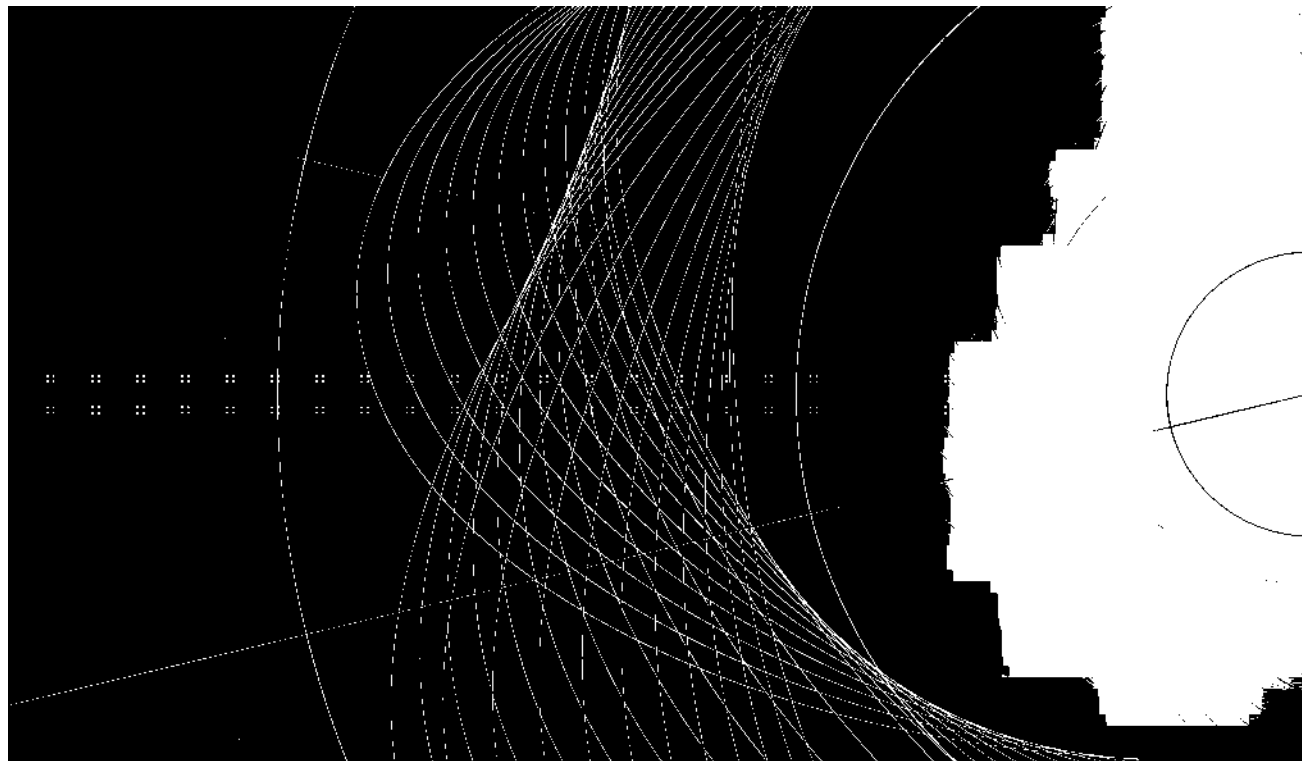


МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ

Силовые кабели с экструдированной изоляцией и арматура на
номинальное напряжение от 1 кВ ($U_m = 1.2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ)
Часть 2: Кабели на номинальное напряжение от 6 кВ ($U_m = 7.2$ кВ) до 30 кВ (U_m
= 36 кВ)





IEC 60502-2

Редакция 2.0
2005-03

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ

Силовые кабели с экструдированной изоляцией и арматура на номинальное напряжение от 1 кВ ($U_m = 1.2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ)

Часть 2: Кабели на номинальное напряжение от 6 кВ ($U_m = 7.2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ)

Международная
электротехническая
комиссия

ICS 29.060.20

PRICE CODE **XC**
CODE PRIX

ISBN 2-8318-7901-9

Содержание

Предисловие.....	7
1 Обзор.....	9
2 Нормативные документы.....	9
3 Термины и определения.....	10
3.1 Определения размерных величин (толщин, сечений, и т.п.).....	10
3.2 Определения, касающиеся испытаний.....	11
4 Обозначения напряжений и материалов.....	11
4.1 Номинальные напряжения.....	11
4.2 Изолирующие составы.....	12
4.3 Составы для оболочек кабелей.....	13
5 Проводники.....	14
6 Изоляция.....	14
6.1 Материал.....	14
6.2 Толщина изоляции.....	14
7 Экраны.....	15
7.1 Экран проводника.....	16
7.2 Экран изоляции.....	16
8 Конструкция трехжильных кабелей, внутренних покрытий и наполнителей.....	16
8.1 Внутренние покрытия и наполнители.....	16
8.2 Кабели с единым металлическим слоем (см. Раздел 9).....	17
8.3 Кабели с металлическим слоем поверх каждой отдельной жилы (см. Раздел 10).....	17
9 Металлические слои для одножильных и трехжильных кабелей.....	18
10 Металлический экран.....	18
10.1 Конструкция.....	18
10.2 Требования.....	18
10.3 Металлические экраны, не использующие полупроводящие слои.....	18
11 Концентрическая токопроводящая жила.....	18
11.1 Конструкция.....	18
11.2 Требования.....	19
11.3 Применение.....	19
12 Металлическая оболочка.....	19
12.1 Свинцовая оболочка.....	19
12.2 Другие металлические оболочки.....	19
13 Металлическая броня.....	19
13.1 Виды металлической брони.....	19
13.2 Материалы.....	20
13.3 Применение брони.....	20
13.4 Размеры бронепроволок и бронелент.....	21
13.5 Связь между диаметром кабеля и размерами брони.....	21
13.6 Броня из круглой или плоской бронепроволоки.....	22
13.7 Двойная ленточная броня.....	22

14	Наружная оболочка	22
14.1	Общие положения	22
14.2	Материал	23
14.3	Толщина	23
15	Условия испытаний	23
15.1	Температура окружающей среды	23
15.2	Частота и форма испытательного напряжения промышленной частоты.....	23
15.3	Форма испытательных импульсов напряжения	23
16	Типовые (контрольные) испытания	24
16.1	Общие положения	24
16.2	Электрическое сопротивление проводников.....	24
16.3	Испытание на разряд.....	24
16.4	Испытание напряжением	24
17	Выборочные испытания	25
17.1	Общие положения	25
17.2	Частота выборочных испытаний	26
17.3	Повторные испытания	26
17.4	Испытание проводников	26
17.5	Измерение толщины изоляции и толщины неметаллических оболочек (в том числе экструдированных разделительных оболочек, но не экструдированных внутренних покрытий)	26
17.6	Измерение толщины свинцовых оболочек	27
17.7	Измерение бронепроволок и бронелент	28
17.8	Измерение внешнего диаметра	28
17.9	Испытание напряжением в течение 4-х часов	28
17.10	Испытания изоляций из EPR, HEPR и XLPE, а также эластомерных оболочек на термоотверждаемость	29
18	Типовые испытания, электрические	29
18.1	Кабели, имеющие экран проводника и экран изоляции	29
18.2	Кабели на номинальное напряжение 3.6/6 (7.2) кВ с неэкранированной изоляцией .	33
19	Типовые испытания, неэлектрические	35
19.1	Измерение толщины изоляции	35
19.2	Измерение толщины изоляции и неметаллических оболочек (в том числе экструдированных разделительных оболочек, но не внутренних покрытий).....	35
19.3	Механические испытания изоляции до и после старения.....	35
19.4	Механические испытания неметаллических оболочек до и после старения.....	36
19.5	Дополнительные испытания на старение кусков цельного кабеля	36
19.6	Испытания на потерю массы PVC оболочек типа ST2	37
19.7	Испытания изоляции и неметаллических оболочек давлением при высокой температуре	37
19.8	Низкотемпературные испытания PVC изоляции и оболочек	37
19.9	Испытание PVC изоляции и оболочек на стойкость к трещинообразованию (испытание термоударом).....	37
19.10	Испытание EPR и HEPR изоляций на устойчивость к действию озона	38
19.11	Испытание изоляций из EPR, HEPR and XLPE, а также эластомерных оболочек на термоотверждаемость	38
19.12	Испытания эластомерных оболочек методом погружения в масло	38
19.13	Испытание изоляции на поглощение влаги	38

19.14 Испытание одиночных кабелей на распространение пламени	38
19.15 Измерение содержание сажи в черных полиэтиленовых наружных оболочках	38
19.16 Испытание XLPE изоляции на усадку	39
19.17 Испытание PVC изоляции на термостабильность	39
19.18 Определение твердости NEPR изоляции	39
19.19 Определение модуля упругости NEPR изоляции	39
19.20 Испытание наружной полиэтиленовой оболочки на усадку	39
19.21 Испытание кабеля на возможность удаления экрана изоляции	40
19.22 Испытание кабеля на проникновение влаги	40
20 Электрические испытания после монтажа	41
20.1 Испытание наружной оболочки постоянным напряжением	41
20.2 Испытание изоляции	41
Приложение А (нормативное) Метод вычисления размеров защитных покрытий	47
Приложение В (имеющее рекомендательный характер) Таблицы номинальных непрерывных токов для кабелей с экструдированной изоляцией на номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ	52
Приложение С (нормативное) Округление чисел	72
Приложение D (нормативное) Метод измерения сопротивления полупроводящих экранов ..	73
Приложение E (нормативное) Определение твердости NEPR изоляции	75
Приложение F (нормативное) Испытание кабелей на проникновение влаги	77
Библиография	79
Рисунок В.1 - Одножильные кабели в воздухе	53
Рисунок В.2 – Одножильные кабели, проложенные непосредственно в грунте	54
Рисунок В.3 - Одножильные кабели, проложенные в керамических каналах	54
Рисунок В.4 - Трехжильные кабели	55
Рисунок D.1a - Измерение объемного сопротивления экрана проводника	74
Рисунок D.1b - Измерение объемного сопротивления экрана изоляции	74
Рисунок D.1 – Приготовление образцов для измерения сопротивления экранов проводника и изоляции	74
Рисунок E.1 – Испытание на поверхностях с большим радиусом кривизны	76
Рисунок E.2 - Испытание на поверхностях с малым радиусом кривизны	76
Рисунок F.1 – Устройство для испытания кабелей на проникновение влаги	78
Таблица 1 – Рекомендованные номинальные напряжения U_0	12
Таблица 2 – Изолирующие составы	13
Таблица 3 - Максимальные температуры проводника для различных типов изолирующих составов	13
Таблица 4 - Максимальные температуры проводника для различных типов составов для оболочек	14
Таблица 5 - Номинальная толщина PVC/B изоляции	14
Таблица 6 - Номинальная толщина изоляции из прошитого полиэтилена (XLPE)	15

Таблица 7 – Номинальная толщина изоляции из этиленпропиленового каучука (EPR) и твердого этиленпропиленового каучука (HEPR)	15
Таблица 8 – Толщина экструдированного внутреннего покрытия	17
Таблица 9 – Номинальный диаметр круглых бронепроволок	21
Таблица 10 – Номинальная толщина бронелент	22
Таблица 11 – Напряжения для контрольных испытаний	25
Таблица 12 – Число образцов для выборочных испытаний	26
Таблица 13 – Напряжения для выборочных испытаний	29
Таблица 14 – Импульсные напряжения	32
Таблица 15 – Требования для электрических испытаний изолирующих составов	41
Таблица 16 – Неэлектрические типовые испытания (см. Таблицы 17 - 23)	42
Таблица 17 – Требования для механических испытаний изолирующих составов (до и после старения)	43
Таблица 18 – Требования для испытаний некоторых характеристик PVC изоляторов	43
Таблица 19 – Требования для испытаний отдельных характеристик различных термоотверждаемых изолирующих составов	44
Таблица 20 – Требования для механических испытаний составов для оболочек (до и после старения)	44
Таблица 21 – Требования для испытаний некоторых характеристик PVC составов для оболочек ..	45
Таблица 22 – Требования для испытаний некоторых характеристик составов для оболочек из термопластичного полиэтилена (PE)	45
Таблица 23 – Требования для испытаний некоторых характеристик эластомерных составов для оболочек	46
Таблица А.1 – Эффективный диаметр проводника	48
Таблица А.2 – Увеличение диаметра из-за наличия концентрических токопроводящих жил и металлических экранов	49
Таблица А.3 – Увеличение диаметра при наличии дополнительного подслоя	51
Таблица В.1 – Номинальные сечения экранов	52
Таблица В.2 – Номинальные токи одножильных кабелей с XLPE изоляцией Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ * Медный проводник	56
Таблица В.3 – Номинальные токи одножильных кабелей с XLPE изоляцией Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ * Алюминиевый проводник	57
Таблица В.4 – Номинальные токи одножильных кабелей с EPR изоляцией Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ * Медный проводник	58
Таблица В.5 – Номинальные токи одножильных кабелей с EPR изоляцией Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ * Алюминиевый проводник	59
Таблица В.6 – Номинальный ток трехжильных кабелей с XLPE изоляцией Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ * Медный проводник бронированный и небронированный	60
Таблица В.7 – Номинальный ток трехжильных кабелей с XLPE изоляцией Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ * Алюминиевый проводник бронированный и небронированный	61
Таблица В.8 – Номинальный ток трехжильных кабелей с EPR изоляцией Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ * Медный проводник бронированный и небронированный	62

Таблица В.9 - Номинальный ток трехжильных кабелей с EPR изоляцией Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ * Алюминиевый проводник бронированный и небронированный.....	63
Таблица В.10 - Поправочные множители для температур окружающего воздуха, отличных от 30 °С	64
Таблица В.11 - Поправочные множители для температур грунта, отличных от 20 °С.....	64
Таблица В.12 - Поправочные множители для глубин прокладки кабеля, отличных от 0,8 м, для кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте	64
Таблица В.13 - Поправочные множители для глубин прокладки, отличных от 0,8 м, для кабелей, прокладываемых в каналах	65
Таблица В.14 - Поправочные множители для термических сопротивлений грунта, отличных от 1,5 К•м/Вт, для одножильных кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте	65
Таблица В.15 - Поправочные множители для термических сопротивлений грунта, отличных от 1,5 К•м/Вт, для одножильных кабелей, прокладываемых в заглубленных каналах	66
Таблица В.16 - Поправочные множители для термических сопротивлений грунта, отличных от 1,5 К•м/Вт, для трехжильных кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте	66
Таблица В.17 - Поправочные множители для термических сопротивлений грунта, отличных от 1,5 К•м/Вт для трехжильных кабелей, прокладываемых в каналах.....	67
Таблица В.18 - Поправочные множители для групп трехжильных кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте горизонтально.....	67
Таблица В.19 - Поправочные множители для групп 3-фазных цепей из одножильных кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте.....	68
Таблица В.20 - Поправочные множители для групп трехжильных кабелей, прокладываемых горизонтально в одинарных каналах.....	68
Таблица В.21 - Поправочные множители для групп трехфазных цепей, выполненных из одножильных кабелей, прокладываемых в одинарных каналах	69
Таблица В.22 – Понижающие коэффициенты для пересчета предельно допустимого тока для групп нескольких одножильных кабелей в воздухе - Для определения предельно допустимых нагрузок по току одного многожильного кабеля в воздухе.....	70
Таблица В.23 - Понижающие коэффициенты для групп более чем одной цепи из одножильных кабелей в воздухе (Примечание 2) –Для определения предельно допустимой нагрузки по току одной цепи из одножильных кабелей в воздухе.....	71

МЕЖДУНАРОДНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

**СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ С ЭКСТРУДИРОВАННОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ И АРМАТУРА
НА НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ОТ 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) ДО 30 кВ ($U_m = 36$
кВ)****Часть 2: Кабели на номинальное
напряжение от 6 кВ ($U_m = 7,2$ кВ) до 30 кВ
($U_m = 36$ кВ)**

ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1) Международная Электротехническая Комиссия (IEC) является международной стандартизирующей организацией, включающей национальные электротехнические комитеты (Национальные комитеты IEC). Целью IEC является способствовать международному сотрудничеству по всем вопросам, касающимся стандартизации в электротехнике и электронике. Для этого и в дополнение к другим видам деятельности, IEC издает Международные Стандарты, Технические Спецификации, Технические Отчеты, Публично Доступные Спецификации (PAS) и Руководства (далее именуемые как "Публикация/Публикации IEC"). Их подготовка поручена техническим комитетам; любой Национальный комитет IEC, заинтересованный темой, с которой он имел дело, может участвовать в этой предварительной работе. Международные, правительственные и неправительственные организации, поддерживающие связь с IEC, также участвуют в этой подготовке. IEC тесно сотрудничает с Международной Организацией по Стандартизации (ISO) в соответствии с условиями, определенными соглашением между этими двумя организациями.
- 2) Формальные решения или соглашения IEC по техническим вопросам отражают, настолько полно, насколько это возможно, достигнутое на международном уровне общее мнение по соответствующей теме, поскольку в каждом техническом комитете представлены все Национальные комитеты IEC.
- 3) Публикации IEC имеют форму рекомендаций для международного использования и приняты Национальными комитетами IEC. В то время как предприняты все усилия, чтобы гарантировать точность технического содержания публикаций IEC, IEC не может принять на себя ответственность за способ их конкретного использования и за неверное истолкование этих публикаций конечным пользователем.
- 4) Для того, чтобы достичь однородности на международном уровне, Национальные комитеты IEC обязуются применять Публикации IEC наиболее прозрачным способом, возможным в их национальных и региональных публикациях. Любое расхождение между любой Публикацией IEC и соответствующей национальной или региональной публикацией должно быть ясно обозначено в последней.
- 5) IEC не дает одобрения оборудованию, которое, как утверждается, соответствует той или иной публикации IEC, и не может принять на себя соответствующую ответственность.
- 6) Все пользователи должны убедиться в наличии у них последнего выпуска этой публикации.
- 7) IEC и ее директорат, служащие, агенты, включая индивидуальных экспертов и членов технических комитетов и Национальных комитетов IEC слагают с себя всякую ответственность за любое телесное повреждение и материальный ущерб, или другой любой ущерб, прямой или косвенный, или за затраты (включая юридические) и расходы, проистекающие из публикации и использования этой Публикации, а также любых других Публикаций IEC.
- 8) Советуем обратить внимание на справочную информацию, цитированную в этой публикации. Использование публикаций, на которые делаются ссылки, необходимо для правильного понимания этой публикации.
- 9) Обращаем внимание на то обстоятельство, что некоторые из элементов этой Публикации IEC могут быть предметом патентного права. IEC не отвечает за идентификацию любых таких патентных прав.

Международный стандарт IEC 60502-2 был подготовлен двадцатым техническим комитетом IEC: Электрические кабели.

С появлением второй редакции утрачивает силу первая редакция, выпущенная в 1997, а также поправка 1 к этой редакции (1998) и список опечаток 1 (1999). Вторая редакция замещает собой первую редакцию, являя собой ее технический пересмотр.

По сравнению с первой редакцией во вторую редакцию были внесены существенные технические изменения. Изменения касаются возможного попадания влаги, больших размеров проводника, частичных требований разгрузки, требований по толщине изоляции и наружной оболочки кабелей, способов утверждения типового образца, электрических испытаний после монтажа, а также таблиц номинальных токов.

IEC 60502 состоит из следующих частей, согласно общему заголовку *Силовые кабели с тянутой изоляцией и арматура на номинальные напряжения от 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ)*:

- Часть 1: Кабели на номинальное напряжение 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) и 3 кВ ($U_m = 3,6$ кВ);
- Часть 2: Кабели на номинальные напряжения от 6 кВ ($U_m = 7,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ);
- Часть 3: Зарезервировано;
- Часть 4: Требования для испытаний арматуры кабелей на номинальное напряжение от 6 кВ ($U_m = 7,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ).

Текст этого регламентирующего документа основан на следующих источниках:

FDIS	Отчет о голосовании
20/749/FDIS	20/763/RVD

Полная информация относительно голосования по вопросу одобрения этого стандарта может быть найдена в отчете о голосовании, указанном в приведенной выше таблице.

Эта публикация была составлена в соответствии с Директивами ISO/IEC, Часть 2.

Комитет решил, что содержание этой публикации останется неизменными до даты пересмотра, обозначенной на вебсайте IEC "<http://webstore.iec.ch>" в части данных, касающихся этой конкретной публикации. В обозначенный срок эта публикация будет

- подтверждена;
- отозвана;
- заменена новой редакцией, или
- исправлена.

СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ С ЭКСТРУДИРОВАННОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ И АРМАТУРА НА НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ОТ 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) ДО 30 кВ ($U_m = 36$ кВ)

Часть 2: Кабели на номинальное напряжение от 6 кВ ($U_m = 7,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ)

1 Обзор

Эта часть IEC 60502 определяет конструкцию, размеры и требования к испытаниям силовых кабелей с экструдированной твердой изоляцией от 6 кВ до 30 кВ для стационарного оборудования, такого как распределительные сети или промышленные установки.

При рассмотрении возможности использования изделий рекомендуется принимать во внимание возможное радиальное проникновение влаги в кабель. Дизайн кабелей с барьерами для продольного проникновения влаги и соответствующее испытание включены в эту часть IEC 60502.

Кабели для спецустановок и соответствующие условия эксплуатации, например кабели для воздушных линий передач, горнодобывающей промышленности, атомных электростанций, а также для подводного или корабельного использования, не описаны.

2 Нормативные документы

Следующие документы, на которые делаются ссылки, необходимы для правильного понимания этого документа. С учетом устаревания справочной информации следует ориентироваться только на процитированный выпуск. Для знакомства с неустаревающей справочной информацией следует использовать последний выпуск цитированного документа (включая изменения).

IEC 60038, *IEC standard voltages* [IEC 60038, напряжения стандарта IEC]

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements* [IEC 60060-1, Испытательные методики, использующие высокое напряжение – Часть 1: Общие определения и испытательные требования]

IEC 60183, *Guide to the selection of high-voltage cables* [IEC 60183, Руководство по выбору высоковольтных кабелей]

IEC 60228, *Conductors of insulated cables* [Проводники изолированных кабелей]

IEC 60229, *Tests on cable oversheaths which have a special protective function and are applied by extrusion* [IEC 60229, Испытания наружных оболочек кабелей, имеющих специальную защитную функцию и изготовленные с использованием процесса экструзии]

IEC 60230, *Impulse tests on cables and their accessories* [IEC 60230, Импульсные испытания кабелей и их арматуры]

IEC 60332-1-2, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 1-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable – Procedure for 1 kW pre-mixed flame* [IEC 60332-1-2, Испытания электрических кабелей и кабелей с оптоэлектронным волокном в условиях возгорания – Части 1-2: Тест на вертикальное распространение пламени по одиночному изолированному проводу или кабелю – Процедура для перемешанного пламени мощностью 1 кВт]

Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables and optical cables – Part 1-1: Methods for general application – Measurement of thickness and overall dimensions – Tests for determining the mechanical properties [IEC 60811-1-1, Общие методы испытаний изолирующих материалов и материалов для оболочек электрических и оптоэлектронных кабелей – Часть 1-1: Методы для приложений общего назначения – Измерение толщины и размеров – Определение механических свойств]

IEC 60811-1-2, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables - Part 1: Methods for general application - Section 2: Thermal ageing methods* [IEC 60811-1-2, Общие испытательные методы для изолирующих материалов и материалов для оболочек электрических кабелей - Часть 1: Методы общего назначения - Раздел 2: Методы термического старения]

IEC 60811-1-3, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric and optical cables - Part 1-3: General application - Methods for determining the density - Water absorption tests - Shrinkage test* [IEC 60811-1-3, Общие методы испытаний изолирующих материалов и материалов для оболочек электрических и оптических кабелей - Часть 1-3: Общее применение - Методы для определения плотности – Испытание на поглощение влаги – Испытание на усадку]

IEC 60811-1-4, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables - Part 1: Methods for general application - Section 4: Test at low temperature* [IEC 60811-1-4, Общие методы испытаний изолирующих материалов и материалов для оболочек электрических кабелей - Часть 1: Методы общего назначения - Раздел 4: Низкотемпературные испытания]

IEC 60811-2-1, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric and optical cables - Part 2-1: Methods specific to elastomeric compounds - Ozone resistance, hot set and mineral oil immersion tests* [IEC 60811-2-1, Общие методы испытаний изолирующих материалов и материалов для оболочек электрических и оптических кабелей - Часть 2-1: Методы, применимые для эластомерных составов – устойчивость к действию озона, испытание на термоусадку и погружение в минеральное масло]

IEC 60811-3-1, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables - Part 3: Methods specific to PVC compounds - Section 1: Pressure test at high temperature - Tests for resistance to cracking* [IEC 60811-3-1, Общие методы для испытания изолирующих материалов и материалов для оболочек электрических кабелей - Часть 3: Методы, применимые к поливинилхлоридным составам - Раздел 1: Испытание давлением при высокой температуре – Испытание на устойчивость к трещинообразованию]

IEC 60811-3-2, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables - Part 3: Methods specific to PVC compounds - Section 2: Loss of mass test - Thermal stability test* [IEC 60811-3-2, Общие методы для испытания изолирующих материалов и материалов для оболочек электрических кабелей - Часть 3: Методы, применимые для поливинилхлоридных составов - Раздел 2: Испытание на потерю веса – Испытание на термостабильность]

IEC 60811-4-1, *Insulating and sheathing materials of electric and optical cables - Common test methods - Part 4-1: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds - Resistance to environmental stress cracking - Measurement of the melt flow index - Carbon black and/or mineral filler content measurement in polyethylene by direct combustion - Measurement of carbon black content by thermogravimetric analysis (TGA) - Assessment of carbon black dispersion in polyethylene using a microscope* [IEC 60811-4-1, Изолирующие материалы и материалы для оболочек для электрических и оптоэлектронных кабелей - Общие методы испытаний - Часть 4-1: Методы, применимые для полиэтиленовых и полипропиленовых составов - Сопротивление трещинообразованию под действием внешних факторов - Измерение индекса потока расплава – Измерение содержания сажи в полиэтилене методом непосредственного сжигания - Измерение сажи средствами термогравиметрического анализа (TGA) - Оценка дисперсности сажи в полиэтилене с помощью микроскопа]

IEC 60885-3, *Electrical test methods for electric cables - Part 3: Test methods for partial discharge measurements on lengths of extruded power cables* [IEC 60885-3, Методы электрических испытаний для электрических кабелей - Часть 3: Методика испытаний отрезков экструдированных силовых кабелей на разряд]

IEC 60986, *Short-circuit temperature limits of electric cables with nominal voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)* [IEC 60986, Предельные температуры при коротком замыкании электрических кабелей на номинальное напряжение от 6 кВ ($U_m = 7,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ)]

ISO 48, *Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of hardness (hardness between 10*

IRHD and 100 IRHD) [ISO 48, Каучук, вулканизированный или термопластичный - Определение твердости (твердость между 10 IRHD и 100 IRHD)]

3 Термины и определения

В этом документе используются следующие термины и определения.

3.1 Определения размерных величин (толщин, поперечных сечений, и т.п.)

3.1.1 Номинальная величина

значение, которым определяется количество и которое часто используется в таблицах

ПРИМЕЧАНИЕ В этом стандарте номинальные величины обычно приводятся как значения, которые требуется проверять измерением с учетом установленных допусков.

3.1.2 Приближенная величина

значение, которое ни гарантируется, ни является проверенным значением; оно используется, например, для вычисления других размерных величин

3.1.3 Срединное значение

В случае, когда было получено несколько испытательных результатов, расположенных в порядке увеличения (или уменьшения), срединное значение – это значение, располагающееся посредине, если общее число имеющихся значений нечетно, либо оно представляет собой среднее значение двух центральных чисел, если имеется четное количество значений

3.1.4 Эффективная величина

значение, вычисленное по методу, описанному в Приложении А

3.2 Определения, касающиеся испытаний

3.2.1 Типовые испытания

испытания, производимые изготовителем на всей длине кабеля, направленные на проверку того, что кабель по всей длине отвечает принятым требованиям

3.2.2 Выборочные испытания

испытания, производимые изготовителем на выбранных отрезках цельного кабеля или его компонентах на указанной частоте, направленные на проверку того, что готовое изделие отвечает принятым требованиям

3.2.3 Контрольные испытания

испытания, производимые перед поставкой, на общей коммерческой основе, кабеля, подпадающего под данный стандарт, для того чтобы продемонстрировать удовлетворительные характеристики изделия для конкретного применения

ПРИМЕЧАНИЕ Эти тесты таковы, что, будучи проведены один раз, они не требуют повторения в том случае, если не вносились изменений в материалы, используемые в кабеле или в конструкцию или технологию изготовления кабеля, которые могли бы привести к изменению характеристик изделия.

3.2.4 Электрические испытания после монтажа

испытания, производимые для того, чтобы продемонстрировать целостность кабеля и его арматуры после монтажа

4 Обозначение напряжений и материалов

4.1 Номинальные напряжения

Номинальные напряжения $U_0/U(U_m)$ кабелей, которые рассматриваются в этом стандарте, - следующие:

$$U_0/U(U_m) = 3,6/6 (7,2) - 6/10 (12) - 8,7/15 (17,5) - 12/20 (24) - 18/30 (36) \text{ кВ.}$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Указанные выше напряжения являются правильными обозначениями, хотя в некоторых странах используются другие обозначения, например 3,5/6 – 5,8/10 – 11,5/20 – 17,3/30 кВ.

Символы, применяемые в обозначении напряжения кабелей $U_0/U (U_m)$:

- U_0 номинальное напряжение промышленной частоты между проводником и землей или металлическим экраном, используемом в конструкции кабеля;
- U номинальное напряжение промышленной частоты между проводниками, использующимися в конструкции кабеля;
- U_m максимальное значение "самого высокого напряжения в системе", при котором еще может использоваться оборудование (см. IEC 60038).

Номинальное напряжение кабеля для данного применения должно соответствовать эксплуатационному режиму в системе, в которой используется кабель. Для облегчения выбора кабеля все системы разделяются на три категории:

- категория А: эта категория включает те системы, в которых любой фазный проводник, который приходит в соприкосновение с землей, или с заземленным проводником, отсоединяется от системы за время менее одной минуты;
- категория В: эта категория включает те системы, которые в течение короткого времени могут эксплуатироваться с одной заземленной фазой. Согласно IEC 60183, это время не должно превышать одного часа. Для кабеля, подпадающих под этот стандарт, может допускаться и более длинный период, в любом случае не превышающий, однако, 8-ми часов. Полная продолжительность коротких замыканий за год не должна превышать 125 часов;
- категория С: эта категория включает все системы, которые не относятся к категориям А и В.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Необходимо понимать, что в системе, в которой замыкания на землю не устраняются автоматически в короткое время, дополнительные нагрузки на изоляцию кабеля приводят, вообще говоря, к сокращению срока службы кабеля. Если можно ожидать, что в системе будут часто случаться замыкания на землю, желательно классифицировать систему как принадлежащую в категории С.

Значения U_0 , рекомендованные для кабеля, который предполагается использовать в трехфазной системе, приводятся в Таблице 1.

Таблица 1 – Рекомендованные номинальные напряжения U_0

Самое высокое напряжение в системе (U_m) кВ	Номинальное напряжение (U_0) кВ	
	Категории А и В	Категория С
7,2	3,6	6,0
12,0	6,0	8,7
17,5	8,7	12,0
24,0	12,0	18,0
36,0	18,0	–

4.2 Изолирующие составы

Типы изолирующих составов, свойства которых регламентируются данным стандартом, перечислены в Таблице 2 вместе с их сокращенными обозначениями.

Таблица 2 – Изолирующие составы

Изолирующий состав	Сокращенное обозначение
а) <i>Термопласт</i> поливинилхлорид для кабелей на номинальное напряжении $U_0/U = 3,6/6$ кВ	PVC/B*
б) <i>Термоотверждаемые вещества:</i> этиленпропиленовый каучук или схожее вещество (EPM или EPDM) этиленпропиленовый каучук с высоким модулем упругости или твердостью сшитый полиэтилен	EPR HEPR XLPE
* Изолирующий состав на основе поливинилхлорида, предназначенный для кабелей с номинальным напряжением $U_0/U \leq 1,8/3$ кВ обозначается в публикации IEC 60502-1 как PVC/A.	

Максимальные температуры проводника для изолирующих составов различных типов, подпадающих под настоящий стандарт, приведены в Таблице 3.

Таблица 3 – Максимальные температуры проводника для изолирующих составов различных типов

Изолирующий состав	Максимальная температура проводника °C	
	Нормальный эксплуатационный режим	КЗ (максимальная продолжительность 5 с)
Поливинилхлорид (PVC/B)		
Сечение проводника ≤ 300 мм ²	70	160
Сечение проводника > 300 мм ²	70	140
Сшитый полиэтилен (XLPE)	90	250
Этиленпропиленовый каучук (EPR и HEPR)	90	250

Температуры в Таблице 3 приведены с учетом свойств изоляционных материалов. При расчете номинальных токов следует принимать во внимание и другие факторы.

Например, при нормальном эксплуатационном режиме, если кабель, непосредственно проложенный в грунте, непрерывно работает под максимальной нагрузкой (100%-ый коэффициент загрузки) при максимальной температуре проводника, указанной в таблице, тепловое сопротивление грунта, окружающего кабель, может со временем увеличиться в результате высыхания почвы. Как следствие, температура проводника может значительно превысить максимальное значение. В ситуации, когда такие эксплуатационные режимы можно предвидеть, это обстоятельство следует принимать во внимание при выборе кабеля.

Справочная информация относительно номинальных токов при непрерывном режиме эксплуатации содержится в Приложении В.

Справочная информация относительно температур при коротком замыкании содержится в публикации IEC 60986.

4.3 Составы для оболочек кабелей

Максимальные температуры проводника для различных материалов для оболочек, подпадающих под настоящий стандарт, приведены в Таблице 4.

Таблица 4 - Максимальные температуры проводника для различных типов оболочек

Состав для оболочки кабеля	Сокращенное обозначение	1 Максимальная температура проводника в нормальных эксплуатационных условиях, °С
а) <i>Термопластики:</i>		
поливинилхлорид (PVC)	ST ₁	80
	ST ₂	90
полиэтилен	ST ₃	80
	ST ₇	90
б) <i>Эластомерные составы:</i>		
полихлорпрен, хлорсульфированный полиэтилен и схожие полимеры	SE ₁	85

5 Проводники

Проводники должны быть или класса 1 или класса 2 из простой или покрытой металлом проволоки отожженной меди или простой проволоки из алюминия или алюминиевого сплава в соответствии с IEC 60228. Для проводников класса 2 могут приниматься меры для снижения продольной водопроницаемости.

6 Изоляция

6.1 Материал

Изоляция должна быть диэлектрическая экструдированная, одного из типов, перечисленных в Таблице 2.

6.2 Толщина изоляции

Номинальные толщины изоляции указаны в Таблицах 5 - 7.

Толщина любого спейсера (разделительной оболочки) или полупроводящего экрана на проводнике или поверх изоляции не должна включаться в толщину изоляции.

Таблица 5 – Номинальная толщина PVC/B изоляции

Номинальная площадь поперечного сечения проводника мм ²	Номинальная толщина изоляция при номинальном напряжении 3,6/6 (7,2) кВ мм
10 - 1 600	3,4

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Не рекомендуется применять проводники с сечением, меньшим указанного в данной таблице. Однако если все же необходимо иметь меньшие сечения, следует либо увеличить диаметр проводника за счет экрана проводника (см. пункт 7.1), либо увеличить толщину изоляции, для того чтобы ограничить, при значениях, вычисленных с наименьшим размером проводника, данным в таблице, максимальное поле, прикладываемое к изоляции при испытаниях напряжением.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для сечений проводника, больших, чем 1 000 мм², толщина изоляции может быть увеличена, чтобы избежать механического повреждения кабеля во время монтажа и при обслуживании.

Таблица 6 – Номинальная толщина изоляции из сшитого полиэтилена (XLPE)

Номинальное сечение проводника мм ²	Номинальная толщина изоляции при номинальном рабочем напряжении $U_0/U (U_m)$				
	3,6/6 (7,2) кВ мм	6/10 (12) кВ мм	8,7/15 (17,5) кВ мм	12/20 (24) кВ мм	18/30 (36) кВ мм
10	2,5	–	–	–	–
16	2,5	3,4	–	–	–
25	2,5	3,4	4,5	–	–
35	2,5	3,4	4,5	5,5	–
50 - 185	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
240	2,6	3,4	4,5	5,5	8,0
300	2,8	3,4	4,5	5,5	8,0
400	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500 - 1600	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Не рекомендуется применять проводники с сечением, меньшим указанного в данной таблице. Однако если все же необходимо иметь меньшие сечения, следует либо увеличить диаметр проводника за счет экрана проводника (см. пункт 7.1), либо увеличить толщину изоляции, для того чтобы ограничить, при значениях, вычисленных с указанным в таблице наименьшим размером проводника, максимальное поле, прилагаемое к изоляции при испытаниях напряжением.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для сечений проводника, больших, чем 1 000 мм², толщина изоляции может быть увеличена, чтобы избежать механического повреждения кабеля во время монтажа и при обслуживании.

Таблица 7 – Номинальная толщина изоляции из этиленпропиленового каучука (EPR) и твердого этиленпропиленового каучука (HEPR)

Номинальное сечение проводника мм ²	Номинальная толщина изоляции при номинальном рабочем напряжении $U_0/U (U_m)$					
	3,6/6 (7,2) кВ		6/10 (12) кВ	8,7/15 (17,5) кВ	12/20 (24) кВ	18/30 (36) кВ
	Неэкранированный мм	Экранированный мм	мм	мм	мм	мм
10	3,0	2,5	–	–	–	–
16	3,0	2,5	3,4	–	–	–
25	3,0	2,5	3,4	4,5	–	–
35	3,0	2,5	3,4	4,5	5,5	–
50 - 185	3,0	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
240	3,0	2,6	3,4	4,5	5,5	8,0
300	3,0	2,8	3,4	4,5	5,5	8,0
400	3,0	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500 - 1 600	3,2	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Не рекомендуется применять проводники с сечением, меньшим, чем указанные в данной таблице. Однако если все же необходимо иметь меньшие сечения, следует либо увеличить диаметр проводника за счет экрана проводника (см. пункт 7.1), либо увеличить толщину изоляции, для того чтобы ограничить, при значениях, вычисленных с указанным в таблице наименьшим размером проводника, максимальное поле, прилагаемое к изоляции при испытаниях напряжением.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для сечений проводника, больших, чем 1 000 мм², толщина изоляции может быть увеличена, чтобы избежать механического повреждения кабеля во время монтажа и при обслуживании.

7 Экраны

Жилы всех кабелей должны иметь окружающий их (индивидуально каждую жилу или все жилы вместе) металлический слой.

Экран индивидуальных жил в одно- или трехжильных кабелях, если он требуется, должен состоять из экрана проводника и экрана изоляции. Эти компоненты должны входить в состав кабелей за следующим исключением:

а) кабели на номинальное напряжение 3,6/6 (7,2) кВ с изоляцией из EPR или NEPR могут выполняться без экрана при условии превышения толщиной изоляции значения, указанного в Таблице 7;

б) кабели на номинальное напряжение 3,6/6 (7,2) кВ с изоляцией из PVC могут выполняться без экрана.

7.1 Экран проводника

Экран проводника должен быть неметаллическим, состоящим из экструдированного полупроводящего состава, наносимого поверх полупроводящей ленты. Экструдированный полупроводящий состав должен плотно прилегать к изоляции.

7.2 Экран изоляции

Экран изоляция должен состоять из неметаллического слоя, полупроводящего слоя и металлического слоя.

Неметаллический слой должен наноситься непосредственно на изоляцию каждой жилы и состоять из связующего или удаляемого полупроводящего состава.

Слой полупроводящей ленты или состава может тогда наноситься поверх индивидуальных жил или поверх пучка жил.

Металлический слой должен наноситься поверх индивидуальных жил или поверх пучка жил; при этом он должен удовлетворять требованиям, изложенным в разделе 10.

8 Конструкция трехжильных кабелей, внутренних покрытий и наполнителей

Конструкция трехжильных кабелей зависит от номинального напряжения, а также от того, снабжена ли каждая жила металлическим экраном.

Подпункты 8.1 к 8.3 не относятся к конструкциям одножильных кабелей в оболочке.

8.1 Внутренние покрытия и наполнители

8.1.1 Конструкция

Внутренние покрытия могут быть экструдированными или выполненными внахлест.

Для кабелей с круглыми жилами использование внутренних покрытий, выполненных внахлест, допускается в случае, если пространство между жилами кабеля заполнено наполнителем.

Допускается наносить подходящее связующее перед нанесением экструзионного внутреннего покрытия.

8.1.2 Материал

Материалы, используемые для внутренних покрытий и наполнителей, должны соответствовать рабочей температуре проводника и материалу изоляции.

8.1.3 Толщина экструдированного внутреннего покрытия

Приблизительная толщина экструдированных внутренних покрытий указана в Таблице 8.

Таблица 8 – Толщина экструдированного внутреннего покрытия

Эффективный диаметр поверх скрутки жил		Толщина экструдированного внутреннего покрытия (прибл. величины) мм
Свыше мм	До (включая) мм	
–	25	1,0
25	35	1,2
35	45	1,4
45	60	1,6
60	80	1,8
80	–	2,0

8.1.4 Толщина внутреннего покрытия, выполненного внахлест

Приблизительная толщина выполненных внахлест внутренних покрытий должна составлять 0,4 мм для эффективных диаметров поверх скрутки жил не больше 40 мм и 0,6 мм для больших диаметров.

8.2 Кабели с единым металлическим слоем (см. Раздел 9)

Кабели должны иметь внутреннее покрытие, выполненное поверх скрутки жил. Внутреннее покрытие и наполнители должны выполняться согласно пункту 8.1, а также должны быть негигроскопичными, за исключением случаев, когда кабель имеет конструкцию, исключающую проникновение в него влаги в продольном направлении.

Для кабелей, имеющих полупроводящий экран поверх каждой жилы и единый металлический слой, внутреннее покрытие должно быть выполнено из полупроводящего материала; наполнители могут быть полупроводящими.

8.3 Кабели с металлическим слоем поверх каждой индивидуальной жилы (см. Раздел 10)

Металлические слои индивидуальных ядер жил должны находиться в контакте друг с другом.

Кабели с дополнительным общим металлическим слоем (см. Раздел 9), выполненным из того же самого материала, что и индивидуальные внутренние металлические слои, должны иметь внутреннее покрытие, выполненное поверх скрутки жил. Внутреннее покрытие и наполнители должны выполняться в соответствии с пунктом 8.1 и должны быть негигроскопичными, за исключением случаев, когда кабель имеет конструкцию, исключающую проникновение в него влаги в продольном направлении. Внутреннее покрытие и наполнители могут быть выполнены из полупроводящего материала.

В тех случаях, когда индивидуальные нижележащие металлические слои и общий металлический слой выполнены из разных материалов, они должны быть отделены экструдированной оболочкой, выполненной из одного из материалов, указанных в пункте 14.2. В случае кабелей со свинцовой оболочкой, разделение индивидуальных нижележащих металлических слоев может осуществляться при помощи внутреннего покрытия, выполненного согласно пункту 8.1.

В случае кабелей без общего металлического слоя (см. Раздел 9) внутреннее покрытие не обязательно при условии, что внешняя форма кабеля близка к цилиндрической.

9 Металлические слои для одножильных и трехжильных кабелей

В настоящий стандарт включены следующие типы металлических слоев:

- а) металлический экран (см. Раздел 10);
- б) концентрическая токопроводящая жила (см. Раздел 11);
- в) металлическая оболочка (см. Раздел 12);
- г) металлическая броня (см. Раздел 13).

Металлический слой/слои должны включать один или больше слоев упомянутых выше типов; они должны быть немагнитными, когда наносятся на одножильные кабели или на индивидуальные жилы трехжильных кабелей.

Могут приниматься меры для достижения продольной водонепроницаемости в области металлических слоев.

10 Металлический экран

10.1 Конструкция

Металлический экран должен состоять из одной ленты или большего числа лент, или из оплетки, или коаксиального слоя проволоки, или из комбинации проволоки и ленты/лент.

Это может быть также оболочка или, в случае с общим экраном, броня, выполненная в соответствии с пунктом 10.2.

При выборе материала экрана необходимо учитывать возможность коррозии, не только из соображений механической надежности, но также и из соображений электробезопасности.

Зазоры в экране должны быть выполнены в соответствии с национальными инструкциями и/или стандартами.

10.2 Требования

Требования в отношении размеров, а также физических и электрических свойств металлического экрана определяются национальными инструкциями и/или стандартами.

10.3 Металлические экраны, не использующие полупроводящие слои

В случаях, когда металлические экраны используются в кабелях на номинальное напряжение 3,6/6 (7,2) кВ с изоляцией из поливинилхлорида, EPR или NEPR, они не обязательно должны использовать полупроводящие слои.

11 Концентрическая токопроводящая жила

11.1 Конструкция

Промежутки в концентрической токопроводящей жиле должны выполняться в соответствии с национальными инструкциями и/или стандартами.

При выборе материала для концентрической токопроводящей жилы следует учитывать возможность коррозии, а также руководствоваться соображения обеспечения механической прочности и электробезопасности.

11.2 Требования

Требования в отношении размеров, а также физических свойств концентрической токопроводящей жилы и ее электрического сопротивления определяются национальными инструкциями и/или стандартами.

11.3 Применение

В случае, когда применение концентрической токопроводящей жилы является необходимым, в случае трехжильных кабелей она должна наноситься поверх внутреннего покрытия; в случае же одножильных кабелей она может наноситься прямо на изоляцию или поверх полупроводящего экрана изоляции либо поверх внутреннего покрытия.

12 Металлическая оболочка

12.1 Свинцовая оболочка

Оболочка должна изготавливаться из свинца или свинцового сплава как обтягивающая трубка без шва.

Номинальная толщина вычисляется по следующей формуле:

- а) для всех одножильных кабелей и пучков одножильных кабелей:

$$t_{\text{св}} = 0,03 D_g + 0,8$$

- б) для всех кабелей с проводниками формы сектора вплоть до 8,7/15 кВ:

$$t_{\text{св}} = 0,03 D_g + 0,6$$

- в) для всех других кабелей:

$$t_{\text{св}} = 0,03 D_g + 0,7$$

Здесь

$t_{\text{св}}$ - номинальная толщина свинцовой оболочки в миллиметрах;

D_g – эффективный диаметр под свинцовой оболочкой в миллиметрах (округленный, в соответствии с Приложением С, до первого десятичного знака после запятой).

Во всех случаях наименьшая номинальная толщина должна составлять 1,2 мм. Рассчитанные значения следует округлять до первого десятичного знака после запятой (см. Приложение С).

12.2 Другие металлические оболочки

На рассмотрении.

13 Металлическая броня

13.1 Виды металлической брони

Настоящий стандарт регламентирует следующие виды брони:

- а) броня из плоской проволоки;
- б) броня из круглой проволоки;
- в) броня из двойной ленты.

13.2 Материалы

Круглые или плоские проводники должны изготавливаться из оцинкованной стали, меди или оцинкованной меди, алюминия или алюминиевого сплава.

Ленты должны изготавливаться из стали, оцинкованной стали, алюминия или алюминиевого сплава. Стальные ленты должны быть горячей или холодной прокатки промышленного качества.

В тех случаях, где стальной слой бронепроволоки должен иметь минимальную проводимость, в слое брони допускается использовать достаточное количество проволоки из меди или оцинкованной меди.

При выборе материала брони необходимо учитывать возможность коррозии, не только из соображений механической надежности, но также и из соображений электробезопасности, особенно в тех случаях, когда броня используется как экран.

Броня одножильных кабелей для использования в системах переменного тока должна состоять из немагнитного материала, если конструкцией не предусмотрено обратное.

13.3 Применение брони

13.3.1 Одножильные кабели

В случае одножильных кабелей внутреннее покрытие, экструдированное или выполненное внахлест, с толщиной, определенной в пунктах 8.1.3 и 8.1.4, должно располагаться под броней в том случае, когда кабель не содержит экрана.

13.3.2 Трехжильные кабели

Если применение брони требуется в трехжильном кабеле, броня должна располагаться поверх внутреннего покрытия, выполненного согласно пункту 8.1.

13.3.3 Разделительные оболочки

В случаях, когда нижележащий металлический слой и броня сделаны из разных материалов, они должны отделяться друг от друга экструдированной оболочкой из одного из материалов, указанных в пункте 14.2.

В случаях, когда в кабелях с оболочкой из свинца необходимо применение брони, такая броня должна быть выполнена поверх разделительной оболочки или выполненного внахлест подслоя согласно пункту 13.3.4.

В случаях, когда требуется применение разделительной оболочки, эта оболочка должна располагаться под броней вместо или в дополнение к внутреннему покрытию.

Использование разделительной оболочки не является необходимым, если предприняты меры для исключения проникновения влаги в продольном направлении в области металлических слоев.

Номинальная толщина разделительной оболочки T_s , выраженная в миллиметрах, дается формулой

$$T_s = 0,02 D_u + 0,6$$

где D_u – эффективный диаметр под оболочкой в миллиметрах, вычисленный как описано в Приложении А.

Величина, вычисленная по этой формуле, должна быть округлена до 0,1 мм (см. Приложение С).

В случае кабелей без свинцовой оболочки номинальная толщина должна быть не менее 1,2 мм. В случае кабелей, в которых разделительная оболочка нанесена непосредственно поверх свинцовой оболочки, номинальная толщина должна быть не менее чем 1,0 мм.

13.3.4 Подслоя, выполненный внахлест под броней в кабелях со свинцовой оболочкой

Подслоя внахлест, наносимый на покрытую составом свинцовую оболочку, должен быть выполнен из полос пропитанной или покрытой специальным составом бумаги или из комбинации двух слоев лент пропитанной или покрытой специальным составом бумаги, и далее из одного или большего числа слоев покрытого специальным составом волокнистого материала.

Пропитка материала подслоя может выполняться битумными или другими защитными составами. В случае проволочной брони эти составы не должны наноситься непосредственно под проволокой.

Вместо пропитанных бумажных лент могут применяться синтетические ленты.

Полная толщина выполненного внахлест подслоя между свинцовой оболочкой и броней после нанесения брони должна быть примерно 1,5 мм.

13.4 Размеры бронепроволок и бронелент

Желательно, чтобы номинальные размеры бронепроволок и бронелент имели следующие значения:

Круглые проволоки:

диаметр 0,8 – 1,25 – 1,6 – 2,0 – 2,5 – 3,15 мм;

плоские проволоки:

толщина 0,8 мм;

стальные ленты:

толщина 0,2 – 0,5 – 0,8 мм;

ленты из алюминия или алюминиевого сплава:

толщина 0,5 – 0,8 мм.

13.5 Связь между диаметром кабеля и размером брони

Номинальный диаметр круглых бронепроволок и номинальная толщина бронелент должны быть не меньше величин, указанных в Таблицах 9 и 10 соответственно.

Таблица 9 – Номинальный диаметр круглой бронепроволоки

Эффективный диаметр под броней		Номинальный диаметр бронепроволоки мм
Свыше мм	До (включительно) мм	
–	10	0,8
10	15	1,25
15	25	1,6
25	35	2,0
35	60	2,5
60	–	3,15

Таблица 10 – Номинальная толщина бронелент

Эффективный диаметр под броней		Номинальная толщина ленты	
Более мм	До (включительно) мм	Сталь или оцинкованная сталь мм	Алюминий или алюминиевый сплав мм
–	30	0,2	0,5
30	70	0,5	0,5
70	–	0,8	0,8

В случае брони из плоской проволоки и эффективных диаметров под броней свыше 15 мм номинальная толщина плоского стального провода должна быть 0,8 мм. Кабели с эффективными диаметрами под броней вплоть до 15 мм не должны бронироваться плоской проволокой.

13.6 Броня из круглой или плоской бронепроволоки

Проволочная броня должна быть плотной, то есть иметь минимальные промежутки между смежными проволоками. Открытая спираль, состоящая из оцинкованной стальной ленты с номинальной толщиной не менее 0,3 мм, может наноситься, если это необходимо, поверх брони из плоской стальной проволоки и, в случае необходимости, поверх брони из круглой стальной проволоки. Допуски на стальной ленте должны соответствовать пункту 17.7.3.

13.7 Двойная ленточная броня

В случае, когда используются броня из ленты и внутреннее покрытие, выполненное согласно пункту 8.1, внутреннее покрытие должно быть усилено ленточным подслоем. Полная толщина внутреннего покрытия и дополнительного ленточного подслоя должна быть равна величине, указанной в пункте 8.1 плюс 0,5 мм, если толщина ленточной брони составляет 0,2 мм, и плюс 0,8 мм, если толщина ленточной брони превышает 0,2 мм.

Полная толщина внутреннего покрытия и дополнительного ленточного подслоя должна быть не менее 0,2 мм с допуском +20 %.

Если требуется применение разделительной оболочки, или если внутреннее покрытие получено экструзией и удовлетворяет требованиям, изложенным в пункте 13.3.3, то применения дополнительного ленточного подслоя не требуется.

Ленточная броня ленты должна наноситься по спирали в два слоя, так чтобы внешняя лента была центрирована примерно на зазоре внутренней ленты. Промежуток между смежными витками каждой ленты не должен превышать 50 % ширины ленты.

14 Наружная оболочка

14.1 Общие положения

Все кабели должны иметь наружную оболочку.

Наружная оболочка обычно имеет черный цвет, но цвет оболочки может и отличаться от черного по соглашению между изготовителем и потребителем, если такой цвет подходит для конкретных условий применения.

ПРИМЕЧАНИЕ Информация об испытании на устойчивость к ультрафиолету находится в разработке.

14.2 Материал

Наружная оболочка должна выполняться из термопластического состава (поливинилхлорид или полиэтилен) или эластомерного состава (многохлоропрен, хлорсульфатированный полиэтилен или подобные полимеры).

Материал, наносимый поверх наружной оболочки, должен соответствовать рабочей температуре согласно Таблице 4.

Химические добавки могут при необходимости применяться для специальных целей в наружных покрытиях, например для защиты от термитов, но они не должны содержать материалы, вредные для людей и/или окружающей среды.

ПРИМЕЧАНИЕ Примеры нежелательных материалов¹⁾ даны ниже:

- Альдрин: 1,2,3,4,10,10-гексахлор-1,4,4а,5,8,8а-гексагидро-1,4,5,8-диметаннафтален
- Диельдрин: 1,2,3,4,10,10-гексахлор-6,7-эпоксид-1,4,4а,5,6,7,8,8а-октагидро-1,4,5,8- диметаннафтален
- Линдан: Гамма изомер 1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексана.

14.3 Толщина

Если не определено иначе, номинальная толщина t_s , выраженная в миллиметрах, должна вычисляться по формуле

$$t_s = 0,035 D + 1,0$$

Здесь D - эффективный диаметр непосредственно под наружной оболочкой в миллиметрах (см. Приложение А).

Величина, вычисленная по этой формуле, должна быть округлена до 0,1 мм (см. Приложение С).

В случае небронированных кабелей и кабелей с наружным покрытием, не нанесенным непосредственно на броню, металлический экран или концентрическую токопроводящую жилу, номинальная толщина должна быть не менее 1,4 мм для одножильных кабелей и 1,8 мм для трехжильных кабелей.

В случае кабелей с наружным покрытием, нанесенным непосредственно поверх брони, металлического экрана или концентрической токопроводящей жилы, номинальная толщина должен быть не менее 1,8 мм.

15 Условия испытаний

15.1 Температура окружающей среды

Если не определено иначе в деталях к конкретному испытанию, испытания должны осуществляться при температуре окружающей среды (20 ± 15) °С.

15.2 Частота и форма испытательного напряжения промышленной частоты

Частота переменного испытательного напряжения должна быть в диапазоне 49 - 61 Гц. Форма волны должна быть синусоидальной. Указанные величины напряжений являются среднеквадратичными значениями.

15.3 Форма испытательных импульсов напряжения

В соответствии с IEC 60230, импульс должна иметь фронт 1 - 5 мс; время нарастания напряжения до половины амплитуды импульса должно быть 40 - 60 мс. Все другие параметры указаны в IEC 60060-1.

¹⁾ Источник: *Dangerous properties of industrial materials*, N.I. Sax, fifth edition, Van Nostrand Reinhold, ISBN 0-442-27373-8.

16 Контрольные испытания

16.1 Общие положения

Контрольные испытания обычно выполняются на каждой изготовленной бухте кабеля (см. пункт 3.2.1). Однако количество отрезков кабеля для испытаний может быть уменьшено, либо может быть использован альтернативный испытательный метод в соответствии с согласованной процедурой контроля качества.

Настоящий стандарт предусматривает следующие контрольные испытания:

- а) измерение электрического сопротивления проводников (см. пункт 16.2);
- б) испытание на разряд (см. пункт 16.3), производимое на кабелях с жилами, снабженными экраном проводника и экраном изоляции в соответствии с пунктами 7.1 and 7.2;
- в) испытание напряжением (см. пункт 16.4).

16.2 Электрическое сопротивление проводников

Измерения сопротивления проводника должны осуществляться на всех проводниках каждой бухты кабеля, подвергаемой контрольным испытаниям, включая concentрическую токопроводящую жилу.

Полная бухта кабеля, или отрезка кабеля, должна помещаться в испытательную комнату, в которой должна поддерживаться постоянная температура по меньшей мере в течение 12 часов перед испытанием. В случае наличия сомнения относительно того, равна ли температура проводника комнатной температуре, сопротивление кабеля должно измеряться после пребывания кабеля в испытательной комнате в течение 24 часов. Как вариант, сопротивление может быть измерено на образце проводника, находящемся не менее 1 часа в ванне с термостатирующей жидкостью.

Измеренная величина сопротивления должна приводиться к температуре 20 °C и 1-километровой длине по формулам и с использованием коэффициентов, данных в IEC 60228.

Сопротивление постоянному току каждого проводника при 20 °C не должно превышать максимальную величину, определенную в IEC 60228. Для concentрических токопроводящих жил сопротивление должно соответствовать национальным инструкциям и/или стандартам.

16.3 Испытание на разряд

Тест на разряд должен производиться в соответствии с публикацией IEC 60885-3, за исключением того, что чувствительность, как определено в IEC 60885-3, должна быть не менее 10 пФ.

В случае трехжильных кабелей испытание должно выполняться на всех изолированных жилах; при этом напряжение должно прикладываться между каждым проводником и экраном.

Испытательное напряжение должно увеличиваться постепенно до двукратного напряжения $2 U_0$ за время 10 с, а затем медленно уменьшаться до $1,73 U_0$.

Не должно наблюдаться ощутимого разряда свыше заявленной чувствительности при зарядении испытываемого объекта напряжением $1,73 U_0$.

ПРИМЕЧАНИЕ Любой замеченный разряд может иметь вредные последствия.

16.4 Испытание напряжением

16.4.1 Общие положения

Испытание напряжением должно проводиться при температуре окружающей среды с использованием переменного напряжения промышленной частоты.

16.4.2 Процедура испытания одножильных кабелей

В случае одножильных кабелей испытательное напряжение должно прилагаться в течение 5 минут между проводником и металлическим экраном.

16.4.3 Процедура испытания трехжильных кабелей

В случае трехжильных кабелей с индивидуально экранированными жилами испытательное напряжение должно прилагаться в течение 5 минут между каждым проводником и металлическим слоем.

В случае трехжильных кабелей с индивидуально экранированными жилами испытательное напряжение должно прилагаться в течение 5 минут по очереди между каждым изолированным проводником и всеми другими проводниками и общими металлическими слоями.

Трехжильные кабели могут испытываться одновременно при использовании трехфазного трансформатора.

16.4.4 Испытательное напряжение

Испытательное напряжение должно иметь величину $3,5 U_0$. Величины однофазного испытательного напряжения для стандартных номинальных напряжений даны в Таблице 11.

Таблица 11 – Напряжения для контрольных испытаний

Номинальное напряжение U_0 кВ	3,6	6	8,7	12	18
Испытательное напряжение кВ	12,5	21	30,5	42	63

Если, в случае трехжильных кабелей, испытание напряжением выполняется с использованием трехфазного трансформатора, то испытательное напряжение между фазами должно быть в 1,73 раза больше величин, указанных в таблице.

Во всех случаях испытательное напряжение должно постепенно увеличиваться до указанной величины.

16.4.5 Требования

Не должно наблюдаться пробоя изоляции.

17 Выборочные испытания

17.1 Общие положения

Настоящим стандартом предусмотрены следующие выборочные испытания:

- а) осмотр проводника (см. пункт 17.4);
- б) проверка размеров (см. пункты 17.5 - 17.8);
- в) испытание напряжением для кабелей на номинальное напряжение свыше 3,6/6 (7,2) кВ (см. пункт 17.9);
- г) испытание EPR, NEPR и XLPE изоляций и эластомерных оболочек на термоотверждаемость (см. пункт 17.10).

17.2 Частота выборочных испытаний

17.2.1 Испытание проводника и контроль размеров

Испытание проводника, измерение толщины изоляции и оболочки, а также измерение полного диаметра должны осуществляться на одной бухте из каждой серии изготовленных бухт того же самого типа с тем же номинальным сечением кабеля, но не менее чем на 10 % от полного числа бухт в любом контракте.

17.2.2 Электрические и физические испытания

Электрические и физические испытания должны выполняться на образцах, взятых от произведенных кабелей согласно согласованным процедурам контроля качества. При отсутствии такого соглашения, для тех контрактов, где полная длина превышает 2 км для трехжильных кабелей, или 4 км для одножильных кабелей, испытания должны осуществляться на основе Таблицы 12.

Таблица 12 – Число образцов для выборочных испытаний

Длина кабеля				Число образцов
Многожильные кабели		Одножильные кабели		
Более км	До (включая) км	Более км	До (включая) км	
2	10	4	20	1 2
10	20	20	40	3
20	30	40	60	
и так далее		и так далее		и так далее

17.3 Повторные испытания

В случае, если какой-нибудь образец не прошел испытание в любом из испытаний, описанных в Разделе 17, два других образца должны быть взяты от той же самой партии и подвергнуты тому же самому испытанию/испытаниям, которые не прошел первоначальный образец. В случае, если оба дополнительных образца прошли испытания, то все кабели в партии, от которой они были взяты, могут быть признаны отвечающим требованиям стандарта. Если любой из дополнительных образцов не прошел испытания, то партия, от которой они были взяты, должна считаться не удовлетворяющей требованиям стандарта.

17.4 Испытание проводников

Соответствие с требованиями для конструкции проводника согласно IEC 60228 должно быть проверено осмотром, а также, по возможности, измерением.

17.5 Измерение толщины изоляции и толщины неметаллических оболочек (в том числе экструдированных разделительных оболочек, но не экструдированных внутренних покрытий)

17.5.1 Общие положения

Испытательный метод должен соответствовать описанному в Разделе 8 публикации IEC 60811-1-1.

Каждая бухта кабеля, отобранная для теста, должна быть представлена отрезком кабеля, взятым с одного конца после отрезания, в случае необходимости, любой части, которая, возможно, перенесла повреждение.

17.5.2 Требования к изоляции

Для каждой отрезка жилы наименьшая измеренная величина не должна быть меньше, чем 90 % номинальной ценности более чем на 0,1 мм, то есть:

$$t_{\min} \geq 0,9 t_n - 0,1$$

и, кроме того,

$$(t_{\max} - t_{\min}) / t_{\max} \leq 0,15$$

Здесь

t_{\max} – максимальная толщина в миллиметрах;

t_{\min} – минимальная толщина в миллиметрах;

t_n – номинальная толщина в миллиметрах.

ПРИМЕЧАНИЕ Толщины t_{\max} и t_{\min} измеряются в одном и том же сечении.

17.5.3 Требования к неметаллическим оболочкам

Отрезок оболочки должен удовлетворять следующим требованиям:

- а) для небронированных кабелей и кабелей с наружным покрытием, не наносимым непосредственно на броню, металлический экран или на концентрическую токопроводящую жилу, наименьшая измеренная величина не должна быть меньше 85 % от номинальной величины более чем на 0,1 мм, то есть:

$$t_{\min} \geq 0,85 t_n - 0,1$$

- б) для наружного покрытия, наносимого непосредственно на броню, металлический экран, или на концентрическую токопроводящую жилу, а также для разделительной оболочки, наименьшая измеренная величина не должна быть меньше 80 % от номинальной величины более чем на 0,2 мм, то есть:

$$t_{\min} \geq 0,8 t_n - 0,2$$

17.6 Измерение толщины свинцовой оболочки

Минимальная толщина свинцовых оболочек должна быть определена, на усмотрение изготовителя, с использованием одного из следующих методов; она не должна становиться менее 95 % от номинальной толщины более чем на 0,1 мм, то есть:

$$t_{\min} \geq 0,95 t_n - 0,1$$

ПРИМЕЧАНИЕ Методы измерения толщины других видов металлических оболочек находятся на рассмотрении.

17.6.1 Метод со снятием оболочки

Измерение должно осуществляться при помощи микрометра с плоскими щечками от 4 до 8 мм в диаметре с точностью $\pm 0,01$ мм.

Измерение должно выполняться на пробном отрезке оболочки длиной примерно 50 мм, отрезанной от цельного кабеля. Отрезок должен быть расщеплен продольным разрезом и тщательно распрямлен. После очистки пробного отрезка вдоль окружности оболочки должно быть сделано достаточное количество измерений не ближе чем 10 мм от края распрямленной оболочки, так, чтобы можно было гарантировать, что измеряется минимальная толщина.

17.6.2 Метод кольца

Измерения должны производиться при помощи микрометра с одной плоской, а другой - шаровой щечкой, либо микрометром и одной плоской, а другой - прямоугольной щечкой шириной 0,8 мм и длиной 2,4 мм. Шаровая или плоская прямоугольная щечка должны быть приставлены к внутренней части кольца. Точность микрометра должна быть $\pm 0,01$ мм.

Измерения должны производиться на кольце обложки, тщательно отрезанного от образца. Толщина должна быть измерена в достаточном количестве точек по окружности кольца для того, чтобы гарантировать, что получено минимальное значение.

17.7 Измерение бронепроволок и бронелент

17.7.1 Измерение проволок

Диаметр круглых проволок и толщина плоских проволок должны измеряться с помощью микрометра, имеющего две плоских щечки, с точностью $\pm 0,01$ мм. Для круглых проволок два измерения должны быть сделаны под прямым углом друг к другу в одном и том же положении; за диаметр должна приниматься средняя величина.

17.7.2 Измерение лент

Измерения должны производиться с использованием микрометра, имеющего две плоские измерительные щечки приблизительно 5 мм в диаметре, с точностью $\pm 0,01$ мм. Для лент с шириной до 40 мм толщина должна измеряться в середине полоски. В случае более широких лент измерения следует проводить на расстоянии 20 мм из каждого края ленты; в качестве толщины должно приниматься среднее измеренное значение.

17.7.3 Требования

Измеренные размеры бронепроволок и бронелент не должны быть меньше, чем значения, указанные в пункте 13.5, более чем на

- 5 % для круглых проволок;
- 8 % для плоских проволок;
- 10 % для лент.

17.8 Измерение внешнего диаметра

Если измерение внешнего диаметра кабеля производится в ходе выборочного испытания, то такое измерение должно выполняться в соответствии с Разделом 8 IEC 60811-1-1.

17.9 Испытание напряжением в течение 4 часов

Эти испытания производятся только в случае кабелей на номинальное напряжение свыше 3,6/6 (7,2) кВ.

17.9.1 Выбор образца

Образцом должен являться отрезок цельного кабеля длиной не менее 5 метров между измерительными зажимами.

17.9.2 Процедура

Напряжение промышленной частоты должно прикладываться при температуре окружающей среды в течение 4 часов между каждым приводником и металлическим слоем/слоями.

17.9.3 Испытательные напряжения

Испытания должны производиться четырехкратным напряжением $4 U_0$. Испытательные напряжения для стандартных номинальных напряжений кабеля даны в Таблице 13.

Таблица 13 – Испытательные напряжения для отрезков кабеля

Номинальное напряжение U_0 кВ	6	8,7	12	18
Испытательное напряжение кВ	24	35	48	72

Испытательное напряжение должно увеличиваться плавно до необходимого значения, и затем поддерживаться равным ему в течение 4 часов.

17.9.4 Требования

Не должно происходить пробоя изоляции.

17.10 Испытания изоляций из EPR, NEPR и XLPE, а также эластомерных оболочек на термоотверждаемость

17.10.1 Процедура

Выбор образца и процедура испытания должны осуществляться в соответствии с Разделом 9 IEC 60811-2-1 при использовании условий, указанных в Таблицах 19 и 23.

17.10.2 Требования

Результаты испытаний должны соответствовать требованиям, указанным в Таблице 19 для EPR, NEPR и XLPE изоляций, и в Таблице 23 для SE₁ оболочек.

18 Типовые испытания, электрические

В случае, если типовые испытания были успешно выполнены на типе кабеля, соответствующего данному стандарту, с определенной площадью поперечного сечения и номинальным напряжением, типовое подтверждение годности может быть принято в отношении кабелей того же типа с другим поперечным сечением проводника и/или номинальным напряжением, если выполнены следующие три условия:

- а) в кабелях использованы одинаковые материалы изоляции и полупроводящих экранов, и кабели изготовлены по одной и той же технологии;
- б) площадь поперечного сечения проводника не больше, чем таковая у испытанного кабеля; исключением является случай, когда поперечное сечение испытанного кабеля составляет от 95 мм² до 630 мм² включительно; при этом годными могут быть приняты кабели с площадью поперечного сечения 630 мм² включительно;
- в) номинальное напряжение не превышает таковое для испытанного кабеля.

Заключение о годности может быть принято независимо от типа материала проводника.

18.1 Кабели, имеющие экран проводника и экран изоляции

Образец цельного кабеля длиной от 10 до 15 м должен подвергаться испытаниям, перечисленным в пункте 18.1.1.

За исключением условий, описанных в пункте 18.1.2, все испытания, перечисленные в пункте 18.1.1, должны проводиться последовательно на одном и том же образце.

В случае трехжильного кабеля, каждое испытание или измерение должно осуществляться на всех жилах.

Измерение сопротивления полупроводящих экранов, описанное в пункте 18.1.9, должно производиться на отдельном образце.

18.1.1 Последовательность испытаний

Нормальная последовательность испытаний - следующая:

- а) испытание на изгиб с последующим испытанием на частичный разряд (см. пункты 18.1.3 и 18.1.4);
- б) измерение тангенса δ (см. пункты 18.1.2 и 18.1.5);
- в) термоциклирование с последующим испытанием на разряд (см. пункт 18.1.6);
- г) импульсные испытания с последующим испытанием напряжением (см. пункт 18.1.7);
- д) испытание напряжением в течение 4 часов (см. пункт 18.1.8).

18.1.2 Специальные условия

Измерение тангенса δ может производиться на другом образце, а не на том, который использовался для проведения нормальной последовательности испытаний, перечисленных в пункте 18.1.1.

Измерение тангенса δ не является необходимым для кабелей на номинальное напряжение менее 6/10 (12) кВ.

Новый образец может быть использован для проведения испытания д) при условии, что этот образец ранее прошел испытания а) и в), перечисленные в пункте 18.1.1.

18.1.3 Испытание на изгиб

Образец следует изгибать на испытательном цилиндре (например, на втулке или барабане) при температуре окружающей среды с выполнением одного полного оборота. Затем следует снять кабель и повторить процедуру с изгибом образца в противоположную сторону (без вращения вокруг оси).

Эти манипуляции должны быть повторены три раза.

Диаметр испытательного цилиндра должен быть равен

- для кабелей в свинцовой оболочке и с металлической фольгой внахлест в продольном направлении:

- $25 (d + D) \pm 5 \%$ для одножильных кабелей;
- $20 (d + D) \pm 5 \%$ для трехжильных кабелей;
- для других кабелей:
 - $20 (d + D) \pm 5 \%$ для одножильных кабелей;
 - $15 (d + D) \pm 5 \%$ для трехжильных кабелей.

Здесь

D - фактический внешний диаметр отрезка кабеля в миллиметрах, измеренный согласно пункту 17.8;

d - фактический диаметр проводника в миллиметрах.

В случае, если геометрия проводника отличается от цилиндрической:

$$d = 1,13 \ S$$

Здесь S – номинальное сечение в квадратных миллиметрах.

По завершению этого теста образец кабеля должен быть подвергнут тесту на разряд; при этом он должен удовлетворять требованиям, изложенным в пункте 18.1.4.

18.1.4 Испытания на разряд

Испытания на частичный разряд должны производиться в соответствии с IEC 60885-3, с чувствительностью 5 пФ и выше.

Испытательное напряжение должно быть плавно увеличено до двукратного напряжения $2 U_0$ в течение 10 секунд, и затем медленно уменьшено до $1,73 U_0$.

Не должно ощущаться заметного разряда свыше обозначенной чувствительности от заряда, соответствующему напряжению $1,73 U_0$.

ПРИМЕЧАНИЕ Любой замеченный разряд может иметь вредные последствия.

18.1.5 Измерение тангенса δ для кабелей на номинальное напряжение 6/10 (12) кВ и выше

Образец цельного кабеля должен быть подвергнут нагреванию с использованием одного из следующих методов: образец помещается в жидкость или в печь, или через него пропускается греющий ток (через металлический экран, через проводник, или через то и другое).

Образец должен нагреваться, пока температура проводника не достигает значения, превышающего на 5-10 °С максимальную температуру проводника при нормальных условиях эксплуатации кабеля.

При любом методе нагрева температура проводника должна быть определена либо измерением сопротивления проводника, либо подходящим измерительным средством для контроля температуры в резервуаре жидкости или в печи, или на поверхности экрана или на идентично нагретом кабеле сравнения.

Тангенс δ должен измеряться на переменном напряжении не менее 2 кВ при указанной выше температуре.

Измеренные величины не должны превышать значений, указанных в Таблице 15.

18.1.6 Термоциклирование

Образцы, которые прошли предыдущие испытания, следует положить на пол в помещении для испытаний и нагреть их пропусканием тока через проводник, пока температура проводника не повысится до значения, на 5 - 10 °С превышающего максимальную температуру проводника при нормальных условиях эксплуатации кабеля.

В случае трехжильных кабелей греющий ток должен пропускаться через все проводники.

Продолжительность цикла нагревания должна быть не менее 8-ми часов. Температура проводника должна поддерживаться в заданных пределах не менее 2-ух часов в каждом цикле нагрева. Затем должен следовать период 3-часового естественного охлаждения на воздухе до тех пор, пока с точностью 10 К не будет достигнута температура окружающей среды.

Этот цикл следует повторить 20 раз.

После последнего цикла образец следует подвергнуть испытанию на разряд в соответствии с требованиями, изложенными в пункте 18.1.4.

18.1.7 Импульсные испытания с последующим испытанием напряжением

Это испытание должно проводиться на образце с температурой проводника, на 5 - 10 °С превышающей максимальную температуру проводника в нормальных условиях эксплуатации кабеля.

Импульсное напряжение должно прикладываться в соответствии с процедурой, описанной в публикации IEC 60230; значения напряжения указано в Таблице 14.

Таблица 14 – Импульсные напряжения

Номинальное напряжение $U_0/U (U_m)$ кВ 3,6/6 (7,2)	6/10 (12)	8,7/15 (17,5)	12/20 (24)	18/30 (36)
Испытательное напряжение (пиковое значение) кВ 60	75	95	125	170

Каждая жила кабеля должна выдержать без пробоя 10 положительных и 10 отрицательных импульсов.

После импульсного испытания каждая жила отрезка кабеля должна быть подвергнута испытанием напряжением промышленной частоты при температуре окружающей среды в течение 15 минут. Испытательное напряжение указано в Таблице 11. Не должно наблюдаться пробоя изоляции кабеля.

18.1.8 Испытание напряжением в течение 4 часов

Это испытание должно проводиться при температуре окружающей среды. Напряжение промышленной частоты должно прикладываться к образцу в течение 4 часов между проводником/проводниками и экраном/экранами.

Испытательное напряжение должно быть равным четырехкратному напряжению $4 U_0$. Оно должно постепенно нарастать до требуемой величины. Не должно наблюдаться пробоя изоляции кабеля.

18.1.9 Сопротивление полупроводящих экранов

Сопротивление экструдированных полупроводящих экранов, наносимых поверх проводника и поверх изоляции, должно быть измерено на опытных образцах, отрезанных от жилы образца цельного кабеля и от образца кабеля, который ранее подвергался старению для проверки совместимости материалов компонент согласно пункту 19.5.

18.1.9.1 Процедура

Процедура испытания должна соответствовать Приложению D.

Измерения должны проводиться при температуре, отличающейся от максимальной температуры проводника в нормальных условиях эксплуатации кабеля на ± 2 °С.

18.1.9.2 Требования

Сопротивление до и после процедуры старения кабеля не должно превышать следующих значений:

- экран проводника: 1 000 Ом·м ,
- экран изоляции: 500 Ом·м .

18.2 Кабели на номинальное напряжение 3,6/6 (7,2) кВ с неэкранированной изоляцией

Каждая жила образца цельного кабеля длиной 10 - 15 метров должна быть последовательно подвергнута следующим испытаниям:

- а) измерение сопротивления изоляции при температуре окружающей среды (см. пункт 18.2.1);
- б) измерение сопротивления изоляции при максимальной температуре проводника при нормальной эксплуатации (см. пункт 18.2.2);
- в) испытание напряжением в течение 4 часов (см. пункт 18.2.3).

Кабели также должны быть подвергнуты испытанию импульсным напряжением с использованием отдельного образца цельного кабеля длиной 10 - 15 метров (см. пункт 18.2.4).

18.2.1 Измерение сопротивления изоляции при температуре окружающей среды

18.2.1.1 Процедура

Это испытание должно проводиться на отрезке кабеля раньше других электрических испытаний.

Все внешние покрытия должны быть удалены; жилы должны быть погружены в воду при температуре окружающей среды, и находиться там перед испытанием не менее часа.

Постоянное испытательное напряжение должно находиться в пределах от 80 до 500 В; оно должно быть приложено на время, достаточное для проведения измерений, но не менее одной минуты и не более пяти минут.

Измерение должно осуществляться между каждым проводником и водой.

Если это необходимо, измерение может быть повторно проведено при температуре $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

18.2.1.2 Вычисления

Объемное сопротивление следует вычислять из измеренного сопротивления изоляции по формуле:

$$\rho = \frac{2 \times \pi \times l \times R}{\ln \frac{D}{d}}$$

Здесь

ρ - объемное сопротивление в Омах на сантиметр;

R - измеренное сопротивление изоляции в омах;

l - длина кабеля в сантиметрах;

D - внешний диаметр изоляции в миллиметрах;

d - внутренний диаметр изоляции в миллиметрах.

Также может быть вычислена константа сопротивления изоляции K_i , имеющая размерность:

$$K_i = \frac{l \times R \times 10^{-11}}{\lg \frac{D}{d}} = 10^{-11} \times 0,367 \times \rho$$

ПРИМЕЧАНИЕ Для жил профилированных проводников под отношением D/d следует понимать отношение периметра изоляции к периметру проводника.

18.2.1.3 Требования

Значения, вычисленные с использованием измеренных величин, не должны быть меньше указанных в Таблице 15.

18.2.2 Измерение сопротивления изоляции при максимальной температуре проводника

18.2.2.1 Процедура

Жилы образца кабеля перед испытанием должны погружаться в воду с температурой, равной, с точностью ± 2 °C, максимальной температуре проводника при нормальных условиях эксплуатации кабеля по меньшей мере на время 1 час.

Постоянное испытательное напряжение должно находиться в пределах от 80 до 500 В; оно должно быть приложено на время, достаточное для проведения измерений, но не менее одной минуты и не более пяти минут.

Измерение должно производиться между каждым проводником и водой.

18.2.2.2 Вычисления

Объемное сопротивление и/или константа сопротивления изоляции должны вычисляться из сопротивления изоляции по формулам, приведенным в пункте 18.2.1.2.

18.2.2.3 Требования

Значения, вычисленные с использованием измеренных величин, не должны быть меньше указанных в Таблице 15.

18.2.3 Испытание напряжением в течение 4 часов

18.2.3.1 Процедура

Жилы образца кабеля должны погружаться в воду с температурой окружающей среды на время не менее одного часа.

Напряжение промышленной частоты, равное четырехкратному напряжению $4 U_0$, должно возрасти постепенно и поддерживаться постоянным в течение четырех часов между каждым проводником и водой.

18.2.3.2 Требования

Не должно наблюдаться пробоя изоляции.

18.2.4 Импульсные испытания

18.2.4.1 Процедура

Это испытание должно осуществляться на образце с температурой проводника, на 5 - 10 °C превышающую максимальную температуру проводника при нормальных условиях эксплуатации кабеля.

Импульсное напряжение должно прикладываться в соответствии с процедурой, описанной в публикации IEC 60230; амплитуда напряжения должна быть 60 кВ.

Каждая серия импульсов должна прикладываться между каждым фазным проводником и другими соединенными вместе заземленными проводниками.

18.2.4.2 Требования

Каждая жила кабеля должна выдержать без пробоя 10 положительных и 10 отрицательных импульсов.

19 Типовые испытания, неэлектрические

Неэлектрические типовые испытания, предусмотренные данным стандартом, указаны в Таблице 16.

19.1 Измерение толщины изоляции

19.1.1 Выбор образцов

От каждой изолированной жилы кабеля должен быть взят один образец.

19.1.2 Процедура

Измерения проводятся как описано в Разделе 8.1 публикации IEC 60811-1-1.

19.1.3 Требования

См. пункт 17.5.2.

19.2 Измерение толщины изоляции и неметаллических оболочек (в том числе экструдированных разделительных оболочек, но не внутренних покрытий)

19.2.1 Выбор образцов

Должен быть выбран один отрезок кабеля.

19.2.2 Процедура

Измерения проводятся как описано в пункте 8.2 публикации IEC 60811-1-1.

19.2.3 Требования

См. пункт 17.5.3.

19.3 Механические испытания изоляции до и после старения

19.3.1 Выбор образцов

Выбор образцов и подготовка опытных отрезков проводятся как описано в пункте 9.1 публикации IEC 60811-1-1.

19.3.2 Старение

Обработки для старения проводятся как описано в пункте 8.1 публикации IEC 60811-1-2 в условиях, указанных в Таблице 17.

19.3.3 Предварительная подготовка и механические испытания

Предварительная подготовка и измерение механических характеристик проводятся как описано в пункте 9.1 публикации IEC 60811-1-1.

19.3.4 Требования

Результаты испытаний для исходных и состаренных обытных отрезков кабеля должны соответствовать требованиям, указанным в Таблице 17.

19.4 Механические испытания неметаллических оболочек до и после старения

19.4.1 Выбор образцов

Выбор образцов и приготовление опытных отрезков кабеля проводятся как описано в пункте 9.2 публикации IEC 60811-1-1.

19.4.2 Старение

Обработки для старения проводятся как описано в пункте 8.1 публикации IEC 60811-1-2 при условиях, указанных в Таблице 20.

19.4.3 Предварительная подготовка и механические испытания

Предварительная подготовка образцов и измерение их механических характеристик проводятся как описано в пункте 9.2 публикации IEC 60811-1-1.

19.4.4 Требования

Результаты испытаний на исходных и состаренных опытных образцах должны удовлетворять требованиям, указанным в Таблице 20.

19.5 Дополнительные испытания на старение кусков цельного кабеля

19.5.1 Общие положения

Это испытание проводится для того, чтобы проверить, что изоляция и неметаллическая оболочка не портятся в условиях эксплуатации при нахождении в контакте с другими компонентами кабеля.

Испытание проводится на кабелях всех типов.

19.5.2 Выбор образцов

Образцы берутся от цельного куска кабеля как описано в пункте 8.1.4 публикации IEC 60811-1-2.

19.5.3 Старение

Обработка для старения отрезков кабеля производится в воздушной печи как описано в пункте 8.1.4 публикации IEC 60811-1-2 при следующих условиях:

- температура: на (10 ± 2) °C выше максимальной температуры проводника кабеля в нормальных условиях эксплуатации кабеля (см. Таблице 17);
- продолжительность: 7 x 24 часов.

19.5.4 Механические испытания

Опытные отрезки изоляции и наружной оболочки, взятые из состаренных отрезков кабеля, должны быть приготовлены и подвергнуты механическим испытаниям как описано в пункте 8.1.4 публикации IEC 60811-1-2.

19.5.5 Требования

Различия между срединными значениями предела прочности на разрыв и удлинения при разрыве после старения и соответствующими величинами, полученными без старения (см. пункты 19.3 и 19.4), не должны превышать величин, относящихся к испытанию после старения кабеля в воздушной печи и указанных в Таблице 17 для изоляции и в Таблице 20 для неметаллических оболочек.

19.6 Испытания на потерю веса PVC оболочек типа ST₂

19.6.1 Процедура

Процедура отбора образцов и испытаний должна осуществляться в соответствии с пунктом 8.2 публикации IEC 60811-3-2.

19.6.2 Требования

Результаты испытаний должны удовлетворять требованиям, обозначенным в Таблице 21.

19.7 Испытание изоляции и неметаллических оболочек давлением при высокой температуре

19.7.1 Процедура

Испытание давлением при высокой температуре должно проводиться в соответствии с Разделом 8 публикации IEC 60811-3-1, с использованием условий для испытаний, указанных в описании методики испытаний и в Таблицах 18, 21, и 22.

19.7.2 Требования

Результаты испытаний должны удовлетворять требованиям, указанным в Разделе 8 публикации IEC 60811-3-1.

19.8 Низкотемпературные испытания PVC изоляции и оболочек

19.8.1 Процедура

Процедура отбора образцов и испытаний должна осуществляться в соответствии с Разделом 8 публикации IEC 60811-1-4, с использованием условий для испытаний, указанных в Таблицах 18 и 21.

19.8.2 Требования

Результаты испытаний должны удовлетворять требованиям, приведенным в Разделе 8 публикации IEC 60811-1-4.

19.9 Испытание PVC изоляции и оболочек на стойкость к трещинообразованию (испытание термоударом)

19.9.1 Процедура

Процедура отбора образцов и испытаний должна осуществляться в соответствии с Разделом 9 публикации IEC 60811-3-1; при этом температура и продолжительность указаны в Таблицах 18 и 21.

19.9.2 Требования

Результаты испытаний должны удовлетворять требованиям, приведенным в Разделе 9 публикации IEC 60811-3-1.

19.10 Испытание EPR и HEPR изоляции на устойчивость к действию озона

19.10.1 Процедура

Отбор образцов и испытание должны осуществляться в соответствии с Разделом 8 публикации IEC 60811-2-1. Концентрация озона и продолжительность испытания указаны в Таблице 19.

19.10.2 Требования

Результаты испытаний должны удовлетворять требованиям, приведенным в Разделе 8 публикации IEC 60811-2-1.

19.11 Испытание изоляций из EPR, HEPR и XLPE, а также эластомерных оболочек на термоотверждаемость

Отбор образцов и испытание должны осуществляться в соответствии с пунктом 17.10, включая соответствующие требования.

19.12 Испытания эластомерных оболочек методом погружения в масло

19.12.1 Процедура

Отбора образцов и испытание должны соответствовать описанному в Разделе 10 публикации IEC 60811-2-1, и осуществляться при условиях, указанных в Таблице 23.

19.12.2 Требования

Результаты испытаний должны удовлетворять требованиям, приведенным в Таблице 23.

19.13 Испытание изоляции на поглощение влаги

19.13.1 Процедура

Отбор образцов и испытание должны соответствовать описанному в пунктах 9.1 и 9.2 публикации IEC 60811-1-3, и осуществляться при условиях, указанных в Таблицах 18 или 19 соответственно.

19.13.2 Требования

Результаты испытаний должны удовлетворять требованиям, приведенным в Таблицах 18 и 19.

19.14 Испытание одиночных кабелей на распространение пламени

Это испытание проводится только на кабелях, имеющих оболочки, изготовленные из составов ST₁, ST₂ и SE1; на таких кабелях оно должно производиться в тех случаях, когда оно является необходимым.

Методика испытания и требования обозначены в публикации IEC 60332-1-2.

19.15 Измерение содержания сажи в черных полиэтиленовых наружных оболочках

19.15.1 Процедура

Отбор образцов и испытание осуществляются в соответствии с Разделом 11 публикации IEC 60811-4-1.

19.15.2 Требования

Результаты испытаний должны удовлетворять требованиям, указанным в Таблице 22.

19.16 Испытание XLPE изоляции на усадку

19.16.1 Процедура

Отбор образцов и испытания должны проводиться в соответствии с Разделом 10 публикации IEC 60811-1-3 при условиях, указанных в Таблице 19.

19.16.2 Требования

Результаты испытаний должны удовлетворять требованиям, указанным в Таблице 19.

19.17 Испытание PVC изоляции на термостабильность

19.17.1 Процедура

Отбор образцов и испытание должны осуществляться в соответствии с Разделом 9 публикации IEC 60811-3-2 при условиях, указанных в Таблице 18.

19.17.2 Требования

Результаты испытаний должны удовлетворять требованиям, приведенным в Таблице 18.

19.18 Опредеение твердости NEPR изоляции

19.18.1 Процедура

Отбор образцов и испытание должны осуществляться в соответствии с Приложением E.

19.18.2 Требования

Результаты испытаний должны удовлетворять требованиям, обозначенным в Таблице 19.

19.19 Определение модуля упругости NEPR изоляции

19.19.1 Процедура

Выбор образцов, подготовка опытных отрезков изоляции и испытание должны осуществляться в соответствии с Разделом 9 публикации IEC 60811-1-1.

Должны быть измерены нагрузки, требуемые для 150%-ого удлинения. Соответствующие напряжения должны быть вычислены делением измеренных нагрузок на площадь поперечного сечения нерастянутых образцов. Отношения полученных напряжений к деформациям дают упругие модули при 150%-ом удлинении.

Модуль упругости должен быть охарактеризован срединной величиной.

19.19.2 Требования

Результаты испытаний должны удовлетворять требованиям, обозначенным в Таблице 19.

19.20 Испытание наружной PE оболочки на усадку

19.20.1 Процедура

Отбор образцов и испытание должны осуществляться в соответствии с Разделом 11 публикации IEC 60811-1-3 при условиях, указанных в Таблице 22.

19.20.2 Требования

Результаты испытаний должны удовлетворять требованиям, указанным в Таблице 22.

19.21 Испытание кабеля на возможность удаления экрана изоляции

Это испытание должно проводиться, если изготовитель утверждает, что экструдированный полупроводящий экран изоляции является удаляемым.

19.21.1 Процедура

Испытание должно проводиться три раза на исходных и состаренных образцах с использованием или трех отдельных отрезков кабеля или в трех положениях по окружности одного отрезка кабеля, разнесенных примерно на угол 120 °.

Отрезки жил длиной не менее 250 мм должны быть взяты от кабеля, на котором предполагается проводить испытание, до и после обработки для старения кабеля согласно пункту 19.5.3.

Должны быть сделаны два разреза в экструдированном полупроводящем экране изоляции каждого образца в продольном направлении с конца кабеля. Глубина разрезов должна быть такой, чтобы разрез достигал изоляции. Разрезы должны располагаться на расстоянии (10 ± 1) мм друг от друга и быть параллельными друг другу.

После отделения от жилы приблизительно 50 мм длины 10-миллиметровой полоски путем натягивания ее в направлении параллельно жиле (угол обдирки приблизительно 180°), жила должна устанавливаться вертикально в устройстве для испытаний на растяжение с одним концом жилы зажатом в одном зажиме и с 10-миллиметровой полоской – в другом.

Сила, необходимая для отделения 10-миллиметровой полоски от изоляции на длину не менее 100 мм должна быть измерена под углом обдирки приблизительно 180° на скорости натяжения (250 ± 50) мм/мин.

Тест должен выполняться при температуре (20 ± 5) °С.

Должна осуществляться непрерывная запись силы, необходимой для отделения изоляции исходных и состаренных образцов.

19.21.2 Требования

Сила, необходимая для отделения экструдированного полупроводящего экрана от изоляции, должна быть не менее 4 Н, но не более 45 Н, как до, так и после старения.

Поверхность изоляция не должна быть повреждена, и никаких следов полупроводящего экрана не должно оставаться на изоляции.

19.22 Испытание кабеля на проникновение влаги

Испытанию на проникновение влаги должны подвергаться те кабели, в конструкции которых, по утверждению изготовителя, предусмотрены барьеры для продольного проникновения влаги. Процедура испытания разработана таким образом, чтобы отвечать требованиям для кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте, и не предназначена к проведению на кабелях подводной прокладки.

Испытание может быть осуществлено на кабелях следующих типов:

- а) с барьером, предусмотренном для исключения проникновения влаги в продольном направлении в области металлических слоев;
 - б) с барьером, предусмотренном для исключения проникновения влаги вдоль проводника.
- Отбор образцов и процедура испытания должны соответствовать описанным в Приложении F.

20 Электрические испытания после монтажа

Испытания после монтажа производятся после окончания монтажа кабеля и арматуры.

Рекомендуется проводить испытание наружной оболочки постоянным напряжением согласно пункту 20.1, а также, если это необходимо, испытание изоляции согласно пункту 20.2. Для установок, в которых проводится только испытание наружной оболочки согласно пункту 20.1, во время установки арматуры процедура проверки качества по соглашению между покупателем и подрядчиком может быть заменена испытанием изоляции.

20.1 Испытание наружной оболочки постоянным напряжением

Напряжение с уровнем и продолжительностью, определенными в Разделе 5 публикации IEC 60229, должно прикладываться между каждой металлической оболочкой или металлическим экраном и землей.

Для того, чтобы испытание было эффективным, необходимо, чтобы имелся хороший контакт между землей и всей внешней поверхностью наружной оболочки. Здесь может оказаться полезным проводящий слой, выполненный на наружной оболочке.

20.2 Испытание изоляции

20.2.1 Испытание переменным напряжением

По соглашению между покупателем и подрядчиком может производиться испытание переменным напряжением промышленной частоты в соответствии с пунктами а) или б), данными ниже:

а) испытание в течение 5 минут межфазным напряжением в системе, прикладываемым между проводником и металлическим экраном/оболочкой;

б) испытание в течение 24 часов нормальным рабочим напряжением в системе.

20.2.2 Испытание постоянным напряжением

Как альтернатива испытанию переменным напряжением, может производиться испытание постоянным четырехкратным напряжением $4 U_0$ в течение 15 мин.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Испытание постоянным напряжением может привести к пробое изоляции системы. Другие испытательные методы находятся на рассмотрении.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для установок, которые уже находились в эксплуатации, могут использоваться более низкие напряжения и/или меньшие продолжительности испытаний. О величинах нужно договариваться, принимая во внимание время эксплуатации кабеля, тип окружающей среды, историю повреждений, а также цели, преследуемые при производстве испытаний.

Таблиц 15 – Требования для типовых испытаний изолирующих составов

Обозначение состава (см. пункт 4.2)		PVC/B	EPR/ HEPR	XLPE
Максимальная температура проводника в нормальных условиях эксплуатации (см. пункт 4.2)	°C	70	90	90
<i>Объемное сопротивление ρ *</i> – при 20 °C (см. Пункт 18.2.1) – при максимальной температуре проводника в нормальных условиях эксплуатации кабеля	Ом·см	10^{14}	–	–
	Ом·см	10^{11}	10^{12}	–
<i>Константа сопротивления изоляции K_i *</i> – при 20 °C (см. пункт 18.2.1) – при максимальной температуре проводника в нормальных условиях эксплуатации кабеля (см. пункт 18.2.2)	Мом·км	367	–	–
	Мом·км	0,37	3,67	–
Тангенс δ (см. пункт 18.1.5) – тангенс δ при максимальной температуре проводника в нормальных условиях эксплуатации кабеля плюс 5 - 10 °C, максимум	$\times 10^{-4}$	–	400	40
* Для неэкранированных кабелей согласно пунктам а) и б) статьи 7, номинальное напряжение 3,6/6 (7,2) кВ для изоляции из PVC, EPR, или HEPR.				

Таблица 16 – Неэлектрические типовые испытания

(см. Таблицы 17 - 23)

Составы (см. пункты 4.2 и 4.3)	Изоляция из				Оболочки				
	PVC/B	EPR	HEPR	XLPE	PVC		PE		SE ₁
					ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	
<i>Размеры</i>									
Измерения толщин	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Механические характеристики</i>									
(предел прочности на разрыв и удлинение при разрыве Без старения	x	x	x	x	x	x	x	x	x
После старения в воздушной печи	x	x	x	x	x	x	x	x	x
После старения отрезков цельного кабеля	x	x	x	x	x	x	x	x	x
После погружения в горячее масло	–	–	–	–	–	–	–	–	x
<i>Термопластичность</i>									
Испытание давлением при высокой температуре (инденторное воздействие)	x	–	–	–	x	x	–	x	–
Поведение при низких температурах	x	–	–	–	x	x	–	–	–
<i>Другие испытания</i>									
Потеря веса в воздушной печи	–	–	–	–	–	x	–	–	–
Испытание термоударом (на трещинообразование)	x	–	–	–	x	x	–	–	–
Испытание на устойчивость к действию озона	–	x	x	–	–	–	–	–	–
Испытание на термоотверждение	–	x	x	x	–	–	–	–	x
Испытание на распространение пламени (если необходимо)	–	–	–	–	x	x	–	–	x
Поглощение влаги	x	x	x	x	–	–	–	–	–
Термостабильность	x	–	–	–	–	–	–	–	–
Испытание на усадку	–	–	–	x	–	–	x	x	–
Содержание сажи *	–	–	–	–	–	–	x	x	–
Измерение твердости	–	–	x	–	–	–	–	–	–
Измерение модуля упругости	–	–	x	–	–	–	–	–	–
Испытание на возможность удаления экрана изоляции **									
Испытание на проникновение влаги ***									
ПРИМЕЧАНИЕ Знак x означает, что выполнение данных испытаний является необходимым.									
* Только для оболочек черного цвета.									
** Только для кабелей, в отношении которых изготовителем заявлена возможность удаления экрана изоляции.									
*** Только для кабелей, конструкция которых включает барьеры против продольного проникновения влаги.									

Таблица 17 – Требования для механическим испытаний изолирующих составов (до и после старения)

Состав (см. Пункт 4.2)		PVC/B	EPR	HEPR	XLPE
Максимальная температура проводника при нормальных условиях эксплуатации кабеля (см. пункт 4.2)	°C	70	90	90	90
<i>Без старения</i> (IEC 60811-1-1, 9.1)					
Прочность на разрыв, минимум	H/мм ²	12,5	4,2	8,5	12,5
Удлинение при разрыве, минимум	%	125	200	200	200
<i>После старения в воздушной печи</i> (IEC 60811-1-2, 8.1)					
После старения без проводника					
Обработка:					
– температура	°C	100	135	135	135
– допуск	°C	±2	±3	±3	±3
– продолжительность	часов	168	168	168	168
Прочность на разрыв:					
a) значение после старения, минимум	H/мм ²	12,5	-	-	-
b) изменение*, максимум	%	±25	±30	±30	±25
Удлинение при разрыве:					
a) значение после старения, минимум	%	125	-	-	-
b) изменение*, максимум	%	±25	±30	±30	±25
* Изменение: разница между средним значением, полученным после старения, и средним значением для исходного кабеля, выраженная в процентах по отношению к последней величине.					

Таблица 18 – Требования для испытаний некоторых характеристик PVC изоляторов

Изолирующий состав (см. пункты 4.2 и 4.3)		PVC/B
Использование PVC состава		Изоляция
<i>Испытание давлением при высокой температуре</i> (IEC 60811-3-1, Раздел 8)		
Температура (допуск ±2 °C)	°C	80
<i>Поведение при низкой температуре</i> * (IEC 60811-1-4, Раздел 8)		
Испытание, проводимое без предварительного старения:		
– испытание на холодный изгиб для диаметров <12,5 мм	°C	-5
– температура (допуск ±2 °C)		
Испытание на удлинение грузами при низкой температуре:		
– температура (допуск ±2 °C)	°C	-5
<i>Испытание термоударом</i> (IEC 60811-3-1, Раздел 9)		
Температура (допуск ±3 °C)	°C	150
Продолжительность	час	1
<i>Термостабильность</i> (IEC 60811-3-2, Раздел 9)		
Температура (допуск ±0,5 °C)	°C	200
Минимальное время	мин	100
<i>Поглощение влаги</i> (IEC 60811-1-3, 9.1)		
Электрический метод:		
Температура (допуск ±2 °C)	°C	70
Продолжительность	час	240
* В связи с конкретными климатическими условиями национальные стандарты могут предусматривать использование более низкой температуры.		

Таблица 19 – Требования для испытаний некоторых характеристик термоотверждаемых изолирующих составов

Состав (см. пункт 4.2)		EPR	HEPR	XLPE
<i>Устойчивость к действию озона</i> (IEC 60811-2-1, Раздел 8) Объемная концентрация озона	%	от 0,025 до 0,030	от 0,025 до 0,030	– –
Продолжительность испытания без образования трещин	час	24	24	
<i>Испытание на термоотверждаемость</i> (IEC 60811-2-1, Раздел 9) Обработка: – температура воздуха (допуск ± 3 °C) – время под нагрузкой – механическое напряжение Максимальное удлинение под нагрузкой Максимальное постоянное удлинение после охлаждения	°C мин Н/см ² % %	250 15 20 175 15	250 15 20 175 15	200 15 20 175 15
<i>Поглощение влаги</i> (IEC 60811-1-3, 9.2) Гравиметрический метод: Температура (допуск ± 2 °C) Продолжительность Максимальный прирост веса	°C час мг/см ²	85 336 5	85 336 5	85 336 1 *
<i>Испытание на усадку</i> (IEC 60811-1-3, Раздел 10) Расстояние L между отметками Температура (допуск ± 3 °C) Продолжительность Максимальная усадка	мм °C час %	– – – –	– – – –	200 130 1 4
<i>Измерение твердости</i> (см. Приложение E) IRHD **, минимум		–	80	–
<i>Измерение модуля упругости</i> (см. Пункт 19.19) Модуль при 150-процентном удлинении, минимум	Н/мм ²	–	4,5	–

* Прирост свыше 1 мг/см² находится на рассмотрении для составов XLPE с плотностью выше 1 г/см³.

** IRHD: Международный показатель твердости каучука.

Таблица 20 – Требования для механических испытаний изолирующих составов (до и после старения)

Состав (см. пункт 4.3)		ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	SE ₁
Максимальная температура проводника при нормальных условиях эксплуатации кабеля (см. пункт 4.3)	°C	80	90	80	90	85
<i>Без старения</i> (IEC 60811-1-1, 9.2) Прочность на разрыв, минимум Удлинение при разрыве, минимум	Н/мм ² %	12,5 150	12,5 150	10,0 300	12,5 300	10,0 300
<i>После старения в воздушной печи</i> (IEC 60811-1-2, 8.1) Обработка: – температура (допуск ± 2 °C) – продолжительность Прочность на разрыв: а) величина после старения, минимум б) изменение *, максимум Удлинение при разрыве: а) величина после старения, минимум б) изменение *, максимум	°C час Н/мм ² % % %	100 168 12,5 ± 25 150 ± 25	100 168 12,5 ± 25 150 ± 25	100 240 – – 300 –	110 240 – – 300 –	100 168 – ± 30 250 ± 40

* Изменение: разница между средним значением, полученным после старения, и средним значением для исходного кабеля, выраженная в процентах по отношению к последней величине.

Таблица 21 – Требования для испытаний некоторых характеристик PVC составов для оболочек

Состав (см. пункты 4.2 и 4.3)		ST ₁	ST ₂
Использование PVC состава		Оболочка	
<i>Потеря веса в воздушной печи</i> (IEC 60811-3-2, 8.2) Обработка: – температура (допуск ±2 °C) – продолжительность Максимальная потеря веса	°C час мг/см ²	– – –	100 168 1,5
<i>Испытание давлением при повышенной температуре</i> (IEC 60811-3-1, Раздел 8) Температура (допуск ±2 °C)	°C	80	90
<i>Поведение при низкой температуре</i> * (IEC 60811-1-4, Раздел 8) Испытания, осуществляемые без предварительного старения образцов: – испытание на холодный изгиб для диаметров <12,5 мм – температура (допуск ±2 °C) Холодное удлинение под действием грузов: – температура (допуск ±2 °C) Ударное испытание в холодном состоянии: – температура (допуск ±2 °C)	°C °C °C	–15 –15 –15	–15 –15 –15
<i>Испытание термоударом</i> (IEC 60811-3-1, Раздел 9) Температура (допуск ±3 °C) Продолжительность	°C час	150 1	150 1
* В связи с конкретными климатическими условиями национальные стандарты могут предусматривать использование более низкой температуры.			

Таблица 22 – Требования для испытаний некоторых характеристик составов для оболочек из термопластичного полиэтилена (PE)

Состав (см. Пункт 4.3)		ST ₃	ST ₇
<i>Плотность</i> * (IEC 60811-1-3, Раздел 8)			
<i>Содержание сажи</i> (только для оболочек черного цвета) (IEC 60811-4-1, Раздел 11) Номинальная величина Допуск	°C °C	2,5 ±0,5	2,5 ±0,5
<i>Испытание на усадку</i> (IEC 60811-1-3, Раздел 11) Температура (допуск ±2 °C) Нагрев, продолжительность Количество циклов нагревания Максимальная усадка	°C час %	80 5 5 3	80 5 5 3
<i>Испытание давлением при высокой температуре</i> (IEC 0811-3-1, пункт 8.2) Температура (допуск ±2 °C)	°C	–	110

* Измерение плотности производится только для целей других испытаний.

Таблица 23 – Требования для испытаний некоторых характеристик эластомерных составов для оболочек

Состав (см. Пункт 4.3)		SE ₁
<p><i>Испытание с погружением в масло с последующим измерением механических характеристик</i> (IEC 60811-2-1, Раздел 10 и IEC 60811-1-1, Раздел 9)</p> <p>Обработка:</p> <ul style="list-style-type: none"> – температура масла (допуск ±2 °C) – продолжительность <p>Максимальное изменение *:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) предела прочности b) удлинения при разрыве 	<p>°C час</p> <p>% %</p>	<p>100 24</p> <p>±40 ±40</p>
<p><i>Испытание на термоотверждаемость</i> (IEC 60811-2-1, Раздел 9)</p> <p>Обработка:</p> <ul style="list-style-type: none"> – температура (допуск ±3 °C) – время под нагрузкой – механическое напряжение <p>Максимальное напряжение под нагрузкой</p> <p>Максимальное постоянное удлинение после остывания</p>	<p>°C мин Н/см²</p> <p>% %</p>	<p>200 15 20</p> <p>175 15</p>
<p>* Изменение: разница между средним значением, полученным после старения, и средним значением для исходного кабеля, выраженная в процентах по отношению к последней величине.</p>		

Приложение А (нормативное)

Метод вычисления размеров защитных покрытий

Толщина покрытий кабеля, таких как оболочки и броня, обычно привязаны к номинальному диаметру кабеля при помощи пошаговых таблиц.

Это иногда вызывает проблемы. Рассчитанные номинальные диаметры не обязательно являются фактическими величинами, встречающимися в производстве. В промежуточных случаях, когда толщина покрытия не соответствует фактическому диаметру, могут возникнуть вопросы, если рассчитанный диаметр немного отличается. Вариации в размерах профилированного проводника между разными изготовителями и различными методами вычисления приводят к различиям в номинальных диаметрах; соответственно, эти различия могут привести к вариации толщины покрытий, используемых в одной и той же базовой конструкции кабеля.

Чтобы избежать этих трудностей, применяется описанный здесь метод вычисления. Основная идея метода состоит в том, чтобы игнорировать форму и плотность расположения проводников и вычислять эффективные диаметры с помощью формул, основываясь только на сечении проводников, номинальной толщине изоляции, и количестве жил. Толщина оболочки и других покрытий тогда связана с эффективными диаметрами формулами или таблицами. Метод вычисления эффективных диаметров точно определен и не содержит никакой двусмысленности относительно используемых толщин покрытий, которые не зависят от мелких различий в технологиях изготовления кабеля. Это позволяет стандартизовать конструкции кабелей, а также рассчитывать толщины для каждого сечения проводника.

Вычисляются только размеры оболочек и покрытий кабеля. Метод не заменяет расчет фактических диаметров для практических целей; эти фактические диаметры могут быть вычислены отдельно.

А.1 Общие положения

Разработан следующий метод вычисления толщин покрытий в кабеле для устранения различий в независимых вычислениях, например из-за принимаемых предположений относительно размеров проводника или из-за неизбежных различий между номинальными и фактическими диаметрами.

Все толщины и диаметры должны быть округлены согласно правилам, данным в Приложении С.

В этом методе вычислений пренебрегается элементами жесткости с толщиной не более 0,3 мм, например, встречными спиралями, нанесенными поверх брони.

А.2 Метод

А.2.1 Проводники

Эффективный диаметр (d_L) полупроводника, независимо от его формы и размеров, дан для каждого номинального сечения в Таблице А.1.

Таблица А.1 – Эффективный диаметр проводника

Номинальное сечение проводника мм ²	d_L мм	Номинальное сечение проводника мм ²	d_L мм
10	3,6	240	17,5
16	4,5	300	19,5
25	5,6	400	22,6
35	6,7	500	25,2
50	8,0	630	28,3
70	9,4	800	31,9
95	11,0	1 000	35,7
120	12,4	1 200	39,1
150	13,8	1 400	42,2
185	15,3	1 600	45,1

А.2.2 Жилы

Эффективный диаметр D_c любой жилы дается формулой

а) для кабелей с жилами без полупроводящих слоев:

$$D_c = d_L + 2 t_i$$

б) для кабелей с жилами с полупроводящими слоями:

$$D_c = d_L + 2 t_i + 3,0$$

Здесь t_i – номинальная толщина изоляции в миллиметрах (см. Таблицы 5 - 7).

В случае использования металлического экрана или концентрической токопроводящей жилы необходимо добавить еще одно слагаемое согласно пункту А.2.5.

А.2.3 Диаметр поверх скрутки жил

Эффективный диаметр поверх скрутки жил (D_f) дается формулой

$$D_f = k D_c$$

Здесь конструкционный фактор k для трехжильного кабеля равен 2,16.

А.2.4 Внутренние покрытия

Эффективный диаметр поверх внутреннего покрытия (D_B) дается формулой

$$D_B = D_f + 2 t_B$$

Здесь

$t_B = 0,4$ мм – для эффективных диаметров поверх скрутки жил (D_f) не более 40 мм;

$t_B = 0,6$ мм – для диаметров D_f свыше 40 мм.

Эти эффективные значения t_B справедливы

а) для трехжильных кабелей:

- независимо от присутствия в конструкции кабеля внутреннего покрытия;
- независимо от того, является ли внутреннее покрытие экструдированным или оно выполнено внахлест;

Если вместо или в дополнение к внутреннему покрытию используется разделительная оболочка согласно пункту 13.3.3, тогда применяется пункт А.2.7;

б) для одножильных кабелей:

в случае, когда используется внутреннее покрытие (экструдированное или выполненное внахлест).

А.2.5 Концентрические токопроводящие жилы и металлические экраны

Прирост диаметра из-за использования концентрической токопроводящей жилы или металлического экрана дан в Таблице А.2.

Таблица А.2 – Увеличение диаметра из-за наличия концентрических токопроводящих жил и металлических экранов

Номинальное сечение концентрического проводника или металлического экрана мм ²	Увеличение диаметра мм	Номинальное сечение концентрического проводника или металлического экрана мм ²	Увеличение диаметра мм
1,5	0,5	50	1,7
2,5	0,5	70	2,0
4	0,5	95	2,4
6	0,6	120	2,7
10	0,8	150	3,0
16	1,1	185	4,0
25	1,2	240	5,0
35	1,4	300	6,0

В том случае, когда сечение концентрической токопроводящей жилы или металлического экрана находится в интервале между двумя величинами, данными в вышеприведенной таблице, в качестве прироста диаметра следует принимать большее из двух значений.

В том случае, когда в кабеле используется металлический экран, в качестве сечения экрана в таблице следует использовать величину, подсчитываемую следующим образом:

а) ленточный экран

$$\text{поперечное сечение} = n_t \times t_t \times w_t$$

Здесь

n_t – число лент;

t_t – номинальная толщина ленты в миллиметрах;

w_t – номинальная ширина ленты в миллиметрах.

В случае толщины экрана менее 0,15 мм прирост диаметра следует считать нулевым:

- для ленточных экранов, выполненных внахлест из двух лент или из одной ленты с перекрытием, при этом полная толщина принимается равной удвоенной толщине одной ленты;

- для продольного ленточного экрана:

если перекрытие меньше 30 %, тогда полная толщина принимается равной толщине ленты;

если перекрытие составляет 30 % и более, тогда полная толщина принимается равной удвоенной толщине ленты.

б) для проволочного экрана (с встречной спиралью, если таковая имеется)

$$\text{поперечное сечение} = \frac{n_w \times d_w \times n}{4} + n_h \times t_h \times w_h$$

Здесь

n_w – число проволок;

d_w - диаметр одной проволоки в миллиметрах;

n_h - номер встречной спирали;

t_h - толщина встречной спирали в миллиметрах, если эта толщина превышает 0,3 мм;

w_h – ширина встречной спирали в миллиметрах.

A.2.6 Свинцовая оболочка

Эффективный диаметр свинцовой оболочки (D_{pb}) дается формулой

$$D_{pb} = D_g + 2 t_{pb}$$

Здесь

D_g – эффективный диаметр под свинцовой оболочкой в миллиметрах;

t_{pb} – толщина, вычисленная согласно пункту 12.1, в миллиметрах.

A.2.7 Разделительная оболочка

Эффективный диаметр поверх разделительной оболочки (D_s) дается формулой

$$D_s = D_u + 2 t_s$$

Здесь

D_u - эффективный диаметр под разделительной оболочкой в миллиметрах;

t_s - толщина, вычисленная согласно пункту 13.3.3, в миллиметрах.

A.2.8 Выполненный внахлест подслоя

Эффективный диаметр поверх выполненного внахлест подслоя (D_{lb}) дается формулой

$$D_{lb} = D_{ulb} + 2 t_{lb}$$

Здесь

D_{ulb} - эффективный диаметр под выполненного внахлест подслоя в миллиметрах;

t_{lb} - толщина выполненного внахлест подслоя, т.е. 1,5 мм согласно пункту 13.3.4.

А.2.9 Дополнительный подслой для кабелей, бронированных лентами (поверх внутреннего покрытия)

Таблица А.3 – Увеличение диаметра при наличии дополнительного подслоя

Эффективный диаметр под дополнительным подслоем		Прирост в диаметре при наличии дополнительного подслоя мм
Свыше мм	До (включительно) мм	
–	29	1,0
29	–	1,6

А.2.10 Броня

Эффективный диаметр поверх брони (D_x) дается следующими формулами:

а) для брони, выполненной из плоской или круглой проволоки:

$$D_x = D_A + 2 t_A + 2 t_w$$

Здесь

D_A – диаметр под броней в миллиметрах;

t_A – толщина или диаметр бронепроволоки в миллиметрах;

t_w – толщина встречной спирали, если таковая имеется, в миллиметрах (для толщин, больших чем 0,3 мм).

б) для брони из двух лент:

$$D_x = D_A + 4 t_A$$

Здесь

D_A – диаметр под броней в миллиметрах;

t_A – толщина бронеленты в миллиметрах.

Приложение В
(имеет рекомендательный характер)

**Таблицы номинальных непрерывных токов для кабелей с
экструдированной изоляцией на номинальное напряжение от
3,6/6 кВ до 18/30 кВ**

В.1 Общие положения

В этом приложении обсуждаются исключительно непрерывные стационарные номинальные токи одножильных и трехжильных кабелей с экструдированной изоляцией. Приводимые значения токов были рассчитаны для кабелей на номинальное напряжение 6/10 кВ с конструкцией, подробно описанной в Разделе В.2.

Приведенные значения годятся также и для кабелей сходных конструкций, рассчитанных на номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ.

Некоторые параметры, такие как сечение проводника и толщина оболочки, влияют на номинальные токи кабелей большого диаметра. Кроме того, при рассмотрении номинальных токов для одножильных кабелей должна приниматься в расчет технология соединения экранов.

Табулированные номинальные токи были вычислены по методам, описанным в публикации IEC 60287.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Относительно номинальных контурных токов см. публикацию IEC 60853.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Относительно пределов температуры при коротких замыканиях см. публикацию IEC 60986.

В.2 Конструкции кабелей

Конструкции и размеры кабелей, для которых приведены номинальные токи, основаны на таковых, данных в этом стандарте. Эти конструкции и размеры никак не связаны с конкретными конструкциями кабелей, применяемых в разных странах, но представляют собой типичные значения. Предполагается, что бронированные трехжильные кабели имеют броню из плоской проволоки, а одножильные кабели не имеют брони. Все кабели имеют экраны жил, изготовленные из медной ленты, за исключением одножильных кабелей с изоляцией из XLPE, экраны которых изготовлены из медной проволоки. Номинальные сечения экранов для модельных кабелей даны в Таблице В.1.

Таблица В.1 – Номинальные сечения экранов

Номинальное сечение проводника, мм ²	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400
Кабель с изоляцией из EPR	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	8
Кабель с изоляцией из XLPE	16	16	16	16	16		16	25	25	25	25	35

Принято, что оболочка изготовлена из полиэтилена в случае одножильных кабелей и из PVC в случае трехжильных кабелей.

В.3 Температуры

Максимальная температура проводника, для которой были вычислены приведенные в таблицах номинальные токи кабелей, равна 90 °С.

Типичные принятые температуры окружающей среды

- для кабелей в воздухе: 30 °С
- для кабелей, проложенных непосредственно в грунте
либо в подземных каналах: 20 °С

Поправочные множители для других температур окружающей среды даны в Таблицах В.10 и В.11.

При расчете номинальных токов кабелей не принимались во внимание источники солнечного и ИК излучения. В случае, если такие источники оказывают влияние, номинальные токи должны быть найдены с использованием методов, описанных в публикации IEC 60287.

В.4 Тепловое сопротивление грунта

Приведенные в таблицах номинальные токи кабелей, проложенных в каналах или непосредственно в грунте даны для теплового сопротивления грунта 1,5 К·м/Вт. Данные относительно близких значений этой величины, принятых в разных странах, даны в публикации IEC 60287-3-1. Поправочные множители для других величин теплового сопротивления грунта даны в Таблицах В.14 - В.17.

Предполагается, что грунт однороден по своим свойствам; диффузией влаги в грунте, которая могла бы привести к большему значению теплового сопротивления грунта в окрестности кабеля, пренебрегается. Если предвидится возможность пересыхания почвы, допустимые номинальные токи могут быть определены с использованием методов, описанных в публикации IEC 60287.

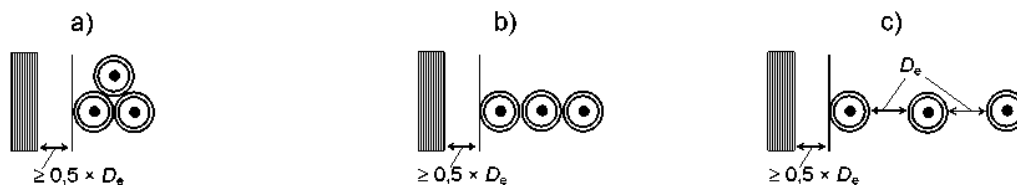
В.5 Методы монтажа

Номинальные токи вычислены для кабелей со следующими условиями монтажа.

В.5.1 Одножильные кабели в воздухе

Кабели предполагается смонтированными на расстоянии не менее половины диаметра кабеля от любой вертикальной поверхности на скобах или на ступенчатых зубчатых рейках как указано ниже:

- а) три кабеля в треугольной конфигурации с касанием по всей длине;
- б) три кабеля в плоской горизонтальной конфигурации с касанием по всей длине;
- в) три кабеля в плоской горизонтальной конфигурации с зазором в один диаметр кабеля.



Здесь D_e – внешний диаметр кабеля.

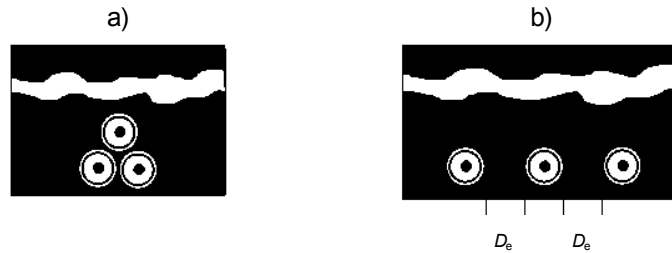
IEC 426/05

Рисунок В.1 – Одножильные кабели в воздухе

В.5.2 Одножильные кабели, проложенные непосредственно в грунте

Номинальные токи даны для кабелей, проложенных непосредственно в грунте на глубине 0,8 метров при следующих условиях:

- а) три кабеля в треугольной конфигурации с касанием по всей длине;
- б) три кабеля в плоской горизонтальной конфигурации с зазором в один диаметр кабеля D_e .



IEC 427/05

Рисунок В.2 – Одножильные кабели, проложенные непосредственно в грунте

Глубина прокладки кабеля измеряется от оси кабеля или от центра треугольной конфигурации.

В.5.3 Одножильные кабели в керамических каналах

Номинальные токи приводятся для кабелей, проложенных в керамических каналах на глубине 0,8 м с одним кабелем на канал как указано ниже:

- а) три кабеля в треугольной конфигурации с касанием по всей длине;
- б) три кабеля в плоской горизонтальной конфигурации с касанием по всей длине.



IEC 428/05

Рисунок В.3 – Одножильные кабели в керамических каналах

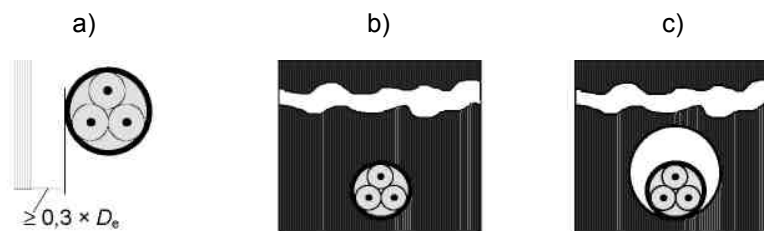
Каналы предполагаются керамическими с внутренними диаметрами в полтора внешнего диаметра кабеля и с толщиной стенки канала, равной 6 % его внутреннего диаметра. Номинальные токи вычислены в предположении, что каналы наполнены воздухом. Если канал заполнен материалом типа бентонита, тогда следует использовать значения для кабелей, проложенных непосредственно в грунте.

Приведенные в таблицах значения могут быть использованы для кабелей в каналах с внутренними диаметрами от 1,2 до 2 внешних диаметров кабеля. Для этого диапазона диаметров отклонения в номинальных токах составляют 2 % от величины, приведенной в таблице.

В.5.4 Трехжильные кабели

Номинальные токи приводятся для трехжильных кабелей со следующими условиями монтажа:

- а) одиночный кабель в воздухе на удалении не менее $0,3$ диаметра кабеля от любой вертикальной поверхности;
- б) одиночный кабель, проложенный непосредственно в грунте на глубине $0,8$ м;
- в) одиночный кабель в заглубленных керамических каналах с размерами, вычисленными таким же образом, как и значения для одножильных кабелей, проложенных в каналах. Глубина, на которой расположен кабель, принята равной $0,8$ м.



IEC 429/05

Рисунок В.4 – Трехжильные кабели

В.6 Соединение экранов

Все табулированные значения для одножильных кабелей даны для кабелей с цельно закрепленными экранами, т.е. с экранами, закрепленными на обоих концах кабеля.

В.7 Нагрузка кабелей

Табулированные значения даны для цепей, нагруженных на сбалансированную трехфазную нагрузку с номинальной частотой 50 Гц.

В.8 Поправочные множители для групп цепей

Величины номинальных токов, приведенные в таблицах, могут использоваться для групп трех одножильных кабелей или для одного трехжильного кабеля, образующего трехфазную цепь. Для нескольких близко смонтированных цепей величина номинального тока должна быть уменьшена с использованием поправочного множителя, взятого из Таблиц В.18 - В.23.

Эти поправочные множители следует также использовать для групп параллельных кабелей, образующих подобную цепь. В таких случаях следует обращать внимание на то обстоятельство, что ток нагрузки должен быть равномерно распределен между параллельными кабелями.

В.9 Поправочные множители

Поправочные множители, данные в Таблицах В.10 - В.23 для указанных температур, условий монтажа и способов группирования представляют собой средние значения для некоторого интервала размеров проводника и типов кабеля. Для частных случаев поправочный множитель может быть вычислен с использованием методов, описанных в публикации IEC 60287-2-1.







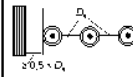
**Таблица В.2 – Номинальные токи одножильных кабелей с XLPE изоляцией
Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ *
Медный проводник**

Номинальное сечение проводника	Прокладка в грунте		В одинарных каналах		В воздухе		
	Треугольная конфигурация	Горизонтально с зазором	Треугольная конфигурация каналов	Горизонтальная конфигурация каналов без зазора	Треугольная конфигурация каналов	Горизонтально без зазора	Горизонтально с зазором
мм ²	A	A	A	A	A	A	A
16	109	113	103	104	125	128	150
25	140	144	132	133	163	167	196
35	166	172	157	159	198	203	238
50	196	203	186	188	238	243	286
70	239	246	227	229	296	303	356
95	285	293	271	274	361	369	434
120	323	332	308	311	417	426	500
150	361	366	343	347	473	481	559
185	406	410	387	391	543	550	637
240	469	470	447	453	641	647	745
300	526	524	504	510	735	739	846
400	590	572	564	571	845	837	938

Максимальная температура проводника	90 °С
Температура окружающего воздуха	30 °С
Температура грунта	20 °С
Глубина прокладки	0,8 м
Тепловое сопротивление грунта	1,5 К·м/Вт
Тепловое сопротивление керамических каналов	1,2 К·м/Вт
Экраны, закрепленные на обоих концах.	

* Номинальный ток для кабелей с номинальным напряжением 6/10 кВ.

Таблица В.3 – Номинальные токи одножильных кабелей с XLPE изоляцией
Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ *
Алюминиевый проводник

Номинальное сечение проводника мм ²	Прокладка в грунте		В одинарных каналах		В воздухе		
	Треугольная конфигурация	Горизонтально с зазором	Треугольная конфигурация каналов	Горизонтальная конфигурация каналов без зазора	Треугольная конфигурация	Горизонтально без зазора	Горизонтально с зазором
							
16	84	88	80	81	97	99	116
25	108	112	102	103	127	130	153
35	129	134	122	123	154	157	185
50	152	157	144	146	184	189	222
70	186	192	176	178	230	236	278
95	221	229	210	213	280	287	338
120	252	260	240	242	324	332	391
150	281	288	267	271	368	376	440
185	317	324	303	307	424	432	504
240	367	373	351	356	502	511	593
300	414	419	397	402	577	586	677
400	470	466	451	457	673	676	769

Максимальная температура проводника 90 °С
Температура окружающего воздуха 30 °С
Температура грунта 20 °С
Глубина прокладки 0,8 м
Тепловое сопротивление грунта 1,5 К·м/Вт
Тепловое сопротивление керамических каналов 1,2 К·м/Вт
Экраны, закрепленные на обоих концах.

* Номинальный ток для кабелей с номинальным напряжением 6/10 кВ.

**Таблица В.4 – Номинальные токи одножильных кабелей с EPR изоляцией
Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ *
Медный проводник**

Номинальное сечение проводника	Прокладка в грунте		В одинарных каналах		В воздухе		
	Треугольная конфигурация	Горизонтально с зазором	Треугольная конфигурация каналов	Горизонтальная конфигурация каналов без зазора	Треугольная конфигурация	Горизонтально без зазора	Горизонтально с зазором
							
мм ²	A	A	A	A	A	A	A
16	106	109	99	100	116	119	138
25	136	140	128	129	153	156	181
35	162	167	153	154	186	190	221
50	192	198	181	183	224	229	266
70	234	242	222	224	280	287	334
95	280	289	266	269	343	352	409
120	319	329	303	306	398	407	474
150	357	369	341	344	454	465	540
185	403	417	386	390	522	534	621
240	467	484	449	454	619	634	736
300	526	545	509	515	712	728	843
400	597	618	580	588	825	843	977

Максимальная температура проводника 90 °С
Температура окружающего воздуха 30 °С
Температура грунта 20 °С
Глубина прокладки 0,8 м
Тепловое сопротивление грунта 1,5 К·м/Вт
Тепловое сопротивление керамических каналов 1,2 К·м/Вт
Экраны, закрепленные на обоих концах.

* Номинальный ток для кабелей с номинальным напряжением 6/10 кВ.

**Таблица В.5 – Номинальные токи одножильных кабелей с EPR изоляцией
Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ *
Алюминиевый проводник**

Номинальное сечение проводника	Прокладка в грунте		В одинарных каналах		В воздухе		
	Треугольная конфигурация	Горизонтально с зазором	Треугольная конфигурация каналов	Горизонтальная конфигурация каналов без зазора	Треугольная конфигурация	Горизонтально без зазора	Горизонтально с зазором
							
мм ²	A	A	A	A	A	A	A
16	82	84	77	78	90	92	107
25	105	109	99	100	119	121	141
35	126	130	118	120	144	147	171
50	149	153	140	142	174	178	207
70	182	188	172	174	218	223	259
95	217	224	206	208	266	273	317
120	247	256	235	238	309	317	368
150	277	287	264	267	352	361	419
185	314	325	300	303	406	417	484
240	364	377	350	354	483	495	575
300	411	426	397	401	556	570	659
400	471	487	456	462	651	667	770

Максимальная температура проводника 90 °С

Температура окружающего воздуха 30 °С

Температура грунта 20 °С

Глубина прокладки 0,8 м

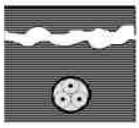

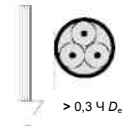
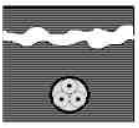

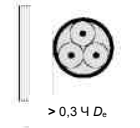
Тепловое сопротивление грунта 1,5 К·м/Вт

Тепловое сопротивление керамических каналов 1,2 К·м/Вт

Экраны, закрепленные на обоих концах.

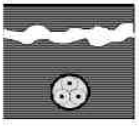
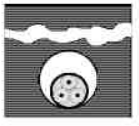
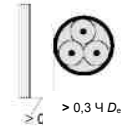
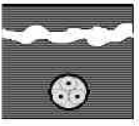

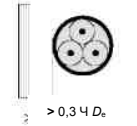
* Номинальный ток для кабелей с номинальным напряжением 6/10 кВ.

**Таблица В.6 – Номинальный ток трехжильных кабелей с XLPE изоляцией
Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ *
Медный проводник бронированный и небронированный**

Номинальное сечение проводника	Небронированный			Бронированный		
	Прокладка в грунте	Прокладка в заглубленном канале	В воздухе	Прокладка в грунте	Прокладка в заглубленном канале	В воздухе
			 > 0,3 ч D _c			 > 0,3 ч D _c
мм ²	A	A	A	A	A	A
16	101	87	109	101	88	110
25	129	112	142	129	112	143
35	153	133	170	154	134	172
50	181	158	204	181	158	205
70	221	193	253	220	194	253
95	262	231	304	263	232	307
120	298	264	351	298	264	352
150	334	297	398	332	296	397
185	377	336	455	374	335	453
240	434	390	531	431	387	529
300	489	441	606	482	435	599
400	553	501	696	541	492	683

Максимальная температура проводника 90 °С
 Температура окружающего воздуха 30 °С
 Температура грунта 20 °С
 Глубина прокладки 0,8 м
 Тепловое сопротивление грунта 1,5 К·м/Вт
 Тепловое сопротивление керамических каналов 1,2 К·м/Вт
 * Номинальный ток для кабелей с номинальным напряжением 6/10 кВ.

Таблица В.7 – Номинальные токи трехжильных кабелей с XLPE изоляцией
Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ *
Алюминиевый проводник, бронированный или небронированный

Номинальное сечение проводника	Небронированный			Бронированный		
	Прокладка в грунте	Прокладка в заглубленном канале	В воздухе	Прокладка в грунте	Прокладка в заглубленном канале	В воздухе
						
мм ²	A	A	A	A	A	A
16	78	67	84	78	68	85
25	100	87	110	100	87	111
35	119	103	132	119	104	133
50	140	122	158	140	123	159
70	171	150	196	171	150	196
95	203	179	236	204	180	238
120	232	205	273	232	206	274
150	260	231	309	259	231	309
185	294	262	355	293	262	354
240	340	305	415	338	304	415
300	384	346	475	380	343	472
400	438	398	552	432	393	545

Максимальная температура проводника 90 °С

Температура окружающего воздуха 30 °С

Температура грунта 20 °С

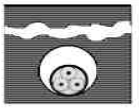
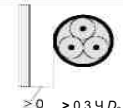
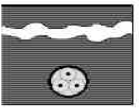
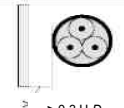
Глубина прокладки 0,8 м

Тепловое сопротивление грунта 1,5 К·м/Вт

Тепловое сопротивление керамических каналов 1,2 К·м/Вт

* Номинальный ток для кабелей с номинальным напряжением 6/10 кВ.

Таблица В.8 - Номинальный ток трехжильных кабелей с EPR изоляцией
Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ *
Медный проводник бронированный и небронированный

Номинальное сечение проводника	Небронированный			Бронированный		
	Прокладка в грунте	Прокладка в заглубленном канале	В воздухе	Прокладка в грунте	Прокладка в заглубленном канале	В воздухе
						
мм	А	А	А	А	А	А
16	98	84	104	98	85	104
25	125	109	135	125	109	136
35	150	130	164	150	131	164
50	176	154	195	177	155	197
70	216	189	243	216	190	244
95	258	227	296	257	227	296
120	292	258	339	292	259	339
150	328	291	385	327	291	385
185	371	330	441	368	328	439
240	429	384	519	424	381	513
300	482	434	590	475	429	583
400	545	494	678	534	485	666

Максимальная температура проводника 90 °С

Температура окружающего воздуха 30 °С

Температура грунта 20 °С

Глубина прокладки 0,8 м

Тепловое сопротивление грунта 1,5 К·м/Вт

Тепловое сопротивление керамических каналов 1,2 К·м/Вт

* Номинальный ток для кабелей с номинальным напряжением 6/10 кВ.

Таблица В.9 – Номинальный ток трехжильных кабелей с EPR изоляцией
Номинальное напряжение от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ *
Алюминиевый проводник бронированный и небронированный

Номинальное сечение проводника	Небронированный			Бронированный		
	Прокладка в грунте	Прокладка в заглубленном канале	В воздухе	Прокладка в грунте	Прокладка в заглубленном канале	В воздухе
						
мм ²	A	A	A	A	A	A
16	76	65	80	76	66	81
25	97	84	105	97	85	105
35	116	101	127	116	101	127
50	137	119	151	137	120	153
70	167	147	189	168	147	190
95	200	176	229	200	176	230
120	227	201	263	227	201	264
150	255	226	299	254	226	300
185	289	257	343	288	257	343
240	335	300	406	332	299	402
300	378	340	462	374	338	459
400	432	392	538	426	387	530

Максимальная температура проводника 90 °С

Температура окружающего воздуха 30 °С

Температура грунта 20 °С

Глубина прокладки 0,8 м

Тепловое сопротивление грунта 1,5 К·м/Вт

Тепловое сопротивление керамических каналов 1,2 К·м/Вт

* Номинальный ток для кабелей с номинальным напряжением 6/10 кВ.

Таблица В.10 – Поправочные множители для температур окружающего воздуха, отличных от 30 °С

Максимальная температура проводника °С	Температура окружающего воздуха °С							
	20	25	35	40	45	50	55	60
90	1,08	1,04	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76	0,71

Таблица В.11 – Поправочные множители для температур грунта, отличных от 20 °С

Максимальная температура проводника °С	Температура грунта °С							
	10	15	25	30	35	40	45	50
90	1,07	1,04	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,76

Таблица В.12 – Поправочные множители для глубин прокладки кабеля, отличных от 0,8 м, для кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте

Глубина прокладки м	Одножильный кабель		Трехжильный кабель
	Номинальный размер проводника, мм ²		
	≤185 мм ²	>185 мм ²	
0,5	1,04	1,06	1,04
0,6	1,02	1,04	1,03
1	0,98	0,97	0,98
1,25	0,96	0,95	0,96
1,5	0,95	0,93	0,95
1,75	0,94	0,91	0,94
2	0,93	0,90	0,93
2,5	0,91	0,88	0,91
3	0,90	0,86	0,90

Таблица В.13 – Поправочные множители для глубин прокладки, отличных от 0,8 м, для кабелей, прокладываемых в каналах

Глубина прокладки М	Одножильный кабель		Трех- жильный кабель
	Номинальный размер проводника, мм ²		
	≤185 мм ²	>185 мм ²	
0,5	1,04	1,05	1,03
0,6	1,02	1,03	1,02
1	0,98	0,97	0,99
1,25	0,96	0,95	0,97
1,5	0,95	0,93	0,96
1,75	0,94	0,92	0,95
2	0,93	0,91	0,94
2,5	0,91	0,89	0,93
3	0,90	0,88	0,92

Таблица В.14 – Поправочные множители для тепловых сопротивлений грунта, отличных от 1,5 К·м/Вт, для одножильных кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте

Сечение проводника мм ²	Тепловое сопротивление грунта, К·м/Вт						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
16	1,29	1,24	1,19	1,15	0,89	0,82	0,75
25	1,30	1,25	1,20	1,16	0,89	0,81	0,75
35	1,30	1,25	1,21	1,16	0,89	0,81	0,75
50	1,32	1,26	1,21	1,16	0,89	0,81	0,74
70	1,33	1,27	1,22	1,17	0,89	0,81	0,74
95	1,34	1,28	1,22	1,18	0,89	0,80	0,74
120	1,34	1,28	1,22	1,18	0,88	0,80	0,74
150	1,35	1,28	1,23	1,18	0,88	0,80	0,74
185	1,35	1,29	1,23	1,18	0,88	0,80	0,74
240	1,36	1,29	1,23	1,18	0,88	0,80	0,73
300	1,36	1,30	1,24	1,19	0,88	0,80	0,73
400	1,37	1,30	1,24	1,19	0,88	0,79	0,73

**Таблица В.15 – Поправочные множители для тепловых сопротивлений
грунта, отличных от 1,5 К·м/Вт, для одножильных кабелей,
прокладываемых в заглубленных каналах**

Номинальное сечение проводника мм ²	Тепловое сопротивление грунта, К·м/Вт						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
16	1,20	1,17	1,14	1,11	0,92	0,85	0,79
25	1,21	1,17	1,14	1,12	0,91	0,85	0,79
35	1,21	1,18	1,15	1,12	0,91	0,84	0,79
50	1,21	1,18	1,15	1,12	0,91	0,84	0,78
70	1,22	1,19	1,15	1,12	0,91	0,84	0,78
95	1,23	1,19	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
120	1,23	1,20	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
150	1,24	1,20	1,16	1,13	0,91	0,83	0,78
185	1,24	1,20	1,17	1,13	0,91	0,83	0,78
240	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77
300	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77
400	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77

**Таблица В.16 – Поправочные множители для тепловых сопротивлений
грунта, отличных от 1,5 К·м/Вт, для трехжильных кабелей,
прокладываемых непосредственно в грунте**

Номинальное сечение проводника мм ²	Тепловое сопротивление грунта, К·м/Вт					
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5
16	1,23	1,19	1,16	1,13	0,91	0,84
25	1,24	1,20	1,16	1,13	0,91	0,84
35	1,25	1,21	1,17	1,13	0,91	0,83
50	1,25	1,21	1,17	1,14	0,91	0,83
70	1,26	1,21	1,18	1,14	0,90	0,83
95	1,26	1,22	1,18	1,14	0,90	0,83
120	1,26	1,22	1,18	1,14	0,90	0,83
150	1,27	1,22	1,18	1,15	0,90	0,83
185	1,27	1,23	1,18	1,15	0,90	0,83
240	1,28	1,23	1,19	1,15	0,90	0,83
300	1,28	1,23	1,19	1,15	0,90	0,82
400	1,28	1,23	1,19	1,15	0,90	0,82

Таблица В.17 – Поправочные множители для тепловых сопротивлений грунта, отличных от 1,5 К·м/Вт для трехжильных кабелей, прокладываемых в каналах

Номинальное сечение проводника мм ²	Тепловое сопротивление грунта, К·м/Вт						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
16	1,12	1,11	1,09	1,08	0,94	0,89	0,84
25	1,14	1,12	1,10	1,08	0,94	0,89	0,84
35	1,14	1,12	1,10	1,08	0,94	0,88	0,84
50	1,14	1,12	1,10	1,08	0,94	0,88	0,84
70	1,15	1,13	1,11	1,09	0,94	0,88	0,83
95	1,15	1,13	1,11	1,09	0,94	0,88	0,83
120	1,15	1,13	1,11	1,09	0,93	0,88	0,83
150	1,16	1,13	1,11	1,09	0,93	0,88	0,83
185	1,16	1,14	1,11	1,09	0,93	0,87	0,83
240	1,16	1,14	1,12	1,10	0,93	0,87	0,82
300	1,17	1,14	1,12	1,10	0,93	0,87	0,82
400	1,17	1,14	1,12	1,10	0,92	0,86	0,81

Таблица В.18 – Поправочные множители для групп трехжильных кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте горизонтально

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

Таблица В.19 – Поправочные множители для групп трехфазных цепей, выполненных из одножильных кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте

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

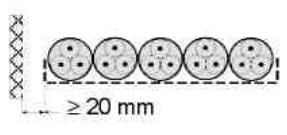
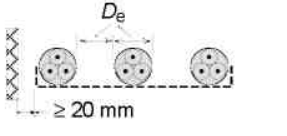
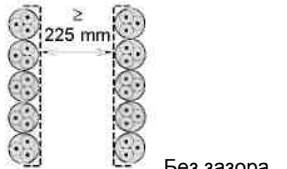
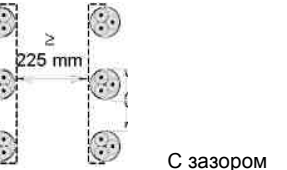
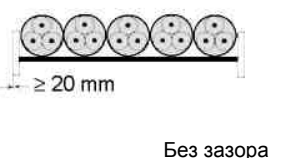
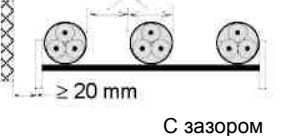
Таблица В.20 – Поправочные множители для групп трехжильных кабелей, прокладываемых горизонтально в одинарных каналах

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

Таблица В.21 – Поправочные множители для групп трехфазных цепей, выполненных из одножильных кабелей, прокладываемых в одинарных каналах

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

Таблица В.22 – Понижающие коэффициенты для пересчета предельно допустимого тока для групп нескольких одножильных кабелей в воздухе – Для определения предельно допустимых нагрузок по току одного многожильного кабеля в воздухе

Метод монтажа		Число лотков	Количество кабелей						
			1	2	3	4	5	6	
Кабели на перфорированных лотках	 Без зазора	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73	
		2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68	
		3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66	
	 С зазором	1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	-	
		2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	-	
		3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	-	
Кабели на вертикальных перфорированных лотках	 Без зазора	1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72	
		2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70	
	 С зазором	1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	-	
		2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	-	
	Кабели на поддонах	 Без зазора	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
			2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
3			1,00	0,85	0,79	0,7	0,73	0,70	
 С зазором		1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	
		2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	-	
		3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	-	

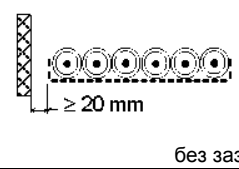
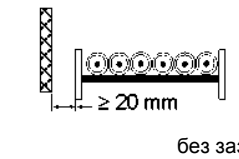
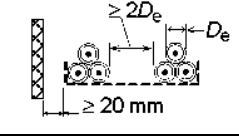
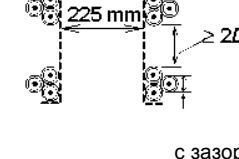
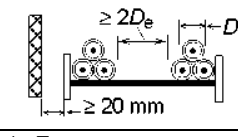
ПРИМЕЧАНИЕ 1 Приведенные величины являются средними значениями для рассмотренных кабелей разных типов и размеров проводника. Разброс величин обычно не превышает 5 %.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Множители даны для одинарных слоев групп кабелей как они показаны на рисунках, и не могут быть использованы, если кабели расположены в несколько соприкасающихся слоев. В последнем случае значения должны быть существенно уменьшены; эти значения должны определяться с использованием подходящего метода.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Значения даны для зазора между лотками в вертикальном направлении 300 мм и для зазора со стенкой не менее 20 мм. В случае более плотного расположения лотков множители должны быть уменьшены.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 Значения даны для зазора между лотками в горизонтальном направлении 225 мм; лотки при этом предполагаются установленными стенками друг к другу. В случае более плотного расположения лотков множители должны быть уменьшены.

Таблица В.23 – Понижающие коэффициенты для групп более чем одной цепи из одножильных кабелей в воздухе (Примечание 2) – Для определения предельно допустимой нагрузки по току одной цепи из одножильных кабелей в воздухе

Метод монтажа		Число лотков	Количество трехфазных цепей (Примечание 5)			Использование множителя для
			1	2	3	
Перфорированные лотки (Примечание 3)	 без зазора	1	0,98	0,91	0,87	трех кабелей, уложенных горизонтально
		2	0,96	0,87	0,81	
		3	0,95	0,85	0,78	
Поддоны и т.п. (Примечание 3)	 без зазора	1	1,00	0,97	0,96	трех кабелей, уложенных горизонтально
		2	0,98	0,93	0,89	
		3	0,97	0,90	0,86	
Перфорированные лотки (Примечание 3)	 без зазора	1	1,00	0,98	0,96	трех кабелей в треугольной конфигурации
		2	0,97	0,93	0,89	
		3	0,96	0,92	0,86	
Вертикальные перфорированные лотки (Примечание 4)	 с зазором	1	1,00	0,91	0,89	
		2	1,00	0,90	0,86	
Поддоны и т.п. (Примечание 3)		1	1,00	1,00	1,00	
		2	0,97	0,95	0,93	
		3	0,96	0,94	0,90	

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Приведенные величины являются средними значениями для рассмотренных кабелей разных типов и размеров проводника. Разброс величин обычно не превышает 5 %.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Множители даны для одинарных слоев кабелей (или треугольных конфигураций), и не могут быть использованы, если кабели расположены в несколько соприкасающихся слоев. В последнем случае значения должны быть существенно уменьшены; эти значения должны определяться с использованием подходящего метода.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Значения даны для зазора между лотками в вертикальном направлении 300 мм. В случае более плотного расположения лотков множители должны быть уменьшены.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 Значения даны для зазора между лотками в горизонтальном направлении 225 мм; лотки при этом предполагаются установленными стенками друг к другу. В случае более плотного расположения лотков множители должны быть уменьшены.

ПРИМЕЧАНИЕ 5 Для цепей, содержащих более чем один параллельный кабель на фазу, каждый трехфазный набор проводников должен рассматриваться как цепь, предназначенная для цели, обозначенной в таблице.

Приложение С (нормативное)

Округление чисел

С.1 Округление чисел в методе вычислений эффективных диаметров и размеров слоев кабеля

При вычислении эффективных диаметров и определении размеров слоев кабеля согласно приложению А следует пользоваться следующими правилами.

В тех случаях, когда вычисленное на любой стадии значение имеет больше одной значащей цифры, это значение должно быть округлено до ближайших 0,1 мм. Эффективные диаметры на каждой стадии должны округляться до 0,1 мм и затем использоваться для определения, с помощью соответствующей формулы или таблицы, толщины или размера наносимого сверху слоя. Толщина, вычисленная из округленного эффективного диаметра, в свою очередь, тоже должна округляться до 0,1 мм, как это описано в приложении А.

Следующие практические примеры иллюстрируют эти правила:

- а) в тех случаях, когда цифра, следующая за тем разрядом, до которого требуется проводить округление, является 0, 1, 2, 3 или 4, тогда цифра в старшем десятичном разряде остается без изменений;

Примеры:

$$\begin{aligned} 2,12 &\approx 2,1 \\ 2,449 &\approx 2,4 \\ 25,0478 &\approx 25,0 \end{aligned}$$

- б) в тех случаях, когда цифра, следующая за тем разрядом, до которого требуется проводить округление, является 9, 8, 7, 6 или 5, тогда цифра в старшем десятичном разряде должна быть увеличена на единицу.

Примеры:

$$\begin{aligned} 2,17 &\approx 2,2 \\ 2,453 &\approx 2,5 \\ 30,050 &\approx 30,1 \end{aligned}$$

С.2 Округление чисел с другими целями

Для целей иных, нежели рассмотренные в пункте С.1, может возникнуть необходимость в округлении величин с отбрасыванием более чем двух значащих цифр. Такая необходимость может возникнуть, например, при вычислении среднего значения результатов нескольких измерений, или при определении минимальной величины с учетом выраженного в процентах допуска номинального значения. В этих случаях округление должно выполняться до числа десятичных знаков, указанных в соответствующих разделах инструкции.

Округление следует производить следующим образом:

- а) если за последней удерживаемой цифрой следует 0, 1, 2, 3 или 4, то эта цифра не изменяется;
б) если за последней удерживаемой цифрой следует 9, 8, 7, 6 или 5, то эта цифра увеличивается на единицу.

Примеры:

2,449 ≈ 2,45	округление до двух знаков после запятой
2,449 ≈ 2,4	округление до одного знака после запятой
25,0478 ≈ 25,048	округление до трех знаков после запятой
25,0478 ≈ 25,05	округление до двух знаков после запятой
25,0478 ≈ 25,0	округление до одного знака после запятой

Приложение D (нормативное)

Метод измерения сопротивления полупроводящих экранов

Каждый опытный образец должен быть приготовлен в виде 150-миллиметрового куска цельного кабеля.

Опытный образец экрана проводника должен быть приготовлен путем продольного надрезания куска кабеля пополам и удаления проводника и разделительной оболочки, если таковая присутствует в конструкции кабеля (см. Рисунок D.1a). Опытный образец экрана проводника должен быть приготовлен удалением всех покрытий с жилы кабеля (см. Рисунок D.1b).

Процедура определения объемного сопротивления экранов - следующая:

Четыре электрода А, В, С, и D из серебряной пасты (см. Рисунки D.1a и D.1b) наносятся на полупроводящие поверхности. Пара потенциальных электродов, В и С, должны находиться на расстоянии 50 мм друг от друга, а пара токовых электродов, А и D, должны быть удалены от соответствующего потенциального электрода на расстояние не менее 25 мм.

Соединения к электродам должны осуществляться с помощью подходящих зажимов. При выполнении подсоединений к экрану проводника следует убедиться в том, что прижимы изолированы от экрана изоляции на внешней поверхности образца.

Вся конструкция должна быть помещена в печь, прогретую до определенной температуры, и спустя отрезок времени не менее 30 минут должно быть измерено сопротивление между электродами при помощи измерительной цепи мощностью не более 100 мВт.

После проведения электрических измерений необходимо измерить диаметры поверх экрана проводника и поверх экрана изоляции, а также толщины экранов проводника и изоляции при температуре окружающей среды. При этом каждое значение должно быть получено как среднее шести значений, измеренных на образце, как это показано на Рисунке D.1b.

Объемное сопротивление ρ в ом · метр подсчитывается следующим образом:

а) для экрана проводника:

$$\rho_c = \frac{R_c \times \pi \times (D_c - T_c) \times T_c}{2L_c}$$

Здесь

ρ_c – объемное сопротивление в ом · метр;

R_c – измеренное сопротивление в омах;

L_c – расстояние между потенциальными электродами в метрах;

D_c – внешний диаметр поверх экрана проводника в метрах;

T_c – средняя толщина экрана проводника в метрах.

б) для экрана изоляции

$$\rho_i = \frac{R_i \times \pi \times (D_i - T_i) \times T_i}{L_i}$$

Здесь

ρ_i - объемное сопротивление в ом · м;

R_i - измеренное сопротивление в омах;

L_i – расстояние между потенциальными электродами в метрах;

D_i – внешний диаметр поверх экрана изоляции в метрах;

T_i – средняя толщина экрана изоляции в метрах.

Экран изоляции

Все размеры даны в миллиметрах

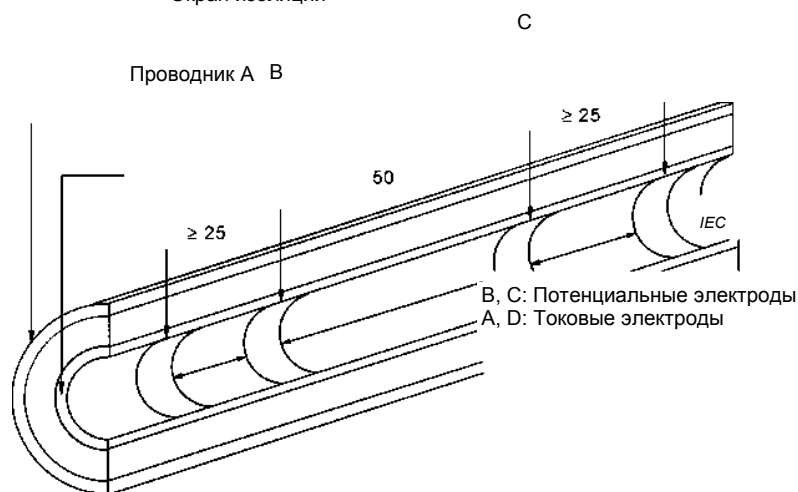


Рисунок D.1a – Измерение объемного сопротивления экрана проводника

Все размеры даны в миллиметрах

Экран проводника

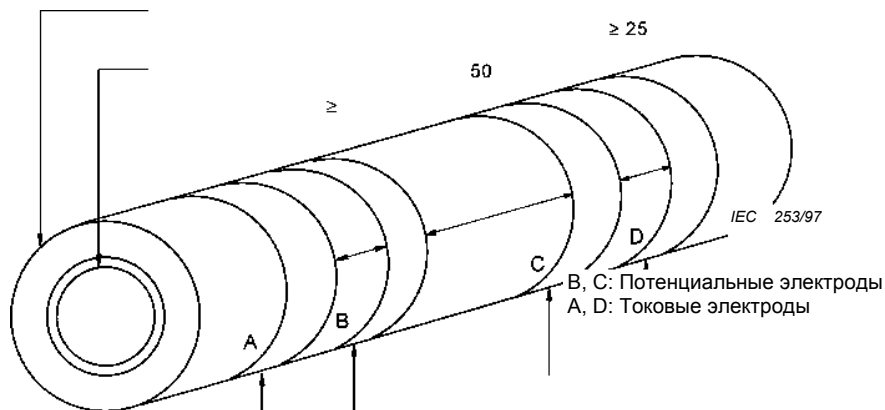


Рисунок D.1b – Измерение объемного сопротивления экрана изоляции

Рисунок D.1 – Приготовление образцов для измерения сопротивлений экранов проводника и изоляции

Приложение Е (нормативное)

Измерение твердости НЕРР изоляции

Е.1 Опытные образцы

Опытные образцы должны представлять собой отрезки цельного кабеля с удаленными покрытиями, внешними по отношению к подлежащей измерению НЕРР изоляции. Как вариант, может использоваться образец изолированной жилы.

Е.2 Процедура испытаний

За исключением перечисленных ниже случаев, испытания должны осуществляться согласно публикации ISO 48.

Е.2.1 Поверхности большого радиуса кривизны

В соответствии с ISO 48, измерительный инструмент должен быть сконструирован таким образом, чтобы прижим, надежно опирающийся на НЕРР изоляцию, мог оказывать на нее инденторное воздействие. Это достигается одним из приведенных ниже методов:

- а) инструмент имеет ножи, которые, двигаясь на универсальном шарнире, могут приводиться в нужное положение по отношению к искривленной поверхности;
- б) основание инструмента снабжено двумя параллельными стержнями А и А', находящимися на расстоянии, зависящими от кривизны поверхности (см. Рисунок Е.1).

Эти методы могут быть использованы на поверхностях с радиусом кривизны более 20 мм.

В тех случаях, когда толщина испытываемой НЕРР изоляции не превышает 4 мм, должно использоваться устройство, описанное в публикации ISO 48 для тонких и маленьких образцов.

Е.2.2 Поверхности малого радиуса кривизны

Для проведения испытания, описанного в Разделе Е.2.1, на поверхностях с очень маленьким радиусом кривизны образец должен располагаться на таком же твердом основании, как и само испытательное устройство, для минимизации физического перемещения НЕРР изоляции при приложении добавочной силы к вертикальному индентору, расположенному над осью образца. Подходящими методиками являются следующие:

- а) опытный образец кладется в желобок или впадину на металлической колодке (см. Рисунок Е.2а);
- б) концы проводника опытного образца кладутся в V-образный блок (см. Рисунок Е.2б).

Самый маленький радиус кривизны поверхности, который может быть измерен этими методами, - 4 мм.

Для меньших радиусов должно использоваться устройство, описанное в публикации ISO 48 для тонких и маленьких образцов.

E.2.3 Предварительная подготовка образца и температура, при которой производится испытание

Минимальное время между вулканизацией изоляции и испытанием должно составлять 16 часов.

Опытный образец должен поддерживаться при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$; при этом время предварительной выдержки образца при этой температуре непосредственно перед испытанием должно быть не менее 3 часов.

E.2.4 Количество измерений

Одно измерение должно производиться в трех или пяти разных точках вокруг образца. В качестве твердости образца должно приниматься срединное измеренное значение, округленное к ближайшему целому числу в международных единицах твердости каучука (IRHD).

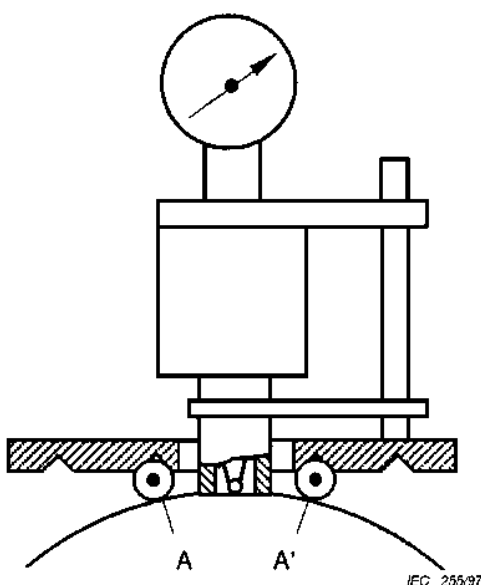


Рисунок E.1 – Испытание на поверхностях с большим радиусом кривизны

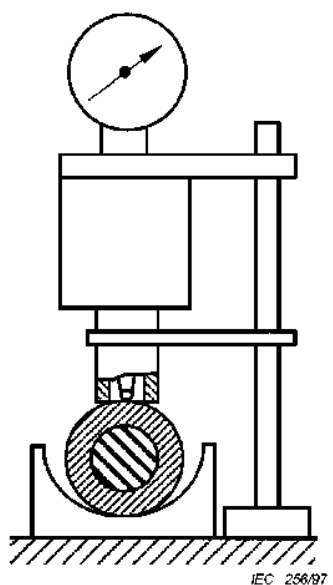


Рисунок E.2a – В цилиндрическом желобе

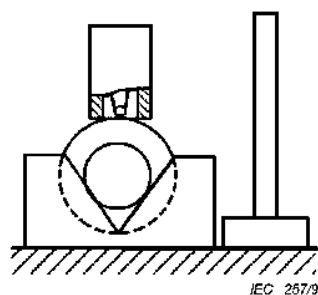


Рисунок E.2b – В V-образной канавке

Рисунок E.2 – Испытание на поверхностях с малым радиусом кривизны

Приложение F

(нормативное)

Испытание кабелей на проникновение влаги

F.1 Опытные образцы

Образец цельного кабеля длиной не менее 6 метров, не подвергавшийся испытаниям, описанным в Разделе 18, следует подвергнуть испытанию на изгиб согласно пункту 18.1.4, исключив при этом испытание на разряд.

От этого образца следует отрезать кусок 3-метровой длины; этот отрезок кабеля нужно расположить горизонтально. В центре кабеля отрезка необходимо снять кольцо шириной примерно 50 мм. Это кольцо должно включать все слои, внешние по отношению к экрану изоляции. Если проводник содержит барьер для проникновения влаги, кольцо должно включать все слои, внешние по отношению к проводнику.

Если кабель имеет перемежающиеся барьеры для проникновения влаги в продольном направлении, тогда образец должен содержать по крайней мере два таких барьера, а кольцо должно быть удалено из промежутка между барьерами. Обычно среднее расстояние между барьерами в таких кабелях известно; соответственно должна быть выбрана и длина отрезка кабеля.

Поверхности должны быть разрезаны таким образом, чтобы уплотненные границы раздела были смочены водой. Неуплотненные границы должны быть уплотнены подходящим материалом, либо же внешние покрытия должны быть удалены.

Примерами последних границ раздела являются:

- границы раздела, в которых барьером снабжен только проводник кабеля;
- граница раздела между металлической оболочкой и оболочкой, расположенной поверх этой оболочки.

Настройте устройство (см. Рисунок F.1) таким образом, чтобы трубка диаметром не менее 10 мм могла располагаться вертикально над увлажненным кольцом и была уплотнена к наружной оболочке кабеля. Уплотнения, через которые кабель выходит из устройства, не должны подвергаться действию механических напряжений.

ПРИМЕЧАНИЕ Реакция некоторых барьеров на проникающую в продольном направлении влагу может зависеть от состава воды (например, от величины pH или концентрации ионов). Если не определено иначе, для испытания должна использоваться обычная водопроводная вода.

F.2 Испытание

В течение 5 минут трубка наполняется водой, имеющей температуру окружающей среды (20 ± 10) °C, так чтобы высота водяного столба над центром кабеля составляла один метр (см. Рисунок F.1). Образец должен быть оставлен в таком состоянии на 24 часа.

Затем образец подвергается десяти циклам нагревания током, протекающим через проводник, до температуры, на 5 - 10 °C превышающей максимальную температуру проводника при нормальном режиме эксплуатации кабеля, но не более 100 °C.

Цикл прогрева должен иметь продолжительность 8 часов. Температура проводника должна не менее 2 часов поддерживаться в указанных пределах. Затем должен следовать трехчасовой период естественного остывания.

Уровень воды должен поддерживаться равным одному метру.

ПРИМЕЧАНИЕ Поскольку на кабеле практически нет падения напряжения, рекомендуется подсоединять последовательно с испытываемым такой же отрезок кабеля для того, чтобы иметь возможность измерять температуру по сопротивлению проводника этого кабеля.

Ф.3 Требования

На концах кабеля при испытании не должно появляться влаги.

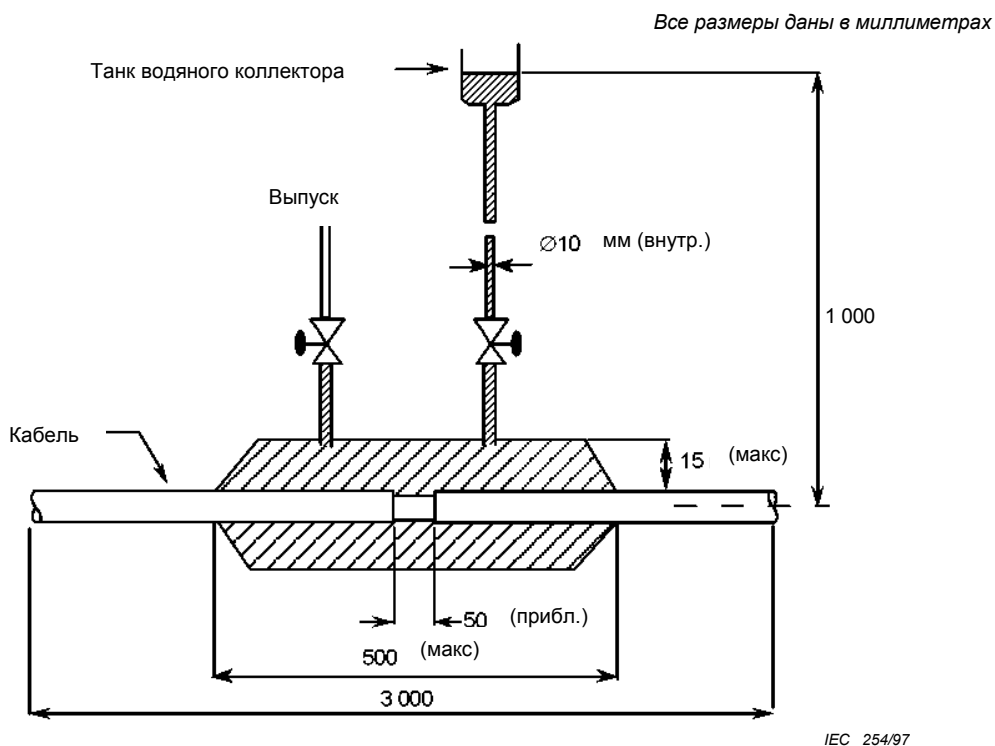


Рисунок F.1 – Устройство для испытания кабелей на проникновение влаги

Библиография

IEC 60287 (all parts), *Electric cables – Calculation of the current rating* [IEC 60287 (все части), Электрические кабели – Вычисление номинальных токов]

IEC 60502-1, *Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) – Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)* [IEC 60502-1, Силовые кабели с экструдированной изоляцией и арматура на номинальные напряжения от 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ) – Часть 1: Кабели на номинальные напряжения 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) и 3 кВ ($U_m = 3,6$ кВ)]

IEC 60853 (all parts), *Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables* [IEC 60853 (все части), Вычисление номинальных контурного и аварийного токов кабелей]
