

Утверждаю:
Директор ООО «ОКП «ЭЛКА-Кабель»

« 9 » января 2014г.



/ Савченко В.Г.

Методические указания

по применению силовых кабелей марки ELKACABLE на напряжение 6 - 35 кВ
с изоляцией из сшитого полиэтилена с экраном из сплава ТАС
и силового бронированного одножильного кабеля конструкции «Броня-Экран»
по ТУ 3530-002-40914170-2012

2014 г.

Содержание

1.	Область применения	3
2.	Термины, определения и сокращения	3
2.1	Термины и определения	3
2.2	Сокращения	5
3.	Общие условия применения кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена с экраном из сплава ТАС	6
3.1	Особенности конструкций кабелей	6
3.2	Общие условия применения	8
3.3	Основные физико-механические свойства кабеля	10
3.4	Электрические характеристики кабелей	11
3.5	Методика расчета сечения экрана из сплава ТАС для силовых кабелей торговой марки ELKACABLE	14
4.	Климатические условия применения кабеля	16
5.	Требования к защите от токов перегрузки и токов короткого замыкания	16
6.	Требования к условиям прокладки кабеля	17
6.1	Общие требования к условиям прокладки кабеля	17
6.2	Требования к технологии прокладки кабеля	18
6.3	Прокладка кабельных линий в земле	21
6.4	Прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях	24
6.5	Подводная прокладка кабельных линий	29
6.6	Применение кабелей из сшитого полиэтилена во взрывоопасных зонах	30
7.	Требования к выбору, монтажу и эксплуатации кабеля	31
7.1	Требования к выбору кабеля	31
7.2	Требования к монтажу кабеля	32
7.3	Требования к арматуре для прокладки кабеля	32
7.4	Требования к методам и устройствам диагностики кабеля	33
8.	Особенности проектирования кабельных линий электропередачи с кабелем с изоляции из сшитого полиэтилена	33
Приложение 1	Длительно допустимые токи нагрузки одножильных кабелей 6 и 10 кВ	36
Приложение 2	Длительно допустимые токи нагрузки одножильных кабелей 20 и 35 кВ	37
Приложение 3	Длительно допустимые токи нагрузки трехжильных бронированных и небронированных кабелей 6-35 кВ	38
Приложение 4	Расчетный наружный диаметр кабеля	39
Приложение 5	Расчетная масса одного километра одножильных кабелей	40
Приложение 6	Расчетная масса одного километра трехжильных кабелей	43

1. Область применения

Настоящий документ «Методические указания по применению силовых кабелей марки ELKACABLE на напряжение 6 - 35 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена с экраном из сплава ТАС и конструкции «Броня-Экран» по ТУ 3530-002-40914170-2012» (далее по тексту - Методические указания) содержит рекомендации для определения условий применения кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена в распределительных электрических сетях.

Нормы и требования настоящего документа должны соблюдаться при разработке проектов кабельных линий, проектов организации и производства работ по сооружению кабельных линий напряжением 6-35 кВ.

Настоящий документ предназначен для проектных организаций, инженерно-технического персонала сетевых компаний, занимающихся эксплуатацией кабельных сетей (линий) напряжением до 35 кВ включительно.

2. Термины, определения и сокращения

2.1 Термины и определения

В настоящем документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

- **заземляющее устройство:** Совокупность заземлителя и заземляющих проводников.
- **заземляющий проводник:** Проводник, соединяющий заземленную часть (точку) с заземлителем.
- **кабель экранированный:** Кабель, в котором все или часть основных жил экранированные или имеется общий экран.
- **кабель с отдельно экранированными жилами:** Многожильный кабель, каждая жила которого поверх изоляции имеет экран.
- **кабель силовой:** Кабель силовой - кабель электрический, предназначенный для передачи электрической энергии большой мощности.
- **кабель электрический:** Кабельное изделие, предназначенное для прокладки в земле и под водой и содержащее одну или более изолированных жил (проводников), заключенных в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься соответствующий защитный покров.
- **кабельная броня:** Часть защитного покрова (или защитный покров) из металлических лент или одного или нескольких повивов металлических проволок, предназначенных для защиты от внешних механических и электрических воздействий и в некоторых случаях для восприятия растягивающих усилий (броня из проволок)
- **кабельная линия электропередачи:** Линия для передачи электроэнергии или ее отдельных импульсов, состоящая из одного или нескольких, соединенных между собой без коммутационных аппаратов, параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями.

- **кабельное сооружение:** Сооружение, предназначенное для размещения кабелей. К кабельным сооружениям относят - кабельные туннели, кабельные каналы, кабельные блоки, кабельные шахты, этажи и двойные полы, кабельные эстакады, галереи и камеры.
- **кабельный туннель:** Закрытое кабельное сооружение (коридор) с расположенными в нем опорными конструкциями для размещения кабелей и кабельных муфт, со свободным проходом по всей длине, позволяющим производить прокладку кабелей, ремонты и осмотры кабельных линий.
- **кабельный канал:** Закрытое и заглубленное (частично или полностью) в грунт, пол, перекрытие и т.п. непроходное кабельное сооружение, предназначенное для размещения в нем кабелей, укладку, осмотр и ремонт которых возможно производить лишь при снятом перекрытии.
- **кабельная шахта:** Закрытое вертикальное протяженное проходное (снабженное по всей высоте скобами или лестницей) или непроходное (со съемной полностью или частично стеной или дверями (люками) на каждом этаже) сооружение с кабельными конструкциями.
- **кабельный этаж:** Часть здания, ограниченная полом и перекрытием или покрытием, с расстоянием между полом и выступающими частями перекрытия или покрытия не менее 1,8 м.
- **кабельный блок:** Кабельное сооружение с трубами (каналами) для прокладки в них кабелей с относящимися к нему колодцами.
- **кабельная арматура:** Конструкции, предназначенные для соединения, ответвления, оконцевания и крепления кабелей.
- **кабельная камера:** Подземное кабельное сооружение, закрываемое глухой съемной бетонной плитой, предназначенное для укладки кабельных муфт или для протяжки кабелей в блоки. Камера, имеющая люк для входа в нее, называется кабельным колодцем.
- **кабельная эстакада:** Надземное или наземное открытое горизонтальное или наклонное протяженное кабельное сооружение. Кабельная эстакада может быть проходной или непроходной.
- **кабельная галерея:** Надземное или наземное закрытое полностью или частично (например, без боковых стен) горизонтальное или наклонное протяженное проходное кабельное сооружение.
- **короткое замыкание:** замыкание, при котором токи в ветвях электроустановки, примыкающих к месту его возникновения, резко возрастают, превышая допустимый ток продолжительного режима.
- **коммутационные перенапряжения (внутренние):** перенапряжения, которые возникают при нормальных (оперативных) включениях и отключениях, изменениях нагрузки или авариях (замыкания на землю, короткие замыкания).
- **лоток:** Открытая конструкция для прокладки на ней кабелей; лоток не является защитой от внешних механических повреждений проложенных на нем кабелей; лотки должны изготавливаться из несгораемых материалов и могут быть сплошными, перфорированными или решетчатыми; лотки могут применяться в помещениях и наружных установках.

- **перегрузка кабельной линии:** Превышение длительно допустимой нагрузки линии в нормальном или аварийном режиме работы кабельной линии.
- **перенапряжение:** Всякое повышение напряжения сверх амплитуды длительно допустимого рабочего фазного напряжения.
- **система защиты от перенапряжений:** Совокупность мероприятий и технических средств (устройства заземления, защитные аппараты), снижающих негативное воздействие перенапряжений на электроустановки.
- **токовая нагрузка кабельной линии (длительно допустимая):** Максимальная постоянная нагрузка, при которой кабельная линия в нормальном режиме может находиться в эксплуатации в течение гарантийного срока.
- **электрическая сеть с изолированной нейтралью:** Сеть, нейтраль которой не имеет соединения с землей, за исключением приборов сигнализации, измерения и защиты, имеющих высокое сопротивление.

К сетям с изолированной нейтралью относят сети с компенсированной нейтралью, нейтраль которых заземлена через дугогасящий реактор. Индуктивность реактора такова, что при однофазном замыкании на землю ток реактора компенсирует емкостную составляющую тока однофазного замыкания на землю.

2.2 Сокращения

В документе применены следующие сокращения и обозначения:

КЗ	-	короткое замыкание;
КЛ	-	кабельная линия;
ДГР	-	дугогасящий реактор;
ОЗЗ	-	однофазное замыкание на землю;
ОПН	-	ограничитель перенапряжений нелинейный;
СПЭ	-	сшитый полиэтилен;
ППР	-	проект производства работ;
ТУ	-	технические условия;
Uном	-	номинальное напряжение кабеля;
Dн	-	наружный диаметр кабеля

3. Общие условия применения кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена с экраном из сплава ТАС

3.1 Особенности конструкций кабелей

3.1.1 Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена предназначены для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках на номинальное переменное напряжение 6-35 кВ номинальной частотой 50 Гц в сетях с заземленной или изолированной нейтралью.

3.1.2 В кабельных распределительных электрических сетях применяются кабели с изоляцией из СПЭ в одножильном или трёхжильном исполнении (3 одножильных кабеля с изоляцией из СПЭ, скрученные между собой без наложения общей оболочки и трехжильные кабели с общим металлическим экраном и наружной оболочкой, в том числе, бронированные).

Преимущественное исполнение одножильное, что обусловлено технико-экономическими преимуществами одножильных кабелей в сравнении с трехжильными.

3.1.3 Конструкции кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена последнего поколения отличаются наличием герметизирующих элементов, препятствующих распространению влаги по токопроводящей жиле или в области металлического экрана. Такие кабели содержат водоблокирующие элементы, наложенные в виде обмотки водонабухающей ленты, в промежутки между проволоками токопроводящей жилы или металлического экрана.

Пример конструктивного исполнения одножильного кабеля на напряжение 10-35 кВ приведен на рисунке 1.

Конструкция кабеля АПвПуг включает:



- Токопроводящая жила - алюминиевая или медная, многопроволочная, уплотненная, круглой формы, соответствует классу 2 по ГОСТ 22483.
- Экран по жиле - наложен экструзией из электропроводящей пероксидносшиваемой полиэтиленовой композиции.
- Изоляция – наложена экструзией из пероксидносшиваемого полиэтилена.

- Экран по изоляции - наложен экструзией из электропроводящей пероксидносшиваемой полиэтиленовой композиции.
- Разделительный экранирующий слой – из электропроводящего нетканного полотна или бумаги.
- Металлический экран - из проволок сплава ТАС номинальным диаметром 0,7 – 2,6 мм, поверх которых спирально наложена лента из сплава ТАС толщиной, не менее 0,2 мм.
- Разделительный слой:
 - «г» водоблокирующие ленты герметизации металлического экрана;
- Наружная оболочка из полиэтилена.
 - «у» усиленная оболочка из полиэтилена высокой плотности

3.2 Общие условия применения

3.2.1 Кабели с изоляцией из СПЭ целесообразно применять в кабельных линиях распределительных электрических сетей при необходимости:

- передать большую электрическую мощность;
- обеспечить высокий уровень надежности передачи электрической энергии по кабельным линиям;
- выполнить проект кабельной линии, трасса которой проходит по территории с большой разностью высот (уровней прокладки);
- выполнить проект линий электропередачи с повышенным уровнем экологической и пожарной безопасности.

3.2.2 Кабели марок ПвП, АПвП, ПвПу и АПвПу рекомендуется применять при прокладке кабельной линии в земле независимо от степени коррозионной активности грунтов. Допускается подвеска указанных кабелей на воздухе, прокладка в кабельных сооружениях, при условии обеспечения дополнительных мер противопожарной защиты, если такие меры предусматриваются классом пожарной опасности проектом КЛ (например, нанесения огнезащитных покрытий).

Кабели указанных марок с индексами «г» и «2г» предназначены для прокладки в земле, в воде (в несудоходных водоемах) при соблюдении мер, исключающих механические повреждения кабеля.

3.2.3 Кабели конструкции «Броня-Экран» марок ПвКсП и АПвКсП рекомендуется применять для стационарной прокладки в электрических установках общественных и промышленных сооружений, где есть требования по ограничению воздействия коррозионноактивных газов при отсутствии растягивающих усилий в процессе эксплуатации.

3.2.4 Кабели с изоляцией из СПЭ марок ПвПу и АПвПу предназначены для прокладки на сложных участках кабельных трасс, которые содержат:

- более 4 поворотов под углом свыше 30
- прямолинейные участки с 4 переходами или более в трубах длиной свыше 20 м;
- более чем 2 трубных прохода длиной 40 м и более.

3.2.5 Кабели с изоляцией из СПЭ марок ПвВ, АПвВ, ПвВнг, АПвВнг, ПвВнг - LS, АПвВнг - LS, ПвПнг - HF, АПвПнг - HF предназначены для прокладки кабельных линий в сухих грунтах.

3.2.6 Кабели конструкции «Броня-Экран» марок ПвКсВ и АПвКсВ рекомендуется применять для прокладки в земле (в траншеях), за исключением пучинистых и просадочных грунтов, и для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях

3.2.7 Кабели с изоляцией из СПЭ марок ПвВнг, АПвВнг, ПвВнг - LS, АПвВнг - LS предназначены для применения в кабельных линиях электропередачи для групповой прокладки на воздухе, в кабельных сооружениях и помещениях, в которых установлены повышенные требования к плотности дыма при пожаре.

3.2.8 Кабели конструкции «Броня-Экран» марок ПвКсВнг, АПвКсВнг, ПвКсВнг - LS, АПвКсВнг - LS рекомендуется для групповой прокладки ка-

бельных линий в кабельных сооружениях и производственных помещениях, в которых установлены требования к плотности дыма при пожаре, при отсутствии растягивающих усилий

3.2.9 Кабели с изоляцией из СПЭ марок ПвПнг-НФ, АПвПнг-НФ предназначены для применения в кабельных сооружениях, где имеют место повышенные требования по ограничению воздействия активных к коррозии газов.

3.2.10 Кабели конструкции «Броня-Экран» марок ПвКсПнг-НФ, АПвКсПнг-НФ рекомендуется для стационарной прокладки в электрических установках общественных и промышленных сооружений, где есть требования по ограничению воздействия коррозионноактивных газов при отсутствии растягивающих усилий в процессе эксплуатации

3.2.11 Использование кабеля в сетях с изолированной нейтралью, в которых допускается длительное воздействие на изоляцию кабеля высокочастотных перенапряжений при горении прерывистой дуги, рекомендуется при отключении линии при ОЗЗ.

Не отключённые при ОЗЗ линии повышают вероятность многоместного пробоя изоляции с необходимостью замены больших участков кабеля на одном или нескольких присоединениях.

3.2.12 Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена рекомендуется применять в кабельных сетях с заземлённой нейтралью при наличии релейной защиты, действующей на отключение при коротком замыкании на землю.

3.2.13 Номинальное значение резистора при использовании кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена выбирается из условия, что ток, создаваемый им в точке короткого замыкания на землю, должен быть равным фазному току самого мощного присоединения к кабельной линии.

3.2.14 Использование кабеля с изоляцией из СПЭ в кабельных линиях электропередачи возможно, если при однофазных замыканиях на землю обеспечивается:

- снижение высокочастотных перенапряжений;
- максимальное ограничение времени воздействия перенапряжения промышленной частоты на изоляцию из сшитого полиэтилена в переходном и установившемся режимах сети.

3.2.15 Выбор конструкции кабеля, соответствующей режимам, сети производится на этапе проектирования и определяется требованиями и методиками стандартов МЭК.

3.3 Основные физико-механические свойства кабеля

Таблица 1 - Основные технические и эксплуатационные характеристики кабелей с изоляцией из СПЭ и экраном из сплава ТАС.

Параметр	Значение параметра
Номинальное переменное напряжение частотой 50 Гц [кВ]	6 - 35
Температурный диапазон эксплуатации кабеля с оболочкой из ПЭ, [°С]	-60 + 50
Температурный диапазон эксплуатации кабеля с оболочкой из ПВХ, [°С]	-50 + 50
Рабочая температура жилы [°С]	+90
Допустимая температура нагрева жилы при работе в аварийном режиме [°С]	+130
Максимальная температура жилы при коротком замыкании, [°С]	+250
Максимальная температура экрана при коротком замыкании, [°С]	+350
Монтаж без предварительного подогрева кабеля с оболочкой из ПЭ при температуре не ниже, [°С]	-20
Монтаж без предварительного подогрева кабеля с оболочкой из ПЭ при температуре не ниже, [°С]	-15
Минимальный радиус изгиба одно-жильных кабелей [наружных диаметров]	15
Минимальный радиус изгиба трех-жильных кабелей [наружных диаметров]	12
Значение тангенса угла диэлектрических потерь, не более	0,003
Срок службы кабелей не менее, (лет)	30
Гарантийный срок эксплуатации, (лет)	5

3.4 Электрические характеристики кабелей

3.4.1 Электрические параметры кабелей, в том числе, длительно допустимые токи и допустимые токи КЗ, указаны в соответствии с ТУ 3530-002-40914170-2012.

Таблица 2 – Значение емкости одножильного кабеля.

Номинальное сечение жилы, мм ²	Емкость 1 км кабеля, мкФ			
	6	10	20	35
25	0,26	-	-	-
35	0,29	0,23	-	-
50	0,32	0,25	0,17	0,14
70	0,37	0,29	0,19	0,16
95	0,42	0,32	0,21	0,18
120	0,45	0,35	0,23	0,19
150	0,49	0,38	0,26	0,20
185	0,54	0,41	0,27	0,22
240	0,59	0,46	0,29	0,24
300	0,60	0,51	0,32	0,26
400	0,64	0,57	0,35	0,29
500	0,66	0,63	0,39	0,32
630	0,73	0,70	0,43	0,35
800	0,83	0,78	0,49	0,40
1000	-	0,82	-	-

Таблица 3 - Электрические параметры одножильного кабеля.

Сечение ТПЖ, мм ²	Сопротивление ТПЖ постоянному току при температуре 20 °С, Ом/км	
	медной жилы	алюминиевой жилы
50	0,387	0,641
70	0,268	0,443
95	0,193	0,320
120	0,153	0,253
150	0,124	0,206
185	0,0991	0,164
240	0,0754	0,125
300	0,0601	0,100
400	0,0470	0,0778
500	0,0366	0,0605
630	0,0280	0,0464
800	0,0221	0,0367

Таблица 4 - Электрические сопротивления ТПЖ кабелей переменному току при температуре 90°С при прокладке кабелей треугольником и в плоскости с расстоянием в свету равном диаметру кабеля.

Сечение ТПЖ, мм ²	Активное сопротивление переменному току при 90°С, Ом/км				Индуктивное сопротивление, Ом/км	
	медные жилы		алюминиевые жилы		при прокладке треугольником (А)	при прокладке в плоскости (...)
	(А)	(...)	(А)	(...)		
50	0,494	0,494	0,822	0,822	0,126	0,184
70	0,342	0,342	0,568	0,568	0,119	0,177
95	0,247	0,246	0,411	0,411	0,112	0,170
120	0,196	0,196	0,325	0,325	0,108	0,166
150	0,159	0,159	0,265	0,265	0,106	0,164
185	0,128	0,127	0,211	0,211	0,103	0,161
240	0,0981	0,0973	0,161	0,161	0,0987	0,157
300	0,0791	0,0781	0,130	0,129	0,0959	0,154
400	0,0633	0,0618	0,102	0,101	0,0928	0,151
500	0,0510	0,0490	0,0804	0,0790	0,0897	0,148
630	0,0417	0,0391	0,0639	0,0621	0,0867	0,145
800	0,0329	0,0301	0,0505	0,0496	0,0832	0,142

Таблица 5 - Допустимые значения токов односекундного короткого замыкания кабеля с изоляцией из СПЭ с экраном из сплава ТАС.

Номинальное сечение жилы, мм ²	Допустимый ток односекундного короткого замыкания, кА, кабеля	
	с медной жилой	с алюминиевой жилой
25	3,6	2,4
35	5,0	3,3
50	7,15	4,7
70	10,0	6,6
95	13,6	8,9
120	17,2	11,3
150	21,5	14,2
185	26,5	17,5
240	34,3	22,7
300	42,9	28,2
400	57,2	37,6
500	71,5	47,0
630	90,1	59,2
800	114,4	75,2
1000	142,9	94,5

Таблица 6 - Допустимые значения токов односекундного короткого замыкания в экранах из сплава ТАС кабеля с изоляцией из СПЭ.

Номинальное сечение экрана из сплава ТАС, мм ²	Ток односекундного короткого замыкания, кА
25	3,34
35	4,62
40	5,26
50	6,54
60	7,82
70	9,11
80	10,39
95	12,31
110	14,24
120	15,52
150	19,37
160	20,65
185	23,86
195	25,14
240	30,91
300	38,61

Таблица 7 - Электрическое сопротивление металлического экрана из проволок сплава ТАС постоянному току, пересчитанное на 1 км длины кабеля и температуру 20 °С.

Номинальное сечение экрана из проволок ТАС, мм ²	Электрическое сопротивление экрана, Ом, не более
25	1,200
35	0,869
40	0,763
50	0,641
60	0,509
70	0,443
80	0,382
95	0,320
110	0,278
120	0,253
150	0,206
160	0,191
185	0,164
195	0,157
240	0,125
300	0,100

3.5 Методика расчета сечения экрана из сплава ТАС для силовых кабелей торговой марки ELKACABLE.

Расчет произведен согласно ГОСТ Р МЭК 60949-2009 «Расчет термически допустимых токов короткого замыкания с учетом неадиабатического нагрева».

Таблица 8 - Основные электрические характеристики экрана из сплава ТАС силового кабеля.

Номинальное сечение экрана из сплава ТАС, мм ²	Ток односекундного короткого замыкания, кА*	Электрическое сопротивление экрана, Ом, не более
25	3,34	1,200
35	4,62	0,869
40	5,26	0,763
50	6,54	0,641
60	7,82	0,509
70	9,11	0,443
80	10,39	0,382
95	12,31	0,320
110	14,24	0,278
120	15,52	0,253

150	19,37	0,206
160	20,65	0,191
185	23,86	0,164
195	25,14	0,157
240	30,91	0,125
300	38,61	0,100

Таблица 9 - Пример расчета сечения экрана из сплава ТАС.

№	Наименование	Обозначение и расчетная формула		Пример
1	Ток трехфазного короткого замыкания	$I_{кз}$	<i>A</i>	10 000
2	Время отключения тока короткого замыкания	$t_{кз}$	<i>сек</i>	1
3	Ток двухфазного короткого замыкания	$I_{кз}^{(2)} = 0,865 * I_{кз}$	<i>A</i>	8 650
4	Расчетное сечение экрана	$S_{расч} = \sqrt{\frac{I_{кз}^{(2)2} * t_{кз}}{e^2 * K^2 * \ln\left(\frac{Q_f + \beta}{Q_i + \beta}\right)}}$ <p> <i>e</i> – коэффициент учитывающий отвод тепла в соседние элементы, 1,089 <i>K</i> – постоянная, 148 Ас^{1/2}/мм² <i>Q_f</i> – конечная температура 350 °С <i>Q_i</i> – начальная температура 70 °С <i>β</i> - величина, обратная температурному коэффициенту сопротивления токопроводящего элемента при 0 °С, 228 К </p>	<i>мм²</i>	65,94
5	Сечение экрана, принимаемое в соответствии с расчетами согласно номинальному ряду экранов (таб.1)		<i>мм²</i>	70
6	Допустимый ток односекундного короткого замыкания для экранов из сплава ТАС. (таб.1)	$I_{кз}(1с)$	<i>A</i>	9 110
7	Поправочный коэффициент для продолжительности тока короткого замыкания, отличающийся от 1с	$K = 1/\sqrt{t_{кз}}$		1
8	Допустимый ток короткого замыкания с учетом поправочного коэффициента	$I_{кз доп.} = I_{кз}(1с) * K$	<i>A</i>	9 110
9	В соответствии с «Инструкцией по эксплуатации кабелей с изоляцией из СПЭ» (ИЭ-1-К10)	$I_{кз доп.} \geq I_{кз}^{(2)}$		Выполняется
10	Принимаемое сечение экрана	$S_{экр}$	<i>мм²</i>	70

4. Климатические условия применения кабеля

4.1 Кабели с изоляцией из СПЭ выполнены по климатическому исполнению - У, УХЛ, категория размещения 1 и 2 по ГОСТ 15150-69, а также для прокладки в земле и воде.

4.2 Кабели с изоляцией из СПЭ рекомендуется применять в сейсмических зонах, в которых сейсмичность не превышает 9 баллов по шкале MSK.

4.3 Ограничений по применению кабеля по условиям влажности воздуха, структуре грунтов и видов почв нет.

5. Требования к защите от токов перегрузки и токов короткого замыкания

1.1 В большинстве случаев применение кабелей с изоляцией из СПЭ требует предварительного расчёта величины экранов.

1.2 При эксплуатации трехфазной группы однофазных кабелей с изоляцией из СПЭ рекомендуется принимать меры по снижению токов в экранах.

1.3 Эффективными мерами снижения токов в экранах являются секционирование экранов и/или транспозиция экранов.

1.4 Выбор схемы соединения и заземления экранов рассматривается главным образом с точки зрения необходимости снижения токов в экранах в нормальном симметричном режиме работы кабеля, а также при внешних (по отношению к кабелю) коротких замыканиях.

1.5 Эффективным способом снижения токов внутренних КЗ в кабеле является объединение экранов фаз кабеля, или «скрутка экранов».

1.6 Внутренние короткие замыкания в кабеле являются определяющими при формулировании требований к термической стойкости экранов, так как:

- при внутренних повреждениях токи в экранах протекают всегда, при внешних токах КЗ лишь в отдельных случаях;
- для радиальной кабельной сети в качестве внешних токов КЗ рассматриваются повреждения изоляции у потребителя с меньшими токами, в сравнении с внутренними повреждениями в непосредственной близости от центра питания.

1.7 Если сечение экрана S_j не соответствует величине тока I_K и длительности его протекания, то возможно термическое разрушение экрана на значительном по длине L отрезке кабеля. Частичное не заземление экранов или транспозиция не являются основанием для снижения сечения экранов, несмотря на то что при внешних токах КЗ транспозиция существенно снижает токи в экранах.

Транспонирование или частичное заземление экрана кабеля не влияют на внутренне повреждения изоляции «фаза-экран» кабеля (если выполнено секционирование или транспозиция экранов). При этом повреждении ток КЗ I_K из жилы попадает в экран и далее в заземляющее устройство экрана.

КЗ в начале или конце кабеля сопровождается протеканием в экранах токов. В радиальной сети КЗ вблизи нагрузки сопровождается протеканием в экранах меньших по величине токов, чем при КЗ вблизи от центра питания.

5.8 При выборе сечения экрана кабеля и проверке его термической стойкости необходимо ориентироваться на большее из двух значений токов КЗ. В кабельных сетях следует рассматривать различные виды КЗ:

- двойное короткое замыкание К(1,1);
- однофазное короткое замыкание К(1);
- двухфазное К(2) или трёхфазное К(3) короткое замыкание.

5.9 При заземлении экрана двухфазное короткое замыкание без земли К(2) внутри кабеля принципиально невозможно.

Трёхфазное повреждение изоляции кабеля К(3) является маловероятным.

Однофазное короткое замыкание К(1) в сетях с изолированной нейтралью (10-35 кВ) сопровождается протеканием лишь емкостных токов.

5.10 При выборе сечения экрана в сетях с изолированной нейтралью расчетным является двойное повреждение изоляции К(1,1), причем наиболее вероятным является повреждение изоляции двух фаз различных

6. Требования к условиям прокладки кабеля

6.1 Общие требования к условиям прокладки кабеля

6.1.1 Способы прокладки кабелей, трассы кабельных линий, глубина заложения кабелей и расстояния между отдельными кабельными линиями определяются на этапе проектирования.

6.1.2 Кабели с изоляцией из СПЭ всех марок допускают прокладку на трассах без ограничения разности уровней.

6.1.3 При прокладке кабелей в земле рекомендуется в одной траншее прокладывать не более шести силовых кабелей. При большем количестве кабелей рекомендуется прокладывать их в отдельных траншеях с расстоянием между группами кабелей не менее 0,5 м или в каналах, туннелях, по эстакадам и в галереях.

6.1.4 При прокладке 20 и более кабелей, идущих в одном направлении рекомендуется использовать туннели, галереи или эстакады.

6.1.5 Прокладка кабелей в блоках применяется в условиях большой стесненности по трассе, в местах пересечений с железнодорожными путями и проездами, при вероятности разлива металла.

6.1.6 На территории подстанций и распределительных устройств кабельные линии должны прокладываться в туннелях, коробах, каналах, трубах, траншеях, наземных железобетонных лотках, галереях и по эстакадам.

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

По улицам и площадям, насыщенным подземными коммуникациями, прокладку КЛ в количестве 10 и более в потоке рекомендуется производить в

коллекторах и кабельных туннелях. При пересечении улиц и площадей с усовершенствованными покрытиями и интенсивным движением транспорта КЛ должны прокладываться в блоках или трубах.

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

В зависимости от местных условий кабели могут прокладываться в земле (в траншеях) ниже деятельного слоя, в деятельном слое в сухих, хорошо дренирующих грунтах, в искусственных насыпях из сухих привозных грунтов, в лотках по поверхности земли и на эстакадах. Рекомендуется совместная прокладка кабелей с трубопроводами теплофикации, водопровода, канализации в специальных сооружениях (коллекторах).

Прокладка кабелей вблизи зданий не допускается. Ввод кабелей из траншеи в здание при отсутствии вентилируемого подполья должен выполняться выше нулевой отметки.

6.2 Требования к технологии прокладки кабеля

6.2.1 Прокладка кабелей должна выполняться специализированной монтажной организацией, имеющей соответствующее оборудование, приспособления, инструменты, материалы и квалифицированных специалистов, прошедших обучение на предприятии-изготовителе кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. Персонал строительной-монтажной организации должен быть аттестован на право прокладки кабелей и монтажа муфт с изоляцией из СПЭ.

Прокладка кабеля должна осуществляться в соответствии с проектом производства работ и инструкцией предприятия-изготовителя кабеля.

6.2.2 Число изгибов кабеля под углом до 90° на трассах прокладки должно быть не более 8 на строительную длину кабеля.

6.2.3 Тяжение кабеля во время прокладки должно производиться с применением кабельного чулка, закрепляемого на оболочке, или токопроводящей жиле клиновым захватом.

Усилия во время тяжения кабеля с алюминиевой жилой не должны превышать 30 Н/мм^2 , кабеля с медной жилой - 50 Н/мм^2 .

Скорость тяжения кабеля при прокладке в земле не должна превышать 30 м/мин. и выбирается в зависимости от характера трассы, погодных условий и усилий тяжения. Скорость тяжения кабеля при его прокладке в трубах и блоках должна быть не более 17 м/мин. Кабель необходимо протягивать по возможности без остановок для исключения больших начальных усилий тяжения.

6.2.4 Концы кабеля после отрезания должны быть уплотнены термоусаживаемыми капами для предотвращения проникновения в кабельную конструкцию влаги из окружающей среды. Во время прокладки кабелей должен быть обеспечен контроль состояния оболочек и защитных кап.

6.2.5 При прокладке кабельной линии кабели однофазного исполнения должны прокладываться параллельно и располагаться в одной плоскости или треугольником вплотную.

При параллельной прокладке кабелей в плоскости (в земле или воздухе) расстояния по горизонтали в свету между кабелями отдельной цепи должно быть не менее размера наружного диаметра кабеля.

Скрепление кабелей в треугольник должно осуществляться лентами, стяжками, хомутами или скобами из немагнитного материала. Шаг скрепления, тип, конструкция и материал креплений определяется проектом.

При выборе шага скрепления кабелей, прокладываемых в земле, следует учитывать, что скрепленные в треугольник кабели не должны менять своего положения при засыпке их грунтом.

6.2.6 Кабели, не связанные в треугольник, должны прокладываться так, чтобы вокруг каждого из них не было замкнутых металлических контуров из магнитных материалов.

Запрещается использование магнитных материалов для бандажей, крепежных или иных изделий, охватывающих кабели по замкнутому контуру. Бирки на кабель рекомендуется крепить капроновыми, пластмассовыми нитями или проволоками из немагнитных материалов.

6.2.7 При прокладке нескольких кабелей в траншее концы кабелей, предназначенных для последующего монтажа соединительных муфт, следует располагать со сдвигом мест соединений на соседних кабелях не менее, чем на 2 м. При этом должен быть оставлен запас кабеля длиной необходимой для монтажа муфты, а также укладки дуги компенсатора (длиной на каждом кабеле не менее 35 см для кабелей напряжением 10 кВ и не менее 40 см для кабелей напряжением 20-35 кВ). Укладывать запас кабеля в виде колец (витков) не допускается.

6.2.8 Кабели следует прокладывать без предварительного подогрева при температуре не ниже:

- минус 20 °С для кабелей с оболочкой из полиэтилена;
- минус 15 °С для кабелей с оболочкой из поливинилхлоридного пластика;
- минус 20 °С для кабелей с оболочкой пониженной горючести и с полимерной композицией, не содержащей галогенов;
- минус 15 °С для кабелей с оболочкой поливинилхлоридной композиции пониженной горючести и низким выделением газа и дыма.

При температурах до минус 40 °С прокладка кабеля допускается только после его предварительного прогрева.

Прокладка кабеля при температуре ниже минус 40 °С запрещается.

Кабель должен быть подогрет перед прокладкой в теплом помещении (с температурой около 20 °С) в течение 48 ч или с использованием специального оборудования.

Продолжительность прогрева кабеля при температуре плюс (5-10) °С трое суток, при температуре плюс (10-25) °С одни сутки, при температуре плюс (25-40) °С не менее 18 ч. Контроль температуры должен производиться термометром, установленным на витках кабеля.

Не допускается обогрев с применением открытого пламени.

6.2.9 Прокладка кабеля должна быть выполнена в срок не более 30 мин. после прогрева, после чего кабель должен быть немедленно засыпан первым слоем песчано-гравийной смеси или разрыхленного грунта. Окончательную засыпку и уплотнение грунта производят после охлаждения кабеля.

6.2.10 Проходы кабелей однофазного исполнения через стены, перегородки и перекрытия в производственных помещениях и кабельных сооружениях должны быть осуществлены через отрезки труб из немагнитного материала, отверстия в железобетонных конструкциях или открытые проемы.

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

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

6.2.12 Для защиты кабеля при пересечении дорог, инженерных сооружений и естественных препятствий, а также для изготовления кабельных блоков должны быть применены асбоцементные, керамические, пластмассовые трубы или трубы из иного изоляционного немагнитного материала.

Допускается применение труб из магнитных материалов при прокладке кабельной линии в трубе треугольником вплотную. В последнем случае следует учитывать снижение пропускной способности КЛ, связанное с намагничиванием металлической трубы.

Прокладка кабелей двух фаз в одну трубу не допускается из-за снижения длительно допустимой токовой нагрузки кабельной линии.

Прокладка кабеля одной фазы в металлической трубе из магнитного материала **запрещается**.

Внутренний диаметр трубы при прокладке одного кабеля должен быть не менее 1,5- B_H (но не менее 50 мм при длине труб до 5 м и не менее 100 мм при большей длине труб). Внутренний диаметр трубы при прокладке трех кабелей треугольником вплотную должен быть не менее 3 B_H (но не менее 150 мм).

Трубы должны быть соединены муфтами или манжетами из немагнитного материала, если они будут охватывать замкнутым контуром кабель одной фазы, проложенной в соединяемых трубах.

Запрещается использовать для соединения труб стальные патрубки.

6.2.13 При прокладке кабеля под железными дорогами, трамвайными путями, шоссейными магистралями укладка асбоцементных, керамических или пластмассовых труб, предназначенных для кабеля, производится в металлической трубе. Свободное пространство в металлической трубе между асбоцементными, керамическими или пластмассовыми трубами заполняется бетоном. Диаметр, длина и способ прокладки металлической трубы определяются проектом.

6.2.14 При прокладке кабеля с изоляцией из СПЭ и оболочкой из горючего полиэтилена на воздухе в кабельных сооружениях и производственных помещениях проектом должно быть предусмотрено нанесение влагостойких огнезащитных покрытий на оболочку. Срок службы покрытий должен быть не менее 40 лет.

6.2.15 Кабели в кабельных сооружениях рекомендуется прокладывать целыми строительными длинами, избегая применения соединительных муфт.

Соединительные муфты кабелей, прокладываемых в блоках, должны быть расположены в колодцах.

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

6.2.16 Каналы кабельных блоков, трубы, выход из них, а также их соединения должны иметь обработанную и очищенную поверхность для предотвращения механических повреждений оболочек кабелей при протяжке. На выходах кабелей из блоков в кабельные сооружения и камеры должны предусматриваться меры, предотвращающие повреждение оболочек от истирания и растрескивания.

Для уменьшения усилий тяжения при протягивании кабелей через трубы и блочные каналы следует покрывать поверхности кабелей смазкой, не содержащей веществ, вредно действующих на защитную оболочку кабелей.

При протяжке в трубу или канал блока трех фаз кабелей однофазного исполнения запрещается последовательная протяжка отдельных кабелей с использованием стального троса из-за возможности повреждения тросом уже проложенных кабелей. При длине труб до 20 м возможна последовательная протяжка отдельных кабелей вручную с использованием веревки.

6.2.17 Для обеспечения требуемой эксплуатационной надежности и электромагнитной совместимости подводных КЛ с ихтиофауной пересекаемых водоемов конструкция КПИ, способы подводной прокладки и режим их эксплуатации определяются на стадии проектирования КЛ с учетом конкретных условий прокладки и должны быть согласованы с предприятием-изготовителем кабеля.

6.3 Прокладка кабельных линий в земле

6.3.1 При прокладке КЛ непосредственно в земле кабели должны прокладываться в траншеях и иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака. Толщина слоя засыпки определяется проектом.

При рытье траншеи землеройным механизмом с шириной фрезы менее 250 мм, а также для одного кабеля (вдоль трассы кабельной линии) кабели на всем протяжении линии должны быть защищены от механических повреждений. Для защиты следует применять:

- железобетонные плиты толщиной не менее 50 мм;
- пластиковые защитно-сигнальными щиты;

- глиняные обыкновенные кирпичи в один слой поперек трассы кабелей.

Применение силикатного, а также глиняного пустотелого или дырчатого кирпича не допускается.

6.3.2 При прокладке на глубине 1-1,2 м кабели напряжением 10-20 кВ допускается не защищать от механических повреждений.

Асфальтовые покрытия улиц рассматриваются как места, где разрывы производятся в редких случаях. Для КЛ напряжением 10-20 кВ, кроме линий, питающих электропринимающие установки I категории, допускается в траншеях с количеством кабельных линий не более двух применять вместо кирпича сигнальные пластмассовые ленты.

6.3.3 Глубина заложения кабельных линий от планировочной отметки должна быть не менее 0,7 м для КЛ напряжением 10-20 кВ; 1 м - для КЛ напряжением 35 кВ; при пересечении улиц и площадей независимо от напряжения - 1 м.

Допускается уменьшение глубины до 0,5 м на участках длиной до 5 м при вводе кабельных линий в здания, а также в местах пересечения их с подземными сооружениями при условии защиты кабелей от механических повреждений.

Прокладка КЛ напряжением 10 кВ по пахотным землям должна производиться на глубине не менее 1 м, при этом полоса земли над трассой может быть занята под посевы.

6.3.4 Расстояние в свету от кабеля, проложенного непосредственно в земле, до фундаментов зданий и сооружений должно быть не менее 0,6 м.

Прокладка кабелей непосредственно в земле под фундаментами зданий и сооружений не допускается.

6.3.5 При параллельной прокладке КЛ расстояние по горизонтали в свету между кабелями должно быть не менее:

- 100 мм между силовыми кабелями 10 кВ, а также между ними и контрольными кабелями;
- 250 мм между кабелями 20-35 кВ и между ними и другими кабелями;
- 500 мм между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями, а также между силовыми кабелями и кабелями связи;

Допускается в случаях необходимости по согласованию между эксплуатирующими организациями с учетом местных условий уменьшение указанных расстояний.

6.3.6 При прокладке КЛ в зоне насаждений расстояние от кабелей до стволов деревьев должно быть, как правило, не менее 2 м. Допускается по согласованию с организацией, в ведении которой находятся зеленые насаждения, уменьшение этого расстояния при условии прокладки кабелей в трубах.

При прокладке кабелей в пределах зеленой зоны с кустарниковыми посадками указанные расстояния допускается уменьшить до 0,75 м.

6.3.7 При параллельной прокладке расстояние по горизонтали в свету от кабельных линий до трубопроводов, водопровода, канализации и дренажа

должно быть не менее 1 м; до газопроводов низкого (0,0049 МПа), среднего (0,294 МПа) и высокого давления (0,294-0,588 МПа) - не менее 1 м; до газопроводов высокого давления (0,588-1,176 МПа) - не менее 2 м.

Допускается уменьшение указанных расстояний при прокладке КЛ в стесненных условиях до 0,5 м без специальной защиты кабелей и до 0,25 м при прокладке кабелей в трубах (за исключением расстояний до трубопроводов с горючими жидкостями и газами).

6.3.8 При прокладке кабельной линии параллельно с теплопроводом расстояние в свету между кабелем и стенкой канала теплопровода должно быть не менее 2 м или теплопровод на всем участке сближения с КЛ должен иметь такую тепловую изоляцию, чтобы дополнительный нагрев земли теплопроводом в месте прохождения кабелей в любое время года не превышал 10 °С для КЛ напряжением 10 кВ и 5 °С - для КЛ напряжением 20-35 кВ.

6.3.9 При прокладке кабельной линии параллельно с железными дорогами кабели должны прокладываться, как правило, вне зоны отчуждения дороги.

6.3.10 При прокладке кабельной линии параллельно с трамвайными путями расстояние от кабеля до оси трамвайного пути должно быть не менее 2,75 м. В стесненных условиях допускается уменьшение этого расстояния при условии, что кабели на всем участке сближения будут проложены в изолирующих блоках или трубах.

6.3.11 При прокладке кабельной линии параллельно с автомобильными дорогами категорий I и II кабели должны прокладываться с внешней стороны кювета или подошвы насыпи на расстоянии не менее 1 м от бровки или не менее 1,5 м от бордюрного камня (смотри таблицу 6). Уменьшение указанного расстояния допускается в каждом отдельном случае по согласованию с соответствующими управлениями дорог.

6.3.12 Расстояние в свету от КЛ до заземленных частей и заземлителей опор ВЛ выше 1 кВ должно быть не менее 5 м. В стесненных условиях расстояние от КЛ до подземных частей и заземлителей отдельных опор ВЛ 1 кВ и выше допускается не менее 2 м; при этом расстояние от кабеля до вертикальной плоскости, проходящей через провод ВЛ, не нормируется.

Расстояние в свету от КЛ до опоры ВЛ 1 кВ и ниже должно быть не менее 1 м, а при прокладке кабеля на участке сближения в изолирующей трубе 0,5 м.

6.3.13 При пересечении кабельными линиями других кабелей они должны быть разделены слоем земли толщиной не менее 0,5 м; это расстояние в стесненных условиях может быть уменьшено до 0,15 м при условии разделения кабелей на всем участке пересечения плюс по 1 м в каждую сторону плитами или трубами из бетона или другого равнопрочного материала; при этом кабели связи должны быть расположены выше силовых кабелей.

6.3.14 При пересечении кабельными линиями трубопроводов, в том числе, нефте- и газопроводов, расстояние между кабелями и трубопроводом должно быть не менее 0,5 м. Допускается уменьшение этого расстояния до

0,25 м при условии прокладки кабеля на участке пересечения плюс не менее чем по 2 м в каждую сторону в трубах.

6.3.15 При пересечении КЛ напряжением до 35 кВ теплопроводов расстояние между кабелями и перекрытием теплопровода в свету должно быть не менее 0,5 м, а в стесненных условиях - не менее 0,25 м. При этом теплопровод на участке пересечения плюс по 2 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы температура земли не повышалась более чем на 10 °С по отношению к высшей летней температуре и на 15 °С по отношению к низшей зимней.

В случаях, когда указанные условия не могут быть соблюдены, допускается выполнение одного из следующих мероприятий:

- заглубление кабелей до 0,5 м вместо 0,7 м;
- применение кабельной вставки большего сечения;
- прокладка кабелей под теплопроводом в трубах на расстоянии от него не менее 0,5 м, при этом трубы должны быть уложены таким образом, чтобы замена кабелей могла быть выполнена без производства земляных работ (например, ввод концов труб в камеры).

6.3.16 При пересечении кабельными линиями железных и автомобильных дорог кабели должны прокладываться в туннелях, блоках или трубах по всей ширине зоны отчуждения на глубине не менее 1 м от полотна дороги и не менее 0,5 м от дна водоотводных канав. При отсутствии зоны отчуждения указанные условия прокладки должны выполняться только на участке пересечения плюс по 2 м по обе стороны от полотна дороги.

При пересечении кабельными линиями электрифицированных и подлежащих электрификации на постоянном токе железных дорог блоки и трубы должны быть изолирующими. Место пересечения должно находиться на расстоянии не менее 10 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей. Пересечение кабелей с путями электрифицированного рельсового транспорта должно производиться под углом 75-90° к оси пути.

В случае перехода КЛ в ВЛ кабель должен выходить на поверхность на расстоянии не менее 3,5 м от подошвы насыпи или от кромки полотна.

6.3.17 При пересечении кабельными линиями трамвайных путей кабели должны прокладываться в изолирующих блоках или трубах. Пересечение должно выполняться на расстоянии не менее 3 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей.

6.3.18 При пересечении кабельными линиями въездов для транспорта во дворы, гаражи и т. д. прокладка кабелей должна производиться в трубах.

6.3.19 При установке на кабельных линиях кабельных муфт расстояние в свету между корпусом кабельной муфты и ближайшим кабелем должно быть не менее 250 мм.

6.4 Прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях

6.4.1 Для изготовления кабельных блоков, а также для прокладки кабелей в трубах допускается применять стальные, чугунные асбестоцементные, бетонные, керамические и тому подобные трубы. При выборе материала для

блоков и труб следует учитывать уровень грунтовых вод и их агрессивность, а также наличие блуждающих токов.

6.4.2 Каждый кабельный блок должен иметь до 15 % резервных каналов, но не менее одного канала.

6.4.3 Глубина заложения в земле кабельных блоков и труб должна приниматься по местным условиям. Глубина заложения кабельных блоков и труб на закрытых территориях и в полах производственных помещений не нормируется.

6.4.4 При прокладке труб для КЛ непосредственно в земле наименьшие расстояния в свету между трубами и между ними и другими кабелями и сооружениями должны приниматься, как для кабелей, проложенных без труб.

При прокладке кабельных линий в трубах в полу помещения расстояния между ними принимаются, как для прокладки в земле.

6.4.5 В местах, где изменяется направление трассы кабельных линий, проложенных в блоках, и в местах перехода кабелей и кабельных блоков в землю должны сооружаться кабельные колодцы, обеспечивающие удобную протяжку кабелей и удаление их из блоков.

Колодцы должны сооружаться также на прямолинейных участках трассы на расстоянии один от другого, определяемом предельно допустимым значением тяжения кабелей. При числе кабелей до 10 переход кабелей из блоков в землю допускается осуществлять без кабельных колодцев.

6.4.6 При высоком уровне грунтовых вод на территории ОРУ следует отдавать предпочтение надземным способам прокладки кабелей. Надземные лотки и плиты для их покрытия должны быть выполнены из железобетона. Лотки должны быть уложены на специальных бетонных подкладках с уклоном не менее 0,2 % по спланированной трассе таким образом, чтобы не препятствовать стоку ливневых вод.

При применении кабельных лотков для прокладки кабелей должны обеспечиваться проезд по территории ОРУ и подъезд к оборудованию машин и механизмов, необходимых для выполнения ремонтных и эксплуатационных работ. Для этой цели должны быть устроены переезды через лотки установкой железобетонных плит с учетом нагрузки от проходящего транспорта. При применении кабельных лотков не допускается прокладка кабелей под дорогами и переездами в трубах, каналах и траншеях, расположенных ниже лотков.

Выход кабелей из лотков к шкафам управления и защиты должен выполняться в трубах, не заглубляемых в землю. Прокладка кабельных перемычек в пределах одной ячейки ОРУ допускается в траншее, причем применение в этом случае труб для защиты кабелей при подводке их к шкафам управления и релейной защиты не рекомендуется.

6.4.7 Кабельные сооружения всех видов должны выполняться с учетом возможности дополнительной прокладки кабелей в размере 15 % количества кабелей, предусмотренного проектом (замена кабелей в процессе монтажа, дополнительная прокладка в последующей эксплуатации).

6.4.8 Кабельные этажи, туннели, галереи, эстакады и шахты должны быть отделены от других помещений и соседних кабельных сооружений

несгораемыми перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Такими же перегородками протяженные туннели должны разделяться на отсеки длиной не более 150 м при наличии силовых и контрольных кабелей. Площадь каждого отсека двойного пола должна быть не более 600 м².

Двери в кабельных сооружениях и перегородках с пределом огнестойкости 0,75 ч должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч.

Выходы из кабельных сооружений должны предусматриваться наружу или в помещения с производствами категорий Г и Д. Количество и расположение выходов из кабельных сооружений должно определяться, исходя из местных условий, но их должно быть не менее двух. При длине кабельного сооружения не более 25 м допускается иметь один выход.

Проходные кабельные эстакады с мостиками обслуживания должны иметь входы с лестницами. Расстояние между входами должно быть не более 150 м. Расстояние от торца эстакады до входа на нее не должно превышать 25 м.

Входы должны иметь двери, предотвращающие свободный доступ на эстакады лицам, не связанным с обслуживанием кабельного хозяйства. Двери должны иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны эстакады.

Расстояние между входами в кабельную галерею должно быть не более 150 м.

Наружные кабельные эстакады и галереи должны иметь несущие строительные конструкции из железобетона с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч или стального проката с пределом огнестойкости не менее 25 ч.

Кабельные галереи должны делиться на отсеки несгораемыми противопожарными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Длина отсеков галерей должна быть не более 150 м при прокладке в них кабелей до 35 кВ. На наружные кабельные галереи, закрытые частично, указанные требования не распространяются.

6.4.9 Кабельные каналы и двойные полы в распределительных устройствах и помещениях должны перекрываться съемными несгораемыми плитами. В электромашиных и тому подобных помещениях каналы рекомендуется перекрывать рифленой сталью, а в помещениях щитов управления с паркетными полами - деревянными щитами с паркетом, защищенными снизу асбестом и по асбесту жестью. Перекрытие каналов и двойных полов должно быть рассчитано на передвижение по нему соответствующего оборудования.

6.4.10 Кабельные каналы вне зданий должны быть засыпаны поверх съемных плит слоем земли толщиной не менее 0,3 м. На огражденных территориях засыпка кабельных каналов землей поверх съемных плит не обязательна. Масса отдельной плиты перекрытия, снимаемой вручную, не должна превышать 70 кг. Плиты должны иметь приспособление для подъема.

6.4.11 На участках, где могут быть пролиты расплавленный металл, жидкости с высокой температурой или же вещества, разрушающе действующие на металлические оболочки кабелей, сооружение кабельных каналов не

допускается. На указанных участках не допускается также устройство люков в коллекторах и туннелях.

6.4.12 Подземные туннели вне зданий должны иметь поверх перекрытия слой земли толщиной не менее 0,5 м.

6.4.13 При совместной прокладке кабелей и теплопроводов в сооружениях дополнительный нагрев воздуха теплопроводом в месте расположения кабелей в любое время года не должен превышать 5 °С, для чего должны быть предусмотрены вентиляция и теплоизоляция на трубах.

6.4.14 В кабельных сооружениях кабели рекомендуется прокладывать целыми строительными длинами.

На наружных кабельных эстакадах и в наружных закрытых частично кабельных галереях установка разделительных перегородок не требуется. При этом взаимно резервирующие силовые КЛ (за исключением линий к электропринимающим установкам особой группы I категории) следует прокладывать с расстоянием между ними не менее 600 мм и рекомендуется располагать: на эстакадах по обе стороны пролетной несущей конструкции (балки, фермы); в галереях по разным сторонам от прохода.

6.4.15 В местах, насыщенных подземными коммуникациями, допускается выполнение полупроходных туннелей высотой не менее 1,5 м, при условии выполнения следующих требований: напряжение кабельных линий должно быть не выше 10 кВ; протяженность туннеля должна быть не более 100 м; на концах туннеля должны быть выходы или люки.

6.4.16 Высота кабельных колодцев должна быть не менее 1,8 м; высота камер не нормируется.

Береговые колодцы на подводных переходах должны иметь размеры, обеспечивающие размещение резервных кабелей.

6.4.17 Люки кабельных колодцев и туннелей должны иметь диаметр не менее 650 мм и закрываться двойными металлическими крышками, из которых нижняя должна иметь приспособление для закрывания на замок, открываемый со стороны туннеля без ключа. Внутри помещений применение второй крышки не требуется.

6.4.18 На соединительных муфтах силовых кабелей в туннелях, кабельных этажах и каналах должны быть установлены специальные защитные кожухи для локализации пожаров и взрывов.

6.4.19 Кабельные сооружения, за исключением эстакад, колодцев для соединительных муфт, каналов и камер, должны быть обеспечены естественной или искусственной вентиляцией, причем вентиляция каждого отсека должна быть независимой.

6.4.20 Наименьшие расстояния в свету от кабельных эстакад и галерей до зданий и сооружений должны соответствовать приведенным в таблице 7 значениям.

Пересечение кабельных эстакад и галерей с воздушными линиями электропередачи, внутризаводскими железными и автомобильными дорогами, пожарными проездами, канатными дорогами, воздушными линиями связи и ра-

диовещания и трубопроводами рекомендуется выполнять под углом не менее 30°.

При параллельном следовании эстакад и галерей с воздушными линиями связи и радиовещания наименьшие расстояния между кабелями и проводами линии связи и радиофикации определяются на основании расчета влияния кабельных линий на линии связи и радиовещания.

Наименьшая высота кабельной эстакады и галереи в непроезжей части территории промышленного предприятия должна приниматься из расчета возможности прокладки нижнего ряда кабелей на уровне не менее 2,5 м от планировочной отметки земли.

6.4.21 Вне кабельных сооружений допускается прокладка кабелей на недоступной высоте (не менее 2 м).

На меньшей высоте прокладка кабелей допускается при условии защиты их от механических повреждений.

Таблица 10 - Наименьшее расстояние для кабельных сооружений

Расстояние	Наименьшие размеры при прокладке, м	
	в туннелях, галереях, кабельных этажах и на эстакадах	в кабельных каналах и двойных полах
Высота в свету	1,8	Не ограничивается, но не более 1,2 м
По горизонтали в свету между конструкциями при двустороннем их расположении (ширина прохода)	1,0	0,3 при глубине до 0,6 м; 0,45 при глубине 0,6-0,9 м; 0,6 при глубине более 0,9 м
По горизонтали в свету от конструкции до стены при одностороннем расположении (ширина прохода)	0,9	То же
По вертикали между горизонтальными конструкциями ¹⁾ :		
для силовых кабелей напряжением:		
10 кВ	0,20	0,15
20-35 кВ	0,25	0,20
Между опорными конструкциями (консолями) по длине сооружения	0,8-1,0	
По вертикали и горизонтали в свету между одиночными силовыми кабелями напряжением 10-35 кВ ²⁾	Не менее диаметра кабеля	
По горизонтали между контрольными кабелями и кабелями связи ²⁾	Не нормируется	
Примечание		
1) Полезная длина консоли должна быть не более 0,5 м на прямых участках трассы.		
2) В том числе для кабелей, прокладываемых в кабельных шахтах.		

6.4.22 Отдельные фазы кабелей при прокладке в плоскости или 3 фазы вместе при прокладке в треугольнике должны крепиться к несущим металлоконструкциям при помощи полимерных креплений, которые позволяют избежать повреждений кабелей от воздействия электродинамических сил при протекании токов КЗ.

Механические свойства креплений и частота их установки определяются исходя из токов КЗ. При прокладке в треугольник дополнительно допускается применение специальных армированных полимерных лент для скрепления фаз кабельной линии. При открытой прокладке, крепления должны обладать стойкостью к атмосферным воздействиям и солнечной радиации.

6.4.22 Несущие конструкции кабельных линий должны быть рассчитаны на воздействие электродинамических нагрузок при протекании токов КЗ.

Срок службы металлоконструкций должен соответствовать сроку службы кабельной линии, при условии сохранения несущей способности металлоконструкции. Для исключения коррозии рекомендуется применение оцинкованных металлоконструкций.

6.5 Подводная прокладка кабельных линий

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

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

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

6.5.4 При пересечении кабельными линиями рек и каналов кабели, как правило, должны заглубляться в дно на глубину не менее 1 м на прибрежных и мелководных участках.

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

6.5.5 Расстояние между кабелями, заглубляемыми в дно рек, каналов с шириной водоема до 100 м, рекомендуется принимать не менее 0,25 м. Вновь сооружаемые подводные кабельные линии должны прокладываться на рассто-

янии от действующих кабельных линий не менее 1,25 глубины водоема, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды.

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

При параллельной прокладке кабельных линий под водой расстояние по горизонтали в свету должно быть не менее 1,25 глубины, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды, но не менее 20 м.

Расстояние по горизонтали от кабелей, заглубляемых в дно рек, каналов и других водоемов, до нефтепроводов и газопроводов должно определяться проектом в зависимости от вида работ по углублению дна, выполняемых при прокладках трубопроводов и кабелей, но быть не менее 50 м.

Допускается уменьшить эту величину до 15 м по согласованию с организациями, которые обслуживают кабельные линии и трубопроводы.

6.5.6 На берегах без усовершенствованных набережных в месте подводного кабельного перехода должен быть предусмотрен резерв кабельной линии в виде восьмёрки протяжённостью не менее 10 м при речной и 30 м при морской прокладке. На усовершенствованных набережных кабели должны прокладываться в трубах. В месте выхода кабелей, как правило, должны быть устроены кабельные колодцы. Верхний конец трубы должен входить в береговой колодец, а нижний находиться на глубине не менее 1 м от наименьшего уровня воды. На береговых участках трубы должны быть прочно заделаны.

6.5.7 В местах, где русло и берега подвержены размыву, необходимо принять меры против обнажения кабелей при ледоходах и наводнениях путем укрепления берегов.

6.5.8 Пересечение кабелей между собой под водой запрещается.

6.5.9 При прокладке в воде трех и более кабелей трехфазного исполнения до 35 кВ должен быть предусмотрен один резервный кабель на каждые три рабочих. При прокладке в воде кабельных линий из однофазных кабелей должен быть предусмотрен резерв: для одной линии - одна фаза, для двух линий - две фазы, для трех и более - по проекту, но не менее двух фаз. Резервные фазы должны быть проложены таким образом, чтобы они могли быть использованы взамен любой из действующих рабочих фаз.

6.6 Применение кабелей из сшитого полиэтилена во взрывоопасных зонах

6.6.1 Кабельные линии выполняются не распространяющими горение.

6.6.2 Кабели должны иметь сертификат пожарной безопасности с обязательным указанием категории по нераспространению горения.

6.6.3 Кабели из сшитого полиэтилена, которым присвоен индекс «нг» (не распространяющие горение), а так же «нг-LS» или «нг- HF» разрешается применять в кабельных сооружениях в пожароопасных и взрывоопасных зонах всех классов.

Так как негорючие кабели с индексом «нг», «нг-LS», «нг-HF» имеют разные классы распространения горения, поэтому крепление того или иного типа кабеля, в пожароопасных и взрывоопасных зонах, определяются проектом.

6.6.4 Производители кабелей из сшитого полиэтилена должны указывать допустимую нагрузку кабелей соответствующую допустимой температуре проводников, при одиночной прокладке на воздухе или в земле.

6.6.5 В соответствии с требованиями раздела 5.3 ГОСТ Р 51330.13 «Электрооборудование взрывозащищенное. Электроустановки во взрывоопасных зонах» во взрывоопасных зонах опасных по газу максимальная температура любых элементов кабельных линий не должна превышать температуры самовоспламенения взрывоопасной смеси.

При отсутствии необходимых обоснований в пожароопасных и взрывоопасных зонах допустимые нагрузки для кабелей из сшитого полиэтилена следует принимать не выше, чем для кабелей с изоляцией из винилхлорида, установленных требованиями главы 1.3 «Правил устройства электроустановок» шестого издания или МЭК 60364-5-52.

6.6.7 Применение кабелей из сшитого полиэтилена не имеющих индекса «нг» в пожароопасных и взрывоопасных зонах не допускается.

6.6.8 Для соединения кабелей из сшитого полиэтилена следует использовать кабельные муфты, не распространяющие горение. Не распространение горения должно подтверждаться сертификатом пожарной безопасности.

6.6.9 При расчете значений допустимых нагрузок кабелей рекомендуется использовать временные указания Ассоциации «Росэлектромонтаж» по выбору сечения проводников по нагреву.

7. Требования к выбору, монтажу и эксплуатации кабеля

7.1 Требования к выбору кабеля

7.1.1 Для кабелей, хранящихся на складах более 6 месяцев, не имеющих технического паспорта, а также для всех кабелей зарубежных фирм, применимость кабелей для прокладки в сети с определенным уровнем изоляции решается на основании осмотра, измерения элементов образцов и проведения испытаний.

7.1.2 Для кабельных линий, проходящих в различных грунтах и условиях окружающей среды, выбор конструкции и сечения кабелей следует производить по участку с наиболее тяжелыми условиями, если длина участков с более легкими условиями не превышает строительной длины кабеля.

При значительной длине отдельных участков трассы с различными условиями прокладки для каждого из них следует выбирать соответствующие конструкции и сечения кабелей.

7.1.3 Для кабельных линий, проходящих в грунтах с различными условиями охлаждения, сечения кабелей должны выбираться по участку трассы с худшими условиями охлаждения, если длина его составляет более 10 м.

7.1.4 Кабели должны обладать необходимой стойкостью к механическим воздействиям при прокладке во всех видах грунтов, при протяжке в блоках и трубах, а также стойкостью по отношению к тепловым и механическим воздействиям при эксплуатационно-ремонтных работах.

7.1.5 В местах пересечения кабельными линиями болот кабели должны выбираться с учетом геологических условий, а также химических и механических воздействий.

7.1.6 Для прокладки в почвах, подверженных смещению, должны приниматься меры по устранению усилий, действующих на кабель при смещении почвы (укрепление грунта шпунтовыми или свайными рядами).

7.1.7 Сечение одножильных кабелей должно выбираться с учетом дополнительного нагрева токами, наводимыми в экранах.

Должны быть также выполнены мероприятия по обеспечению равного распределения тока между параллельно включенными кабелями и безопасного прикосновения к их экранам, исключению нагрева находящихся в непосредственной близости металлических частей и надежному закреплению кабелей в изолирующих клицах.

7.2 Требования к монтажу кабеля

7.2.1 Соединительные и концевые муфты для кабелей

7.2.2 При соединении и оконцевании силовых кабелей следует применять конструкции и марки муфт, соответствующие условиям их работы и окружающей среды. Концевые и соединительные муфты на КЛ должны быть выполнены так, чтобы кабели были защищены от проникновения в них влаги и других вредно действующих веществ из окружающей среды и чтобы муфты выдерживали испытательные напряжения для КЛ и соответствовали требованиям нормативно-технической документации.

7.2.3 Для кабельных линий концевые и соединительные муфты должны применяться в соответствии с действующей технической документацией на муфты, утвержденной в установленном порядке.

7.2.4 Число соединительных муфт на 1 км вновь строящихся кабельных линий с использованием одножильных кабелей должно быть не более 2 штук.

Использование маломерных отрезков кабелей для сооружения протяженных кабельных линий не допускается.

7.3 Требования к арматуре для прокладки кабеля

7.3.1 При сооружении КЛ необходимо применять соединительные и концевые кабельные муфты, электрические и механические свойства которых соответствуют аналогичным параметрам кабеля.

7.3.2 Материалы, применяемые для кабельной арматуры, должны быть устойчивыми к воздействию внешних факторов среды, в которой проходит кабельная линия (устойчивость к трингу и эрозии, обладать высокими диэлектрическими свойствами) и предназначены для прокладки в любых климатических и производственных условиях.

Срок службы кабельной арматуры должен быть не менее 30 лет.

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

Установка муфт должна обеспечивать герметичность и отсутствие воздушных включений.

Применение муфт различных фирм-изготовителей должно быть согласовано с предприятием-изготовителем кабеля.

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

7.4 Требования к методам и устройствам диагностики кабеля

Для диагностики кабелей с изоляцией из СПЭ следует:

- применять неразрушающие методы испытаний и диагностики технического состояния изоляционной системы кабеля;
- прогнозировать остаточный ресурс и проводить профилактические испытания кабеля на основе мониторинга технического состояния изоляции кабеля.

8. Особенности проектирования кабельных линий электропередачи с кабелем с изоляцией из сшитого полиэтилена

8.1 Над кабельными линиями в соответствии с действующими правилами охраны электрических сетей должны устанавливаться охранные зоны в размере площадки над кабелями по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей и на 1 м в сторону проезжей части улицы.

8.2 Для подводных кабельных линий в соответствии с действующими правилами охраны электрических сетей должна быть установлена охранный зона, определяемая параллельными прямыми на расстоянии 100 м от крайних кабелей.

Охранные зоны кабельных линий используются с соблюдением требований правил охраны электрических сетей.

8.3 Трасса кабельной линии должна выбираться с учетом наименьшего расхода кабеля, обеспечения его сохранности при механических воздействиях, перегрева и от повреждений соседних кабелей электрической дугой при возникновении короткого замыкания на одном из кабелей. При размещении кабелей следует избегать перекрещивания их между собой и с трубопроводами.

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

- кабели должны быть уложены с запасом по длине, достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самих кабелей и конструкций, по которым они проложены; укладывать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается;

- кабели, проложенные горизонтально по конструкциям, стенам и перекрытиям должны быть жестко закреплены в конечных точках, непосредственно у концевых заделок, с обеих сторон изгибов и у соединительных и стопорных муфт;
- кабели, проложенные вертикально по конструкциям и стенам, должны быть закреплены так, чтобы была предотвращена деформация оболочек и не нарушались соединения жил в муфтах под действием собственного веса кабелей;
- конструкции, на которые укладываются кабели, должны быть выполнены таким образом, чтобы была исключена возможность механического повреждения оболочек кабелей; в местах жесткого крепления оболочки этих кабелей должны быть предохранены от механических повреждений;
- кабели, расположенные в местах, где возможны механические повреждения (передвижение автотранспорта, механизмов и грузов, доступность для посторонних лиц), должны быть защищены по высоте на 2 м от уровня пола или земли и на 0,3 м в земле;
- при прокладке кабелей рядом с другими кабелями, находящимися в эксплуатации, должны быть приняты меры для предотвращения повреждения последних;
- кабели должны прокладываться на расстоянии от нагретых поверхностей, предотвращающем нагрев кабелей выше допустимого, при этом должна предусматриваться защита кабелей от прорыва горячих веществ в местах установки задвижек и фланцевых соединений.

8.5 Конструкции подземных кабельных сооружений должны быть рассчитаны с учетом массы кабелей, грунта, дорожного покрытия и нагрузки от проходящего транспорта.

8.6 Кабельные сооружения и конструкции, на которых укладываются кабели, должны выполняться из негорючих материалов. Запрещается выполнение в кабельных сооружениях каких-либо временных устройств, хранение в них материалов и оборудования. Временные кабели должны прокладываться с соблюдением всех требований, предъявляемых к кабельным прокладкам, с разрешения эксплуатирующей организации.

8.7 Открытая прокладка КЛ должна производиться с учетом непосредственного действия солнечного излучения, а также тепловых излучений от различного рода источников теплоты. При прокладке кабелей на географической широте более 65° защита от солнечного излучения не требуется.

8.8 Радиусы внутренней кривой изгиба кабелей должны иметь по отношению к их наружному диаметру кратности, указанные в стандартах или технических условиях на соответствующие марки кабелей.

8.9 Радиусы внутренней кривой изгиба жил кабелей при выполнении кабельных заделок должны иметь по отношению к приведенному диаметру жил кратности, указанные в стандартах или технических условиях на соответствующие марки кабелей.

8.10 Усилия тяжения при прокладке кабелей и протягивании их в трубах определяются механическими напряжениями, допустимыми для жил и оболочек (экранов).

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

8.12 На трассе кабельной линии, проложенной в незастроенной местности, должны быть установлены опознавательные знаки, в том числе, в местах изменения направления трассы.

8.13 Выбор сечения токопроводящей жилы кабеля выполняется по величине допустимого длительного тока в нормальном режиме с учетом поправок на количество кабелей, допустимую перегрузку в послеаварийном режиме, температуру и тепловое сопротивление грунта.

При этом необходимо выполнить расчеты кабеля на термическую стойкость при коротком замыкании и, при необходимости, - на потери и отклонение напряжения в линии.

Сечение жилы кабеля должно выбираться из условия роста электрических нагрузок потребителей на срок не менее 30 лет.

8.14 На стадии проектирования сечение экранов кабеля должны быть проверены расчетом на термическую стойкость при коротком замыкании с учетом развития сети на перспективу на срок не менее 30 лет.

Приложение 1.

Длительно допустимые токи нагрузки одножильных кабелей 6 и 10 кВ

Номинальное сечение жилы, мм ²	Ток нагрузки кабеля на напряжение 6 и 10 кВ при прокладке в земле, А							
	с медной жилой при расположении				с алюминиевой жилой при расположении			
	в плоскости		треугольником		в плоскости		треугольником	
	6	10	6	10	6	10	6	10
25	170	-	164	-	133	-	128	-
35	202	202	194	194	157	157	151	151
50	239	239	230	230	186	186	179	179
70	291	291	282	282	227	227	219	219
95	347	347	336	336	271	271	261	261
120	382	382	380	380	304	304	297	297
150	424	424	425	425	338	338	332	332
185	472	472	478	478	380	380	375	375
240	536	536	551	551	435	435	434	434
300	592	592	617	617	485	485	488	488
400	639	639	687	687	535	535	553	553
500	699	699	767	767	596	596	626	626
630	761	761	852	852	659	659	706	706
800	820	820	933	933	723	723	788	788
1000	-	876	-	983	-	759	-	821

Номинальное сечение жилы, мм ²	Ток нагрузки кабеля на напряжение 6 и 10 кВ при прокладке на воздухе, А			
	Кабель с медной жилой при расположении		Кабель с алюминиевой жилой при расположении	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
25	188	156	146	121
35	232	198	181	154
50	280	239	218	185
70	348	298	272	232
95	422	362	330	281
120	470	419	375	328
150	527	475	422	371
185	593	543	480	426
240	684	638	559	503
300	764	727	631	575
400	832	829	705	666
500	921	945	794	769
630	1016	1072	891	887
800	1110	1203	992	1013
1000	1200	1305	1072	1093

Приложение 2

Длительно допустимые токи нагрузки одножильных кабелей 20 и 35 кВ

Номинальное сечение жилы, мм ²	Ток нагрузки кабеля на напряжение 20 и 35 кВ при прокладке в земле, А			
	Кабели с медной жилой при расположении		Кабели с алюминиевой жилой при расположении	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
35	204	196	158	152
50	230	222	179	173
70	281	272	219	211
95	335	325	261	252
120	368	366	292	286
150	409	410	325	320
185	455	461	365	361
240	517	531	418	418
300	571	595	465	470
400	617	664	515	532
500	675	743	573	603
630	735	827	634	681
800	791	908	695	761

Номинальное сечение жилы, мм ²	Ток нагрузки кабеля на напряжение 20 и 35 кВ при прокладке на воздухе, А			
	Кабели с медной жилой при расположении		Кабели с алюминиевой жилой при расположении	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
35	235	201	183	156
50	280	247	218	192
70	348	307	271	239
95	421	372	328	289
120	470	428	373	334
150	528	485	420	378
185	595	553	477	433
240	688	650	557	510
300	770	739	629	582
400	845	844	707	674
500	939	963	798	778
630	1038	1094	898	896
800	1137	1229	1002	1024

Длительно допустимые токи нагрузки трехжильных бронированных и небронированных кабелей

Номинальное сечение жилы, мм ²	Ток нагрузки кабеля при прокладке на воздухе, А					
	Кабели с медной жилой			Кабели с алюминиевой жилой		
	6 кВ	10 кВ	20-35 кВ	6 кВ	10 кВ	20-35 кВ
25	150	-	-	117	-	-
35	184	178	184	143	138	143
50	217	213	217	169	165	168
70	271	265	267	211	206	208
95	335	322	321	260	249	250
120	387	370	366	301	288	286
150	442	420	414	344	326	322
185	510	481	475	395	375	370
240	597	566	560	465	442	437
300	681	648	644	534	507	501

Номинальное сечение жилы, мм ²	Ток нагрузки кабеля при прокладке в земле, А					
	Кабели с медной жилой			Кабели с алюминиевой жилой		
	6 кВ	10 кВ	20-35 кВ	6 кВ	10 кВ	20-35 кВ
25	157	-	-	122	-	-
35	186	181	186	145	140	143
50	221	213	218	172	165	169
70	270	261	265	210	203	206
95	322	312	318	250	242	247
120	369	355	360	287	276	277
150	418	399	401	325	309	312
185	475	451	458	370	351	356
240	551	523	528	430	408	411
300	630	590	606	492	463	472

При других расчетных температурах окружающей среды необходимо применять поправочные коэффициенты

Условия прокладки	Поправочные коэффициенты при температуре среды, °С											
	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Земля	1,13	1,1	1,06	1,03	1,0	0,97	0,93	0,89	0,86	0,82	0,77	0,73
Воздух	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1,0	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

Расчетный наружный диаметр кабеля

Марка кабеля и напряжение, кВ	Сечение, мм ²															
	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800	1000	
диаметры одножильных кабелей с круглыми жилами, мм																
(А)ПвП	6	20	21	22	24	26	27	29	30	33	36	40	43	47	51	-
(А)ПвПу	10	-	23	24	26	28	29	31	32	35	37	41	44	47	52	58
(А)ПвВ	20	-	27	29	30	32	34	35	37	39	42	45	48	52	56	-
(А)ПвВнг	35	-	-	35	37	39	40	42	43	46	48	52	54	58	63	-
(А)ПвВнг-LS (А)ПвПнг-НФ	6	22	23	25	27	28	30	32	33	36	39	43	47	50	55	-
	10	-	25	27	29	30	32	33	35	38	41	44	47	51	55	59
	20	-	30	31	33	35	37	38	40	43	45	49	52	55	60	-
	35	-	-	38	40	42	43	45	47	49	52	55	58	62	67	-
(А)ПвКсП (А)ПвКсВ (А)ПвКсВнг	6	28	28	30	31	33	34	36	37	39	42	46	50	53	57	-
	10	-	30	32	33	35	36	38	39	41	44	47	50	53	57	-
	20	-	34	36	37	39	40	42	43	45	48	51	54	57	62	-
	35	-	-	42	43	45	46	48	49	51	54	57	60	63	68	-
(А)ПвКсВнг-LS (А)ПвКсПнг-НФ	6	29	29	31	32	34	35	37	38	40	43	47	51	54	58	-
	10	-	31	33	34	36	37	39	40	42	45	48	51	54	58	-
	20	-	35	37	38	40	41	43	44	46	49	52	55	58	63	-
	35	-	-	43	44	46	47	49	50	52	55	58	61	64	69	-
диаметры трехжильных кабелей с круглыми жилами, мм																
А)ПвП (А)ПвПу (А)ПвВ (А)ПвВнг	6	40	42	45	49	53	56	59	63	69	75	-	-	-	-	-
	10	-	47	49	53	57	60	63	67	73	78	-	-	-	-	-
	20	-	56	59	63	67	70	73	77	82	-	-	-	-	-	-
	35	-	-	73	77	81	84	87	91	96	-	-	-	-	-	-
(А)ПвВнг-LS (А)ПвПнг-НФ	6	43	45	48	52	56	60	63	67	73	79	-	-	-	-	-
	10	-	50	53	57	60	64	67	71	77	82	-	-	-	-	-
	20	-	60	63	67	70	74	77	81	87	-	-	-	-	-	-
	35	-	-	77	81	85	88	92	96	101	-	-	-	-	-	-
(А)ПвБП (А)ПвБВ (А)ПвБВнг (А)ПвБВнг-LS (А)ПвБПнг-НФ	6	45	47	50	54	58	61	64	68	74	81	-	-	-	-	-
	10	-	51	54	58	62	65	68	72	78	83	-	-	-	-	-
	20	-	61	64	68	72	75	78	82	88	-	-	-	-	-	-
	35	-	75	78	82	86	90	93	97	103	-	-	-	-	-	-
диаметры трехжильных кабелей с секторными жилами, мм																
А)ПвП (А)ПвПу (А)ПвВ (А)ПвВнг (А)ПвВнг-LS	6-10						49	52	54	58						
(А)ПвБП (А)ПвБВ (А)ПвБВнг (А)ПвБВнг-LS (А)ПвБПнг-НФ	6-10						52	55	58	62						

Расчетная масса одного километра одножильных кабелей , кг/км

Марка и сечение, мм ²	Номинальное напряжение, кВ							
	АПвП				ПвП			
	6	10	20	35	6	10	20	35
25	510	-	-	-	660	-	-	-
35	560	625	790	-	770	840	1005	-
50	630	685	875	1195	935	1000	1185	1505
70	720	800	990	1325	1140	1220	1410	1745
95	830	907	1120	1475	1410	1485	1700	2055
120	935	1020	1235	1600	1660	1750	1965	2335
150	1130	1210	1450	1840	2060	2140	2380	2765
185	1270	1365	1600	2030	2395	2495	2730	3160
240	1490	1585	1845	2280	2950	3050	3300	3740
300	1840	1920	2195	2655	3660	3740	4015	4475
400	2220	2290	2590	3090	4650	4720	5020	5515
500	2600	2650	2970	3500	5635	5680	6000	6530
630	3070	3100	3450	4020	7000	7040	7385	7955
800	3665	3695	4100	4715	8740	8775	9180	9795
1000	-	5600	-	-	-	12200	-	-
	АПвВ, АПвВнг				ПвВ, ПвВнг			
25	540	-	-	-	690	-	-	-
35	590	660	840	-	800	875	1050	-
50	660	725	930	1265	970	1035	1240	1575
70	760	840	1045	1400	1180	1265	1465	1820
95	875	950	1180	1560	1455	1530	1760	2140
120	980	1075	1300	1690	1710	1800	2030	2420
150	1185	1270	1520	1930	2110	2195	2450	2860
185	1320	1425	1680	2130	2450	2555	2800	3255
240	1550	1655	1925	2385	3015	3120	3390	3845
300	1910	2000	2290	2770	3730	3820	4110	4590
400	2310	2380	2695	3220	4735	4805	5120	5645
500	2700	2750	3090	3640	5730	5780	6120	6670
630	3185	3220	3580	4175	7120	7150	7520	8110
800	3790	3825	4250	4890	8870	8905	9330	9975
1000	-	4225	-	-	10270	-	-	-
	АПвВнг-LS, АПвПнг-HF				ПвВнг-LS, ПвПнг-HF			
25	725	-	-	-	875	-	-	-
35	795	880	1095	-	1010	1090	1310	-
50	870	955	1200	1590	1175	1265	1510	1905
70	995	1090	1330	1765	1415	1510	1750	2185
95	1130	1225	1500	1940	1710	1805	2080	2524
120	1255	1365	1635	2090	1985	2090	2360	2820
150	1475	1570	1870	2345	2400	2495	2800	3270
185	1630	1765	2065	2585	2755	2895	3190	3715
240	1900	2020	2340	2865	3365	3480	3800	4330
300	2285	2405	2725	3300	4110	4225	4545	5130
400	2740	2820	3190	3790	5170	5250	5620	6220
500	3215	3245	3640	4275	6245	6275	6670	7310
630	3715	3750	4170	4920	7650	7685	8110	8855
800	4395	4430	4925	5660	9475	9510	10000	10740
1000	-	5310	-	-	-	11010	-	-

Продолжение приложения 5

Марка и сечение, мм ²	Номинальное напряжение, кВ							
	АПвПу				ПвПу			
	6	10	20	35	6	10	20	35
25	550	-	-	-	690	-	-	-
35	600	655	820	-	800	870	1030	-
50	670	715	905	1225	975	1030	1215	1535
70	750	840	1020	1355	1180	1250	1440	1775
95	870	940	1160	1505	1450	1525	1740	2095
120	975	1060	1275	1640	1710	1790	2005	2375
150	1180	1250	1500	1890	2110	2190	2430	2815
185	1320	1415	1650	2080	2445	2545	2780	3210
240	1540	1425	1905	2330	3000	3100	3350	3790
300	1900	1970	2245	2705	3700	3790	4065	4525
400	2280	2340	2640	3140	4700	4770	5070	5565
500	2680	2700	3020	3550	5685	5730	6050	6580
630	3120	3160	3500	4070	7050	7090	7435	8005
800	3715	3745	4150	4765	8790	8825	9230	9845
1000	-	4245	-	-	-	10325	-	-
	АПвКсП				ПвКсП			
25	930	-	-	-	1085	-	-	-
35	980	1095	1380	-	1200	1320	1600	-
50	1085	1200	1500	1980	1400	1520	1815	2295
70	1220	1340	1650	2150	1660	1780	2090	2590
95	1365	1490	1810	2330	1965	2090	2410	2930
120	1500	1630	1965	2495	2260	2390	2720	3255
150	1655	1790	2135	2685	2600	2740	3080	3630
185	1830	1970	2330	2890	2995	3140	3495	4060
240	2085	2220	2590	3180	3600	3730	4110	4695
300	2405	2510	2900	3515	4300	4410	4795	5410
400	2895	2970	3385	4040	5420	5500	5910	6565
500	3355	3395	3835	4515	6510	6550	6990	7675
630	3880	3925	4390	5110	7860	7900	8365	9085
800	4580	4625	5120	5890	9630	9680	10170	10940
	АПвКсВ, АПвКсВнг				ПвКсВ, ПвКсВнг			
25	1090	-	-	-	1250	-	-	-
35	1150	1275	1590	-	1370	1410	1710	-
50	1260	1395	1720	1980	1580	1615	1925	2555
70	1410	1540	1880	2150	1850	1885	2210	2860
95	1565	1705	2050	2330	2165	2200	2535	3210
120	1710	1855	2215	2495	2465	2500	2850	3540
150	1875	2020	2395	2685	2820	2855	3215	3930
185	2055	2210	2595	2890	3225	3265	3630	4370
240	2325	2470	2870	3180	3840	3860	4250	5015
300	2670	2780	3200	3515	4565	4545	4950	5750
400	3200	3280	3225	4040	5725	5655	6090	6945
500	3685	3730	4195	4515	6840	6725	7180	8080
630	4230	4280	4770	5110	8210	8085	8565	9510
800	4980	5030	5555	5885	10030	9890	10400	11420
	АПвКсВнг-LS, АПвКсПнг-HF				ПвКсВнг-LS, ПвКсПнг-HF			
25	1210	-	-	-	1350	-	-	-
35	1270	1405	1740	-	1480	1610	1710	-
50	1390	1530	1870	2415	1690	1825	1930	2710
70	1540	1680	2035	2600	1965	2110	2210	3020
95	1700	1850	2220	2800	2285	2430	2535	3375
120	1855	2005	2385	2980	2295	2745	2850	3715
150	2025	2180	2570	3185	2955	3110	3220	4110

Продолжение приложения 5

Марка и сечение, мм ²	Номинальное напряжение, кВ							
	АПвКсВнг-LS, АПвКсПнг-НФ				ПвКсВнг-LS, ПвКсПнг-НФ			
	6	10	20	35	6	10	20	35
185	2215	2380	2780	3410	3365	3525	3630	4555
240	2490	2640	3060	3715	3985	4140	4250	5210
300	2850	2970	3405	4080	4720	4840	4950	5950
400	3400	3485	3950	4670	5900	5985	6090	7160
500	3895	3940	4430	5180	7030	7075	7180	8310
630	4460	4510	5020	5810	8410	8455	8565	9750
800	5235	5285	5830	6665	10250	10305	10400	11680

Приложение 6

Расчетная масса одного километра трехжильных кабелей, кг/км

Марка и сечение, мм ²	Номинальное напряжение, кВ							
	АПвП, АПвВ, АПвВнг				ПвП, ПвВ, ПвВнг			
	6	10	20	35	6	10	20	35
25	1295	-	-	-	1750	-	-	-
35	1470	1705	2300	-	2110	2345	2940	-
50	1680	1935	2565	3695	2610	2865	3495	4625
70	2000	2280	2950	4150	3265	3540	4215	5415
95	2375	2640	3360	4620	4115	4380	5100	6365
120	2715	3000	3795	5075	4900	5185	5980	7260
150	3145	3440	4280	5620	5925	6220	7060	8395
185	3590	3945	4795	6250	6980	7335	8180	9635
240	4325	4635	5590	7085	8715	9025	9980	11475
300	5245	5505	-	-	10710	10970	-	-
	АПвВнг-LS, АПвПнг-НФ				ПвВнг-LS, ПвПнг-НФ			
25	2005	-	-	-	2460	-	-	-
35	2270	2645	3670	-	2910	3290	4310	-
50	2575	3000	4085	5970	3505	3930	5015	6900
70	3060	3520	4655	6680	4320	4785	5915	7945
95	3600	4040	5270	7410	5340	5780	7010	9150
120	4075	4570	5905	8060	6260	6755	8090	10250
150	4675	5165	6565	8850	7455	7945	9345	11630
185	5305	5895	7340	9785	8690	9280	10725	13175
240	6390	6900	8490	11040	10775	11285	12880	15430
300	7670	8090	-	-	13135	13555	-	-
	АПвБП, АПвБВ, АПвБВнг, АПвБВнг-LS, АПвБПнг-НФ				ПвБП, ПвБВ, ПвБВнг, ПвБВнг-LS, ПвБПнг-НФ			
25	2715	-	-	-	3170	-	-	-
35	3025	3475	4675	-	3665	4115	5320	-
50	3380	3880	5140	7275	4310	4810	6070	8205
70	3935	4475	5780	8060	5200	5735	7040	9320
95	4545	5055	6465	8855	6285	6795	8205	10595
120	5075	5645	7160	9565	7260	7830	9345	11750
150	5735	6300	7875	10415	8515	9075	10655	13195
185	6435	7100	8720	11420	9820	10485	12110	14810
240	7625	8200	9970	12775	12015	12585	14355	17160
300	9015	9485	-	-	14480	14950	-	-