ЗАО «Завод «Южкабель»

РУКОВОДСТВО

по выбору, прокладке, монтажу, испытаниям и эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение от 6 до 35 кВ

г. Харьков, 2007

ББК 31.27.73
УДК 621.315
К 26

К26 Руководство по выбору, прокладке, монтажу, испытаниям и эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение от 6 до 35 кВ. РД К28-003:2007.

Разработано рабочей группой в составе:

— от ЗАО завод «Южкабель» (разделы 1-3, 5, 6): технический директор В. П. Карпушенко, главный технолог Е. Ю. Чопов, зам. главного технолога А. Л. Обозный;

рабочая группа: вед. инженер-технолог И. А. Кулакова, инженер по маркетингу В. В. Гринченко, Н. В. Жезмер, А. Р. Дармориз;

— от ЗАО «Струм» (Приложение А): главный инженер проекта В. П. Раденко;

— от Tyco Electronics Raychem GmbH (раздел 4): директор представительства в Украине Ю. А. Зорин.

Получены положительные отзывы и учтены замечания от Минтопэнерго Украины (Департамент по вопросам электроэнергетики), г. Киев; «Энергопроект», г. Киев.
Харьков: Майдан, 2007. — 64 с.

ISBN 978-966-372-092-0

Руководство содержит требования по сооружению, испытаниям и эксплуатации линий с использованием кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение от 6 до 35 кВ.

Руководство предназначено для инженеров, проектировщиков, специалистов, научных сотрудников, студентов, работающих в области кабельной техники.

ББК 31.27.73

ISBN 978-966-372-092-0

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1

Общие сведения о кабелях с изоляцией из сшитого полиэтилена, выпускаемых ЗАО «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 ЗАО «Завод «Южкабель» является ведущим предприятием по выпуску кабельно-проводниковой продукции и изделий цветного проката, успешно функционирующим в условиях рыночной экономики. ЗАО завод «Южкабель» не только обеспечивает потребности Украины, но и успешно поставляет продукцию в страны СНГ, ближнего и дальнего зарубежья. Широкий спектр кабельно-проводниковой продукции ЗАО «Завод «Южкабель» позволяет удовлетворить потребности различных областей промышленности: строительства, машиностроения, топливно-энергетического комплекса, в том числе атомных станций, транспорта и связи, горнодобывающей промышленности и т.д. Основные группы продукции — это кабели силовые с бумажно-пропитанной и пластмассовой изоляцией на напряжение от 380 В до 110 кВ, кабели контрольные, кабели сигнально-блокировочные, оптические кабели связи, провода для воздушных линий электропередач: неизолированные и самонесущие изолированные (СИП), провода бытовые, соединительные и установочные, провода обмоточные (в том числе эмалированные), цветной прокат (шины, профили), товары народного потребления (удлинители, шнуры армированные), кабели и провода с пластмассовой изоляцией различного назначения (кабели и провода для погружных электронасосов, шахтные кабели, автотракторные, телефонные, нагревательные провода и т.д.).

Цели ЗАО «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, Altana, внедрение новых перспективных технологических процессов, в том числе «ноу-хау».

Большие средства вкладываются предприятием в новое оборудование, имеющееся технологическое оборудование постоянно модернизируется. По закупкам нового технологического и испытательного оборудования ЗАО «Завод «Южкабель» сотрудничает с ведущими мировыми производителями: фирмами MAG (Австрия), Troester (Германия), Pourtier (Франция), Cortinovis (Италия), Nextrom (Финляндия), Rosendahl (Австрия), Caballe (Испания), 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: 2000 и ДСТУ ISO 9001-2001, 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 14001-97.

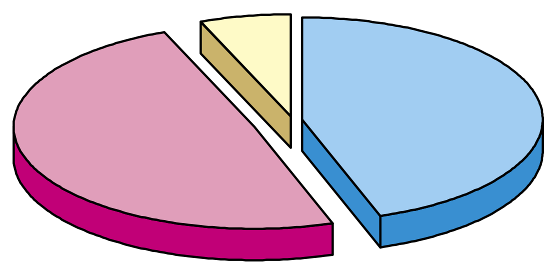


Рисунок 1.1 Рынки сбыта силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на среднее и высокое напряжение (6 — 110 кВ) производства ЗАО завод «Южкабель» в 2006 г.

ЗАО «Завод «Южкабель» — лидер среди украинских производителей силовых кабелей. Производство новой перспективной продукции — кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение от 6 до 110 кВ — завод освоил в 2003 году с вводом в эксплуатацию нового цеха. Несмотря на новизну этих кабелей для Украины, их эксплуатационные свойства позволили потеснить с рынка традиционные кабели с бумажной пропитанной изоляцией. За период с 2003 г. по 2006 г. на рынки Украины, стран СНГ и дальнего зарубежья поставлено более 7 тыс. км кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена среднего и высокого напряжения (см. рис. 1.1). В 2004 г. продукция «Кабели силовые на напряжение 6 – 35 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена» стала победителем конкурса «100 лучших товаров Украины».

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 до 110 кВ началось в 70-х гг. XX века. В настоящее 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. Кабельные сети ОАО «Мосэнерго» и АО «Ленэнерго» приняли решение о широком применении кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена при сооружении новых электрических сетей. Начата замена проложенных ранее кабелей с бумажной пропитанной изоляцией низкого и среднего напряжения, а также маслонаполненных кабелей на кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена. Предпосылками для этого явилась выработка ресурса значительной части старых кабелей, проработавших в распределительных сетях 40 и более лет, имеющих недопустимо высокие показатели удельной повреждаемости (число отказов на 100 км линий в год) и положительный опыт эксплуатации линий с применением кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена в промышленно развитых странах.

Широкое использование сшитого полиэтилена в качестве материала изоляции силовых кабелей обусловлено его превосходными диэлектрическими качествами (высокая электрическая прочность, низкий tg δ, 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, о чем свидетельствует 35-летний положительный опыт эксплуатации.

Основным недостатком первых поколений кабелей 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 полупроводящими 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.

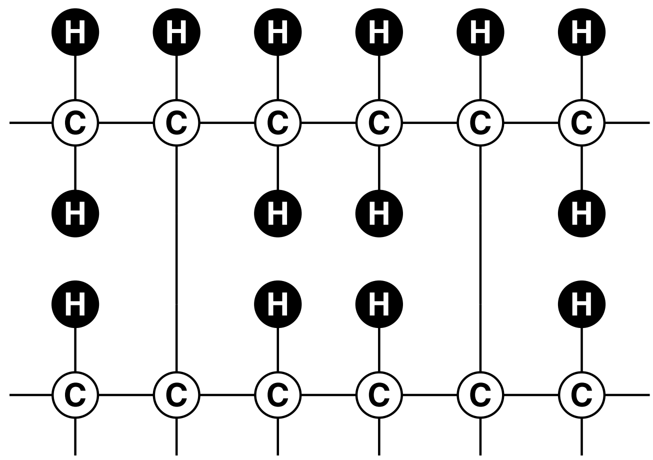


Рисунок 1.2

Сшитый полиэтилен (русская аббревиатура СПЭ, английская XLPE, немецкая VPE) представляет собой полимер, образованный молекулами полиэтилена, цепочки которых соединены между собой дополнительно поперечными связями (рисунок 1.2).

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 tg δ при 90 °С .... не более 0,001;
- стойкость к тепловой деформации (нагрев образца до 200 °С под нагрузкой 20 Н/см^2 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/см^2.

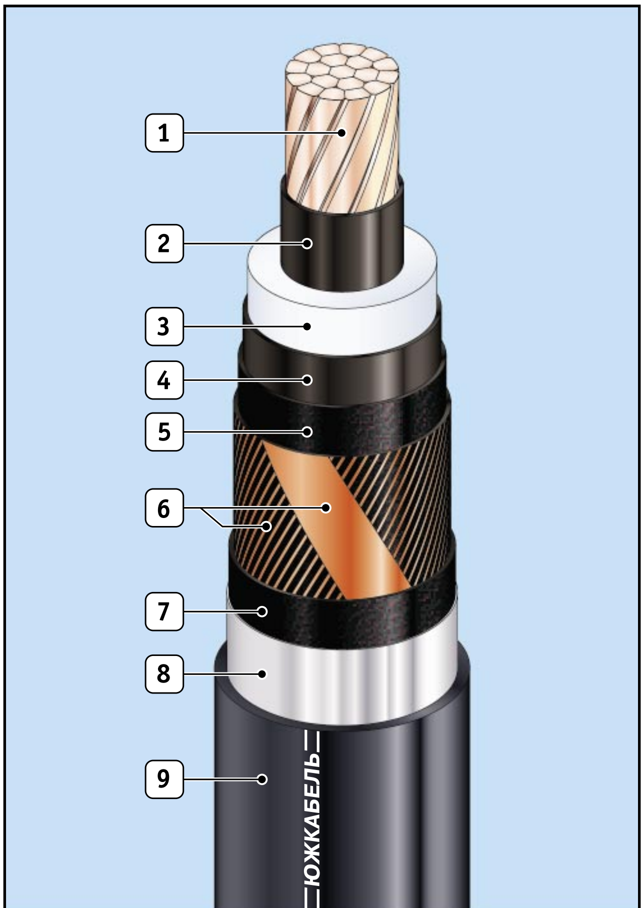
В сравнении с кабелями с бумажной пропитанной изоляцией кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена имеют ряд преимуществ:

- 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;
- возможность прокладки без предварительного подогрева при более низкой температуре;
- большие строительные длины.

Таблица 1.1

Наименование характеристики	Значение		
	для кабеля с XLPE изоляцией на напряжение 6 – 35 кВ	для кабеля с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение 10 кВ	для кабеля с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение 20 – 35 кВ
Длительно допустимая температура нагрева жилы, °С	90	70	65
Допустимая температура в режиме перегрузки, °С	130	90	65
Максимально допустимая температура жилы при коротком замыкании, °С	250	200	130
Допустимый ток 1-секундного короткого замыкания, кА: - для медной жилы сечением 240 мм^2 - для алюминиевой жилы сечением 240 мм^2	34,30 22,70	31,40 20,56	23,34 15,30
Диэлектрическая проницаемость изоляции ε_r при максимально допустимой температуре	2,5	4,0	4,0
Тангенс угла диэлектрических потерь при максимально допустимой температуре	0,001	0,008	0,006

Пример конструкции одножильного кабеля марки ПвЭгаП



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 полупроводящим водонабухающим полотном;
8 - алюмополимерная лента, наложенная продольно и сваренная с наружной оболочкой;
9 - экструдированная наружная оболочка из полиэтилена высокой плотности.

1.3 КОНСТРУКЦИЯ

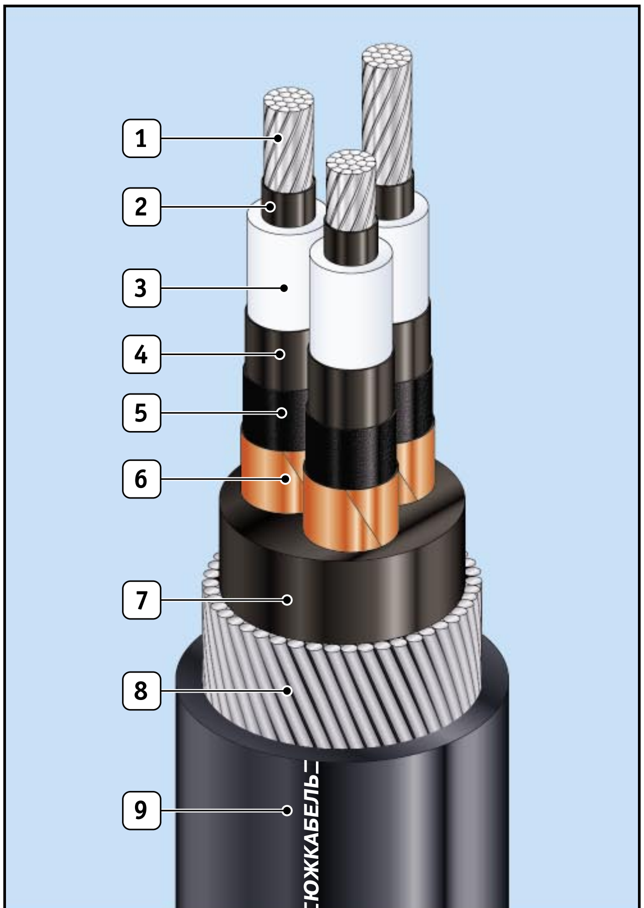
Основные элементы конструкции:

• ***токопроводящая жила*** – медная или алюминиевая, многопроволочная уплотненная, номинальное сечение от 35 мм^2 до 800 мм^2 для одножильных кабелей и от 35 мм^2 до 240 мм^2 для трехжильных кабелей. 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 вулканизуются 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 16 до 120 мм^2. Экран может иметь продольную

Пример конструкции трехжильного кабеля марки АПвЭКВ



1 - алюминиевая токопроводящая жила;
2 - внутренний экструдированный полупроводящий слой;
3 - экструдированная изоляция из сшитого полиэтилена;
4 - внешний экструдированный полупроводящий слой;
5 - обмотка полупроводящим полотном;
6 - медный экран;
7 - экструдированная внутренняя оболочка;
8 - броня из стальных оцинкованных проволок;
9 - экструдированная наружная оболочка из ПВХ пластиката.

герметизацию при помощи водонабухающего полотна, возможна также дополнительная поперечная герметизация при помощи алюмополимерной ленты, сваренной с наружной оболочкой;
• экструдированная ***наружная оболочка*** из полиэтилена высокой плотности или поливинилхлоридного (ПВХ) пластиката.

Изготавливаются кабели:
• с броней из стальных оцинкованных лент (только трехжильные кабели);
• с броней из стальной оцинкованной проволоки (только трехжильные кабели);
• с броней из алюминиевой проволоки (одножильные кабели);
• в исполнении «нг» (не распространяющие горение);
• в исполнении «нгд» (не распространяющие горение и с низким выделением дыма и коррозионноактивных газов);
• в исполнении «нг-HF» (не содержащие галогенов);
• в тропическом исполнении.

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

1.4 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЯЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

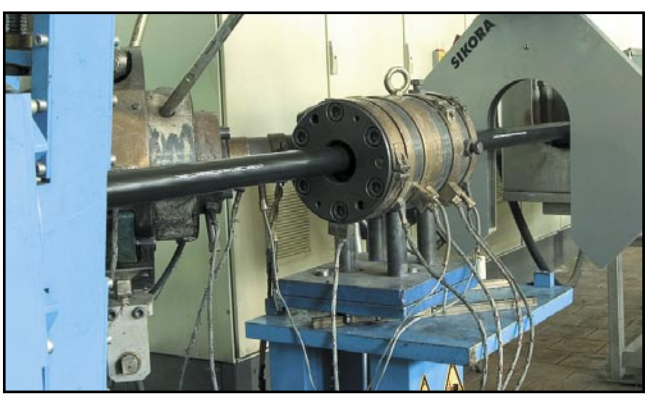
Технологический процесс производства кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на «Южкабеле» соответствует последним достижениям в области кабельной техники:
• в производстве применяются материалы только наилучшего качества, прошедшие входной контроль: триингостойкие суперчистые изоляционные и полупроводящие 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;

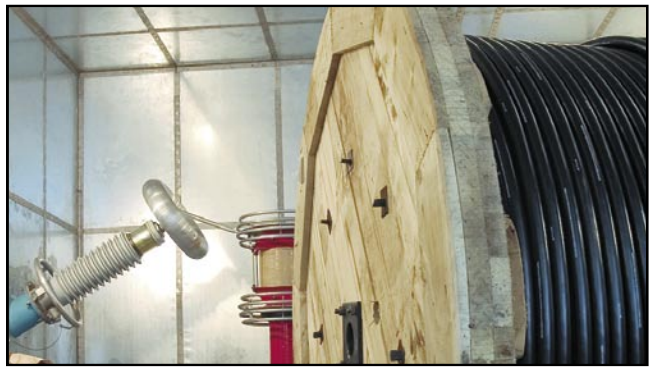
• токопроводящие жилы скручиваются и уплотняются на крутильной машине фирмы «Cortinovis». Применение уплотнения по повивам позволяет получить высокий коэффициент уплотнения жилы и гладкую ее поверхность. На крутильной машине при необходимости накладываются также водоблокирующие материалы;

• одновременное наложение изоляции и полупроводящих экранов осуществляется на наклонной линии газовой вулканизации фирмы «Troester», 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, скрутка сердечника трехжильных кабелей и операция бронирования производится на универсальной крутильной машине Drum Twister фирмы «Pourtier»;



• экструдирование наружных оболочек кабелей и наложение алюмополимерных лент (при необходимости) происходит на экструзионной линии фирмы «Troester», оснащенной приборами измерения диаметра, контроля герметичности оболочки и устройством для маркирования с помощью печатающей ленты;



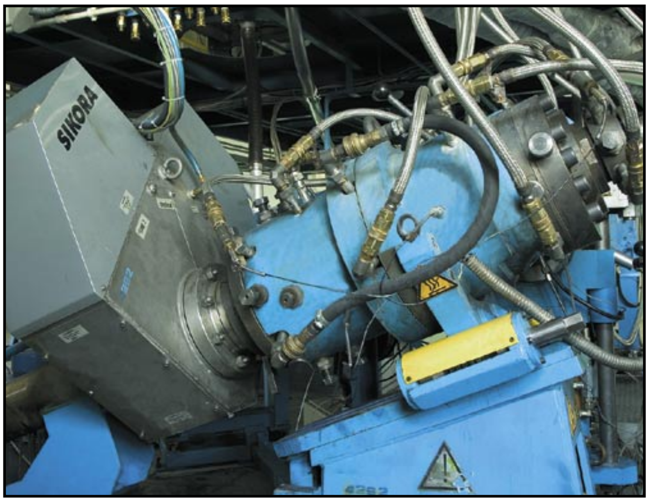
• комплекс испытательного оборудования фирмы «Hipotronics» позволяет проводить испытания кабелей на наличие в изоляции частичных разрядов, а также испытания готовых кабелей повышенным напряжением;

• 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.

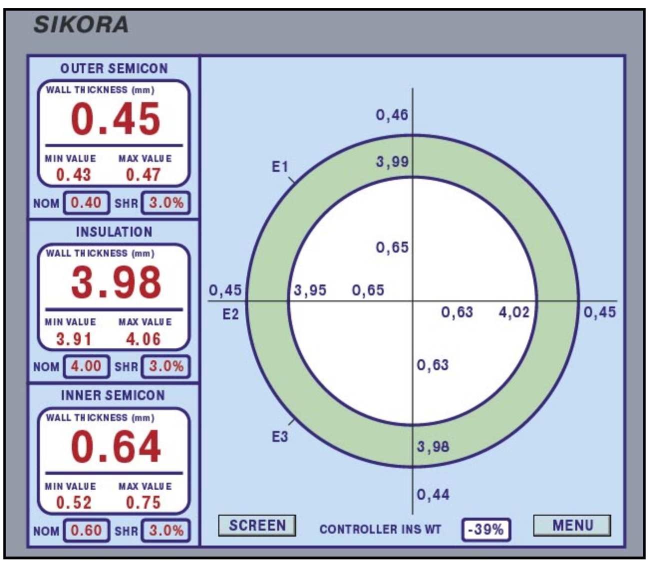
Система управления производством включает в себя следующие функции:

• 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

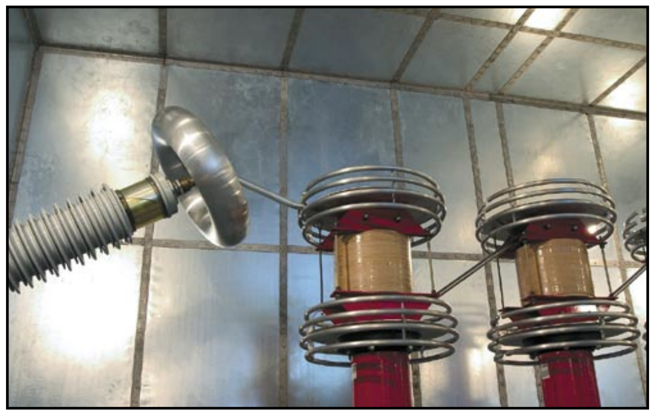
Кабели подвергаются приемо-сдаточным, периодическим и типовым испытаниям.

В процессе приемо-сдаточных испытаний строительные длины кабелей подвергаются следующим видам испытаний:
• проверка соответствия элементов конструкции;
• проверка герметичности оболочки;
• испытание повышенным переменным напряжением;
• 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 проводятся испытания:
• на стойкость кабелей к монтажным изгибам;
• повышенным переменным напряжением в течение 4 ч.

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



В состав типовых испытаний могут включаться:
• электрические испытания (измерение электрического сопротивления медного экрана, измерение tg δ 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, к 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 «Всероссийский научно-исследовательский институт кабельной промышленности» г. Москва, РФ и Научно-исследовательского института высоких напряжений, 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 на напряжение от 6 до 35 кВ содержат следующие обозначения:

	3х	три одножильных кабеля, скрученных вместе
Токопроводящая жила	А	алюминиевая жила
	-	медная жила (без обозначения)
Изоляция	Пв	изоляция из сшитого полиэтилена
Экран	Э	медный экран по изолированной жиле
	Эо	общий медный экран сердечника трехжильных кабелей
	Эоа	герметизация общего экрана алюмополиэтиленовой лентой
	г	продольная герметизация экрана водонабухающими лентами
	га	продольная и поперечная герметизация экрана водонабухающими материалами и алюмополимерной лентой
Броня	Б	броня из стальных оцинкованных лент
	К	броня из стальных оцинкованных проволок
	Ак	броня из алюминиевых проволок
Наружная оболочка	П	наружная оболочка из полиэтилена или сополимера полиэтилена
	Пнг(А)*	наружная оболочка из полимерной композиции, не распространяющей горение (категория А по нераспространению горения в пучках по IEC 60332-3)
	Пнг-HF(А)*	наружная оболочка из полимерной композиции, не распространяющей горение и не содержащей галогенов (категория А по нераспространению горения в пучках по IEC 60332-3)
	Пу	усиленная полиэтиленовая оболочка
	В	наружная оболочка из ПВХ пластиката
	Внг	наружная оболочка из ПВХ пластиката, не распространяющего горение при групповой прокладке кабелей
	Внгд	наружная оболочка из ПВХ пластиката, не распространяющего горение и с низким выделением дыма и коррозионноактивных газов
Климатическое исполнение	-	исполнение У (УХЛ) (без обозначения)
	Т	исполнение Т (тропическое)
	nxS/Sэкр	число жил х номинальное сечение в мм²/ номинальное сечение экрана в мм²
	(ож)	однопроволочные жилы

** в остальных случаях маркировка категории по нераспространению горения в пучках не указывается (кабель соответствует категории В по IEC 60332-3)*

Пример обозначения:

Кабель АПвЭгП-10 1х240(г)/50 ТУ У 31.3-00214534-017-2003

алюминиевая токопроводящая жила
изоляция из сшитого полиэтилена
медный экран с продольной герметизацией
наружная оболочка из полиэтилена
номинальное 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 изготавливаются на переменное напряжение частотой 49-61 Гц для сетей с заземленной или изолированной нейтралью.

При выборе номинального напряжения кабеля рекомендуется руководствоваться международными стандартами IEC 60183,1984 и IEC 60502-2,2005, по которым электрические сети подразделяются на категории А, В и С:

- к категории А относятся сети, в которых фазная жила, находящаяся в контакте с землей или с заземленным экраном, отключается от системы в течение 1 мин;
- к категории В относятся сети, которые в условиях пробоя продолжают работать в течение сравнительно короткого времени с одной заземленной фазой. В соответствии с IEC 60183, 1984 этот период не должен быть более 1 ч. По IEC 60502-2, 2005 и действующим техническим условиям для кабелей допускается более продолжительный период, но не более 8 ч для каждого отдельного замыкания. Общая продолжительность замыканий на землю в год не должна быть более 125 ч;
- к категории С относятся все сети, не вошедшие в категории А или В.

Если ожидается, что сеть будет работать с довольно частыми и более продолжительными, чем в сетях категории В, короткими замыканиями на землю, то такую сеть рекомендуется отнести к категории С.

Значения номинального напряжения кабеля *U* в зависимости от категории и напряжения сети приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Напряжение электрической сети, кВ		Рекомендуемое номинальное напряжение кабеля *U*, кВ	
номинальное U_0/U	максимальное U_m	для сетей категорий А и В	для сетей категории С
3,6/6 или 3,8/6,6	7,2	6	10
6/10 или 6,35/11	12	10	15
8,7/15	17,5	15	20
12/20 или 12,7/22	24	20	30
18/30 или 19/33	36	30	–
20,2/35	42	35	*

** в случае необходимости применения в кабельных сетях кабелей данного класса напряжения для получения подробной информации о технических характеристиках кабелей необходимо обращаться к техническим специалистам ЗАО «Завод «Южкабель». Рекомендуется применение кабелей на номинальное линейное напряжение 45 кВ.*

В обозначении напряжения $U_0/U(U_m)$:

U_0 – номинальное напряжение между жилой и землей, на которое рассчитан кабель;

U – номинальное напряжение между жилами, на которое рассчитан кабель;

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

В условном обозначении марки кабеля производства ЗАО завод «Южкабель» 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.

При прокладке кабелей на воздухе должна быть предусмотрена защита от прямого воздействия

Таблица 2.2

Марка кабеля	Рекомендуемые области применения
АПвЭгП, ПвЭгП	Для прокладки в обычных грунтах (траншеях), а также в грунтах с высокой коррозионной активностью, при условии защиты кабеля от механических повреждений
АПвЭгаП, ПвЭгаП	Для прокладки в сырых грунтах, частично затапливаемых помещениях, в несудоходных водоемах при обеспечении механической защиты кабелей
АПвЭВ, ПвЭВ, АПвЭоП, ПвЭоП, АПвЭоаП, ПвЭоаП	Для одиночной прокладки в помещениях, каналах, туннелях, на кабельных эстакадах, на лотках и для прокладки в сухих грунтах при условии защиты кабеля от механических повреждений
АПвЭгВ, ПвЭгВ, АПвЭгаВ, ПвЭгаВ, АПвЭоаП, ПвЭоаП	Для одиночной прокладки в сырых помещениях, каналах, туннелях
АПвЭБП, ПвЭБП, АПвЭАкП, ПвЭАкП	Для прокладки в земле (траншеях), где возможны механические воздействия на кабель
АПвЭКП, ПвЭКП	То же, в т.ч. при воздействии на кабель значительных растягивающих усилий
АПвЭБВ, ПвЭБВ, АПвЭАкВ, ПвЭАкВ	Для одиночной прокладки в помещениях, каналах и туннелях, в сухих грунтах, в местах, где возможны механические воздействия на кабель
АПвЭКВ, ПвЭКВ	То же, в т.ч. при воздействии на кабель значительных растягивающих усилий

солнечных лучей. Допускается прокладка на воздухе, без защиты от солнечной радиации, кабелей с оболочкой из полиэтилена или полимерной композиции, не распространяющей горение с учетом снижения пропускной способности кабеля при создании рабочего проекта, поскольку температура поверхности кабеля увеличивается, а возможность охлаждения снижается.

При прокладке кабелей с наружной оболочкой из полиэтилена на воздухе, в т.ч. в кабельных сооружениях, необходимо обеспечить дополнительные меры противопожарной защиты.

Кабели с маркировкой «Внг», «Пнг» и «Внгд» предназначены для групповой прокладки в кабельных сооружениях, помещениях (в том числе в пожароопасных); кабели с маркировкой «Внгд» — для прокладки на объектах, где наряду с требованиями к нераспространению горения предъявляются требования к пониженному дымо-, газовыделению при горении и тлении: атомных станциях, электростанциях, метрополитенах, высотных зданиях, крупных промышленных объектах и др.

Кабели с маркировкой «Пнг-HF» предназначены для прокладки на объектах, где предъявляются требования к пониженному выделению дыма и коррозионноактивных газов, отсутствию галогенов.

Кабели с усиленной полиэтиленовой оболочкой предназначены для прокладки на сложных участках трасс. К сложным участкам трасс относятся:

а) участки трасс с более чем четырьмя поворотами под углом свыше 30 °С;

б) прямолинейные участки трасс с более чем четырьмя переходами в трубах длиной более 20 м или более чем двумя переходами в трубах длиной более 40 м.

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 пластиката;
- от плюс 50 °С до минус 40 °С для кабелей с наружной оболочкой из ПВХ пластиката пониженной пожароопасности;
- от плюс 50 °С до минус 60 °С для кабелей с наружной оболочкой из полиэтилена;
- от плюс 50 °С до минус 35 °С для кабелей с наружной оболочкой из полимерной композиции, не распространяющей горение.

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 должна быть не 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 кабелей выбирается из ряда 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 630 (625); 800 мм^2. Диапазон номинальных сечений в зависимости от конструкции и номинального напряжения кабелей приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Марка кабеля	Номинальное сечение основных жил, мм^2					
	Номинальное напряжение *U*, кВ					
	6	10	15	20	30	35
Все одножильные кабели, в т.ч. бронированные алюминиевой проволокой	35–800	35–800	35–800	35–800	50–800	50–800
Трехжильные небронированные кабели и кабели с броней из стальных лент	35–240	35–240	35–185	35–150	50–120	50–120
Трехжильные кабели со стальной проволочной броней	35–240	35–240	35–185	35–120	50–95	50–95
Трехжильные кабели с общим экраном	35–240	35–240	35–240	35–240	50–185	50–185

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:

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

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 2.4.5.

Номинальное сечение экрана кабелей выбирается по допустимому току короткого замыкания экрана, приведенному в 2.4.5. В таблице 2.44 приведен стандартный ряд сечений токопроводящих жил и рекомендуемые сечения экранов. При эксплуатации кабелей в сетях с изолированной нейтралью на напряжение 6-10 кВ сечение экрана выбирается минимальное, из указанных в таблице 2.44, для соответствующей токопроводящей жилы. При необходимости применения в кабеле большего сечения экрана, чем указано в таблице 2.44, следует обратиться к разработчикам.

2.4.2 Длительно допустимые токовые нагрузки

Длительно допустимая токовая нагрузка силовых кабелей рассчитывается по методике CEI IEC 60287.

Длительно допустимый ток кабеля рассчитывается в общем случае по формуле:

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

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;

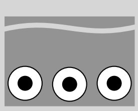
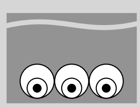
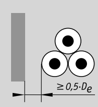
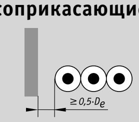
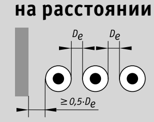
б) кабели, проложенные на воздухе, защищены от воздействия солнечного излучения.

В таблицах 2.4 – 2.7 приведены длительно допустимые токовые нагрузки кабелей (D_e – наружный диаметр кабеля).

Токовые нагрузки одножильных кабелей с сечением жилы до 400 мм² включительно и трехжильных кабелей всех сечений приведены в соответствии с IEC 60502-2. Эти значения токовых нагрузок рассчитаны для кабелей на номинальное напряжение 10 кВ, которые работают в установившемся продолжительном режиме. Указанные значения могут быть использованы для кабелей на напряжение от 6 до 35 кВ.

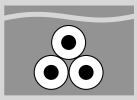
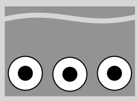
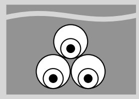
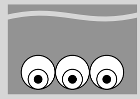
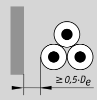
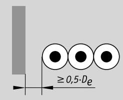
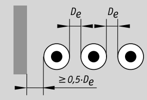
Токовые нагрузки одножильных кабелей с сечением жилы 500, 630 и 800 мм² рассчитаны с использованием методов, приведенных в стандарте IEC 60287.

Таблица 2.4 Длительно допустимая токовая нагрузка, А, одножильных кабелей с медными жилами

Ном. сечение жилы, мм²	Кабели проложены непосредственно в грунте		Кабели проложены в отдельных трубах в грунте		Кабели проложены на воздухе		
	треугольником 	в плоскости 	треугольником 	в плоскости 	треугольником 	в плоскости, соприкасающиеся 	в плоскости, на расстоянии 
35	166	172	157	159	198	203	238
50	196	203	186	188	238	243	286
70	239	246	227	229	296	303	356
95	285	293	271	274	361	369	434
120	323	332	308	311	417	426	500
150	361	366	343	347	473	481	559
185	406	410	387	391	543	550	637
240	469	470	447	453	641	647	745
300	526	524	510	510	735	739	846
400	590	572	571	571	845	837	938
500	651	630	631	617	980	957	1056
630 (625)	724	694	702	680	1113	1077	1182
800	795	756	771	741	1255	1203	1312

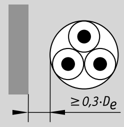
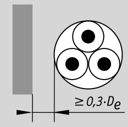
Максимально допустимая температура жилы .... 90°С;
Температура воздуха .... 30°С;
Температура грунта .... 20°С;
Глубина прокладки в грунте .... 0,8 м;
Удельное тепловое сопротивление грунта .... 1,5 К·м/Вт;
Удельное тепловое сопротивление керамических труб .... 1,2 К·м/Вт.
Экраны кабелей соединены на обоих концах линии.

Таблица 2.5 Длительно допустимая токовая нагрузка, А, одножильных кабелей с алюминиевыми жилами

Ном. сечение жилы, мм^2	Кабели проложены непосредственно в грунте		Кабели проложены в отдельных трубах в грунте		Кабели проложены на воздухе		
	треугольником 	в плоскости 	треугольником 	в плоскости 	треугольником 	в плоскости, соприкасающиеся 	в плоскости, на расстоянии 
35	129	134	122	123	154	157	185
50	152	157	144	146	184	189	222
70	186	192	176	178	230	236	278
95	221	229	210	213	280	287	338
120	252	260	240	242	324	332	391
150	281	288	267	271	368	376	440
185	317	324	303	307	424	432	504
240	367	373	351	356	502	511	593
300	414	419	397	402	577	586	677
400	470	466	451	457	673	676	769
500	526	522	505	512	786	785	881
630 (625)	593	584	569	572	907	899	1001
800	664	647	637	634	1041	1024	1132

Максимально допустимая температура жилы .... 90 °С;
Температура воздуха .... 30 °С;
Температура грунта .... 20 °С;
Глубина прокладки в грунте .... 0,8 м;
Удельное тепловое сопротивление грунта .... 1,5 К·м/Вт;
Удельное тепловое сопротивление керамических труб .... 1,2 К·м/Вт.
Экраны кабелей соединены на обоих концах линии.

Таблица 2.6 Длительно допустимая токовая нагрузка, А, трехжильных кабелей с медными жилами, бронированных и небронированных

Ном. сечение жил, мм^2	Небронированные кабели			Бронированные кабели		
	проложенные непосредственно в грунте 	в трубе, проложенной в грунте 	проложенные на воздухе 	проложенные непосредственно в грунте 	в трубе, проложенной в грунте 	проложенные на воздухе 
35	153	133	170	154	134	172
50	181	158	204	181	158	205
70	221	193	253	220	194	253
95	262	231	304	263	232	307
120	298	264	351	298	264	352
150	334	297	398	332	296	397
185	377	336	455	374	335	453
240	434	390	531	431	387	529

Максимально допустимая температура жилы .... 90 °С;
Температура воздуха .... 30 °С;
Температура грунта .... 20 °С;
Глубина прокладки в грунте .... 0,8 м;
Удельное тепловое сопротивление грунта .... 1,5 К·м/Вт;
Удельное тепловое сопротивление керамических труб .... 1,2 К·м/Вт.
Экраны кабелей соединены на обоих концах линии.

Таблица 2.7 Длительно допустимая токовая нагрузка, А, трехжильных кабелей с алюминиевыми жилами, бронированных и небронированных

Ном. сечение жил, мм²	Небронированные кабели			Бронированные кабели		
	проложенные непосредственно в грунте	в трубе, проложенной в грунте	проложенные на воздухе	проложенные непосредственно в грунте	в трубе, проложенной в грунте	проложенные на воздухе
35	119	103	132	119	104	133
50	140	122	158	140	123	159
70	171	150	196	171	150	196
95	203	179	236	204	180	238
120	232	205	273	232	206	274
150	260	231	309	259	231	309
185	294	262	355	293	262	354
240	340	305	415	338	304	415

Максимально допустимая температура жилы .... 90 °C;
Температура воздуха .... 30 °C;
Температура грунта .... 20 °C;
Глубина прокладки в грунте .... 0,8 м;
Удельное тепловое сопротивление грунта .... 1,5 К·м/Вт;
Удельное тепловое сопротивление керамических труб .... 1,2 К·м/Вт.
Экраны кабелей соединены на обоих концах линии.

Номинальное сечение медного экрана, для которого рассчитаны токовые нагрузки:

- для кабелей с сечением жилы от 35 до 120 мм² – 16 мм²;
- от 150 до 300 мм² – 25 мм²;
- 400 мм² и более – 35 мм².

При расчете длительно допустимых токов одножильных кабелей с большим номинальным сечением жилы (более 300 мм²) и номинальным сечением медного экрана, отличающимся от указанного выше, необходимо учитывать поправочный коэффициент, приведенный в таблице 2.22.

2.4.3 При иных, чем приведенные в таблицах 2.4 – 2.7, условиях прокладки, значения длительно допустимых токовых нагрузок должны быть скорректированы умножением на поправочные коэффициенты, указанные в таблицах 2.8 – 2.21.

Таблица 2.8 Поправочные коэффициенты k_1 для температуры окружающего воздуха, иной, чем 30 °C

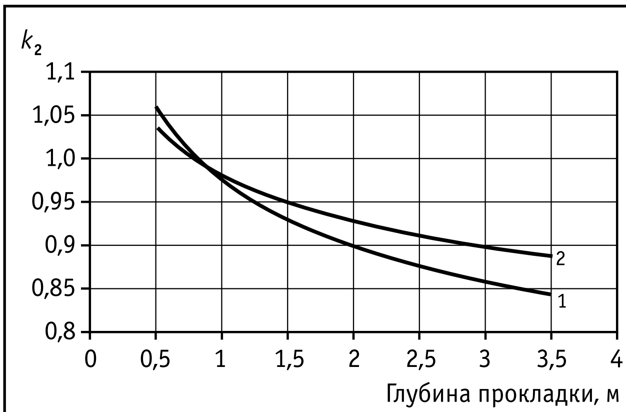
Максимально допустимая температура жилы, °C	Температура окружающего воздуха, °C							
	20	25	35	40	45	50	55	60
90	1,08	1,04	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76	0,71

Таблица 2.9 Поправочные коэффициенты k_1 для температуры грунта, иной, чем 20 °C

Максимально допустимая температура жилы, °C	Температура грунта, °C							
	10	15	25	30	35	40	45	50
90	1,07	1,04	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,76

Таблица 2.10 Поправочные коэффициенты k_2 для глубины прокладки, иной, чем 0,8 м, для кабелей, проложенных непосредственно в грунте

Глубина прокладки, м	Одножильные кабели с номинальным сечением жилы, мм²		Трехжильные кабели
	≤ 185 мм²	> 185 мм²	
0,50	1,04	1,06	1,04
0,60	1,02	1,04	1,03
1,00	0,98	0,97	0,98
1,25	0,96	0,95	0,96
1,50	0,95	0,93	0,95
1,75	0,94	0,91	0,94
2,00	0,93	0,90	0,93
2,50	0,91	0,88	0,91
3,00	0,90	0,86	0,90

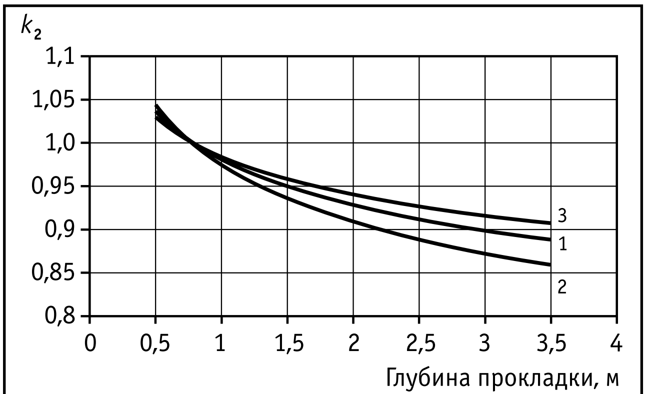


1 – для одножильных кабелей с сечением жилы более 185 мм²;
2 – для одножильных кабелей с сечением жилы до 185 мм² вкл. и трехжильных кабелей

Рисунок 2.1

Таблица 2.11 Поправочные коэффициенты k_2 для глубины прокладки, иной, чем 0,8 м, для кабелей, проложенных в трубах (Рис. 2.2)

Глубина прокладки, м	Одножильные кабели с номинальным сечением жилы, мм²		Трехжильные кабели
	≤ 185 мм²	> 185 мм²	
0,50	1,04	1,05	1,03
0,60	1,02	1,03	1,02
1,00	0,98	0,97	0,99
1,25	0,96	0,95	0,97
1,50	0,95	0,93	0,96
1,75	0,94	0,92	0,95
2,00	0,93	0,91	0,94
2,50	0,91	0,89	0,93
3,00	0,90	0,88	0,92



1 – для одножильных кабелей с сечением жилы до 185 мм² вкл.;
2 – для одножильных кабелей с сечением жилы более 185 мм²;
3 – для трехжильных кабелей.

Рисунок 2.2

Таблица 2.12 Поправочные коэффициенты k_3 для удельных тепловых сопротивлений грунта, иных, чем 1,5 К·м/Вт, для одножильных кабелей, проложенных непосредственно в грунте (Рис. 2.3)

Номинальное сечение жилы, мм²	Удельное тепловое сопротивление грунта, К·м/Вт						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
35	1,30	1,25	1,21	1,16	0,89	0,81	0,75
50	1,32	1,26	1,21	1,16	0,89	0,81	0,74
70	1,33	1,27	1,22	1,17	0,89	0,81	0,74
95	1,34	1,28	1,22	1,18	0,89	0,80	0,74
120	1,34	1,28	1,22	1,18	0,88	0,80	0,74
150	1,35	1,28	1,23	1,18	0,88	0,80	0,74
185	1,35	1,29	1,23	1,18	0,88	0,80	0,74
240	1,36	1,29	1,23	1,18	0,88	0,80	0,73
300	1,36	1,30	1,24	1,19	0,88	0,80	0,73
400	1,37	1,30	1,24	1,19	0,88	0,79	0,73
500	1,38	1,31	1,24	1,19	0,87	0,79	0,73
630 (625)	1,38	1,31	1,25	1,20	0,87	0,79	0,73
800	1,39	1,32	1,25	1,20	0,87	0,79	0,73

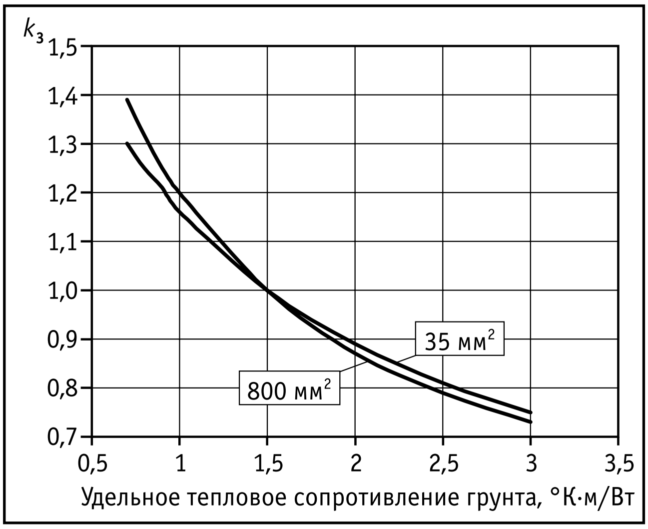


Рисунок 2.3

Таблица 2.13 Поправочные коэффициенты k_3 для удельных тепловых сопротивлений грунта, иных, чем 1,5 К·м/Вт, для одножильных кабелей в трубах, проложенных в грунте (Рис. 2.4)

Номинальное сечение жилы, мм²	Удельное тепловое сопротивление грунта, К·м/Вт						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
35	1,21	1,18	1,15	1,12	0,91	0,84	0,79
50	1,21	1,18	1,15	1,12	0,91	0,84	0,78
70	1,22	1,19	1,15	1,12	0,91	0,84	0,78
95	1,23	1,19	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
120	1,23	1,20	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
150	1,24	1,20	1,16	1,13	0,91	0,83	0,78
185	1,24	1,20	1,17	1,13	0,91	0,83	0,78
240	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77
300	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77
400	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77
500	1,26	1,22	1,18	1,14	0,9	0,82	0,77
630 (625)	1,26	1,22	1,18	1,14	0,9	0,82	0,77
800	1,27	1,22	1,18	1,15	0,9	0,82	0,77

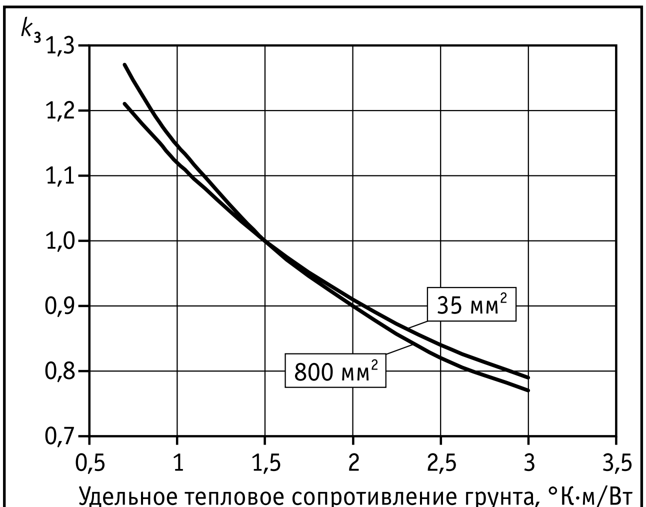


Рисунок 2.4

Таблица 2.14 Поправочные коэффициенты k_3 для удельных тепловых сопротивлений грунта, иных, чем 1,5 K·м/Вт, для трехжильных кабелей, проложенных непосредственно в грунте (Рис. 2.5)

Номинальное сечение жилы, мм²	Удельное тепловое сопротивление грунта, K·м/Вт						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
35	1,25	1,21	1,17	1,13	0,91	0,83	0,78
50	1,25	1,21	1,17	1,14	0,91	0,83	0,77
70	1,26	1,21	1,18	1,14	0,90	0,83	0,77
95	1,26	1,22	1,18	1,14	0,90	0,83	0,77
120	1,26	1,22	1,18	1,14	0,90	0,83	0,77
150	1,27	1,22	1,18	1,15	0,90	0,83	0,77
185	1,27	1,23	1,18	1,15	0,90	0,83	0,77
240	1,28	1,23	1,19	1,15	0,90	0,83	0,77

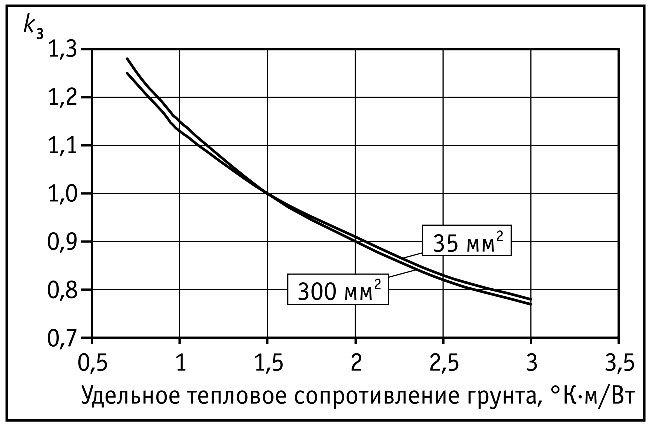


Рисунок 2.5

Таблица 2.15 Поправочные коэффициенты k_3 для удельных тепловых сопротивлений грунта, иных, чем 1,5 K·м/Вт, для трехжильных кабелей в трубах, проложенных в грунте (Рис. 2.6)

Номинальное сечение жилы, мм²	Удельное тепловое сопротивление грунта, K·м/Вт						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
35	1,14	1,12	1,10	1,08	0,94	0,88	0,84
50	1,14	1,12	1,10	1,08	0,94	0,88	0,84
70	1,15	1,13	1,11	1,09	0,94	0,88	0,83
95	1,15	1,13	1,11	1,09	0,94	0,88	0,83
120	1,15	1,13	1,11	1,09	0,93	0,88	0,83
150	1,16	1,13	1,11	1,09	0,93	0,88	0,83
185	1,16	1,14	1,11	1,09	0,93	0,87	0,83
240	1,16	1,14	1,12	1,10	0,93	0,87	0,82

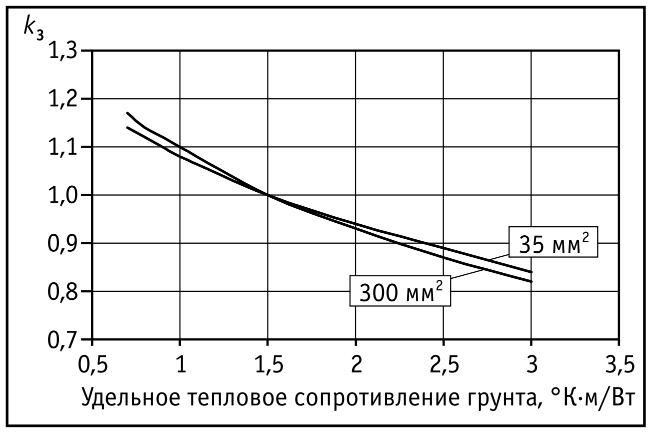


Рисунок 2.6

Примечание. Удельное термическое сопротивление окружающей среды (ориентировочно):
- *проточной воды .... 0 K·м/Вт*;*
- *при прокладке по дну водоемов .... 0,40 – 0,50 K·м/Вт**;*
- *песок влажностью более 9 %, песчано-глинистая почва влажностью более 14 %............................ 0,80 K·м/Вт***;*
- *песок влажностью 7-9 %, песчано-глинистая почва влажностью 12-14% .... 1,20 K·м/Вт***;*
- *песок влажностью более 4 и менее 7%, песчано-глинистая почва влажностью 8-12% .... 1,80 K·м/Вт***;*
- *песок влажностью до 4%, каменистая почва ... 3,00 K·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*

Таблица 2.16 Поправочные коэффициенты k_4 для групп трехжильных кабелей, проложенных горизонтально непосредственно в грунте (Рис. 2.7)

Число кабелей в группе	Расстояние между центрами кабелей, мм				
	соприкасающиеся	200	400	600	800
2	0,80	0,86	0,90	0,92	0,94
3	0,69	0,77	0,82	0,86	0,89
4	0,62	0,72	0,79	0,83	0,87
5	0,57	0,68	0,76	0,81	0,85
6	0,54	0,65	0,74	0,80	0,84
7	0,51	0,63	0,72	0,78	0,83
8	0,49	0,61	0,71	0,78	-
9	0,47	0,60	0,70	0,77	-
10	0,46	0,59	0,69	-	-
11	0,45	0,57	0,69	-	-
12	0,43	0,56	0,68	-	-

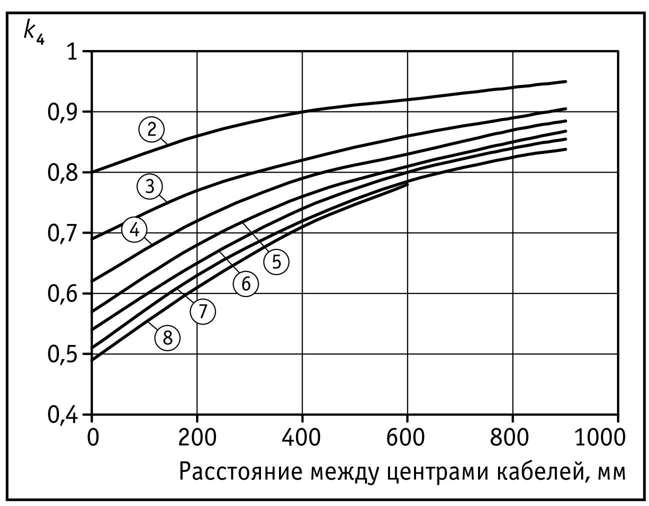


Рисунок 2.7

Таблица 2.17 Поправочные коэффициенты k_4 для групп трехфазных цепей одножильных кабелей, проложенных непосредственно в грунте (Рис. 2.8)

Число кабелей в группе	Расстояние между центрами кабелей, мм				
	соприкасающиеся	200	400	600	800
2	0,73	0,83	0,88	0,90	0,92
3	0,60	0,73	0,79	0,83	0,86
4	0,54	0,68	0,75	0,80	0,84
5	0,49	0,63	0,72	0,78	0,82
6	0,46	0,61	0,70	0,76	0,81
7	0,43	0,58	0,68	0,75	0,80
8	0,41	0,57	0,67	0,74	-
9	0,39	0,55	0,66	0,73	-
10	0,37	0,54	0,65	-	-
11	0,36	0,53	0,64	-	-
12	0,35	0,52	0,64	-	-

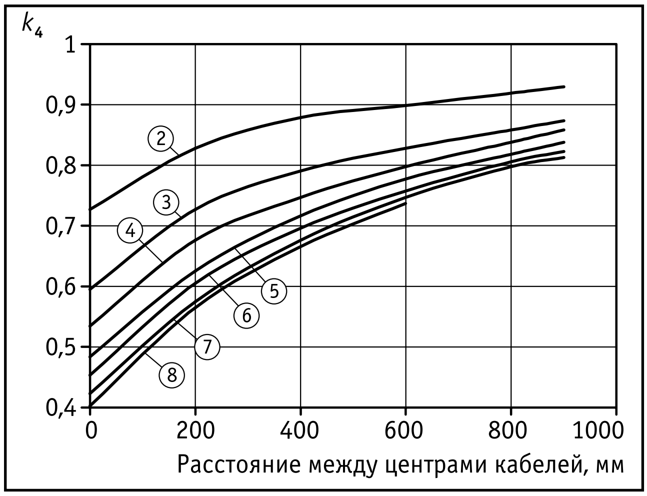


Рисунок 2.8

Таблица 2.18 Поправочные коэффициенты k_4 для групп трехжильных кабелей, проложенных горизонтально в трубах, каждый кабель в отдельной трубе (Рис. 2.9)

Число кабелей в группе	Расстояние между центрами труб, мм				
	соприкасающиеся	200	400	600	800
2	0,85	0,88	0,92	0,94	0,95
3	0,75	0,80	0,85	0,88	0,91
4	0,69	0,75	0,82	0,86	0,89
5	0,65	0,72	0,79	0,84	0,87
6	0,62	0,69	0,77	0,83	0,87
7	0,59	0,67	0,76	0,82	0,86
8	0,57	0,65	0,75	0,81	-
9	0,55	0,64	0,74	0,80	-
10	0,54	0,63	0,73	-	-
11	0,52	0,62	0,73	-	-
12	0,51	0,61	0,72	-	-

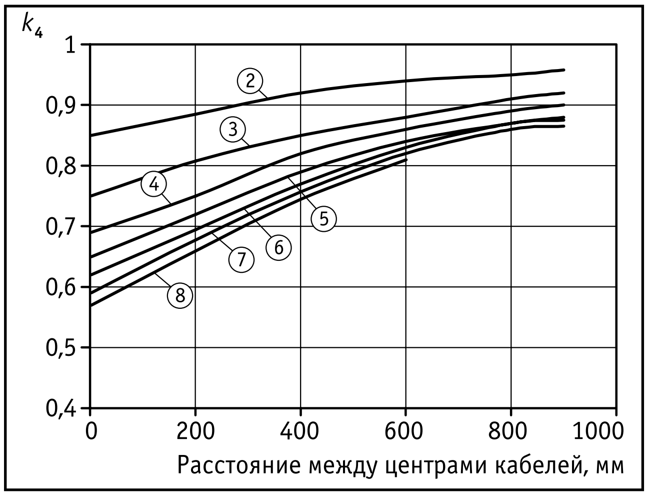


Рисунок 2.9

Таблица 2.19 Поправочные коэффициенты k_4 для групп трехфазных цепей одножильных кабелей, проложенных в трубах, каждый кабель в отдельной трубе (Рис. 2.10)

Число кабелей в группе	Расстояние между центрами труб в группе, мм				
	соприкасающиеся	200	400	600	800
2	0,78	0,85	0,89	0,91	0,93
3	0,66	0,75	0,81	0,85	0,88
4	0,59	0,70	0,77	0,82	0,86
5	0,55	0,66	0,74	0,80	0,84
6	0,51	0,64	0,72	0,78	0,83
7	0,48	0,61	0,71	0,77	0,82
8	0,46	0,60	0,70	0,76	-
9	0,44	0,58	0,69	0,76	-
10	0,43	0,57	0,68	-	-
11	0,42	0,56	0,67	-	-
12	0,40	0,55	0,67	-	-

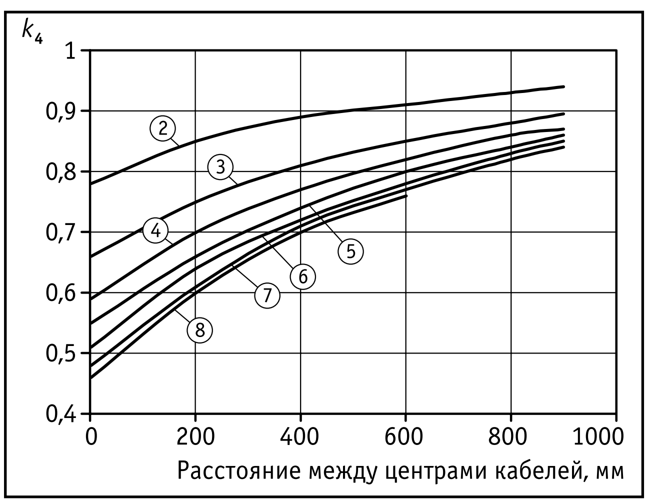
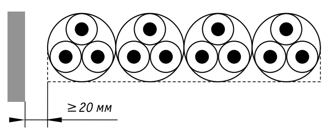
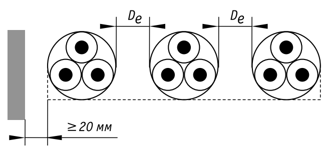
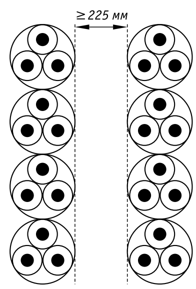
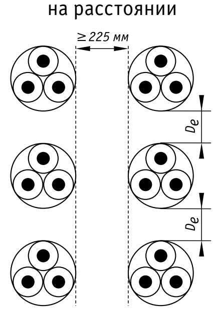
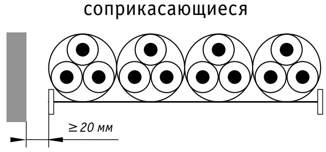
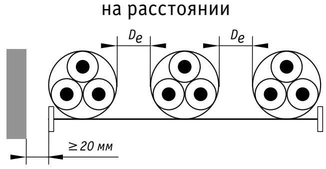


Рисунок 2.10

Примечание. При определении коэффициента k_4 резервные кабели не учитываются.

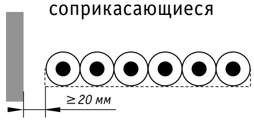
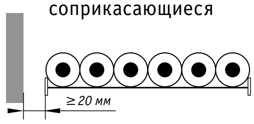
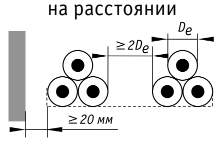
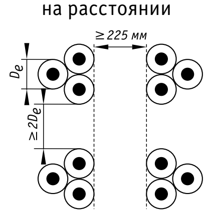
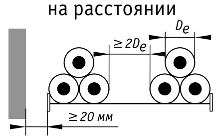
Таблица 2.20 Коэффициенты снижения нагрузки k_5 для групп, состоящих из более чем одного кабеля и проложенных на воздухе (относятся к току одного многожильного кабеля, проложенного на воздухе)

Способ прокладки		Количество поддонов	Количество кабелей 1	2	3	4	6	9
Кабели на перфорированных поддонах	соприкасающиеся 	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73
		2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
		3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66
	на расстоянии 	1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	-
		2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	-
		3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	-
Кабели на вертикальных перфорированных поддонах	соприкасающиеся 	1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72
		2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
	на расстоянии 	1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	-
		2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	-
Кабели на опорах лестничного типа, клицах	соприкасающиеся 	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
		2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
		3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70
	на расстоянии 	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
		2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	-
		3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	-

Примечания:

1. *Приведенные значения являются средними значениями для рассматриваемых типов кабелей и диапазона сечений жил. Разброс значений в целом менее 5 %.*
2. *Коэффициенты относятся к группам кабелей, расположенных одним слоем, как показано выше, и не распространяются на кабели, проложенные несколькими слоями, соприкасающимися друг с другом. Для таких видов прокладки значения могут быть значительно ниже и должны быть определены соответствующим методом.*
3. *Значения даны для расстояния по вертикали между поддонами 300 мм и не менее 20 мм между поддонами и стеной. Для меньших расстояний коэффициенты должны быть снижены (в соответствии с рекомендациями МЭК 60287, ч. 2).*
4. *Значения даны для расстояния по горизонтали между поддонами 225 мм, поддоны смонтированы задними стенками друг к другу. Для меньших расстояний коэффициенты должны быть снижены (в соответствии с рекомендациями МЭК 60287, ч. 2).*

Таблица 2.21 Коэффициенты снижения нагрузки k_5 для групп, состоящих из более чем одной цепи одножильных кабелей (прим.2) (относятся к току одной цепи одножильных кабелей, проложенных на воздухе)

Способ прокладки		Количество поддонов	Количество групп кабелей			Использовать как коэффициент для номинального тока
			1	2	3	
Перфорированные поддоны (прим.3)	соприкасающиеся 	1	0,98	0,91	0,87	трех кабелей, расположенных в плоскости
		2	0,96	0,87	0,81	
		3	0,95	0,85	0,78	
Опоры лестничного типа, клицы и т.п.	соприкасающиеся 	1	1,00	0,97	0,96	
		2	0,98	0,93	0,89	
		3	0,97	0,90	0,86	
Перфорированные поддоны (прим.3)	на расстоянии 	1	1,00	0,98	0,96	трех кабелей, расположенных треугольником
		2	0,97	0,93	0,89	
		3	0,96	0,92	0,86	
Вертикальные перфорированные поддоны (прим.4)	на расстоянии 	1	1,00	0,91	0,89	
		2	1,00	0,90	0,86	
Опоры лестничного типа, клицы и т.п. (прим.3)	на расстоянии 	1	1,00	1,00	1,00	
		2	0,97	0,95	0,93	
		3	0,96	0,94	0,90	

Примечания:

1. Приведенные значения являются средними значениями для рассматриваемых типов кабелей и диапазона сечений жил. Разброс значений в целом менее 5 %.

2. Коэффициенты относятся к группам кабелей, расположенных одним слоем (или для групп кабелей, расположенных треугольником), как показано выше, и не распространяются на кабели, проложенные несколькими слоями, соприкасающимися друг с другом. Для таких видов прокладки значения могут быть значительно ниже и должны быть определены соответствующим методом.

3. Значения даны для расстояния по вертикали между поддонами 300 мм. Для меньших расстояний коэффициенты должны быть снижены (в соответствии с рекомендациями МЭК 60287, ч. 2).

4. Значения даны для расстояния по горизонтали между поддонами 225 мм, поддоны смонтированы задними стенками друг к другу. Для меньших расстояний коэффициенты должны быть снижены (в соответствии с рекомендациями МЭК 60287, ч. 2).

5. Для данной таблицы для цепей, имеющих более одного кабеля, подключенного на фазу, каждый трехфазный комплект токопроводящих жил нужно рассматривать как цепь.

6. Для групп кабелей, расположенных на расстоянии друг от друга должны быть применены поправочные коэффициенты, указанные в Приложении В.

Таблица 2.22 Поправочные коэффициенты k_6 для различных сечений медного экрана одножильных кабелей

Номинальное сечение медного экрана, мм²	Поправочный коэффициент k_6									
	для кабеля с алюминиевой жилой сечением, мм²					для кабеля с медной жилой сечением, мм²				
	300	400	500	630 (625)	800	300	400	500	630 (625)	800
25	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
35	0,99	1	1	1	1	0,99	1	1	1	1
50	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	0,98
70	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96
95	0,96	0,97	0,97	0,97	0,96	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94
120	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,96	0,96	0,95	0,93	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.

На рис. 2.11, 2.12 приведены перегрузочные кривые (зависимости допустимой длительности перегрузки от ее кратности) при первоначальном включении одножильного и трехжильного кабеля (т.е. при первоначальном перегреве $\tau_1=0$), полученные по формуле:

$$\frac{I}{I_{ном}} = \frac{1}{\sqrt{1-e^{-t_{пер}/\beta}}}, \qquad (2.3)$$

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. таблицы 2.23, 2.24).

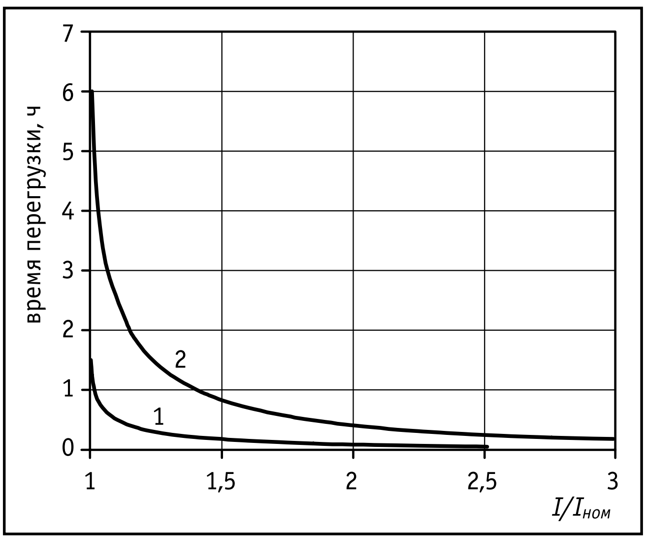


Рисунок 2.11 Перегрузочная кривая при первоначальном включении одножильного кабеля:

1 – для сечения жилы 35 мм²;
2 – для сечения жилы 800 мм²

Таблица 2.23

Номинальное сечение жилы, мм²	β, ч, для одножильных кабелей:	
	с медной жилой	с алюминиевой жилой
35	0,31	0,30
50	0,34	0,32
70	0,38	0,35
95	0,42	0,38
120	0,47	0,42
150	0,51	0,45
185	0,57	0,50
240	0,65	0,55
300	0,75	0,64
400	0,87	0,74
500	1,02	0,85
630 (625)	1,20	0,99
800	1,42	1,16

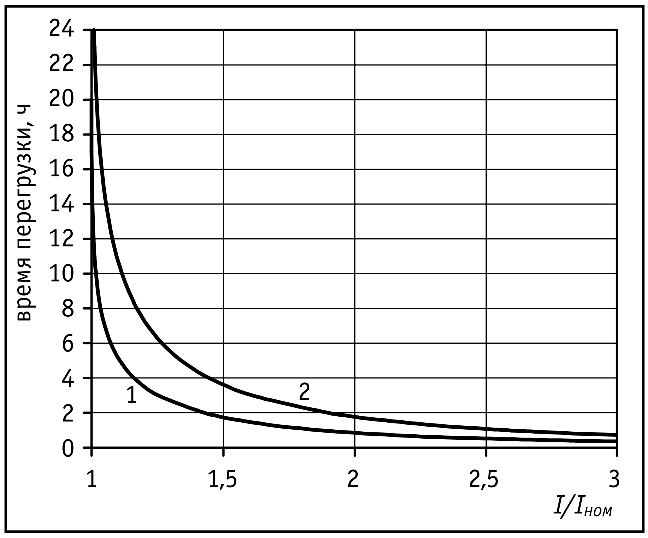


Рисунок 2.12 Перегрузочная кривая при первоначальном включении трехжильного кабеля:
1 – для сечения жил 35 мм²; 2 – для сечения жил 240 мм²

Таблица 2.24

Номинальное сечение жилы, мм²	β, ч, для трехжильных кабелей:	
	с медными жилами	с алюминиевыми жилами
35	3,15	3,05
50	3,36	3,23
70	3,66	3,47
95	4,01	3,77
120	4,30	4,02
150	4,69	4,35
185	5,08	4,69
240	5,61	5,13

Допустимая кратность перегрузки $I/I_{ном}$ кабеля, предварительно нагретого током $I_0 = m_0 \cdot I_{ном}$, рассчитывается по формуле:

$$\frac{I}{I_{ном}} = \sqrt{\frac{1-m_0 e^{-t_{пер}/\beta}}{1-e^{-t_{пер}/\beta}}}. \qquad (2.4)$$

На рисунке 2.13 приведен пример расчета допустимой кратности перегрузки по формуле 2.4 для трехжильного кабеля с медными жилами сечением 240 мм² при времени перегрузки 0,5; 1; 1,5; 2 и 3 ч.

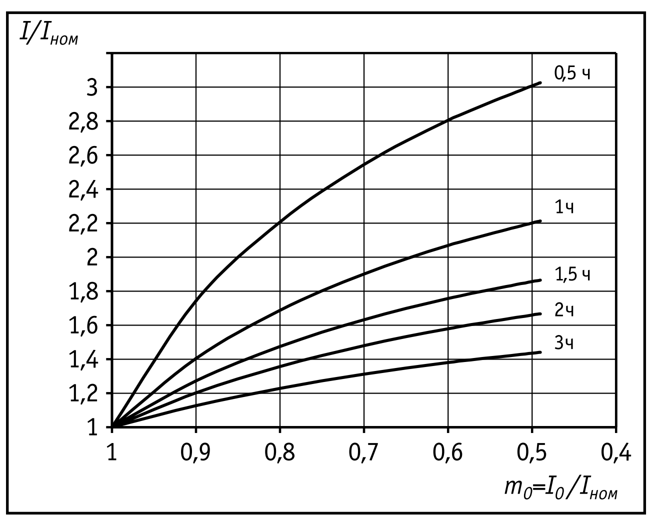


Рисунок 2.13

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 2.14 приведен пример суточной кривой потребления электроэнергии (в процентах от максимального значения).

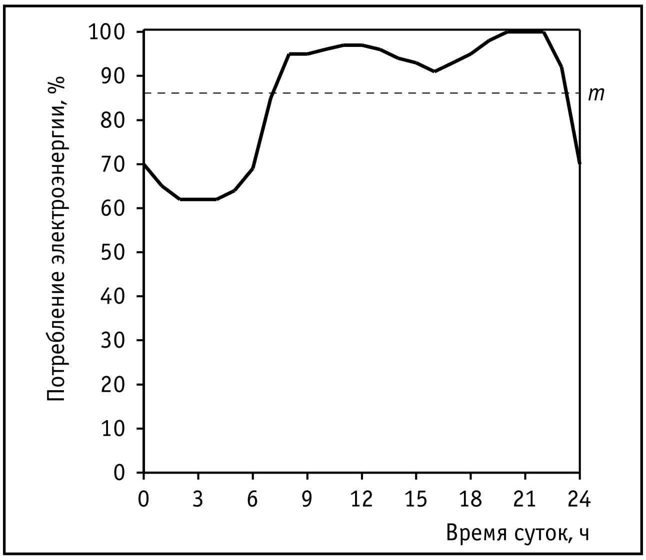


Рисунок 2.14 Суточная кривая потребления электроэнергии

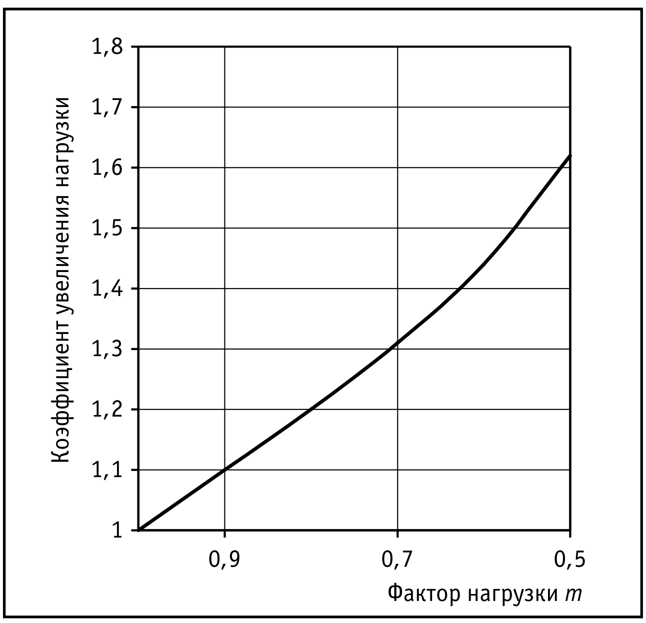


Рисунок 2.15 Расчет коэффициента увеличения нагрузки

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 2.15). Фактор нагрузки *m* рассчитывается как отношение площади под кривой потребления электроэнергии, к площади прямоугольника 100%·24 ч (для примера, приведенного на рис. 2.14, *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 2.25, 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 2.26).

Допустимые токи односекундного короткого замыкания по медному экрану, рассчитанные исходя из конечной температуры экрана 350 °С, приведены в таблице 2.27.

Для продолжительности короткого замыкания, отличающейся от 1 с, значения допустимого тока короткого замыкания по жиле или экрану необходимо умножить на поправочный коэффициент: $k = 1/\sqrt{t}$, где t — продолжительность короткого замыкания, с.

Таблица 2.25 Допустимые токи короткого замыкания по жиле

Материал жилы	Допустимый ток короткого замыкания по жиле, кА, (при длительности к.з. 1 с), для кабелей с номинальным сечением жилы, мм²												
	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630 (625)	800
алюминий	3,3	4,7	6,6	8,9	11,3	14,2	17,5	22,7	28,2	37,6	47,0	59,0	75,2
медь	5,0	7,2	10,0	13,6	17,2	21,5	26,5	34,3	42,9	57,2	71,5	90,1	114,4

Таблица 2.26 Расчетные плотности токов короткого замыкания

Материал жилы	Расчетная плотность тока короткого замыкания, А/мм², (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 2.27 Допустимые односекундные токи короткого замыкания экрана

Сечение медного экрана, мм²	16	25	35	50	70	95	120
Допустимый односекундный ток короткого замыкания экрана, кА	3,3	5,1	7,1	10,2	14,2	19,3	24,4

2.4.6 Пример выбора номинального сечения токопроводящей жилы кабеля и экрана

Исходные данные: Обеспечить питание двух трансформаторов ТМ-4000/10 от подстанции. Линия состоит из двух групп одножильных кабелей АПвЭгП, группы могут быть расположены треугольником или в плоскости. Линия прокладывается в грунте (в траншее) и по территории предприятия по эстакаде. Расстояние между группами кабелей в траншее 200 мм, а на эстакаде равно диаметру группы кабелей, связанных в треугольник. Линия имеет участок перехода в трубах длиной 20 м, проложенных в земле, каждый кабель в отдельной трубе. Расчетная температура воздуха 30 °С, грунта 20 °С. Глубина прокладки в земле 1 м, удельное тепловое сопротивление грунта 1 К·м/Вт.

Релейная защита отключает ток короткого замыкания через 0,2 с, величина тока короткого замыкания 24 кА.

Решение:

Расчетный ток кабельной линии в режиме допустимой перегрузки трансформатора на 40 % составит:

$$I_p = \frac{1{,}4 \cdot 4000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 323{,}3 \text{ [A]}$$

Необходимо выбрать номинальное сечение жилы кабеля, допустимый ток для которого не менее 324 А.

Для кабелей, проложенных в земле:

а) для способа прокладки треугольником:

В таблице 2.5 указан допустимый ток в земле 367 А, которому соответствует номинальное сечение алюминиевой жилы 240 мм^2.

Допустимый ток для заданных условий прокладки кабеля в траншее рассчитывается при помощи поправочных коэффициентов k_2=0,97 (табл. 2.10), k_3=1,18 (табл. 2.12), k_4=0,83 (табл. 2.17)

$$I_{\text{доп1}}=367 \cdot 0{,}97 \cdot 1{,}18 \cdot 0{,}83=348{,}7 \text{ А},$$

т.е. сечения жилы 240 мм^2 при выбранных условиях прокладки достаточно.

б) для прокладки в плоскости:

Допустимый ток для номинального сечения жилы 240 мм^2 в земле 373 А.

Допустимый ток для заданных условий прокладки кабеля в траншее определяется с учетом коэффициентов k_2=0,97 (табл. 2.10), k_3=1,18 (табл. 2.12), k_4=0,83 (табл. 2.17)

$$I_{\text{доп2}}=373 \cdot 0{,}97 \cdot 1{,}18 \cdot 0{,}83=354{,}4 \text{ А}.$$

в) для участка кабеля, проложенного в отдельных трубах:

Допустимый ток составляет 351 А; поправочные коэффициенты k_2=0,97 (табл. 2.11), k_3=1,14 (табл. 2.13), k_4=0,85 (табл. 2.19)

$$I_{\text{доп3}}=351 \cdot 0{,}97 \cdot 1{,}14 \cdot 0{,}85=329{,}9 \text{ А}.$$

Для кабеля, проложенного на воздухе (на эстакаде):

допустимый ток составляет 502 А, поправочный коэффициент k_5=1,00 (табл. 2.21)

$$I_{\text{доп4}}=502 \cdot 1{,}00=502 \text{ А}.$$

Таким образом, выбранное номинальное сечение 240 мм^2 обеспечивает пропускную способность линии на всей длине трассы при выбранных видах прокладки.

Допустимый односекундный ток короткого замыкания для выбранного сечения жилы кабеля 22,7 кА (табл.2.25); соответствующий допустимый ток короткого замыкания продолжительностью 0,2 с составит

$$I_{к.з.} = \frac{22{,}7}{\sqrt{0{,}2}} = 50{,}8 \text{ кА},$$

т.е. больше требуемого тока 24 кА.

Из табл.2.27 выбираем сечение медного экрана 70 мм^2; при длительности короткого замыкания 0,2 с допустимый ток короткого замыкания по экрану составит:

$$I_{к.з.э} = \frac{14{,}2}{\sqrt{0{,}2}} = 31{,}8 \text{ кА}.$$

Таким образом, при указанных исходных данных выбран кабель АПвЭгП-10 1х240/70.

2.5 СПОСОБЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭКРАНОВ ОДНОЖИЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ И ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

1. Заземление экрана на двух концах кабельной линии

Экраны соединяются и заземляются на обоих концах кабельной линии (рис. 2.16). Потери энергии в экране при таком способе заземления обусловлены токами, циркулирующими по экрану. Эти потери меньше при прокладке кабелей треугольником, чем в плоскости. При прокладке кабелей в плоскости потери в экране можно уменьшить путем регулярной транспозиции кабелей (рис. 2.17) 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.

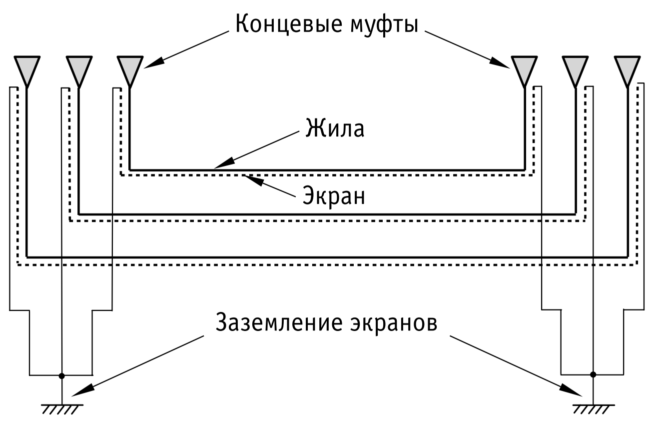


Рисунок 2.16 Заземление экрана на двух концах кабельной линии

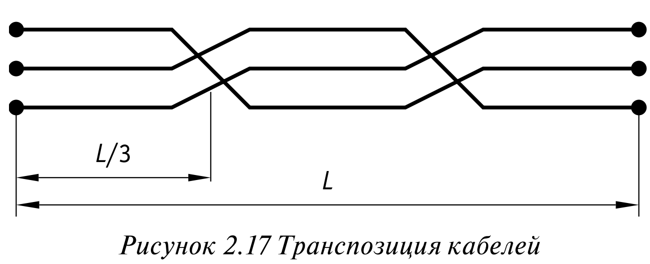


Рисунок 2.17 Транспозиция кабелей

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. 2.18). 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 повысить длительно допустимые токовые нагрузки кабелей (рис. 2.20). Длина кабельной линии при таком способе заземления ограничивается допустимой величиной напряжения на экране (ДБН В.2.5-27-2006).

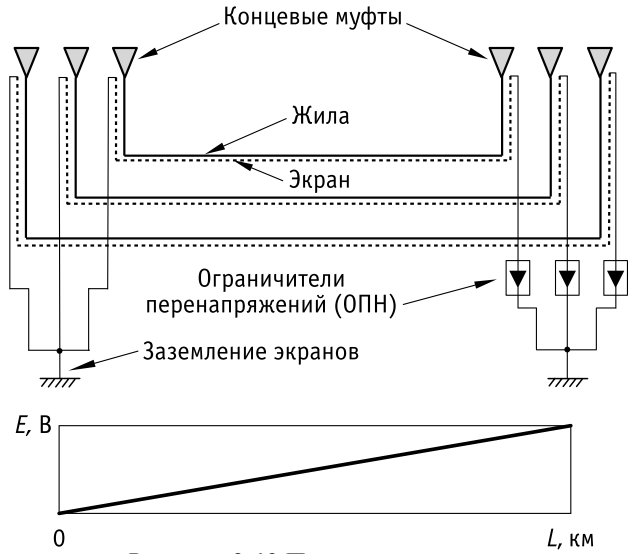


Рисунок 2.18 Пример заземления экрана на одном конце кабельной линии

3. Поперечное соединение 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. 2.19). В этом случае максимальное напряжение наводится у соединительных коробок, потери в экране обусловлены только вихревыми токами. Длительно допустимые токи можно повысить так же, как и при заземлении по способу 2 (рис. 2.20), но длина кабельной линии не ограничивается. При этом способе заземления необходима установка дополнительного оборудования (экранно-разделительных муфт и соединительных коробок).

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.

Защита оболочек кабелей от перенапряжения осуществляется с помощью ограничителей перенапряжения (ОПН), включенных между оболочкой и землей (рис. 2.18, 2.19).

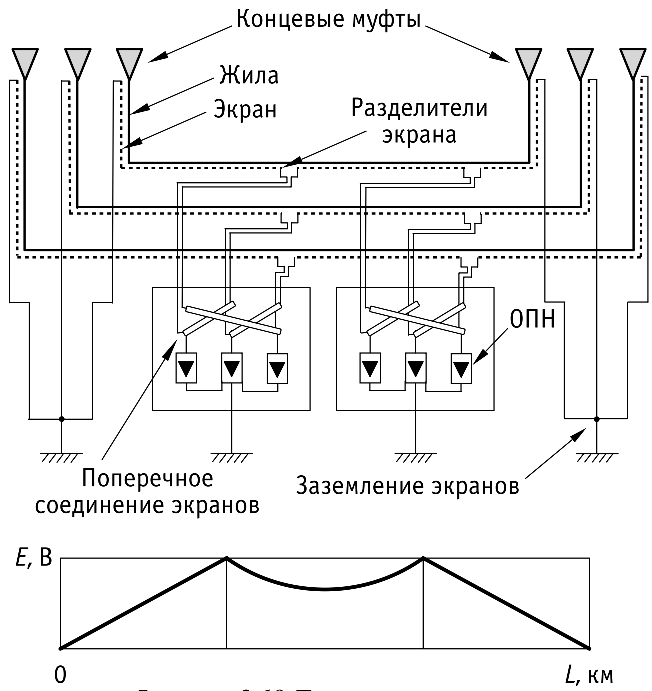
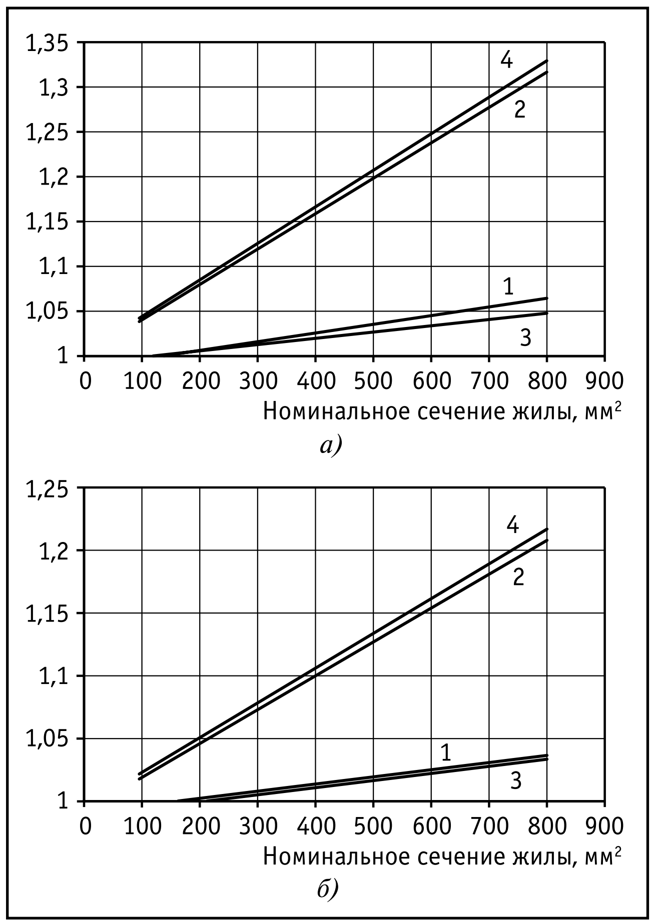


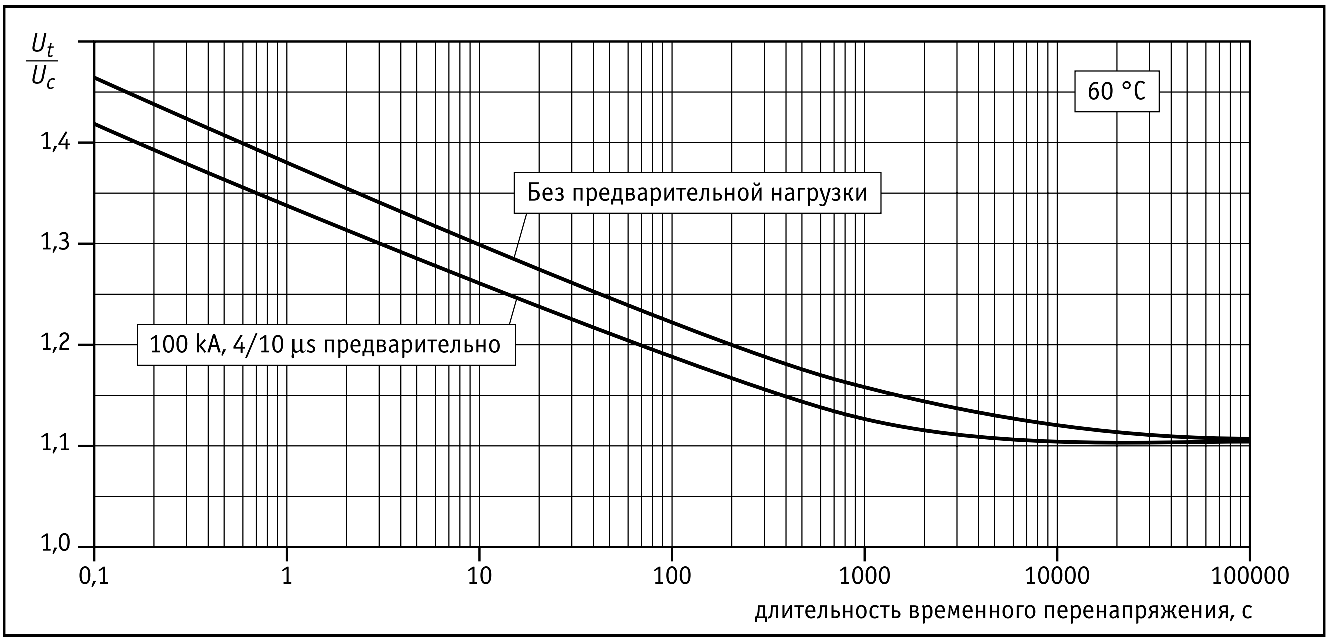
Рисунок 2.19 Пример поперечного соединения экранов (cross-bonding)



1 – кабели проложены в земле треугольником;
2 – кабели проложены в воздухе треугольником;
3 – кабели проложены в земле в плоскости;
4 – кабели проложены в воздухе в плоскости

Рисунок 2.20 Коэффициент увеличения длительно допустимой токовой нагрузки одножильных кабелей:
а) для кабелей с медной жилой;
б) для кабелей с алюминиевой жилой

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 Tyco Electronics приведен на рис. 2.21.



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

Рисунок 2.21 Кривые допустимого временного перенапряжения ОПН

2.6 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАБЕЛЕЙ

Таблица 2.28 Сопротивление жил и проволочных экранов кабелей постоянному току при 20 °С

Номинальное сечение жилы (экрана), мм²	Сопротивление, Ом/км, не более, для жилы (экрана)	
	из алюминия	из меди
16	-	1,15
25	-	0,727
35	0,868	0,524
50	0,641	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
400	0,0778	0,0470
500	0,0605	0,0366
630(625)	0,0469	0,0283
800	0,0367	0,0221

Таблица 2.29 Сопротивление жил и проволочных экранов кабелей переменному току частотой 50 Гц при 90°С

Номинальное сечение жилы (экрана), мм²	Сопротивление, Ом/км, не более, для жилы (экрана)	
	из алюминия	из меди
16	-	1,410
25	-	0,927
35	1,113	0,668
50	0,822	0,494
70	0,568	0,342
95	0,411	0,246
120	0,325	0,196
150	0,264	0,159
185	0,211	0,127
240	0,161	0,097
300	0,129	0,078
400	0,101	0,061
500	0,079	0,048
630(625)	0,062	0,038
800	0,049	0,031

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 2.30 Индуктивность одножильных кабелей

Номинальное сечение жилы, мм^2	Индуктивность, мГн/км, кабелей на номинальное напряжение, кВ											
	6		10		15		20		30		35	
	●●●	∴	●●●	∴	●●●	∴	●●●	∴	●●●	∴	●●●	∴
35	0,604	0,448	0,620	0,465	0,637	0,485	0,652	0,501	—	—	—	—
50	0,578	0,421	0,594	0,437	0,611	0,456	0,625	0,472	0,657	0,506	0,669	0,518
70	0,552	0,391	0,567	0,407	0,583	0,426	0,597	0,441	0,628	0,474	0,639	0,486
95	0,533	0,370	0,547	0,386	0,563	0,403	0,576	0,418	0,606	0,451	0,617	0,462
120	0,508	0,342	0,521	0,357	0,536	0,373	0,549	0,387	0,577	0,419	0,587	0,430
150	0,497	0,329	0,509	0,343	0,524	0,359	0,536	0,373	0,563	0,404	0,573	0,415
185	0,482	0,312	0,494	0,325	0,508	0,341	0,519	0,354	0,545	0,384	0,555	0,395
240	0,469	0,296	0,479	0,308	0,492	0,323	0,503	0,336	0,528	0,365	0,537	0,375
300	0,461	0,286	0,468	0,294	0,480	0,309	0,490	0,321	0,514	0,349	0,523	0,359
400	0,451	0,275	0,455	0,280	0,467	0,294	0,477	0,305	0,500	0,332	0,508	0,342
500	0,440	0,261	0,442	0,264	0,453	0,277	0,462	0,288	0,484	0,314	0,492	0,323
630 (625)	0,427	0,245	0,429	0,247	0,439	0,260	0,447	0,270	0,467	0,294	0,475	0,303
800	0,418	0,234	0,420	0,236	0,429	0,248	0,437	0,258	0,456	0,281	0,463	0,289

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

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

Таблица 2.31 Индуктивное сопротивление одножильных кабелей

Номинальное сечение жилы, мм^2	Реактивное индуктивное сопротивление, Ом/км, кабелей на номинальное напряжение, кВ											
	6		10		15		20		30		35	
	●●●	∴	●●●	∴	●●●	∴	●●●	∴	●●●	∴	●●●	∴
35	0,190	0,141	0,195	0,146	0,200	0,152	0,205	0,157	–	–	–	–
50	0,182	0,132	0,187	0,137	0,192	0,143	0,196	0,148	0,206	0,159	0,210	0,163
70	0,173	0,123	0,178	0,128	0,183	0,134	0,188	0,139	0,197	0,149	0,201	0,153
95	0,167	0,116	0,172	0,121	0,177	0,127	0,181	0,131	0,190	0,142	0,194	0,145
120	0,160	0,107	0,164	0,112	0,168	0,117	0,172	0,122	0,181	0,132	0,184	0,135
150	0,156	0,103	0,160	0,108	0,165	0,113	0,168	0,117	0,177	0,127	0,180	0,130
185	0,151	0,098	0,155	0,102	0,160	0,107	0,163	0,111	0,171	0,121	0,174	0,124
240	0,147	0,093	0,150	0,097	0,155	0,101	0,158	0,106	0,166	0,115	0,169	0,118
300	0,145	0,090	0,147	0,092	0,151	0,097	0,154	0,101	0,161	0,110	0,164	0,113
400	0,142	0,086	0,143	0,088	0,147	0,092	0,150	0,096	0,157	0,104	0,160	0,107
500	0,138	0,082	0,139	0,083	0,142	0,087	0,145	0,090	0,152	0,099	0,155	0,101
630 (625)	0,134	0,077	0,135	0,078	0,138	0,082	0,140	0,085	0,147	0,092	0,149	0,095
800	0,131	0,074	0,132	0,074	0,135	0,078	0,137	0,081	0,143	0,088	0,145	0,091

Таблица 2.32 Индуктивность фазы трехжильного кабеля

Номинальное сечение жилы, мм^2	Индуктивность, мГн/км, фазы трехжильного кабеля на номинальное напряжение, кВ					
	6	10	15	20	30	35
35	0,382	0,406	0,431	0,452	–	–
50	0,357	0,380	0,404	0,424	0,467	0,482
70	0,331	0,352	0,376	0,395	0,436	0,451
95	0,312	0,333	0,355	0,374	0,414	0,428
120	0,287	0,307	0,328	0,345	0,383	0,397
150	0,276	0,294	0,315	0,332	0,369	0,382
185	0,261	0,279	0,299	0,315	0,350	0,363
240	0,249	0,264	0,282	0,298	–	–

Таблица 2.33 Индуктивное сопротивление фазы трехжильного кабеля

Номинальное сечение жилы, мм^2	Индуктивное сопротивление, Ом/км, фазы трехжильного кабеля на номинальное напряжение, кВ					
	6	10	15	20	30	35
25	0,128	0,135	0,144	–	–	–
35	0,120	0,128	0,135	0,142	–	–
50	0,112	0,119	0,127	0,133	0,147	0,151
70	0,104	0,111	0,118	0,124	0,137	0,142
95	0,098	0,105	0,112	0,117	0,130	0,134
120	0,090	0,096	0,103	0,108	0,120	0,125
150	0,087	0,092	0,099	0,104	0,116	0,120
185	0,082	0,088	0,094	0,099	0,110	0,114
240	0,078	0,083	0,089	0,094	–	–

Таблица 2.34 Емкостные характеристики кабельных линий

Номинальное напряжение, кВ	Номинальное сечение жилы, мм^2	Емкость фазы, мкФ/км	Реактивное емкостное сопротивление фазы, кОм/км	Ток заряда на фазу, А/км
6	35	0,285	11,17	0,32
	50	0,321	9,92	0,36
	70	0,366	8,70	0,41
	95	0,407	7,82	0,46
	120	0,450	7,07	0,51
	150	0,487	6,54	0,55
	185	0,541	5,88	0,61
	240	0,572	5,56	0,65
	300	0,588	5,41	0,67
	400	0,622	5,12	0,70
	500	0,656	4,85	0,74
	630 (625)	0,718	4,43	0,81
	800	0,802	3,97	0,91
10	35	0,225	14,15	0,42
	50	0,251	12,68	0,47
	70	0,285	11,17	0,54
	95	0,315	10,11	0,59
	120	0,347	9,17	0,65
	150	0,374	8,51	0,70
	185	0,414	7,69	0,78
	240	0,452	7,04	0,85
	300	0,495	6,43	0,93
	400	0,556	5,72	1,05
	500	0,621	5,13	1,17
	630 (625)	0,680	4,68	1,28
	800	0,759	4,19	1,43
15	35	0,183	17,39	0,50
	50	0,203	15,68	0,55
	70	0,229	13,90	0,63
	95	0,252	12,63	0,69
	120	0,276	11,53	0,75
	150	0,297	10,72	0,81
	185	0,327	9,73	0,89
	240	0,356	8,94	0,97
	300	0,389	8,18	1,06
	400	0,435	7,32	1,19
	500	0,484	6,58	1,32
	630 (625)	0,529	6,02	1,45
	800	0,588	5,41	1,61
20	35	0,159	20,02	0,60
	50	0,176	18,09	0,66
	70	0,197	16,16	0,74
	95	0,216	14,74	0,81
	120	0,236	13,49	0,89
	150	0,253	12,58	0,95
	185	0,278	11,45	1,05
	240	0,302	10,54	1,14
	300	0,329	9,68	1,24
	400	0,367	8,67	1,38
	500	0,407	7,82	1,53
	630 (625)	0,444	7,17	1,67
	800	0,493	6,46	1,86
30	50	0,137	23,23	0,77
	70	0,152	20,94	0,86
	95	0,165	19,29	0,93
	120	0,179	17,78	1,01
	150	0,191	16,67	1,08
	185	0,209	15,23	1,18
	240	0,225	14,15	1,27
	300	0,244	13,05	1,38
	400	0,270	11,79	1,53
	500	0,298	10,68	1,69
	630 (625)	0,324	9,82	1,83
	800	0,357	8,92	2,02
35	50	0,127	25,06	1,40
	70	0,141	22,58	1,55
	95	0,153	20,80	1,68
	120	0,165	19,29	1,81
	150	0,176	18,09	1,94
	185	0,191	16,67	2,10
	240	0,206	15,45	2,27
	300	0,223	14,27	2,45
	400	0,246	12,94	2,70
	500	0,271	11,75	2,98
	630 (625)	0,294	10,83	3,23
	800	0,324	9,82	3,56

Емкость одножильного кабеля (фазы трехжильного кабеля с отдельными экранами) 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

Таблица 2.35 Полное сопротивление одножильных кабелей с алюминиевыми жилами

Номинальное сечение жилы, мм^2	Полное сопротивление при переменном токе частотой 50 Гц и температуре жилы 90 °С, Ом/км, кабелей с алюминиевыми жилами на номинальное напряжение, кВ											
	6		10		15		20		30		35	
	○○○	∴	○○○	∴	○○○	∴	○○○	∴	○○○	∴	○○○	∴
35	1,129	1,122	1,130	1,123	1,131	1,123	1,132	1,124	—	—	—	—
50	0,842	0,833	0,843	0,833	0,844	0,834	0,845	0,835	0,848	0,837	0,848	0,838
70	0,594	0,581	0,595	0,582	0,597	0,584	0,598	0,585	0,601	0,587	0,602	0,588
95	0,444	0,427	0,445	0,429	0,447	0,430	0,449	0,431	0,453	0,435	0,454	0,436
120	0,362	0,342	0,364	0,344	0,366	0,345	0,368	0,347	0,372	0,351	0,374	0,352
150	0,307	0,284	0,309	0,285	0,311	0,287	0,313	0,289	0,318	0,293	0,320	0,294
185	0,260	0,233	0,262	0,234	0,265	0,237	0,267	0,239	0,272	0,243	0,274	0,245
240	0,218	0,186	0,220	0,188	0,223	0,190	0,226	0,193	0,231	0,198	0,233	0,199
300	0,194	0,157	0,196	0,159	0,198	0,161	0,201	0,164	0,207	0,169	0,209	0,171
400	0,174	0,133	0,175	0,134	0,178	0,137	0,181	0,139	0,187	0,145	0,189	0,147
500	0,159	0,114	0,160	0,115	0,163	0,118	0,165	0,120	0,171	0,126	0,174	0,129
630 (625)	0,148	0,099	0,148	0,099	0,151	0,103	0,154	0,105	0,159	0,111	0,162	0,114
800	0,140	0,088	0,141	0,089	0,143	0,092	0,146	0,095	0,151	0,101	0,153	0,103

Таблица 2.36 Полное сопротивление одножильных кабелей с медными жилами

Номинальное сечение жилы, мм^2	Полное сопротивление при переменном токе частотой 50 Гц и температуре жилы 90 °С, Ом/км, кабелей с медными жилами на номинальное напряжение, кВ											
	6		10		15		20		30		35	
	○○○	∴	○○○	∴	○○○	∴	○○○	∴	○○○	∴	○○○	∴
35	0,694	0,683	0,696	0,684	0,697	0,685	0,699	0,686	—	—	—	—
50	0,526	0,511	0,528	0,513	0,530	0,514	0,532	0,516	0,535	0,519	0,537	0,520
70	0,383	0,363	0,386	0,365	0,388	0,367	0,390	0,369	0,395	0,373	0,397	0,375
95	0,298	0,272	0,300	0,274	0,303	0,277	0,305	0,279	0,311	0,284	0,313	0,286
120	0,253	0,224	0,255	0,226	0,258	0,228	0,261	0,231	0,267	0,236	0,269	0,238
150	0,223	0,190	0,226	0,192	0,229	0,195	0,232	0,198	0,238	0,203	0,240	0,206
185	0,198	0,160	0,201	0,163	0,204	0,166	0,207	0,169	0,213	0,175	0,216	0,178
240	0,176	0,134	0,179	0,137	0,182	0,140	0,185	0,143	0,192	0,150	0,195	0,153
300	0,164	0,119	0,166	0,121	0,170	0,125	0,173	0,127	0,179	0,135	0,182	0,137
400	0,154	0,106	0,155	0,107	0,159	0,111	0,162	0,114	0,169	0,121	0,171	0,124
500	0,146	0,095	0,147	0,096	0,150	0,099	0,153	0,102	0,159	0,110	0,162	0,112
630 (625)	0,139	0,086	0,140	0,086	0,143	0,090	0,145	0,093	0,152	0,100	0,154	0,102
800	0,135	0,080	0,136	0,080	0,138	0,084	0,141	0,087	0,147	0,094	0,149	0,096

2.7 НАРУЖНЫЙ ДИАМЕТР И МАССА КАБЕЛЕЙ

Таблица 2.37 Расчетные наружные диаметры жил

Номинальное сечение жилы, мм²	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630 (625)	800
Расчетный наружный диаметр жилы, мм	7	8,2	9,7	11,4	12,8	14,2	15,9	18,2	20,6	23.4	26.5	30.1	34

Таблица 2.38 Расчетные наружные диаметры одножильных кабелей

Число и сечение жил, мм²	Расчетный наружный диаметр, мм, кабелей на напряжение, кВ					
	6	10	15	20	30	35
Кабели марок АПвЭВ (АПвЭВнг, АПвЭВнгд), АПвЭгаВ (АПвЭгаВнг, АПвЭгаВнгд), АПвЭгП, АПвЭгаП, АПвЭгПнг, АПвЭгВнг (АПвЭгВнгд), АПвЭгПнг-HF, ПвЭВ (ПвЭВнг, ПвЭВнгд), ПвЭгаВ (ПвЭгаВнг, ПвЭгаВнгд), ПвЭгП, ПвЭгаП, ПвЭгПнг, ПвЭгВнг (ПвЭгВнгд) ПвЭгПнг-HF						
1x35	23	25	27	29	-	-
1x50	24	26	28	30	36	37
1x70	26	27	30	32	37	38
1x95	27	29	31	33	39	40
1x120	29	31	33	35	40	41
1x150	30	32	34	36	42	43
1x185	32	34	36	38	44	44
1x240	34	36	38	40	46	47
1x300	37	38	41	43	48	49
1x400	40	41	43	45	52	52
1x500	44	42	46	48	55	55
1x630 (625)	47	48	50	52	58	59
1x800	52	52	54	57	62	63
Кабели марок АПвЭгПу, АПвЭгаПу, ПвЭгПу, ПвЭгаПу						
1x35	23	25	27	29	-	-
1x50	24	26	28	30	36	37
1x70	26	27	30	32	37	38
1x95	27	29	31	33	39	40
1x120	29	31	33	35	41	41
1x150	30	32	34	36	42	43
1x185	32	34	36	38	44	44
1x240	34	36	38	40	46	47
1x300	37	38	41	43	48	49
1x400	40	41	43	45	52	52
1x500	44	42	46	48	55	55
1x630 (625)	47	48	50	52	58	59
1x800	52	52	54	57	62	63
Кабели марок АПвЭАкП, АПвЭАкВ, АПвЭАкВнг, АПвЭАкВнгд, АПвЭАкПнг, АПвЭАкПнг-HF, ПвЭАкП, ПвЭАкВ, ПвЭАкВнг, ПвЭАкВнгд, ПвЭАкПнг, ПвЭАкПнг-HF						
1x35	30	32	35	37	-	-
1x50	31	33	36	38	43	45
1x70	32	35	37	39	45	46
1x95	35	37	39	41	47	48
1x120	36	38	41	43	48	50
1x150	37	40	42	45	50	51
1x185	39	42	44	46	52	53
1x240	42	44	47	49	54	55
1x300	45	47	49	51	56	58
1x400	49	50	52	55	60	62
1x500	52	53	56	58	63	65
1x630 (625)	56	57	59	61	67	68
1x800	60	61	63	66	71	72

Таблица 2.39 Расчетные массы одножильных кабелей (с алюминиевой жилой)

Число и сечение жил, мм²	Расчетная масса, кг/км, кабелей на напряжение, кВ					
	6	10	15	20	30	35
Кабели марок АПвЭВ, АПвЭВнг, АПвЭВнгд, АПвЭгВнг, АПвЭгаВнг, АПвЭгаВнгд						
1x35	660	720	810	900	-	-
1x50	710	780	870	960	1210	1280
1x70	800	880	970	1070	1320	1390
1x95	920	990	1100	1200	1460	1540
1x120	1020	1100	1210	1310	1590	1660
1x150	1210	1290	1400	1510	1800	1880
1x185	1350	1440	1560	1670	1980	2050
1x240	1570	1660	1780	1900	2220	2300
1x300	1830	1900	2030	2150	2490	2580
1x400	2160	2210	2350	2480	2860	2960
1x500	2560	2590	2740	2880	3320	3420
1x630 (625)	3040	3070	3260	3410	3880	4010
1x800	3740	3770	3980	4170	4670	4790
Кабели марки АПвЭгП, АПвЭгаП						
1x35	570	620	700	780	-	-
1x50	620	680	760	840	1070	1130
1x70	700	770	850	940	1170	1240
1x95	810	880	970	1060	1310	1370
1x120	900	970	1070	1160	1420	1490
1x150	1090	1160	1260	1360	1630	1700
1x185	1220	1300	1410	1510	1800	1870
1x240	1430	1510	1620	1730	2030	2110
1x300	1670	1740	1860	1970	2290	2370
1x400	1990	2030	2160	2290	2640	2730
1x500	2380	2400	2540	2680	3070	3160
1x630 (625)	2840	2870	3040	3180	3610	3720
1x800	3520	3550	3730	3900	4360	4470
Кабели марки АПвЭгПу, АПвЭгаПу						
1x35	600	660	750	830	-	-
1x50	660	720	800	890	1120	1180
1x70	740	810	900	990	1230	1300
1x95	850	920	1020	1110	1370	1430
1x120	950	1020	1120	1220	1490	1560
1x150	1130	1210	1320	1420	1700	1770
1x185	1270	1360	1470	1570	1860	1950
1x240	1480	1560	1680	1790	2120	2200
1x300	1730	1800	1920	2040	2400	2480
1x400	2050	2100	2230	2380	2750	2840
1x500	2460	2490	2630	2790	3190	3290
1x630 (625)	2950	2980	3130	3300	3730	3850
1x800	3630	3660	3830	4030	4500	4610

Примечание. Расчетные массы приведены для сечений экрана:
16 мм² для кабелей с сечением жилы от 35 до 120 мм²;
25 мм² для кабелей с сечением жилы от 150 до 630 мм²;
35 мм² для кабелей с сечением жилы 800 мм²

Таблица 2.40 Расчетные массы одножильных кабелей (с медной жилой)

Число и сечение жил, мм^2	Расчетная масса, кг/км, кабелей на напряжение, кВ					
	6	10	15	20	30	35
Кабели марок ПвЭВ, ПвЭВнг, ПвЭВнгд, ПвЭгВнг, ПвЭгаВнг, ПвЭгаВнгд						
1x35	870	940	1030	1120	1360	1430
1x50	1020	1090	1190	1280	1530	1610
1x70	1250	1320	1420	1520	1780	1860
1x95	1520	1600	1700	1800	2080	2160
1x120	1780	1870	1970	2080	2370	2450
1x150	2140	2230	2340	2450	2750	2840
1x185	2520	2620	2740	2850	3160	3260
1x240	3100	3190	3310	3430	3760	3860
1x300	3940	4010	4150	4270	4620	4720
1x400	4940	4990	5140	5270	5660	5800
1x500	5900	5940	6090	6230	6680	6810
1x630 (625)	7280	7310	7500	7660	8130	8280
1x800	9180	9240	9410	9610	10120	10250
Кабели марки ПвЭгП, ПвЭгаП						
1x35	780	840	920	1000	1220	1290
1x50	930	990	1070	1150	1390	1460
1x70	1140	1210	1300	1380	1630	1700
1x95	1410	1480	1570	1660	1920	1990
1x120	1660	1740	1840	1930	2200	2280
1x150	2020	2100	2200	2300	2580	2660
1x185	2390	2480	2590	2690	2980	3070
1x240	2960	3040	3150	3270	3570	3660
1x300	3790	3860	3980	4100	4420	4510
1x400	4770	4820	4950	5080	5440	5560
1x500	5720	5750	5890	6030	6430	6560
1x630 (625)	7080	7110	7280	7430	7850	7990
1x800	8950	9000	9160	9340	9800	9930
Кабели марки ПвЭгПу, ПвЭгаПу						
1x35	820	880	960	1040	1270	1340
1x50	960	1030	1120	1200	1440	1510
1x70	1180	1250	1350	1440	1690	1760
1x95	1450	1520	1620	1720	1980	2060
1x120	1710	1790	1890	1990	2260	2350
1x150	2070	2150	2260	2360	2640	2730
1x185	2440	2530	2640	2750	3070	3140
1x240	3010	3100	3220	3330	3660	3770
1x300	3850	3920	4040	4160	4520	4640
1x400	4840	4890	5040	5170	5550	5680
1x500	5810	5830	6000	6150	6570	6680
1x630 (625)	7190	7220	7390	7560	8000	8120
1x800	9080	9110	9300	9470	9940	10070

Примечание. Расчетные массы приведены для сечений экрана:
16 мм^2 для кабелей с сечением жилы от 35 до 120 мм^2;
25 мм^2 для кабелей с сечением жилы от 150 до 240 мм^2;
50 мм^2 для кабелей с сечением жилы от 300 до 630 мм^2;
70 мм^2 для кабелей с сечением жилы 800 мм^2

Таблица 2.41 Расчетные наружные диаметры трехжильных кабелей

Число и сечение жил, мм^2	Расчетный наружный диаметр, мм, кабелей на напряжение, кВ					
	6	10	15	20	30	35
Кабели марок АПвЭВ, АПвЭВнг, АПвЭВнгд, АПвЭгПнг, АПвЭгПнг-HF						
3x35	40	43	48	53	-	-
3x50	42	45	50	55	71	73
3x70	45	49	54	58	74	77
3x95	49	53	58	62	78	81
3x120	52	56	61	66	81	84
3x150	55	59	64	69	-	-
3x185	59	63	68	-	-	-
3x240	65	68	-	-	-	-
Кабели марок АПвЭгП, АПвЭгаП						
3x35	44	48	53	57	-	-
3x50	46	50	55	60	71	74
3x70	49	53	58	63	75	77
3x95	53	57	62	67	78	81
3x120	56	60	66	70	82	84
3x150	60	64	69	73	-	-
3x185	64	67	73	-	-	-
3x240	69	73	-	-	-	-
Кабели марок АПвЭБВ (АПвЭБВнг, АПвЭБВнгд), АПвЭБП, АПвЭБПнг, АПвЭБПнг-HF						
3x35	45	49	54	59	-	-
3x50	47	51	56	61	73	77
3x70	50	54	60	65	77	80
3x95	55	59	64	69	80	84
3x120	58	63	67	72	83	87
3x150	62	66	71	75	-	-
3x185	66	70	75	-	-	-
3x240	71	75	80	-	-	-
Кабели марок АПвЭКВ (АПвЭКВнг, АПвЭКВнгд), АПвЭКП, АПвЭКПнг, АПвЭКПнг-HF						
3x35	49	53	58	63	-	-
3x50	51	56	61	66	82	84
3x70	55	60	65	70	86	88
3x95	60	64	68	74	90	92
3x120	63	68	73	79	-	-
3x150	67	71	77	-	-	-
3x185	71	75	83	-	-	-
3x240	78	82	88	-	-	-
Кабели марок АПвЭоПнг, АПвЭоПнг-HF, АПвЭоаПнг, АПвЭоаПнг-HF						
3x35	41	45	50	54	-	-
3x50	43	47	52	57	68	71
3x70	46	50	55	60	72	74
3x95	50	54	60	64	76	78
3x120	54	58	63	67	79	82
3x150	57	61	66	71	82	85
3x185	61	65	70	75	86	87
3x240	67	70	75	80	-	-

Таблица 2.42 Расчетные массы трехжильных кабелей (с алюминиевой жилой)

Число и сечение жил, мм²	Расчетная масса, кг/км, кабелей на напряжение, кВ					
	6	10	15	20	30	35
Кабели марок АПвЭВ, АПвЭВнг, АПвЭВнгд, АПвЭгПнг, АПвЭгПнг-HF						
3х35	1960	2290	2730	3220	-	-
3х50	2200	2540	3030	3510	5620	6030
3х70	2580	2950	3490	4010	6260	6690
3х95	3060	3510	4060	4640	6990	7440
3х120	3520	3990	4570	5180	7630	8090
3х150	4000	4500	5110	5750	-	-
3х185	4670	5180	5860	-	-	-
3х240	5640	6170	-	-	-	-
Кабели марки АПвЭгП, АПвЭгаП, АПвЭгПу, АПвЭгаПу						
3х35	2120	2460	2920	3400	-	-
3х50	2360	2730	3220	3720	5240	5620
3х70	2750	3160	3680	4210	5830	6230
3х95	3270	3700	4260	4800	6520	6940
3х120	3730	4170	4770	5330	7190	7630
3х150	4210	4680	5330	5890	-	-
3х185	4850	5340	6000	-	-	-
3х240	5830	6310	-	-	-	-
Кабели марок АПвЭБВ, АПвЭБВнг, АПвЭБПнг, АПвЭБПнг-HF						
3х35	2780	3190	3770	4370	-	-
3х50	3060	3510	4120	4700	6950	7550
3х70	3540	4010	5170	5840	7550	8200
3х95	4130	5160	5850	6560	8300	8950
3х120	5140	5730	6450	7180	9000	9600
3х150	5710	6330	7080	7840	-	-
3х185	6490	7110	7930	-	-	-
3х240	7630	8250	9080	-	-	-
Кабели марок: АПвЭКВ, АПвЭКВнг, АПвЭКПнг, АПвЭКПнг-HF						
3х35	4329	4706	5642	6175	-	-
3х50	4589	5135	6383	7033	9334	9048
3х70	5083	5811	6942	8398	11362	9789
3х95	5772	6565	7735	9256	12168	10907
3х120	6409	7293	9321	10205	-	-
3х150	7358	8658	10088	-	-	-
3х185	8840	9607	11518	-	-	-
3х240	10387	11167	12571	-	-	-
Кабели марок АПвЭоПнг, АПвЭоПнг-HF, АПвЭоаПнг, АПвЭоаПнг-HF						
3х35	1516	1731	2044	2359	-	-
3х50	1693	1918	2244	2600	3591	3858
3х70	2078	2344	2693	3071	4116	4396
3х95	2475	2763	3169	3542	4651	4946
3х120	2927	3233	3661	4054	5214	5522
3х150	3316	3639	4091	4503	5714	6033
3х185	3814	4191	4636	5109	6342	6676
3х240	4623	4961	5479	5990	-	-

Таблица 2.43 Расчетные массы трехжильных кабелей (с медной жилой)

Число и сечение жил, мм²	Расчетная масса, кг/км, кабелей на напряжение, кВ					
	6	10	15	20	30	35
Кабели марок ПвЭВ, ПвЭВнг, ПвЭВнгд, ПвЭгПнг, ПвЭгаПнг, ПвЭгПнг-HF, ПвЭгаПнг-HF						
3х35	2610	2940	3300	3730	-	-
3х50	3070	3420	3800	4250	6680	7100
3х70	3880	4240	4650	5110	770	8150
3х95	4860	5310	5770	6310	8950	9400
3х120	5790	6260	6750	7350	10050	10550
3х150	6810	7310	7900	8460	-	-
3х185	8140	8650	9200	-	-	-
3х240	10280	10770	-	-	-	-
Кабели марки ПвЭгП, ПвЭгаП, ПвЭгПу, ПвЭгаПу						
3х35	2770	3100	3550	4050	-	-
3х50	3250	3610	4100	4600	6000	6300
3х70	4050	4450	4900	5450	6900	7300
3х95	5100	5500	6000	6500	8100	8450
3х120	6000	6450	6900	7500	9100	9500
3х150	7030	7500	7950	8500	-	-
3х185	8350	8810	9350	-	-	-
3х240	10450	11000	-	-	-	-
Кабели марок ПвЭБВ, ПвЭБВнг, ПвЭБПнг, ПвЭБПнг-HF						
3х35	3429	3839	4419	5019	-	-
3х50	3937	4387	4997	5577	7800	8400
3х70	4776	5246	6406	7076	8800	9400
3х95	5844	6874	7564	8274	10100	10650
3х120	7303	7893	8613	9343	11150	11800
3х150	8369	8989	9739	10499	-	-
3х185	9846	10466	11286	-	-	-
3х240	12011	-	-	-	-	-
Кабели марок: ПвЭКВ, ПвЭКВнг, ПвЭКПнг, ПвЭКПнг-HF						
3х35	4978	5355	6291	6824	-	-
3х50	5466	6012	7260	7910	10211	9925
3х70	6319	7047	8178	9634	12598	11025
3х95	7486	8279	9449	10970	13882	12621
3х120	8572	9456	11484	12368	-	-
3х150	10017	11317	12747	-	-	-
3х185	12196	12963	14874	-	-	-
3х240	-	-	-	-	-	-
Кабели марок ПвЭоПнг, ПвЭоПнг-HF, ПвЭоаПнг, ПвЭоаПнг-HF						
3х35	2165	2380	2693	3008	-	-
3х50	2570	2795	3121	3477	4468	4735
3х70	3350	3616	3964	4342	5388	5668
3х95	4233	4521	4926	5300	6409	6704
3х120	5153	5458	5887	6280	7439	7747
3х150	6065	6388	6840	7252	8462	8782
3х185	7254	7632	8077	8550	9783	10117
3х240	9130	9468	9986	10496	-	-

Таблица 2.44 Выбор сечения экрана в зависимости от сечения жилы

Сечение жилы, мм²	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630 (625)	800
Сечение экрана, мм²	16	16	16	16	16	25	25	25	25	35	35	35	35
		25	25	25	25	35	35	35	35	50	50	50	50
		35	35	35	35	50	50	50	50	70	70	70	70

Данные, приведенные в разделе 2.7, 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 2.45, 2.46, являются справочными.

Таблица 2.45 (данные фирмы Helukabel)

Химическое соединение	Концентрация, %	Температура, °С	Устойчивость оболочки	
			ПВХ	ПЭ
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, вод.р-р	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
Ртути 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
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 2.46 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
Бромоформ	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	Хлоросульфиновая кислота	н	н
Лизоль	о	н	Хлороформ	н	н
Масляная кислота	у	о	«Царская водка» (HCl:HNO3=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» - неудовлетворительная 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, квалифицированных специалистов и лицензию на право производства работ.

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 $15D_н$ для одножильных и трехжильных кабелей и не менее $12D_н$ для трех скрученных вместе одножильных кабелей, где $D_н$ – наружный диаметр кабеля или диаметр по скрутке трех кабелей.

При тщательном контроле изгиба, например, применением соответствующего шаблона, допускается уменьшение радиуса изгиба кабеля до $8D_н$. 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 расчете допустимого усилия тяжения за оболочку трехжильного кабеля необходимо учитывать сечения трех жил, при одновременной протяжке трех одножильных кабелей – сечение одной жилы.

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:

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

где: M – вес кабеля, кг/м;
L – длина кабеля, м;
μ – коэффициент трения.

б) для наклонной трассы:

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

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:

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

где: F_E – усилие на выходе изгиба;
F_A – усилие на входе изгиба;
α – угол изгиба, радиан;
e=2,718 – основание натурального логарифма;
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

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

где: F – усилие тяжения кабеля, Н;
α – угол изгиба, °;
r – радиус изгиба, м.

При α = 0 ... 90° 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;
  - 4500 Н/м при установке 3 роликов на 1 м длины.

Максимально допустимое радиальное давление для бронированного кабеля составляет не более:

- 15000 Н/м – при протягивании в трубах;
- 2500 Н/м – при протягивании через угловой ролик;
- при использовании системы роликов:
  - 12500 Н/м при установке 5 роликов на 1 м длины;
  - 7500 Н/м при установке 3 роликов на 1 м длины.

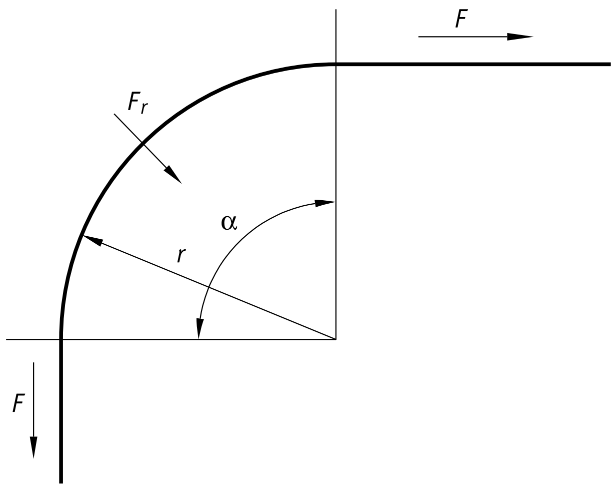


Рисунок 3.1

3.2.2.3 Пример расчета

Кабель АПвЭВ-10 1х500/25 протягивается по роликам. Длина трассы 350 м. Трасса имеет два изгиба на угол 45° и 90° (см. рис.3.2), радиус изгиба 0,9 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.

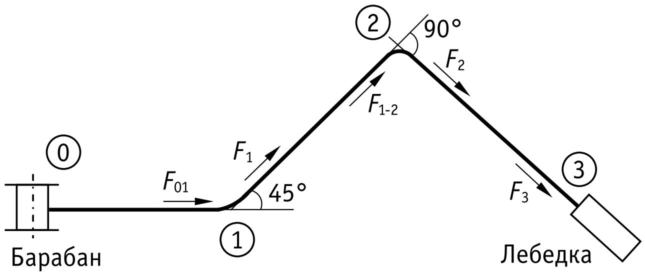


Рисунок 3.2

В соответствии с таблицами раздела 2 наружный диаметр кабеля 44 мм, масса 2585 кг/км = 2,59 кг/м.

Минимальный радиус изгиба для выбранного кабеля составит 15 · 44 = 660 мм, следовательно, радиус изгиба 0,9 м является допустимым.

Усилие тяжения в конце участка 0-1:

$$F_{0\text{-}1}=9{,}81\cdot 2{,}59\cdot 0{,}30\cdot 100=762{,}2\ \text{Н}.$$

Усилие тяжения на выходе из изгиба 1:

$$F_1=F_{0\text{-}1}\cdot e^{0{,}30\cdot(45\cdot\pi/180)}=762{,}2\cdot 1{,}26=960{,}4\ \text{Н}.$$

Усилие тяжения в конце участка 1-2:

$$F_{1\text{-}2}=F_1+9{,}81\cdot 2{,}59\cdot 0{,}30\cdot 100=960{,}4+762{,}2=1722{,}6\ \text{Н}.$$

Усилие тяжения на выходе из изгиба 2:

$$F_2=F_{1\text{-}2}\cdot e^{0{,}30\cdot(90\cdot\pi/180)}=1722{,}6\cdot 1{,}60=2756{,}2\ \text{Н}.$$

Угол наклона участка 2-3:

$$\arcsin(15/150)=5{,}7°.$$

Усилие тяжения в конце участка 2-3:

$$F_{2\text{-}3}=2756{,}2+9{,}81\cdot 2{,}59\cdot 150(0{,}30\cos 5{,}7+\sin 5{,}7)=4272{,}4\ \text{Н}.$$

Допустимое усилие тяжения равно 30 · 500=15000 Н, т.е. выбранная трасса и метод протяжки обеспечит усилие тяжения в пределах допустимого.

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

$$F_{r1}=\frac{960{,}4\cdot\sin\frac{135°}{2}}{0{,}9\cdot\pi\cdot\frac{135°}{360°}}=836{,}8\ \text{Н/м}.$$

На изгибе 2:

$$F_{r2}=\frac{2756{,}2\cdot\sin\frac{90°}{2}}{0{,}9\cdot\pi\cdot\frac{90°}{360°}}=2757{,}2\ \text{Н/м}.$$

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

Допускается прокладывать кабели без подогрева при температуре окружающей среды не ниже: минус 15 °С для кабелей с оболочкой из ПВХ пластиката и минус 20 °С для кабелей с оболочкой из полиэтилена (см. 3.3.5). Рекомендуется прокладка кабелей при температуре окружающей среды выше 0 °С. Прокладка кабелей при температуре ниже минус 30 °С не рекомендуется.

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 концевого захвата.

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 Одножильные 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).

3.3 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 0,7 м для кабелей на напряжение до 20 кВ включительно и не менее 1 м для кабелей на более высокое напряжение. 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.

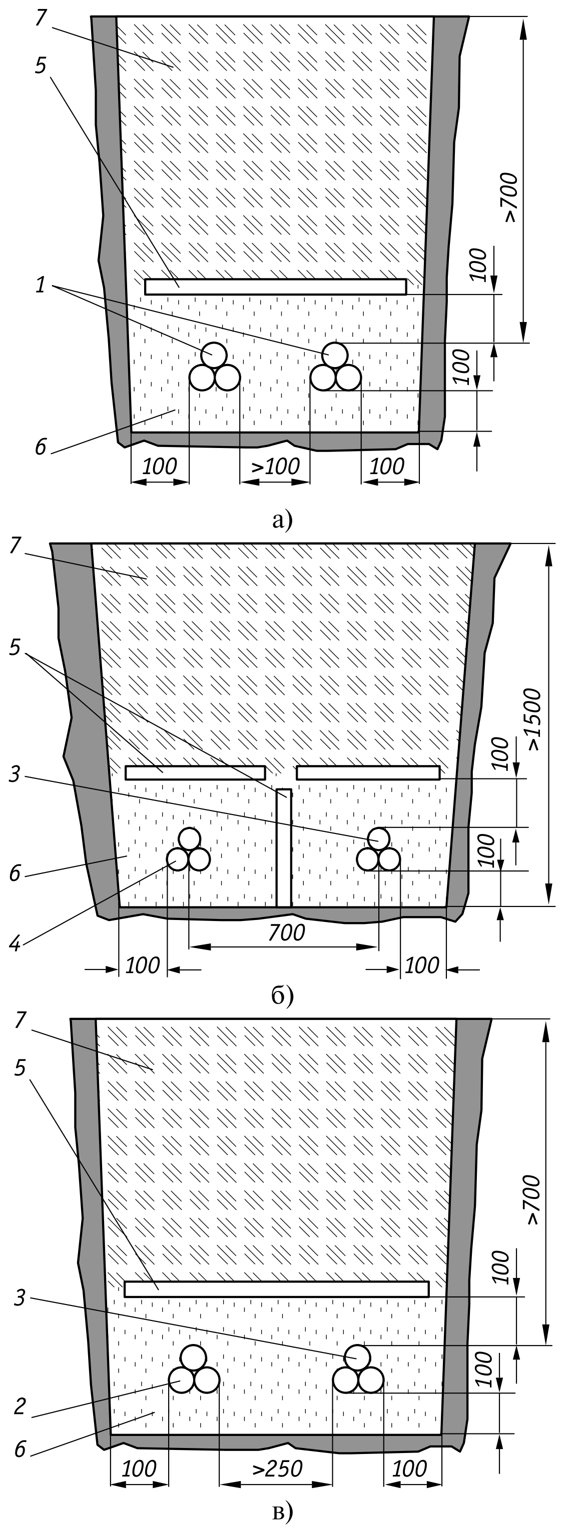
3.3.2.2 На всем протяжении трассы кабели в траншее должны быть защищены от повреждений: кабели на напряжение 35 кВ – железобетонными плитами, кабели на напряжение до 35 кВ – железобетонными плитами или кирпичами. При прокладке на глубине 1-1,2 м кабели на напряжение 20 кВ и ниже (кроме кабелей городских электросетей) допускается не защищать от механических повреждений. В этом случае над кабелями должны быть проложены пластмассовые сигнальные ленты на расстоянии 0,25 м от кабелей.

3.3.2.3 При засыпке кабели 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 (длиной на каждом конце не менее 350 мм для кабелей на напряжение до 10 кВ включительно и не менее 400 мм для кабелей на более высокое напряжение). 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.



1 – кабель 10 кВ; 2 – кабель 20 кВ; 3 – кабель 35 кВ; 4 – кабель 110 кВ; 5 – железобетонная плита; 6 – песчано-гравийная смесь; 7 – засыпной грунт

Рисунок 3.3 Примеры прокладки кабелей в траншеях

3.3.2.6 В местах соединения кабелей должны быть подготовлены котлованы, соосные с траншеей, шириной не менее 1,5 м для кабелей на напряжение до 10 кВ включительно и не менее 1,7 м для кабелей на более высокое напряжение (для одноцепных линий). Глубина котлована определяется глубиной залегания кабеля в траншее, длина – количеством и расположением муфт (для монтажа трех муфт вразбежку требуется не менее 5 м для кабелей на напряжение до 10 кВ и 7 м – для кабелей на более высокое напряжениие). Для многоцепных линий размеры котлованов определяются при проектировании с учетом конкретных условий.

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 (асбоцементных, покрытых снаружи и внутри битумным составом, или поливинилхлоридных трубах с герметичными стыками), 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.

3.3.3 Прокладка в кабельных блоках, трубах и железобетонных лотках

3.3.3.1 При прокладке в трубах кабели должны быть расположены или по одному кабелю в трубу (канал блока), или по три кабеля разных фаз одной кабельной линии в одну трубу (канал блока). Прокладка кабелей двух фаз в одну трубу не допускается.

Внутренний диаметр трубы или канала блока для прокладки одного кабеля должен быть не менее 1,5*D*, для прокладки трех кабелей, скрепленных в треугольник – не менее 3*D*, где *D* – наружный диаметр кабеля.

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.

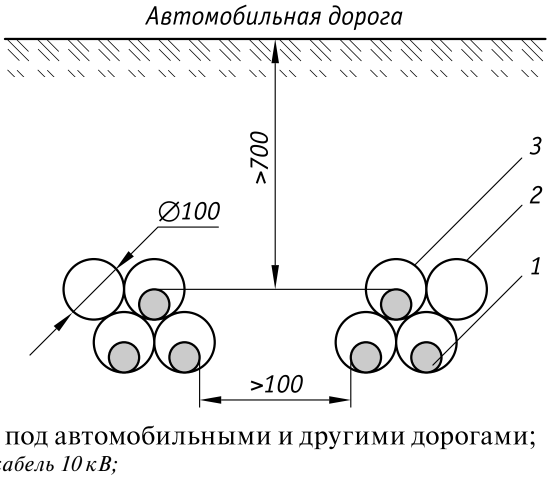
3.3.3.3 Для прокладки кабелей применяются асбоцементные, пластмассовые, керамические трубы. Для обеспечения сохранности оболочки кабель рекомендуется протягивать в полиэтиленовые трубы, которые для повышения механической прочности могут быть протянуты в асбоцементные. Применение труб из магнитных материалов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

При пересечении кабельной линии с железными дорогами, трамвайными путями, шоссейными магистралями рекомендуется располагать асбоцементные, пластмассовые или керамические трубы, через которые прокладываются кабели, в общей металлической трубе. Свободное пространство в металлической трубе заполняется бетоном.

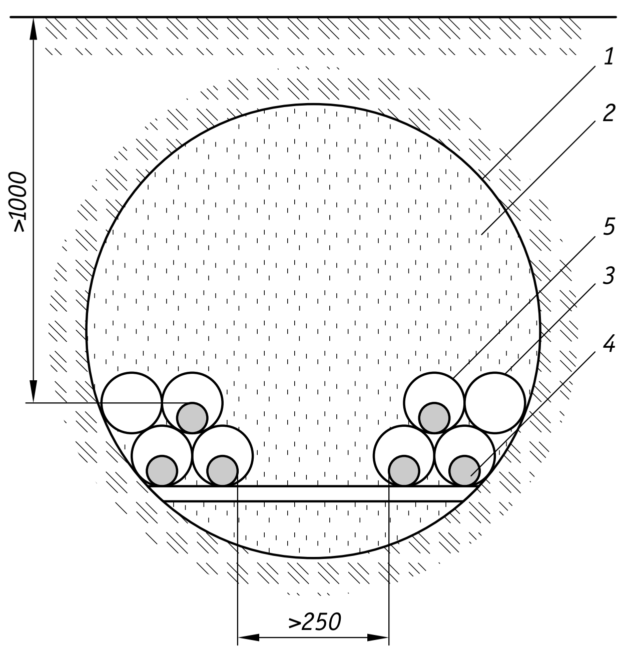
3.3.3.4 Трубы должны быть соединены муфтами, соединительными патрубками или манжетами и, в случае необходимости, скреплены цементным раствором.

При выборе способа соединения неметаллических 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.



а) под автомобильными и другими дорогами;
1 – кабель 10 кВ;
2 – резервная асбоцементная труба;
3 – асбоцементная труба



б) под железнодорожными путями
1 – стальная труба;
2 – бетон;
3 – резервная асбоцементная труба;
4 – кабель 35 кВ;
5 – асбоцементная труба

Рисунок 3.4 Примеры прокладки кабелей в трубах:

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 диаметр 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, исключающее 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.

Соединительные муфты кабелей, прокладываемых в блоках, должны быть расположены в колодцах. Расположение соединительных муфт на эстакадах не рекомендуется.

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.

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 несгораемым 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 отмостки – за линию последней) не менее чем на 0,6 м, и иметь уклон в сторону траншеи.

Должны быть предусмотрены меры, исключающие 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.

После прокладки кабель должен быть немедленно засыпан первым слоем разрыхленного грунта или песчано-гравийной смеси. Окончательно засыпать траншею грунтом и уплотнять засыпку следует после охлаждения кабеля.

3.3.5.2 Рекомендуется 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;
- -"- от 10 до 25 °С – не менее 24 ч;
- -"- от 25 до 40 °С – не менее 18 ч.

3.3.6 Прокладка в вечномерзлых грунтах

3.3.6.1 Глубина прокладки кабелей в вечномерзлых 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.

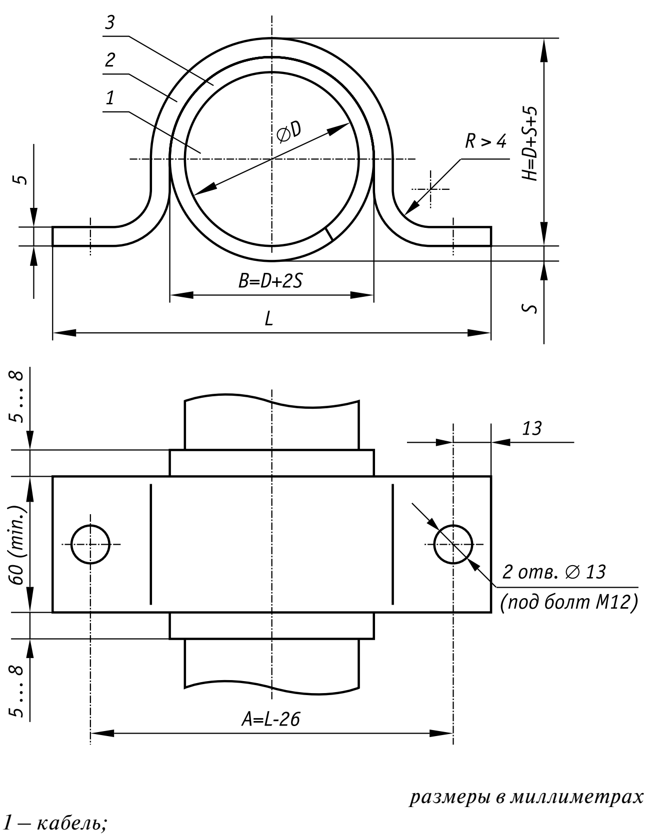
3.3.7.2 При прокладке кабелей треугольником они должны быть скреплены лентами, стяжками, хомутами или скобами.

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.

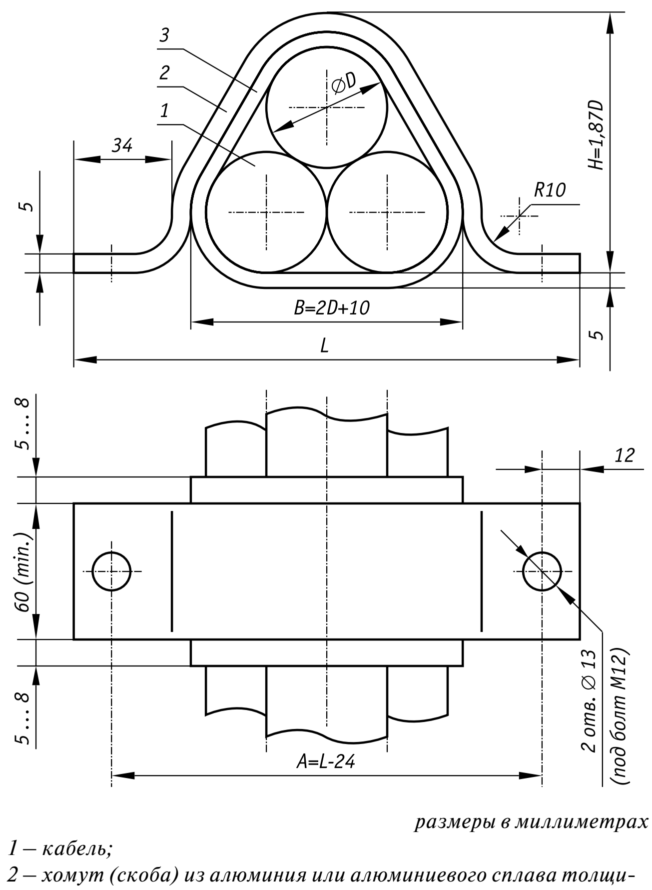
3.3.7.3 Для скрепления кабелей трех фаз одной кабельной линии в треугольник или крепления трехжильных кабелей допускается использование хомутов или скоб из магнитных материалов (например, стали). При этом обязательно использование



размеры в миллиметрах

1 – кабель;
2 – хомут (скоба) из алюминия или алюминиевого сплава;
3 – прокладка из эластичного материала (резина, поливинилхлорид и т.д.).
Примечание. Крепежные изделия (болты, гайки, шайбы) не показаны, D – наружный диаметр кабеля, S – толщина прокладки (4-5 мм).

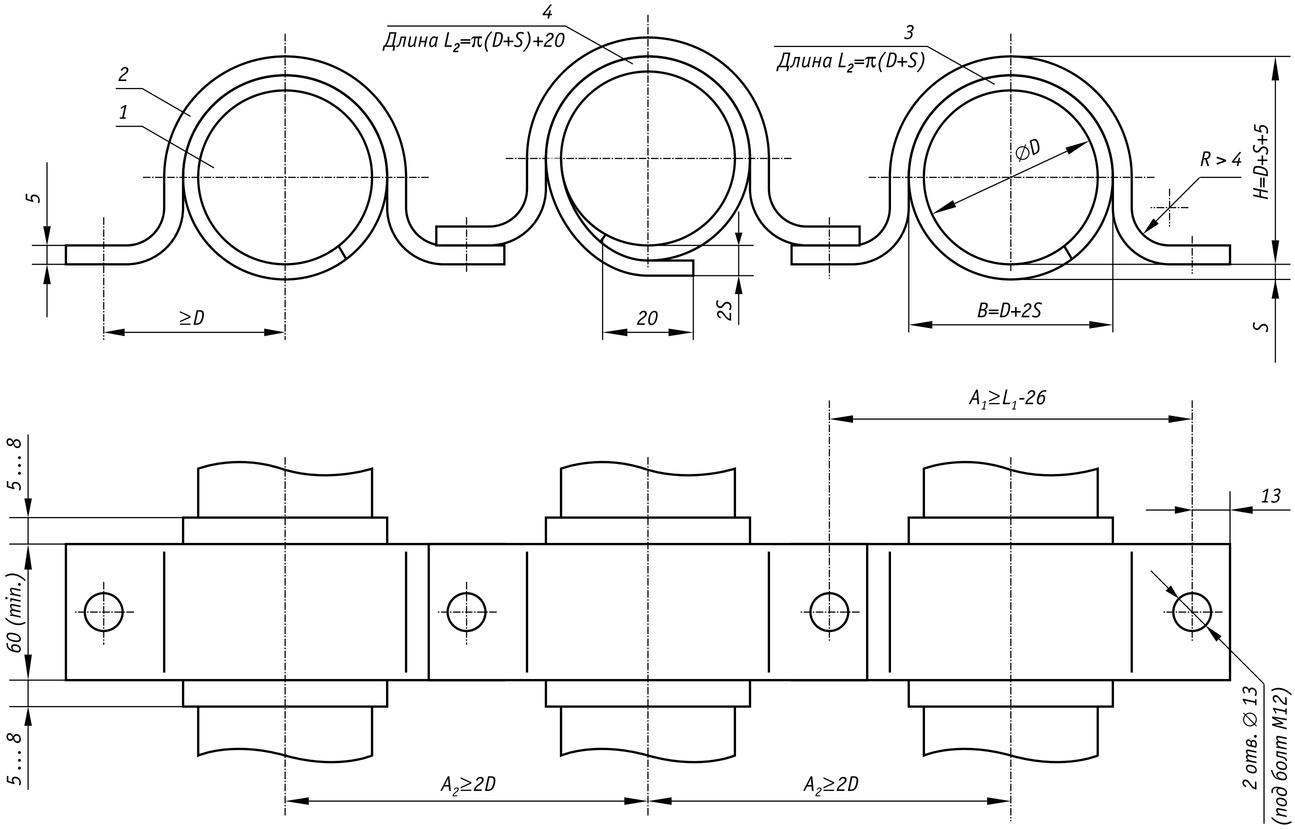
Рисунок 3.5 Пример крепления одного кабеля на металлоконструкции



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. Крепежные изделия (болты, гайки, шайбы) не показаны. 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. Крепежные изделия (болты, гайки, шайбы) не показаны. D - наружный диаметр кабеля, S – толщина прокладок (4-5 мм). 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

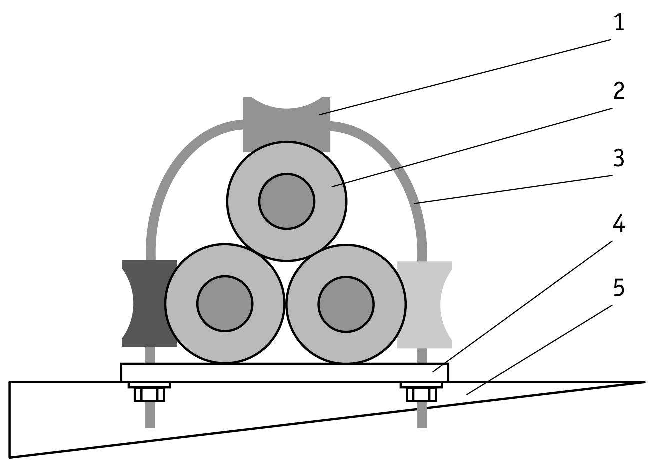
эластичных прокладок для защиты оболочки кабеля. Стальные крепления должны иметь эффективное антикоррозионное покрытие, рассчитанное на весь срок эксплуатации кабельной линии.

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.

В случае, если кабели скреплены в треугольник с шагом 1-1,5 м и уложены на сплошные полки, крепление к полкам, например, металлическими хомутами с эластичными прокладками, требуется, ориентировочно, только через каждые 8-10 м.

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.



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»

Кабели, прокладываемые по конструкциям на открытых эстакадах, могут быть на отдельных участках трассы дополнительно закреплены во избежание смещения под действием ветровых нагрузок.

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:

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

где:

s – расстояние между центрами жил, м;

$I_к$ – 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.

3.3.7.6 Возможно использование на трассе кабельной линии разных способов крепления. Например, если кабель закрепляется на консолях, расположенных по трассе через 1 м, то можно крепить кабель к консолям через каждые 8-10 м металлическими хомутами с эластичными прокладками, а в промежутках между этими узлами крепления крепить кабель к каждой консоли специальными кабельными стяжками из полиамида с эластичными прокладками между металлоконструкцией и оболочкой кабеля.

При выборе способа крепления на отдельных участках трассы следует руководствоваться тем, что наиболее прочное крепление должно быть обеспечено на вертикальных участках, около муфт, на углах поворота; на остальных участках трассы – не реже, чем через каждые 8-10 м.

3.3.7.7 Примеры крепления кабелей на металлоконструкциях приведены на рис. 3.5-3.8.

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 шефмонтажной 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 тампонирование труб.

3.4.4 Подготовка блочной канализации:

1) должна быть проверена глубина заложения блоков от планировочной отметки согласно проекту и правильность их укладки;

2) должна быть обеспечена гидроизоляция стыков;

3) должна быть проверена чистота и соосность каналов. Не допускается наличие выступов в каналах, песка, камней, мусора, бетонной крошки;

4) должны быть выполнены крышки люков колодцев, металлические лестницы или скобы для спуска в колодец.

3.5 ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ БАРАБАНОВ С КАБЕЛЕМ

3.5.1 Кабели поставляются на обшитых деревянных барабанах с улиткой по ГОСТ 5151-79 (рисунок 3.9). Размеры барабанов и их расчетная масса приведены в таблице 3.1, расчетная длина кабеля на барабане – в таблице 3.2.

3.5.2 Хранение и транспортирование барабанов с кабелем должно соответствовать ГОСТ 18690-82. Условия хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов соответствуют группе ОЖ3 по ГОСТ 15150-69.

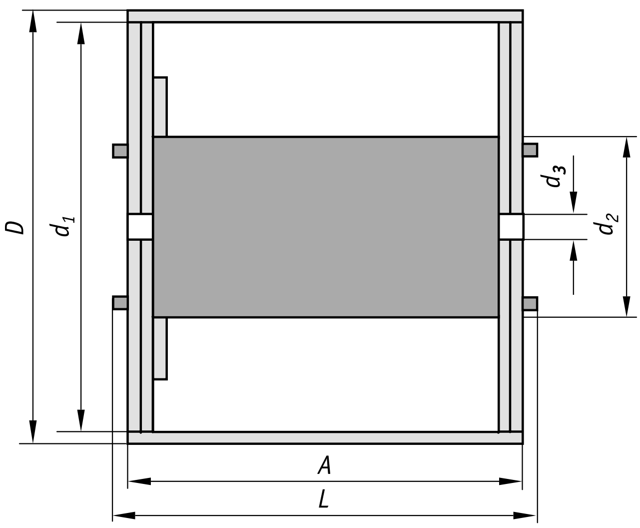
3.5.3 Концы кабелей во время транспортировки и хранения должны быть герметизированы термоусаживаемыми капами, чтобы предотвратить проникновение воды, и закреплены. Нижний конец кабеля надежно закрепляется в улитке. Во время прокладки капы должны быть сняты непосредственно перед монтажом арматуры. Если капы были удалены преждевременно, должна быть обеспечена защита концов кабелей от действия влаги.

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

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.



D – диаметр барабана с обшивкой;
d_1 – диаметр щеки;
d_2 – диаметр шейки;
d_3 – диаметр осевого отверстия;
A – длина обшивки;
L – длина шпильки.

Рисунок 3.9

Таблица 3.1 Ориентировочные размеры барабанов и их расчетная масса

Номер барабана	Размеры барабана, мм						Расчетная масса барабана, кг	
	D	d_1	d_2	A	d_3	L	без обшивки	со сплошной обшивкой
18	1850	1800	1120	1060	80	1120	350	430
18а			900	1260		1320	350	450
18б			1120	1260		1320	390	490
18в			1120	1290		1350	390	500
20	2060	2000	1220	1180		1250	510	640
20а			1000	1240		1302	470	610
20б			1500	1180		1242	570	710
22	2260	2200	1320	1240	100	1298	660	810
22а			1480	1290		1348	700	860
22б			1680	1340		1398	770	930
22в			1320	1390		1446	670	850
25	2580	2500	1500	1560	120	1630	1020	1300
26	2680	2600	1500	1780		1850	1200	1530

Примечание. Масса барабанов рассчитана при влажности древесины 30-40% и удельном весе пиломатериалов 550 кг/м^3.

3.5.6 Барабаны должны транспортироваться и храниться только в обшитом виде.

3.5.7 Барабаны с кабелем допускается перекатывать 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.

Таблица 3.2 Расчетная длина кабеля на барабане

Наружный диаметр кабеля, мм	Расчетная длина, м, кабеля на барабане номер												
	18	**18а**	18б	18в	20	**20а**	20б	**22**	22а	22б	22в	**25**	26
25	1765	2770	2175	2280	2555	3345	1640	3215	3760	2075	3720	5335	7035
30	1225	1920	1510	1580	1775	2320	1135	2235	2610	1440	2580	3705	4885
35	900	1410	1110	1160	1305	1705	835	1640	1915	1055	1895	2720	3590
40	690	1080	850	890	1000	1305	640	1255	1465	810	1450	2085	2745
45	545	855	670	700	790	1030	505	990	1160	640	1145	1645	2170
50	440	690	545	570	640	835	410	805	940	515	930	1330	1755
55						690	335	665	775	425	765	1100	1450
60						580	285	555	650	360	645	925	1220
65						495	240	475	555	305	550	790	1040
70												680	895
75												590	780
80												520	685
85												460	605
90												410	540
95												370	485
100												330	440
110												275	360
120												230	305
130												195	260

Барабаны, номера которых выделены жирным шрифтом, являются предпочтительными. Остальные типы барабанов могут быть выбраны только по согласованию с заводом.

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.

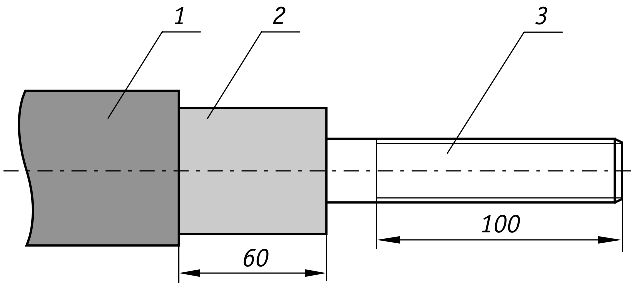
3.6.1.9 Снять обшивку, удалить из щек барабана гвозди и скобы, которые могут повредить кабель при размотке. Проверить крепление нижнего конца кабеля, при необходимости закрепить его дополнительно.

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.

3.6.1.11 В случае необходимости одновременного тяжения трех кабелей (например, при прокладке их в общей трубе), установить на трассе три барабана с кабелем на отдающих устройствах. На сходе кабелей с барабанов устанавливается устройство для группирования кабелей, через которое пропускаются концы кабелей. Подготавливается трос (канат) для протяжки (один на три кабеля) с противозакручивающим устройством и необходимые инструменты и материалы для связывания кабелей в треугольник.

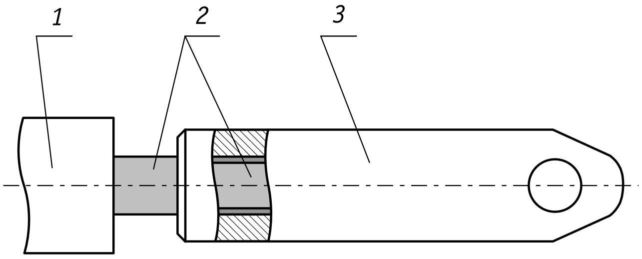
3.6.2 Подготовка кабеля

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



а) разделка кабеля с однопроволочной жилой при тяжении за жилу

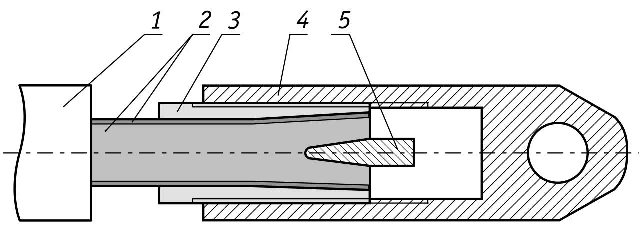
1 – наружная оболочка; 2 – изоляция; 3 – жила



б) концевой захват для тяжения кабеля с однопроволочной жилой

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

Рисунок 3.10



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

Рисунок 3.11 Клиновой захват для тяжения кабеля с многопроволочной жилой

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.

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

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 %.

3.6.2.5 При одновременной протяжке трех кабелей, связанных в треугольник, на каждом из кабелей должен быть смонтирован проволочный чулок или захват (или отдельные три рукава специального чулка для тяжения трех кабелей). Если специальный чулок не используется, петли для тяжения отдельных чулок или захватов должны быть соединены через тросы с одной общей петлей, при этом кабельные чулки или захваты должны быть установлены на трех кабелях вразбежку.

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 Протяжка кабелей

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

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

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

3.7.1.4 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.

3.7.1.5 Скорость тяжения не должна превышать 30 м/мин и должна быть выбрана руководителем прокладки в зависимости от характера трассы, погодных условий и усилий тяжения.

При одновременном тяжении трех кабелей кабели на сходе с барабанов должны собираться вместе с помощью устройства для группирования кабелей и скрепляться в треугольник в соответствии с 3.3.7.2, 3.3.7.3. Скорость тяжения при этом должна быть выбрана такой, чтобы обеспечить возможность скрепления кабелей в треугольник до их попадания на трассу.

3.7.1.6 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.

3.7.1.7 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.

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

3.7.1.9 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.

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

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

3.7.1.12 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.

3.7.1.13 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.

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

3.7.1.15 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.

3.7.1.16 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.

3.7.1.17 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 капу. В случае повреждения капы снять ее и заменить новой.

3.7.1.18 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.

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

3.7.2 Раскатка кабеля

3.7.2.1 Раскатка кабеля может производиться с движущегося кабельного транспортера, автомобиля или трубоукладчика в тех случаях, когда механизм может свободно двигаться вдоль трассы, и когда в траншее нет препятствий, требующих протяжки через них кабеля (трубы, блоки, поперечные подземные сооружения, поперечные крепления траншей и т.д.).

3.7.2.2 Раскатку кабеля с барабана, установленного на движущемся кабельном транспортере, следует производить путем буксировки транспортера автомобилем, трактором или тягачом. Для раскатки кабеля с автомобиля барабан устанавливают на кабельных домкратах либо на инвентарных подставках в кузове автомобиля. Домкраты и подставки должны быть надежно закреплены в кузове автомобиля. Во время раскатки кабеля с транспортера или автомобиля барабан вращают вручную.

3.7.2.3 Для раскатки кабеля с движущегося трубоукладчика барабан устанавливают на специальной траверсе. При движении трубоукладчика барабан перемещается над траншеей и вращается под действием собственного веса сматывающегося с барабана кабеля. Кабель при этом укладывается на дно траншеи свободно (без натяжения).

3.7.2.4 Скорость передвижения транспортера, автомобиля или трубоукладчика при раскатке кабеля рекомендуется выбирать равной 0,6-1 км/ч, при этом расстояние между краем траншеи и ободом колеса механизма должно быть не менее глубины траншеи, умноженной на коэффициент 1,25.

3.7.2.5 При раскатке кабеля с движущегося транспортера или автомобиля по дну траншеи вслед за кабелем должны передвигаться рабочие, принимающие сматываемый с барабана кабель и укладывающие его на дно траншеи.

3.7.2.6 После раскатки кабелей с движущегося транспортера, автомобиля или трубоукладчика рабочие должны на дне траншеи уложить кабели на место и связать их по проекту.

3.7.2.7 При раскатке нельзя допускать рывков кабеля при сходе с барабана, которые могут привести к повреждению кабеля из-за механических нагрузок, превышающих допустимые усилия тяжения кабеля. С целью предотвращения рывков необходимо следить за тем, чтобы кабель легко сматывался с барабана и постоянно имел провис. Необходимо также следить, чтобы сматываемый кабель не терся о щеку барабана (особенно на поворотах трассы).

3.7.3 Протяжка кабелей в трубы и блоки

3.7.3.1 При протяжке в трубу или канал блока трех фаз кабеля запрещается последовательная протяжка отдельных кабелей с использованием стального каната (троса) из-за опасности повреждения оболочек уже проложенных кабелей.

При длине труб до 20 м по согласованию с изготовителем кабеля возможна последовательная протяжка отдельных кабелей вручную с использованием веревки

3.7.3.2 Кабель рекомендуется протягивать со скоростью не более 17 м/мин и по возможности без остановок для исключения больших начальных усилий тяжения.

3.7.3.3 Для уменьшения усилий тяжения рекомендуется принять меры в соответствии с 3.3.3.7.

3.7.4 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.

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

3.7.6 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.

3.7.7 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 траншее укладываются железобетонные плиты, предусмотренные проектом, и траншея засыпается грунтом.

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

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

3.7.9 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 10 кВ в течение 1 минуты, приложенное 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).

Таблица 3.3 Обозначения и основные размеры манжет

Наружный диаметр кабеля, мм	Внутренний диаметр манжеты, мм		Обозначение манжеты	Длина, мм
	до усадки (мин.)	после усадки (макс.)		
Ремонтные термоусаживаемые манжеты типа CRSM				
От 24 до 50	86	21	CRSM 84/20-750/239	750
			CRSM 84/20-1000/239	1000
			CRSM 84/20-1500/239	1500
От 31 до 65	108	27	CRSM 107/29-1000/239	1000
			CRSM 107/29-1500/239	1500
От 33 до 86	144	28	CRSM 143/36-1000/239	1000
			CRSM 143/36-1500/239	1500
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 20 до 65	71	18	RFSM 65/20-1000/123	1000
От 30 до 95	103	27	RFSM 95/30-750/123	750
			RFSM 95/30-1000/123	1000
			RFSM 95/30-1500/123	1500
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

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

3.9.1.5 Из комплекта ремонтной термоусаживаемой манжеты взять замок и ножовкой по металлу отрезать от него по прорезям 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 подслой (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 пластиката с 50%-ным перекрытием витков.

3.9.2.9 Поверх ленты из ПВХ пластиката, 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 Рекомендуется использовать капы по ТУ 16.К71-051-89 «Оконцеватели кабельные термоусаживаемые» 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, в том числе капы холодной усадки.

3.10.2 Технология монтажа термоусаживаемых 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 капу на конец кабеля (между капой и оболочкой должен быть клеевой слой) (рис. 3.12).

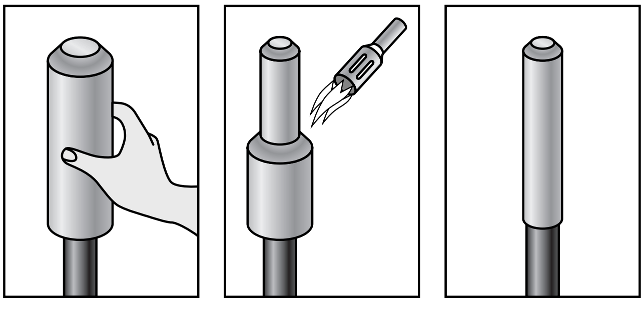


Рисунок 3.12

Таблица 3.4 Размеры и параметры кап в миллиметрах

Рекомендуемый диаметр кабеля		Обозначение капы ТУ 16.К71-051-89	Размеры капы	
мин.	макс.		Внутренний диаметр до усадки (мин.)	Внутренний диаметр после свободной усадки (макс.)
17	30	ОКТ 30/17-100	38	16
30	40	ОКТ 40/30-120	47	25
40	55	ОКТ 55/40-140	66	35
55	70	ОКТ 70/55-170	86	50
45	95	ОКТ 90/45-110	102	43
75	115	ОКТ 115/75-135	126	70
90	120	ОКТ 120/90-190	135	80

Таблица 3.5 Размеры и параметры кап 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
17	30	102L033-135-R05/S	35	15	90	3,2
30	45	102L044-135-R05/S	55	25	143	3,9
45	65	102L048-37-R05/S	75	32	150	3,3
65	95	102L055-37-R05/S	100	45	162	3,8
95	115	102L066-37-R05/S	120	70	145	3,8

3.10.2.6 Легким пламенем газовой горелки осадить капу, 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 выдавливаться 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 капу 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 ВВЕДЕНИЕ

Для оконцевания и соединения кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена рекомендуется применять термоусаживаемые кабельные муфты и муфты холодной усадки. Конструкция такой арматуры основана на применении сшитых полимерных материалов, обладающих эффектом памяти формы. В сравнении с обычными полимерными материалами эти полимеры обладают улучшенными механическими свойствами, химической и термической стойкостью. Кабельная арматура на основе таких полимеров продемонстрировала прекрасные долгосрочные эксплуатационные качества. Миллионы установок кабельной арматуры, произведенных в самых суровых условиях монтажа, подтвердили надежность этой арматуры при воздействии на нее погодных, тепловых и электрических перегрузок.

Ведущие фирмы-изготовители предлагают кабельную арматуру высокого качества, обеспечивающую полную герметизацию и отличные изоляционные свойства, обладающую высокой механической прочностью, стойкостью к воздействию окружающей среды, ультрафиолетового излучения и различных химикатов. Широкий диапазон термоусаживаемости отдельных компонентов арматуры позволяет использовать один типоразмер муфты для нескольких типов кабелей и сечений жил, что, в свою очередь, значительно упрощает заказ и складирование муфт. Арматура при хранении практически не подвергается старению и может складироваться неограниченно долго.

Кабельная арматура включает в себя концевые муфты наружной и внутренней установки, соединительные и переходные муфты, а также универсальные системы для изоляции, герметизации и ремонта кабельных линий. Вся кабельная арматура выше 1 кВ должна иметь систему выравнивания напряженности электрического поля, выполненную в виде отдельных элементов набора или нанесенную предварительно на внутреннюю поверхность изоляционной трубки. В концевых муфтах внешние изоляционные трубки должны обладать поверхностной эрозионной стойкостью и трекингостойкостью и обеспечивать герметизацию кабельных наконечников и наружного покрова кабелей. Конструкция и технология монтажа арматуры должны обеспечивать монолитную конструкцию, не содержащую пустот и посторонних включений.

Элементы термоусаживаемой арматуры и арматуры холодной усадки поставляются в растянутом состоянии, что позволяет легко надеть их на разделанные концы кабелей. Монтаж термоусаживаемых элементов производится с помощью пропан-бутановой газовой горелки, которая обычно также применяется при разделке кабелей с бумажной и пластмассовой изоляцией. Монтаж арматуры холодной усадки не требует применения инструментов; усадка элементов происходит после вытаскивания специального корделя. При усадке элементов нанесенные на их внутреннюю поверхность герметизирующие клеи и наполнители заполняют все пустоты.

Конструкция арматуры повторяет кабель, и арматура может, как и сам кабель, изгибаться по трассе. После окончания монтажа кабельная арматура может сразу же включаться в работу.

4.2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКОМЕНДУЕМЫХ КАБЕЛЬНЫХ МУФТ

4.2.1 Характеристики концевых муфт наружной установки приведены в табл. 4.1-4.3.

4.2.2 Характеристики концевых муфт внутренней установки приведены в табл. 4.4-4.6.

4.2.3 Характеристики соединительных и ремонтных муфт приведены в табл. 4.7-4.9.

4.2.4 Характеристики переходных муфт для соединения кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена и трехжильных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией в общей оболочке приведены в табл. 4.10.

4.3 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО МОНТАЖУ МУФТ

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

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

Для монтажа элементов муфт холодной усадки необходимо удалить спиралевидный распорный корд, после чего происходит усадка элемента.

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

4.3.4 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.

4.3.5 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.

4.3.6 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.

4.3.7 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.

Таблица 4.1 Концевые муфты наружной установки фирмы Tyco Electronics Raychem GmbH

Номинальное напряжение U_0/U, кВ	Число жил	Сечение жил, мм²	Обозначение муфты L = 450 мм	Обозначение муфты L = 1200 мм	Диаметр юбки, мм	Кол-во юбок
6/10	3	25-70	POLT-12C/3XO-H1	POLT-12C/3XO-H4	85	3 x 1
		95-240	POLT-12D/3XO-H1	POLT-12D/3XO-H4	95	
		240-300	POLT-12E/3XO-H1	POLT-12E/3XO-H4	115	
	1	25-95	POLT-12C/1XO		85	
		95-240	POLT-12D/1XO		95	
		240-500	POLT-12E/1XO		115	
		500-800	POLT-12F/1XO		135	
12/20	3	25-50	POLT-24C/3XO-H1	POLT-24C/3XO-H4	85	3 x 3
		70-185	POLT-24D/3XO-H1	POLT-24D/3XO-H4	95	
		185-300	POLT-24E/3XO-H1	POLT-24E/3XO-H4	115	
	1	25-70	POLT-24C/1XO		85	
		70-240	POLT-24D/1XO		95	
		185-400	POLT-24E/1XO		115	
		400-800	POLT-24F/1XO		135	
20/35	3	50-120	–	POLT-42D/3XO-H4	95	3 x 4
		120-300	–	POLT-42E/3XO-H4	115	
	1	50-120	POLT-42D/1XO		95	
		120-300	POLT-42E/1XO		115	
		300-500	POLT-42F/1XO		135	

Примечания:
1. В таблице приведены обозначения комплектов муфт без наконечников. Могут быть поставлены муфты, в комплект которых входят болтовые наконечники.
2. Арматура для непаянного присоединения заземления трехжильных кабелей и одножильных кабелей с ленточным экраном заказывается отдельно.
3. Для трехжильных кабелей длина жил может быть определена по месту монтажа.
Минимальная длина жил:
320 мм для $U_0/U = 6/10$ кВ;
460 мм для $U_0/U = 12/20$ кВ ;
800 мм для $U_0/U = 20/35$ кВ.
Для одножильных кабелей:
300 мм для $U_0/U = 6/10$ кВ;
440 мм для $U_0/U = 12/20$ кВ;
560 мм для $U_0/U = 20/35$ кВ.
4. Один комплект муфты для одножильных кабелей включает материалы для 3-х фаз.

Таблица 4.2 Концевые муфты наруж. установки ООО «ЭРГ»

Напряжение, кВ	Число жил	Сечение жил, мм²	Обозначение муфты
до 10	3	16-25	3КНТп-10М-16...25
		35-50	3КНТп-10М-35...50
		70-120	3КНТп-10М-70...120
		150-240	3КНТп-10М-150...240
до 10	3	35-50	3КНТп-10У-35...50
		70-120	3КНТп-10У-70...120
		150-240	3КНТп-10У-150...240
до 10	1	70-120	КНТпО-10-70...120
		150-240	КНТпО-10-150...240
		300-400	КНТпО-10-300...400
		500-625	КНТпО-10-500...625

Таблица 4.3 Концевые муфты наруж. установки 3M™ QT II

Обозначение типа муфты	92-EB62-2	93-EB63-2	92-EB64-2
Номинальное напряжение U_0/U, кВ	6/10 и 8,7/15		
Число жил	1	1	1
Сечение жилы, мм² для кабеля на напряжение: - 6/10 кВ - 8,7/15 кВ	 50-150 35-120	 150-300 120-240	 300-630 240-500
Внешний диаметр, мм	68	70	82

Примечание. В состав комплекта муфты входят все необходимые материалы для монтажа трех фаз, за исключением наконечников.

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.

Таблица 4.4 Концевые муфты внутренней установки фирмы Tyco Electronics Raychem GmbH

Номинальное напряжение U_0/U, кВ	Число жил	Сечение жил, мм²	Обозначение муфты без наконечников (* - с болтовыми наконечниками) L = 450 мм	L = 1200 мм
6/10	3	25-70	POLT-12C/3XI-H1	POLT-12C/3XI-H4
		25-50	POLT-12C/3XI-H1-L12*	POLT-12C/3XI-H4-L12*
		95-240	POLT-12D/3XI-H1	POLT-12D/3XI-H4
		70-120	POLT-12D/3XI-H1-L12A*	POLT-12D/3XI-H4-L12A*
		240-300	POLT-12E/3XI- H1	POLT-12E/3XI-H4
		120-240	POLT-12D/3XI-H1-L12B*	POLT-12D/3XI-H4-L12B*
	1	25-95	POLT-12C/1XI	
		25-70	POLT-12C/1XI-L12*	
		95-240	POLT-12D/1XI	
		70-150	POLT-12D/1XI-L12A*	
		120-240	POLT-12D/1XI-L12B*	
		240-500	POLT-12E/1XI	
		240-300	POLT-12E/1XI-L12*	
		500-800	POLT-12F/1XI	
12/20	3	25-50	POLT-24C/3XI-H1	POLT-24C/3XI-H4
		25-50	POLT-24C/3XI-H1-L12*	POLT-24C/3XI-H4-L12*
		70-185	POLT-24D/3XI-H1	POLT-24D/3XI-H4
		50-120	POLT-24D/3XI-H1-L12A*	POLT-24D/3XI-H4-L12A*
		120-185	POLT-24D/3XI-H1-L12B*	POLT-24D/3XI-H4-L12B*
		185-300	POLT-24E/3XI-H1	POLT-24E/3XI-H4
		150-300	POLT-24E/3XI-H1-L12*	POLT-24E/3XI-H4-L12*
	1	25-70	POLT-24C/1XI	
		25-70	POLT-24C/1XI-L12*	
		70-240	POLT-24D/1XI	
		50-150	POLT-24D/1XI-L12A*	
		120-240	POLT-24D/1XI-L12B*	
		185-400	POLT-24E/1XI	
		150-300	POLT-24E/1XI-L12*	
		400-800	POLT-24F/1XI	
20/35	3	50-120		POLT-42D/3XI-H4
		50-120		POLT-42D/3XI-H4-L12*
		120-300		POLT-42E/3XI-H4
		120-300		POLT-42E/3XI-H4-L12*
	1	50-120	POLT-42D/1XI	
		50-120	POLT-42D/1XI-L12*	
		120-300	POLT-42E/1XI	
		120-300	POLT-42E/1XI-L12*	
		300-500	POLT-42F/1XI	

Примечания:
1.Арматура для непаянного присоединения заземления трехжильных кабелей и одножильных кабелей с ленточным экраном заказывается отдельно.
2. Для трехжильных кабелей длина жил может быть определена по месту монтажа.
Минимальная длина жил:
320 мм для $U_0/U = 6/10$ кВ;
360 мм для $U_0/U = 12/20$ кВ;
600 мм для $U_0/U = 20/35$ кВ.
Для одножильных кабелей:
300 мм для $U_0/U = 6/10$ кВ;
340 мм для $U_0/U = 12/20$ кВ;
500 мм для $U_0/U = 20/35$ кВ.
3. Один комплект муфты для одножильных кабелей включает материалы для 3-х фаз.

Таблица 4.5 Концевые муфты внутр. установки ООО «ЭРГ»

Напряжение, кВ	Число жил	Сечение жил, мм²	Обозначение муфты
до 10	3	16-25	3КВТп-10М-16…25
		35-50	3КВТп-10М-35…50
		70-120	3КВТп-10М-70…120
		150-240	3КВТп-10М-150…240
до 10	1	70-120	КВТпО-10-70…120
		150-240	КВТпО-10-150…240
		300-400	КВТпО-10-300…400
		500-625	КВТпО-10-500…625

Таблица 4.6 Концевые муфты внутр. установки 3M™ QT II

Обозначение типа муфты	92-EB62-1	93-EB63-1	92-EB64-1
Номинальное напряжение U_0/U, кВ	6/10 и 8,7/15		
Число жил	1	1	1
Сечение жилы, мм² для кабеля на напряжение - 6/10 кВ - 8,7/15 кВ	 50-150 35-120	 185-500 150-400	 300-630 240-500

Примечание. В состав комплекта муфты входят все необходимые материалы для монтажа трех фаз, за исключением наконечников.

Таблица 4.7 Соединительные и ремонтные муфты фирмы Tyco Electronics Raychem GmbH

Номинальное напряжение U_0/U, кВ	Число жил	Сечение жил, мм²	Обозначение муфты для кабелей: без брони	с ленточной броней	с проволочной броней	Длина, мм	Диаметр, мм
Муфты с болтовыми соединителями							
6/10	3	25-70	POLJ 12/3x25-70	POLJ 12/3x25-70-T	POLJ 12/3x25-70-W	1100	80
		70-150	POLJ 12/3x70-150	POLJ 12/3x70-150-T	POLJ 12/3x70-150-W		90
		120-240	POLJ 12/3x120-240	POLJ 12/3x120-240-T	POLJ 12/3x120-240-W		100
	1	25-70	POLJ 12/1x25-70		POLJ 12/1x25-70-AW	450	45
		70-150	POLJ 12/1x70-150		POLJ 12/1x70-150-AW		55
		120-240	POLJ 12/1x120-240		POLJ 12/1x120-240-AW		65
12/20	3	25-70	POLJ 24/3x25-70	POLJ 24/3x25-70-T		1250	90
		70-150	POLJ 24/3x70-150	POLJ 24/3x70-150-T			100
		120-240	POLJ 24/3x120-240	POLJ 24/3x120-240-T			110
	1	25-70	POLJ 24/1x25-70		POLJ 24/1x25-70-AW	500	55
		70-150	POLJ 24/1x70-150		POLJ 24/1x70-150-AW		65
		120-240	POLJ 24/1x120-240		POLJ 24/1x120-240-AW		70
20/35	3	70-120	POLJ 42/3x70-120	POLJ 42/3x70-120-T	POLJ 42/3x70-120-W	2200	150
		120-240	POLJ 42/3x120-240	POLJ 42/3x120-240-T	POLJ 42/3x120-240-W		180
	1	70-120	POLJ 42/1x70-120		POLJ 42/1x70-120-AW	850	70
		120-240	POLJ 42/1x120-240		POLJ 42/1x120-240-AW		75
Муфты без соединителей							
6/10	3	25-35	SXSU 4302	SXST 4303	SXSW 4304	1450	90
		50-70	SXSU 4312	SXST 4313	SXSW 4314		90
		95-185	SXSU 4322	SXST 4323	SXSW 4324		100
		240-300	SXSU 4332	SXST 4333	SXSW 4334	1500	110
	1	50-70	SXSU 4111			550	45
		95-150	SXSU 4121			600	55
		185-300	SXSU 4131			650	65
		400-630	SXSU 4141			750	75
12/20	3	25	SXSU 5302-CEE04			1450	90
		35-95	SXSU 5322			1500	100
		120-240	SXSU 5332				110
		300	SXSU 5342				110
	1	35-95	SXSU 5121			600	60
		120-240	SXSU 5131			650	70
		300-500	SXSU 5141			750	80
20/35	1	50-70	SXSU 6121			850	65
		95-150	SXSU 6131				70
		185-400	SXSU 6141				80
Ремонтные муфты							
6/10	3	35-95	REPJ-12A/3XU			2000	90
		120-185	REPJ-12B/3XU			2000	100
		240-300	REPJ-12C/3XU			2100	110
	1	35-95	REPJ-12A/1XU			1200	50
		120-185	REPJ-12B/1XU				55
		240-400	REPJ-12C/1XU				70
12/20	3	25-50	REPJ-24A/3XU			2000	90
		70-120	REPJ-24B/3XU			2000	100
		150-240	REPJ-24C/3XU			2100	110
	1	25-50	REPJ-24A/1XU			1200	50
		70-120	REPJ-24B/1XU				55
		150-240	REPJ-24C/1XU				70
20/35	1	95-150	REPJ-36B/1XU			1200	55
		185-300	REPJ-36C/1XU				70
Переходные муфты от трехжильного кабеля к одножильному кабелю							
6/10		35-70	EPKJ-12A/1XU-3XU			1000	90
		95-185	EPKJ-12B/1XU-3XU			1100	130
		240-300	EPKJ-12C/1XU-3XU				160
12/20		35-70	EPKJ-24B/1XU-3XU				90
		95-240	EPKJ-24C/1XU-3XU				130
		300	EPKJ-24D/1XU-3XU				160

Примечания:
1. В таблице приведено обозначение муфт для кабелей с проволочным экраном.
Возможно изготовление муфт для кабелей с ленточным экраном.
2. Размеры соединительных муфт приведены для муфт небронированных кабелей.

Таблица 4.8 Соединительные и ремонт. муфты ООО «ЭРГ»

Напряжение, кВ	Число жил	Сечение жил, мм²	Обозначение муфты
до 10	3	16-25	3СТп-10М-16…25
		35-50	3СТп-10М-35…50
		70-120	3СТп-10М-70…120
		150-240	3СТп-10М-150…240
до 10	3	35-50	3СТп-10У-35…50
		70-120	3СТп-10У-70…120
		150-240	3СТп-10У-150…240
до 10	1	70-120	СТп0-10-70…120
		150-240	СТп0-10-150…240
		300-400	СТп0-10-300…400
		500-625	СТп0-10-500…625

Таблица 4.9 Соединительные и рем. муфты 3M™ QS 1000

Обозначение типа муфты	92-AG611-1	92-AG621-1	92-AG631-1
Номинальное напряжение U_0/U, кВ	6/10 и 8,7/15		
Число жил	1	1	1
Сечение жилы, мм² для кабеля на напряжение: - 6/10 кВ - 8,7/15 кВ	70-150 50-150	185-240 150-240	300-400 300-400

Примечание. В состав комплекта муфты входят все необходимые материалы для монтажа, за исключением соединителя. Выпускаются также соединительные муфты для трехжильных кабелей (типа 92-AG6X0-3 для кабелей с отдельными экранами, типа 92-AGX1-3 для кабелей с общим экраном) и дополнительные комплекты для выполнения переходов от трехжильных кабелей к трем одножильным кабелям.

Таблица 4.10 Переходные муфты фирмы Tyco Electronics Raychem GmbH

Номинальное напряжение U_0/U, кВ	Сечение жил, мм², кабеля с изоляцией: пластмассовой	бумажной пропитанной	Обозначение муфты	Длина, мм	Диаметр, мм
Переходные муфты с болтовыми соединителями для соединения одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена и трехжильных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией в общей оболочке					
3,6/6 и 6/10	35-50	35-50	TRAJ 12/1x35-50	950	90
	70-150	70-120	TRAJ 12/1x70-120		120
	150-240	150-240	TRAJ 12/1x150-240		140
12/20	70-150	70-150	TRAJ 24/1x70-150-3SB	1200	120
	120-240	120-240	TRAJ 24/1x120-240-3SB		140
Переходные муфты с болтовыми соединителями для соединения трехжильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена и трехжильных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией в общей оболочке					
3,6/6 и 6/10	35-50	35-50	TRAJ 12/3x35-50	1050	90
	70-120	70-120	TRAJ 12/3x70-120	1250	120
	150-240	150-240	TRAJ 12/3x150-240	1250	140
Переходные муфты без соединителей для соединения одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена и трехжильных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией в общей оболочке					
6/10	35-70	35-70	EPKJ-17A/1XU-3SB	1450	90
	95-185	95-185	EPKJ-17B/1XU-3SB		130
	240-400	240-400	EPKJ-17C/1XU-3SB		160
	95-185	35-95	SMOE 61200		130
	185-300	95-185	SMOE 61303		140
12/20	35-70	35-70	EPKJ-24B/1XU-3SB	1450	90
	95-240	95-240	EPKJ-24C/1XU-3SB		130
	300-400	300-400	EPKJ-24D/1XU-3SB		160
	95-240	35-95	SMOE 61733		135
20/35	50-70	50-70	EPKJ-36A/1XU-3SB	1450	100
	95-150	95-150	EPKJ-36B/1XU-3SB		140
	185-400	185-400	EPKJ-36C/1XU-3SB		160
Переходные муфты без соединителей для соединения трехжильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена и трехжильных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией в общей оболочке					
6/10	35-70	35-70	EPKJ-17A/3XU-3SB	1450	90
	95-185	95-185	EPKJ-17B/3XU-3SB		130
	240-400	240-400	EPKJ-17C/3XU-3SB		160
	95-185	35-95	SMOE 61600		150
Переходные муфты с болтовыми соединителями для соединения одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена и трехжильных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией с жилами в отдельных оболочках					
6/10	35-70	35-70	TRAJ 12/1x35-70-3HL	1000	90
	70-150	70-150	TRAJ 12/1x70-150-3HL		120
	120-240	120-240	TRAJ 12/1x120-240-3HL		140
12/20	35-70	35-70	TRAJ 24/1x35-70-3HL	1000	90
	70-150	70-150	TRAJ 24/1x70-150-3HL		120
	120-240	120-240	TRAJ 24/1x120-240-3HL		140
20/35	70-120	70-120	TRAJ 42/1x70-120-3HL	1250	130
	120-240	120-240	TRAJ 42/1x120-240-3HL		150
Переходные муфты без соединителей для соединения одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена и трехжильных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией с жилами в отдельных оболочках					
6/10	35-70	35-70	RPKJ-24A/1XU-3HL-CEE01	1200	90
	95-185	95-185	RPKJ-24B/1XU-3HL-CEE01		130
	185-300	185-300	RPKJ-24C/1XU-3HL-CEE01		160
12/20	25-95	25-95	RPKJ-24B/1XU-3HL-CEE01	1200	90
	95-240	95-240	RPKJ-24C/1XU-3HL-CEE01		130
	240-400	240-400	RPKJ-24D/1XU-3HL-CEE01		150
20/35	50-70	50-70	EPKJ-36A/1XU-3HL	1450	90
	95-150	95-150	EPKJ-36B/1XU-3HL		130
	185-400	185-400	EPKJ-36C/1XU-3HL		160
Переходные муфты без соединителей для соединения трехжильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена и трехжильных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией с жилами в отдельных оболочках					
12/20	35-70	35-70	EPKJ-24B/3XU-3HL	1700	90
	95-240	95-240	EPKJ-24C/3XU-3HL		130
	300	300	EPKJ-24D/3XU-3HL		160
Переходные муфты без соединителей для соединения одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена и одножильных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией					
12/20	35-70	35-70	EPKJ-24B/1XU-1HL	850	50
	95-240	95-240	EPKJ-24C/1XU-1HL	950	65
20/35	95-150	95-150	EPKJ-36B/1XU-1HL	1050	70
	185-400	185-400	EPKJ-36C/1XU-1HL	1050	80

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 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 на напряжение от 6 до 35 кВ приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 Виды испытаний и обьем контроля кабельных линий

Виды испытаний	Виды контроля		
	П	К	М
1. Испытание изоляции кабелей повышенным напряжением	+	+	+
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. Проверка заземляющего устройства (измерение сопротивления заземления)	+	+	-
7. Испытание пластмассовой оболочки кабелей повышенным выпрямленным напряжением	+	+	+

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, 5.1.3.1в.

5.1.3.1 Испытание изоляции кабелей повышенным напряжением

а) испытание напряжением промышленной частоты

В соответствии с требованиями международного стандарта МЭК 60502-2, 2005 изоляция кабелей после прокладки должна выдержать испытание напряжением промышленной частоты одним из следующих способов:

1) номинальным линейным напряжением сети $U = (6; 10; 15; 20; 30; 35)$ кВ, приложенным между жилой кабеля и медным экраном. Продолжительность испытания 5 мин;

2) номинальным фазным напряжением сети $U_0 = (3{,}6; 6; 8{,}7; 12; 18; 20{,}2)$ кВ в течение 24 ч.

Способ испытания выбирается по согласованию с изготовителем.

б) испытание выпрямленным напряжением

Это испытание допускается взамен испытания по 5.1.3.1а.

б.1) испытание в соответствии с СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 и РД 34.45-51.300-97

В соответствии с СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 «Норми випробування електрообладнання» и РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования» для кабелей на напряжение 6 кВ и 10 кВ, испытательное напряжение составляет:

Вид испытаний	Испытательное напряжение, кВ для кабелей на номинальное напряжение, кВ	
	6	10
при первом включении (П)	36	60
при капитальном ремонте (К)	36	60
в эксплуатации (М)	36	60

При этом длительность приложения полного испытательного напряжения при приемо-сдаточных испытаниях составляет 10 мин., а в процессе эксплуатации – 5 мин.

б.2) испытание в соответствии с МЭК 60502-2, 2005

В соответствии с требованиями международных стандартов (IEC и др.) испытание напряжением 6 U_0 (в соответствии с 5.3.3.1б.1) не рекомендуется проводить, т.к. такое испытание является разрушающим и может привести к снижению срока службы кабельных линий и в первую очередь кабельных муфт.

Международный стандарт МЭК 60502-2, 2005 рекомендует испытание выпрямленным напряжением, длительность приложения полного испытательного напряжения 15 мин.

Номинальное напряжение U, кВ	6	10	15	20	30	35
Испытательное напряжение, кВ	14,4	24	34,8	48	72	80,8

При проведении испытания ток утечки должен уменьшаться и стабилизироваться. Если не происходит уменьшения тока утечки, а также при его увеличении или нестабильности тока испытание следует производить до выявления дефекта, но не более чем 15 мин.

При испытании напряжение прикладывается поочередно к каждому кабелю, при этом остальные фазы и все экраны должны быть заземлены.

После испытаний необходимо заземлить жилу на время не менее 1 ч.

в) Испытание переменным напряжением частотой 0,1 Гц

Это испытание допускается взамен испытания по 5.1.3.1а или 5.1.3.1б.

Испытание проводится переменным напряжением, частотой 0,1 Гц, приложенным к каждой фазе в течение 15 минут.

Номинальное напряжение U, кВ	6	10	15	20	30	35
Испытательное напряжение, кВ	18	30	45	60	90	105

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

Испытание проводится для линий на напряжение 20, 30 и 35 кВ. Сопротивление жил кабелей постоянному току при температуре 20 °С, приведенное к 1 км длины,Ом, должно соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.2.

Таблица 5.2 Сопротивление жил кабелей постоянному току

Материал жилы	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	800
алюминий	0,868	0,641	0,443	0,320	0,253	0,206	0,164	0,125	0,100	0,0778	0,0605	0,0367
медь	0,524	0,387	0,268	0,193	0,153	0,124	0,0991	0,0754	0,0601	0,0470	0,0366	0,0221

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

Испытание проводится для линий на напряжение 20, 30 и 35 кВ. 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 % [19].

5.1.3.6 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.

5.1.3.7 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.

5.2 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 удается 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 (не более 160 кВ во избежание пробоя кабеля в другом месте), 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 п.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 перекатывать 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 от 6 до 35 кВ с использованием кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена

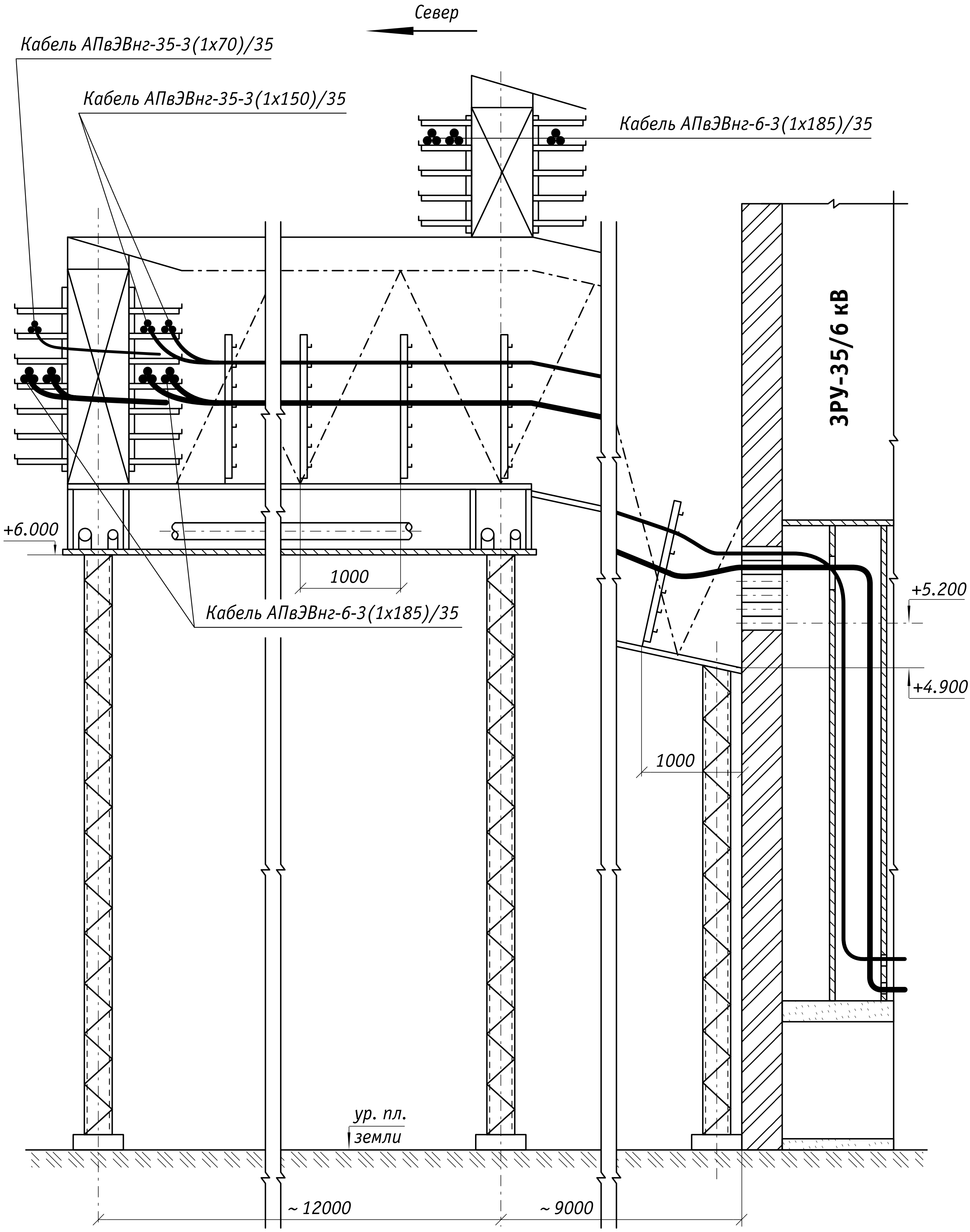


Рисунок А.1 Разрез кабельной галереи, совмещенной с промпроводками с указанием расположения кабелей 110, 35 и 6 кВ. Кабели однофазные с изоляцией из сшитого полиэтилена

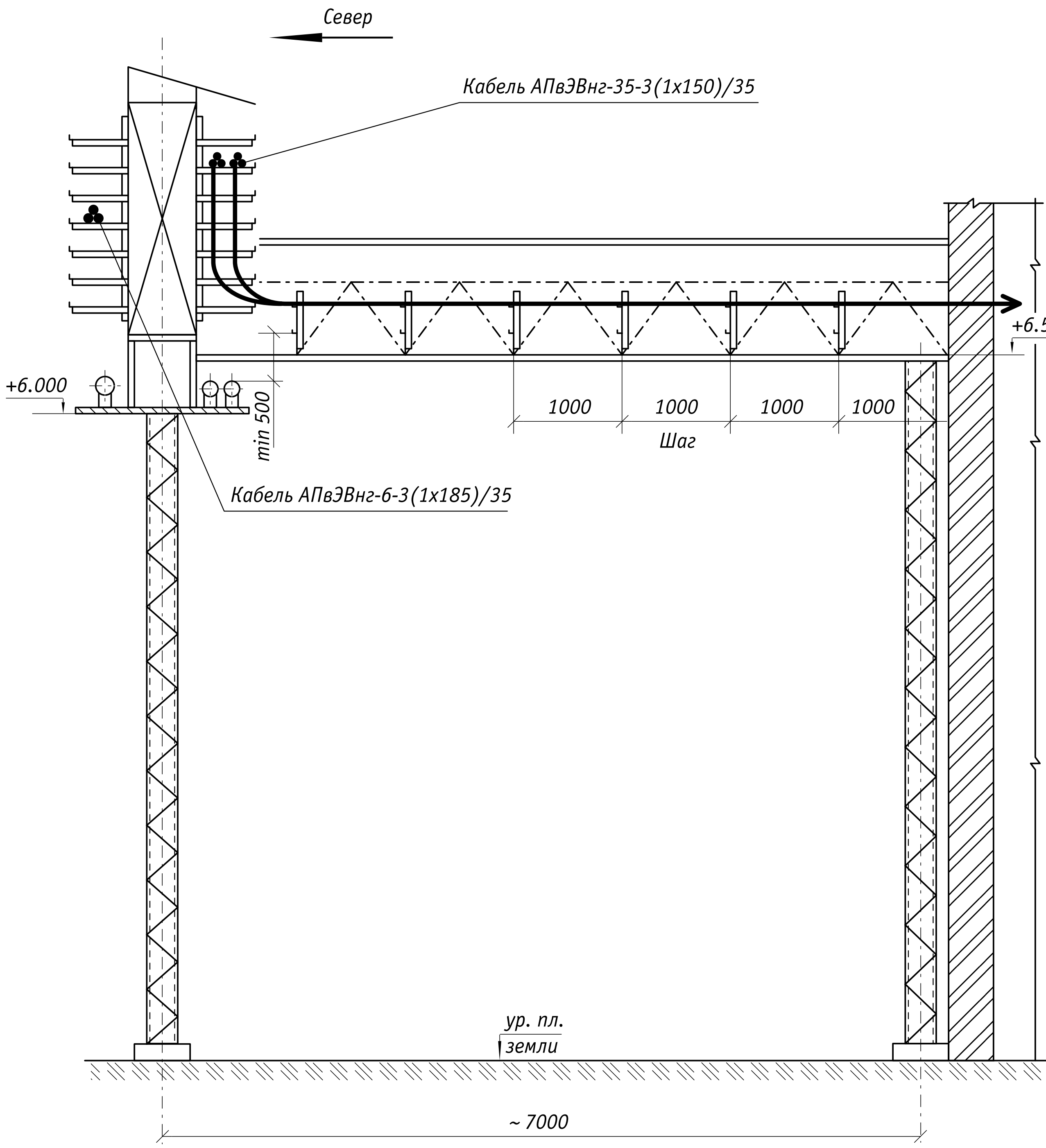


Рисунок А.2 Разрезы продольный и поперечный не проходных кабельных эстакад с указанием прокладки кабелей 35 и 6 кВ. Кабели однофазные с изоляцией из сшитого полиэтилена

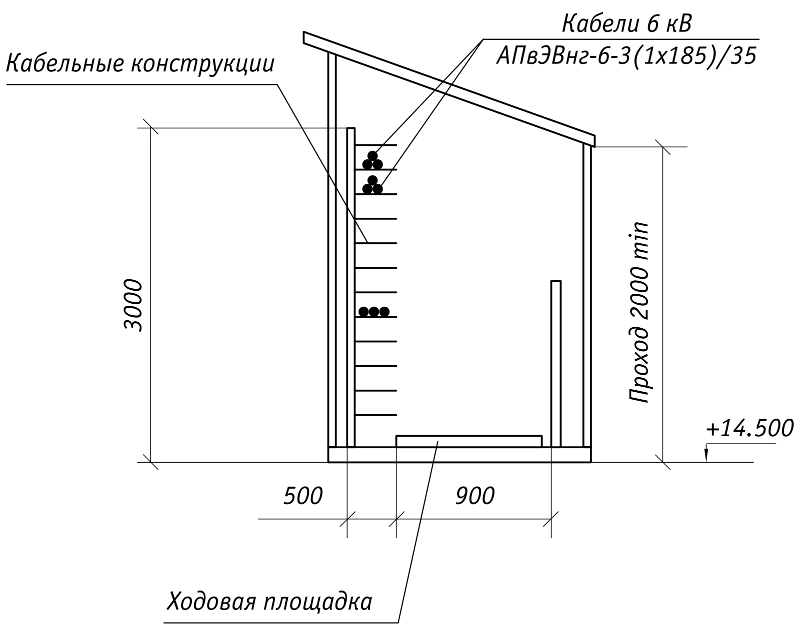


Рисунок А.3 План и разрез с указанием прокладки одножильных кабелей 6 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена

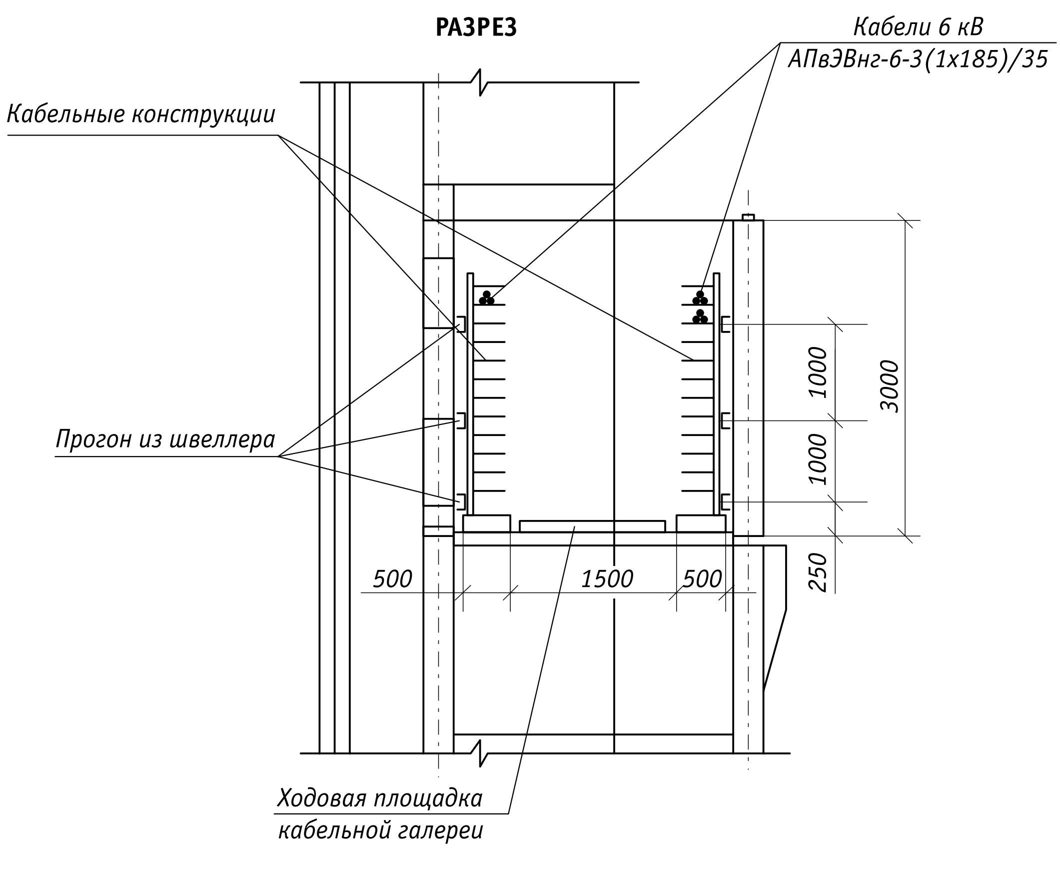


Рисунок А.4 Разрезы с указанием прокладки одножильных кабелей 35 и 6 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена

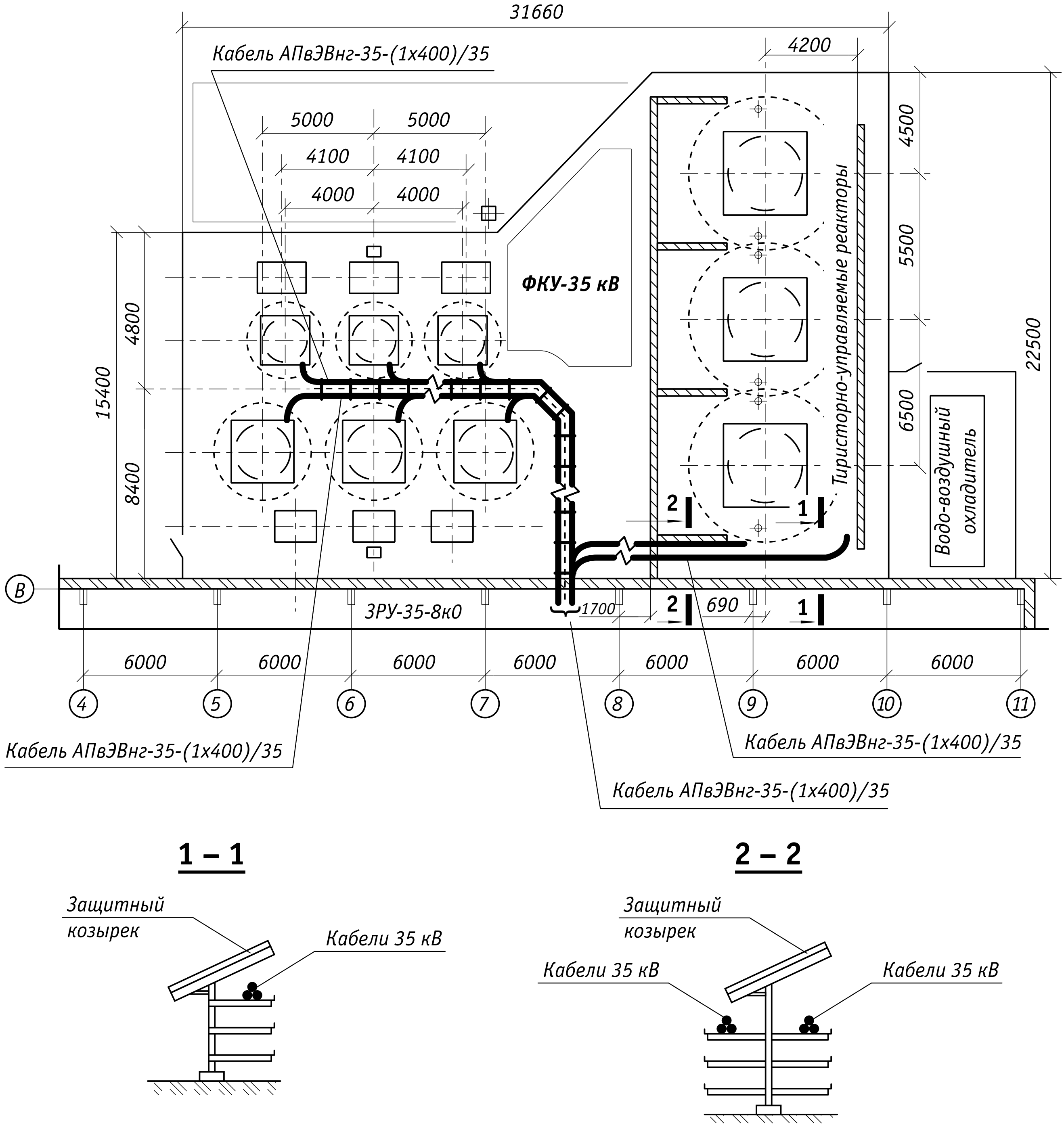


Рисунок А.5 План и разрез с указанием кабельных вставок между шинами. Кабели 35 кВ одножильные с изоляцией из сшитого полиэтилена

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Соответствие марок кабелей ЗАО «Завод «Южкабель» и кабелей других производителей

Украина	Россия	Германия	Польша
ПвЭВ	ПвВ	N2XSY, N2XSEY (2XSY, 2XSEY)	YHKXS
ПвЭВнг	ПвВнг	N2XSY, N2XSEY (2XSY, 2XSEY)	YnHKXS
ПвЭгП	ПвПг	N2XS(F)2Y (2XS(F)2Y)	XUHKXS
ПвЭгПу	ПвПуг	N2XS(F)2Y (2XS(F)2Y)	XUHKXS
ПвЭгаП	ПвП2г	N2XS(FL)2Y (2XS(FL)2Y)	XRUHKXS
ПвЭгаПу	ПвПу2г	N2XS(FL)2Y (2XS(FL)2Y)	XRUHKXS
ПвЭВнгд	ПвВнг-LS	-	YnHKXS
ПвЭгВнг	-	N2XSY, N2XSEY (2XSY, 2XSEY)	YnUHKXS
ПвЭгаВнг	-	N2XS(FL)2Y	YnRUHKXS
ПвЭБВ	-	N2XSEB2Y	-
ПвЭБВнг	-	N2XSEB2Y	-
ПвЭБП	-	N2XSEBY	-
ПвЭгПнг	-	-	XnUHKXSxn
ПвЭгПнг-HF	-	N2XS(F)H, N2XSE(F)H	NUHKXSn
ПвЭБПнг-HF	-	N2XSBH	-
ПвЭКПнг-HF	-	N2XSRH	-
АПвЭВ	АПвВ	NA2XSY, NA2XSEY (A2XSY, A2XSEY)	YHAKXS
АПвЭВнг	АПвВнг	NA2XSY, NA2XSEY (A2XSY, A2XSEY)	YnHAKXS
АПвЭгП	АПвПг	NA2XS(F)2Y (A2XS(F)2Y)	XUHAKXS
АПвЭгПу	АПвПуг	NA2XS(F)2Y (A2XS(F)2Y)	XUHAKXS
АПвЭгаП	АПвП2г	NA2XSF(L)2Y, NA2XS(FL)2Y	XRUHAKXS
АПвЭгаПу	АПвПу2г	NA2XSF(L)2Y, NA2XS(FL)2Y	XRUHAKXS
АПвЭВнгд	—	-	YnHAKXS
АПвЭгВнг	-	NA2XSY, NA2XSEY (A2XSY, A2XSEY)	YnUHAKXS
АПвЭгаВнг	-	NA2XS(FL)2Y	YnRUHAKXS
АПвЭБВ	-	NA2XSEB2Y	-
АПвЭБВнг	-	NA2XSEB2Y	-
АПвЭБП	-	NA2XSEBY	-
АПвЭгПнг	-	-	XnUHAKXSxn
АПвЭгПнг-HF	-	NA2XS(F)H	NUHAKXSn
АПвЭБПнг-HF	-	NA2XSBH	-
АПвЭКПнг-HF	-	NA2XSRH	-

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Коэффициент, зависящий от расстояния между фазами кабелей, проложенных в плоскости

e/D	0	0,75	1	1,5	2	3
Кабели на воздухе	0,80	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00

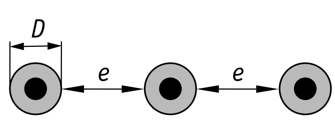


Рисунок В.1

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. - 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1987.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей/ Москва, Энергоатомиздат, 1989.
3. ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей. Утв. приказом Госнадзорохрантруда от 09.01.98 № 4 / Киев, 1998.
4. СНиП 3.05.06-85. Электротехнические устройства/Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
5. 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.
6. Бачелис Д.С. и др. Электрические кабели, провода и шнуры (справочник). Под общ. ред. Н.И. Белоруссова. Изд. 3-е, перераб. М., «Энергия», 1971.
7. CEI IEC 60502-2, 2005 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 6 kV (Um = 7,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV)
8. CEI IEC 60183:1984, Guide to the selection of high-voltage cables
9. CEI IEC 60287, Electric cables — Calculation of the current rating
10. ГОСТ 29322-92 «Стандартные напряжения»
11. ТУ У 31.3-00214534-017-2003 «Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение от 6 до 35 кВ»
12. Каталоги и рекламные материалы Tyco Electronics Energy Division, 3M, ООО «ЭРГ»
13. 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.
14. ГКД 34.20.507-2003 «Технічна експлуатація електричних станцій і мереж Правила», Київ, 2003
15. «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации», Москва, 2003.
16. ДБН В.2.5-27-2006 «Захисні міри електробезпеки в електроустаткуваннях будівель та споруд».

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ, ПРОКЛАДКЕ, МОНТАЖУ, ИСПЫТАНИЯМ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА НА НАПРЯЖЕНИЕ ОТ 6 ДО 35 кВ.

Редактор В. Я. Суббота
Технический редактор В. П. Карпушенко
Художник Н. И. Прокопенко

Корректор И. Н. Загоруйко
Подписано к печати 28.08.2007 г. Формат 64х90 1/8
Бумага мелованная 115 г/кв.см. Печать офсетная.
Усл. печ. лист. 16,3
Тираж 1500 экз. Заказ № 57
Издательство «Майдан»
Печать ООО «Полиграфпроектсервис»
г. Харьков, ул. Гагарина, 1.