Некоммерческое Партнерство «Инновации в электроэнергетике»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СТО 70238424.29.240.20.010-2011

СИЛОВЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 110-500 КВ УСЛОВИЯ СОЗДАНИЯ НОРМЫ И ТРЕБОВАНИЯ

Дата введения – 2011-12-01

Издание официальное

Москва
2011

gost.e-ecolog.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним – ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации – ГОСТ Р 1.5-2004.

СВЕДЕНИЯ О СТАНДАРТЕ

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Научно-технический центр электроэнергетики» (ОАО «НТЦ электроэнергетики)

2 ВНЕСЕН Комиссией по техническому регулированию НП «ИНВЭЛ»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом НП «ИНВЭЛ» от 01.11.2011 № 109/4

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© НП «ИНВЭЛ», 2011

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения НП «ИНВЭЛ»

Содержание

1 Область применения ... 1
2 Нормативные ссылки ... 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения ... 3
4 Общие требования ... 5
5 Требования к выбору номинального сечения жил и экранов в зависимости от токовых нагрузок ... 13
6 Способы заземления экранов кабелей ... 16
7 Электромагнитная совместимость кабельных линий ... 20
8 Заземление ... 22
9 Электрические характеристики кабелей ... 22
10 Требования к способам прокладки кабелей ... 24
11 Испытание оболочки кабеля и ремонт оболочки ... 45
12 Химическая устойчивость наружных оболочек ... 46
13 Правила безопасности при прокладке кабельных линий ... 46
14 Оценка соответствия проектной и кабельной продукции требованиям заказчика ... 46
Приложение А (справочное) Пример технических условий для подготовки задания на проектирование кабельных линий высокого напряжения ... 49
Приложение Б (справочное) Примерная структура задания на разработку рабочего проекта «Кабельно-воздушная линия 110 кВ от подстанции ПС1 до подстанции ПС2 (проектные и изыскательские работы)» ... 55
Приложение В (рекомендуемое) Состав проекта кабельной линии высокого напряжения ... 63
Приложение Г (рекомендуемое) Примерный перечень приемо-сдаточных документов, передаваемых генеральным подрядчиком эксплуатирующей организации при приемке кабельной линии в эксплуатацию ... 65
Приложение Д (справочное) Пример выбора номинального сечения токопроводящей жилы и экрана кабеля высокого напряжения ... 72
Приложение Е (справочное) Перечень веществ, вредно воздействующих на оболочки кабелей ... 77
Приложение Ж (справочное) Классификация кабельных муфт ... 79
Приложение И (рекомендуемое) Примеры различных способов прокладки кабельных линий высокого напряжения ... 81
Приложение К (рекомендуемое) Примеры крепления кабелей на металлоконструкции ... 85
Приложение Л (справочное) Примеры прокладки кабелей в местах их соединения ... 87
Приложение М (рекомендуемое) Сезонные температуры грунтов на глубине прокладки кабелей в зависимости от географического места расположения объекта энергетики ... 91
Библиография ... 93

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Силовые кабельные линии напряжением 110-500 кВ
Условия создания
Нормы и требования

Дата введения – 2011-12-01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт определяет нормы и требования по созданию кабельных линий классов напряжения от 110 до 500 кВ на основе кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена одножильного исполнения.

1.2 Настоящий стандарт предназначен для применения:

- при создании (проектировании, составлении проекта организации строительства и проекта производства работ и сооружении) кабельных линий электропередачи в электрических сетях номинальным напряжением от 110 до 500 кВ частотой 50 Гц различного назначения.
- при создании кабельных линий классов напряжения от 110 до 500 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена предназначены для передачи и распределения электрической энергии в электрических сетях номинальным напряжением от 110 до 500 кВ частотой 50 Гц.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие законодательные акты и стандарты:

Федеральный закон РФ «О техническом регулировании» № 184-ФЗ

Федеральный закон РФ «Об электроэнергетике» № 35-ФЗ

Федеральный закон РФ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» №123 – ФЗ

Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию. Утверждено Постановлением Правительства РФ №87 от 16.02.2008 г. «О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию»

ГОСТ Р 50571.3-94 (МЭК 364-4-41-92) Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током.

ГОСТ Р 50571.8-94 (МЭК 364-4-47-81) Требования по обеспечению безопасности. Общие требования по применению мер защиты для обеспечения безопасности. Требования по применению мер защиты от поражения электрическим током.

ГОСТ 18690-82 Кабели, провода, шнуры и кабельная арматура. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

ГОСТ 15150-69 Машины приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия

эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

ГОСТ Р 1.4-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения

ГОСТ Р 1.5-2004 Стандарты национальные РФ. Правила построения, изложения, оформления и обозначения

ГОСТ Р МЭК 60287-3-2-2011 Кабели электрические. Расчет номинальной токовой нагрузки. Часть 3-2. Разделы, касающиеся условий эксплуатации. Экономическая оптимизация размера силовых кабелей

ГОСТ Р МЭК 60287-3-3-2011 Кабели электрические. Расчет номинальной токовой нагрузки. Часть 3-3. Разделы, касающиеся условий эксплуатации. Кабели, пересекающие внешние источники тепла

ГОСТ Р МЭК 60287-2-2-2009 Кабели электрические. Расчет номинальной токовой нагрузки. Часть 2-2. Тепловое сопротивление. Метод расчета коэффициентов снижения допустимой токовой нагрузки для групп кабелей, проложенных на воздухе и защищенных от прямого солнечного излучения

ГОСТ Р МЭК 60287-1-2-2009 Кабели электрические. Расчет номинальной токовой нагрузки. Часть 1-2. Уравнения для расчета номинальной токовой нагрузки (100 %-ный коэффициент нагрузки) и расчет потерь. Коэффициенты потерь, обусловленных вихревыми токами в оболочке, для двух цепей, расположенных в одной плоскости

ГОСТ Р МЭК 60287-1-1-2009 Кабели электрические. Вычисление номинальной токовой нагрузки. Часть 1-1. Уравнения для расчета номинальной токовой нагрузки (100 %-ный коэффициент нагрузки) и расчет потерь. Общие положения

ГОСТ Р МЭК 60287-1-3-2009 Кабели электрические. Расчет номинальной токовой нагрузки. Часть 1-3. Уравнения для расчета номинальной токовой нагрузки (100 %-ный коэффициент нагрузки) и расчет потерь. Распределение тока между одножильными кабелями, расположенными параллельно, и расчет потерь, обусловленных циркулирующими токами

ГОСТ Р МЭК 60287-2-1-2009 Кабели электрические. Расчет номинальной токовой нагрузки. Часть 2-1. Тепловое сопротивление. Расчет теплового сопротивления

ГОСТ Р МЭК 60840-2011 Кабели силовые с экструдированной изоляцией и арматура к ним на номинальное напряжение свыше 30 кВ (U (индекса m) = 36 кВ) до 150 кВ (U (индекса m) = 170 кВ). Методы испытаний и требования к ним

ГОСТ Р МЭК 62067-2011 Кабели силовые с экструдированной изоляцией и арматура к ним на номинальное напряжение свыше 150 кВ (U (индекса m) = 170 кВ) до 500 кВ (U (индекса m) = 550 кВ). Методы испытаний и требования к ним

ГОСТ Р МЭК 60949-2009 Расчет термически допустимых токов короткого замыкания с учетом неадиабатического нагрева

ГОСТ 18599-2001 Трубы напорные из полиэтилена.

ГОСТ Р 53315-2009 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности.

СТО 70238424.27.010.001-2008 Электроэнергетика. Термины и определения

СТО 17230282.27.010.002-2008 Оценка соответствия в электроэнергетике

Примечание – При пользовании настоящим Стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим Стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины в соответствии СТО 70238424.27.010.001-2008, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **грозовые перенапряжения**: Перенапряжения, возникающие в результате воздействия на электрическую установку разрядов молнии.

3.1.2 **групповая прокладка (**с позиций пожарной опасности**):** Ряд кабелей с расстоянием по воздуху в свету между ними не более 300 мм.

3.1.3 **длительно допустимая токовая нагрузка кабельной линии**: Максимальная токовая нагрузка, определяемая длительно допустимой температурой изоляции из сшитого полиэтилена на поверхности токопроводящей жилы.

3.1.4 **кабельная галерея**: Надземное или наземное закрытое полностью или частично (например, без боковых стен) горизонтальное или наклонное протяженное проходное кабельное сооружение.

3.1.5 **кабельная камера**: Подземное кабельное сооружение, закрываемое глухой съемной бетонной плитой, предназначенное для укладки кабельных муфт или для протяжки кабелей в трубных переходах. Камера, имеющая люк для входа в нее, называется кабельным колодцем.

3.1.6 **кабельный колодец**: Подземное кабельное сооружение, имеющее люк для входа в него, предназначенное для укладки кабельных муфт.

3.1.7 **кабельный туннель**: Закрытое кабельное сооружение (коридор) с расположенными в нем опорными конструкциями для размещения на них кабелей и кабельных муфт, со свободным проходом по всей длине, позволяющим производить прокладку кабелей, ремонты и осмотры кабельных линий.

3.1.8 **кабельная шахта**: Закрытое вертикальное протяженное проходное (снабженное по всей высоте скобами или лестницей) или непроходное (со съемной полностью или частично стеной или дверями (люками) на каждом этаже) сооружение с кабельными конструкциями.

3.1.9 **кабельный этаж**: Часть здания, ограниченная полом и перекрытием или покрытием, с расстоянием между полом и выступающими частями перекрытия или покрытия не менее 1,8 м.

3.1.10 **кабельная эстакада**: Надземное или наземное открытое горизонтальное или наклонное протяженное кабельное сооружение. Кабельная эстакада может быть проходной или непроходной.

3.1.11 **лоток**: Железобетонная конструкция, предназначенная для прокладки на ней кабелей; лоток является защитой от внешних механических повреждений проложенных на нем кабелей.

3.1.12 **максимальное линейное напряжение:** Наибольшее значение напряжения промышленной частоты между двумя токопроводящими жилами, выдерживаемое в рабочем режиме в любой момент и в любой точке системы; в это понятие не входят кратковременные изменения напряжения (перенапряжения) при повреждениях системы или при внезапном отключении нагрузки.

3.1.13 **огнезащита:** Снижение пожарной опасности материалов и конструкций путем специальной обработки или нанесения покрытия (слоя).

3.1.14 **огнезащитное кабельное покрытие:** Полученный в результате огнезащитной обработки слой на поверхности кабельной линии.

3.1.15 **огнезащитная обработка:** Нанесение огнезащитного состава на поверхность объекта огнезащиты (окраска, обмазка, напыление, поверхностная пропитка и т.п.).

3.1.16 **огнестойкость:** Параметр, характеризующий работоспособность кабельного изделия, т.е. способность кабельного изделия продолжить выполнять заданные функции при воздействии и после воздействия источником пламени в течении заданного периода времени.

3.1.17 **одиночная прокладка** (с позиций пожарной опасности)**:** Одиночный кабель или ряд кабелей, расстояние по воздуху в свету от которых до ближайшего кабеля превышает 300 мм.

3.1.18 **перегрузка кабельной линии**: Превышение длительно допустимой токовой нагрузки кабеля в нормальном или аварийном режиме работы кабельной линии.

3.1.19 **предельно допустимая рабочая температура**: Максимальная температура на поверхности токопроводящей жилы, определяемая допустимой температурой изоляции из сшитого полиэтилена.

3.1.20 **рабочий (расчетный) ток кабеля**: Ток, принятый для кабеля на стадии его проектирования.

3.1.21 **система защиты от перенапряжений**: Совокупность мероприятий и технических средств (устройства заземления, защитные аппараты), снижающих негативное воздействие перенапряжений на электроустановки.

3.1.22 **тип исполнения кабеля** (с позиций пожарной опасности): Группа однородной кабельной продукции, характеризующаяся общей совокупностью нормированных показателей пожарной опасности.

3.1.23 **трубный переход**: Кабельное сооружение с трубами для прокладки в них кабелей с относящимися к нему колодцами (или без них).

3.1.24 **частичные разряды:** Локализованный электрический разряд, частично шунтирующий изоляцию между проводниками и, который может возникать как в прилегающих, так и в не прилегающих к проводнику объемах изоляции.

3.2 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие обозначения и сокращения:

ВЛ - воздушная линия;
ВКРУЭ - ввод кабельный в распределительное устройство элегазовое
КЛ - кабельная линия;
КРУ - комплектное распределительное устройство;
КСПЭ - кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена;
КВЛ - кабельно-воздушная линия;
КМ - концевая муфта;
КРУЭ - комплектное распределительное устройство элегазовое;
КЗ - короткое замыкание;
ОКЗ - однофазное короткое замыкание;
ОРУ - открытое распределительное устройство;
ОПН - нелинейный ограничитель перенапряжений;
СПЭ - сшитый полиэтилен;
СМ - соединительная муфта;
ПВХ - поливинилхлорид;
ПЭ - полиэтилен;
ПП - переходной пункт для соединения воздушной линии с кабельной;
ПОС - проект организации строительства;
ППР - проект производства работ;
ПС - подстанция;
ТЗ - техническое задание;
ТУ - технические условия;
ЭМС - электромагнитная совместимость;
ЭМП - электромагнитное поле;
МП - магнитное поле;
U - линейное напряжение;
U_0 - фазное напряжение;
$U_м$ - максимальное линейное напряжение;
$D_н$ - наружный диаметр кабеля.

4 Общие требования

4.1 Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена предназначены для передачи и распределения электрической энергии в электрических сетях классов напряжений от 110 до 500 кВ частотой 50 Гц и эксплуатации при воздействиях различных климатических факторов и условий прокладки, на трассах без ограничения разности уровней.

4.2 КСПЭ предназначены для прокладки стационарных трасс без ограничения уровней при температуре окружающей среды:

- от минус 50 до плюс 50°С - для кабелей марок ПвП, АПвП, ПвПу, АПвПу;
- от минус 40 до плюс 50°С - для кабелей марок ПвВнг, АПвВнг.

Кабели всех марок предназначены для эксплуатации при относительной влажности воздуха до 98 % при температуре до плюс 35°С.

4.3 Дополнительные области и условия применения кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена.

4.3.1 Кабели марок ПвП, АПвП, ПвПу и АПвПу предназначены для эксплуатации в стационарном состоянии при прокладке в земле (в траншеях) или бетонных лотках независимо от степени коррозионной активности грунтов и вод, если кабель защищен от механических повреждений.

Кабели указанных марок с индексом «г» или «2г» предназначены для прокладки в грунтах с повышенной влажностью и сырых, частично затапливаемых сооружениях, при соблюдении мер, исключающих механическое повреждение кабеля.

Кабели марок ПвПу и АПвПу предназначены для прокладки на трассах сложной конфигурации, где при прокладке кабелей по трассе КЛ множество поворотов, влияющих на допустимое тяжение кабеля, а также возможно механическое повреждение кабеля при его монтаже и эксплуатации.

Кабели могут быть проложены в воде при условии защиты от внешних механических воздействий, что должно определяться отдельным проектным решением, согласованным с предприятием-изготовителем кабеля.

Возможно применений кабелей других конструкций для подводной прокладки по согласованию с заказчиком.

4.3.2 При открытой прокладке кабелей (в кабельных сооружениях и производственных помещениях) согласно требованиям Технического регламента о требованиях пожарной безопасности и ГОСТ Р 53315 кабели должны быть не распространяющими горение. Для КСПЭ классов напряжений от 110 до 500 кВ, как правило, кабели подразделяются по показателям пожарной безопасности на следующие типы исполнения:

а) не распространяющие горения при одиночной прокладке (без исполнения);

б) не распространяющие горения при групповой прокладке (исполнение НГ);

в) не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением (исполнение – НГ-LS, LS – аббревиатура Low-Smoke).

Преимущественные области применения кабелей с учетом показателей пожарной опасности и типа исполнения по ГОСТ Р 53315 приведены в таблице 1. При этом буквенное обозначение класса пожарной опасности – аббревиатура от наименования соответствующего показателя пожарной опасности кабельного изделия. Цифровое обозначение соответствует величине показателя пожарной опасности. В обозначении класса пожарной опасности первым ставится предел распространения горения (О1 или О2 для кабеля испытанного одиночно, или П1-П4 для кабеля, испытанного при групповой прокладке), вторым – предел

огнестойкости, третьим – показатель коррозионной активности, четвертым – показатель токсичности, пятым – показатель дымообразования.

Таблица 1 – Области применения кабелей с учетом типа их исполнения

Тип исполнения кабельного изделия	Класс пожарной опасности*)	Преимущественная область применения
Без исполнения	О1.8.2.3.4	Для одиночной прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях. При групповой прокладке – обязательное применение средств пассивной защиты.
Исполнение НГ	П1.8.2.3.4 П2.8.2.3.4 П3.8.2.3.4 П4.8.2.3.4	Для групповой прокладки с учетом объема горючей загрузки в кабельных сооружениях, наружных (открытых) электроустановках (кабельных эстакадах, галереях). Не допускается применение в кабельных помещениях промышленных предприятий, жилых и общественных зданий.
Исполнение НГ-LS	П1.8.2.2.2 П2.8.2.2.2	Для групповой прокладки с учетом объема горючей загрузки в кабельных сооружениях и помещениях внутренних электроустановок, в том числе в жилых и общественных зданиях.
Примечание -*) - Класс пожарной опасности кабельных изделий с низшими показателями пожарной опасности. Допускается применять кабельные изделия с более высокими показателями пожарной опасности.		

4.3.3 Область применения кабелей, указанных в 4.3.1 и 4.3.2, распространяется на кабели импортного производства аналогичных конструкций.

4.4 Проектирование и сооружение кабельных линий должны осуществляться на основе технико-экономических расчетов с учетом перспективы развития сети, границ ответственности и назначения линий (потребителя), характера трассы, способа прокладки и конструкций кабелей.

Проектирование и сооружение КЛ классов напряжений от 110 до 500 кВ включает следующие этапы:

- разработка технических условий;
- разработка задания на проектирование;
- выбор проектной организации;
- двухстадийное проектирование – технико-экономическое обоснование (проект) и рабочее проектирование (для небольших по объему проектов разрабатывается только рабочий проект);
- сооружение КЛ, в том числе прокладка, монтаж и пусконаладочные работы;
- сдача КЛ в эксплуатацию.

4.5 Проектирование КЛ осуществляется на основании технического задания, которое должно в соответствии с требованиями Положения о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 87 от 16.02.2008 г. и содержать:

- основание для проектирования;
- технические параметры сети для выбора конструкции кабеля (перспективные значения токов однофазного и трехфазного КЗ, предполагаемая

максимальная нагрузка, номинальное напряжение, местонахождение концевых устройств и другие необходимые параметры);

- характеристику возможных перенапряжений;
- желательный способ прокладки КЛ (непосредственно в земле, в лотках, туннеле);
- особые требования по прокладке КЛ (в земле, туннелях, кабельных сооружениях, трубных переходах и других местах, подводная прокладка);
- начальные и конечные пункты КЛ (назначение проектируемой КЛ – глубокий ввод мощности, кабельная вставка и другие схемы применения КЛ);
- способ присоединения к основному оборудованию ПС или ВЛ;
- тип кабеля и кабельной арматуры;
- количество цепей;
- основные требования к монтажу и последующему техническому обслуживанию;
- сведения о необходимом транспорте и механизмах
- организация, которой будут переданы КЛ в эксплуатацию.

В приложении А в качестве примера приведены предложения по техническим условиям, которые необходимо учитывать при составлении ТЗ на проектирование КЛ, а в Приложении Б приведена примерная структура технического задания на проектирование и сооружение КЛ.

4.6 Проектирование КЛ классов напряжений от 110 до 500 кВ должно осуществляться проектной организацией с учетом следующих требований:

- в проектной документации на объект должны быть выделены в отдельный раздел либо в подразделы в каждом разделе проекта проектные решения по КЛ классов напряжений от 110 до 500 кВ;
- состав проекта должен содержать перечень в соответствии с Приложением В;
- изыскания по трассе КЛ и сдача трассы в отделы подземных сооружений города, района;
- согласование проекта с владельцами городских подземных коммуникаций, заводами-изготовителями кабеля и арматуры;
- ПОС на КЛ, включая отведение площадок под строительную технику, временные склады, размещение бытовок, ограждение траншей, мест вывоза мусора, проведение измерений и испытаний;
- замечания и предложения при проведении экспертизы проекта;
- перечень документов, необходимых для ввода КЛ классов напряжений от 110 до 500 кВ в эксплуатацию, принимают в соответствии с рекомендациями Приложения Г.

4.7 Трасса кабельной линии должна выбираться с учетом наименьшего расхода кабеля, обеспечения его сохранности при механических воздействиях, обеспечения защиты оболочки от химического воздействия, вибрации, перегрева и от повреждений соседних кабелей электрической дугой при возникновении КЗ на одном из кабелей. При размещении кабелей следует избегать пересечения их

между собой и с трубопроводами. Кабели, перекрещивающие другие коммуникации и КЛ, прокладывают в трубах.

4.8 Конструкцию кабелей (сечение токопроводящей жилы и экрана) выбирают с учетом требований п.5.1.

Выбор способа прокладки и конструкции кабеля необходимо осуществлять на основе технико-экономического сравнения различных вариантов эксплуатации КЛ, требований эксплуатирующих организаций, проектных решений, скоординированных с рекомендациями предприятий-изготовителей кабелей. Как правило, предприятия-изготовители кабелей и эксплуатирующие организации осуществляют техническую поддержку по принятию рациональных проектных решений, обеспечивающих экономичность и высокую эксплуатационную надежность кабельных линий классов напряжений от 110 до 500 кВ.

4.9 Для обеспечения минимальной стоимости проектируемой КЛ (без нанесения ущерба надежности при эксплуатации) необходимо при системном подходе учесть следующие факторы:

- номинальное напряжение сети (кВ);
- нагрузочную способность КЛ (А/МВА);
- максимальный ток короткого замыкания в сети и его длительность (кА/с);
- длину трассы КЛ (м);
- материал и сечение токопроводящей жилы (медь/алюминий) - (Cu/Al, мм^2);
- частоту и длительность перегрузки;
- взаимное расположение кабелей одной цепи КЛ (горизонтальное в плоскости на некотором расстоянии кабелей друг от друга или треугольником вплотную и на некотором расстоянии кабелей друг от друга);
- число параллельных цепей КЛ, взаимное их расположение и способ прокладки (в земле, траншеи, кабельном канале и других граничных условиях);
- нагрев от существующих (близко расположенных) источников тепла (кабелей, теплотрасс и других генерирующих тепло источников);
- способ специального соединения металлических экранов КСПЭ (заземление экранов по концам кабеля, заземление экранов с одной стороны или в середине кабельной линии, транспозиция экранов);
- вид прокладки КСПЭ (на воздухе, в земле, в трубных переходах, лотках или туннелях);
- при прокладке кабелей на воздухе - максимальную эксплуатационную температура воздуха, воздействие солнечной радиации;
- при прокладке кабелей в земле – максимальную эксплуатационную температуру почвы на глубине прокладки, глубину прокладки, термически стабильное сопротивление почвы (засыпки) на глубине прокладки, термическое сопротивление почвы (при ее высушивании), структура грунта засыпки, площадь сечения засыпки специальным грунтом;
- при прокладка кабелей в лотках, трубных переходах и туннелях – их геометрические (конструктивные) параметры, максимальную эксплуатационную температуру окружающей среды на глубине прокладки лотка (туннеля),

термическое сопротивление почвы (засыпки) вокруг лотка (туннеля), материал почвы (засыпки), взаимное геометрическое расположение кабелей одноцепной КЛ, взаимное геометрическое расположение кабелей и цепей многоцепных КЛ, наличие (или отсутствие) принудительной вентиляции в туннеле (канале), площадь сечения засыпки специальным грунтом;

- особые требования к конструкции кабеля (например, встроенное оптоволокно в кабель и муфты) и нагревостойкости оптоволокна при перегрузках, а также герметизация (продольная или поперечная) изоляционной кабельной системы;
- условие обеспечения сохранности КЛ от действий посторонних лиц.

4.10 Длительно допустимые токи для одножильных кабелей следует рассчитывать в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60287-1-1 и ГОСТ Р МЭК 60287-1-2.

4.11 В процессе эксплуатации КСПЭ подвергаются перегрузкам, при которых температура жилы может повыситься. Частота и длительность таких перегрузок должны быть сведены к минимуму. Циклические и аварийные значения токов в режимах перегрузки КЛ следует определять в соответствии с рекомендациями МЭК 60853 [1].

4.12 Максимально допустимые температуры жилы и металлического экрана при коротких замыканиях определяются с учетом прилегающей изоляции и материала оболочки согласно рекомендациям МЭК 61443 [2].

Нагрев, возникающий во время КЗ, определяют по величине и длительности аварийного режима. При проектировании применяют ток, эквивалентный току КЗ длительностью 1 секунда. Для длительности КЗ от 0,2 до 5 с ток КЗ определяется в соответствии с формулой:

$$I_{\text{кз}} = \frac{I_1}{\sqrt{t_{\text{кз}}}}, \qquad (1)$$

где $I_{\text{кз}}$ – ток короткого замыкания в течение $t_{\text{кз}}$;

I_1 – ток короткого замыкания в течение 1 с (допустимые значения этого тока для жил и металлических экранов кабеля приводятся в справочной информации предприятия-изготовителя кабеля);

$t_{\text{кз}}$ – длительность короткого замыкания.

4.13 При монтаже КЛ следует принимать во внимание динамические силы, возникающие между фазами (параллельно проложенными отдельными кабелями) при коротком замыкании. Силу, действующую между двумя кабелями при динамическом эффекте можно рассчитать по формуле:

$$F = \frac{0{,}2}{s} I_{\text{уд}}^2, \qquad (2)$$

где F – максимальная сила (кН/м);

$I_{\text{уд}} = 2{,}5 I_{\text{кз}}$ (кА), $I_{\text{кз}}$ – ток КЗ (кА);

s – расстояние между осями кабелей (мм).

4.14 Кабельные линии должны выполняться так, чтобы в процессе монтажа и эксплуатации было исключено возникновение в них опасных механических напряжений и повреждений, для чего:

- кабели должны быть уложены с запасом по длине, достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самих кабелей и конструкций, по которым они проложены; укладывать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается;
- предусмотреть запас по длине КЛ для переразделки или замены кабельных муфт;
- кабели, проложенные горизонтально или вертикально по конструкциям, стенам и перекрытиям должны быть жестко закреплены в конечных точках, непосредственно у муфт, с обеих сторон изгибов, а на прямых участках согласно проекту, но не реже, чем через 1 м (по заказу с заводом-изготовителем это расстояние может быть изменено);
- конструкции, на которые укладываются небронированные кабели, должны быть выполнены таким образом, чтобы была исключена возможность механического повреждения оболочек кабелей; в местах жесткого крепления оболочки этих кабелей должны быть предохранены от механических повреждений при помощи эластичных прокладок (при этом срок службы эластичных прокладок под хомуты должен быть не менее 30 лет, в противном случае необходимо осуществлять периодическую замену прокладок);
- не допускается совместная прокладка в кабельных сооружениях КЛ классов напряжений от 110 до 500 кВ с КЛ ниже 110 кВ за исключением кабелей 0,4 кВ для технологических нужд;
- не допускается совместная прокладка КЛ классов напряжений от 110 до 500 кВ с теплопроводами и другими инженерными коммуникациями.

4.15 При пересечении КЛ теплопроводов кабели прокладываются только над перекрытием канала теплопровода, а сам теплопровод должен иметь теплоизоляцию, обеспечивающую повышение температуры грунта в зоне КЛ не более, чем 5°С по отношению к расчетной температуре окружающего грунта.

4.16 Конструкции подземных кабельных сооружений должны быть рассчитаны с учетом массы кабелей, динамических сил (действующих на кабели), грунта, дорожного покрытия и нагрузки от проходящего транспорта.

4.17 Кабельные сооружения и конструкции, на которых укладываются кабели, должны выполняться из несгораемых материалов. Оболочки кабелей должны быть обработаны специальными составами, которые не распространяют горение (либо заводы-изготовители кабеля должны предоставить специальный сертификат на негорючесть). Запрещается выполнение в кабельных сооружениях каких-либо временных устройств, хранение в них материалов и оборудования. Временные кабели должны прокладываться с соблюдением всех требований, предъявляемых к кабельным прокладкам, с разрешения эксплуатирующей организации.

4.18 Усилия тяжения при прокладке кабелей и протягивании их в трубах определяются механическими напряжениями, допустимыми для жил и экранов, которые определяются проектом.

4.19 Каждая кабельная линия должна иметь свой номер или наименование. Если КЛ состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них должен иметь тот же номер с добавлением букв *А*, *Б*, *В* и т. д. Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты должны быть снабжены бирками с обозначением на бирках кабелей и концевых муфт марки, напряжения, сечения, номера или наименования линии; на бирках соединительных муфт - номера муфты и даты монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды. На кабелях, проложенных в кабельных сооружениях, бирки должны располагаться по длине не реже чем через каждые 50 м, а в местах прохода кабелей через перегородки (перекрытия) и в местах поворота – с обеих сторон.

4.20 На трассе кабельной линии, проложенной в незастроенной местности, должны быть установлены опознавательные знаки. Трасса КЛ, проложенной по пахотным землям, должна быть обозначена знаками, устанавливаемыми не реже чем через 500 м, а также в местах изменения направления трассы. Для определения трассы КЛ могут применяться электронные маркеры.

4.21 Положение отдельных параллельных кабелей одной фазы КЛ должно быть определено проектом во избежание неодинаковой нагрузки кабелей.

4.22 В случае принятия в качестве рекомендательных требований, ведущих к крупным затратам, требования должны применяться на основе технико-экономического анализа.

5 Требования к выбору номинального сечения жил и экранов в зависимости от токовых нагрузок

5.1 Для кабельной линии, прокладываемой по трассе с различными условиями охлаждения, сечения жил кабелей должны выбираться по участку трассы с худшими условиями охлаждения, если длина его составляет более 10 м.

5.2 КСПЭ должны иметь жилы с сечением, отвечающим требованиям кабельной системы по пропускной способности.

На стадии технико-экономического сравнения следует выбрать оптимальный вариант, позволяющий минимизировать затраты на сооружение и эксплуатацию КЛ. Основными факторами, определяющими экономичность и надежность эксплуатации КЛ, являются выбранные конструкция кабеля, способ его прокладки, схемы специального соединения экранов (заземление экранов с двух сторон, одностороннее заземление или транспозиция экранов).

Номинальное сечение токопроводящих жил кабелей на стадии технико-экономического сравнения выбирается на основе расчетного длительного допустимого тока согласно каталожным (справочным) данным заводов-изготовителей кабелей, скорректированного с использованием поправочных

коэффициентов, учитывающих конкретные условия прокладки КЛ рассматриваемого проекта.

Расчет длительного допустимого тока для кабеля осуществляется по методикам ГОСТ Р МЭК 60287-1-1 и ГОСТ Р МЭК 60287-1-2, как правило, для следующих исходных условий:

- одна трехфазная группа одножильных кабелей;
- температура грунта 20°С;
- температура окружающего воздуха 35°С;
- глубина прокладки кабеля 1,0 м;
- расстояние между кабелями, проложенными в плоскости, равно диаметру кабеля;
- тепловое удельное сопротивление грунта 1,0°С×м/Вт.

5.3 Поправочные коэффициенты для расчета длительного допустимого тока КЛ применяют для первичного (приближенного) определения марки кабеля и способа его прокладки. Для пересчета длительного допустимого тока заводы-изготовители кабеля в каталожных (справочных) данных указывают поправочные коэффициенты на свою продукцию, которые учитывают изменения выше упомянутых исходных условий и зависят от:

- температуры окружающей среды;
- глубины прокладки кабеля;
- величины удельного теплового сопротивления грунта;
- взаимного расположения кабелей и расстояния между ними;
- взаимного расположения и количества цепей КЛ;
- условий прокладки кабелей (в трубах, туннелях);
- сечения экрана (применяется только для кабелей, проложенных треугольником и в плоскости с заземлением экранов с двух сторон).

Пример выбора номинального сечения жил кабеля с применением поправочных коэффициентов для конкретных условий прокладки КЛ приведен в Приложении Д.

5.4 Расчет номинального сечения токопроводящей жилы кабеля с использованием поправочных коэффициентов следует рассматривать как первый шаг выбора конструкции кабеля. После ориентировочного выбора конструкции кабеля следует провести согласно методикам ГОСТ Р МЭК 60287-1-1 и ГОСТ Р МЭК 60287-1-2 уточняющий тепловой расчет эксплуатации КЛ с учетом всех факторов (которые могут не учитывать поправочные коэффициенты), определяющих температурный режим кабеля, и согласовать этот расчет с заводом-изготовителем кабеля.

5.5 В общем случае длительно допустимый ток (А) кабеля рассчитывается по формуле

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\Theta - W_d(0{,}5T_1 + T_2 + T_3 + T_4)}{RT_1 + R(1+\lambda_1)T_2 + R(1+\lambda_1+\lambda_2)(T_3+T_4)}} \qquad (3)$$

где $\Delta\Theta$ - разница температур между токоведущей жилой и окружающей средой, ^{0}С;

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

T_1 - тепловое сопротивление между жилой и металлическим экраном, ^{0}С·м/Вт;

T_2 - тепловое сопротивление между металлическим экраном (оболочкой) и броней, ^{0}С·м/Вт;

T_3 - тепловое сопротивление наружного покрова, °С·м/Вт;

T_4 - тепловое сопротивление окружающей кабель среды, °С·м/Вт (для земли эта величина обусловлена процессом теплопроводности, а для воздуха – процессом конвекции и излучения);

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

λ_1, λ_2 – отношения общих потерь в металлических экранах и броне к сумме потерь в токопроводящих жилах.

При использовании этой формулы сделаны следующие допущения:

- термическое сопротивление грунта, окружающего КЛ остается неизменным на протяжении срока службы кабельной линии;
- кабели, проложенные на воздухе, защищены от воздействия солнечного излучения.

5.6 Выбранное номинальное сечение жилы должно быть проверено по допустимому току при перегрузках и по допустимому току короткого замыкания жилы.

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

5.7 Значения сезонных расчётных температур грунта на глубине прокладки кабелей (от 1,2 до 1,5 м), по которым устанавливается длительно допустимые токовые нагрузки КЛ, рекомендуется принимать в соответствии с Приложением М (по летнему сезону с обязательной проверкой по осенне-зимнему периоду).

5.8 Номинальное сечение экрана кабелей выбирается по допустимому току короткого замыкания экрана с учетом перспективного тока однофазного КЗ в сети.

5.9 Расчет нагрузок при циклических и аварийных режимах следует производить в соответствии с рекомендациями МЭК 60853 [1].

Наряду с длительной допустимой токовой нагрузкой следует оценить перегрузочную 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 105°С.

5.10 Допустимые по термической стойкости токи короткого замыкания по жиле и экрану определяются с учетом прилегающей изоляции и материала оболочки и рассчитываются в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60949.

Допустимые токи односекундного короткого замыкания по жиле рассчитываются исходя из начальной температуры жилы кабеля 90°С и конечной температуры 250°С.

Допустимые токи односекундного короткого замыкания по медному экрану рассчитываются исходя из конечной температуры экрана 350°С.

При выборе на начальном этапе проектирования конструкции кабеля допустимый ток короткого замыкания в жиле и экране определяется как

$$I_{кз} = \frac{I_1}{\sqrt{t_{кз}}}, \qquad (4)$$

где $I_{кз}$ - ток короткого замыкания в течение времени $t_{кз}$;

I_1 - ток короткого замыкания в течение 1 с;

$t_{кз}$ - длительность короткого замыкания.

Значения токов КЗ в течение 1 с для жилы и экрана приводятся в каталожных (справочных) данных заводов-изготовителей кабельной продукции.

5.11 В случае короткого замыкания наряду с тепловым фактором следует учитывать динамические силы, действующие между параллельно проложенными кабелями. Сила, действующая между кабелями, определяется согласно п.4.13

6 Способы заземления экранов кабелей

6.1 Для повышения пропускной способности КЛ в зависимости от передаваемой мощности и длины КЛ, сечения и материала токопроводящей жилы и металлического экрана, способа прокладки КЛ, взаимного расположения отдельных кабелей и цепей КЛ, термического сопротивления окружающей кабель среды и условий теплоотвода следует применять специальные схемы соединения металлических экранов, позволяющие снизить нетехнологические потери в них и, как следствие, улучшить температурный режим эксплуатации кабельной конструкции в целом.

При заземлении металлического экрана по концам кабеля, в экранах протекают продольные токи, которые приводят к дополнительным (нетехнологическим) потерям в экранах и, как следствие, образованию дополнительного источника тепловыделения со стороны экрана в кабельной конструкции.

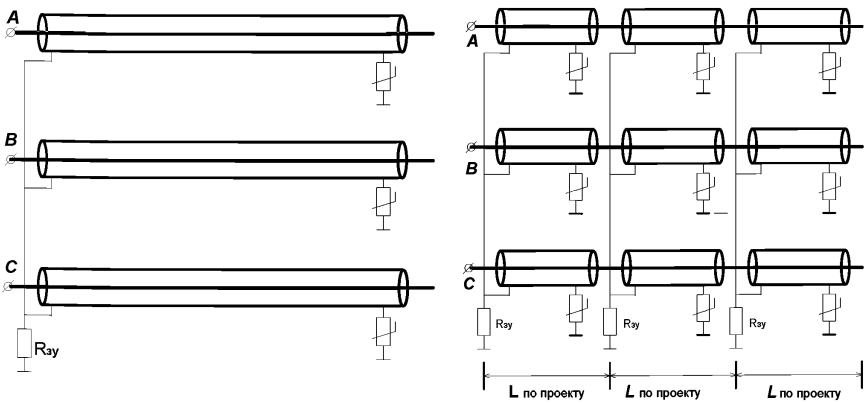
6.2 Для повышения пропускной способности КЛ рекомендуется на основе технико-экономического обоснования предусматривать специальные схемы соединения экранов:

- заземление металлического экрана на одном конце кабеля относительно небольшой протяженности (рисунок 1,а));

- одностороннее заземление экрана на нескольких участках при «разрыве» экрана кабеля в нескольких местах (с длиной участка по проекту) в случае КЛ относительно больших протяженностей (рисунок 1, б));

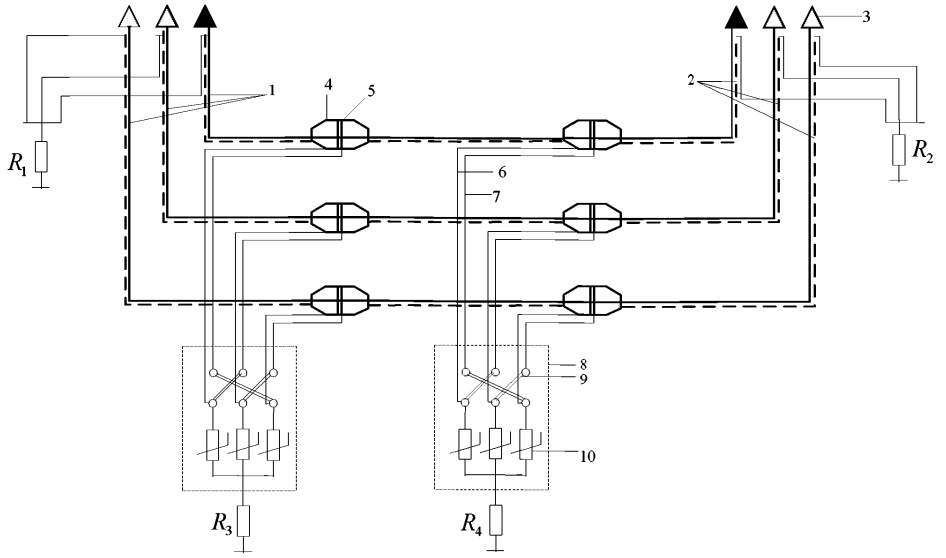
- транспозицию экранов на КЛ относительно больших протяженностей (рисунок 6.2).

Каждая из перечисленных схем специального соединения экранов имеет свои преимущества и недостатки. В этой связи выбор режима эксплуатации экранов должен осуществляться применительно к конкретным условиям проектируемой КЛ с учетом экономичности сооружения КЛ и факторов, перечисленных в п.6.1.



а) б)

Рисунок 1 – Варианты одностороннего заземления экранов на КЛ



1- жилы кабелей, 2 – экраны кабелей, 3 – концевые муфты, 4 – транспозиционная муфта, 5 – изолятор транспозиционной муфты, 6 –жила транспозиционного кабеля, 7 – экран транспозиционного кабеля, 8 – коробка транспозиции, 9 – шины транспозиции, 10 – защитные аппараты (ограничители перенапряжений)

Рисунок 2 – Схема транспозиции экранов КСПЭ (один цикл транспозиции)

6.3 При заземлении экранов на одном конце КЛ металлические экраны трех фаз соединяются между собой и заземляются на общем заземляющем устройстве с нормируемым сопротивлением ($R_{ЗУ}$). При одностороннем заземлении экрана путь для протекания в нем продольных токов «разорван» и в экране относительно небольшие потери обусловлены лишь вихревыми токами, которые не определяют тепловой режим эксплуатации кабеля. Однако при таком режиме эксплуатации экранов необходимо учесть следующие факторы.

6.3.1 Наведенный потенциал (E, В/км) на незаземленном конце экрана величина, которого пропорциональна рабочему току в жиле и длине кабеля и может быть опасна для обслуживающего ремонтного персонала, а также может явиться причиной коррозионного повреждения при нарушении целостности оболочки кабеля:

$$E = I \cdot X_Э , \quad (5)$$

где I - ток, протекающий по жиле (кА);

$X_Э$- индуктивное сопротивление экрана (Ом/км).

В зависимости от сечения жилы (рабочего тока в жиле) наведенный потенциал на экране может достигать существенных значений - например для КЛ номинальным напряжением 110 кВ от 40 до 130 В/км и от 140 до 250 В/км для КСПЭ, проложенных соответственно треугольником и в плоскости. Поэтому длина КЛ при таком способе заземления экранов по условиям безопасности проведения работы определяется допустимой величиной наведенного напряжения на экране.

При осуществлении одностороннего заземления экранов (или транспозиции экранов) рекомендуется принимать допустимую величину наведенного на экране напряжения не более 110 В в нормальном режиме эксплуатации КЛ.

При коротком замыкании величина наведенного напряжения на экране зависит от того, по скольким жилам кабеля одновременно протекает ток и ориентировочно составляет (на каждые 1000 м длины кабеля и токе в жиле 1000 А):

- в нормальном режиме и при трехфазном КЗ около 50-250 В;
- при однофазном коротком замыкании в сети около 600-800 В.

В режиме однофазного короткого замыкания максимальная величина наведенного напряжения на экране не должна превышать 5-6 кВ.

6.3.2 Появление опасных для защитной оболочки импульсных перенапряжений, величина которых может превысить электрическую прочность изоляционной оболочки, что может привести к проникновению в изоляционную конструкцию кабеля влаги (при подземной прокладке и применении кабеля без герметизации);

6.3.3 Установку дополнительного оборудования (концевых муфт с изолированными экранами, защитных аппаратов на незаземленном конце экрана).

6.3.4 Для обеспечения условий по безопасности проведения монтажных работ (снижения наведенного напряжения до допустимой величины) в относительно протяженных КЛ следует выполнять несколько участков одностороннего заземления экранов.

6.4 При транспозиции экранов (их поперечном соединении) в экранах также как и в случае их одностороннего заземления наводятся лишь вихревые токи, а продольные токи (влияющие на тепловой режим) отсутствуют за счет нулевой результирующей ЭДС, скомпенсированной симметричным тройкой векторов ЭДС, наводимых на трех участках транспозиции по трассе КЛ.

В зависимости от длины КЛ требуется один или несколько циклов транспозиции экранов. Максимальное напряжение в экранах наводится у соединительных (транспозиционных) коробок.

В связи с тем, что сооружение КЛ с одинаковыми секциями транспозиции длиной ⅓ от протяженности КЛ на практике не удается в каждой фазе будут циркулировать уравнительные токи, величины которых должны быть определены проектной организацией и учтены при расчете длительно допустимой нагрузки на КЛ.

При транспозиции экранов необходимо предусмотреть:

- в местах специального соединения экранов появление опасных для защитной оболочки импульсных перенапряжений, величина которых может превысить электрическую прочность изоляционной оболочки, что может привести к проникновению в изоляционную конструкцию кабеля влаги (при подземной прокладке и применении кабеля без герметизации);
- установку дополнительного оборудования (экрано-разделительных и соединительных муфт, защитных аппаратов в местах транспозиции экранов).

6.5 Импульсные перенапряжения (возникающие при грозовом поражении ВЛ или при коротком замыкании в месте сопряжения ВЛ и КЛ), воздействующие на защитную оболочку кабелей должны быть ограничены до допустимого уровня с помощью установки защитных аппаратов (нелинейных ограничителей перенапряжений) в местах разземления экранов и в узлах их транспозиции.

6.6 Выбор защитных характеристик ОПН необходимо осуществлять по максимально возможному импульсному напряжению, которое прикладывается к ОПН, и максимальной длительности КЗ на землю в схеме применения КЛ.

Для защиты оболочки от импульсных перенапряжений необходимо устанавливать ОПН с наибольшим рабочим напряжением от 3 до 6 кВ и удельной поглощаемой энергией от 2 до 3 кДж/кВ. Конкретное значение наибольшего рабочего напряжения ОПН определяется как напряжение частотой 50 Гц в месте его установки при внешнем коротком замыкании кабеля, деленное на 1,25.

7 Электромагнитная совместимость кабельных линий

7.1 Для обеспечения необходимой эксплуатационной надежности и экологичности кабельных линий необходимо на стадии проектирования рассмотреть вопросы допустимости воздействующих перенапряжений и влияния магнитных полей кабелей на:

- человека при проведении ремонтных работ в кабельных туннелях, в которых проложены многоцепные КЛ с высокой пропускной способностью;
- обитателей ихтиофауны при прокладке подводных кабельных линий.

7.2 Кабельные вставки в ВЛ должны быть защищены по обоим концам кабеля от грозовых перенапряжений защитными аппаратами (ОПН). Заземляющий зажим защитных аппаратов, металлические оболочки (экраны) кабеля, корпус кабельной муфты должны быть соединены между собой по кратчайшему пути. Заземляющий зажим защитного аппарата должен быть соединен с заземлителем отдельным проводником по кратчайшему пути.

7.3 При проектировании системы защиты от перенапряжений рекомендуется применять меры по предотвращению воздействия на кабельные вставки из КСПЭ высокочастотных грозовых перенапряжений. Например, на подходе к ОРУ (КРУЭ) применять:

- продольные защитные устройства, представляющие собой частотно-зависимые резисторы и включаемые в рассечку в провода ВЛ;
- замену провода типа АС на провод типа СА (в котором внешняя поверхность конструкции провода выполнена из стальных проволок);
- линейные защитные аппараты на опорах на подходе к ОРУ (КРУЭ), снижающих вероятность набегания с ВЛ на кабельную вставку срезанных грозовых волн при прорывах молнии сквозь тросовую защиту и обратных перекрытиях с тела опоры на провод.

7.4 Защитные параметры ОПН, устанавливаемые в схемах применения КСПЭ классов напряжений от 110 до 500 кВ должны быть обоснованы.

7.5 При прокладке в туннеле нескольких цепей КЛ с высокой пропускной способностью (с рабочими токами, протекающими по жилам от 1,5 до 2 кА) необходимо расчетным путем определить напряженность магнитного поля в предполагаемой зоне нахождения эксплуатационного и ремонтного персонала.

На стадии проекта при необходимости следует принять меры по обеспечению допустимых предельных уровней периодического магнитного поля промышленной частоты. Для снижения интенсивности напряженности магнитного поля в зоне работы обслуживающего персонала следуют максимально сблизить кабели, расположенные по вершинам правильного треугольника (если позволяет тепловой режим эксплуатации КЛ, определяющий рабочий ток в жилах), либо максимально осуществить компенсацию магнитных полей отдельных кабелей за счет оптимального взаимного расположения всех находящихся в туннеле фаз (кабелей) многоцепных КЛ или проложить экранирующие проводники рядом с фазами КЛ.

В соответствии с санитарными правилами [3] время пребывания рабочего персонала в случае превышения санитарных норм должно быть лимитировано (таблица 2).

Таблица 2 – Предельно допустимые уровни напряженности магнитного поля (*H*, А/м) и магнитной индукции (*B*, мкТл) при общем и локальном воздействии на человека электромагнитного поля частотой 50 Гц

Время пребывания, час	Допустимые уровни магнитного поля (*H* /*B*) при воздействии	
	общем	локальном
менее 1	1600 / 2000	6 400 / 8000
2	800 / 1000	3200 / 4000
4	400 / 500	1600 / 2000
8	80 / 100	800 / 1000

7.6 При подводной прокладке КЛ на основе кабелей одножильного исполнения следует предусмотреть меры по снижению до допустимого уровня электромагнитного фона вблизи трассы прокладки кабельной линии. Проблему ЭМС подводных КЛ с обитателями ихтиофауны необходимо решать в случаях:

- относительно неглубоких водоемов, которые пересекает трасса подводных КЛ;
- в водоемах, где наблюдается обитание особо ценных пород рыб, когда происходит скат молоди из реки в море и возврат рыбы на нерест.

При использовании для подводной прокладки кабелей одножильной конструкции в качестве мер по снижению магнитного фона вблизи КЛ целесообразно:

- заглубление кабелей в дно траншеи на глубину по проекту;
- на стадии проектирования КЛ и выбора конструкции кабеля предусмотреть (с учетом рекомендаций завода-изготовителя) комбинированную броню из стальных и медных проволок с общим сечением медных проволок не менее 25-30% от сечения стальных проволок.

8 Заземление

8.1 Кабельные конструкции, на которых прокладываются кабели, должны быть заземлены.

8.2 При заземлении металлических экранов силовых кабелей экран (и броня) должны быть соединены гибким медным проводом между собой и с корпусами муфт (концевых и соединительных). Сечение заземляющего проводника экрана должно определяться проектной организацией.

Если на опоре ВЛ установлены наружная концевая муфта и комплект защитных аппаратов (нелинейных ограничителей перенапряжений), то экран (броня) и муфта должны быть присоединены к общему заземляющему устройству опоры и защитных аппаратов.

Шины объединения экранов и заземления должны быть доступны для измерения токов токоизмерительными клещами на КЛ находящейся под нагрузкой.

Эстакады и галереи должны быть оборудованы молниезащитой согласно действующим нормативным документам.

9 Электрические характеристики кабелей

9.1 Электрические характеристики кабелей зависят от проводящих материалов и поперечных габаритов изоляционной кабельной конструкции. Первичные параметры кабелей (емкость и индуктивность) разных предприятий изготовителей несколько отличаются в силу небольшого конструктивного отличия кабелей, а сопротивление жил отвечает МЭК 60228 [4]. Сопротивление жил постоянному току и частоте 50 Гц для различных сечений кабелей приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Максимальное сопротивление жил кабелей постоянному току и на частоте 50 Гц при 20^0С, Ом/км

Сечение жилы, мм^2	Примерный диаметр, мм	Жила алюминиевая**)	Жила медная**)
240	18,0	0,125 / 0,161	0,0754 / 0,097
300	20,5	0,100 / 0,129	0,0601 / 0,078
400	23,1	0,0778 / 0,101	0,0470 / 0,061
500	26,4	0,0605 / 0,079	0,036 / 0,048
630	30,2	0,0469 / 0,062	0,0283 / 0,038
800	33,9	0,0367 / 0,049	0,0221 / 0,038
1000	37,9	0,0291	0,0176 / 0,031
1200	44*)	0,0247	0,0151
1600	52*)	0,0186	0,0113
2000	56*)	0,0149	0,0090
2500	66*)	0,0120	0,0072

Примечания:
*) Для секторной медной жилы включая ленты;
**) Значение в числителе – сопротивление для постоянного тока; Значение в знаменателе сопротивление для тока промышленной частоты

9.2 Сопротивление жил и экранов (Ом/км) при температуре отличной от 20^0С рассчитывается:

- для медной жилы (экрана)

$$R_t = R_{20}\frac{242{,}5+t}{262{,}5}, \tag{6}$$

- для алюминиевой жилы

$$R_t = R_{20}\frac{228+t}{248}, \tag{7}$$

где t – температура жилы (экрана), ^{0}С;
R_{20} – сопротивление жилы (экрана) при 20^0С (Ом/км).

9.3 Первичные параметры КСПЭ могут быть определены по формулам.

9.3.1 Емкость кабеля

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}{\ln\frac{D}{d}}, \tag{8}$$

где ε_0 и $\varepsilon_т$ – соответственно, абсолютная ($8{,}85\cdot10^{-12}$ Ф/м) и относительная диэлектрическая проницаемость сшитого полиэтилена (от 2,4 до 2,5);

D и d – соответственно, внешний диаметр изоляции (без учета электропроводящего слоя по изоляции) и диаметр полупроводящего слоя жилы.

Емкость кабеля также может быть определена согласно по выражению

$$C = \frac{\varepsilon}{18\ln\frac{D_i}{d_c}}10^{-9}\ \text{Ф/м}, \tag{9}$$

где ε – относительная диэлектрическая проницаемость сшитого полиэтилена (от 2,4 до 2,5);

D_i и d_c – соответственно, внешний диаметр изоляции до экрана без учета полупроводящего слоя (в мм) и диаметр токопроводящей жилы с учетом полупроводящего слоя (в мм).

9.3.2 Индуктивность жилы кабеля (мГн/км):

$$L = 0{,}05 + 0{,}2\ln(K \times s/r), \quad (10)$$

где K - коэффициент кабелей равный 1,0 и 1,26 для прокладки соответственно треугольником и в плоскости;

s – расстояние между осями жил (мм);

r – радиус жилы (мм).

- индуктивное сопротивление (Ом/км):

$$X = 2 \times \pi \times f \times L/1000, \quad (11)$$

где f – частота (Гц),

L – индуктивность (мГн/км).

9.3.3 Диэлектрические потери в СПЭ-изоляции кабеля могут быть определены по формуле (Вт/км):

$$W_d = 2 \times \pi \times f \times C \times U_0^2 \times tg\delta, \quad (12)$$

где U_0 – фазное напряжение сети (кВ);

f – частота (Гц);

C – емкость кабеля (мкФ/км);

$tg\delta$ = 0,001 - тангенс угла диэлектрических потерь изоляции из СПЭ.

10 Требования к способам прокладки кабелей

10.1 Общие требования

10.1.1 Прокладку кабеля разрешается начинать только после окончания всех строительных работ и приёмки кабельных сооружений и кабельных трасс, при наличии проекта производства работ, согласованного с предприятием - изготовителем кабеля, эксплуатирующей организацией и при наличии арматуры для данной КЛ.

10.1.2 Прокладка кабеля должна выполняться специализированной монтажной организацией имеющей лицензию на данный вид работ, соответствующее оборудование, приспособления, инструменты, материалы и квалифицированных специалистов прошедших необходимое обучение и аттестацию на предприятии - изготовителе кабеля и арматуры.

10.1.3 Прокладка кабелей должна выполняться с учётом рекомендаций настоящего Стандарта, инструкции по прокладке завода-изготовителя, а также строительных норм и правил СНиП 3.05.06-85 [5].

До начала прокладки кабельных линий выполнить входной контроль по специальной программе кабельной продукции, включающей:

- проверку упаковки и маркировки барабана с кабелем;
- проверку типа (конструкции) кабеля;
- проверку геометрических размеров кабельной конструкции;

10.1.4 Кабели могут быть проложены без предварительного подогрева при температуре окружающего воздуха не ниже минус 15С°. Допускается прокладка

кабелей с полиэтиленовой оболочкой с предварительным подогревом при температуре не ниже минус 20°С, кабели с оболочкой их ПВХ при температуре не ниже минус 15°С.

При температуре воздуха ниже допустимой 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 метод подогрева кабеля осуществляется по рекомендациям завода-поставщика кабеля.

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 определяется по рекомендации завода-изготовителя кабеля.

Время, температура и технология прогрева определяются с учетом размеров барабанов с кабелем, а также погодных условий и согласовываются с заводом-изготовителем кабеля.

10.1.5 Тяжение кабеля во время прокладки должно осуществляться при помощи проволочного кабельного чулка, закрепляемого на оболочке кабеля, или за токопроводящую жилу при помощи концевого захвата (или клинового захвата).

10.1.6 Усилия тяжения кабеля Р, возникающие при прокладке, не должны превышать величин, рассчитываемых по формуле:

$$P = \sigma \times S, \qquad (13)$$

где Р - усилие тяжения кабеля, Н (кГс);

S - площадь сечения жилы кабеля, мм^2;

σ - предельно допускаемое при тяжении механическое напряжение в жиле кабеля, равное:

- 30 Н/мм^2 для кабеля с алюминиевой жилой;
- 50 Н/мм^2 для кабеля с медной жилой.

10.1.7 Усилия тяжения кабеля при прокладке должны быть рассчитаны при проектировании кабельной линии и учтены при заказе строительных длин кабеля.

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

- для трассы без разностей уровней:

$$F = 9{,}81 \times M \times L \times \mu \text{ [Н]}, \qquad (14)$$

где M - вес кабеля (кг/м);

L - длина кабеля;

μ - коэффициент трения.

- для наклонной трасы:

$$F = 9{,}81 \times M \times L \times (\mu \times \cos\beta \pm \sin\beta) \text{ [Н]}, \qquad (15)$$

где β – угол наклона трассы;

«+» и «–» - (плюс и минус) соответственно, при протяжке кабеля снизу вверх и сверху вниз.

При изгибах трассы следует учитывать увеличение усилия тяжения на коэффициент трения:

$$F_E = F_A \times e^{\mu\alpha} \text{ [Н]}, \qquad (16)$$

где F_A , F_E – соответственно, усилие на входе и выходе изгиба;

α – угол изгиба (рад);

μ - коэффициент трения, ориентировочная величина которого составляет:

- от 0,20 до 0,30 при протяжке по роликам;
- от 0,40 до 0,60 при протяжке в бетонные блоки;
- от 0,10 до 0,25 при протяжке в пластмассовые трубы с использованием смазки.

10.1.7.2 При протягивании кабеля по изгибам следует учитывать радиально направленную силу (радиальное давление), величина которой зависит от усилия тяжений, радиуса и угла изгиба (рисунок 6.1):

$$F_г=F\times\sin(\alpha/2)/r/\pi/\alpha/360^0 \text{ [Н/м]}, \quad (17)$$

где F – усилие тяжения кабеля;

α – угол изгиба в град.;

r – радиус изгиба, м.

При α от 0^0 до 90^0 можно применить упрощенную формулу:

$$F_г=F/r \text{ [Н/м]}, \quad (18)$$

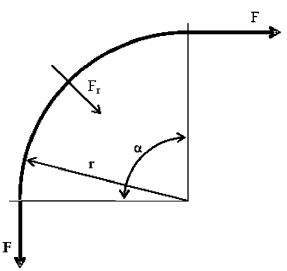


Рисунок 3 – Кривая учета радиального давления на кабель при его прокладке

Максимально допустимое радиальное давление для небронированного кабеля составляет не более:

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

10.1.8 При прокладке минимальный радиус внутренней кривой изгиба кабеля в зависимости от сечения токопроводящей жилы и номинального напряжения должен быть не менее пределов от 15 до 25 наружного диаметра кабеля ($D_н$).

10.1.9 Протяжку кабелей целессообразно осуществлять:

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

Допустимое усилие тяжения для каждого из способов выбирают в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

10.1.10В местах установки соединительных муфт (с увеличенной до 1,5 м шириной траншеи или лотка) на дно траншеи должны быть уложены железобетонные плиты, кабели должны быть уложены «змейкой» с запасом по длине, достаточным для монтажа соединительных муфт и компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самих кабелей. Проектом должны быть предусмотрены меры от механических повреждений соединительных муфт и кабелей (например, созданием песчаной подушки, укладка муфты на мешки с песком). В Приложении Л приведены рекомендуемые способы прокладки КЛ в местах установки соединительных муфт.

Укладывать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается.

10.1.11Металлические экраны кабелей и кабельные металлические конструкции должны быть заземлены в соответствии со строительными нормами и правилами СНиП 3.05.06-85 [5], проектом на кабельную линию и действующей нормативной документацией.

10.1.12При прокладке кабельной линии кабели трёх фаз должны прокладываться параллельно и располагаться треугольником или в одной плоскости. Возможны иные способы расположения, которые должны быть обоснованы и согласованы с предприятием-изготовителем кабеля.

При параллельной прокладке КСПЭ одножильного исполнения (в земле и на воздухе) рекомендуется выдерживать расстояние в свету между кабелями отдельной кабельной линии не менее диаметра кабеля.

10.1.13Кабели, прокладываемые в земле, не должны менять своего положения при засыпке их грунтом, при необходимости выбрать шаг скрепления и скрепить кабели.

10.1.14Отдельные кабели (не связанные в треугольник) должны прокладываться так, чтобы вокруг каждого из них не было замкнутых металлических контуров из магнитных материалов. В этой связи, запрещается использование магнитных материалов для бандажей, крепёжных или иных изделий (скоб, хомутов, манжет, экранов), охватывающих кабель по замкнутому контуру. Запрещается прокладывать отдельные кабели внутри труб из магнитных материалов (например, стальных или чугунных). Бирки на кабель рекомендуется крепить капроновыми, пластмассовыми нитями или проволоками из немагнитных металлов (например, из нержавеющей стали или меди).

10.1.15Траншеи и кабельные сооружения перед прокладкой кабеля должны быть осмотрены для выявления мест на трассе, содержащих вещества или мусор, разрушительно действующие на оболочку кабеля, в том числе: для кабелей с полиэтиленовой оболочкой - места, загрязнённые нефтяными маслами с высоким содержанием ароматических углеводородов (в том числе, кабельными, трансформаторными) или другими веществами, приведёнными в Приложении Е (примечание: оболочки кабелей из ПВХ устойчивы к воздействию нефтяных масел); насыпной грунт, содержащий шлак или строительный мусор; участки, расположенные ближе 2 м от выгребных и мусорных ям.

При невозможности обхода этих мест (при прокладке в траншее) кабель должен быть проложен в чистом нейтральном грунте в безнапорных асбоцементных трубах, покрытых снаружи битумным составом, или трубах из

ПВХ или ПЭ с герметичными стыками. При засыпке кабеля нейтральным грунтом траншея должна быть дополнительно расширена от 0,5 до 0,6 м с обеих сторон и от 0,3 до 0,4 м углублена.

10.1.16При расположении кабелей на воздухе должен учитываться возможный нагрев от солнечного излучения. В этом случае необходимо предусмотреть защиту от солнечного излучения.

10.1.17При хранении кабелей и в процессе прокладки все обрезанные концы кабеля должны быть закрыты термоусаживаемыми герметизируемыми капами немедленно после того, как кабели были отрезаны, чтобы препятствовать попаданию влаги в жилу и под оболочку.

10.1.18При прокладке кабеля, а также после прокладки до окончания испытаний и засыпки трассы грунтом, должна быть обеспечена охрана кабеля на трассе от хищений и повреждений.

10.1.19После завершения работ по монтажу кабельных линий провести испытания КЛ с измерением частичных разрядов в концевых кабельных муфтах и вводах КРУЭ.

10.2 Требования к кабелям и кабельной арматуре

10.2.1 Кабели с изоляцией из СПЭ для сетей классов напряжений от 110 до 500 кВ по конструктивному исполнению, техническим характеристикам и эксплуатационным параметрам должны соответствовать нормативной документации на промышленный выпуск кабелей.

Соответствие кабельных изделий (кабелей и кабельной арматуры) техническим требованиям должно подтверждаться следующими документами:

- для отечественных производителей - Российским сертификатом соответствия техническим условиям на промышленный выпуск кабельной продукции;
- для зарубежных производителей – Экспертным заключением оценки соответствия функциональных показателей кабелей и кабельной арматуры требованиям международных и отраслевых стандартов (ТУ), условиям применения и дополнительным требованиям потребителя.

10.2.2 При сооружении КЛ классов напряжений от 110 до 500 кВ необходимо применять конструкции соединительных, переходных и концевых кабельных муфт, разрабатываемых и поставляемых на кабельный рынок отечественными и зарубежными предприятиями-изготовителями.

10.2.3 Технические и эксплуатационные параметры КСПЭ и кабельной арматуры должны соответствовать рекомендациям ГОСТ Р МЭК 60840 и ГОСТ Р МЭК 60840.

10.2.4 Материалы, применяемые для кабельной арматуры, должны быть устойчивы к воздействию атмосферных условий, солнечной радиации, к трекингу и эрозии, обладать высокими диэлектрическими свойствами и предназначены для эксплуатации в любых климатических и производственных условиях в соответствии с ГОСТ 15150.

10.2.5 Срок службы кабелей и кабельной арматуры должен быть не менее 30 лет.

10.2.6 Монтаж концевых и соединительных муфт должен производиться в соответствии с инструкцией по их монтажу предприятий-изготовителей.

Применение муфт и ВКРУЭ различных фирм-изготовителей должно быть согласовано с предприятием-изготовителем кабеля, поставщиком КРУЭ и эксплуатирующей организацией.

10.2.7 Элементы соединительных муфт, восстанавливающие медный экран, должны быть термически устойчивы к токам короткого замыкания, а также иметь хороший контакт с экраном кабеля. Материал зажимов и соединителей должен обеспечивать электрическое сопротивление, не превышающее удельное электрическое сопротивление материала экрана.

10.2.8 В качестве справочной информации в Приложении Ж приведена классификация кабельной арматуры для КСПЭ классов напряжений от 110 до 220 кВ.

10.3 Выбор способов прокладки кабелей

10.3.1 Способ прокладки кабелей различных номинальных напряжений, трасса КЛ, глубина заложения кабелей, расстояния между отдельными кабельными линиями, способ механической защиты кабелей определяются на стадии проектирования кабельной линии с учетом допустимых токовых нагрузок, а также всех факторов, определяющих экономичность и эксплуатационную надежность кабельной системы. Все параметры должны быть указаны в проекте КЛ.

10.3.2 Кабели могут быть проложены в земле (траншее), в кабельных сооружениях (туннелях, галереях, эстакадах), в трубных переходах, в трубах производственных помещениях.

10.3.3 На территориях электростанций кабельные линии должны прокладываться в туннелях, коробах, лотках, трубных переходах, по эстакадам и в галереях.

10.3.4 На территориях промышленных предприятий КЛ должны прокладываться в земле (в траншеях), туннелях, блоках, каналах, по эстакадам, в галереях.

10.3.5 На территориях подстанций и распределительных устройств кабельные линии должны прокладываться в туннелях, коробах, каналах, трубах, в земле (в траншеях), наземных железобетонных лотках, по эстакадам и в галереях.

10.3.6 В городах одиночные кабельные линии следует, как правило, прокладывать в земле (в траншеях) по непроезжей части улиц (под тротуарами), по дворам и техническим полосам в виде газонов.

По улицам и площадям, насыщенным подземными коммуникациями, прокладку КЛ рекомендуется производить в кабельных туннелях (или применять технологию горизонтального направленного бурения). При пересечении улиц и площадей с усовершенствованными покрытиями и с интенсивным движением транспорта КЛ должны прокладываться в трубах. При использовании горизонтального направленного бурения необходимо провести тепловой расчет этого участка КЛ.

10.3.7 Глубина прокладки кабелей в вечномерзлых грунтах определяется при проектировании КЛ с учетом конкретных грунтовых и климатических условий.

При сооружении КЛ в районах многолетней мерзлоты следует учитывать физические явления, связанные с природой многолетней мерзлоты: пучинистый грунт, морозобойные трещины, оползни. В зависимости от местных условий кабели могут прокладываться в земле (в траншеях) ниже деятельного слоя, в деятельном слое в сухих, хорошо дренирующих грунтах, в искусственных насыпях из крупноскелетных сухих привозных грунтов, в лотках по поверхности земли, на эстакадах.

Местный грунт, используемый для обратной засыпки траншей, должен быть размельчен и уплотнен. Наличие в траншее льда и снега не допускается.

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.

10.3.8 Внутри зданий энергетических объектов кабельные линии можно прокладывать непосредственно по кабельным конструкциям, в трубах, каналах, туннелях, шахтах, кабельных этажах.

10.3.9 Примеры различных способов прокладки кабельных линий высокого напряжения приведены в Приложении Ж.

10.4 Требования к подготовительным работам для прокладки кабелей

10.4.1 Подготовка трассы.

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

Барабаны с кабелем, подлежащие прокладке, должны быть осмотрены, чтобы убедиться в том, что не нарушена обшивка барабанов, герметизация концов кабелей и длина кабеля на барабане соответствует ППР.

10.4.1.2 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. Ролики не должны иметь острых граней и заусенцев, которые могут повредить наружную оболочку кабеля. Угловые ролики должны быть тщательно закреплены и легко вращаться.

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

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

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

10.4.1.6 Установить у конца трассы или за кабельным колодцем лебедку в соответствии с ППР.

10.4.1.7 Установить и проверить связь между местами расположения барабанов, лебедки, поворотов, перегородок и переходов трассы в соответствии с ППР.

10.4.1.8 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.

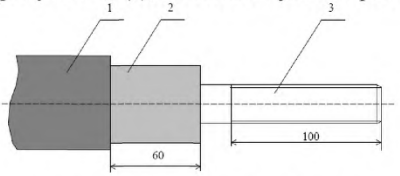
10.4.1.9 Снять обшивку, удалить из щек барабана гвозди и скобы, которые могут повредить кабель при размотке. Проверить крепление нижнего конца кабеля, при необходимости закрепить его дополнительно.

10.4.1.10 Установить тормозные устройства, предназначенные для регулирования натяжения кабеля при протяжке и его остановки, а также для предотвращения инерционного раскручивания барабана.

10.4.2 Подготовка кабеля.

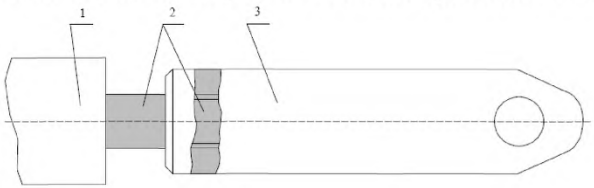
10.4.2.1 Кабель может протягиваться за жилу с помощью концевого захвата, или за оболочку с помощью проволочного чулка. Тяжение с помощью концевого захвата (рисунок 4, б*)*), применяется только для кабелей с однопроволочными жилами, с помощью клинового захвата (рисунок 4, в*)*) – для кабелей с многопроволочными жилами.

10.4.2.2 При подготовке к тяжению захватом капа снимается. Для монтажа концевого захвата (рисунок 4, б*)*) на однопроволочной жиле кабеля нарезается резьба длиной 100 мм (рисунок 4, а*)*), соответствующая резьбе на захвате.



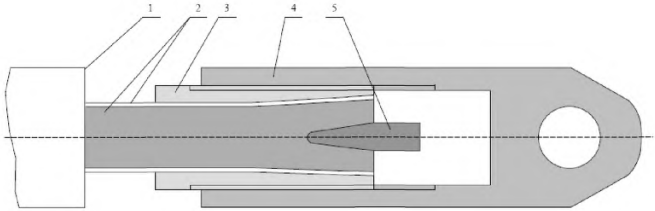
1 – наружная оболочка, 2 – изоляция, 3 – токопроводящая жила

а) разделка кабеля с однопроволочной жилой при тяжении за жилу



1- кабель, 2 – жила кабеля, 3 – приспособление для тяжения

б) концевой захват для тяжения кабеля с многопроволочной жилой



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

в) клиновый захват для тяжения кабеля с однопроволочной жилой

Рисунок 4 - Протяжка кабеля с помощью концевого и клинового захвата

После монтажа захвата необходимо тщательно герметизировать срез оболочки, изоляции токопроводящую жилу и место крепления захвата при помощи термоусаживаемой трубки с клеевым подслоем.

10.4.2.3 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 каппой.

10.4.2.4 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 %.

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

10.4.2.6 Подготовить инструменты и материалы, необходимые для прокладки кабеля.

10.5 Хранение и транспортирование барабанов с кабелем

10.5.1 Хранение и транспортирование барабанов с кабелем должно соответствовать ГОСТ 18690 и нормативной документации предприятия-изготовителя кабеля. Условия хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов соответствуют группе ОЖ3 по ГОСТ 15150.

10.5.2 При хранении концы кабелей должны быть герметически заделаны термоусаживаемыми капами. Если на одном конце кабеля на барабане смонтирован захват для тяжения, то он должен быть герметизирован (отрезком термоусаживаемой трубки или иным способом, определяемым шеф-инженером предприятия-изготовителя кабеля).

10.5.3 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 и кабель должны быть проверен на влагу.

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

10.5.4 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.

10.5.5 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.

10.5.6 Барабаны должны транспортироваться и храниться только в обшитом виде.

10.5.7 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.

10.5.8 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.

10.6 Подготовка и приемка трассы кабельных линий

10.6.1 Перед началом прокладки кабеля трасса должна быть принята от строителей по акту. Допускается приёмку трассы производить строительными длинами.

Приёмку трассы КЛ должны производить представители заказчика, эксплуатирующей организации, монтажной организации и шеф-монтажной организации.

В процессе приемки трассы проверяется ее соответствие проектной документации, требованиям инструкции (руководства) по монтажу КСПЭ предприятий-изготовителей.

При отступлении от проекта все изменения выполняются только проектной организацией в установленном порядке.

10.6.2 До прокладки кабеля должны быть закончены все строительные работы на кабельных траншеях и конструкциях, 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 трубных переходов 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.

10.6.3 Подготовка траншей состоит из:

- удаления воды, камней и посторонних предметов из траншеи;
- нивелирования дна траншеи;
- подсыпки толщиной не менее 0,1 м песчано-гравийной смесью дна траншеи или лотков, в местах с соединительными муфтами;
- заготовки вдоль трассы песчано-гравийной смеси для засыпки кабелей и железобетонных плит, предусмотренные проектом;
- откапывания, в местах расположения соединительных муфт котлованов и удаления из них воды, а также укладки железобетонных плит на дне котлованов;
- подготовки приямков для укладки кабелей после монтажа муфт на заходах в котлованы и колодцы (при необходимости);
- на участках с сыпучими или влажными грунтами стенки траншеи должны быть надежно закреплены. 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).

Примечание - 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. При этом на углах поворота стыки между лотками должны быть скреплены бетонным раствором.

10.6.4 Подготовка труб перед прокладкой кабелей:

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

10.6.5 При подготовке трубного перехода перед прокладкой кабелей:

- должна быть проверена глубина заложения труб от планировочной отметки согласно проекту и правильность их укладки;
- должна быть обеспечена гидроизоляция стыков;
- должна быть проверена чистота и соосность каналов. Не допускается наличие выступов в каналах, песка, камней, мусора, бетонной крошки;

- должны быть установлены крышки люков колодцев, металлические лестницы или скобы для спуска в колодец;
- в местах пересечения с теплотрассами должны быть выполнены меры предусмотренные проектом.

10.7 Прокладка кабеля

10.7.1 Тяговая лебедка должна быть оборудована динамометром, позволяющим контролировать усилие тяжения кабеля (с записью и последующей распечаткой) и устройством, автоматически отключающим лебедку, если усилие тяжения превысит заданную величину.

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

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

10.7.4 Способ прокладки определяется при составлении ППР с учётом строительных норм и правил СНиП 3.05.06-85 [5].

10.7.5 Как правило при прокладке КЛ классов напряжений от 110 до 500 кВ предусматривается шефнадзор. Решения представителя шефмонтажной организации предприятия-изготовителя кабеля, связанные с прокладкой, являются обязательными к исполнению с учетом заключения эксплуатирующей организации.

10.7.6 В случае, если усилие тяжения превышает допустимую величину, то необходимо прокладку прекратить и проверить правильность установки и исправность роликов, натяжение каната по трассе, в переходах и на углах поворота, наличие смазки (воды) в трубах, а также проверить возможность заклинивания кабеля в трубах.

Решение о возможности дальнейшей протяжки кабеля принимает представитель шеф-монтажной организации предприятия-изготовителя кабеля.

10.7.7 Скорость тяжения не должна превышать 18 м/мин и должна быть выбрана руководителем прокладки в зависимости от характера трассы, погодных условий, усилий тяжения такой, чтобы избежать повреждений кабеля и нарушений требований техники безопасности при его прокладке.

10.7.8 Расстановка рабочих у механизмов и по трассе прокладки, устройство связи между ними и руководителем работ, должно определятся ППР.

Рекомендуемая примерная схема расстановки рабочих при протяжке кабеля:

- у барабана, на тормозе - два человека;
- на сходе кабеля с барабана - два человека;
- у спуска кабеля в траншею (входа, выхода из туннеля) - один человек;
- сопровождение конца кабеля - два человека;
- у лебедки два человека;
- на каждом углу поворота -один человек;
- на каждом проходе в трубах через перегородки или перекрытия, у входа в камеру или здание - один человек;
- на прямых участках трассы - по необходимости.

Руководитель работ должен сопровождать движение конца кабеля по трассе.

10.7.9 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.

10.7.10Если протягивание прервано, то повторное включение лебедки должно выполняться с малым ускорением, чтобы избежать большого усилия тяжения.

10.7.11Барабан с кабелем необходимо подтормаживать так, чтобы не было набегания, ослабления и провисания витков кабеля и, в то же время, не создавать чрезмерных усилий торможения. При ослаблении нижнего конца кабеля необходимо остановить протяжку, подтянуть конец и перезакрепить.

10.7.12При спуске кабеля в траншею или туннель необходимо следить, чтобы кабель сходил по роликам, не соскальзывал с них, не терся о трубы и стенки в проходах.

10.7.13На входе в пластмассовую трубу необходимо следить за тем, чтобы не повреждались защитные покровы кабеля о край трубы. На выходе из труб необходимо осматривать целостность оболочки кабеля.

10.7.14При повреждении оболочки кабеля необходимо:

- остановить прокладку;
- осмотреть место повреждения при обязательном присутствии шеф-инженера и представителя эксплуатирующей организации, которые должны определить необходимость и возможность ремонта оболочки кабеля до окончания его прокладки;
- составить акт о повреждении оболочки кабеля;
- установить причину повреждения оболочки и принять решение об объеме работ.

10.7.15На углах поворота рабочим необходимо находиться с внешней стороны кабеля или каната, во избежание травмы при соскакивания кабеля или каната с роликов. Поправлять ролики, канат или кабель руками во время протяжки запрещается.

10.7.16У лебедки рабочий должен следить за работой лебедки, контролировать усилие тяжения, равномерность намотки троса на барабан лебедки и по командам включать или отключать лебедку.

10.7.17Сопровождающие конец кабеля должны следить за тем, чтобы кабель шел по роликам, при необходимости подправляют ролики, а также направляют конец кабеля. Браться за трос и конец кабеля руками запрещается. Для направления его необходимо использовать специальные крюки. Запрещается использовать крюки с острым концом.

10.7.18Перед окончанием тяжения необходимо вытянуть конец кабеля в сторону протягивания так, чтобы при укладке его по проекту расстояние от верха концевой муфты или условной середины соединительной муфты до конца кабеля в зависимости от его номинального напряжения было от 2 до 5 метров. 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.

10.7.19После отсоединения каната тяговой лебедки и снятия захвата (или «чулка») конец, на котором был смонтирован захват кабеля, отрезают (место обреза кабеля определяет шеф-инженер), а место отрезки (конец кабеля) немедленно герметизируют каппой и укладывают на место.

Если вытягивание осуществлялось с помощью «чулка», то после его снятия целесообразно проверить находившуюся под ним капу на конце кабеля. В случае повреждения капы, заменить повреждённую капу новой.

10.7.20Для более надёжной герметизации конца кабеля целесообразно применение двойного каппирования:

- внутренняя каппа осаживается на верхний электропроводящий слой по изоляции кабеля (герметизируется токопроводящая жила);
- наружная капа осаживается на внутреннюю капу и оболочку кабеля.

Необходимость и целесообразность двойного каппирования кабеля и дополнительной герметизации расплавленным битумом определяет шеф-инженер.

10.7.21При необходимости конец кабеля завести через предназначенное для этого отверстие в камеру, колодец, помещение, через перекрытие или в стойку концевой муфты. При этом требуется соблюдать допустимые радиусы изгиба кабеля. У отверстия, в которое заведен кабель, краской сделать надпись, в которой указать фазу и номер линии.

10.7.22Снять кабель с роликов, уложить, связать (если требуется) и закрепить его по проекту.

10.7.23В случае, если после прокладки на барабане остался кабель, необходимо отрезать лишнюю часть кабеля. При отрезке необходимо подложить под виток кабеля доску, при этом необходимо следить за тем, чтобы не повредить оболочку кабеля. После отрезки на барабане необходимо нанести надпись с указанием длины оставшегося кабеля.

10.7.24После отрезки кабеля на его концы должны быть смонтированы каппы. Возможны дополнительные меры герметизации, а оставшейся конец кабеля должен быть закреплен на барабане.

10.7.25После окончания прокладки концы кабеля должны быть приподняты над дном траншеи и в таком положении закреплены.

10.7.26В случае, если непосредственно после прокладки кабеля не начинается монтаж муфт, то концы кабелей следует уложить на подсыпку из песчано-гравийной смеси, засыпать сверху слоем песчано-гравийной смеси толщиной не менее 0,1 м, закрыть деревянными щитами, засыпать грунтом и при необходимости закрыть железобетонными плитами. При подготовке к засыпке концы кабеля запрещается сворачивать в бухты. Место нахождения засыпанных концов на трассе рекомендуется обозначить информационными знаками.

10.7.27После прокладки кабелей необходимо удалить из траншеи инструменты, оборудование и мусор, выполнить засыпку кабеля стабилизированным грунтом и толщиной согласно проекту, произвести испытание оболочки и, при необходимости, ее ремонт. После этого в траншее укладываются железобетонные плиты или основание из иных материалов (например, полимерных листов), предусмотренные проектом, и траншея засыпается грунтом.

Для механической защиты и визуальной сигнализации о месте прохождения КЛ в качестве одного из вариантов могут применяться полимерные защитные и сигнальные листы.

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

10.7.28После прокладки с трассы кабельной линии должен быть удален мусор, отходы кабеля и использованных материалов.

10.7.29Каждая кабельная линия должна быть маркирована, при этом крепление на кабель бирок выполняется пластмассовыми нитями или немагнитной проволокой (медной, алюминиевой, из нержавеющей стали).

10.7.30Составить акт об окончании прокладки на строительной длине КЛ.

10.8 Прокладка кабельных линий в земле (траншеях)

10.8.1 При прокладке кабельных линий непосредственно в земле кабели должны прокладываться в траншеях на глубине 1,5 м и иметь снизу подсыпку толщиной не менее 0,1 м, а сверху засыпка стабилизированным грунтом определяется проектом.

Подсыпка под кабель слоя песчано-гравийной смеси в кабельном колодце с соединительными муфтами должна быть определена в проекте и согласована с предприятием-изготовителем муфт.

Кабели на всем протяжении должны быть защищены от механических повреждений железобетонными плитами с боков трассы и сверху. Необходимость перегородки из плит между двумя цепями кабельной линии определяется при проектировании кабельной линии.

Для защиты от механических повреждений КЛ также возможно применение полимерных защитных и сигнальных листов (изготовленных из однородных пластмасс).

Все сведения о трассе кабельной линии, глубине заложения и расположения кабелей, типе покрытия кабелей, толщине присыпки песчано-гравийной смесью, а также расстояния между параллельно прокладываемыми линиями в траншее и на воздухе определяются требованиями предприятий-изготовителей кабеля, п.10.6.3 настоящего стандарта и должны быть указаны в проекте кабельной линии.

10.8.2 При прокладке нескольких кабелей в траншее концы кабелей, предназначенные для последующего монтажа соединительных муфт, следует располагать по проекту (места соединений в один ряд или со сдвигом мест соединений на соседних кабелях не менее чем на 2 м). При этом должен быть оставлен запас кабеля длиной, необходимой для монтажа муфты, а также укладки дуги компенсатора. Укладывать запас кабеля в виде колец (витков) не допускается.

В стеснённых условиях при больших количествах кабелей допускается располагать компенсаторы в вертикальной плоскости ниже уровня прокладки кабелей с заглублением от уровня прокладки кабеля не более 0,5 м. Муфта при этом остаётся на уровне прокладки кабелей.

10.8.3 Для монтажа соединительных муфт на трассе кабельной линии должны быть подготовлены котлованы, соосные с траншеей, шириной не менее 2

м для одноцепной линии и 3 м для двухцепной линии, глубина котлована не менее 1,5 м. Длина котлована не менее 6 м.

Для многоцепных линий размеры котлованов определяются при проектировании с учётом конкретных условий прокладки.

Запрещается располагать котлованы для муфт над и под коммуникациями, а также над перекрытиями подземных сооружений.

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

10.8.5 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.

10.8.6 При прокладке кабеля в местах соединений должен быть оставлен запас длиной, достаточной для монтажа муфты, а также для укладки дуги компенсатора. Укладывать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается. В Приложении Л в качестве примера приведены схемы выполнения соединения кабеля в местах установки соединительных муфт.

10.8.7 При сооружении траншей необходимо избегать мест, содержащих вещества или мусор, разрушительно воздействующие на оболочку кабеля, в т.ч. насыпной грунт, содержащий шлак или строительный мусор, участки, расположенные ближе 10 м от выгребных и мусорных ям.

При невозможности обхода таких мест, кабель должен быть проложен в трубах (покрытых снаружи битумным составом, поливинилхлоридных или полиэтиленовых трубах с герметичными стыками) или траншея для прокладки кабеля должна быть от 0,5 до 0,6 м расширена с обеих сторон, от 0,3 до 0,4 м углублена и засыпана стабилизированным грунтом.

10.8.8 Примеры различных способов прокладки кабелей в земле (траншее) приведены в Приложении И.

10.8.9 Засыпка траншеи грунтом, маркировка.

10.8.9.1 После испытаний оболочек проложенный в траншее кабель должен быть присыпан, уложена механическая защита (железобетонные плиты), после чего представителями электромонтажной и строительной организаций совместно с представителем заказчика и представителем эксплуатирующей организации должен быть произведён осмотр трассы с составлением акта на скрытые работы.

10.8.9.2 Засыпка трассы комьями мёрзлой земли, снегом, льдом, а также грунтом, содержащим мусор, камни, куски металла не допускается.

10.8.9.3 После прокладки с трассы кабельной линии необходимо вывезти мусор, отходы использованных материалов и кабеля, загрязняющие окружающую среду.

10.8.9.4 Каждая кабельная линия должна иметь свой номер или наименование и промаркирована в соответствии с требованиями настоящего Стандарта

10.9 Прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях, производственных помещениях и на конструкциях

10.9.1 Для исключения повреждения проложенного кабеля прокладку кабеля следует начинать после завершения всех строительных работ в кабельных сооружениях, производственных помещениях и на конструкциях. При прокладке кабелей марок ПвП, АПвП, ПвПу, АПвПу на воздухе в кабельных сооружениях и производственных помещениях в проекте должно быть предусмотрено обеспечение дополнительных мер противопожарной защиты, например, нанесение огнезащитных покрытий.

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

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

10.9.4 Перед прокладкой в туннеле (галерее) должны быть закончены все строительные работы и установлены конструкции для крепления кабелей и каркасы противопожарных перегородок. Сварка в туннеле (галерее) после прокладки кабелей не допускается. Кирпичная кладка перегородок может быть выполнена после прокладки кабелей.

10.9.5 Расстояния между опорными конструкциями принимаются в соответствии с рабочими чертежами по проекту. Конструкции, на которые укладывают кабели, должны иметь исполнение, исключающее возможность механического повреждения оболочек кабелей.

10.9.6 При установке соединительных муфт в кабельных сооружениях (помещениях), необходимы отдельные полки на опорной конструкции для каждой муфты. Противопожарные кожухи, окружающие соединительные муфты, монтируемые в кабельных сооружениях (помещениях), для муфт кабелей с полиэтиленовой изоляцией не требуются.

10.9.7 Кабели, прокладываемые по конструкциям, консолям, эстакадам, стенам, перекрытиям, фермам 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 до 1,0 м (по согласованию с заводом-изготовителем это расстояние может быть изменено).

При укладке кабелей на консоли кабели должны быть закреплены на каждой консоли. Расстояние между консолями должно быть не более 1 м. Полезная длина консоли должна быть не более 500 мм на прямых участках трассы.

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

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 «нагрев-охлаждение» и при магнитных взаимодействиях при коротких замыканиях.

Шаг, тип, конструкция и материал креплений определяются при проектировании кабельной линии в зависимости от места расположения кабелей (на лотках, консолях и других креплениях), профиля трассы, конструкции кабелей и технических данных КЛ.

Для крепления кабелей могут применяться крепежные изделия из высокопрочного армированного полимера.

10.9.8 Кабели внутри помещений должны быть защищены до безопасной высоты, но не менее 2 м от уровня земли или пола и на глубине 0,3 м в земле.

10.9.9 Проходы кабелей через стены, перегородки и перекрытия в производственных помещениях и кабельных сооружениях должны быть осуществлены через отрезки неметаллических труб.

10.9.10Зазоры в отрезках труб, отверстиях и проёмы после прокладки кабелей должны быть заделаны несгораемым материалом, термоусаживаемыми манжетами.

10.9.11Вводы кабелей в здания, кабельные сооружения и другие помещения должны быть выполнены в пластмассовых трубах. На всех трубах должна быть выполнена внутренняя фаска. 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.

Должна быть обеспечена центровка кабеля относительно отверстия трубы.

10.9.12Должны быть предусмотрены меры, исключающие проникновение из траншей в здания, кабельные сооружения и другие помещения воды и мелких животных.

10.9.13Не допускается прокладка кабеля без труб при заходах в здания ПС или в кабельные сооружения.

10.9.14При прокладке КЛ на железных эстакадах (конструкциях), выполненных с температурными швами, следует предусмотреть проектом крепление кабелей с учетом температурного удлинения эстакады (конструкции).

10.10 Прокладка кабельных линий в трубных переходах

10.10.1Для защиты кабелей в местах пересечений с дорогами, инженерными сооружениями и естественными препятствиями, а также для изготовления кабельных блоков, должны быть применены трубы.

10.10.2Внутренний диаметр трубы или канала блока для прокладки одного кабеля должен быть не менее полутора наружных диаметров кабеля. При прокладке в трубах следует располагать по одному кабелю в трубу (трубного перехода).

10.10.3При проектировании прокладки кабеля в трубе, исходя из конструктивных параметров кабеля и условий прокладки, должна быть определена общая длина трубы с учётом необходимой пропускной способности кабельной линии, конструктивных особенностей трассы, диаметра и состояния внутренней поверхности трубы, предельно допустимых усилий тяжения.

Для каждой цепи КЛ необходимо предусмотреть не менее одной резервной трубы.

10.10.4Трубы должны быть пластмассовые или из иного немагнитного изоляционного материала. Прокладка кабеля одножильного исполнения в металлической трубе из магнитного материала (стали, чугуна) запрещается.

В качестве пластмассовых труб могут применяться полиэтиленовые трубы низкого давления согласно ГОСТ 18599. На стадии проекта должна быть определена толщина стенки трубы, обеспечивающая необходимую механическую прочность трубы для защиты КСПЭ: при пересечении дорог, инженерных сооружений и естественных препятствий; при вскрытии инженерных подземных коммуникаций, находящихся вблизи трасс КЛ.

10.10.5Трубы должны быть соединены муфтами, соединительными патрубками или манжетами и скреплены цементным раствором для исключения перемещения труб во время прокладки кабеля.

Не допускается применять для соединения труб манжеты, муфты и соединительные патрубки из материалов, имеющих свойства намагничивания (например, листовой стали), если они будут охватывать замкнутым контуром кабели одной фазы, проложенной в соединяемых трубах.

Внутренний диаметр муфты, соединительного патрубка или манжеты должен быть не меньше внутреннего диаметра соединяемых труб.

10.10.6В процессе стыковки труб и сооружения трубных переходов рекомендуется затягивать проволоку, которая впоследствии будет использована для протягивания стального каната (троса), предназначенного для прочистки трубы (канала) и затягивания кабеля.

10.10.7До протягивания кабеля в трубный переход необходимо очистить его от остатков бетонного раствора и строительного мусора. Для этого через трубу протянуть с помощью лебёдки канат с прикреплённым к нему приспособлением в виде стального контрольного цилиндра, обернутого одним куском материала, и трёх ершей из стальной проволоки.

Наружный диаметр контрольной поверхности цилиндра должен быть на 15 мм меньше внутреннего диаметра трубы, а диаметр ерша – на 6 мм больше внутреннего диаметра трубы. К последнему ершу прикрепляют стальной канат, при помощи которого затем будет протягиваться кабель.

10.10.8Для уменьшения усилия тяжения кабеля через трубу кабель и трубу покрывают смазкой или проливают через трубы воду.

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

10.10.9Протягивать кабель через трубы рекомендуется по возможности без остановок, для исключения больших начальных усилий тяжения.

10.10.10Для отдельных участков кабельных линий возможно применение прокладки кабелей в трубах, при этом расчетом подтвердить необходимую пропускную способность кабеля. Усилие тяжения кабеля не должно превышать

расчетного значения. Заложить и загерметизировать по одной резервной трубе на цепь.

При длине трубных переходов более 100 метров в резервную трубу заложить резервный кабель, при этом длина концов кабеля должна позволять выполнить монтаж соединительных муфт. Выполнить герметизацию концов резервного кабеля.

При использовании метода горизонтально-направленного бурения в резервных трубах прокладывать дополнительный кабель при протяженности переходов 100 м и более. Расчетом подтвердить необходимую пропускную способность кабельной линии.

10.10.11Примеры рекомендуемой прокладки кабелей в трубах под автомобильными дорогами и железнодорожными путями приведены в Приложении И.

10.11 Прокладка кабельных линий в кабельных туннелях

10.11.1Прокладку кабельных линий в кабельных туннелях рекомендуется проводить с учетом следующих требований к технологии прокладки:

- кабельные линии классов напряжений от 110 до 500 кВ каждого уровня напряжения должны прокладываться в отдельных кабельных сооружениях;
- должна быть исключена совместная прокладка в кабельных туннелях кабелей классов напряжений от 110 до 500 кВ с кабелями других уровней напряжения, за исключением технологических кабелей (контрольных и сигнализации) и кабелей 0,4 кВ для электроснабжения подземного сооружения;
- все кабели, проходящие в кабельных туннелях, должны покрываться огнезащитной пастой;
- на основе технико-экономического обоснования применять силовые кабели со встроенным оптоволокном (или оптоволокном расположенном на поверхности защитной оболочки) для мониторинга температуры кабеля;
- при раскладке кабелей треугольником на полке располагается не более двух фаз, а расстояние между кабелями должно быть не менее 250 мм друг от друга;
- выполнять двухстороннюю раскладку взаимно резервирующих кабельных линий.

10.11.2В существующих транспортных туннелях прокладка кабелей классов напряжения от 110 до 500 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена запрещается.

При сооружении новых транспортных туннелей прокладку КСПЭ в них можно осуществлять в отдельном кабельном сооружении из монолитного железобетона с выполнением требований кабельного туннеля.

10.12 Подводная прокладка кабельных линий

10.12.1Условия и способы подводной прокладки кабелей определяются настоящим Стандартом, проектом кабельных линий, должны быть согласованы с предприятием-изготовителем кабеля и обеспечивать минимальное электромагнитное воздействие на представителей ихтиофауны пересекаемого водоема.

10.12.2При пересечении кабельными линиями рек, каналов и других подобных преград кабели должны прокладываться преимущественно на участках с дном и берегами, мало подверженными размыванию. При прокладке кабелей через реки с неустойчивым руслом и берегами, подверженными размыванию, заглубление кабелей в дно должно быть сделано с учетом местных условий. Глубина заложения кабелей определяется проектом. Прокладка кабелей в зонах пристаней, причалов, гаваней, паромных переправ, а также зимних регулярных стоянок судов и барж запрещается.

10.12.3При прокладке (монтаже) кабельных линий в море должны учитываться данные о глубине, скорости и силе перемещения воды в месте перехода, господствующих ветрах, профиле и химическом составе дна, химическом составе воды.

10.12.4Прокладка кабельных линий должна производиться по дну таким образом, чтобы в неровных местах они не оказались на весу; острые выступы должны быть устранены. Отмели, каменные гряды и другие подводные препятствия на трассе следует обходить или предусматривать в них траншеи или проходы.

10.12.5При пересечении кабельными линиями рек, каналов и других преград кабели, как правило, должны заглубляться в дно на глубину не менее 1 м на прибрежных и мелководных участках, а также на судоходных и сплавных путях.

В водоемах, где периодически производятся дноуглубительные работы, кабели заглубляются в дно до отметки, определяемой по согласованию с организациями водного транспорта.

При прокладке кабельных линий на судоходных реках и каналах в целях защиты их от механических повреждений рекомендуется заполнять траншеи мешками с песком с последующей укладкой камней.

10.12.6При подводных прокладках на глубине более 15 м, а также при скоростях течения более 1 м/с расстояния между отдельными кабелями и цепями КЛ принимаются в соответствии с проектом.

10.12.7В местах выхода кабелей из подводного перехода на берег кабели следует прокладывать в полиэтиленовых трубах замоноличенных в теле набережной. Нижний конец подводной части трубы должен находиться на уровне дна траншеи подводного перехода. Трубы должны иметь защиту от механических повреждений.

10.12.8Пересечение кабелей между собой под водой запрещается.

10.12.9Подводные кабельные переходы должны быть обозначены на берегах сигнальными знаками согласно действующим правилам плавания по внутренним судоходным путям и морским проливам.

10.12.10При прокладке в воде кабельных линий из одножильных кабелей должен быть предусмотрен резерв: для одной кабельной линии - одна фаза, для двух линий - две фазы, для трех и более - по проекту, но не менее двух фаз. Резервные кабели должны быть проложены таким образом, чтобы они могли быть использованы взамен любой из действующих рабочих фаз. Экраны кабелей по обоим концам подводного перехода КЛ должны быть заземлены.

11 Испытание оболочки кабеля и ремонт оболочки

11.1 Испытание целостности защитных 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 кабельной линии с проложенным кабелем и смонтированными муфтами;
- проводить испытания участков КЛ после монтажа каждой соединительной муфты.

Испытания проводятся также после полного монтажа всей кабельной линии.

11.2 При наличии электропроводящего слоя, нанесенного на оболочку, его необходимо снять на расстоянии не менее 200 мм от концов кабеля (или от концевых муфт в соответствии с инструкцией по монтажу муфт).

11.3 Оболочка кабелей должна выдержать испытание напряжением 10 кВ постоянного тока в течение 1 минуты, приложенное между металлическим экраном кабеля и заземлителем.

Оболочка кабеля считается выдержавшей испытание, если во время испытаний не произошло пробоя и не было толчков тока утечки и его нарастания после установки значения испытательного напряжения. При заметном нарастании тока утечки или появлении толчков тока продолжительность испытания следует увеличить от 2 до 3 минут, и, если при этом не происходит пробоя оболочки, кабель может быть включен в работу. Через 6 месяцев с момента включения в работу кабеля должны быть проведены повторные испытания оболочки.

11.4 В случае, если оболочка кабеля испытаний не выдержала, должно быть определено место повреждения оболочки и открыто место для осмотра.

11.5 Осмотр повреждения (дефекта) должен производиться при обязательном присутствии шеф-инженера и представителя эксплуатирующей организации с составлением акта. Решение о возможности ремонта оболочки кабеля и других элементов конструкции кабеля принимает шеф инженер.

11.6 Ремонт оболочки кабеля должен производиться обученным персоналом. В случае повреждения под оболочкой экрана и электропроводящего слоя по изоляции возможность ремонта кабеля и дальнейшего его использования должна быть определена представителем предприятия-изготовителя кабеля.

11.7 В кабельный журнал необходимо занести следующие данные о ремонте:

- наименование кабельной линии;
- дата проведения ремонта;
- наименование монтажной организации и фамилии монтажников;
- расположение дефектного места на трассе с привязкой на местности;
- эскиз места ремонта с указанием расположения строительных длин;
- описание дефекта и проведённых ремонтно-восстановительных работ;

- акт осмотра места повреждения.

11.8 После ремонта необходимо засыпать кабель песчано-гравийной смесью и провести повторные испытания оболочки кабеля напряжением 10 кВ постоянного тока в течение 1 минуты (и проверить целостность оптоволокна при его наличии).

11.9 Если при испытаниях оболочек кабелей были вскрыты концы кабелей, закрытые капами, то после проведения испытаний на данных концах должны быть сразу же смонтированы новые капы.

12 Химическая устойчивость наружных оболочек

12.1 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 или условия прокладки.

12.2 Необходимо принимать во внимание, что при нормальной эксплуатации кабеля температура на поверхности оболочки достигает 70-80°С, при этом химическая активность веществ резко возрастает.

12.3 Справочные данные о химической устойчивости материалов оболочек, приведены в Приложении Е.

13 Правила безопасности при прокладке кабельных линий

При проведении погрузочно-разгрузочных работ, транспортировании и прокладке кабелей необходимо выполнять правила безопасности по ГОСТ Р 50571.8, а также ПОТ РМ-016-2001 [6].

14 Оценка соответствия проектной и кабельной продукции требованиям заказчика

14.1 Для обеспечения высокой эксплуатационной надежности и экономичности кабельных линий следует проводить оценку их соответствия установленным требованиям потребителя на стадии проектирования, изготовления и монтажа КЛ. Оценку соответствия следует осуществлять в соответствии СТО 17230282.27.010.002-2008 и требованиям настоящего стандарта.

14.2 Оценка соответствия проектов кабельных линий требованиям Технического задания заказчика.

14.2.1 Проектирование кабельных линий должно осуществляться проектными организациями (с привлечением при необходимости научных

организаций), имеющими лицензию на право проектирования кабельных линий номинальным напряжением 110 кВ и выше.

14.2.2 Оценка соответствия разработанного проекта КЛ требованиям Технического задания осуществляется заказчиком и оформляется Актом сдачи-приемки проекта.

14.2.3 По инициативе заказчика или проектной организации, а также в случае их разногласия в оценке соответствия проекта Техническому заданию на разработку КЛ, окончательная оценка соответствия устанавливается путем его добровольной сертификации с оформлением сертификата соответствия или назначением независимой экспертизы.

14.3 Оценка соответствия поставляемой кабельной продукции требованиям заказчика.

14.3.1 Поставляемые потребителю кабели и кабельная арматура по конструктивному исполнению, техническим характеристикам и эксплуатационным параметрам должны соответствовать техническим условиям на их изготовление конкретного предприятия-изготовителя.

14.3.2 Для отечественных производителей кабелей и кабельной арматуры соответствие техническим условиям предприятия-изготовителя технических параметров, функциональных показателей, условий применения и качества кабельных изделий должно подтверждаться Российским сертификатом соответствия техническим условиям на промышленный выпуск кабельной продукции и сертификатом качества изготовителя.

14.3.3 Для зарубежных производителей кабельной продукции (кабелей и кабельной арматуры) соответствие их технических параметров, функциональных показателей, условий применения, а также дополнительных требований потребителя, требованиям международных, национальных и стандартов организаций (ТУ) должно подтверждаться Экспертным заключением отраслевой аттестации кабельных изделий.

14.3.4 Срок службы кабелей и кабельной арматуры, поставляемой потребителю, должен быть не менее 30 лет.

14.3.5 При получении кабельной продукции потребителем должен осуществляться входной контроль качества и основных конструктивных элементов кабельного изделия.

14.4 Оценка соответствия

14.4.1 Прокладка КЛ, включая монтаж муфт и арматуры, должна выполняться специализированной монтажной организацией, имеющей соответствующее оборудование, приспособления, инструменты, материалы и квалифицированных специалистов, прошедших обучение на предприятии-изготовителе кабелей и муфт с изоляцией из сшитого полиэтилена.

14.4.2 Персонал строительно-монтажной организации должен быть аттестован на право прокладки кабелей и монтажа муфт с изоляцией из сшитого полиэтилена.

14.4.3 Прокладка КСПЭ и монтаж кабельной арматуры должны осуществляться в соответствии с проектными решениями, проектом производства работ, инструкцией предприятия-изготовителя кабельных изделий с учетом требований настоящего стандарта и действующих нормативных документов.

Приложение А
(справочное)
Пример технических условий для подготовки задания на проектирование кабельных линий высокого напряжения

(на примере замены участка ВЛ 110 кВ на КЛ 110 кВ)

А.1 Для замены ВЛ 110 кВ кабельной линией между ПС1 и ПС2 применить кабель номинальным напряжением 110 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена, медной жилой, с продольной герметизацией жилы кабеля, продольной и поперечной герметизацией экрана, с усиленной оболочкой толщиной 6 мм и при технико-экономическом обосновании, системой мониторинга температуры кабеля.

А.2 Сечение токопроводящей жилы кабеля выбрать исходя из пропускной способности существующих ВЛ 110 кВ в зимнее время, с учетом возможной перегрузки до 20% и перспективы развития сети. Выбор сечения жилы подтвердить расчетом и согласовать с заказчиком и с филиалом ОАО «СО ЕЭС»-… РДУ.

Для определения пропускной способности выполнить расчет электрических режимов в прилегающей сети 110 кВ для нормальной и ремонтной схем, при характерном максимальном и минимальном потреблении района с учетом нормальных возмущений. Расчет согласовать на стадии проектирования с филиалом ОАО «СО ЕЭС» - … РДУ.

При совместной прокладке КЛ 110 кВ ремонтное отключение одной из цепей не должно приводить к отключению оставшихся в работе КЛ 110 кВ.

А.3 Сечение экрана кабелей определить исходя из термической стойкости к току КЗ, но не менее 50 кА в течение 0,8 с.

Величину тока КЗ определить проектом, подтвердить расчетом и согласовать с филиалом ОАО «СО ЕЭС» - … РДУ.

Проектом обеспечить потенциал на экране кабеля не более 110 В при применении транспозиции экранов или их одностороннего заземления. Схему соединения экранов кабелей определить (на основе технико-экономического обоснования) проектом, исходя из пропускной способности КЛ.

Предусмотреть проектом облегченные, быстросъемные инвентарные леса для обслуживания концевых муфт, устанавливаемых на новом переходном пункте.

Металлоконструкции, непосредственно используемые для установки концевых муфт, выполнить с цинковым антикоррозионным покрытием, остальные металлоконструкции, а также места сварки – загрунтовать и покрасить.

Обеспечить защиту кабелей от механических повреждений в местах выхода из земли к концевым муфтам полиэтиленовыми трубами на высоту не менее 0,5 м с герметизацией термоусаживаемыми трубками.

Обеспечить установку датчиков для измерения частичных разрядов на концевых муфтах.

А.4 Конструкцию кабеля и муфт дополнительно согласовать с заказчиком с учетом выбора поставщика кабеля, муфт, а так же других материалов и оборудования.

А.5 Трассу КЛ выбрать проектом вне проезжих частей автодорог и зоны зеленых насаждений. Согласовать трассы с эксплуатирующей организацией. Предусмотреть меры по сохранности новых кабелей на период строительства.

Для определения трассы прохождения кабеля применить электронные маркеры типа «XXXXX» (или аналогичные), установив их по трассе на расстоянии не менее 50 м друг от друга, дополнительно - на поворотах (до и после поворота), а также в местах монтажа муфт.

Предусмотреть возможность свободного доступа автотранспорта и спецтехники к трассе КЛ, проходящей в земле. Охранную зону КЛ обозначить информационными знаками установленного образца через каждые 250 м. Места установки знаков согласовать с эксплуатирующей организацией.

А.6 Выполнить строительство нового переходного пункта закрытого типа.

А.7 Разместить соединительные муфты в соответствии с инструкцией завод-изготовителя кабеля и арматуры, инструкциями по прокладке и монтажу КЛ. Места размещения соединительных и транспозиционных муфт согласовать с эксплуатирующей организацией и заводом-поставщиком муфт.

А.8 Засыпку кабеля произвести стабилизированным грунтом с тепловыми сопротивлением, обеспечивающим требуемую пропускную способность КЛ. Тип грунта согласовать с эксплуатирующей организацией.

А.9 Для защиты кабелей от механических повреждений установить защитные железобетонные плиты сбоку и сверху над кабелями.

В местах пересечения с дорогами прокладку кабеля произвести в полиэтиленовых трубах.

А.10При пересечении с теплопроводом прокладку кабеля осуществить над ним. При этом расстояние между кабелем и перекрытием теплопровода должно быть не менее 1 м, а в стесненных условиях – не менее 0,5 м. Теплопровод на участке пересечения плюс 3 м по каждую сторону от крайних кабелей должен иметь теплоизоляцию, не позволяющую повышать температуру земли (грунта) более чем на 5°С в любое время года.

А.11На открытых участках выполнить влагостойкое огнезащитное покрытие кабелей толщиной не менее 1 мм.

А.12Для отдельных участков КЛ возможно применение прокладки кабелей в трубах, при этом необходимо подтвердить расчетом их пропускную способность. Усилия тяжения кабеля не должны превышать расчетных. При проектировании прокладки кабелей в трубах необходимо предусмотреть закладку и герметизацию по одной резервной трубе на цепь.

При прокладке труб открытым способом применить полиэтиленовые трубы с внутренним диаметром не менее 225 мм.

Обеспечить расположение кабеля по центру трубы в месте выхода из нее кабеля и загерметизировать монтажной пеной. При расстоянии между трубами более 200 мм выполнить герметизацию термоусаживаемыми трубками.

При длине трубных переходов более 100 м, в резервную трубу целесообразно заложить резервный кабель, при этом длина концов кабеля должна позволять выполнить монтаж соединительных муфт. Выполнить герметизацию концов резервного кабеля.

При использовании метода горизонтально-направленного бурения, в резервных трубах прокладывать дополнительный кабель при протяженности переходов 100 м и более.

А.13Возможна прокладка кабелей по эстакадам или в кабельных туннелях, при этом необходимо обеспечить удобный проход в туннель обслуживающего персонала, через входы с лестницами и свободный; в любое время года доступ персонала, автотранспорта и механизмов к входам в кабельные сооружения по автомобильным дорогам с асфальтобетонным покрытием.

Конструкция проектируемого кабельного туннеля и используемые строительные материалы должны обеспечивать надежную эксплуатацию в условиях повышенной вибрации и возможного поступления грунтовых вод. Высота в свету должна быть не менее 250 см, проход между полками туннеля в свету не менее 1 м. Обеспечить возможность прокладки в туннеле двух резервных цепей.

А.14В проектируемом кабельном туннеле выполнить системы:

- связи;
- электроснабжения;
- освещения с независимым управлением из каждого вентиляционного киоска;
- водоудаления со сливом в городской водосток с использованием насосов соответствующей мощности;
- вентиляции с поддержанием температуры не ниже $+1^0$С в зимнее время, при этом в летнее время температура в туннеле не должна превышать температуру наружного воздуха более чем на 10^0С;
- раздельной охранной и пожарной сигнализации.

А.15Организовать с применением аппаратуры телемеханики сбор и передачу информации с приборов пожарно-охранной сигнализации, о состоянии систем водоудаления и электроснабжения, температуре и загазованности в кабельном сооружении.

А.16В кабельных туннелях выполнить внутренний контур заземления сечением 50х5 мм^2, закладные детали и металлоконструкции с использованием оцинкованных стальных элементов и болтовым соединением конструктивных узлов, а также усиленную гидроизоляцию, устройство «карманов» с забутовкой шамотной глиной мест ввода кабелей или другой способ герметизации заходов кабеля от проникновения грунтовых вод. Выполнить посты электропитания 0,4 кВ через каждые 50 м по длине кабеля.

А.17В вентиляционных киосках кабельных туннелей выполнить штукатурку и побелку стен, отмостку, лестницы, козырьки для отвода воды с крыши. Выполнить мероприятия по защите от проникновения посторонних лиц, с устройством на всех проемах решеток и дополнительных защитных сеток, с установкой металлических дверей усиленного типа с внутренними дверными петлями и металлическим каркасом, а также с замками.

А.18Архитектурно-планировочное решение наземных объектов проектируемых туннелей дополнительно согласовать с районным архитектором и эксплуатирующей организацией.

А.19Кабели проложить во всех кабельных туннелях треугольником по проекту.

А.20Проектные решения по организации заходов кабелей во все кабельные сооружения согласовать с эксплуатирующей организацией.

А.21Для контроля температуры кабелей установить устройство мониторинга температуры и подключить к ним оптоволоконные проводники, встроенные в силовой кабель в качестве распределенных датчиков. Аппаратуру мониторинга температуры разместить на ПС1 в телекоммуникационной стойке с подключением к телемеханике.

Устройство должно осуществлять мониторинг всех фаз КЛ и обеспечивать передачу на диспетчерский пункт эксплуатирующей организации по отдельно выделенному каналу и через аппаратуру телемеханики температурных профилей и аварийных сигналов о состоянии КЛ. Тип и производителя системы мониторинга температуры определить на стадии проектирования с учетом суммарной длины контролируемых участков. Место расположения аппаратуры дополнительно согласовать с эксплуатирующей организацией.

А.22Организовать основной и резервный каналы передачи данных аппаратуры телемеханики и термоконтроля о состоянии кабельной линии и о технологическом состоянии оборудования в цифровой системе передачи данных.

А.23На основе аппаратуры телемеханики организовать сбор информации по п. А.15 и А.21, а также информации о токах нагрузки ВКЛ, состоянии защит и положении выключателей на ПС1 и ПС2 и ее дальнейшую передачу на диспетчерский пункт эксплуатирующей организации. Проектом предусмотреть сопряжение устройства мониторинга температуры с аппаратурой телемеханики.

А.24Проектирование средств связи должно вестись согласно норм технологического проектирования СО 153.34.20.122-2006, раздел 12 «Средства связи».

А.25Предусмотреть ретрансляцию на диспетчерский пункт эксплуатирующей организации от системы АСКУЭ электросетевого предприятия данных по учету передачи электроэнергии по силовым воздушно-кабельным линиям.

А.26Проект сооружения КЛ должен быть выполнен специализированной организацией.

А.27Получить письменное подтверждение завода-изготовителя: об обеспечении требуемой пропускной способности кабельных линий при соблюдении предусмотренных проектами условий прокладки; о технологическом соответствии кабеля и кабельной арматуры различных производителей.

А.28Согласовать проект с заказчиком, эксплуатирующей организацией и другими заинтересованными организациями.

А.29Предусмотреть проектом и выполнить мероприятия по охране окружающей среды (почва, воздух, вода) согласно требованиям законодательства РФ.

А.30В сметах к рабочему проекту предусмотреть расходы на:

- технический надзор эксплуатирующего предприятия за сооружением участков КЛ и шеф-надзор завода-изготовителя кабельной продукции за прокладкой и монтажом КЛ;
- проектирование и устройство временного электроснабжения объекта на время строительства;
- изготовление хомутов пластиковых, бирок на основе технологии ламинирования;
- услуги по испытанию оболочек и изоляции кабелей;
- выполнение входного контроля кабелей 110 кВ;
- измерение частичных разрядов в концевых муфтах;
- поставку комплекта резервных материалов.

А.31В сметах к рабочему проекту предусмотреть обучение персонала эксплуатирующей организации:

- наладке и эксплуатации системы мониторинга температуры кабеля;
- монтажу муфт и прокладке силового кабеля, а также оптоволоконного кабеля (в случае не привлечении специализированных организаций).

А.32Предусмотреть в сметах затраты на приобретение резервного оборудования для каждой линии: двух соединительных муфт, одной концевой муфты; не менее 100 м силового кабеля 110 кВ, используемого при прокладке; по дополнительному согласованию в зависимости от условий прокладки, комплекта инструмента и оборудования для монтажа кабельной арматуры.

А.33Предусмотреть в сметах затраты на приобретение резервных материалов:

- для ремонта дистанционного и линейного оборудования связи;
- строительной длины волоконно-оптического кабеля и двух оптоволоконных муфт;
- для силового кабеля: пяти комплектов для ремонта оболочек, по четыре капы на каждую прокладываемую фазу кабеля для герметизации концов;
- маркеров (30 штук) и маркероискателей (две штуки).

А.34Работы по прокладке и монтажу кабеля должны выполняться специализированной строительно-монтажной организацией, имеющей опыт монтажа, обученный и аттестованный персонал.

А.35Комиссия для приемки законченных строительно-монтажных и наладочных работ назначается после предъявления технической и исполнительной документации эксплуатирующей организации.

А.36Все технические решения должны соответствовать ПТЭ электрических станций и сетей, рекомендациям завода-изготовителя кабеля и оборудования.

А.37Все работы должны проводиться с получением уведомлений и согласованием ППР.

А.38Все решения по данным техническим условиям должны быть согласованы с эксплуатирующей организацией и заводом-изготовителем кабельной продукции.

Приложение Б
(справочное)
Примерная структура задания на разработку рабочего проекта «Кабельно-воздушная линия 110 кВ от подстанции ПС1 до подстанции ПС2 (проектные и изыскательские работы)»

Б.1 Основание для проектирования.

Б.1.1 Инвестиционная программа Заказчика (собственника) КЛ.

Б.1.2 Основные нормативные документы (НД), определяющие требования к проекту:

Б.1.2.1 Федеральные законодательные документы:

- Земельный кодекс Российской Федерации (действующая редакция);
- Лесной кодекс Российской Федерации (действующая редакция);
- Водный кодекс (действующая редакция);
- Градостроительный кодекс Российской Федерации (действующая редакция);
- Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»;

Б.1.2.2 Отраслевые НД:

- ПУЭ (действующее издание);
- ПТЭ (действующее издание);
- Рабочие документы, Стандарты организации, Положения, Информационные письма, Методические рекомендации и другие нормативные документы, связанные с проектированием объекта.

Б.2 Вид строительства и этапы разработки рабочего проекта

- Новое

Этапы разработки рабочего проекта:

I этап - обоснование и согласование с Заказчиком и Системным оператором принципиальных решений по сооружаемому объекту.

II этап - разработка, согласование и экспертиза проекта.

Б.3 Основные характеристики сооружаемого объекта.

Б.3.1 Для КВЛ 110 кВ ПС1-ПС2

Показатель	Значение
Передаваемая мощность	2х40 МВт
Количество цепей 110 кВ	Две
Номинальное напряжение	110 кВ
Длина трассы КВЛ ПС1-ПС2	Длину трассы определить при проектировании
Тип кабеля	С изоляцией из сшитого полиэтилена, с усиленной оболочкой
Способ прокладки кабеля	Определить проектом
Конструкция кабеля	Определить проектом
Герметизация	Продольная герметизация жилы кабеля. Продольная и поперечная герметизация экрана

Показатель	Значение
Материал жилы	Медь
Сечение жилы кабеля	Определить проектом
Сечение экрана кабеля	Определить проектом
Заземление экранов	Определить проектом, в том числе необходимость применения транспозиции экранов
Наличие переходных пунктов	Определить проектом, тип переходных пунктов - закрытый
Сейсмичность	9 баллов
Тип концевых муфт	в здании трансформаторов - для внутренней установки в КРУЭ – кабельные вводы в КРУЭ
Наличие переходов через естественные и искусственные преграды	Определить проектом
Число часов использования максимума нагрузки	Определить проектом
Резерв кабеля и оборудования	Определить проектом
Прочие особенности, включая рекомендации по типу опор и изоляции (с уточнением в проекте)	Определить проектом

Б.4 В составе проекта обосновать и выполнить

Б.4.1 На I этапе «Обоснование и согласование с Заказчиком принципиальных решений по сооружаемому объекту» (в течение 3-х месяцев с даты заключения договора на разработку проекта).

Все решения должны быть взаимоувязаны с проектами воздушных и кабельных линий, соединяющих ПС с проектируемой КВЛ.

Б.4.1.1 При этом выполнить и утвердить в составе данного этапа:

- формирование вариантов электрической связи новых объектов с энергосистемой;
- расчет экономических показателей вариантов схем присоединения объектов к энергосистеме и выбор рекомендуемого варианта (3 варианта).

Б.4.1.2 Электрических расчёты режимов работы сети 110 кВ в районах сооружения объектов на год их ввода и на перспективу 5-10 лет с учетом изменения направления и значения передаваемой мощности включая: режимы наибольших и наименьших нагрузок, послеаварийные и особые режимы, а так же другие характерные для сооружаемых объектов и рассматриваемых энергорайонов режимы.

Б.4.1.3 Текущие и перспективные расчетные модели и расчетные условия (рассчитываемые варианты аварийных и ремонтных режимов) должны быть согласованы с собственником КЛ и эксплуатирующей организацией.

Б.4.1.4 Предварительные изыскания, сопоставление различных вариантов (с оценкой экономических показателей) технических решений строительства с расчётом различных режимов (нормальных, послеаварийных, ремонтных и токов короткого замыкания) работы сети (на основе присоединений КЛ).

Б.4.1.5 Расчет сечения жилы кабеля исходя из пропускной способности линий в зимнее время с учетом возможных перегрузок до 20% и перспективы развития сети.

Б.4.1.6 Расчет сечения экранов кабеля для каждого участка, исходя из термической устойчивости к токам КЗ. Величину токов КЗ подтвердить расчетом и согласовать с филиалом ОАО «СО ЕЭС» - РДУ.

Б.4.1.7 Для КВЛ 110 кВ ПС1-ПС2: варианты трасс; изыскания; наименование и протяженность КВЛ; решения по специальным переходам КВЛ; тип линейной изоляции (тип кабеля); тип линейной арматуры; способ прокладки КЛ; сечение и тип кабеля; конструкцию переходных пунктов; заходы КЛ на ПС и технические решения по присоединению к основному оборудованию – трансформаторам и КРУЭ.

Б.4.1.8 Для КВЛ по результатам I этапа определить на основе укрупненных экономических показателей ориентировочную стоимость объекта.

Б.4.1.9 Материалы по I этапу проектирования, с пояснительной запиской по основным техническим решениям предоставить Заказчику в объёме, необходимом для принятия решений в соответствии с разделами 4.2.1 и 4.2.2 настоящего ТЗ для последующего рассмотрения и согласования ОАО «ЦИУС ЕЭС», Заказчиком, эксплуатирующей КЛ организацией, филиалом ОАО «СО ЕЭС» ….РДУ и утверждения протоколом совместного совещания.

Б.4.1.10 Итогом I этапа рабочего проекта являются:

- утверждённый протокол совещания по рассмотрению материалов 1 этапа проектирования, включая основные технические решения;
- план прохождения трассы КВЛ;

Предварительное согласование отвода земли под КЛ 110 кВ

- согласованная структурная схема организации связи.

Б.4.2 На II этапе «Разработка, согласование и экспертиза рабочего проекта в соответствии с нормативными требованиями» выполнить разработку проекта в соответствии с нормативными требованиями, в том числе в соответствии с требованиями постановления Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». Проектная документация в части РЗА должна содержать принципиальные, функционально-логические схемы и схемы программируемой логики; пояснительную записку, содержащую проектный расчёт уставок, данные по параметрированию (конфигурированию) микропроцессорных устройств РЗА; актуальное техническое описание и руководство по эксплуатации.

Б.4.2.1 Для КВЛ 110 кВ ПС1-ПС2 определить и выполнить:

Б.4.2.1.1 Технические решения по КВЛ:

- протяженность и вариант прохождения трассы с указанием мест расположения соединительных муфт и колодцев для транспозиции экранов;
- способ прокладки КВЛ 110 кВ;
- конструкция кабелей (количество жил и сечение кабеля, оболочка, герметизация, тип кабеля);
- техническое решение по присоединению к основному оборудованию;
- таблица строительных длин;

- фазировка КЛ;
- конструкции специальных переходов (подводные, эстакады, проколы, коллекторы и другие) и кабельных сооружений (колодцы, переходные пункты, трубные переходы);
- расчет сечения жилы и экрана кабеля;
- количество кабеля и муфт в однофазном исчислении;
- резерв кабеля и оборудования;
- расчет усилий тяжения кабеля по каждой строительной длине;
- тип переходных пунктов, коммутационное оборудование и компоновку, контур заземления ПП при необходимсоти- электроснабжение ПП;
- ПОС на прокладку и монтаж КЛ;
- количество жил и сечение кабеля;
- линейную изоляцию (тип кабеля);
- необходимость мониторинга состояния кабелей 110 кВ;
- объем испытаний и измерений на КЛ 110 кВ;
- необходимость шеф-надзора, авторского надзора;
- необходимость обучения персонала монтажу и эксплуатации КЛ;
- прочие разделы проектно-сметной документации.

Б.4.2.1.2 Для прокладки КЛ 110 кВ применить кабель на номинальное напряжение 110 кВ с продольной герметизацией жилы кабеля, продольной и поперечной герметизацией экрана, с усиленной оболочкой.

Б.4.2.1.3 Сечение жилы кабеля выбрать исходя из необходимой пропускной способности ВКЛ для каждой цепи и перспективы развития сети, с учетом условий прокладки КЛ, наличия участков, ухудшающих отвод тепла от поверхности кабеля (прокладка в трубах или кабельных туннелях). Выбор сечения жилы кабеля подтвердить расчетом и согласовать с филиалом ОАО «СО ЕЭС» - РДУ и эксплуатирующей КЛ организацией.

Б.4.2.1.4 Сечение экрана кабелей определить, исходя из термической стойкости к току короткого замыкания, и согласовать с заводом-изготовителем кабеля. Ток короткого замыкания и длительность его протекания определить проектом и согласовать с филиалом ОАО «СО ЕЭС» - … РДУ и организацией эксплуатирующей КЛ.

Б.4.2.1.5 Трассы КЛ выбрать проектом вне проезжих частей автодорог и зоны зеленых насаждений. Предусмотреть меры по сохранности новых кабелей на период строительства. Для определения трассы прохождения кабелей применить электронные маркеры, установив их по длине трассы на расстоянии не менее 50 м друг от друга и дополнительно на поворотах (до и после поворота), а также в местах монтажа муфт. Предусмотреть установку реперов по трассе- на поворотах и в зоне пересечения с коммуникациями и в местах монтажа муфт.

Б.4.2.1.6 Разместить соединительные муфты в соответствии с инструкцией завода- производителя кабеля и арматуры, инструкциями по прокладке и монтажу КЛ.

Б.4.2.1.7 Применяемые на КВЛ кабели и кабельная арматура (муфты, кабельные вводы, и арматура должны иметь сертификаты соответствия и должны быть аттестованы).

Б.4.2.1.8 В проекте определить и предусмотреть в сметах расходы на:

- технический надзор эксплуатирующего предприятия;
- шеф-надзор производителя кабельной продукции за сооружением участков КЛ;
- проектирование и устройство временного электроснабжения объекта на время строительства;
- изготовление бирок на основе технологии ламинирования;
- услуги по испытанию оболочки и изоляции кабеля, предпусковую диагностику заземляющего устройства нового ПП и кабельных колодцев, анализ проекта пуско- наладочных экспертиз на электромагнитную совместимость;
- приобретение и поставку комплекта резервных материалов: силового кабеля на металлическом барабане (по длине не менее максимального расстояния между соединительными муфтами), концевых и соединительных муфт. Точный объем аварийного резерва определить проектом;
- обучение персонала эксплуатирующей организации, приемам монтажа и эксплуатации КЛ и систем мониторинга;
- эксплуатацию кабельных участков КВЛ, ПП, устройств релейной защиты, автоматики и связи.

Б.4.2.1.9 На устройства для теплового мониторинга кабелей получить технические условия у производителя кабельной продукции и согласовать с эксплуатирующей КЛ организацией.

Б.4.2.1.10 Обеспечить возможность измерения частичных разрядов на концевых муфтах.

Б.4.2.1.11 На открытых участках прокладки КЛ выполнить влагостойкое огнезащитное покрытие кабелей толщиной не менее 1 мм и предусмотреть защиту от внешних механических повреждений металлическими кожухами с цинковым антикоррозионным покрытием.

Б.4.2.1.12 Для отдельных участков КЛ возможно применение прокладки кабелей в трубах из немагнитного материала, при этом тепловым расчетом подтвердить необходимую пропускную способность. Усилие тяжения кабеля не должно превышать расчетного. Заложить и загерметизировать по одной резервной трубе на цепь. При длине трубных переходов более 100 м в резервную трубу заложить кабель, используемый при строительстве КЛ. Обеспечить необходимую длину кабельных концов для монтажа соединительных муфт. Выполнить герметизацию концов резервного кабеля.

При необходимости предусмотреть колодцы для размещения коробок для транспозиции экранов.

Б.4.2.2 Технические решения по релейной защите и линейной автоматике (РЗА), противоаварийной автоматике (ПА), автоматике управления выключателями (АУВ) в РУ объектов присоединения проектируемой КВЛ и прилегающей сети с использованием микропроцессорных устройств, в объёме вновь устанавливаемого оборудования.

Б.4.2.3 Выполнить учёт электроэнергии в объеме вновь вводимого оборудования.

Б.4.2.4 Организационно-технические решения по созданию систем связи для передачи корпоративной и технологической информации в объёме вновь устанавливаемого оборудования.

Б.4.2.5 Решения по электромагнитной совместимости устройств РЗА, ПА, АСУ ТП, АИИС КУЭ, связи, обеспечивающих их нормальную работу, с отражением в отдельном разделе на смежных ПС 110 кВ.

Б.4.2.6 Привести предварительный расчет количества и номенклатуры кабельной продукции, необходимой для создания подсистем РЗА, ПА, АСУТП и АИИС КУЭ.

Б.4.2.7 Оценка воздействия КВЛ на окружающую среду. Раздел «Охрана окружающей среды» оформить отдельным томом.

Б.4.2.8 Инженерно-технические вопросы гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций в соответствии с требованиями местных органов МЧС. Раздел оформить отдельным томом.

Б.4.2.9 Проект организации строительства (ПОС) с определением нормативных сроков выполнения строительно-монтажных работ, включая решения по выделению очередей и пусковых комплексов, с технологическими решениями и схемами перезавода КВЛ в новые ячейки, график поставки и схему транспортировки оборудования.

В проекте для каждого этапа строительства и пускового комплекса должны быть проработаны решения:

В части РЗА:

- выполнения релейной защиты при постановке под напряжение нового оборудования ПС и построенных участков КВЛ с учетом схемы их подключения к ПС;

В части АИИС КУЭ:

- по обеспечению автоматического сбора данных и их передаче на верхние уровни управления эксплуатирующей организации.

Б.4.2.10 Выполнить подраздел «Организация эксплуатации» с расчетом численности и квалификации эксплуатационного персонала.

Б.4.2.11 Сметную стоимость строительства приводить в двух уровнях цен: в базисном по состоянию на 01.01.2000 и текущем, сложившемся ко времени составления смет.

Сметную документацию выполнить в формате MS Excel и в программном комплексе системы «Гранд-Смета».

При составлении сметной документации в базисном уровне цен использовать территориальные единичные расценки регионов (ТЕР, ТЕРм, ТЕРп).

Б.4.2.12 Сводный сметный расчет выполнить с разделением затрат по собственникам объектов.

Б.4.2.13 В сметную документацию включить затраты на проведение работ по межеванию, предоставлению, постановке на государственный кадастровый учет земельных участков для эксплуатации объекта после завершения строительства, переводу земель в категорию земли промышленности, по проекту рекультивации земель на проведение технической инвентаризации, изготовление технических и кадастровых паспортов объектов недвижимости, оплате

госпошлины за постановку недвижимости на кадастровый учет и госпошлины за государственную регистрацию прав на объекты недвижимости.

Б.4.2.14 В состав проекта включить материалы «Предварительное согласование места размещения объекта, включая выбор земельного участка».

Б.4.2.15 В состав проекта включить документацию по предоставлению земельных участков на период строительства объекта.

Б.4.2.16 Документацию по проекту в полном объеме (включая обосновывающие расчеты) представить Заказчику в 7-ти экземплярах на бумажном носителе и в 2 экз. в электронном виде на CD.

Б.4.2.17 Одновременно с разработкой проекта, как правило, необходимо разработать техническую и коммерческую часть конкурсной документации (отдельными томами).

Техническая часть конкурсной документации - краткое изложение проекта, содержащее минимально-достаточный объем информации о предмете конкурса (объем закупаемой продукции (продукция - работы, услуги, оборудование, необходимые для строительства/реконструкции), требования к техническим характеристикам закупаемой продукции, порядок подтверждения соответствия этим требованиям, и другой технической информации), на основании которого участник конкурса может подготовить техническое предложение по строительству/реконструкции объекта и определить стоимость строительства/реконструкции.

Б.4.2.18 Материалы (по результатам II этапа) в соответствии с ТЗ в полном объеме предоставить на рассмотрение и согласование с Заказчиком, эксплуатирующей КЛ организацией, филиалом ОАО «СО ЕЭС»- …. РДУ, и утверждения протоколом совместного совещания за подписью руководителя «ЦИУС ЕЭС».

Б.5 Особые условия.

Б.5.1 Проектная организация получает все необходимые согласования и заключения с природоохранными органами, ГО и ЧС.

Б.5.2 Разработанная проектно-сметная документация является собственностью Заказчика и передача ее третьим лицам без его согласия запрещается.

Б.5.3 При необходимости, по запросу проектной организации выполняющей разработку проекта, Заказчик предоставляет доверенность на получение технических условий или сбор исходных данных и иных документов, необходимых для выполнения проектных работ и работ по выбору и утверждению трассы (площадки строительства).

Б.6 Выделение пусковых комплексов.

Б.7 Начало строительства объекта «___»_____ 200_ г.

Б.8 Срок выполнения проекта «___»_____200_ г.

Б.9 Проектная организация (генеральный проектировщик) – выбирается на конкурсной основе.

Б.10 Исходные данные для разработки проекта.

Перечень исходных данных, сроки подготовки и передачи их Заказчиком проектной организации определяются договором на разработку проекта и календарным графиком с учетом рекомендаций Постановления Правительства Российской Федерации «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» от 16.02.2008 года № 87.

Техническое задание подписывается главным инженером эксплуатирующей организации и согласовывается с представителями Заказчика, ОАО "ЦИУС ЕЭС", филиала «СО ЕЭС» РДУ и при необходимости с другими представителями.

Приложение В
(рекомендуемое)
Состав проекта кабельной линии высокого напряжения

В.1 Техническое задание на проектирование.

В.2 Пояснительная записка, в которой указаны:

- все принципиальные технические решения по выбору трассы, расчет сечения жилы и экрана кабеля, а также все особенности конструкции, строительные длины, технические решения по присоединению к основному оборудованию;
- тип и марка концевых устройств и количество кабеля и арматуры (СМ, КМ кабельных вводов);
- конструкции специальных устройств (ПП, коллекторов, колодцев, подводных переходов, эстакад, трубных переходов и других);
- необходимость транспозиции экранов кабеля, мониторинга теплового режима эксплуатации КЛ;
- объем испытаний, техназдор и авторский надзор, установка реперов на КЛ.

В.3 Электрическая схема проектируемого участка сети.

В.4 План трассы в М 1:2000.

В.5 План и профиль трассы в М 1:500 (1:200) с указанием мест размещения соединительных муфт.

В.6 Фазировка КЛ.

В.7 Схемы и чертежи кабельных сооружений (кабельных колодцев, переходных пунктов, эстакад, трубных переходов и других), разрез траншеи.

В.8 Раскладка КЛ по спецсооружениям.

В.9 Заходы КЛ на ПС, раскладка в кабельных каналах и т.д.

В.10 Таблица заказных длин

В.11 Таблица усилий тяжения кабеля с учетом всех поворотов и профильных перепадов высот.

В.12 Необходимость резерва КЛ и муфт.

В.13 Дополнительные чертежи, связанные с сооружением кабельных линий: кабельные колодцы для транспозиции экранов кабелей, мониторинг температуры, а также связанные с обустройством кабельных сооружений: заземлений, освещения, вентиляции, водоотлива, черт реперов и иных указательных знаков.

В.14 ПОС, включая размещение временных складов для кабеля, лотков, указание мест подготовки ПГС, размещение бытовок на трассе для персонала, организацию ограждения траншей, временных пешеходных переходов, охрану проложенных участков КЛ, организация мест для грунта в отвал и для вывоза, механизмов и установок для прокладки КЛ, проведения испытаний и измерений,

перечень приемо-сдаточной документации, передаваемой Заказчику при вводе в эксплуатацию.

В.15 Сметы, где указывается стоимость кабеля и арматуры, строительно-монтажных работ, испытаний, шеф-надзора и авторского надзора, охраны КЛ до момента передачи в эксплуатацию.

Приложение Г
(рекомендуемое)
Примерный перечень приемо-сдаточных документов, передаваемых генеральным подрядчиком эксплуатирующей организации при приемке кабельной линии в эксплуатацию

Г.1 Проект прокладки КЛ (соответствующего класса напряжения от 110 до 500 кВ, с изменениями) и согласованный с Заказчиком и заводами-изготовителями кабеля и арматуры, включая:

- пояснительную записку;
- план трассы в масштабе 1:2000;
- чертеж фазировки КЛ;
- чертежи трассы КЛ (план, профиль трассы) с указанием отметок низа кабеля и отметок низа коммуникаций, которые пересекает кабельная линия, установки реперов, привязок к наземным сооружениям, согласованный в установленном порядке с владельцами территорий, по которым проходит трасса КЛ и отделами архитектурно- планировочных органов, ведающими подземными сооружениями;
- чертежи разреза траншеи для прокладки КЛ в земле, в местах пересечения дорог, через водные препятствия, железные дороги (разрез, в трубах, под стенами зданий, разрезы в местах пересечения теплосетей и иных коммуникаций);
- узлы заходов КЛ на ПС, ПП, КРУЭ, присоединение к трансформаторам, (автотрансформаторам);
- чертежи кабельных сооружений (колодцы, трубные переходы, туннели);
- спецификация оборудования с указанием резерва кабеля и муфт, систем мониторинга теплового режима эксплуатации кабеля;
- ПОС.

Г.2 Заводская документация, включая:

- паспорта на кабели, муфты, вводы, систему мониторинга;
- заводские протоколы испытаний кабеля и муфт;
- заводские инструкции по прокладке и монтажу КЛ;
- заводские инструкции (рекомендации) по эксплуатации кабельных линий.

Г.3 Исполнительная документация, включая:

- журналы производства работ и авторского надзора проектных организаций, материалы обследований и проверок в процессе строительства органами государственного и другого надзора;
- исполнительные рабочие чертежи планов и профилей (в масштабе 1:500 или 1:200) КЛ на бумажном и электронном носителях с указанием мест установки соединительных муфт (и колодцев при транспозиции экранов), согласованные с организацией города (района), ведающей подземными сооружениями;
- исполнительные рабочие чертежи КЛ на бумажном и электронном носителях на кабельные сооружения – коллекторы эстакады;

- перечень организаций, участвовавших в производстве строительно-монтажных работ, с указанием видов выполненных ими работ и фамилий инженерно-технических работников, непосредственно ответственных за выполнение этих работ;
- инвентарная опись (ведомость) всех элементов кабельной линии;
- сертификаты, технические паспорта или другие документы, удостоверяющие качество материалов, конструкций и деталей, примененных при производстве строительно-монтажных работ, сооружений, технологических узлов;
- кабельный журнал;
- акты состояния кабелей на барабанах и в случае необходимости протоколы разборки и осмотра образцов (для импортных кабелей разборка обязательна);
- акты об освидетельствовании строительных и скрытых работ (траншей, блоков, труб, каналов под монтаж) с указанием пересечений и сближений кабелей со всеми подземными коммуникациями;
- акты (или протоколы) об усилиях тяжения при прокладке кабеля;
- акты приемки и хранения кабеля и муфт;
- акты приемки траншеи и кабельных сооружений под монтаж на соответствие проекту;
- акты на устройство заземлений кабельных сооружений (результаты измерения сопротивления заземления колодцев и концевых муфт);
- акты на монтаж кабельных муфт (соединительных, концевых муфт, элегазовых и трансформаторных вводов, коробок для транспозиции экранов);
- акты об индивидуальных испытаниях смонтированного оборудования; акты об испытаниях технологических трубопроводов и дренажных устройств; акты о выполнении уплотнения (герметизации) вводов и выпусков инженерных коммуникаций в местах их прохода через подземную часть наружных стен зданий в соответствии с проектом (рабочим проектом);
- акты осмотра кабелей, проложенных в траншеях и каналах перед закрытием (эти сведения должны быть отражены также в кабельном журнале и актах на скрытые работы);
- акты проверки теплопроводности специального грунта для засыпки кабеля;
- акты на монтаж кабельных муфт;
- акт проверки работоспособности электронных маркеров;
- акты входного контроля кабелей;
- акт проверки и испытания автоматических стационарных установок систем пожаротушения и пожарной сигнализации (при наличии проектных решений для кабельных сооружений);
- акты приемки молниезащиты и контура заземления ПП;
- первичные акты индивидуального опробования и испытания оборудования;
- заключение лаборатории на антикоррозионную защиту труб (форма лаборатории произвольная);

- справка от организации, ведающей подземными сооружениями о взятии на учет смонтированной кабельной линии;
- справка о выполнении благоустройства;
- ППР на прокладку кабелей (проекты производства работ, включая график выполнения работ на подготовку траншеи, устройство кабельных сооружений, прокладку кабеля);
- протокол прогрева кабелей на барабанах перед прокладкой при низких температурах воздуха;
- протоколы опробования водоотливных, вентиляционных систем и систем освещения, электроснабжения кабельных сооружений (колодцев, коллекторов ПП и т.д.), систем мониторинга КЛ (при их наличии);
- протоколы испытаний оболочек кабеля после прокладки;
- протоколы испытаний изоляции кабеля;
- протоколы измерений частичных разрядов на концевых муфтах и в КРУЭ;
- результаты измерения активного сопротивления изоляции;
- результаты измерения рабочей емкости жил кабелей;
- результаты измерения тока по токопроводящим жилам и экранам каждой фазы КЛ;
- результаты измерения активного сопротивления жил кабеля;
- результаты проверки целостности жил кабелей и фазировки КЛ;
- исполнительная схема фразировки КЛ;
- гарантийное письмо на ремонт КЛ от подрядной организации.

Г.4 При наличии кабельного туннеля, включая:

- акт о приемке в эксплуатацию коллектора (форма специализированной организации);
- первичные акты испытания устройств, обеспечивающих взрывобезопасность, пожаробезопасность, молниезащиту и сертификаты на устанавливаемое оборудование противокоррозионной защиты;
- сертификаты, технические паспорта или другие документы, удостоверяющие качество материалов, изделий и оборудования, применяемых при производстве монтажных работ;
- техническую документацию предприятий-изготовителей (паспорта, инструкции) на технологическое оборудование вторичных систем туннеля;
- ведомость смонтированного оборудования вторичных систем туннеля;
- лабораторные заключения по укладке и уплотнению бетонной смеси;
- акты освидетельствования скрытых работ;
- акты проверки и испытания систем вентиляции, энергоснабжения, водоудаления, обогрева и освещения;
- акты осмотра контура заземления перед засыпкой;
- протокол измерения сопротивления контура заземления;
- протоколы измерения сопротивления изоляции;
- заключение испытательной пожарной лаборатории (в случае покрытия кабелей огнестойкой защитной пастой);
- акты об окончании монтажных работ;

- акты о выполнении монтажных и пусконаладочных работ по технологическому оборудованию туннеля (вентиляция, водоудаление, обогрев, освещение, энергоснабжение);
- гарантийные обязательства на выполнение работы;
- копии лицензий подрядчиков и субподрядчиков на выполнение работ.

Г.5 При наличии волоконно-оптической линии связи, включая:

- исполнительную документацию (комплект рабочих чертежей с внесенными в них изменениями);
- исполнительные рабочие чертежи ВОЛС-ВЛ, ВОК на бумажном и электронном носителях;
- акт обследования (к акту прилагается смета на монтажно-наладочные работы, план-схема объекта, задание заказчику по обеспечению технической укрепленности объекта);
- акт о приемке в эксплуатацию ВОЛС (ВОЛС-ВЛ, ВОК);
- паспорта волоконно-оптической линии связи (ВОЛС, ВОЛС-ЫВЛ и ВОК);
- комплект рабочей документации, исполнительных схем и чертежей трасс ВОЛС, оконечного и кроссового оборудования;
- протокол входного контроля оптического кабеля;
- паспорт на монтаж муфт;
- техническую документацию предприятий-изготовителей (паспорта, инструкции);
- сертификаты, технические паспорта или другие документы, удостоверяющие качество материалов, изделий и оборудования, применяемых при производстве монтажных работ;
- ведомость установленного оборудования с указанием места установки;
- результаты измерения затухания в волокнах оптического кабеля;
- акт на распаковку оборудования ВОЛС (ВОЛС-ВЛ. ВОК);
- акт на приемку в монтаж оборудования ВОЛС (ВОЛС-ВЛ, ВОК);
- акты освидетельствования скрытых работ;
- акт технадзора;
- акт об окончании монтажных работ;
- акт об окончании ПНР;
- гарантийные обязательства на выполненные работы;
- копии лицензий подрядчиков и субподрядчиков на выполнение работ.

Г.6 При наличии системы видео-наблюдения, включая:

- исполнительную документацию (комплект рабочих чертежей с внесенными в них изменениями);
- акт о приемке в эксплуатацию системы видео-наблюдения;
- акт передачи оборудования в монтаж;
- акты проверки целостности сигнальных кабельных линий;
- акты освидетельствования скрытых работ;
- акты и измерения сопротивления изоляции электропроводок;
- протоколы измерения затухания оптического кабеля;

- протокол автономных испытаний;
- акт о приемке оборудования после автономного испытания;
- протокол комплексных испытаний;
- акт о приемке оборудования после комплексного опробывания;
- акт обследования (к акту прилагается смета на монтажно-наладочные работы, план-схема объекта, задание заказчику по обеспечению технической укрепленности объекта);
- ведомость установленного оборудования с указанием места установки;
- техническая документация предприятий-изготовителей (паспорта, инструкции);
- сертификаты, технические паспорта или другие документы, удостоверяющие качество материалов, изделий и оборудования, применяемых при производстве монтажных работ;
- инструкции по эксплуатации оборудования;
- инструкции по установке оборудования;
- таблица IP-адресов (если требуется);
- акт об окончании монтажных работ;
- акт об окончании ПНР;
- гарантийные обязательства на выполненные работы;
- копии лицензий подрядчиков и субподрядчиков на выполнение работ.

Г.7 При наличии системы термоконтроля КЛ, включая:

- исполнительную документацию (комплект рабочих чертежей с внесенными в них изменениями);
- акт о приемке в эксплуатацию системы термоконтроля;
- акт соответствия оптической схемы и элементов оптической схемы;
- акт осмотра трассы и способа прокладки оптического кабеля;
- акт обследования (к акту прилагается смета на монтажно-наладочные работы, план-схема объекта, задание заказчику по обеспечению технической укрепленности объекта);
- акт осмотра монтажа стойки;
- протокол комплексных испытаний;
- паспорта трассы оптоволоконной системы телеконтроля температур КЛ;
- схемы распределения ОВ на кассетах муфт;
- схемы расшивки кабеля на оптических стойках в пунктах;
- план размещения оборудования;
- план прокладки ВОК;
- монтажные схемы участков регенерации;
- технические данные и особенности конструкции проложенного ВОК;
- протоколы монтажа муфт;
- протоколы монтажа оптических патч-панелей;
- рефлектограммы измерений затухания ОВ смонтированных кабелей на участках;
- протоколы измерения затухания ОВ смонтированных кабелей на участках;
- протоколы входного контроля строительных длин ВОК;

- отчет по прокладке оптических кабелей;
- протоколы измерения затухания строительных длин ВОК;
- свидетельство о проверке оптического рефлектометра;
- ведомость установленного оборудования с указанием места установки;
- техническая документация предприятий-изготовителей (паспорта, инструкции);
- сертификаты, технические паспорта или другие документы, удостоверяющие качество материалов, изделий и оборудования, применяемых при производстве монтажных работ;
- заводские сопроводительные паспорта на кабель;
- акты освидетельствования скрытых работ;
- акты об окончании монтажных работ;
- акт об окончании ПНР;
- гарантийные обязательства на выполненные работы;
- копии лицензий подрядчиков и субподрядчиков на выполнение работ.

Г.8 При наличии системы каналов связи, включая:

- исполнительную документацию (канальные листы, комплект рабочих чертежей с внесенными в них изменениями);
- техническая документация предприятий-изготовителей (протоколы заводских испытаний, паспорта, инструкции);
- сертификаты, технические паспорта или другие документы, удостоверяющие качество материалов, изделий и оборудования, применяемых при производстве монтажных работ;
- схемы связи с учетом канальных интервалов, потоков, кросс-коммутаций, номеров плат, стоек, плинтов, пар;
- акт обследования (к акту прилагается смета на монтажно-наладочные работы, план-схема объекта, задание заказчику по обеспечению технической укрепленности объекта);
- акт передачи оборудования, изделий и материалов в монтаж;
- акт готовности зданий, сооружений к производству монтажных работ;
- акты освидетельствования скрытых работ;
- протокол измерений сопротивления изоляции электропроводок;
- ведомость установленного оборудования с указанием места установки;
- акт о приемке в эксплуатацию систем каналов связи;
- акт об окончании монтажных работ;
- акт об окончании ПНР;
- гарантийные обязательства на выполненные работы;
- копии лицензий подрядчиков и субподрядчиков на выполнение работ.

Г.9 При наличии систем телемеханики, включая:

- исполнительную документацию по телемеханике;
- акт о приемке в эксплуатацию системы телемеханики;
- техническая документация предприятий-изготовителей (паспорта, инструкции);

- сертификаты, технические паспорта или другие документы, удостоверяющие качество материалов, изделий и оборудования, применяемых при производстве монтажных работ;
- акт обследования (к акту прилагается смета на монтажно-наладочные работы, план-схема объекта, задание заказчику по обеспечению технической укрепленности объекта);
- акт предварительной приемки в эксплуатацию комплекса (системы) телемеханики;
- монтажные схемы кроссовых устройств на объекте;
- ведомость установленного оборудования с указанием заводского номера и места установки;
- акт проверки достоверности данных телеметрии (правильность прохождения, правильность отображения);
- акты освидетельствования скрытых работ;
- акт об окончании монтажных работ;
- акт об окончании ПНР;
- гарантийные обязательства на выполненные работы;
- копии лицензий подрядчиков и субподрядчиков на выполнение работ.

Г.10 При наличии пожарной сигнализация и системы пожаротушения, включая:

- акт о приемке в эксплуатацию ОПС;
- исполнительную документацию (комплект рабочих чертежей с внесенными в них изменениями);
- программа по приемке ОПС;
- инструкции по эксплуатации оборудования, местная инструкция;
- техническая документация предприятий-изготовителей (паспорта, инструкции);
- сертификаты, технические паспорта или другие документы, удостоверяющие качество материалов, изделий и оборудования, применяемых при производстве монтажных работ;
- ведомость установленного оборудования с указанием заводского номера и места установки;
- акт обследования (к акту прилагается смета на монтажно-наладочные работы, план-схема объекта, задание заказчику по обеспечению технической укрепленности объекта);
- акт передачи оборудования, изделий и материалов в монтаж;
- акт готовности зданий, сооружений к производству монтажных работ;
- акт о проведении входного контроля;
- акты освидетельствования скрытых работ;
- акт измерения сопротивления изоляции электропроводок и шлейфов ОПС;
- акт об окончании монтажных работ;
- акт об окончании ПНР;
- гарантийные обязательства на выполненные работы;
- копии лицензий подрядчиков и субподрядчиков на выполнение работ.

Приложение Д
(справочное)
Пример выбора номинального сечения токопроводящей жилы и экрана кабеля высокого напряжения

Д.1 Исходные данные для расчета КЛ.

Д.1.1 Исходные данные по конструкции и способу прокладки КЛ

- передаваемая мощность по КЛ S=170 МВА;
- марка кабеля АПвП;
- линия разделена на две группы кабелей, которые могут быть расположены одним из способов:

а) две группы кабелей, скрепленных в треугольник;

б) две группы кабелей проложены в плоскости с расстоянием между фазами, равным диаметру кабеля;

- расстояние в свету между группами кабелей в траншее не менее 700 мм, на эстакаде равно диаметру кабеля;
- КЛ прокладывается в грунте (траншее) и по территории предприятия по крытой эстакаде и имеет переход под автомобильной дорогой в керамической трубе длиной 12 м, проложенной на воздухе;
- глубина прокладки КЛ в земле 1,8 м;
- удельное тепловое сопротивление грунта 1°С·м/Вт;
- расчетная температура воздуха 35°С, грунта 25 °С;
- величина перспективного тока однофазного короткого замыкания на землю составляет 30 кА (время отключения однофазного КЗ – не более 0,3 с);
- экраны кабеля заземлены с двух сторон.

Д.1.2 Информация по длительно допустимым токам КСПЭ 110 кВ и поправочных коэффициентов на условия прокладки, приведены в каталожных данных завода-изготовителя кабеля (таблица Д.1) для следующих условий:

- температуры жилы 90^0С;
- температура окружающей среды 20^0С при прокладке в земле и 30^0С при прокладке на воздухе;
- коэффициент нагрузки 1,0;
- глубина прокладки в земле 1,5 м;
- удельное тепловое сопротивление грунта 1 К·м/Вт;
- при прокладке треугольником кабели проложены вплотную, при прокладке в плоскости расстояние между кабелями в свету равно диаметру кабеля;
- кабели на воздухе проложены свободно (на расстоянии от опоры) и защищены от воздействия солнечного излучения;
- металлические экраны заземлены по концам КЛ;
- сечение экрана в среднем составляет от 20 до 25 % сечения жилы.

При других условиях эксплуатации КЛ длительно допустимый ток должен быть скорректирован путем умножения величин, указанных в таблице Д.1, на поправочные коэффициенты в зависимости от:

- температуры окружающей среды k_1 (таблица Д.2);
- глубины прокладки кабеля k_2 (таблица Д.3);
- удельного теплового сопротивления грунта k_3 (таблица Д.4);
- расположения кабелей и расстояния между ними:

а) для кабелей, проложенных в плоскости k_4 (таблица Д.5)

б) для группы кабелей, проложенных в земле k_5 (таблица Д.6)

в) для группы кабелей, проложенных на воздухе k_5 (таблица Д.7)

г) прокладки кабелей в трубах и каналах k_6 (таблица Д.8).

Таблица Д.1 - Длительно допустимый ток в КСПЭ 110 кВ

Номинальное сечение жилы, мм^2	Длительно допустимая токовая нагрузка, А							
	кабелей с медной жилой				кабелей с алюминиевой жилой			
	в земле		на воздухе		в земле		на воздухе	
								
240	520	544	670	744	404	422	520	578
300	587	615	766	853	456	478	595	663
350	621	651	817	911	487	510	640	714
400	669	703	888	992	524	549	694	775
500	760	802	1026	1152	599	630	808	905
630 (625)	858	912	1178	1336	683	721	935	1057
800	959	1028	1340	1535	773	821	1079	1226

Таблица Д.2 – Поправочный коэффициент k_1 на температуру окружающей среды

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

Таблица Д.3 – Поправочный коэффициент k_2 на глубину прокладки кабеля

Глубина прокладки, м	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0
k_2	1,04	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97

Таблица Д.4 – Поправочный коэффициент k_3 на тепловое сопротивление грунта

Удельное тепловое сопротивление грунта, °С·м/Вт	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,6	3,0
k_3	1,37	1,21	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83	0,79	0,72	0,67	0,63

Примечание:

1) Поправочный коэффициент на тепловое сопротивление грунта может применяться при условии, что удельное тепловое сопротивление грунта остается неизменным на весь срок службы.

2) Ориентировочно удельное тепловое сопротивление окружающей среды (°С·м/Вт) можно принимать: 0 - проточной воды; от 0,4 до 0,5 - при прокладке по дну водоема; от 1,0 до 1,5 – при засыпке стабилизированным грунтом.

Таблица Д.5 – Поправочный коэффициент k_4 на расстояние между кабелями

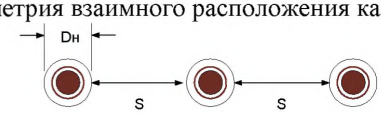
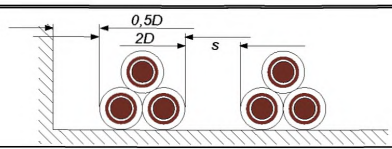
$S/D_н$	1,0	1,5	2,0	3,0
Кабели в земле, k_4	1,00	1,02	1,03	1,06
Кабели на воздухе, k_4	1,00	1,00	1,00	1,00
Геометрия взаимного расположения кабелей 				

Таблица Д.6 – Поправочный коэффициент k_5 на число цепей КЛ, проложенных в земле

S, м	Число групп кабелей (цепей КЛ)		
	2	3	4
0,1	0,87	0,79	0,74
0,3	0,90	0,83	0,79
0,5	0,92	0,85	0,82
0,7	0,93	0,87	0,84
0,9	0,94	0,89	0,86
1,2	0,95	0,91	0,89
1,5	0,96	0,92	0,91
1,8	0,96	0,93	0,92
2,0	0,97	0,94	0,93
Геометрия взаимного расположения цепей КЛ 			

Примечание – Резервные кабели при расчете не учитываются

Таблица Д.7 – Поправочный коэффициент k_5 на число цепей КЛ, проложенных в воздухе

Количество кабельных систем	1	2	Варианты расположения КЛ
Кабели проложены по поверхности земли	0,97	0,94	

Примечания:

1) Нагрев от соседних кабельных систем учитывается при S/D: ≤ 1,0 – для двух кабельных систем
≤ 1,5 – для трех кабельных систем

2) Нагрев от соседних кабельных систем учитывается при S/D: ≤ 0,5 – для двух кабельных систем

Таблица Д.8 – Поправочный коэффициент k_6 на условия прокладки кабелей

Условия прокладки	k_6 при внутреннем диаметре трубы					
	$1,5D_н$	$2,0D_н$	$2,5D_н$	$3,0D_н$	$3,5D_н$	$4,0D_н$
Кабели проложены в отдельных трубах в грунте или на воздухе с защитой от солнечного излучения	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95

Примечания:

- при длине труб менее 10 м: k6 = 1,0;
- при длине труб 10 м и более применяются выше приведенные коэффициенты;
- при общей длине трубных участков КЛ 10%, а также в кабельных сооружениях следует пересчитать номинальные токи КЛ, проложенных в земле сомкнутым треугольником

Таблица Д.9 – Допустимый ток короткого замыкания для медного экрана

Сечение медного экрана, мм^2	35	50	70	95	120	150
Допустимый односекундный ток короткого замыкания экрана, кА	7,1	10,2	14,2	19,3	24,4	30,4

Д.2 Поскольку в одной фазе КЛ включены по два кабеля, то ток в одном кабеле составляет:

$$I_1 = 0{,}5 \times S/\sqrt{3}/U_0 = 0{,}5 \times 170 \times 10^3/\sqrt{3}/110 = 446 \text{ А} \qquad (Д.1)$$

Д.3 По каталожным данным завода-изготовителя необходимо выбрать номинальное сечение токопроводящей жилы, допустимый ток для которого равен или превышает 446 А.

Д.4 Участок трассы КЛ, на котором кабели проложены в земле.

а) Прокладка кабелей треугольником вплотную.

По таблице Д.1 определяем, что длительно допустимому току в 456 А соответствует номинальное сечение алюминиевой жилы 300 мм^2.

Допустимый ток для заданных условий прокладки кабеля в траншее рассчитывается при помощи поправочных коэффициентов $k_1 = 0{,}97$ (табл.Д.2), $k_2 = 0{,}98$ (табл.Д.3), $k_3 = 1{,}0$ (таблица Д.4), $k_5 = 0{,}93$ (таблица Д.6):

$$I_2 = 456 \times 0{,}97 \times 0{,}98 \times 1{,}0 \times 0{,}93 = 403{,}1 \text{ А}, \qquad (Д.2)$$

т.е. сечение жилы 300 мм^2 при выбранных условиях прокладки недостаточно.

б) Прокладка кабелей в плоскости.

Согласно таблицы Д.1 длительный допустимый ток для жилы сечением 300 мм^2 при прокладке КЛ в земле составляет 478 А. Допустимый ток для заданных условий прокладки кабеля в траншее с учетом поправочных коэффициентов $k_1 = 0{,}97$ (табл.Д.2), $k_2 = 0{,}98$ (табл.Д.3), $k_3 = 1{,}0$ (табл.Д.4), $k_5 = 0{,}93$ (таблица Д.6):

$$I_3 = 478 \times 0{,}97 \times 0{,}98 \times 1{,}0 \times 0{,}93 = 422{,}6 \text{ А}. \qquad (Д.3)$$

Поскольку I_3 меньше I_1 необходимо увеличить сечение жилы и выполнить расчет для следующего номинального сечения - 350 мм^2.

в) Прокладка кабелей треугольником вплотную.

Согласно таблицы Д.1 допустимый ток в жиле при прокладке КЛ в земле составляет 487 А, следовательно с учетом поправочных коэффициентов (см. выше)

$$I_4 = 487 \times 0{,}97 \times 0{,}98 \times 1{,}0 \times 0{,}93 = 430{,}5 \text{ А}. \qquad (Д.4)$$

г) Прокладка кабелей в плоскости.

Согласно таблицы Д.1 допустимый ток в жиле составляет 510 А следовательно с учетом поправочных коэффициентов (см. выше)

$$I_5 = 510 \times 0{,}97 \times 0{,}98 \times 1{,}0 \times 0{,}93 = 450{,}9 \text{ А}. \qquad (Д.5)$$

Таким образом, при выборе сечения жилы 350 мм^2 и прокладке кабелей в земле в плоскости обеспечивается требуемая передаваемая мощность.

Д.5 Проверка допустимых токовых нагрузок на участках трассы с другими условиями прокладки.

а) Участок трассы КЛ, на котором кабели проложены в трубе.

Согласно таблицы Д.1 допустимый ток для сечения жилы 350 мм^2 при прокладке кабеля на воздухе составляет 714 А, поправочные коэффициенты k_1 = 0,96 (таблица Д.2), k_6 = 0,90 (таблица Д.8):

$$I_6 = 714 \times 0{,}96 \times 0{,}90 = 619{,}9 \text{ А}. \quad (Д.6)$$

б) Участок трассы КЛ, на котором кабели проложены на эстакаде.

Каждая группа кабелей связана в треугольник и проложена на полках, расположенных вертикально, тогда с учетом поправочных коэффициентов k_1 = 0,96 (таблица Д.2), k_5= 0,95 (таблица Д.8), имеем

$$I_7 = 714 \times 0{,}96 \times 0{,}95 = 651{,}2 \text{ А}. \quad (Д.7)$$

Таким образом, поскольку I_5 , I_6 и I_7 превышают I_1 , то при прокладке кабелей в плоскости и выбранном номинальном сечении токопроводящей жилы 350 мм^2 обеспечивается пропускная способность КЛ по всей длине трассы.

Следует отметить, что при необходимости прокладки кабелей в земле треугольником вплотную необходимо увеличить сечение жилы до 400 мм^2 .

Д.6 Для продолжительности короткого замыкания t = 0,3 с ток КЗ, протекающий по экрану составит:

$$I_э = 30 \times \sqrt{0{,}3} = 16{,}4 \text{ кА}, \quad (Д.8)$$

что требует выбора согласно таблицы Д.9 необходимого сечения медного экрана 95 мм^2.

Д.7 Выше приведенный пример расчета параметров кабеля применительно к конкретным условиям прокладки КЛ следует рассматривать как ориентировочный для проведения технико-экономического обоснования выбора оптимального варианта, как по конструкции кабеля, так и по способу его прокладки.

Расчеты длительно допустимых токов при наличии факторов, которые не учитывают поправочные коэффициенты, следует уточнить в соответствии с методиками ГОСТ Р МЭК 60287-1-1 и ГОСТ Р МЭК 60287-1-2 и согласовать с технической службой завода-изготовителя кабеля, представители которой при необходимости могут уточнить характеристики и конструкцию кабеля на основе более детальных расчетов с использованием специализированных программ.

Приложение Е
(справочное)
Перечень веществ, вредно воздействующих на оболочки кабелей

Е.1 В перечне приведены данные по устойчивости (удовлетворительной, ограниченной или неудовлетворительной) материала оболочки кабелей (полиэтилена высокой плотности) к воздействию различных веществ при отсутствии внутреннего давления и внешнего механического напряжения и температурах 20 и 60°С.

Е.2 Материал оболочки кабелей имеет неудовлетворительную устойчивость при температурах 20 и 60°С к воздействию следующих веществ:

- бром (жидкий или газ), йод в спиртовом растворе и в соли калия, фтор (газ);
- галогенопроизводные вещества: бромистый метил, бромоформ, дихлорэтилен, дихлорбензол, дихлорпропилен, метилциклогексан, пропилен дихлорид, тетрахлорэтилен, трихлорбензол, трихлорэтилен, трибромметан, хлорбензол, хлороформ, хлоросульфиновая кислота, хлористый тионил, хлоритый этил, хлористый этилен, хлористый метил, хлористый метилен;
- ароматические углеводороды;
- дипентен, тетрадекан, тетрагидрофуран, трехокись серы, диэтиловый эфир, дипентен, изопентан, изопропиламин, изопропиловый амин, нитробензол, нитротолуол, N-пентан, олеум, пентан-2, фурфурол, циклогексан, O-Zylene, P-Zylene, этилбензол;
- азотная кислота (концентрацией 95 % и выше), серная кислота (кипящая);
- керосин, скипидар (живица).

Е.3 Материал оболочки кабелей имеет ограниченную устойчивость при температуре 20^0С и неудовлетворительную устойчивость при температуре 60°С к воздействию следующих веществ: акрилат этила, декан, дибутиловый амин, дисульфид углерода, тетрахлорид углерода, ксилол, лигроин, метилциклогексан, N-гептан, озон, тетрахлорид титана, тетрахлорметан, трехфтористое соединение бора, толуол, тормозная жидкость, хлор (насыщенный водный раствор или газ), хлорид аллила.

Е.4 Материал оболочки кабелей имеет удовлетворительную устойчивость при температуре 20°С и неудовлетворительную устойчивость при температуре 60°С к воздействию следующих веществ: изоприловый эфир, нитроэтан, октиловый спирт, оливковое масло, перекись водорода (90 %), серная кислота (от 80 до 98 %), хлорная кислота (70 %), этилацетат.

Е.5 Материал оболочки кабелей имеет ограниченную устойчивость при температурах 20°С и 60°С к воздействию следующих веществ: ацетон, амилацетат, бензол, бензин, диацетоновый спирт, диэтиловый кетон, гексахлорофен, камфорное масло, сернистый кальций.

Е.6 Материал оболочки кабелей имеет удовлетворительную устойчивость при температуре 20°С и ограниченную устойчивость при температуре 60°С к воздействию следующих веществ: дизельное топливо, нефтепродукты, тавот, солидол, анилин, гексан, бензальдегид, бензолхлорид, изооктан, серная кислота (70 %), уксусная кислота (более 96 %), масляная кислота, хромовая кислота, хлорная кислота (50 %), фурфуроловый спирт, этиловый спирт, перекись водорода.

Е.7 Материал оболочки кабелей имеет удовлетворительную устойчивость при температурах 20 и 60°С при воздействии моторных смазочных масел (автола и других), битума, касторового масла, подсолнечного, кукурузного и хлопкового масел, вазелина, силиконовых смазок.

Приложение Ж
(справочное)
Классификация кабельных муфт

Ж.1 В настоящее время разработаны различные конструкции соединительных, переходных, концевых муфт, сочетающих в себе последние научные, конструкторские и технологические достижения в развитии кабельной техники. В зависимости от номинального напряжения КЛ и функционального назначения применяются кабельные муфты с монолитной изоляцией из СПЭ, муфты на основе комбинированной полимерной и элегазовой изоляционных сред и другие виды кабельной арматуры. При этом разрабатываемая кабельная арматура должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- электрическая прочность на промышленной частоте и при различных видах перенапряжений, а также тепловая устойчивость должны быть не ниже (по факту даже несколько выше) аналогичных параметров самого кабеля;
- высокие изоляционные свойства и максимально полная герметизация изоляционной кабельной системы;
- высокая эрозионная стойкость и трекингостойкость внешней изоляции;
- высокая механическая стойкость и устойчивость к протеканию токов КЗ;
- стойкость к воздействию окружающей среды, ультрафиолетового излучения и различных химикатов;
- использование одного типоразмера муфт для нескольких типов кабелей и сечений токопроводящих жил;
- срок службы не менее 30 лет;
- высокая эксплуатационная надежность;
- максимальная сборка конструкции в заводских условиях, простота монтажа и сведение к минимуму субъективного (человеческого) фактора при проведении монтажных работ.

Ж.2 По конструктивному исполнению и назначению кабельную арматуру для КЛ высокого напряжения можно классифицировать следующим образом:

Ж.2.1 Соединительные муфты:
- соединительные муфты с монолитной изоляцией из сшитого полиэтилена;
- соединительные муфты с элементами регулирования электрического поля (ЭРЭП) заводского изготовления;
- соединительные муфты с разделителями экранов (для КЛ с транспонированными экранами);
- муфта заводского изготовления.

Ж.2.2 Соединительно-переходные муфты:
- соединительные переходные муфты для соединения кабелей разных конструкций;
- соединительные переходные муфты для соединения маслонаполненных кабелей и КСПЭ

Ж.2.3 Концевые муфты (с внешними опорными изоляторами или внутренней изоляцией экрана):

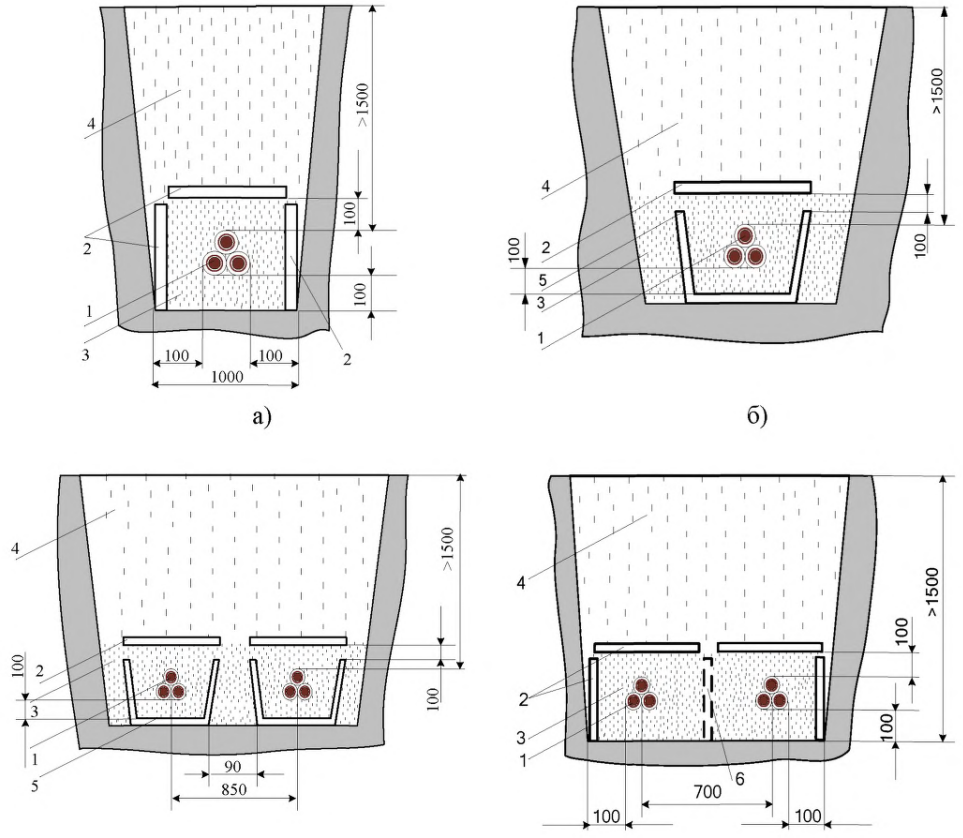
- концевые муфты с монолитной изоляцией из СПЭ;
- концевые муфты с элементами регулирования электрического поля;
- концевые муфты без заполнения изоляционным компаундом (сухие).

Ж.2.4 Вводы в КРУЭ:

- вводы с монолитной изоляцией из сшитого полиэтилена;
- вводы с элементами регулирования электрического поля (ЭРЭП);
- вводы с ЭРЭП без заполнения изоляционным компаундом – сухие.

Приложение И
(рекомендуемое)
Примеры различных способов прокладки кабельных линий высокого напряжения

И.1 Разрез траншеи при прокладке КЛ высокого напряжения приведен на рисунке Ж1. Согласно проекту по бокам КЛ может быть предусмотрена дополнительная установка защитных железобетонных плит (рис.И1 а, г), а также дополнительная железобетонная плита между двумя цепями КЛ (рисунок И.1 г).



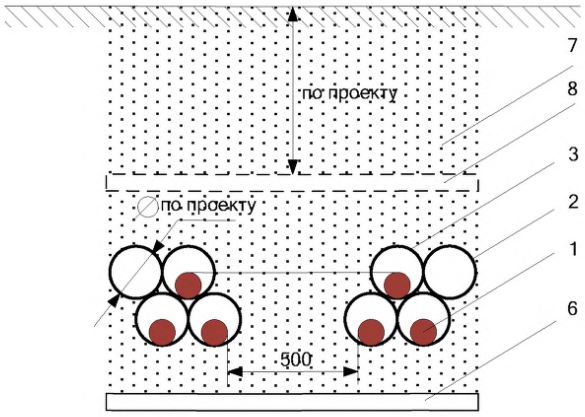
1 – кабель, 2 – железобетонная защитная плита,
3 – песчано-гравийная смесь (толщина стабилизированного грунта принимается по проекту),
4 – засыпной грунт, 5 – железобетонный лоток,
6 – дополнительная железобетонная плита (согласно проекту)

Рисунок И.1 - Примеры прокладки кабелей в траншеях

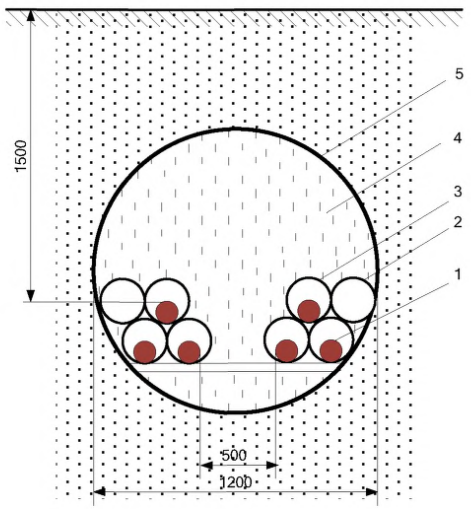
И.2 Прокладка одножильных КСПЭ в трубах осуществляется с использованием труб из немагнитных материалов (например, пластмассовых труб из полиэтилена низкого давления или гибких гофрированных полиэтиленовые труб) для защиты от механических повреждений и агрессивного воздействия окружающей среды при прокладке кабелей в грунте, замоноличивании в бетон или при монтаже другим способом.

Крепление между собой пластмассовых труб предусматривается проектом.

В качестве примера на рисунке И.2 приведены способы выполнения прокладки кабелей под искусственными препятствиями различного вида.



а)

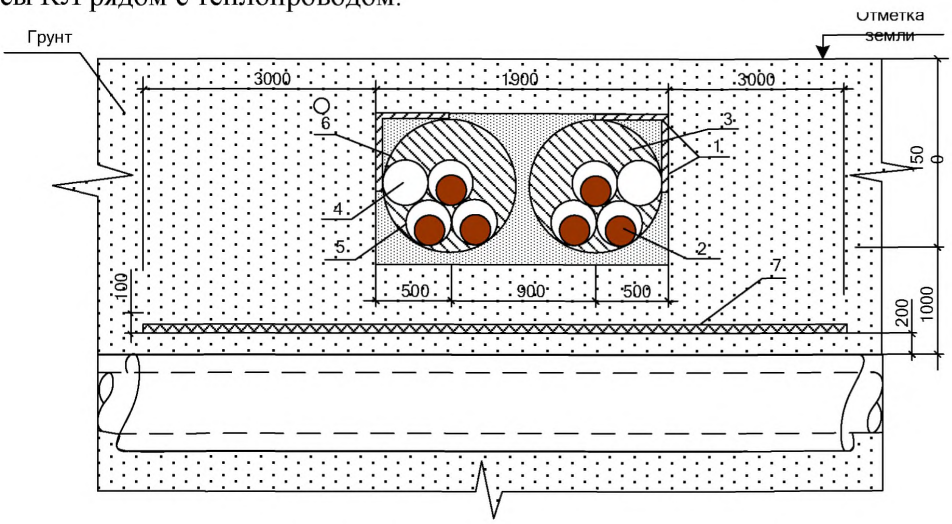


б)

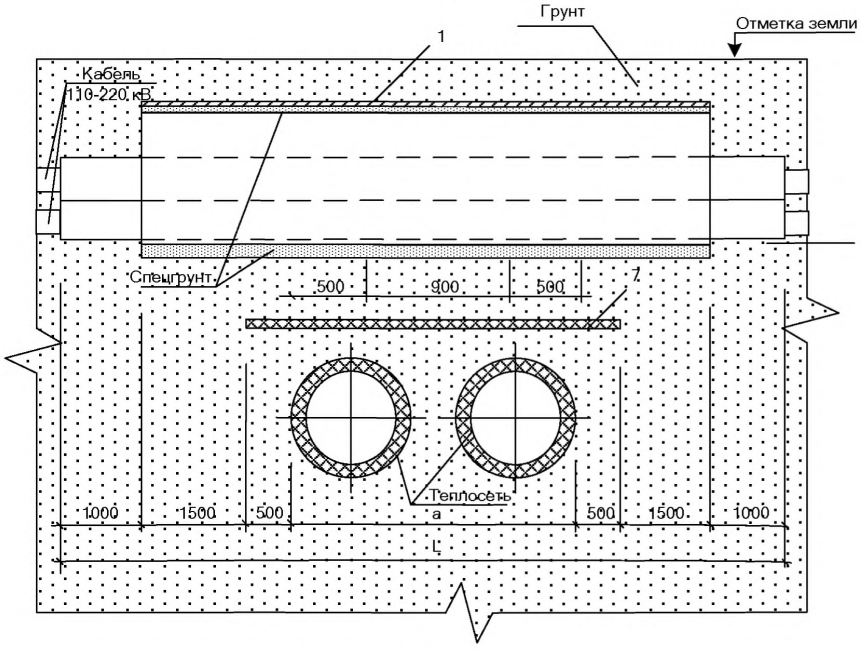
1 – кабель, 2 - резервная пластмассовая труба, 3 – пластмассовая труба, 4 - бетон, 5 – стальная труба, 6 – железобетонная плита дорожного типа, 7 – засыпной грунт, 8 - железобетонная плита (по проекту)

Рисунок И.2 – Примеры прокладки кабелей в трубах под автомобильными и другими дорогами (а) и под железнодорожными путями (б)

На рисунках И3-И4 приведены примеры прокладки КСПЭ 110 (220) кВ при прохождении трассы КЛ рядом с тепловыми сетями. На рис.И.3 в поперечном и продольном планах приведена прокладка одножильных кабелей при расположении трассы КЛ над тепловыми сетями, а на рис. И4 при прохождении трассы КЛ рядом с теплопроводом.



а)



б)

1 – железобетонные плиты В-4 (500х500х50), 2- кабель, 3 – бетонный раствор, 4 – резервная полиэтиленовая труба, 5 - полиэтиленовые трубы из ПНД диаметром 225 мм, 6 – стальная труба диаметром 710 мм, 7- дополнительная теплоизоляция из пенополистирольных плит (толщиной по проекту), покрытых гидроизолом

Рисунок И.3 – Пример прокладки кабелей 110 (220) кВ над теплосетью в поперченном

(а) и продольном (б) разрезах

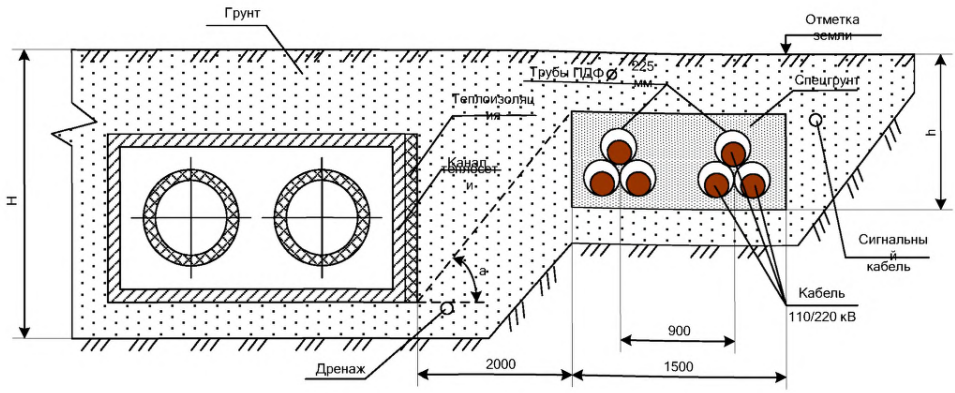


Рисунок И.4 – Пример прокладки кабелей 110 (220) кВ при прохождении трассы КЛ параллельно теплосети

И.3 При прокладке кабелей в траншеях наряду с выше рассмотренными способами применения железобетонных плит для механической защиты КЛ, в качестве альтернативного варианта следует также рассматривать возможность применения полимерных защитных (сигнальных) листов, скрепляемых в единую конструкцию по всей длине кабельной линии.

Приложение К
(рекомендуемое)
Примеры крепления кабелей на металлоконструкции

К.1 При выборе способа крепления кабелей необходимо исключить возможность повреждения их оболочек, а на стадии проектирования КЛ необходимо учесть, что вокруг отдельно проложенных (не соединенных в треугольник) кабелей не должны создаваться замкнутые контуры из магнитных материалов (например, стали).

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

К.2 При прокладке кабелей треугольником они должны быть скреплены лентами, стяжками, хомутами или скобами из немагнитных материалов.

К.3 Для крепления кабелей на металлоконструкциях могут быть использованы крепежи из высокопрочного армированного полимера.

К.4 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.

К.5 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:

$$F = 0{,}2 \times (2{,}5 \times I_к)^2 / s \quad [\text{Н/м}], \qquad (К.1)$$

где s - расстояние между центрами жил (м);

$I_к$ – ток короткого замыкания (кА).

К.6 В местах жесткого крепления кабелей на конструкциях должны быть проложены прокладки из эластичного материала (листовая резина, листовой поливинилхлорид,
неопрен). Прокладки должны выступать за края хомутов или скоб по ширине не менее 10 мм.

К.7 Крепление кабелей при помощи специальных скоб и хомутов без прокладок должно быть согласовано с изготовителем кабеля.

К.8 Металлические детали оборудования (крепежные изделия), расположенные в кабельном канале, должны обязательно подсоединяться к кабелю заземления.

К.9 При прокладке кабелей в кабельных туннелях необходимо учитывать следующие моменты прокладки и крепления кабелей на кабельных конструкциях.

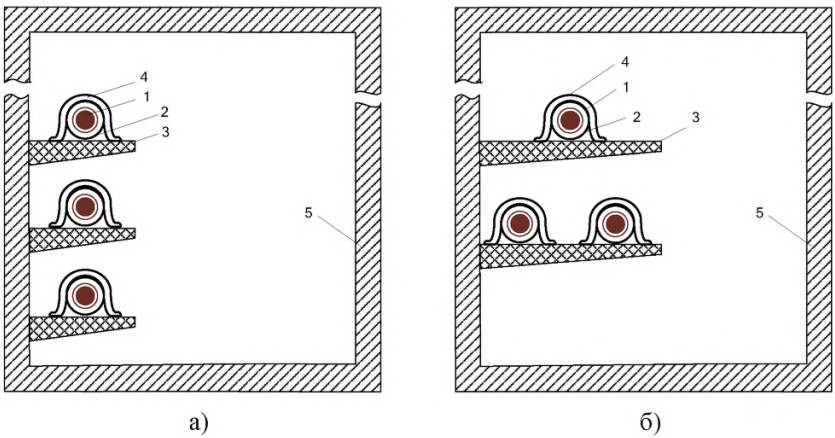
К.9.1 Для компенсации теплового расширения кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена в радиальном и продольном направлениях между крепежным изделием и кабелем необходимо предусматривать прокладки из мягкого материала (например резины или поливинилхлорида толщиной не менее 4 мм).

К.9.2 Для компенсации расширения в продольном направлении оси кабеля (когда кабель «проходит» по воздуху на участках большой протяженности) крепление должно выполняться с помощью метода «змейки».

К.9.3 Прокладка кабелей в кабельном туннеле может быть осуществлена:

- креплением в вертикальной плоскости;
- прокладка треугольником на металлоконструкциях с расстоянием между кабелями по проекту.

Различные способы прокладки кабелей в кабельном туннеле приведены на рисунке К.1.



1- кабель,
2 – прокладка кабеля из мягкого материала (в том числе кремнийорганической резины),
3 – полка, 4- кабельные крепления из немагнитного материала (в том числе из высокопрочного армированного полимера) , 5 – кабельный туннель

Рисунок К.1 – Различные типы прокладки кабелей в кабельном туннеле

Приложение Л
(справочное)
Примеры прокладки кабелей в местах их соединения

При прокладке кабеля в траншее в местах соединений должен быть оставлен запас длиной, достаточной для монтажа муфты, а также для укладки дуги компенсатора. На рисунке Л1 и Л2 в качестве примера приведены схемы прокладки КЛ напряжением 220 кВ в местах соединения кабелей с использованием соединительной муфты. На рисунке Л1 используются транспозиционные муфты и показан колодец, в котором осуществляется специальное соединение экранов.

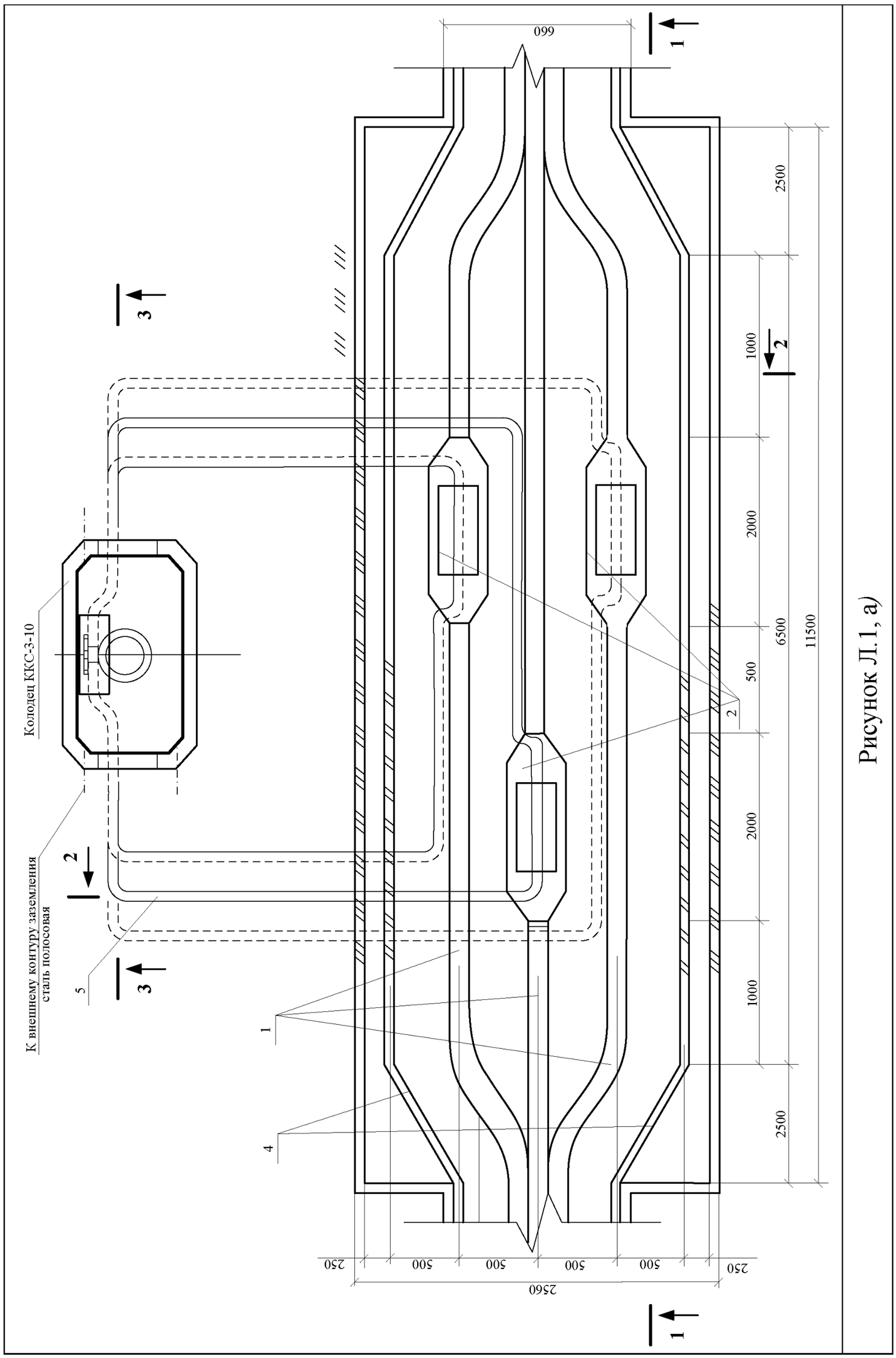

Колодец ККС-3-10
К внешнему контуру заземления
сталь полосовая
660
2500
1000
2000
6500
11500
500
2000
1000
2500
250
500
500
500
500
250
2560
1
2
3
4
5

Рисунок Л.1, а)

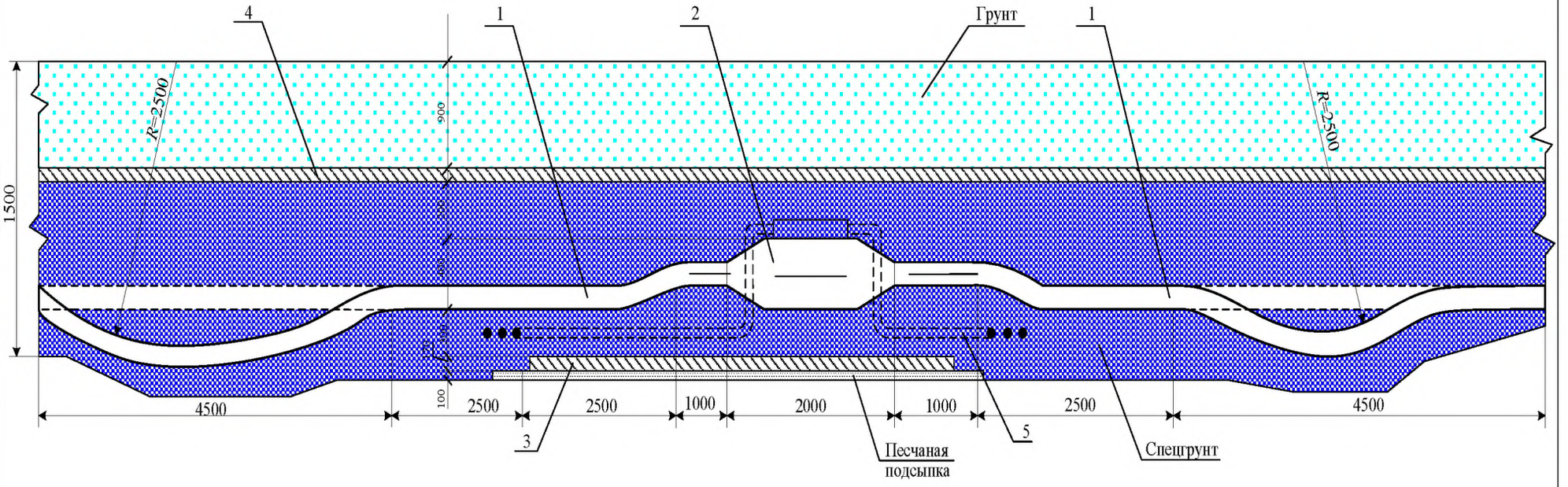

4
1
2
Грунт
1
R=2500
R=2500
1500
900
600
300
100
4500
2500
2500
1000
2000
1000
2500
4500
3
Песчаная
подсыпка
5
Спецгрунт

Рисунок Л.1, б)

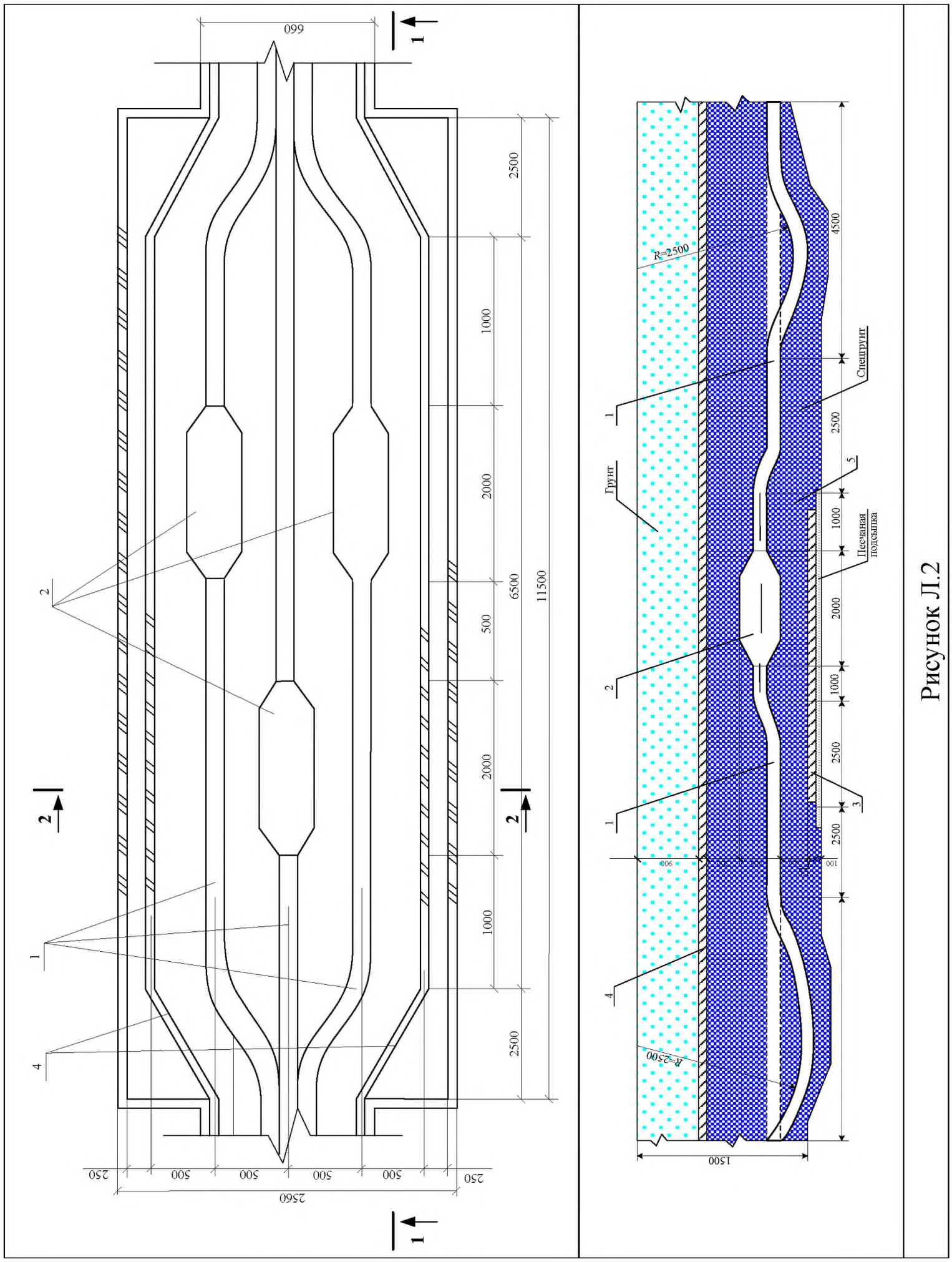

099
1
2
2500
1000
2000
500
6500
11500
2
2
1
4
2500
250
500
500
500
500
250
2560
1
R=2500
4500
Спецгрунт
2500
5
Грунт
1000
Песчаная подсыпка
2000
1
2
1000
2500
3
2500
4
R=2500
1500

Рисунок Л.2

Приложение М
(рекомендуемое)
Сезонные температуры грунтов на глубине прокладки кабелей в зависимости от географического места расположения объекта энергетики

Таблица М.1 - Сезонные расчетные температуры грунта

Предприятия электроэнергетики в городах и регионах РФ	Расчетные температуры грунта, °С	
	в летний сезон	в осенне-зимний сезон
Астрахань	25	15
Белгород	20	5
Владимир	15	5
Волгоград	25	10
Вологда	15	5
Воронеж	20	5
Иваново	15	5
Кострома	15	5
Курск	20	5
Липецк	15	5
Москва	15	5
Нижний Новгород	15	5
Орел	15	5
Рязань	15	5
Тамбов	15	5
Тверь	15	5
Тула	15	5
Архангельск	15	5
Брянск	20	5
Калининград	20	10
Карелия	15	5
Кольский п-ов	10	5
Коми	15	5
Санкт-Питербург	15	5
Новгород	15	5
Псков	15	5
Смоленск	15	5
Грозный	25	15
Дагестан	25	20
Краснодар	25	10
Калмыкия	25	15
Кабардино-Балкария	25	15
Ростов	20	10
Северный Кавказ	25	10
Ставрополье	25	10
Барнаул	15	5
Бурятия	10	0
Иркутск	15	5
Красноярск	15	5
Кузбасс	15	5
Новосибирск	15	5

Предприятия электроэнергетики в городах и регионах РФ	Расчетные температуры грунта, °С	
	в летний сезон	в осенне-зимний сезон
Омск	15	5
Томск	15	5
Чита	10	0
Амурская область	15	0
Дальний Восток	20	5
Камчатка	10	5
Магадан	5	0
Сахалин	15	5
Хабаровск	20	5
Якутск	10	0
Самара	20	5
Мари-Эл	15	5
Мордовия	15	5
Пенза	15	5
Саратов	20	5
Татарстан	15	5
Ульяновск	20	5
Чувашия	15	5
Башкортостан	15	5
Киров	15	5
Курган	15	5
Оренбург	15	5
Пермь	15	5
Екатеринбург	15	5
Удмуртия	15	5
Челябинск	15	5
Тюмень	15	5

Примечание – На предприятиях электроэнергетики, в зоне действия которых температура грунта отличается более, чем на 3°С от приведенных расчетных температур, следует пользоваться «Справочником по климату СССР. Температура почвы и воздуха» (Москва, Гидрометиздат, 1965 г.)

БИБЛИОГРАФИЯ

[1] МЭК 60853 Расчет циклических и аварийных значений тока в кабелях.

[2] МЭК 61443 Предельные значения температуры короткого замыкания электрических кабелей на номинальное напряжение свыше 30 кВ (U_m=36 кВ).

[3] СанПиН 2.2.4.1191-03 Предельно допустимые уровни электромагнитного поля частотой 50 Гц

[4] IEC 60228(2004) Conductors of insulated cables (МЭК 60228(2004) Проводники изолированных кабелей)

[5] СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства. Утверждены Постановлением Госстроя СССР от 11.12.1985 № 215

[6] ПОТ РМ-016-2001 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок

УДК 621.3.052.3 ОКС 29.240.20 ОКП 35 0000

Ключевые слова: кабель, кабельная линия, трасса кабельной линии, сшитый полиэтилен, перенапряжение, изоляция кабеля, проектирование, монтаж, электромагнитная совместимость

Организация-разработчик
ОАО «НТЦ электроэнергетики»

Руководитель разработки Ю.А. Лавров

gost.e-ecolog.ru