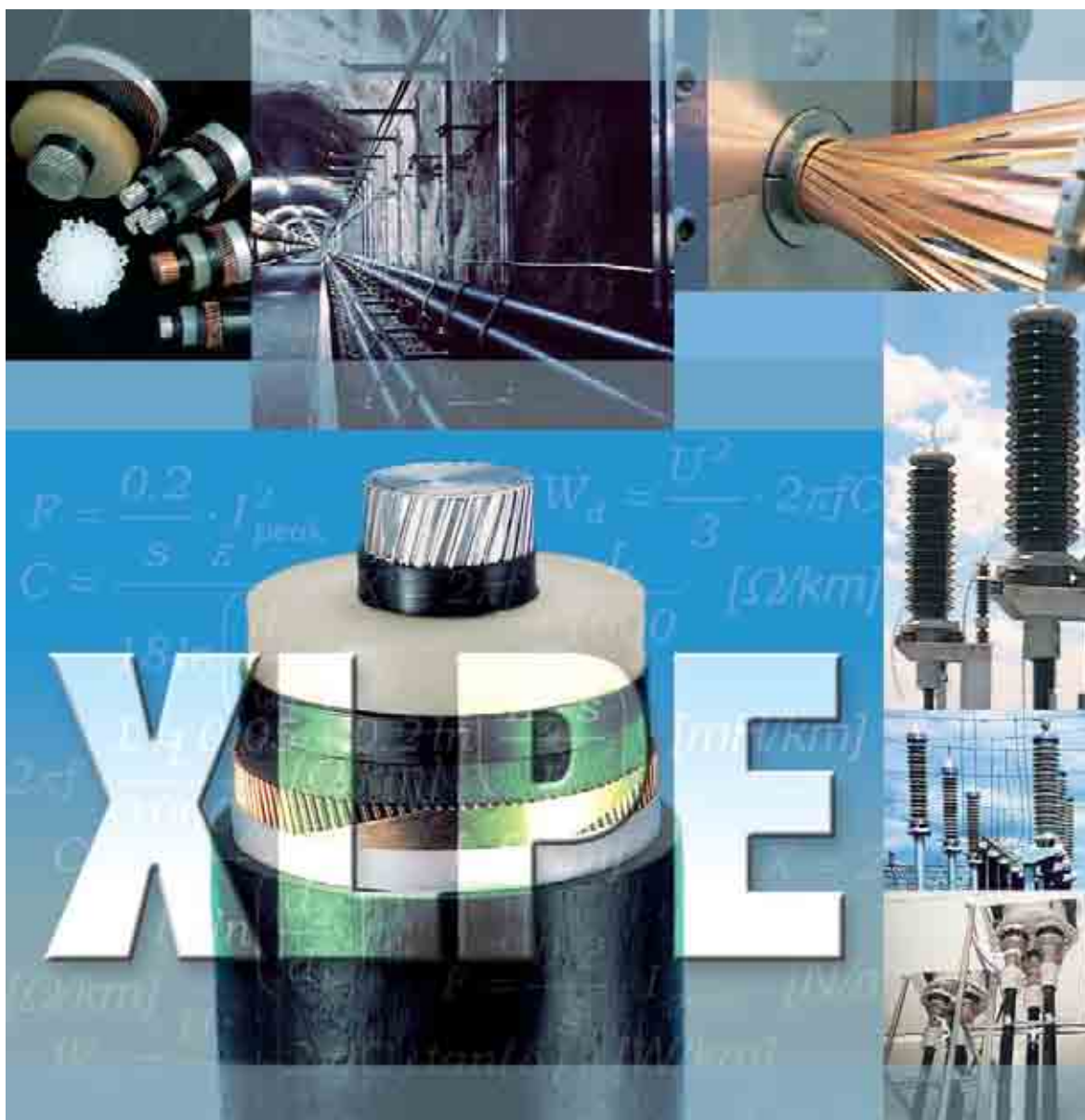


Кабельные системы с изоляцией из сшитого полиэтилена

Руководство пользователя



Стр.	Стр.
Системы кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена 1	Кабельные барабаны 11
Введение	Выбор кабельных барабанов
Кабели с СПЭ-изоляцией – конструкция, монтаж и испытания 2	Размеры и вес кабельных барабанов 12
СПЭ-кабель	Большие и специальные барабаны
Арматура для СПЭ-кабелей	Испытания кабелей с СПЭ-изоляцией
Монтаж СПЭ-кабелей 3	Условия прокладки
Испытания кабельных систем	Минимальный радиус изгиба
Стандарты 4	Максимальные усилия тяжения
МЭК	Конструкция кабелей с СПЭ-изоляцией 13
CENELEC	Жила
ICEA	Стандарты МЭК
ТУ	Герметизация жилы
Стандарты ISO	Изоляция
Способы прокладки 5	Полупроводящий слой по жиле
Расположение треугольником и в плоскости	Изоляция из сшитого полиэтилена
Заземление металлических экранов	Полупроводящий слой по изоляции
Заземление с обеих сторон	Металлический экран 14
Заземление с одной стороны	Медный проволочный экран, стандартная конструкция
Заземление с транспозицией экранов	Медный проволочный экран с герметизацией
Нагрузочные характеристики 6	Свинцовая оболочка
Длительно допустимый ток 7	Медный ленточный экран
Поправочные коэффициенты 8	Оболочка 15
Поправочный коэффициент на сечение экрана	Неметаллическая наружная оболочка
Поправочные коэффициенты при прокладке в земле	Наружный проводящий слой
Поправочные коэффициенты при прокладке в земле в трубах 9	Наружный слой, не распространяющий горение
Поправочные коэффициенты при прокладке на воздухе	Противопожарные свойства
Пример использования поправочных коэффициентов	Технические характеристики СПЭ-кабелей 16
Режим перегрузки	Расчетные формулы 19
Токи короткого замыкания	Техническая поддержка 20
Максимальные токи короткого замыкания по термической стойкости 10	Лист заказа
Динамические силы при коротком замыкании	

Системы кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена

Введение

Соединения, которым можно доверять

Группа АББ производит силовые кабели для прокладки в земле, на воздухе и под водой на самые высокие напряжения.

Помимо этого мы производим соответствующие соединительные и концевые муфты, а также другую арматуру для всех видов кабелей. Эти изделия полностью совместимы. Таким образом, мы знаем, что соединяем.

Опыт, на который можно положиться

Мы обладаем большим опытом осуществления кабельных проектов во всем мире с охватом всех стадий – от планирования до пусконаладочных работ, включая проектирование, прокладку, монтаж кабелей и испытания после прокладки. Немногие производители кабелей имеют такие длительные традиции работы в области высоких напряжений, как АББ. Первую поставку кабеля мы осуществили в 1883 году, а к 1970 году освоили технику изготовления кабелей с трехслойной экструдированной изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). В начале 70-х годов мы приступили к поставкам кабелей на напряжение свыше 100 кВ, а наш первый кабель с СПЭ-изоляцией на напряжение 245 кВ был сдан в эксплуатацию в 1978 году. С того времени АББ поставила свыше 8 500 км кабелей с СПЭ-изоляцией на напряжение свыше 100 кВ. Это опыт, на который вы можете положиться.

Научно-исследовательские разработки

Группа АББ всегда была пионером в области высоких напряжений. Во многих областях мы были первыми, у нас есть мировые рекорды. Но нет коротких путей к успеху.



Для сохранения наших позиций требуется проведение исследовательских и инновационных работ с использованием богатого опыта, накопленного за многие годы. Одна из движущих сил нашей исследовательской работы – стремление удовлетворить новые и постоянно растущие требования со стороны электротехнической промышленности и развивающегося рынка электроэнергетики. Сегодня мы ставим перед собой задачи, решения которых потребуются нашим заказчикам завтра.

Современный уровень производства

В компании АББ опыт и умение находятся в тесном содружестве. Мы производим кабели уже в течение 120 с лишним лет и с самого начала мы – одни из ведущих производителей. Наши заводы – в числе самых современных во всем мире, наша передовая система обеспечения качества ничего не оставляет на волю случая. Каждый миллиметр кабеля должен быть совершенным. Мы проектируем и изготавливаем кабели по международным стандартам и/или согласно спецификациям наших заказчиков.

В данной брошюре в основном представлены кабельные системы напряжением 110-500 кВ с СПЭ-изоляцией для прокладки в земле и на воздухе.



Кабели с СПЭ-изоляцией – конструкция, монтаж и испытания

СПЭ-кабель

Одножильные кабели с изоляцией из СПЭ включают в себя следующие элементы:

- Жила
 - Медная или алюминиевая скрученная уплотненная
 - Медная сегментная
 - Медная или алюминиевая профильные
 - Герметизированная
- Изоляционная система из СПЭ с тройной экструзией и сухой вулканизацией
- Металлический экран
 - Медный проволочный
 - Медный ленточный
 - Экран с поперечной герметизацией алюмо- или меднополимерной лентой сваренной с внешней оболочкой
 - Свинцовая оболочка
 - Экран с продольной герметизацией
- Полимерная наружная оболочка
 - Полиэтилен
 - ПВХ пластикат
 - Безгалогенный материал, не распространяющий горение
 - Электропроводящий слой, экструдированный поверх оболочки для ее специальной проверки на целостность
- Броня
 - Однорядная проволочная броня
 - Двухрядная проволочная броня

**Арматура для СПЭ-кабелей**

Современная номенклатура кабельной арматуры для систем кабелей с СПЭ-изоляцией производства компании АББ включает в себя:

- Соединительные муфты и муфты со встроенным устройством для транспозиции экрана
- Переходные муфты для соединения кабелей с СПЭ-изоляцией с маслонаполненными кабелями
- Наружные концевые муфты с фарфоровыми или силиконовыми изоляторами
- Экранированные съемные кабельные наконечники для переключающих устройств и трансформаторов
- Концевые элегазовые вводы для присоединения к трансформаторам и КРУЭ
- Устройства для заземления и транспозиции
- Систему датчиков распределения температуры
- Встроенный оптоволоконный кабель для контроля температуры по всей длине кабеля и передачи данных, вместо отдельно прокладываемого такого же кабеля. Особенно удобен для 3-х жильного подводного кабеля и кабеля с медным проволочным экраном.

Более подробная информация о нашей кабельной арматуре содержится на сайте www.abb.com, www.abb.ru



Монтаж СПЭ-кабелей

Монтаж кабельных систем в основном заключается в подготовке траншеи, протягивании кабеля, закреплении кабеля и монтаже арматуры.

Дипломированные монтажники АББ

квалифицировано выполняют работу, необходимую для обеспечения надежной работы кабельной системы.

АББ имеет большой положительный опыт применения различных технологий монтажа, включая прокладку непосредственно в грунте, в трубах, шахтах, лотках, туннелях, подводную прокладку, а также применения таких технологий как направленное бурение, поддомкрачивание труб и т. д.



Испытания кабельных систем с СПЭ-изоляцией

Стандартные периодические испытания, испытания на образцах, типовые испытания и испытания после прокладки, как правило, проводятся в соответствии со стандартами МЭК. Также могут применяться и другие международные и национальные стандарты по соглашению между производителем и заказчиком.

Периодические испытания кабельных систем с СПЭ-изоляцией и арматуры

- Измерение уровня частичных разрядов
- Высоковольтные испытания параметров изоляции
- Электрические испытания наружной оболочки, если таковые требуются
- Визуальная проверка

Испытания на образцах

Испытания на образцах проводят с периодичностью, требуемой соответствующими стандартами МЭК.

- Проверка электрического сопротивления жилы
- Проверка конструкции и геометрических размеров
- Определение емкостных характеристик кабеля
- Проверка степени полимеризации изоляционных материалов
- Электрические испытания

Испытания после прокладки

- Испытание наружной оболочки постоянным током
- Испытание изоляции переменным напряжением



Стандарты

Кабель с СПЭ-изоляцией производства АББ полностью отвечает требованиям, установленным международными и национальными стандартами. Некоторые из них перечислены ниже.

МЭК

Стандарты МЭК на системы кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена входят в число многих других принятых стандартов. Считается, что стандарты МЭК выражают согласованное мнение различных стран.

В число наиболее часто используемых стандартов входят:

МЭК 60228

Жилы изолированных кабелей.

МЭК 60287

Электрические кабели. Расчет номинального тока.

МЭК 60332

Испытания на электрических кабелях в условиях пожара.

МЭК 60502

Силовые кабели с экструдированной изоляцией и арматура к ним на номинальные напряжения от 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ).

МЭК 60840

Силовые кабели с экструдированной изоляцией и арматура к ним на номинальные напряжения свыше 30 кВ ($U_m = 36$ кВ) до 150 кВ ($U_m = 170$ кВ).
Методы испытания и требования.

МЭК 60853

Расчет циклических и аварийных значений тока в кабелях.

МЭК 61443

Предельно допустимая температура при коротких замыканиях электрических кабелей на номинальные напряжения свыше 30 кВ ($U_m = 36$ кВ).

МЭК 62067

Силовые кабели с экструдированной изоляцией и арматура к ним на номинальное напряжение свыше 150 кВ ($U_m = 170$ кВ) до 500 кВ ($U_m = 550$ кВ).
Методы испытаний и требования.

CENELEC

В Европе стандарты на кабель издаются CENELEC (Европейским комитетом по стандартизации в области электротехники). Как правило, эти стандарты полностью соответствуют стандартам МЭК. В зависимости от национальных условий могут встречаться особенности конструкций.

HD 620

Распределительные кабели с экструдированной изоляцией на номинальные напряжения от 3,6/6 (7,2) кВ до 20,8/36 (42) кВ включительно.

HD 632

Силовые кабели с экструдированной изоляцией и арматура к ним на номинальные напряжения свыше 36 кВ ($U_m = 42$ кВ) до 150 кВ ($U_m = 170$ кВ). Часть 1 – “Общие требования к испытаниям”.

Часть 1 основана на МЭК 60840 и строго следует требованиям этого стандарта.

В HD 632 добавлен ряд дополнительных частей и подразделов, применяемых в особых условиях, которые могут отличаться в различных странах Европы.

ICEA

Требования на кабели в Северной Америке часто устанавливаются в соответствии с ICEA (Ассоциация инженеров по изолированным кабелям).

S-97-682

Стандарт на экранированные силовые кабели для энергоснабжения на номинальное напряжение 5-46 кВ.

S-108-720

Стандарт на силовые кабели с экструдированной изоляцией на номинальное напряжение 45-345 кВ.

ТУ

Кабели напряжением 6, 10, 15, 20, 35 кВ выпускаются в соответствии с требованиями ТУ 3530-001-42747015-2005,

кабели напряжением 110 кВ —

ТУ 16.К71-273-98 и ТУ 3530-003-42747015-2005,

а кабели напряжением 220 кВ —

ТУ 3530-002-42747015-2005 и сертифицированы в системе добровольной сертификации ГОСТ-Р.

Стандарты ИСО

АББ имеет хорошо разработанную систему качества и управления природопользованием, которая ставит на первое место потребности и пожелания заказчиков. Наша система соответствует требованиям ИСО 9001 и ИСО 14001 и сертифицирована Международным бюро проверки качества.

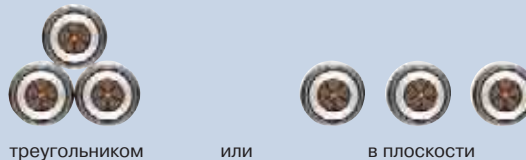
Сертификат качества
ISO 14001 и ISO 9001.



Способы прокладки

Расположение треугольником и в плоскости

СПЭ-кабели в 3-х фазной системе можно расположить треугольником или в плоскости. Выбор зависит от ряда факторов: метода заземления экрана, сечения жил и имеющегося в наличии места для прокладки и монтажа.



Заземление металлических экранов

Электрические потери кабельной линии зависят от токов, протекающих по металлическим экранам. Поэтому для уменьшения или устранения данных потерь и, соответственно, увеличения пропускной

способности кабельной линии (КЛ) могут быть выбраны различные способы заземления металлических экранов. Ниже приводятся типовые методы заземления экранов.

Двухстороннее заземление

При двухстороннем заземлении экранов кабелей образуется электрический контур, замыкающийся через землю. Из-за наличия электромагнитного поля в кабеле, в данном случае по экранам протекают токи, которые обуславливают потери мощности, передаваемой по кабелю. Эти потери меньше при расположении фаз кабеля треугольником, чем при расположении фаз кабеля в плоскости.



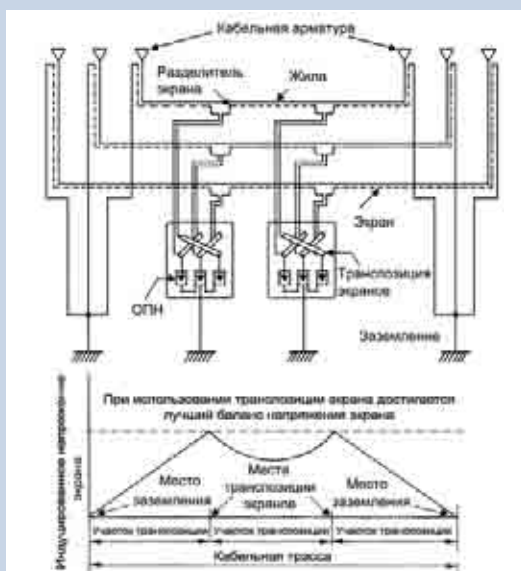
Одностороннее заземление

В системах с односторонним заземлением экранов нет контура для протекания токов по экранам кабелей в нормальном режиме работы кабеля, а также при коротких замыканиях (КЗ) за пределами КЛ. При этом на незаземленном конце КЛ наводятся напряжения между проволочным экраном и землей, и между экранами соседних фаз КЛ. Величина наведенного напряжения пропорциональна длине КЛ и току, протекающему по жилам кабелей. Этот аспект ограничивает длину КЛ при одностороннем заземлении экранов.



Заземление с транспозицией

При заземлении экранов с транспозицией экраны кабелей заземляются по краям КЛ, и по длине линии осуществляется перекрестное соединение экранов разных фаз кабелей. В данном случае наводится напряжение между экранами кабелей и землей, однако ток протекающий по экранам будет незначительным. Максимальное напряжение наводится в местах установки устройств транспозиции. Такой способ устройства позволяет добиться практически такой же пропускной способности, как и при одностороннем, при существенно больших длинах КЛ. Однако для этого требуются специальные устройства транспозиции и специальные соединительные муфты с разделением экрана.



Нагрузочные характеристики

Кабели с СПЭ-изоляцией должны иметь жилы с сечением, отвечающим требованиям по пропускной способности.

Потери под нагрузкой в основном составляют омические потери в проводнике и металлическом экране. Непрерывная нагрузка на кабели с СПЭ-изоляцией может прилагаться вплоть до температуры проводника 90°C. Однако лучше ограничить рабочую температуру примерно 65°C для того, чтобы иметь запас по нагрузке, либо уменьшить потери, либо избежать возможной термической нестабильности.

Диэлектрические потери в СПЭ-изоляции возникают при работе кабеля даже без нагрузки и зависят от значения приложенного рабочего напряжения. Диэлектрические потери в кабелях с СПЭ-изоляцией меньше чем в кабелях с изоляцией из этилпропиленовой резины или бумаго-пропитанной изоляцией.

В таблицах 1 и 2 приведены длительно допустимые токи для одножильного кабеля. Расчет длительно допустимых токов произведен согласно МЭК 60287 при соблюдений следующих условий:

- Одна трехфазная группа одножильных кабелей
- Температура грунта 20°C
- Температура окружающего воздуха .. 35°C
- Глубина прокладки L 1,0 м
- Расстояние « s » между осями кабелей, проложенными в плоскости $70 \text{ мм} + D_e$, где D_e – диаметр кабеля
- Термическое сопротивление грунта .. 1,0 К·м/Вт

Поправочные коэффициенты для одножильных кабелей приведены в таблицах 3-10.

Длительно допустимый ток, А

Таблица 1

Номинальное напряжение 110–550 кВ, алюминиевая жила - сечение экрана 95 мм ²														
Сечение жилы мм ²	Кабели, проложенные в земле								Кабели, проложенные в воздухе					
	в плоскости ●●●				треугольником ▲▲▲				в плоскости ●●●			треугольником ▲▲▲		
	Транспозиция экранов		Заземление с двух сторон		Транспозиция экранов		Заземление с двух сторон		Транспозиция экранов		Заземление с двух сторон	Транспозиция экранов		Заземление с двух сторон
	65°С	90°С	65°С	90°С	65°С	90°С	65°С	90°С	65°С	90°С	65°С	90°С	65°С	90°С
300	415	495	365	445	395	475	385	460	465	625	415	565	410	550
400	470	565	410	500	450	540	435	525	535	715	470	640	475	640
500	540	645	455	555	515	620	490	595	620	835	530	725	550	745
630	620	740	500	610	590	710	550	670	730	975	595	820	640	865
800	700	845	540	665	670	805	610	745	840	1130	660	910	735	995
1000	785	950	585	720	745	900	670	820	960	1295	720	1005	830	1135
1200	850	1025	610	755	805	970	710	870	1055	1420	765	1070	905	1235
1400	910	1100	635	785	855	1040	745	915	1140	1545	805	1125	975	1335
1600	960	1165	655	815	900	1095	775	955	1220	1650	835	1170	1035	1420
2000	1050	1275	685	855	975	1190	820	1015	1355	1840	885	1250	1140	1570

Таблица 2

Номинальное напряжение 110–550 кВ, медная жила - сечение экрана 95 мм ² , при сечении жилы 1200 мм ² и больше - жила сегментная														
Сечение жилы мм ²	Кабели, проложенные в земле								Кабели, проложенные в воздухе					
	в плоскости ●●●				треугольником ▲▲▲				в плоскости ●●●			треугольником ▲▲▲		
	Транспозиция экранов		Заземление с двух сторон		Транспозиция экранов		Заземление с двух сторон		Транспозиция экранов		Заземление с двух сторон	Транспозиция экранов		Заземление с двух сторон
	65°С	90°С	65°С	90°С	65°С	90°С	65°С	90°С	65°С	90°С	65°С	90°С	65°С	90°С
300	530	640	440	535	505	610	480	580	600	805	500	685	525	710
400	600	720	485	595	575	690	540	650	680	915	565	775	605	820
500	685	825	530	650	655	785	600	730	790	1060	625	860	695	945
630	780	940	570	705	740	890	660	810	915	1235	685	950	800	1085
800	870	1055	610	755	825	995	720	885	1045	1415	745	1040	905	1235
1000	960	1165	645	800	900	1095	770	950	1175	1590	800	1125	1005	1380
1200	1115	1345	690	860	1060	1280	855	1055	1395	1880	880	1240	1210	1650
1400	1205	1455	715	890	1145	1385	895	1110	1530	2065	920	1300	1320	1800
1600	1280	1550	735	920	1215	1470	930	1155	1655	2235	960	1355	1420	1940
2000	1410	1705	765	955	1320	1605	980	1220	1845	2500	1000	1425	1565	2145
2500	1540	1875	795	1000	1445	1755	1025	1285	2095	2845	1065	1515	1750	2410
3000	1640	1995	820	1025	1530	1865	1055	1330	2280	3105	1100	1575	1885	2600

Поправочные коэффициенты

Поправочный коэффициент на сечение экрана

Применяется к одножильным кабелям, проложенным в плоскости или треугольником с заземлением экрана с двух сторон. При заземлении с одной стороны или при транспозиции экранов поправочный коэффициент на сечение экрана не применяется.

Таблица 3 110-500 кВ, сечение экрана 95 мм²

Поправочный коэффициент на сечение экрана								
Жила, мм ²		Медный экран, мм ²						
AL	Cu	25	35	50	95	150	240	300
300		1,02	1,02	1,01	1	0,99	0,98	0,97
500	300	1,03	1,03	1,02	1	0,98	0,96	0,96
800	500	1,05	1,04	1,03	1	0,97	0,94	0,94
1200	630	1,06	1,05	1,04	1	0,97	0,93	0,92
2000	800	1,07	1,06	1,04	1	0,96	0,92	0,91
	1200	1,12	1,10	1,07	1	0,94	0,89	0,88
	2000	1,16	1,13	1,09	1	0,93	0,87	0,86
	3000	1,17	1,14	1,10	1	0,93	0,87	0,85

1 мм² медного экрана эквивалентен: 1,66 мм² алюминиевой оболочки
12,40 мм² свинцовой оболочки

Поправочные коэффициенты при прокладке в земле

Таблица 4

Поправочный коэффициент на глубину прокладки	
Глубина прокладки, м	Поправочный коэффициент
0,50	1,10
0,70	1,05
0,90	1,01
1,00	1,00
1,20	0,98
1,50	0,95

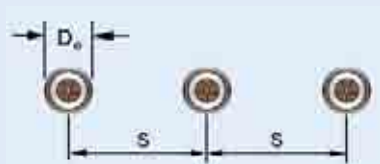


Таблица 5

Поправочный коэффициент на температуру грунта								
Температура жилы, °С	Температура почвы, °С							
	10	15	20	25	30	35	40	45
90	1,07	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,84	0,80
65	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,82	0,74	0,66

Таблица 6

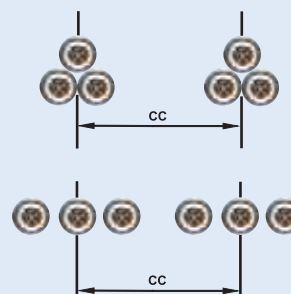
Поправочный коэффициент на термическое удельное сопротивление грунта							
Терм. удельное сопротивление, К·м/Вт	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Поправочный коэффициент	1,14	1,00	0,93	0,84	0,74	0,67	0,61

Таблица 7

Поправочный коэффициент на межфазное расстояние Групповая прокладка в плоскости с транспозицией экранов или заземлением с одной стороны						
Диаметр кабеля, мм	Межфазное расстояние, мм					
	De	De+70	250	300	350	400
<80	0,93	1,0	1,05	1,07	1,08	1,09
81 - 110	0,93	1,0	1,04	1,06	1,08	1,09
111 - 140	0,93	1,0	1,03	1,06	1,08	1,11

Таблица 8

Поправочный коэффициент для групповой прокладки кабелей в земле									
Расстояние СС между группами, мм	Число групп								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	1	0,76	0,67	0,59	0,55	0,51	0,49	0,47	0,46
200	1	0,81	0,71	0,65	0,61	0,49	0,56	0,53	0,52
400	1	0,85	0,77	0,72	0,69	0,66	0,64	0,63	0,62
600	1	0,88	0,81	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69
800	1	0,90	0,84	0,81	0,79	0,77	0,76	0,75	0,75
2000	1	0,96	0,93	0,92	0,91	0,91	0,91	0,90	0,90



Поправочный коэффициент при прокладке в земле в трубах

Поправочный коэффициент для одножильных кабелей, частично проложенных в отдельных трубах, применяется только тогда, когда участок кабельной линии между точками заземления экрана частично проложен в трубах, при следующих условиях:

- кабели проложены треугольником на большей части участка;
- трубы проложены в плоскости;
- длина, проложенная в трубах, составляет менее 10% участка между точками заземления;
- каждый кабель в отдельной трубе;
- диаметр трубы в два раза больше диаметра кабеля.

Таблица 9

Поправочный коэффициент для кабелей, проложенных в трубах в земле		
Одножильные кабели, частично проложенные в отдельных трубах ●●●	Одножильные кабели в отдельных трубах ●●●	Одножильные кабели в общей трубе ●●●
0,94	0,90	0,90

Таблица 10

Поправочный коэффициент при прокладке на воздухе

Поправочный коэффициент на температуру окружающего воздуха											
Температура воздуха, °C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Поправочный коэффициент	1,28	1,24	1,19	1,15	1,10	1,05	1,0	0,95	0,89	0,83	0,77

Пример использования поправочных коэффициентов

Две группы кабелей с СПЭ-изоляцией на напряжение 220 кВ с алюминиевыми жилами 1x500/150 мм², проложенные в земле треугольником, с транспозицией экранов. Температура жилы 90°C. В таблице 2 приводится номинальный ток 620 А без поправки.

	Таблица	Поправочный коэффициент
Ном.ток	620 А	2
Сечение экрана	150 мм ²	3
Глубина прокладки	1,5 м	4
Температура грунта	30°C	5
Термическое удельное сопротивление грунта	1,5 К-м/Вт	6
Расстояние между группами (2 группы)	400 мм	8

Скорректированный номинальный ток на группу

$$620 \times 0,98 \times 0,95 \times 0,93 \times 0,84 \times 0,85 = 383 \text{ А}$$

Следует отметить, что поправочные коэффициенты дают хорошие ориентировочные данные при проектировании будущих цепей. Как только будет определена конфигурация цепи, следует провести точный расчет.

Режим перегрузки

Кабель с СПЭ-изоляцией может подвергаться перегрузкам с температурой свыше 90°C, но как можно реже, при этом температура жилы может достигать 105°C. Отдельные аварийные перегрузки не повлияют значительно на срок службы кабеля. Тем не менее, частота и длительность таких перегрузок должны быть сведены к минимуму. Циклические и аварийные значения можно рассчитать по МЭК 60853.

Токи короткого замыкания

Максимально допустимые температуры жилы и экрана/металлической оболочки в условиях короткого замыкания определяются с учетом прилегающей изоляции и материала оболочки. Это устанавливается МЭК 61443 "Предельные значения температуры короткого замыкания электрических кабелей на номинальное напряжение свыше 30 кВ ($U_m = 36 \text{ кВ}$)". При выборе способа крепления кабеля следует принимать во внимание динамические силы возникающие при КЗ между фазами.

Максимальные токи короткого замыкания по термической стойкости

Нагрев, возникающий во время короткого замыкания, определяют по величине и длительности тока короткого замыкания. При проектировании применяют ток эквивалентный току короткого замыкания длительностью 1с в соответствии с нижеприведенной формулой. Эта формула применима для длительности короткого замыкания от 0,2 до 5 с.

$$I_{кз} = \frac{I_1}{\sqrt{t_{кз}}}$$

где $I_{кз}$ – ток короткого замыкания в течение $t_{кз}$, кА
 I_1 – ток короткого замыкания в течение 1с
 Значения 1-сек. тока КЗ указаны в таблице 11 для жилы и в таблице 12 для металлического экрана.

$t_{кз}$ – длительность короткого замыкания, с

Для кабеля с СПЭ-изоляцией максимально допустимая температура жилы при коротком замыкании составляет 250°С.

Таблица 11

Макс. ток короткого замыкания по жиле в течение 1 с, кА				
Сечение жилы, мм ²	Температура жилы до короткого замыкания			
	Алюминиевая жила		Медная жила	
	65°С	90°С	65°С	90°С
25	2,6	2,4	3,9	3,6
35	3,6	3,3	5,5	5,0
50	5,2	4,7	7,8	7,2
70	7,2	6,6	11,0	10,0
95	9,8	9,0	14,9	13,6
120	12,4	11,3	18,8	17,2
150	15,5	14,2	23,5	21,5
185	19,2	17,5	29,0	26,5
240	24,8	22,7	37,6	34,5
300	31,1	28,3	47,0	42,9
400	41,4	37,8	62,7	57,2
500	51,8	47,2	78,4	71,5
630	65,2	59,5	98,7	90,1
800	82,8	75,6	125	114
1000	104	94,5	157	143
1200	124	113	188	172
1400	145	132	219	200
1600	166	151	251	229
2000	207	189	313	286
на мм ²	0,104	0,0945	0,157	0,143

Температура медного экрана может достигать 250°С, не повреждая материал прилегающей изоляции. При начальной температуре 50°С это соответствует плотности тока 165 А/мм² в течение 1 с. (В других условиях допускаются повышенные и пониженные плотности тока).

Температура для свинцовых оболочек при коротком замыкании ограничена 210°С. При начальной температуре 50°С это соответствует плотности тока 28 А/мм² в течение 1 с.

Таблица 12

Макс. ток короткого замыкания по экрану в течение 1 с, кА			
Сечение металлического экрана, мм ²		Температура экрана до короткого замыкания	
Медный экран	Свинцовая оболочка	50°С	70°С
16	94	2,6	2,4
25	147	4,1	3,8
35	206	5,8	5,4
50	295	8,3	7,7
95	560	16	15
150	884	25	23
300	1768	50	46
на мм ² для меди		0,165	0,153
	на мм ² для свинца	0,028	0,026

Динамические силы при коротком замыкании

В случае короткого замыкания помимо термического фактора следует учитывать также динамические силы в кабеле.

Динамическое напряжение возникает вследствие динамического эффекта параллельно проложенных кабелей, проводящих ток.

Динамические силы между двумя проводниками можно рассчитать по формуле:

$$F = \frac{0,2}{s} \cdot I_{уд}^2$$

где F – макс. сила (Н/м)

$I_{уд} = 2,5 I_{кз}$ (кА)

$I_{кз}$ – ток короткого замыкания (кА)

s – расстояние между осями кабелей (м)

Кабельные барабаны

Стандартными являются деревянные барабаны. В отдельных случаях могут применяться металлические. Для специальных целей можно приобрести как деревянные, так и металлические барабаны с параметрами, отличающимися от стандартных.

Таблица 13

Кабельные длины на стандартных деревянных барабанах К18–К30 и металлических барабанах St 28–St 43, м																		
Диаметр кабеля мм	Деревянный барабан							Металлический барабан										
	К18	К20	К22	К24	К26	К28	К30	St28	St30	St32	St34	St35	St36	St37	St38	St39	St40	St43
64	250	345	450	545	825	1270	1730	1350	1890	2180	2780	3100	3420	3420	3675	4100	4470	5220
66	240	345	370	545	825	1230	1535	1320	1575	2125	2710	2710	3020	3340	3675	4000	4010	5100
68	240	320	345	515	785	1025	1475	1280	1530	2060	2340	2640	2940	3250	3250	3580	3910	4610
70		250	345	515	670	1030	1475	1280	1530	2060	2340	2640	2940	2960	3250	3600	3910	4610
72		250	345	480	635	985	1260	1010	1490	1750	2290	2290	2580	2880	3190	3190	3510	4190
74		250	320	400	635	985	1260	980	1440	1690	1950	2230	2510	2800	2800	3100	3420	4080
76		230	320	400	625	810	1210	940	1170	1640	1890	2160	2430	2430	2720	3000	3010	3630
78		230	320	400	600	810	1210	910	1130	1590	1830	2090	2090	2350	2635	2635	2920	3520
80			230	325	500	810	1015	910	1130	1360	1830	1840	2090	2350	2370	2635	2920	3520
82			230	325	470	775	1015	885	1090	1310	1540	1780	2030	2030	2295	2560	2560	3140
84			210	300	470	660	1015	880	1090	1310	1540	1780	2030	2030	2295	2310	2560	3140
86			210	300	470	615	965	660	1050	1270	1490	1720	1720	1970	2220	2220	2495	3050
88			210	275	440	615	840	630	820	1220	1430	1430	1660	1890	1890	2140	2140	2670
90			210	275	440	615	840	630	820	1220	1430	1430	1660	1670	1890	2140	2140	2670
92					355	585	800	610	785	970	1380	1380	1600	1600	1835	1835	2070	2580
94					325	585	800	610	785	970	1180	1380	1390	1600	1835	1835	2070	2340
96					325	485	755	585	755	930	1130	1330	1330	1540	1540	1760	1760	2240
98					325	485	640	580	755	930	1130	1330	1330	1540	1540	1760	1760	2240
100					325	455	640	580	755	930	1130	1140	1330	1340	1540	1760	1760	2240
102								560	725	900	1080	1080	1280	1280	1490	1490	1710	1930
104								560	725	900	1080	1080	1280	1280	1490	1490	1710	1930
106								385	530	690	860	1040	1040	1230	1230	1430	1430	1860
108								380	530	690	860	1040	1040	1230	1230	1430	1430	1860
110								380	530	690	860	1040	1040	1230	1230	1430	1430	1860
112								365	505	660	820	990	990	990	1180	1180	1370	1570
114								360	505	660	820	820	990	990	1180	1180	1370	1570
116								360	505	660	820	820	990	990	1180	1180	1370	1570
118								345	480	625	785	780	950	950	1120	1120	1120	1500
120								340	480	625	785	780	950	950	950	1120	1120	1500
122								340	480	625	785	780	790	950	950	1120	1120	1320
124								325	450	595	595	740	740	900	900	1070	1070	1250
126								325	450	595	595	740	740	900	900	900	1070	1250
128								325	450	450	595	740	740	750	900	900	1070	1250
130								325	450	450	595	740	740	750	900	900	1070	1250
132								305	305	430	560	560	700	700	850	850	850	1190
134								305	305	430	560	560	700	700	850	850	850	1190

При заказе необходимо обязательно уточнять тип, вес и размеры барабаны. В противном случае производитель оставляет за собой право выбора барабана.

Таблица 14

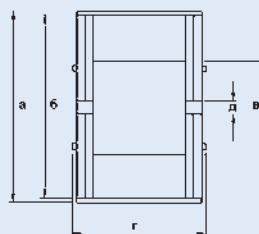
Размеры и вес деревянных барабанов										
		Тип барабана								
		K14	K16	K18	K20	K22	K24	K26	K28	K30
Объем	м ³	2,14	2,86	3,58	5,12	6,15	7,36	10,56	13,88	17,15
Вес барабана, вкл. вес обшивки	кг	185	275	320	485	565	625	1145	1460	1820
а. Диаметр, вкл. обшивку	мм	1475	1675	1875	2075	2275	2475	2700	2900	3100
б. Диаметр щеки	мм	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
в. Диаметр шейки	мм	800	950	1100	1300	1400	1400	1500	1500	1500
г. Общая ширина	мм	982	1018	1075	1188	1188	1200	1448	1650	1800
д. Диаметр отверстия под шпindelь	мм	106	106	131	131	131	131	132	132	132

Размеры и вес металлических барабанов												
		Тип барабана										
		St28	St30	St32	St34	St35	St36	St37	St38	St39	St40	St43
Объем	м ³	20,6	23,5	26,6	28,9	31,6	33,4	35,2	37	38,9	40,9	47,1
Вес барабана, вкл. вес обшивки	кг	1500	1700	2200	2600	2700	2800	3000	3100	3300	3500	4000
а. Диаметр, вкл. обшивку	мм	2930	3130	3330	3530	3630	3730	3830	3930	4030	4130	4430
б. Диаметр щеки	мм	2800	3000	3200	3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000	4300
в. Диаметр шейки	мм	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
г. Общая ширина	мм	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
д. Диаметр отверстия под шпindelь	мм	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

Большие и специальные барабаны

Имеются металлические барабаны с большими наружными диаметрами, однако при их применении следует учитывать транспортные ограничения. В зависимости от местных правил и условий могут потребоваться разрешения органов регулирования дорожного движения и специальные трейлеры с низкой посадкой.

Имеются также специальные деревянные барабаны с большим диаметром шейки и большей ширины.



- а – диаметр, включая обшивку
- б – диаметр щеки
- в – диаметр шейки
- г – общая ширина
- д – диаметр отверстия под шпindelь

Испытания кабелей с СПЭ-изоляцией

Таблица 15

Ном. напряжение и соответствующее испытательное напряжение по МЭК *				
Ном. напряжение	Тип испытания Импульсное напряжение	Периодические испытания		
		кВ	Испытание напряжением переменного тока	Измерение уровня частичных разрядов
кВ	кВ		Продолжительность в мин.	кВ
110	550	160	30	96
132	650	190	30	114
150	750	218	30	131
220	1050	318	30	190
275	1050	400	30	240
330	1175	420	60	285
400	1425	440	60	330
500	1550	580	60	435

Условия прокладки

Таблица 16

Мин. радиус изгиба для стандартных конструкций	
Одножильный кабель	
При прокладке	15 D _e
При монтаже	10 D _e

D_e – наружный диаметр кабеля.
У других конструкций могут быть другие радиусы изгиба.

Максимальные усилия тяжения

Не должны быть превышены следующие усилия тяжения:

- Алюминиевые жилы: 40 Н/мм² (4 кг/мм²)
- Медные жилы: 70 Н/мм² (7 кг/мм²)

* По соглашению могут проводиться испытания по другим стандартам.

Конструкция кабелей с СПЭ-изоляцией

Жила

Таблица 17

Сечение жилы мм ²	Примерный диаметр мм	МЭК	
		Макс. сопротивление постоянному току при 20°С, Ом/км	
		алюминиевая	медная
185	15,9	0,164	0,0991
240	18,0	0,125	0,0754
300	20,5	0,100	0,0601
400	23,1	0,0778	0,0470
500	26,4	0,0605	0,0366
630	30,2	0,0469	0,0283
800	33,9	0,0367	0,0221
1000	37,9	0,0291	0,0176
1200	44*	0,0247	0,0151
1600	52*	0,0186	0,0113
2000	56*	0,0149	0,0090
2500	66*	0,0120	0,0072
3000	72*	0,0100	0,0060

* для сегментной медной жилы включая ленты

Стандарты МЭК

Жила изготавливается по следующему стандарту: МЭК – издание 60228, класс 2 “Скрученные круглые или профильные жилы медные или алюминиевые”.

Герметизация жилы

При необходимости можно осуществить герметизацию жилы для достижения водонепроницаемости при помощи:

- добавления водонабухающего материала между проволоками жилы. Материал превращается в гель при контакте с водой;
- добавления наполнителя между проволоками жилы.

Изоляция

Полупроводящий слой по жиле

Полупроводящий слой по жиле плотно связан с СПЭ-изоляцией путем экструзии. Для получения хороших электрических характеристик используется гладкий материал.

Изоляция из сшитого полиэтилена

Изоляция из сшитого полиэтилена накладывается одновременно с полупроводящими слоями по жиле и по изоляции методом тройной экструзии. Прилегающие поверхности между изоляцией и полупроводящими слоями не подвергаются внешнему воздействию ни на одной стадии изготовления. Высококачественные системы переработки материалов, тройная экструзия, сухой метод полимеризации и сверхчистые материалы для сшиваемого полиэтилена обеспечивают высокое качество продукции. Толщина изоляции определяется конструктивными электростатическими напряжениями переменного тока и импульсными напряжениями. Фактическая толщина для различных уровней напряжений и размеров жил приведена в таблицах 18-25.

Полупроводящий слой по изоляции

Полупроводящий слой по изоляции плотно связан с СПЭ-изоляцией путем экструзии. Материал полупроводящего слоя обладает высокой проводимостью. Для получения хороших электрических характеристик используется гладкий материал.

Металлический экран

Медный проволочный экран, стандартная конструкция

Экран из медной проволоки с повивом медной лентой.



Медный проволочный экран с герметизацией

Для обеспечения поперечной герметизации используется металлополимерная лента. Как правило, в качестве металла используется алюминий, но также применяется и медь. Лента сваривается с полиэтиленовой оболочкой, что дает отличные механические свойства.

Для продольной герметизации используется водонабухающий материал, который накладывается на медные проволоки, или водонабухающий порошок между проволоками экрана.



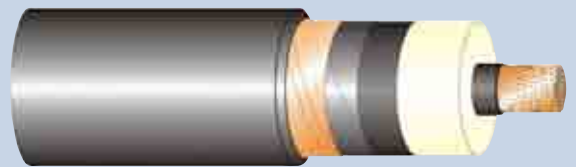
Свинцовая оболочка

Поперечная герметизация достигается за счет применения свинцовой оболочки, стойкой к коррозии. Продольная герметизация обеспечивается за счет водонабухающего материала, налагаемого под свинцовую оболочку.



Медный ленточный экран

Сечение экрана определяется геометрической площадью сечения медных лент.



Оболочка

Неметаллическая наружная оболочка

Для неметаллической наружной оболочки обычно используется полиэтилен или ПВХ. МЭК 60502 рекомендует толщину $t = 0,035 \times D + 1,0$ мм, где D – диаметр под оболочкой. При тяжелых условиях прокладки рекомендуется увеличить толщину оболочки. Чаще всего выбирается полиэтилен. ПВХ применяется, если существуют повышенные требования по нераспространению горения.

Наружный проводящий слой

Наружный проводящий слой облегчает проведение испытаний на неметаллической наружной оболочке. Это испытание необходимо проводить для контроля физической целостности кабеля как на заводе, после перевозки, непосредственно после прокладки кабеля, после завершения монтажа, так и периодически во время эксплуатации. Наружный проводящий слой, полученный путем одновременной экструзии вместе с непроводящей наружной оболочкой, обеспечивает отличные электрические и конструктивные качества.

Наружный слой, не распространяющий горение

На кабели с СПЭ-изоляция, прокладываемые внутри помещений и в туннелях, может быть наложена оболочка из ПВХ не распространяющая горение или слой из безгалогенного материала. Выбор материала оболочки определяется требованиями к кабельной линии по пожаробезопасности.

Противопожарные свойства

После ряда серьезных пожаров было обращено особое внимание на противопожарные свойства кабелей. Опыт показывает, что сами кабели редко являются причиной возгорания. Однако при некоторых обстоятельствах кабельные линии оказывают влияние на интенсивность огня, распространяя пламя и являясь источником интенсивного едкого дыма. Считается, что кабели в оболочке из ПВХ замедляют горение. Однако, как только загорается ПВХ, он образует пары соляной кислоты (HCl). Этот газ обладает высокой коррозионностью и вызывает раздражение органов дыхания. Кабели в стандартной наружной полиэтиленовой оболочке не образует при горении HCl, но они не замедляют горение. Поэтому для наружной оболочки применяются специальные полиолефины со свойствами замедления горения, не содержащие хлор или другие галогены.



Технические характеристики СПЭ-кабелей, производства АББ

Сечение жилы	Диаметр жилы	Толщина изоляции	Диаметр по изоляции	Сечение экрана	Наружный диаметр кабеля	Вес кабеля (Al жила)	Вес кабеля (Cu жила)	Емкость	Зарядный ток на фазу при 50 Гц	Индуктивность	
										•••	•••
мм ²	мм	мм	мм	мм ²	мм	кг/м	кг/м	мкФ/км	А/км	мГ/км	мГ/км

Таблица 18

Одножильные кабели на ном.напряжение 110 кВ (Um = 123 кВ)											
185	15,9	16,0	49,4	95	60,0	3,8	4,9	0,13	2,7	0,45	0,66
240	18,0	15,0	49,7	95	62,0	3,9	5,4	0,15	3,0	0,44	0,63
300	20,5	14,0	50,0	95	62,0	4,1	5,9	0,17	3,4	0,41	0,61
400	23,1	13,0	50,8	95	62,0	4,3	6,8	0,19	3,9	0,39	0,58
500	26,4	13,0	54,4	95	66,0	4,8	7,9	0,21	4,3	0,37	0,56
630	30,2	13,0	58,0	95	69,0	5,4	9,3	0,23	4,7	0,35	0,54
800	33,7	13,0	61,9	95	74,0	6,2	11,1	0,25	5,1	0,35	0,53
1000	37,9	13,0	66,1	95	79,0	7,0	13,2	0,28	5,5	0,34	0,51
1200	44,0	13,0	74,0	95	85,0	7,9	15,3	0,32	6,4	0,32	0,49
1400	49,0	13,0	79,0	95	93,0	9,1	17,8	0,35	6,9	0,32	0,48
1600	52,0	13,0	82,0	95	96,0	9,9	19,8	0,36	7,3	0,31	0,47
2000	56,0	13,0	86,0	95	100,0	11,2	23,6	0,39	7,7	0,30	0,46
2500	66,0	13,0	96,0	95	111,0	13,3	28,8	0,44	8,8	0,31	0,41
3000	72,0	13,0	102,0	95	117,0	15,2	33,8	0,47	9,4	0,31	0,39

Таблица 19

Одножильные кабели на ном. напряжение 132 кВ (Um = 145 кВ)											
185	15,9	18,0	53,4	95	64,0	4,2	5,3	0,12	3,0	0,47	0,66
240	18	17,0	53,7	95	65,0	4,3	5,8	0,14	3,3	0,45	0,64
300	20,5	16,0	54,0	95	65,0	4,4	6,3	0,15	3,7	0,42	0,61
400	23,1	15,0	54,8	95	66,0	4,7	7,2	0,18	4,2	0,40	0,59
500	26,4	15,0	58,4	95	70,0	5,2	8,3	0,19	4,6	0,38	0,57
630	30,2	15,0	62,0	95	74,0	5,8	9,7	0,21	5,0	0,37	0,55
800	33,7	15,0	65,9	95	79,0	6,6	11,6	0,23	5,5	0,36	0,53
1000	37,9	15,0	70,1	95	83,0	7,5	13,7	0,25	6,0	0,35	0,51
1200	44	15,0	78,0	95	89,0	8,4	15,9	0,29	6,8	0,33	0,49
1400	49	15,0	83,0	95	97,0	9,7	18,4	0,31	7,4	0,33	0,48
1600	52	15,0	86,0	95	100,0	10,5	20,4	0,32	7,7	0,32	0,47
2000	56	15,0	90,0	95	105,0	11,9	24,3	0,34	8,2	0,31	0,46
2500	66	15,0	100,0	95	115,0	14,0	29,5	0,39	9,3	0,31	0,41
3000	72	15,0	106,0	95	122,0	15,9	34,5	0,42	10,0	0,31	0,39

Сечение жилы	Диаметр жилы	Толщина изоляции	Диаметр по изоляции	Сечение экрана	Наружный диаметр кабеля	Вес кабеля (Al жила)	Вес кабеля (Cu жила)	Емкость	Зарядный ток на фазу при 50 Гц	Индуктивность	
										•••	•••
мм ²	мм	мм	мм	мм ²	мм	кг/м	кг/м	мкФ/км	А/км	мГ/км	мГ/км

Таблица 20

Одножильные кабели на ном. напряжение 150 кВ (Um = 170 кВ)											
240	18	21,0	61,7	95	74,0	5,2	6,7	0,12	3,3	0,47	0,65
300	20,5	20,0	62,0	95	74,0	5,3	7,2	0,13	3,6	0,45	0,62
400	23,1	19,0	62,8	95	75,0	5,6	8,1	0,15	4,1	0,42	0,60
500	26,4	18,0	64,4	95	76,0	5,9	9,0	0,17	4,6	0,40	0,58
630	30,2	17,0	66,0	95	78,0	6,3	10,2	0,19	5,2	0,38	0,55
800	33,7	17,0	69,9	95	83,0	7,1	12,1	0,21	5,7	0,37	0,54
1000	37,9	17,0	74,1	95	87,0	8,0	14,2	0,23	6,2	0,35	0,52
1200	44	17,0	82,0	95	94,0	9,0	16,5	0,26	7,1	0,34	0,50
1400	49	17,0	87,0	95	101,0	10,3	19,0	0,28	7,6	0,33	0,48
1600	52	17,0	90,0	95	105,0	11,1	21,0	0,29	8,0	0,33	0,48
2000	56	17,0	94,0	95	109,0	12,5	24,9	0,31	8,4	0,32	0,47
2500	66	17,0	104,0	95	120,0	14,8	30,3	0,35	9,5	0,31	0,41
3000	72	17,0	110,0	95	126,0	16,7	35,3	0,38	10,2	0,31	0,39

Таблица 21

Одножильные кабели на ном. напряжение 220 кВ (Um = 245 кВ)											
630	30,2	23,0	78,0	185	92,0	8,9	12,8	0,16	6,2	0,41	0,57
800	33,7	23,0	81,9	185	97,0	9,9	14,8	0,17	6,7	0,40	0,55
1000	37,9	23,0	86,1	185	101,0	10,8	17,0	0,18	7,2	0,38	0,54
1200	44	23,0	94,0	185	109,0	11,9	19,4	0,21	8,2	0,37	0,52
1400	49	23,0	99,0	185	114,0	13,3	22,0	0,22	8,9	0,36	0,50
1600	52	23,0	102,0	185	118,0	14,2	24,1	0,23	9,2	0,35	0,49
2000	56	23,0	106,0	185	122,0	15,7	28,1	0,24	9,7	0,34	0,48
2500	66	23,0	116,0	185	133,0	18,2	33,7	0,27	11,0	0,31	0,41
3000	72	23,0	122,0	185	139,0	20,2	38,8	0,29	11,7	0,31	0,39

Таблица 22

Одножильные кабели на ном. напряжение 275 кВ (Um = 300 кВ)											
630	30,2	24,0	80,0	185	94,0	9,2	13,1	0,15	7,6	0,42	0,57
800	33,7	24,0	83,9	185	99,0	10,2	15,1	0,16	8,2	0,40	0,56
1000	37,9	24,0	88,1	185	103,0	11,1	17,3	0,18	8,8	0,39	0,54
1200	44	24,0	96,0	185	112,0	12,3	19,7	0,20	10,0	0,38	0,52
1400	49	24,0	101,0	185	116,0	13,7	22,4	0,22	10,7	0,36	0,50
1600	52	24,0	104,0	185	120,0	14,6	24,5	0,22	11,2	0,36	0,49
2000	56	24,0	108,0	185	124,0	16,1	28,5	0,24	11,8	0,35	0,48
2500	66	24,0	118,0	185	135,0	18,6	34,1	0,27	13,3	0,31	0,41
3000	72	24,0	124,0	185	141,0	20,6	39,2	0,28	14,1	0,31	0,39

Сечение жилы	Диаметр жилы	Толщина изоляции	Диаметр по изоляции	Сечение экрана	Наружный диаметр кабеля	Вес кабеля (Al жила)	Вес кабеля (Cu жила)	Емкость	Зарядный ток на фазу при 50 Гц	Индуктивность	
										••	•••
мм ²	мм	мм	мм	мм ²	мм	кг/м	кг/м	мкФ/км	А/км	мГ/км	мГ/км

Таблица 23

Одножильные кабели на ном. напряжение 330 кВ (Um = 362 кВ)											
630	30,2	28,0	88,0	185	102,0	10,5	14,4	0,14	8,2	0,43	0,58
800	33,7	27,0	89,9	185	105,0	11,1	16,1	0,15	9,1	0,42	0,56
1000	37,9	26,0	92,1	185	107,0	11,8	18,0	0,17	10,0	0,40	0,54
1200	44	25,0	98,0	185	114,0	12,6	20,1	0,19	11,6	0,38	0,52
1400	49	25,0	103,0	185	118,0	14,1	22,8	0,21	12,5	0,36	0,50
1600	52	25,0	106,0	185	122,0	15,0	24,9	0,22	13,0	0,36	0,50
2000	56	25,0	110,0	185	126,0	16,5	28,9	0,23	13,7	0,35	0,49
2500	66	25,0	120,0	185	137,0	19,0	34,5	0,26	15,4	0,31	0,41
3000	72	25,0	126,0	185	143,0	21,1	39,7	0,27	16,4	0,31	0,39

Таблица 24

Одножильные кабели на ном. напряжение 400 кВ (Um = 420 кВ)											
630	30,2	32,0	96,0	185	111,0	11,8	15,7	0,13	9,2	0,45	0,59
800	33,7	30,0	95,9	185	112,0	12,1	17,1	0,14	10,3	0,43	0,57
1000	37,9	29,0	98,1	185	114,0	12,8	19,0	0,16	11,3	0,41	0,55
1200	44	27,0	102,0	185	119,0	13,3	20,8	0,18	13,4	0,39	0,53
1400	49	27,0	107,0	185	123,0	14,8	23,5	0,20	14,3	0,37	0,51
1600	52	27,0	110,0	185	127,0	15,7	25,7	0,21	14,9	0,37	0,50
2000	56	27,0	114,0	185	131,0	17,3	29,7	0,22	15,7	0,36	0,49
2500	66	27,0	124,0	185	142,0	19,9	35,4	0,24	17,6	0,31	0,41
3000	72	27,0	130,0	185	148,0	22,0	40,6	0,26	18,8	0,31	0,39

Таблица 25

Одножильные кабели на ном. напряжение 500 кВ (Um = 550 кВ)											
800	33,7	34,0	103,9	185	120,0	13,6	18,5	0,13	11,8	0,44	0,58
1000	37,9	32,0	104,1	185	121,0	13,9	20,1	0,15	13,2	0,42	0,56
1200	44	31,0	110,0	185	129,0	14,8	22,3	0,17	15,2	0,40	0,54
1400	49	31,0	115,0	185	133,0	16,4	25,1	0,18	16,3	0,39	0,52
1600	52	31,0	118,0	185	137,0	17,4	27,3	0,19	16,9	0,38	0,51
2000	56	31,0	122,0	185	141,0	19,0	31,4	0,20	17,7	0,37	0,50
2500	66	31,0	132,0	185	152,0	21,7	37,2	0,22	19,8	0,36	0,48
3000	72	31,0	138,0	185	158,0	23,9	42,5	0,23	21,1	0,35	0,47

Расчетные формулы

Формула для расчета электрической емкости

$$C = \frac{\epsilon}{18 \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)} \quad [\text{мкФ/км}]$$

где ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость, $\epsilon_{\text{спэ}} = 2,3$
 d_o – наружный диаметр изоляции (мм)
 d_i – диаметр по полупроводящему слою жилы (мм)

Формула для расчета диэлектрических потерь

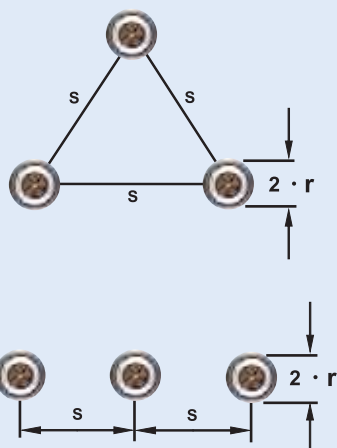
$$W_{\text{д}} = \frac{U^2}{3} \cdot 2\pi f C \cdot \tan(\delta) \quad [\text{Вт/км}]$$

где U – номинальное напряжение (кВ)
 f – частота (Гц)
 C – емкость (мкФ/км)
 $\tan(\delta)$ – тангенс угла диэлектрических потерь

Формула для расчета индуктивности

$$L = 0,05 + 0,2 \ln\left(\frac{K \cdot s}{r}\right) \quad [\text{мГн/км}]$$

где $K = 1,0$ для прокладки треугольником
 $K = 1,26$ для прокладки в плоскости
 s – расстояние между осями жил (мм)
 r – радиус жилы (мм)



Формула для расчета индуктивного сопротивления

$$X = 2\pi f \cdot \frac{L}{1000} \quad [\text{Ом/км}]$$

где f – частота (Гц)
 L – индуктивность (мГн/км)

Формула для расчета напряженности электрического поля

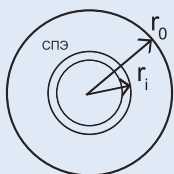
Полупроводящий слой по жиле:

$$E_i = \frac{U}{r_i \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)} \quad [\text{кВ/мм}]$$

Полупроводящий слой по изоляции:

$$E_o = \frac{U}{r_o \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)} \quad [\text{кВ/мм}]$$

где r_i – радиус по полупроводящему слою жилы (мм)
 r_o – радиус по изоляции (мм)
 U – напряжение на изоляции (кВ)



Формула для расчета макс. токов короткого замыкания

$$I_{\text{кз}} = \frac{I_1}{\sqrt{t_{\text{кз}}}} \quad [\text{кА}]$$

где $I_{\text{кз}}$ – ток короткого замыкания в течение времени $t_{\text{кз}}$
 I_1 – ток короткого замыкания в течение 1 с
 $t_{\text{кз}}$ – длительность короткого замыкания

Формула для расчета динамических сил, действующих между кабелями

$$F = \frac{0,2}{s} \cdot I_{\text{уд}}^2$$

где F – максимальная сила (Н/м)
 $I_{\text{уд}} = 2,5 I_{\text{кз}}$ (кА)
 $I_{\text{кз}}$ – ток короткого замыкания (кА)
 s – расстояние между осями кабелей (м)

Техническая поддержка

В большинстве стран сети для передачи электроэнергии представляют собой протяженные и сложные схемы. Они могут включать в себя различные системы, например, различные типы воздушных линий, включая линии переменного и постоянного тока, системы с маслонаполненными кабелями, кабели с экструдированной изоляцией и т. д. Так же многие сети включают в себя протяженные подземные и подводные кабельные системы для снабжения электроэнергией крупных мегаполисов и объединения энергосистем соседних стран.

Опытные менеджеры проектов, технический и другой персонал компании АББ окажут Вам профессиональную помощь в нахождении наилучших решений. Наша цель – предложить наиболее оптимальный вариант. Мы можем предложить комплексную поставку, включая:

- Силовые кабели для прокладки в земле, на воздухе и под водой
- Кабельную арматуру
- Контрольные и телекоммуникационные кабели
- Проектирование систем для оптимизации сети
- Управление проектами
- Строительные работы
- Монтаж и шефмонтаж
- Испытания и операции по пуску оборудования
- Нахождение неисправностей и ремонт
- Предоставление в аренду монтажного оборудования
- Обучение персонала

ПРИМЕЧАНИЕ: Все цифры, приведенные в данной брошюре, не являются обязательными и носят лишь справочный характер.



Лист заказа

Для правильной обработки Вашего заказа необходимо заполнить и прислать нижеуказанную информацию вместе с заказом.

Если некоторые данные отсутствуют поставьте прочерк.

Коммерческая информация

Название проекта	*
Заказчик	*
Место поставки	*
Запрос для бюджетной оценки или коммерческого предложения	*
Дата подачи заявки	*
Особые условия	
Срок действия заявки	*
Дата поставки/окончания	*
Условия поставки (FCA, CPT, др.)	*
Особые требования по кабельным длинам на барабанах	
Учитывается ли изменение цены на металл	
Монтаж под ключ АББ монтаж АББ шеф-монтаж АББ	*

Техническая информация

Исходные данные кабельной сети:	
Макс. напряжение U_{max}	* кВ
Ном. напряжение U	* кВ
Нагрузочная способность	* А/МВА
Макс.ток к.з. и его длительность	* кА/с
Макс.ток на землю и его длительность	* кА/с
Длина трассы	* м
Жила: медь/алюм., сечение	* Cu/AL, мм ²
Продольная герметизация	* да/нет
Поперечная герметизация	* да/нет
Особые требования к конструкции кабеля Спецификация заказчика	

Испытания

Типовые, на образцах и после прокладки, МЭК, другие
Требования к типовым испытаниям, МЭК, другие
Другие требования к испытаниям

Данные по монтажу

Тип расположения: в плоскости/треугольником	
Число параллельных цепей	*
Расстояние между параллельными цепями	мм
Нагрев от существующих кабелей	да/нет
Если да, расстояние и потери от параллельных кабелей	м,Вт/м
Другие источники тепла, расстояние и потери от них	м,Вт/м
Способ заземления экрана (с двух, с одной стороны, транспозиция)	

Прокладка на воздухе	*	да/нет
Макс. температура воздуха		°С
Прокладка в лотках		да/нет
Если в лотках, внутренние размеры (ширина x высота)		мм x мм
Если в лотках, заполненные или незаполненные		
Воздействие солнечной радиации		да/нет
Прокладка в земле	*	да/нет
Температура почвы на глубине прокладки		°С
Глубина прокладки		мм
Термическое сопротивление засыпки		К-м/Вт
При высушивании, термическое сопротивление засыпки прилегающего к кабелю		К-м/Вт
Материал засыпки: песок, другое		
Особые требования к траншее		
Кабель в коробах, тоннелях	*	да/нет
Материал: ПВХ, ПЭ, оптоволоконно, металлические		
Расстояние между коробами/ трубами		мм
Наружный диаметр короба/ трубы		мм
Внутренний диаметр короба/ трубы		мм
Температура окружающей среды на глубине прокладки		°С
Термическое сопротивление почвы		К-м/Вт
Термическое сопротивление засыпки		К-м/Вт
При высушивании, термическое сопротивление засыпки, прилегающего к коробу		К-м/Вт
Глубина прокладки		мм
Материал засыпки: песок, другое		

Арматура

Концевые муфты		
Тип и количество. Внутренняя, внешняя, к КРУЭ, трансформатору и др.	*	
Особые требования: уровень загрязнения, разрядник, полимерный изолятор и др.		
Соединительные муфты		
Тип и количество. Предызготовленная, вулканизированная, с транспозицией экранов и др.	*	
Особые требования		
Устройство для транспозиции экранов		
Тип устройства для транспозиции экранов		
Особые требования		
Другая арматура		
Другая необходимая информация		

*Обязательная информация



За дополнительной информацией, пожалуйста, обращайтесь:

АББ Москабель

111024 Москва, а/я 130
ул. 2-я Кабельная, 2
тел.: + 7 (495) 956 66 99
факс: + 7 (495) 234 32 94
e-mail: moskabel@ru.abb.com
<http://www.abb.ru>

АББ Технологии для
электроэнергетики
Высоковольтные кабели
П.Я. 546,
SE-371 23 Карлскрона
Швеция
тел.: +46 455 556 00
факс: +46 455 556 55
E-mail: sehvc@se.abb.com
www.abb.com/cables

Для информации:

Мы оставляем за собой право вносить технические изменения или исправления в данный каталог без уведомления. При заказе оборудования действительны только согласованные данные.

АББ не несет какой бы то ни было ответственности за возможные ошибки или потери информации в данном каталоге.

Все права на данный документ, как в части текста, так и в части иллюстраций принадлежат АББ. Воспроизведение — полное или частичное — без письменного разрешения АББ запрещается.