода (6), которая адаптирована к их различным вариантам. Эта система также защищает сам кабель.

Для подстройки муфты к размерам «мокрых» концевых муфт для распределительных и трансформаторных подстанций используется адаптер, что делает эту муфту идеальным выбором при замене маслонаполненных концевых муфт.

Наименование	U системы, кВ	Сечение жилы, мм ²		Диаметр жилы, мм (макс.)	Диаметр изоляции, мм		Наружный диаметр, мм
		мин.	макс.		мин.	макс.	
PHVS/PHVT-145	110	не норм.	1200	43	35,5	74	99

4.3 Соединение маслонаполненных кабелей и кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена с помощью переходных муфт

Переходные муфты типа МПМНП по ТУ 16.К71-284-99 предназначены для соединения маслонаполненных кабелей низкого давления на напряжение 110 кВ с кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 110 кВ. Номинальное сечение соединяемых кабелей – до 630 мм².

Центральная часть муфты, состоящая из эпоксидного изолятора с центральным электродом, изготавливается и испытывается на заводе-изготовителе в соответствии с МЭК 60840 (испытание напряжением промышленной частоты и измерение частичных разрядов). Маслонаполненная часть муфты и часть муфты с полимерной изоляцией монтируются на месте установки муфты.

Размещение переходных муфт на трассе кабельной линии 110 кВ не отличается от размещения стопорных муфт МСТМНЭ-110.

Характеристики:

- конструкция муфты позволяет проводить испытание напряжением оболочки кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена
- муфты выдерживают приемочные испытания переменным напряжением 130 кВ частотой 50 Гц в течение 30 мин и механические испытания давлением жидкости до 980 кПа
- срок службы муфт – не менее 35 лет, гарантийный срок – 3 года со дня ввода кабельной линии в эксплуатацию
- после монтажа кабельной линии муфты выдерживают напряжение постоянным напряжением 288 кВ, или испытание переменным напряжением 64/110 кВ частотой 50 Гц.

Муфта МПМНП-110 состоит из трех частей:

- 1) центральная часть, состоящая из литых деталей из эпоксидного компаунда, усиливающей изоляции из пропитанной маслом бумаги и центрального электрода;
- 2) заделка маслонаполненного кабеля, содержащая наложенную дополнительную бумажно-пропитанную изоляцию и запрессованный на жиле луженый контактный наконечник, и заполненная кабельным маслом, с возможностью подпитки кабеля;
- 3) заделка кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена, содержащая запрессованный на жиле контактный наконечник и дополнительно выпрессованную полиэтиленовую изоляцию, и заполненная полиметилсилоксановой жидкостью. Заделка имеет соединение с баком давления (один бак давления для подпитки трех муфт).

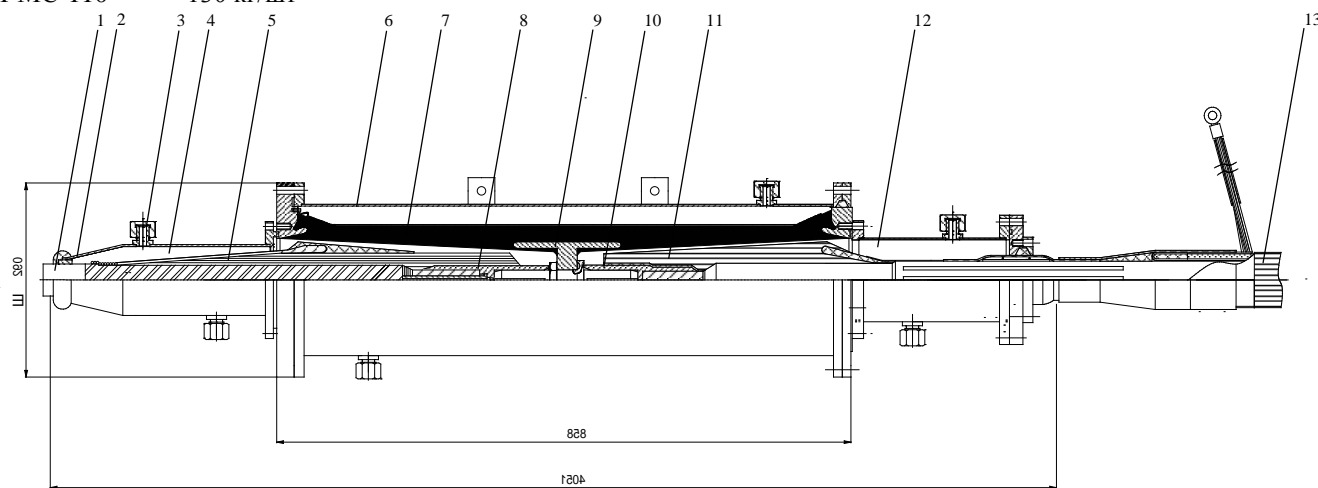
Заделки кабелей заключены в металлические кожухи, имеющие отводы для заземления.

Муфты МПМНП-М-110 и МПМНП-МС-110 отличаются тем, что имеют сплошной литой изолятор и кожух из нержавеющей стали в центральной части. Муфта МПМНП-М-110 не имеет бумажно-пропитанной изоляции в центральной части.

Центральные части муфт всех трех марок взаимозаменяемые.

Материалоемкость муфт (справочные величины):

МПМНП-110	145 кг/шт
МПМНП-М-110	132 кг/шт
МПМНП-МС-110	130 кг/шт



- 1 – маслонаполненный кабель; 2 – стальной кожух; 3 – заглушка;
4 – заполнение кабельным маслом; 5 – подмотка пропитанной маслом бумаги;
6 – стальной кожух центральной части; 7 – изолятор центральной части;
8 – гильза для конца маслонаполненного кабеля; 9 – электрод;
10 – гильза для кабеля с пластмассовой изоляцией; 11 – подмотка лентой из вулканизуемого полиэтилена;
12 – заполнение полиметилсилоксановой жидкостью; 13 – кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена

4.4 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО МОНТАЖУ ТЕРМОУСАЖИВАЕМЫХ МУФТ

4.4.1 При монтаже муфт необходимо руководствоваться инструкцией производителя муфты, приложенной к комплекту муфты.

4.4.2 Для монтажа применяются пропановая или бутановая газовая горелка. Пламя горелки при усадке элементов муфты должно постоянно перемещаться, чтобы не повредить усаживаемый материал.

4.4.3 Все поверхности, которые будут контактировать с клеем, должны быть очищены и обезжирены уайт-спиритом, бензином или салфетками, пропитанными изопропиловым спиртом.

4.4.4 Термоусаживаемые трубки следует обрезать острым ножом, оставляя при этом ровные гладкие кромки без заусенцев. При усадке трубок необходимо следить за тем, чтобы они усаживались равномерно по всей окружности по мере продвижения вдоль кабеля. После усадки поверхность трубок должна быть гладкой и без морщин, а профиль внутренних компонентов должен четко просматриваться.

4.4.5 Размер котлованов для соединительных муфт должен быть достаточным для того, чтобы надвинуть на кабель вправо и влево от места соединения жил детали муфт, которые будут затем монтироваться на области соединения.

4.4.6 Для предотвращения попадания влаги и пыли в область соединения необходимо располагать концы кабелей на подставках. Монтажная площадка должна быть оборудована тентом (палаткой), рабочая одежда монтажников должна быть чистой. Все инструменты и приспособления должны быть очищены от масла и смазок.

4.4.7 Полупроводящие экраны по изоляции кабелей должны сниматься только специально предназначенным для этого инструментом так, чтобы обеспечить гладкую и равномерно круглую поверхность изоляции. Инструмент должен быть настроен так, чтобы снимался только слой полупроводящего экрана. Глубина срезания экрана должна регулироваться таким образом, чтобы срез экрана был выполнен в виде фаски.

После использования инструмента поверхность изоляции должна быть отполирована вручную или с помощью шлифовальной машинки с использованием сетки № 220 (с покрытием оксидом алюминия) и затем сетки № 400.

РАЗДЕЛ 5

ИСПЫТАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

5.1 ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПОСЛЕ МОНТАЖА И В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

5.1.1 Общие положения

5.1.1.1 Испытания кабельных линий производятся в соответствии с СОУ-Н ЕЕ 20.304:2009 «Норми випробування силових кабельних ліній напругою до 500 кВ», действующими руководящими документами и рекомендациями предприятия-изготовителя.

5.1.1.2 Техническое состояние кабельных линий определяется не только путем сравнения результатов конкретных испытаний с нормируемыми значениями, но и по совокупности результатов всех проведенных испытаний, осмотров и данных эксплуатации. Значения, полученные при испытаниях, во всех случаях должны быть сопоставлены с результатами измерений на других фазах линии и, по возможности, на однотипных линиях. Однако главным является сопоставление измеренных при испытаниях значений параметров линии с их исходными значениями и оценка имеющих место различий по приведенным допустимым изменениям. Выход значений параметров за установленные предельные значения следует рассматривать как признак наличия дефектов, которые могут привести к отказу линии.

5.1.1.3 В качестве исходных контролируемых параметров при вводе линии в эксплуатацию принимают значения, указанные в паспорте или протоколе заводских испытаний. При эксплуатационных испытаниях в качестве исходных принимаются значения параметров, определенные испытаниями при вводе линии в эксплуатацию. Качество проведенного ремонта линии оценивается сравнением результатов испытаний после ремонта с данными при вводе в эксплуатацию, принимаемыми в качестве исходных. После капитального или восстановительного ремонта, а также реконструкции, проведенной специализированным ремонтным предприятием, в качестве исходных данных для контроля в процессе дальнейшей эксплуатации принимаются значения, полученные по окончании ремонта (реконструкции).

5.1.1.4 Испытания должны производиться с соблюдением правил техники безопасности.

5.1.1.5 Методики испытаний и метрологические требования являются стандартными и приводятся в нормативной документации, инструкциях, методической литературе и т.д.

5.1.1.6 Результаты испытаний кабельных линий, место и причины их повреждения и выполненные мероприятия по ремонту должны заноситься в паспорт кабельной линии.

5.1.2 Виды и периодичность контроля

5.1.2.1 Для силовых кабельных линий при вводе их в эксплуатацию и в процессе эксплуатации установлены следующие виды контроля:

- испытания при вводе в эксплуатацию новых линий и линий, прошедших восстановительный или капитальный ремонт, произведенный специализированным ремонтным предприятием (**П**);
- испытания после капитальных ремонтов, производившихся эксплуатирующей организацией (**К**);
- межремонтные испытания (**М**).

Виды испытаний и объем контроля кабельных линий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Виды испытаний	Виды контроля			Периодичность межремонтных испытаний
	П	К	М	
1 Испытание изоляции кабелей повышенным напряжением	+	+	+	через 3 года после ввода в эксплуатацию и в последующем 1 раз в 5 лет
2 Определение целостности жил кабелей и фазировка кабельных линий	+	+	-	-
3 Определение сопротивления жил кабеля	+	-	-	-
4 Определение электрической рабочей емкости кабелей	+	-	-	-
5 Измерение токораспределения по одножильным кабелям	+	+	-	-
6 Определение характеристик изоляционной жидкости, заполняющей муфты	+	+	+	через 1 год после ввода в эксплуатацию, затем через 3 года и в последующем 1 раз в 6 лет
7 Проверка заземляющего устройства (измерение сопротивления заземления)	+	+	- ^{*)}	
8 Испытание пластмассовой оболочки кабелей повышенным выпрямленным напряжением	+	+	+	через 1 год после ввода в эксплуатацию и затем через каждые 3 года
9 Измерение уровня частичных разрядов (рекомендуется проводить 1 раз в 3 года)				
*) в эксплуатации сопротивление заземления измеряется при капитальном ремонте заземляющих устройств, а целостность металлической связи между заземлителями кабельных линий и нейтралью трансформатора – 1 раз в 3-5 лет				

5.1.3 Нормы испытаний

До начала испытаний производится осмотр всех элементов кабельной линии, каналов и туннелей, в которых проложена линия. Если менее чем за 1 месяц до испытаний проводился плановый осмотр и обход линии, то дополнительный осмотр линии перед испытаниями не требуется.

При обнаружении дефектов концевых муфт испытания должны проводиться после их ремонта.

При испытаниях напряжение должно плавно подниматься до максимального значения и поддерживаться неизменным в течение всего периода испытаний. Отсчет времени приложения напряжения должен производиться с момента установления его максимального значения.

При испытаниях кабельных линий, срок эксплуатации которых превышает 20 лет, величину испытательного напряжения рекомендуется снизить до 0,8 величины испытательного напряжения, указанной в 5.1.3.1а (способ 1), 5.1.3.1б.

5.1.3.1 Испытание изоляции кабелей повышенным напряжением

а) испытание напряжением промышленной частоты

В соответствии с требованиями международного стандарта МЭК 60840, 1999 изоляция кабелей после прокладки должна выдержать испытание напряжением промышленной частоты одним из следующих способов:

- 1) номинальным линейным напряжением сети, приложенным между жилой кабеля и медным экраном. Продолжительность испытания 5 мин;
- 2) номинальным фазным напряжением сети в течение 24 ч.

Способ испытания выбирается по согласованию с изготовителем.

б) Испытание переменным напряжением частотой 0,1 Гц

Это испытание допускается взамен испытания по 5.1.3.1а.

Испытание проводится переменным напряжением величиной $3U_0$ частоты 0,1 Гц, приложенным к каждой фазе в течение 15 минут.

5.1.3.2 Определение целостности жил кабелей и фазировка кабельных линий

Производится в эксплуатации после окончания монтажа, перемонтажа муфт или отсоединения жил кабеля.

5.1.3.3 Определение сопротивления жил кабеля

Сопротивление жил кабелей постоянному току при температуре 20 °С, приведенное к 1 км длины, должно соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Материал жилы	Сопротивление, Ом/км, не более, при номинальном сечении жилы, мм ²																
	70	95	120	150	185	240	300	350	400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	2000
алюминий	0,443	0,320	0,253	0,206	0,164	0,125	0,100	0,089	0,0778	0,0605	0,0469	0,0367	0,0291	0,0247	0,0212	0,0186	0,0149
медь	0,268	0,193	0,153	0,124	0,0991	0,0754	0,0601	0,0543	0,0470	0,0366	0,0283	0,0221	0,0176	0,0151	0,0129	0,0113	0,0090

В процессе эксплуатации, после восстановительного и капитального ремонтов допускается увеличение нормы электрического сопротивления на 3 %.

При длине жилы, отличной от 1 км, и температуре жилы, отличной от 20 °С, применяется следующая формула пересчета:

$$R_{20} = \frac{R_t}{L [1 + \alpha(T - 20)]},$$

где R_{20} – электрическое сопротивление 1 км жилы при 20 °С, Ом;

T – температура жилы при измерении ее сопротивления, °С;

R_t – измеренное электрическое сопротивление жилы длиной L км при температуре t °С;

α – температурный коэффициент сопротивления, 1/°С, равный 0,00393 для медных жил и 0,00403 для алюминиевых жил;

L – длина испытываемой жилы, км.

5.1.3.4 Определение электрической рабочей емкости кабелей

Измеренная емкость, приведенная к удельному значению (1 м длины), не должна отличаться от результатов заводских испытаний более чем на 5 %.

5.1.3.5 Измерение распределения тока по одножильным кабелям

Неравномерность распределения токов по жилам и экранам кабелей не должна превышать 10 %.

5.1.3.6 Определение характеристик изоляционной жидкости, заполняющей муфты

Проба полиметилсилоксановой жидкости, взятой из муфт, должна удовлетворять следующим требованиям:

- пробивное напряжение жидкости в стандартном сосуде должно быть не менее 35 кВ (электрическая прочность жидкости не менее 14 кВ/мм)
- тангенс угла диэлектрических потерь жидкости при 100 °С должен быть не более 0,8 % при вводе в работу, 3,0 % - в эксплуатации в течение первых 10 лет, 5,0 % - в эксплуатации свыше 10 лет.

5.1.3.7 Проверка заземляющего устройства

Проверка проводится в соответствии с рекомендациями правил устройства и правил технической эксплуатации электроустановок.

На линиях измеряется сопротивление заземления концевых муфт и металлических конструкций кабельных колодцев.

5.1.3.8 Испытание пластмассовой оболочки кабелей повышенным выпрямленным напряжением (для кабелей, проложенных в земле)

Выпрямленное напряжение 10 кВ прикладывается между медным экраном кабеля, отсоединенным от земли и соединенным с жилой кабеля, и заземлителем в течение 1 мин.

После испытания необходимо заземлить жилу и экран на время не менее 1 ч.

5.1.3.9 Измерение уровня частичных разрядов (ЧР)

Данное испытание является перспективным методом оценки состояния изоляции кабеля. Контроль уровня частичных разрядов и набор данных должны производиться в течение всего срока службы кабеля. Значительный прирост уровня частичных разрядов может свидетельствовать о развитии микродефектов в изоляции; абсолютное значение уровня частичных разрядов зависит от оборудования и условий прокладки и не является браковочным признаком.

Измерения уровня частичных разрядов рекомендуется проводить при испытании изоляции номинальным фазным (U_0) переменным напряжением промышленной частоты.

Применяемая аппаратура должна обеспечивать возможность определить дислокацию ЧР вдоль кабельной линии для нахождения места дефекта.

Для измерений рекомендуются испытательные установки ф. SEBA Dynatronics OWTS M-130, CDS.

5.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

5.2.1 Определение мест повреждения кабельных линий рекомендуется производить в три этапа:

1) диагностика повреждения – определение характера повреждения, выполнение предварительных измерений расстояния до места повреждения. На этой стадии устанавливается необходимость предварительного прожигания;

2) определение зоны предполагаемого повреждения одним из относительных методов;

3) уточнение местонахождения повреждения одним из абсолютных методов.

5.2.2 Повреждения кабелей могут быть подразделены на следующие виды:

- повреждения изоляции, вызывающие замыкание одной фазы на землю;
- обрыв фазы с заземлением или без заземления;
- сложные повреждения, представляющие комбинации из упомянутых выше видов повреждений.

5.2.3 Измерения производятся на кабельной линии, отключенной от источника питания, и отсоединенной от всех электроприемников.

5.2.4 Трасса кабельной линии, отключившейся аварийно, должна быть осмотрена. При необходимости производится уточнение трассы.

5.2.5 Производится осмотр кабельной линии в кабельных сооружениях в целях обнаружения явного повреждения. Осмотру подлежат также муфты.

5.2.6 Для установления характера повреждения кабельной линии следует:

- измерить сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы по отношению к земле мегаомметром на напряжение 2500 В;
- определить целостность (отсутствие обрыва) токоведущих жил;
- определить расстояние до зоны повреждения приборами типа Р5-10, Рейс-105 или подобными импульсными искателями повреждения.

5.2.7 Если мегаомметром и импульсными искателями повреждений не удастся определить характер повреждения, то необходимо снизить сопротивление изоляции в месте повреждения до величины менее 1 кОм. Для этого проводят поочередное испытание всех фаз повышенным выпрямленным напряжением, предварительно включив и настроив прибор типа Щ4120 или ЦР0200. Определение расстояния до места повреждения этими приборами проводят при первых пробоях изоляции.

5.2.8 После определения характера повреждения кабельной линии выбирается метод, наиболее подходящий для определения места повреждения в данном конкретном случае.

Определение зоны повреждения производится одним из относительных методов:

- импульсным методом;
- методом колебательного разряда.

После определения зоны повреждения непосредственно на трассе определяют место повреждения одним из следующих абсолютных методов:

- индукционным;
- акустическим;
- методом накладной рамки.

5.2.9 Перед определением мест повреждений оболочек необходимо предварительно ознакомиться с паспортными данными линии и результатами испытаний оболочек напряжением.

При определении мест повреждений оболочек первоначально производится определение зоны повреждения методом падения напряжения (петлевым методом), а затем – точное определение места повреждения акустическим методом или методом шагового напряжения.

При определении мест повреждений оболочек кабелей, проложенных в земле, запрещается прожигание оболочек в месте повреждения для предотвращения повреждения изоляции.

После испытаний необходимо заземлить экран на время не менее 0,5 ч.

5.3 РЕМОНТ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

5.3.1 Плановый ремонт кабельных линий производится по плану-графику, утвержденному руководством энергослужбы предприятия.

План-график ремонтов составляется на основе записей в журналах обходов и осмотров, результатов испытаний и измерений, а также по данным диспетчерских служб.

Объем ремонтов уточняется на основании дополнительной проверки на месте всех выявленных неисправностей кабелей и трасс кабельных линий, что позволяет своевременно подготовить необходимые материалы и механизмы для выполнения ремонта. В план-график включаются ремонтные работы, не требующие срочного их выполнения. Очередность производства таких работ устанавливается руководством района (участка, службы) электрической сети и цеха электростанции. Очередность выполнения срочных ремонтов определяется руководством предприятия.

5.3.2 Ремонт находящихся в эксплуатации кабельных линий производится подготовленным персоналом эксплуатирующей организации или персоналом специализированных организаций.

5.3.3 Вскрытие кабеля для ремонта производится после проверки соответствия места расположения кабеля с расположением его на плане трассы, а также после проверки отсутствия напряжения на этом кабеле прокалыванием его в соответствии с требованиями действующих правил техники безопасности.

5.3.4 При повреждении оболочки кабеля возможен ее ремонт с помощью термоусаживаемых манжет, лент ЛЭТСАР ЛП или лент RULLE по технологии, описанной в 3.9. При повреждении других элементов кабеля принимается решение об установке соединительной муфты или необходимости вставки кабеля.

5.3.5 При необходимости замены участка кабеля применяются вставки кабеля соответствующей марки и сечения, предварительно испытанного напряжением.

5.3.6 При выполнении ремонта открыто проложенных кабелей при необходимости производится также ремонт кабельных сооружений.

Одновременно с ремонтом кабелей производится проверка и восстановление крепления кабелей, бирок, предупредительных и опознавательных надписей и т.п.

5.3.7 По окончании ремонтных работ на кабельной линии должен быть составлен исполнительный эскиз. По этому эскизу должны быть произведены все исправления в технической документации (план трассы, схемы, паспортные карты и т.д.). На вновь смонтированные муфты должны быть установлены маркировочные бирки.

5.3.8 После капитального ремонта кабельной линии должны быть проведены ее испытания и измерения в соответствии с установленными нормами (5.1).

5.3.9 После ремонтов кабельной линии, не связанных с отсоединением концов кабеля, фазировка линии и испытания ее напряжением не проводится.

5.4 ОБХОДЫ И ОСМОТРЫ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

5.4.1 Надзор за трассами кабельных линий, кабельными сооружениями и кабельными линиями в целях проверки их состояния и соблюдения правил охраны электрических сетей производится периодическим обходом и осмотром оперативным персоналом или специально выделенными для этого монтерами, инженерно-техническим персоналом в сроки, предусмотренные Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ) и местными инструкциями.

5.4.2 Внеочередные обходы и осмотры производятся в период паводков и после ливней, а также при отключении линий релейной защитой.

5.4.3 При обходах и осмотрах трасс кабельных линий, проложенных на открытых территориях, необходимо:

- проверять, чтобы на трассе не производились не согласованные с энергопредприятием работы (строительство сооружений, раскопка земли, посадка растений, устройство складов, забивка свай, столбов и т.п.), а также, чтобы не было завалов трасс снегом, мусором, шлаком, отбросами, не было провалов и оползней грунта;
- осматривать места пересечения кабельных трасс с железными дорогами, обращая внимание на наличие предупредительных плакатов и на надежное металлическое соединение рельсов электрифицированных железных дорог в местах стыков;
- осматривать места пересечения кабельных трасс шоссейными дорогами, канавами и кюветами;
- осматривать состояние устройств и кабелей, проложенных по мостам, дамбам, эстакадам и другим подобным сооружениям;

- проверять в местах выхода кабелей на стены зданий или опоры воздушных линий электропередачи наличие и состояние защиты кабелей от механических повреждений, исправность концевых муфт.

5.4.4 При обходах и осмотрах трасс кабельных линий, проложенных на закрытых территориях, кроме выполнения рекомендаций 5.4.3, необходимо:

- при выявлении нарушений правил охраны электрических сетей на трассах линий вручать предписание об их устранении;
- в случае выявления не устраненных в установленный при предыдущем осмотре срок недостатков составлять протокол о нарушении.

5.4.5 Осмотр кабельных сооружений и кабельных линий, проложенных в кабельных сооружениях, должен производиться специально выделенным персоналом электростанции или электрической сети. При осмотре кабельных сооружений и кабельных линий, проложенных в кабельных сооружениях, необходимо:

- проверять внешнее состояние соединительных и концевых муфт, крепления кабелей;
- проверять, нет ли смещений и провесов кабелей, соблюдены ли предусматриваемые ПУЭ расстояния между кабелями;
- проверять исправность освещения;
- измерять температуру воздуха в помещениях;
- проверять исправность устройств сигнализации и пожаротушения;
- проверять состояние строительной части, дверей, люков и их запоров, крепежных конструкций, наличие разделительных несгораемых перегородок и плотности заделки кабелей в местах прохода через стены, перекрытия и перегородки;
- проверять наличие и правильность маркировки кабелей;
- проверять, нет ли посторонних предметов, строительных и монтажных материалов, обтирочных концов, тряпок, мусора и пр.;
- проверять, не проникают ли грунтовые и сточные воды, нет ли технологических отходов производства.

5.4.6 В случаях, когда кабельные сооружения и распределительные устройства или подстанции принадлежат разным организациям, осмотр концевых участков и концевых муфт кабельных линий в РУ и ПС должен производиться представителями этих организаций.

5.4.7 Результаты обходов и осмотров оформляются следующим образом:

5.4.7.1 Результаты обходов и осмотров кабельных линий, их трасс и кабельных сооружений регистрируются в журнале по обходам и осмотрам. Кроме того, все обнаруженные дефекты на трассах кабельных линий должны быть записаны в журнал дефектов и неполадок или в карты дефектов.

5.4.7.2 При выявлении дефектов, требующих немедленного устранения, производящий обход и осмотр обязан немедленно сообщить об этом своему непосредственному начальнику, дежурному персоналу организации, эксплуатирующей кабельную линию и ответственному персоналу предприятия (организации) - владельца электроустановки.

5.4.7.3 Результаты осмотра трасс кабельных линий инженерно-техническим персоналом регистрируются в журнале дефектов и неполадок или в карте дефектов.

5.4.7.4 При обнаружении на трассе кабельных линий производства земляных работ, выполняемых без разрешения предприятия (организации) владельца кабельной сети, а также других нарушений действующих правил охраны электрических сетей производящий обход и осмотр должен принять меры по предотвращению выше указанных нарушений, сообщить об этом своему непосредственному начальнику и сделать запись в журнале обходов и осмотров.

5.4.7.5 Результаты осмотров открыто проложенных кабельных линий и кабельных сооружений регистрируются инженерно-техническим персоналом, производящим осмотр, соответственно в паспортах данного сооружения и в журнале дефектов и неполадок кабельных линий.

5.4.7.6 При обнаружении дефектов в результате осмотров концевых участков кабелей и концевых муфт в распределительных устройствах электростанций и подстанций, сведения о них передаются владельцу.

РАЗДЕЛ 6

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ НА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

6.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

6.1.1 При выполнении на кабельных линиях работ по прокладке и монтажу, испытательных и ремонтных работ (далее – работ) следует соблюдать требования ДНАОП 0.00-1.21-98 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей» (ПБЭ) и требования действующих отраслевых норм и правил.

6.2 ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ

6.2.1 При выполнении земляных работ необходимо точно определить местонахождение расположенных вблизи трассы кабеля сооружений (газовых, водопроводных, связи и прочих коммуникаций).

6.2.2 Не допускается производство раскопок землеройными машинами на расстоянии менее 1 м и применение клина-молота и аналогичных ударных механизмов на расстоянии 5 м от кабелей.

При выполнении земляных работ над кабелями применение отбойных молотов для рыхления грунта и землеройных машин для его выемки, а также ломов и кирок допускается только на глубину, на которой до кабелей остается слой грунта не менее 0,3 м.

Дальнейшая выемка грунта должна производиться лопатами.

6.2.3 В зимнее время выемку грунта лопатами можно начинать только после его отогревания. При этом приближение источника тепла к кабелям допускается не ближе чем на 15 см.

6.2.4 Крепление стенок траншей, выполнение откосов, крутизна откосов планируются в соответствии с условиями, указанными в ПБЭ.

6.3 ВСКРЫТИЕ МУФТ, РАЗРЕЗАНИЕ КАБЕЛЯ

6.3.1 Перед вскрытием муфт или разрезанием кабеля необходимо удостовериться в том, что необходимый кабель определен правильно, что он отключен и выполнены технические мероприятия, необходимые для допуска к работам на нем.

6.3.2 В тех случаях, когда нет уверенности в правильности определения подлежащего ремонту кабеля, применяется кабелеискательный аппарат.

6.3.3 Перед разрезанием кабеля или вскрытием соединительной муфты необходимо проверить отсутствие напряжения с помощью специального приспособления, состоящего из изолирующей штанги и стальной иглы или режущего наконечника. Приспособление должно обеспечить прокол или разрезание оболочки и изоляции до жилы с замыканием на землю. Кабель в месте прокола предварительно прикрывается экраном. В туннелях, коллекторах и колодцах такое приспособление разрешается применять только при наличии дистанционного управления.

6.3.4 Если в результате повреждения кабеля открыта токопроводящая жила, отсутствие напряжения можно проверить непосредственно указателем напряжения без прокола.

6.3.5 Меры безопасности при выполнении прокола должны соответствовать ПБЭ.

6.4 ПРОКЛАДКА, ПЕРЕКЛАДКА КАБЕЛЯ И ПЕРЕНОСКА МУФТ

6.4.1 При перекатке барабана с кабелем необходимо принять меры против захвата его выступающими частями одежды работников. До начала перекатки закрепляют концы кабеля и удаляют торчащие из барабана гвозди. Барабан с кабелем допускается перекачивать только по направлению стрелки, указанной на щеке барабана, на небольшие расстояния по горизонтальной поверхности по твердому грунту или прочному настилу.

6.4.2 Запрещается размещать кабели, пустые барабаны, механизмы, приспособления и инструмент ближе 1 м от бровки траншей.

6.4.3 Разматывать кабель с барабанов разрешается при наличии тормозного приспособления.

6.4.4 При прокладке кабеля запрещается стоять внутри углов поворота, а также поддерживать кабель вручную на поворотах трассы.

6.4.5 Перекладывать кабели и переносить муфты можно только после отключения кабеля и его заземления.

6.4.6 Перекладывание кабелей, находящихся под напряжением, допускается в случае необходимости при выполнении условий, указанных в ПБЭ.

6.5 РАБОТЫ В ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

6.5.1 Меры безопасности при работах в колодцах, коллекторах и туннелях должны соответствовать ПБЭ.

6.5.2 Перед началом осмотра или работы в подземных сооружениях, не имеющих приточно-вытяжной вентиляции, необходимо проверить отсутствие горючих и вредных для человека газов. Проверка газов с помощью открытого огня запрещается.

6.5.3 Применение открытого огня в колодцах, коллекторах и туннелях, а также вблизи открытых люков запрещается.

6.5.4 При прожигании кабелей находиться в колодцах запрещается, а в туннелях и коллекторах допускается только на участках между двумя открытыми входами. Работать на кабелях во время их прожигания запрещается. Во избежание пожара после прожигания кабели необходимо осмотреть.

Приложение А

ПРИМЕРЫ ПРОКЛАДКИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НА НАПРЯЖЕНИЕ 64/110 кВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

В последнее время в Украине все шире используется на промышленных предприятиях черной металлургии передача электроэнергии с помощью высоковольтных кабелей.

По проектам ЗАО «Струм» и АО «Тяжпромэлектропроект» сооружены и эксплуатируются кабельные линии напряжением 110 кВ: на ОАО «Алчевский металлургический комбинат», две кабельные линии протяженностью около 1 км для электроснабжения кислородной станции ЗАО «ММЗ «Истил (Украина)» и две кабельные линии, строительство которых связано с реконструкцией кислородной станции на ОАО «Алчевский меткомбинат». В проектах этих кабельных линий, а также в проекте кабельной линии для ОАО «Искра», использовалась кабельная арматура фирмы Tусо Electronics Raychem GmbH.

На рисунках А.1 – А.8 приведены фрагменты проектов кабельных линий для ОАО «Алчевский меткомбинат» и ЗАО «ММЗ «Истил (Украина)».

Рисунок А.1

Концевые муфты 110 кВ типа OHVT-145C установлены на порталах на отметке 5,0 м. К муфтам подключаются пофазно три кабеля 110 кВ марки АПвЭВнг-64/110 1х185/95. Кабели крепятся к металлоконструкциям портала скобами из немагнитного металла.

Прокладка кабелей предусмотрена в полузаглубленных лотках. В этих же лотках проложены и кабели 35 кВ АПвЭВнг-35 1х95/25. Группы кабелей, собранные в треугольники, изолированы друг от друга кирпичной кладкой.

Рисунок А2, А.3

На чертежах показан переход воздушной линии 110 кВ в кабельную с подключением последней к подстанции 110/6 кВ. С обеих сторон кабельной линии предусмотрены концевые муфты 110 кВ типа OHVT-145C и ограничители перенапряжений типа 2P3SR108-L5E5M4. Кабели АПвЭВнг-64/110 1х240/95 проложены по надземной кабельной эстакаде. Три фазы кабеля собраны в треугольник и закреплены через каждый метр по длине эстакады.

На концах эстакады кабели опускаются в лотки и, пройдя в лотках, кабели поднимаются вертикально к концевым муфтам и закрепляются на конструкциях не менее чем в двух местах.

Рисунок А.4

Кабели АПвЭгаВнг-64/110 1х240/95 аналогично рис.А.2 опускаются с надземной эстакады, проходят в лотках и подключаются к концевым муфтам 110 кВ.

Рисунок А.5

Кабели АПвЭгаВнг-64/110 1х240/95, собранные в треугольник, прокладываются по надземной эстакаде.

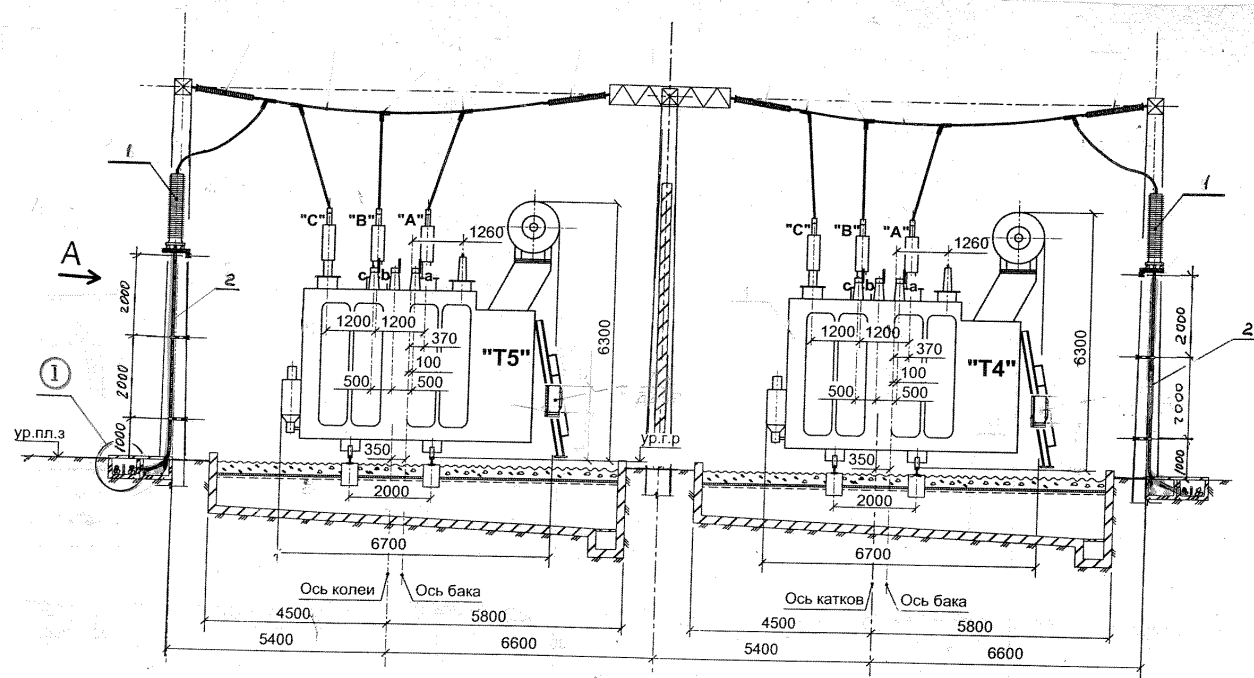
В приведенных выше примерах, на концах кабельных линий 110 кВ, после концевых муфт, устанавливаются ограничители перенапряжения (согласно 4.2.152 и 4.2.157 ПУЭ).

Рисунок А.6

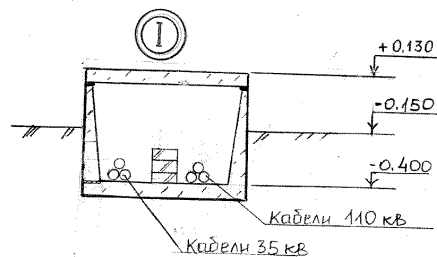
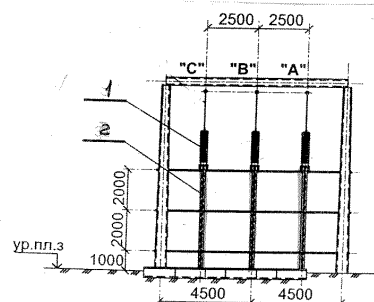
На чертеже показано двухэтажное здание, расположенное под кабельной эстакадой. Подходящие с противоположных сторон эстакады по две кабельные линии (кабель АПвЭгаВнг-64/110 1х240/95) опускаются в помещение, где соединяются пофазно муфтами типа EHVS-145C: на I этаже – кабели I^{ой} линии, на II этаже – кабели II^{ой} линии. В помещении (на этажах) фазы кабелей крепятся скобами из немагнитного металла (см. рис.А.8).

Рисунок А.7, А.8

На чертежах показано крепление трех одножильных кабелей 110 кВ, собранных в треугольник, и крепление одной фазы кабеля 110 кВ.



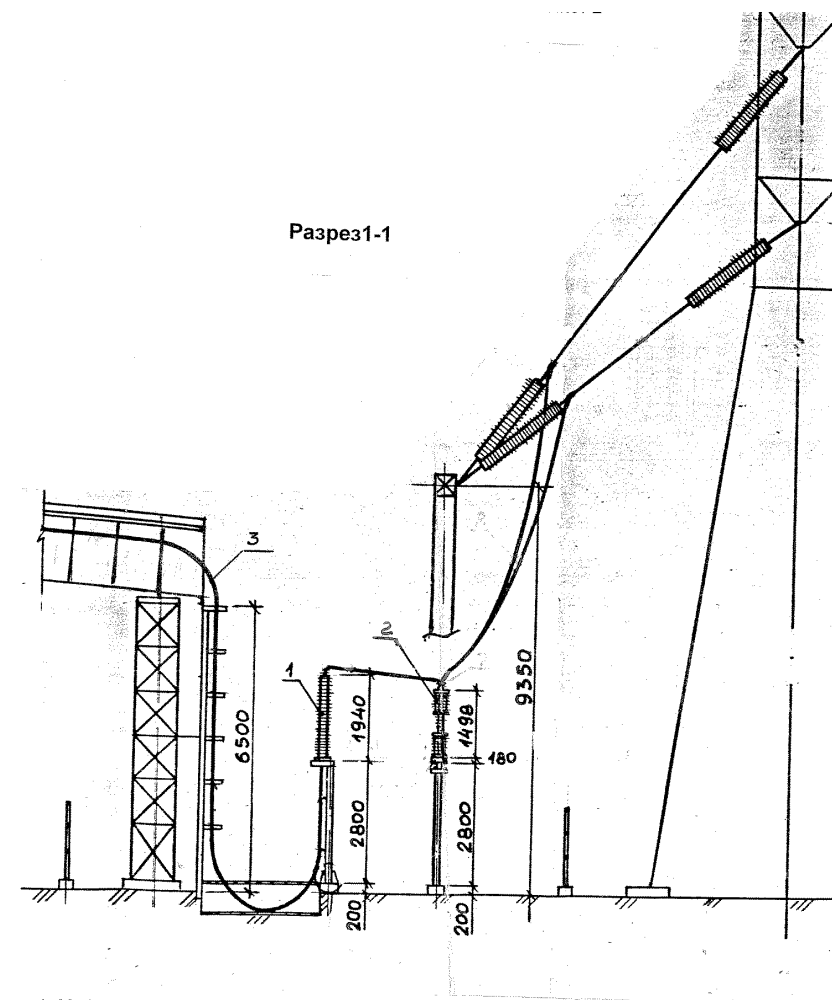
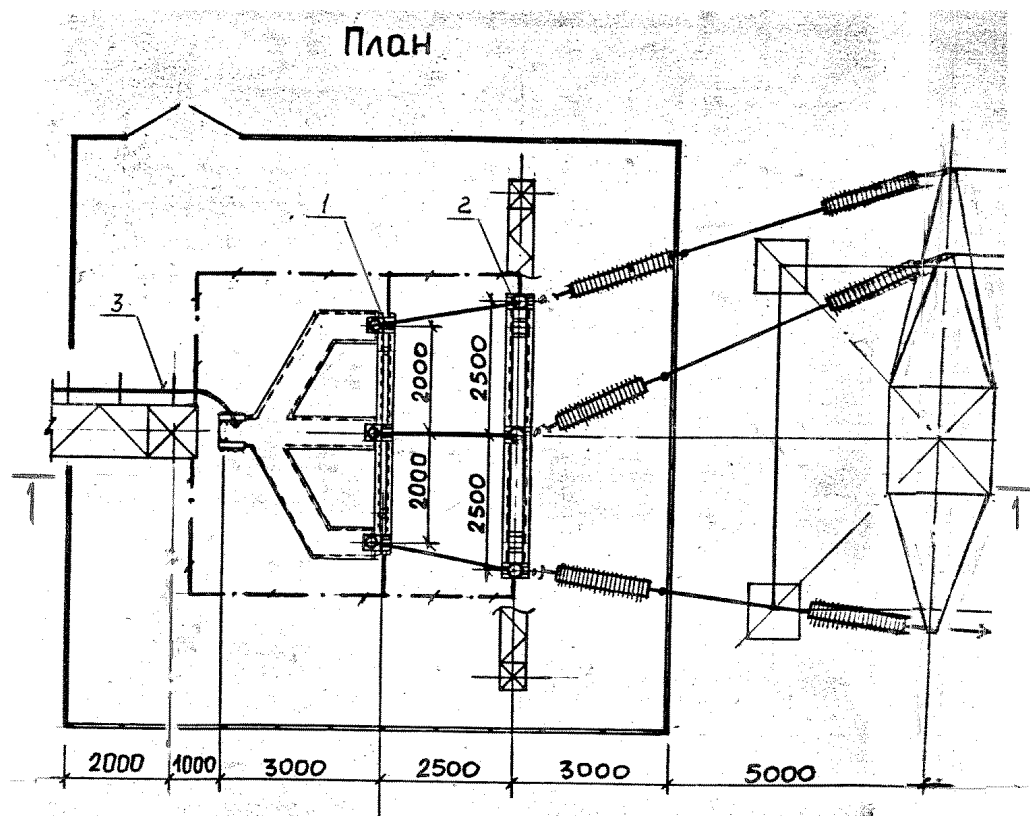
Вид А. (М1:100)



1. Муфта концевая ОНУТ-145С
2. Кабель АПвЭВнг-64/110 (1х185)/95

Алчевский меткомбинат
Подстанция 110/35/6кВ «Прокат»

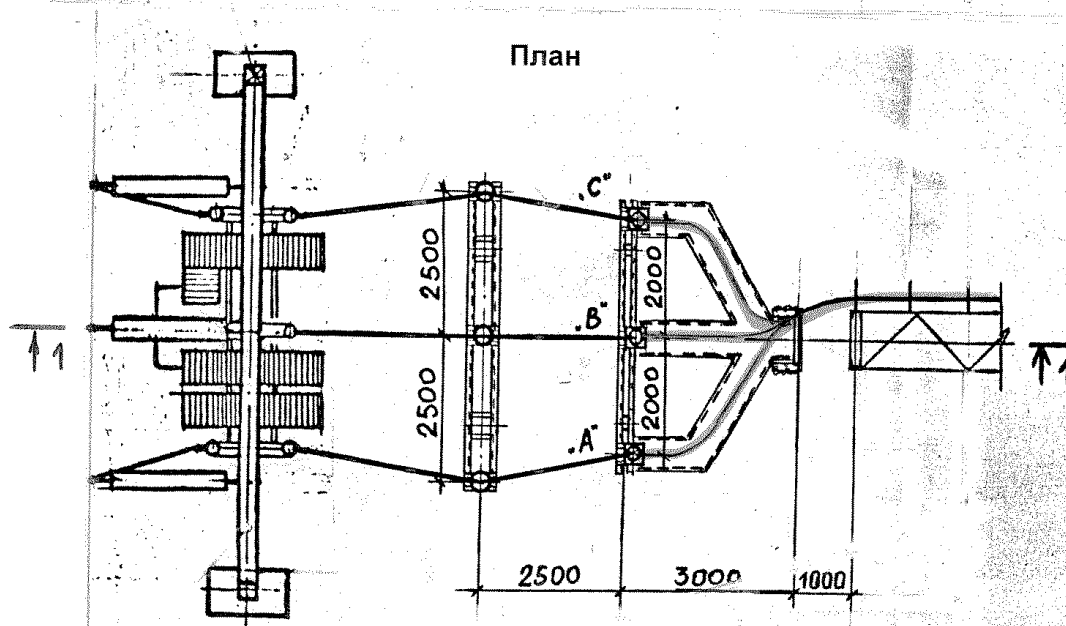
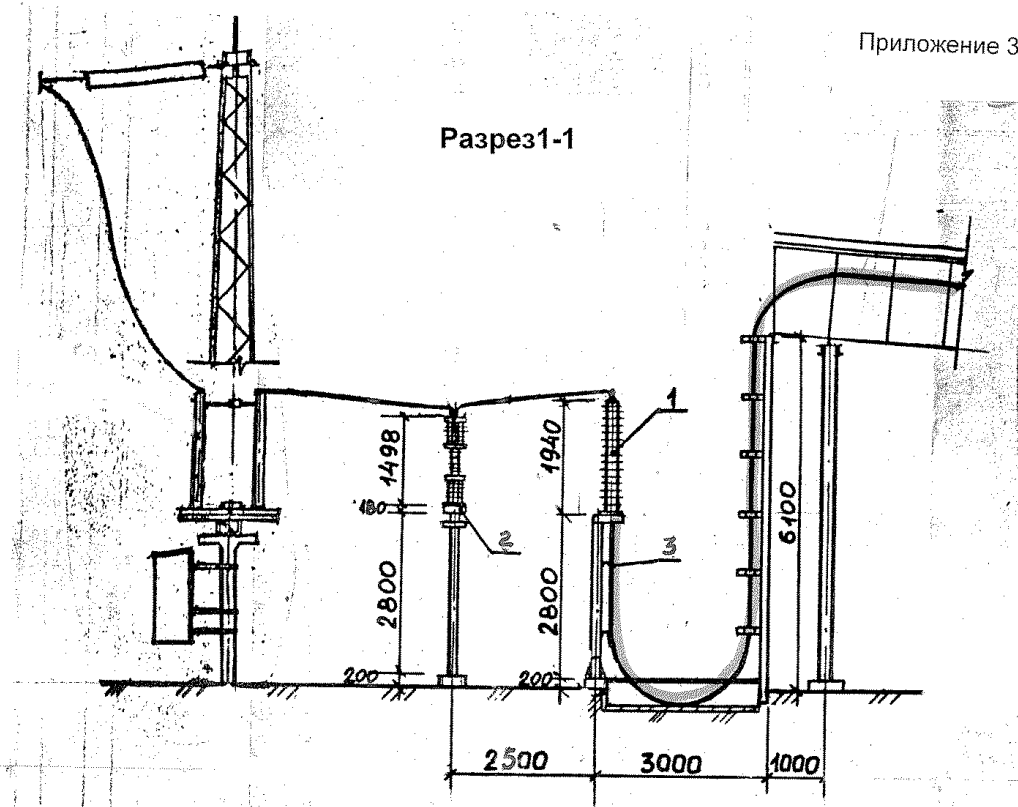
Рисунок А.1



1. Муфта концевая ОНVT-145С
2. Ограничитель перенапряжения 2P3SR108-L5E5M4
3. Кабель АПвЭВнг-64/110 (1х240)/95

Алчевский меткомбинат
Кабельная линия 110кВ

Рисунок А.2

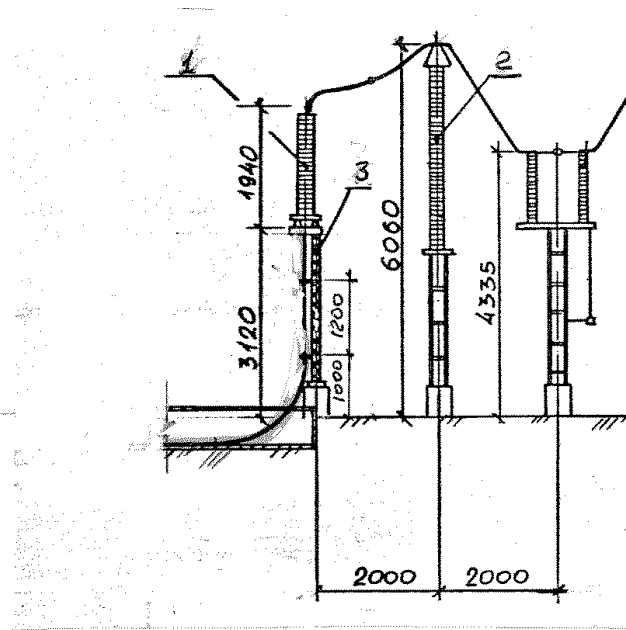


1. Муфта концевая OHVT-145C
2. Ограничитель перенапряжения 2P3SR108-L5E5M4
3. Кабель АПвЭВнг-64/110 (1x240)/95

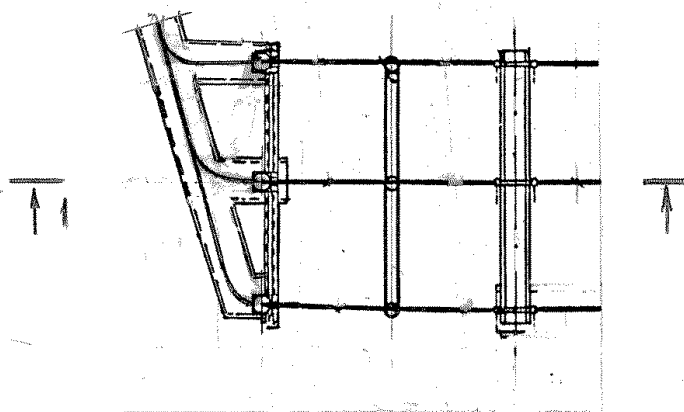
Алчевский меткомбинат
Кабельная линия 110кВ

Рисунок А.3

Разрез1-1



План



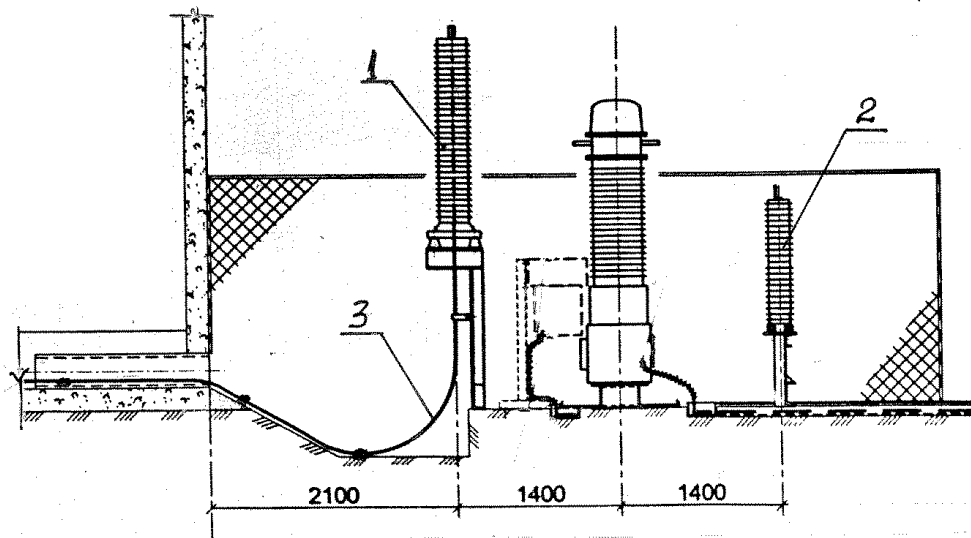
1. Муфта концевая ОНVT-145С
2. Ограничитель перенапряжения РEXLIMQ-XV123
3. Кабель АПвЭгаВнг-64/110 (1х240)/95

«ММЗ «Истил(Украина)» г. Донецк
ГПП-110/6кВ „КС“

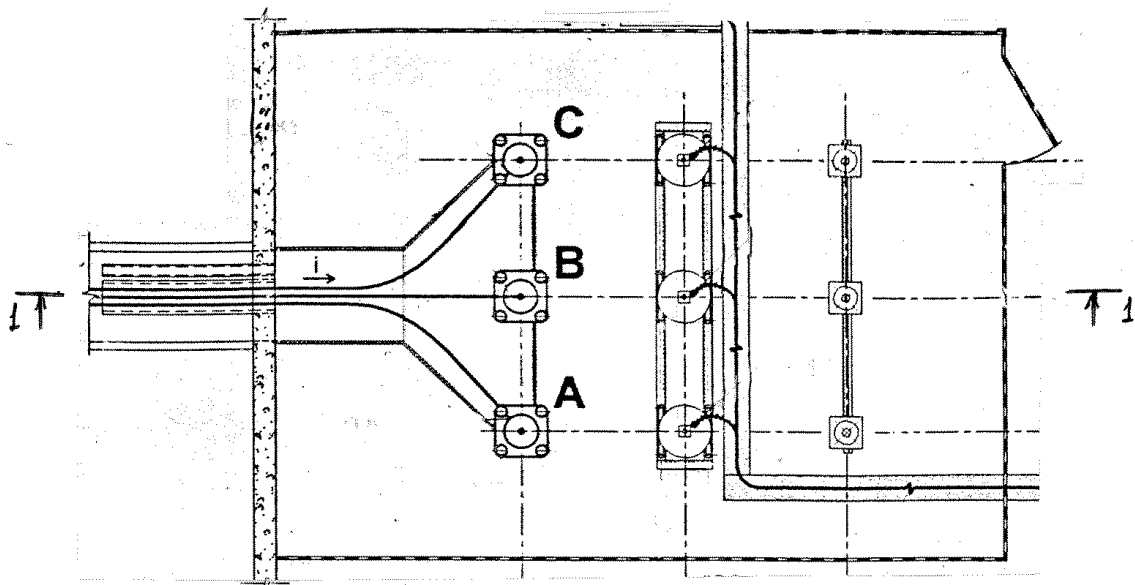
Рисунок А.4

Разрез1-1

Приложение 5



План



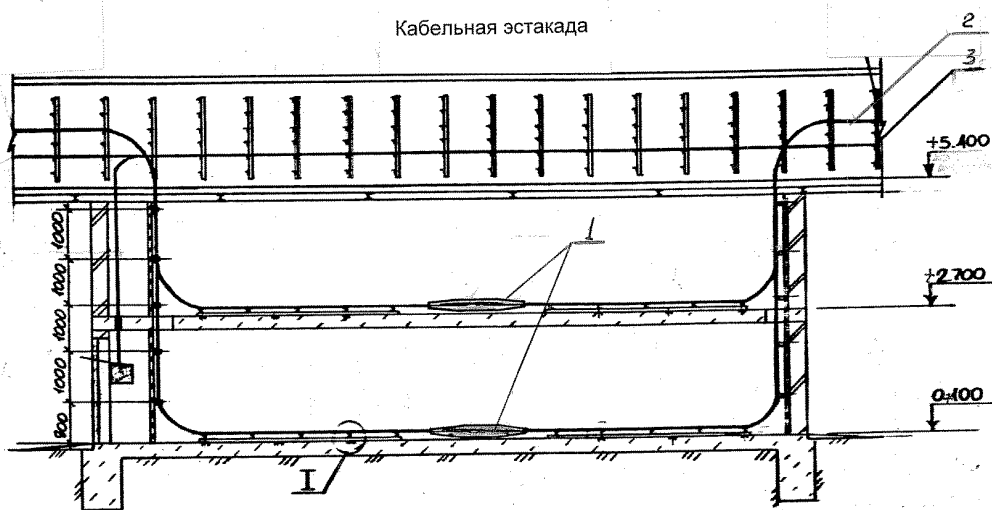
1. Муфта концевая ОНVT-145С
2. Ограничитель перенапряжения PEXLIM Q 108-УН123
3. Кабель АПвЭгаВнг-64/110 (1х240)/95

«ММЗ «Истил(Украина)» г. Донецк
ПС «ДМЗ-220». ЗРУ-110кВ

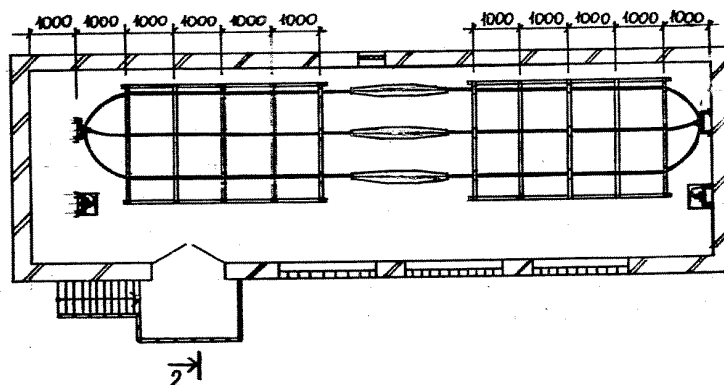
Рисунок А.5

Разрез 1-1

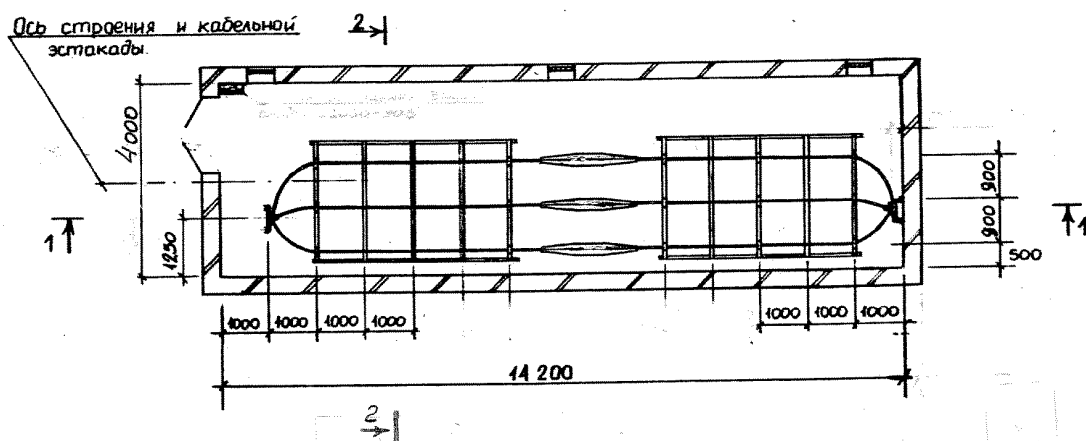
Кабельная эстакада



План на отм. + 2.700



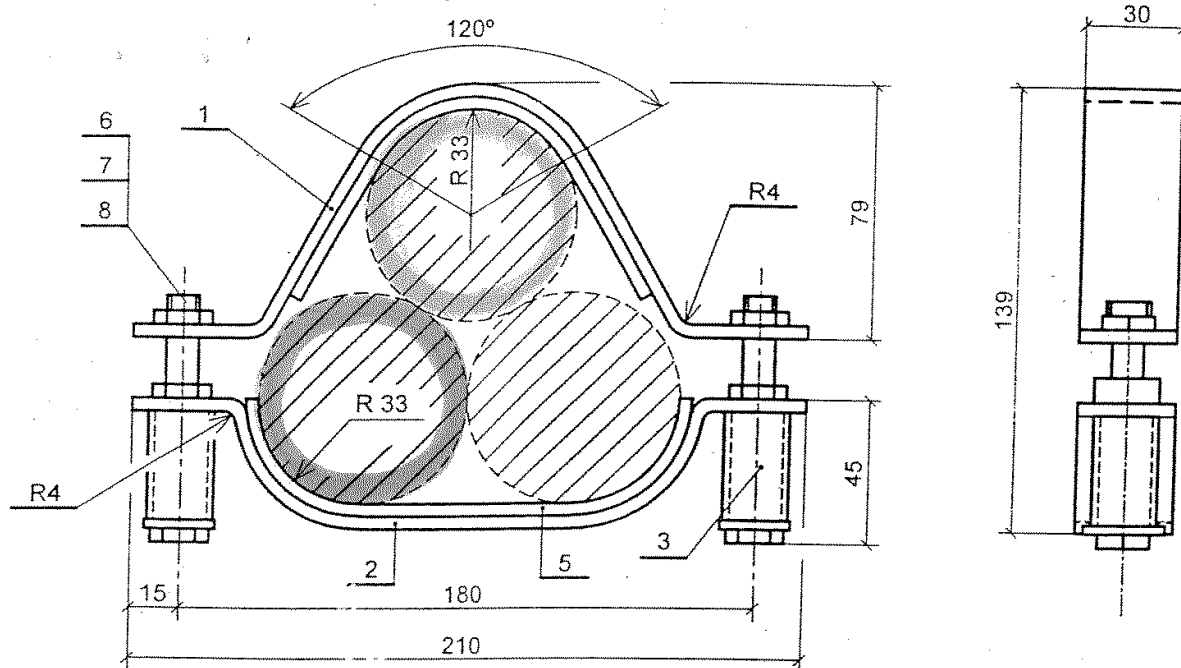
План на отм. + 0.100



1. Муфта соединительная EHVS-145C
2. Кабель АПвЭгаВнг-64/110 (1x240)/95
3. Кабель 0,4кВ

«ММЗ «Истил(Украина)» г. Донецк
Кабельная линия 110кВ

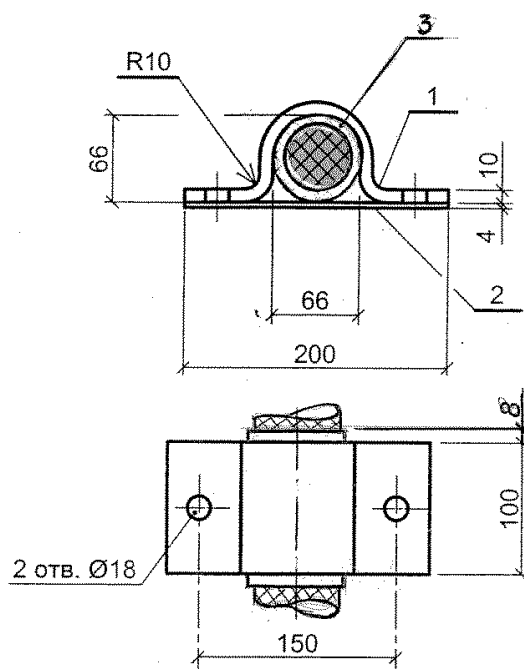
Рисунок А.6



1. Пластины резиновые (поз. 4, 5) приклеить к скобам (поз. 1, 2) клеем БМК-5К ТУ36978-77.
2. Детали (поз. 1, 2, 3) окрасить эмалью ПФ 115, серая, ГОСТ 6465-76, IV, С1.

Формат	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	1		Скоба верхняя (полоса Б-2 4х30 ГОСТ 103-76 L=275	1	0,258 кг
	2		Скоба нижняя (полоса Б-2 4х30 ГОСТ 103-76 L=266	1	0,250 кг
	3		Труба 20х2 ГОСТ 10704-76 L=34	2	0,07 кг
			Пластина резиновая ГОСТ 7338-90		
	4		МС-С-4х30х158	1	0,028 кг
	5		МС-С-4х30х182	1	0,041 кг
	6		Болт М10х100 ГОСТ 7798-70	2	
	7		Гайка М10 ГОСТ 5915-70	4	Оцинкованные
	8		Шайба10 ГОСТ 11371-78*	2	

Рисунок А.7



Формат	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	1		Шина алюминиевая ГОСТ 15176-89Е		
			10x100 L=260 мм	1	0,702 кг
	2		Пластина резиновая ГОСТ 7338-90		
			МС-С-4 × 30x200	1	0,036кг
	3		Прокладка из эластичного материала	1	

1. Развёрнутая длина 260 мм.

2. Острые кромки - притупить.

Рисунок А.8

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок. – Х.: Изд-во «Форт», 2010.
2. Правила улаштування електроустановок. Розділ 2. Передавання електроенергії. Глава 2.3. Кабельні лінії напругою до 330 кВ. – К.: «КВІЦ», 2009.
3. Норми випробування силових кабельних ліній напругою до 500 кВ (СОУ-Н ЕЕ 20.304:2009). – К.: «КВІЦ», 2009.
4. Експлуатація кабельних ліній електропередавання напругою від 110 кВ до 330 кВ (СОУ 40.1-00013741-35:2010). – К.: ОЕП «ГРІФРЕ», 2010.
5. Проектування кабельних ліній напругою до 330 кВ (СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-49:2011). – К.: ОЕП «ГРІФРЕ», 2011.
6. Монтаж кабельних ліній електропередавання напругою 110 – 330 кВ (СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-50:2011). – К.: ОЕП «ГРІФРЕ», 2011.
7. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей/ Москва, Энергоатомиздат, 1989.
8. ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей. Утв. приказом Госнадзорохрантруда от 09.01.98 № 4 / Киев, 1998.
9. СНиП 3.05.06-85. Электротехнические устройства/Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
10. Пантелеев Е.Г. Монтаж и ремонт кабельных линий: Справочник электромонтажника/Под ред. А.Д. Смирнова и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
11. Бачелис Д.С. и др. Электрические кабели, провода и шнуры (справочник). Под общ. ред. Н.И. Белоруссова. Изд. 3-е, перераб. М., «Энергия», 1971.
12. IEC 60840 ed4.0:2011 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV) – Test methods and requirements.
13. IEC 60183:1984 Guide to the selection of high-voltage cables.
14. IEC 60287 Electric cables – Calculation of the current rating.
15. ГОСТ 29322-92 «Стандартные напряжения».
16. ТУ У 31.3-00214534-060:2010 «Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение от 45 кВ до 150 кВ».
17. ТУ 16.К71-284-99 «Муфты переходные соединительные на напряжение 110 кВ».
18. Каталоги и рекламные материалы Tycos Electronics Energy Division и PFISTERER GmbH.
19. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования / Под общ. ред. Б.А. Алексеева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. – 6-е изд., с изм. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАЦ, 2003.

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ»

Украина, 61099, г. Харьков, ул. Автогенная, 7

Телефон приемной: (0572) 754-52-48, 93-50-77.

Общезаводской факс: 94-68-30.

E-mail: zavod@yuzhcable.com.ua <http://www.yuzhcable.com.ua>

Управление сбыта и маркетинга

тел.: (0572) 93-90-60, 94-67-12, тел./факс: 754-52-15, 754-52-57

E-mail: market@yuzhcable.com.ua

Управление внешнеэкономических связей

тел.: (0572) 93-00-91, 94-27-82, 93-80-88, факс: 94-68-30, 93-00-91.

E-mail: info@yuzhcable.com.ua

Управление главного технолога

тел.: (0572) 93-81-92, 754-52-79, 754-52-62, факс: 754-52-53