

**ИНСТРУКЦИЯ  
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ КАБЕЛЕЙ  
С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА  
НА НАПРЯЖЕНИЕ 10, 20, 35 кВ**

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящая инструкция распространяется на кабельные линии, выполненные кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена на номинальное переменное напряжение тока 10, 20, 35 кВ номинальной частотой 50 Гц типа ПвП, АПвП, ПвПу, АПвПу, ПвПг, АПвПг, ПвПуг, АПвПуг, ПвП2г, АПвП2г, ПвПу2г, АПвПу2г, ПвВ, АПвВ, ПвВнг-LS и АПвВнг-LS с сечением медных и алюминиевых жил 50-800 мм<sup>2</sup> по ТУ16.К71-335-2004. Инструкция составлена в соответствии с "Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей", учитывает положения "Инструкции по эксплуатации силовых кабельных линий. Часть 1. Кабельные линии напряжением до 35 кВ" и является обязательной для персонала электрических станций и электрических сетей.

### 1. Указание по безопасности проведения работ

При эксплуатации кабельных линий следует руководствоваться правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок и настоящей инструкцией.

### 2. Общие положения по эксплуатации кабельных линий

После приемки кабельной линии в эксплуатацию эксплуатирующая организация, должна оформить всю техническую документацию по данной кабельной линии согласно Приложения 1. На каждую кабельную линию должен быть заведен паспорт, содержащий все необходимые технические данные по линии и систематически пополняемый сведениями по ее испытаниям, ремонту и эксплуатации.

#### 2.1. Климатические воздействия на кабельные линии и условия прокладки.

2.1.1. Кабели при эксплуатации являются стойкими к воздействию температуры окружающей среды до плюс 50°С. Кабели марок ПвВнг-LS и АПвВнг-LS должны быть стойкими к воздействию пониженной температуры окружающей среды до минус 40°С, марок ПвВ, АПвВ - до минус 50°С, марок ПвП, АПвП, ПвПу, АПвПу, ПвПг, АПвПг, ПвПуг, АПвПуг, ПвП2г, АПвП2г, ПвПу2г, АПвПу2г – до минус 60°С, т.е. соответствуют виду климатического исполнения У, УХЛ, категории размещения 1 и 2 по ГОСТ 15150-69, включая прокладку в земле и воде.

Кабели марок ПвП, АПвП, ПвПу и АПвПу предназначены для эксплуатации в стационарном состоянии при прокладке в земле независимо от степени коррозионной активности грунтов. Допускается прокладка этих кабелей на воздухе, в том числе в кабельных сооружениях, при условии обеспечения дополнительных мер противопожарной защиты, например, нанесения огнезащитных покрытий.

Кабели указанных марок с индексом "г" и "2г" (с герметизированным экраном поверх изоляции) предназначены для прокладки в земле, а также, в воде (в несудоходных водоемах) – при соблюдении мер, исключающих механические повреждения кабеля.

Кабели марок ПвПу, АПвПу, ПвПуг, АПвПуг, ПвПу2г, АПвПу2г предназначены для прокладки на сложных участках кабельных трасс, содержащих более 4 поворотов под углом свыше 30 градусов или прямолинейные участки с более чем 4 переходами в трубах длиной свыше 20 м или с более чем 2 трубными переходами длиной свыше 40 м.

Кабели марок ПвВ, АПвВ предназначены для одиночной прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях, а кабели марок ПвВнг-LS и АПвВнг-LS – там же, но для групповой прокладки.

Кабели марок ПвВ, АПвВ, ПвВнг-LS, АПвВнг-LS могут быть проложены в сухих грунтах (песок, песчано-глинистая и нормальная почва с влажностью менее 14 %).

Кабель марки ПвВнг-LS может быть использован для прокладки во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iа; кабель марки АПвВнг-LS – во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIа.

Кабели предназначены для прокладки на трассах без ограничения разности уровней.

Кабели могут быть проложены без предварительного подогрева при температуре не ниже минус 20°С – марок ПвП, АПвП, ПвПу, АПвПу, ПвПг, АПвПг, ПвПуг, АПвПуг, ПвП2г, АПвП2г, ПвПу2г, АПвПу2г, не ниже минус 15°С – марок ПвВ, АПвВ, ПвВнг-LS и АПвВнг-LS.

2.1.2. Тяжение кабелей во время прокладки должно осуществляться при помощи кабельного чулка или за токопроводящую жилу при помощи клинового захвата.

Усилия, возникающие во время тяжения кабеля с алюминиевой жилой, не должны превышать 30 Н/мм<sup>2</sup> сечения жилы, кабеля с медной жилой – 50 Н/мм<sup>2</sup>.

Минимальный радиус изгиба кабеля при прокладке должен быть не менее 15 Dн. Количество изгибов кабеля под углом 90° на трассах прокладки должно быть не более 8 на строительную длину кабеля.

При монтаже с использованием специального шаблона допускается минимальный радиус изгиба кабеля 7,5 Dн.

## 2.2. Токи кабельных линий.

2.2.1. Длительно допустимые токи кабелей при коэффициенте нагрузки K=1 при прокладке в нормализованном грунте должны соответствовать указанным в таблице 1 для кабелей на 10кВ, в таблице 2 - для кабелей на напряжение 20 и 35 кВ, при прокладке в воздухе соответственно в таблицах 3 и 4.

Таблица 1

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток при прокладке в земле, А			
	кабель с медной жилой при расположении		кабель с алюминиевой жилой при расположении	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
50	250	225	195	170
70	310	275	240	210
95	336	326	263	253
120	380	370	298	288
150	416	413	329	322
185	466	466	371	364
240	531	537	426	422
300	590	604	477	476
400	633	677	525	541
500	697	759	587	614
630	762	848	653	695
800	825	933	719	780

Таблица 2

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток при прокладке в земле, А			
	кабель с медной жилой при расположении		кабель с алюминиевой жилой при расположении	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
50	230	225	185	175
70	290	270	225	215
95	336	326	263	253
120	380	371	298	288
150	417	413	330	322
185	466	466	371	365
240	532	538	426	422
300	582	605	477	476
400	635	678	426	541
500	700	762	588	615
630	766	851	655	699
800	830	942	722	782

Таблица 3

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток при прокладке на воздухе, А			
	кабель с медной жилой при расположении		кабель с алюминиевой жилой при расположении	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
50	290	240	225	185
70	360	300	280	230
95	448	387	349	300
120	515	445	403	346
150	574	503	452	392
185	654	577	518	450
240	762	677	607	531
300	865	776	693	609
400	959	891	787	710
500	1081	1025	900	822
630	1213	1166	1026	954
800	1349	1319	1161	1094

Таблица 4

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток при прокладке на воздухе, А			
	кабель с медной жилой при расположении		кабель с алюминиевой жилой при расположении	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
50	290	250	225	190
70	365	310	280	240

95	446	389	348	301
120	513	448	402	348
150	573	507	451	394
185	652	580	516	452
240	760	680	605	533
300	863	779	690	611
400	957	895	783	712
500	1081	1027	897	824
630	1213	1172	1023	953
800	1351	1325	1159	1096

При прокладке в плоскости токи рассчитаны при расстоянии между кабелями в свету, равном диаметру кабеля, при прокладке треугольником – вплотную. При прокладке в земле токи рассчитаны при глубине прокладки 0,7м и удельном термическом сопротивлении почвы 1,2 °С м/Вт .

Допустимые токи даны для температуры окружающей среды 15°С при прокладке в земле и 25°С при прокладке на воздухе.

Поправочные коэффициенты, уточняющие изменение токов для кабелей в зависимости от количества линий и их расположения в кабельных сооружениях и на стенах, приведены в Приложении 2.

2.2.2. Допустимый нагрев жил и металлических экранов кабелей в эксплуатации не должен превышать следующих значений:

- допустимый нагрев жилы в нормальном режиме нагрузки 90°С;
- допустимый нагрев жилы в режиме перегрузки не более 130°С;
- предельная допустимая температура жил кабеля при коротком замыкании - 250°С;
- предельная допустимая температура нагрева жил кабеля при коротком замыкании по условию невозгораемости - 400°С;
- предельно допустимая температура медного экрана при коротком замыкании 350°С;

Продолжительность протекания тока короткого замыкания в указанных режимах КЗ до 4с.

2.2.3. Допустимые токи односекундного короткого замыкания кабелей должны быть не более указанных в таблице 5.

Таблица 5

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток 1- секундного короткого замыкания, кА, кабеля	
	с медной жилой	с алюминиевой жилой
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

Токи короткого замыкания рассчитаны при температуре жилы до начала короткого замыкания 90°C и предельной температуре жилы при коротком замыкании 250°C.

Допустимые токи односекундного короткого замыкания в медных экранах приведены в таблице 6.

Таблица 6

Сечение медного экрана, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток односекундного короткого замыкания, кА ,не более
16	3,3
25	5,1
35	7,1
50	10,2
70	14,2
95	19,3

Для других значений сечения медного экрана допустимый ток односекундного короткого замыкания рассчитывают по формуле:

$$I_{к.з.} = k \times S_э ,$$

где  $I_{к.з.}$  – допустимый ток односекундного короткого замыкания в медном экране, кА;

$k$  – коэффициент, равный 0,203 кА/мм<sup>2</sup>;

$S_э$  – номинальное сечение медного экрана, мм<sup>2</sup>.

Для продолжительности короткого замыкания, отличающейся от 1 с, значения тока короткого замыкания, указанные в таблице 5 и 6, необходимо умножить на поправочный коэффициент  $K$ , рассчитанный по формуле:

$$K = \frac{1}{\sqrt{t}},$$

где  $t$  – продолжительность короткого замыкания, с.

2.2.4. В условиях эксплуатации длительно допустимые токи для каждой кабельной линии должны устанавливаться с учетом следующих конкретных условий, в которых они работают;

- вид прокладки;
- температура окружающей среды (земли, воздуха);
- количество рядом проложенных кабелей;
- тепловое сопротивление грунта для участка трассы с наихудшими условиями охлаждения;

- прокладка кабелей в земле в трубах на длине более 10 м.

Нагрузки определяются по участку трассы кабельной линии с наихудшими условиями охлаждения, если длина участка более 10 м.

2.2.5. Поправочные коэффициенты на температуру окружающей среды по отношению к длительно допустимым токам нормального режима (температура жилы 90°C) приведены в таблице 7.

Таблица 7

Условия прокладки	Поправочные коэффициенты при температуре окружающей 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

Допустимые токи кабеля в режиме перегрузки при прокладке в земле и на воздухе могут быть рассчитаны путем умножения значений, указанных в таблицах 1, 2 на коэффициент 1,17 и указанных в таблицах 3, 4 на коэффициент 1,20.

Допустимые токи кабелей, проложенных в земле в трубах длиной более 10 м, должны быть уменьшены путем умножения значений токов, указанных в таблицах 1 и 2, на коэффициент 0,94, если одножильные кабели проложены в отдельных трубах, и на коэффициент 0,9, если три одножильных кабеля проложены в одной трубе.

Допустимые токи нескольких кабелей проложенных в земле, включая проложенные в трубах, должны быть уменьшены путем умножения значений токов, указанных в таблицах 1 и 2 на коэффициенты приведенные в таблице 8.

Таблица 8

Расстояние между кабелями в свету, мм	Поправочные коэффициенты при количестве кабельных линий, шт				
	2	3	4	5	6
100	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Поправочные коэффициенты к длительно допустимым токам для кабелей в зависимости от удельного теплового сопротивления грунта приведены в таблице 9

Таблица 9

Удельное тепловое сопротивление грунта, °С см/Вт	Поправочный коэффициент
250	0.80
200	0.85

150	0,93
120	1,00
100	1,05
80	1,13

2.2.6. Продолжительность перегрузки не должна превышать 8ч в сутки и быть не более 1000 ч за срок службы.

2.2.7. При определении пропускной способности кабелей при прокладке их в одной плоскости следует учитывать неравномерность распределения токов по отдельным кабелям.

2.2.8. При неравномерности распределения токов более 10%, когда отдельные кабели лимитируют пропускную способность группы кабелей, должны быть приняты меры по выравниванию токов по фазам одним из следующих способов:

- перекладка кабелей;
- пересоединение (перезаводка) концов кабелей.

2.2.9 Расчетные длительно допустимые значения токов и допустимые значения перегрузок должны быть записаны в паспорте кабельной линии.

2.2.10. Измерение температуры окружающего воздуха в кабельных сооружениях и в производственных помещениях, температуры грунта в местах пересечения кабелей с теплопроводами производится в сроки, устанавливаемые местными инструкциями.

2.2.11. Если в результате измерений и проверок будет обнаружено превышение допустимых токов или температур, то рекомендуется:

- улучшить вентиляцию в туннелях и каналах;
- заменить траншейные прокладки с большим количеством кабелей прокладками в туннелях и каналах хотя бы простейших типов (с технико-экономическим обоснованием);
- применить вставки кабелей большего сечения применить дополнительную теплоизоляцию теплопроводов в местах пресечений их с кабелями;
- увеличить расстояния между кабелями в траншеях для уменьшения взаимного теплового влияния;
- засыпать траншеи более теплопроводящим грунтом.

2.2.12. Необходимая информация о расчетных значениях сопротивления жил, индуктивности кабеля и емкости приведена в Приложении 5,6,7 соответственно.

3. Испытания кабельных линий, определение мест повреждения и рекомендации по ремонту кабелей

3.1. Испытания кабельных линий.

3.1.1. После прокладки и монтажа кабелей рекомендуется проводить испытание кабельной линии переменным напряжением частотой 0,1 Гц в течение 15 мин:

- кабелей на напряжение 10 кВ – 30 кВ
- 20 кВ – 60 кВ
- 35 кВ – 105 кВ

или постоянным напряжением  $4U_0$  в течение 15 мин или переменным номинальным напряжением  $U_0$  в течение 24 ч, приложенным между жилой и металлическим экраном, где  $U_0$  – номинальное напряжение кабеля между жилой и экраном в нормальном режиме эксплуатации, кВ.



Оболочка кабеля, проложенного в земле, должна быть испытана постоянным напряжением 10 кВ, приложенным между металлическим экраном и заземлителем в течение 10 мин.

Пластмассовые оболочки кабелей, проложенных на воздухе, не испытывают.

После испытания постоянным напряжением необходимо заземлить токопроводящую жилу или соединить ее с медным экраном на время не менее 1 ч.

3.1.2. Испытания кабелей в процессе эксплуатации должны проводиться в соответствии с РД 34.45-51.300-97.

3.1.3. До начала испытаний производится осмотр всех элементов кабельной линии, кабельных каналов и туннелей в которых проложена линия.

Если плановый обход и осмотр линий производился менее чем за 3 мес. до ее испытания, то дополнительный осмотр линии перед испытаниями не требуется. При обнаружении дефектов концевых муфт и заделок испытания должны производиться после их ремонта.

3.1.4. При испытании изоляции кабелей напряжение прикладывается поочередно к каждой жиле кабеля. При этом остальные жилы и все экраны должны быть заземлены. Допускается одновременное испытание всех трех фаз кабельной линии. При испытании оболочки кабеля напряжение прикладывается между экраном кабеля и соединенной с ним жилой кабеля и заземлителем кабельной линии.

3.1.5. При испытаниях напряжение должно плавно подниматься до максимального значения и поддерживаться неизменным в течение всего периода испытаний. Отсчет времени приложения следует производить с момента установления его максимального значения.

3.1.6. Кабельная линия считается выдержавшей испытание если во время испытаний:

- а) не произошло пробоя или перекрытия по поверхности концевых муфт, а также роста тока утечки в период выдержки под напряжением;
- б) не наблюдалось резких толчков тока.

При заметном возрастании тока утечки или появлении толчков тока продолжительность испытания следует увеличить до 20 мин. При дальнейшем нарастании токов утечки или увеличении количества толчков тока испытания следует вести до пробоя кабельной линии.

Если при этом кабельная линия не пробивается, то она может быть включена в работу с последующим повторным испытанием через 1 мес. В дальнейшем такие линии испытываются не реже 1 раза в три года.

3.1.7. При испытаниях вместе с кабелями испытываются концевые муфты и опорные изоляторы. Кабельные вводы и вставки на воздушных линиях испытываются без отсоединения от воздушной линии. При этом вентильные разрядники и ограничители перенапряжения на опоре линии электропередачи должны быть отсоединены.

3.1.8. В городских кабельных сетях испытанию при одновременном отключении могут подвергаться несколько кабельных линий, отходящих от подстанции, или цепочка последовательно соединенных кабельных линий с распределительными устройствами. При этом трансформаторы напряжения, вентильные разрядники и ограничители перенапряжения должны быть отсоединены.

3.1.9. После выполнения работ по капитальному ремонту кабельных линий должны производиться внеочередные испытания в соответствии с указанными выше нормами испытания.

Испытание кабельных линий после раскопок производится в соответствии с рекомендациями, в п. 3.1.1 настоящей Инструкции.

3.1.10. Место пробоя кабельной линии должно быть обследовано и должна быть выяснена причина повреждения. При обследовании, которое производится в стационарной лаборатории, производятся разборка, осмотр и обмер поврежденного образца кабеля (или кабельной муфты). Кроме того, при осмотрах пластмассовых оболочек следует обращать внимание на задиры, порезы, надрезы, трещины, сквозные отверстия, оплавления и другие повреждения.

При вскрытиях и разборке кабельных муфт определяются основные конструктивные размеры и соответствие их требованиям действующей технической документации на муфты.

Результаты вскрытий и разборок и заключение о причине повреждения оформляются протоколом.

3.1.11. При наличии в кабеле заводского дефекта, зафиксированного соответствующим актом, может быть предъявлена рекламация изготовителю.

3.1.12. Если для ремонта линии не требуется производить вырезки поврежденного участка, то анализ причин повреждения может производиться на месте ремонта.

3.1.13. Образцы кабелей с разными видами повреждений, в том числе с заводскими дефектами, рекомендуется сохранять в лаборатории для использования в качестве наглядных пособий при обучении персонала, а также для представления их экспертам (при предъявлении рекламаций, арбитражных разбирательствах и т.д.).

3.1.14. Результаты испытаний кабельных линий, причины их повреждения и выполненные мероприятия по ремонтам должны заноситься в паспорт кабельной линии.

### 3.2. Определение мест повреждений на кабельных линиях,

3.2.1. Работы по определению мест повреждения (ОМП) подразделяются на следующие три этапа;

- диагностика повреждений - определение характера повреждения, выполнение предварительных измерений расстояний до места повреждения.

На этой стадии ОМП устанавливается необходимость предварительного прожигания;

- определение зоны предполагаемого повреждения одним из относительных методов;
- уточнение местонахождения повреждения одним из абсолютных методов.

3.2.2. При определении места повреждения изоляции и оболочки рекомендуется пользоваться нижеперечисленными методами и оборудованием.

3.2.3. Метод ОМП кабельной линии выбирается в зависимости от характера повреждения. Повреждения кабелей могут быть подразделены на следующие виды:

1. повреждения изоляции, вызывающее замыкание одной фазы на землю;
2. обрыв одной, двух и трех фаз (с заземлением или без заземления фаз);
3. сложные повреждения, представляющие комбинации из вышеупомянутых видов повреждений.

3.2.4. Измерения производятся на кабельной линии, которая отсоединена от источника питания и от которой отсоединены все электроприемники.

3.2.5. Трасы кабельных линии, отключившихся аварийно, должны быть осмотрены. При необходимости производится уточнение трассы кабельной линии.

3.2.6. Производится осмотр кабельных линии в кабельных сооружениях в целях обнаружения явного повреждения. Осмотру подлежат также муфты.

3.2.7. Для установления характера повреждения кабельной линии следует:

- измерить сопротивление изоляции каждой токопроводящей жилы по отношению к земле;
- определить целостность (отсутствие обрыва) токопроводящих жил;
- при необходимости прибором Р5-5 (или ему подобным) уточнить характер повреждения и проверить длину поврежденных жил кабеля.

3.2.8. Измерение сопротивления изоляции производится мегаометром на напряжение 2500 В.

3.2.9. Если мегаомметром не удастся определить характер повреждения, то необходимо снизить сопротивление изоляции в месте повреждения, что может быть достигнуто дополнительным поочередным испытанием высоким напряжением (от испытательной установки) изоляции токоведущих жил по отношению к контуру заземления и экрана по отношению к контуру заземления.

3.2.10. Результаты измерений в целях установления характера повреждения должны быть занесены в протокол измерений и на рабочую схему ОМП и используются для выбора методов и технологии ОМП.

3.2.11. После определения характера повреждения кабельной линии выбирается метод, наиболее подходящий для определения места повреждения в данном конкретном случае. Рекомендуется в первую очередь определить зону, в границах которой расположено повреждение. Определение зоны повреждения производится одним из следующих относительных методов

- импульсным (локационным);
- колебательного разряда (волновым).

После определения зоны повреждений производится определение места повреждения непосредственно на трассе кабельной линии одним из следующих абсолютных методов:

- индукционным;
- акустическим;
- методом накладной рамки.

Для точного определения места повреждения, как правило, пользуются сочетанием относительного и абсолютного методов.

3.2.12. ОМП защитных оболочек кабеля, проложенного в земле.

3.2.12.1. С целью исключения повреждения изоляции жилы кабеля при ОМП оболочек категорически запрещается прожигание оболочек в месте повреждения.

3.2.12.2. При ОМП оболочек первоначально производится определение зоны повреждения методом падения напряжения, а затем точное определение места повреждения импульсно- контактным методом.

3.2.12.3. Перед проведением работ по ОМП оболочек необходимо предварительно ознакомиться с паспортными данными линии и результатами испытаний оболочек напряжением.

3.2.12.4. Схема определения зоны повреждения пластмассовых оболочек кабеля методом падения напряжения дана на рис.1 *Приложения 3*.

Регулируемый источник постоянного напряжения подключается между металлическим экраном и землей, при этом экран перед измерением должен быть отсоединен от контура заземления.

При присоединении вывода источника к экрану поврежденного кабеля (точка 1) измеряется напряжение от начала кабеля до места повреждения ( $U_1$ ), а при присоединении вывода источника к жиле второго кабеля (точка 2)- напряжение от конца кабеля до места повреждения ( $U_2$ ).

При обоих измерениях устанавливается одна и также величина тока, значение которого не должно превышать 0,4 А. Время каждого измерения должно быть не более 1 мин.

3.2.12.5. Расстояние от начала кабеля до места повреждения определяется по формуле:

$$L_x = L_k \cdot \frac{U_1}{U_1 + U_2} ,$$

где

$L_x$  -расстояние от начала кабеля до места повреждения оболочки, м;

$L_k$  - общая длина кабеля, м;

$U_1$  - напряжение на участке от начала кабеля до места повреждения, мВ;

$U_2$  - напряжение на участке от конца кабеля до места повреждения, мВ.

3.2.12.6. Точное определение места ОМП оболочек производится импульсно-контактным методом.

3.2.12.7. Схема ОМП пластмассовых оболочек кабеля импульсно-контактным методом дана на рис.2 *Приложения 3*.

3.2.12.8. Металлический экран поврежденной фазы кабеля перед измерением должен быть отсоединен от контура заземления.

3.2.12.9. В качестве источника напряжения используется импульсный генератор, состоящий из выпрямительной установки с максимальным выпрямленным напряжением не менее 10 кВ, батареи конденсаторов и разрядника с регулируемым воздушным промежутком для получения импульсов до 10 кВ.

3.2.12.10. При ОМП конденсатор заряжается до определенного напряжения и разряжается на искровой промежуток, включенный между металлическим экраном и конденсатором.

При этом происходит пробой от экрана на землю в месте повреждения пластмассовой оболочки и возникновение поля растекания тока вокруг места повреждения.

3.2.12.11. Энергия разряда конденсатора  $W=1/2 * C * U^2$  достаточная для обнаружения места повреждения оболочек и не вызывающая повреждения изоляции жил кабеля, находится в пределах от 54 до 450 Дж.

3.2.12.12. В качестве индикатора должен применяться многопредельный прибор для измерения постоянного тока и напряжения со средней нулевой точкой и большим входным сопротивлением, например, ампервольтметр М231.

3.2.12.13. Индикатор подсоединяется к металлическим зондам, которые при измерении втыкаются в почву вдоль оси кабеля точно по трассе на глубину 5-8 см на расстоянии 2-3 м друг от друга. Расстояние между зондами во время измерения поддерживается постоянным. Измерение необходимо начинать с точки трассы, заведомо находящейся до места повреждения. До места повреждения стрелка прибора будет отклоняться в одну сторону, при подходе к месту повреждения показания прибора резко возрастут, в месте повреждения показание прибора будет равно 0, а за местом повреждения стрелка прибора будет отклоняться в противоположную сторону.

3.2.13. Характеристики различных методов определения мест повреждения, а также области и условия их применения приведены в "Методике определения мест повреждения кабельных линий" Мосэнерго.

### 3.3. Рекомендации по ремонту кабельных линий.

3.3.1. Ремонт кабельных линий производится по плану- графику, утвержденному руководством предприятия.

3.3.2. План-график ремонтов составлен на основе записей в журналах обходов и осмотров, результатов испытаний и измерений, а также по данным диспетчерских служб.

Объем ремонтов уточняется на основании дополнительной проверки на месте инженерно-техническим персоналом всех выявленных неисправностей кабелей и трасс кабельных линий, что позволяет своевременно подготовить необходимые материалы и механизмы для выполнения ремонта.

В план-график включаются ремонтные работы, не требующие срочного их выполнения. Очередность производства таких работ устанавливается руководством района (участка, службы)

электрической сети и цеха электростанции. Очередность выполнения срочных ремонтов определяется руководством предприятия.

3.3.3. Ремонт находящихся в эксплуатации кабельных линий производится эксплуатационным персоналом или персоналом специализированных организаций.

3.3.4. Вскрытие кабеля для ремонта производится после сверки на месте соответствия расположения кабеля с расположением его на плане трассы, а также после проверки отсутствия напряжения на этом кабеле и прокалывания его в соответствии с требованиями действующих правил техники безопасности.

3.3.5. При ремонте кабельной линии должны применяться вставки из предварительно испытанного постоянным напряжением отрезка кабеля соответствующей марки и сечения.

3.3.6. Перед монтажом соединительных муфт при ремонте кабельной линии фазировку рекомендуется производить непосредственно на месте монтажа. Допускается производить фазировку на концевых заделках после монтажа соединительных муфт.

Фазировка может производиться с применением мегаомметра с фазировочным приспособлением или с использованием телефонных трубок.

3.3.7. При выполнении ремонта открыто проложенных кабелей при необходимости производится также ремонт кабельных сооружений (туннелей, колодцев, каналов, шахт и пр.).

Одновременно с ремонтом кабелей производится проверка и восстановление бирок, предупредительных и опознавательных надписей и пр.

3.3.8. При ремонте оболочки кабеля и отсутствии повреждений экрана на кабеле произвести зачистку оболочки с помощью скребка на расстоянии до 50 мм от края поврежденной оболочки и протереть зачищенные места оболочки бензином.

После высыхания бензина оболочку на длине 50 мм от края повреждения и место повреждений промазать лаком КО-916, дать лаку подсохнуть, затем наложить на место повреждения с заходом на 50 мм на оболочку кабеля у места повреждения два слоя ленты ЛЭТСАР ЛП 50%-ным перекрытием.

Наложить на намотку из лент ЛЭТСАР ЛП 2 слоя липкой ПВХ-ленты с 50%-ным перекрытием с заходом ленты на 5-10 мм на оболочку кабеля.

Разрешается выполнение ремонта оболочки другими способами, например с помощью термоусаживаемой манжеты.

3.3.9. По окончании ремонтных работ на кабельной линии должен быть составлен исполнительный эскиз. По этому эскизу должны быть произведены все исправления в технической документации (планы трасс, схемы, паспортные карты и пр.). На вновь смонтированные муфты должны быть установлены маркировочные бирки.

3.3.10. После капитального ремонта кабельной линии должны быть произведены испытания и измерения в соответствии с установленными нормами.

3.3.11. После ремонтов на кабельных линиях, не связанных с отсоединением концов кабеля (восстановление лакового покрытия на фазах, исправление заземлений, обновление, или смена маркировочных бирок), фазировка линии и испытание ее повышенным выпрямленным напряжением не производится.

3.3.12. При выполнении ремонтных работ на кабельных линиях, проложенных в земле, и особенно в кабельных сооружениях должны соблюдаться следующие меры пожарной безопасности:-

- при пользовании открытым огнем (газовая горелка, паяльная лампа и т.п.) на месте работ должны быть огнетушители (не менее двух), ведра с сухим мелким песком, кошма или брезент, листы асбеста для ограждения работающих кабелей и плотно закрывающийся металлический ящик с крышкой для сбора отходов: разделки кабеля и других горючих материалов;
- бензин на месте работы должен храниться в металлической посуде с пробкой

- на резьбе;
- заправка и доливка паяльных ламп должны производиться вне помещений;
- разжигаемая лампа должна быть обращена носком на огнеупорную стену или лист асбеста.

#### 4. Надзор за состоянием кабельных линий.

4.1. Надзор за трассами кабельных линий, кабельными сооружениями и кабельными линиями в целях проверки их состояния и соблюдения правил охраны электрических сетей производится периодическим обходом и осмотром оперативным персоналом или специально выделенными для этого монтерами, инженерно-техническим персоналом в сроки, предусмотренные ПТЭ и местными инструкциями.

4.2. Внеочередные обходы и осмотры производятся в период паводков и после ливней, а также при отключении линий релейной защитой.

4.3. При обходах и осмотрах трасс кабельных линий, проложенных на открытых территориях, необходимо:

- проверять, чтобы на трассе не производились не согласованные с энергопредприятием работы (строительство сооружений, раскопка земли, посадка растений, устройство складов, забивка свай, столбов и т.п.), а также чтобы не было завалов трасс снегом, мусором, шлаком, отбросами, не было провалов и оползней грунта;
- осматривать места пересечения кабельных трасс с железными дорогами, обращая внимание на наличие предупредительных плакатов и на надежное металлическое соединение рельсов электрифицированных железных дорог в местах стыков;
- осматривать места пересечения кабельных трасс шоссейными дорогами, канавами и кюветами;
- осматривать состояние устройств и кабелей, проложенных по мостам, дамбам, эстакадам и другим подобным сооружениям;
- проверять в местах выхода кабелей на стены зданий или опоры воздушных линий электропередачи наличие и состояние защиты кабелей от механических повреждений, исправность концевых муфт.

4.4. При обходах и осмотрах трасс закрытых территориях, кроме выполнения рекомендаций п. 4.3, необходимо:

- при выявлении нарушений правил охраны электрических сетей на трассах пиний вручать предписание об их устранении;
- в случае выявления не устраненных, в установленный при предыдущем осмотре срок недостатков составлять протокол о нарушении.

4.5. Осмотр кабельных сооружений и кабельных линий, проложенных в кабельных сооружениях, должен производиться специально выделенным персоналом электростанции или электрической сети.

При осмотре кабельных сооружений и кабельных линий, проложенных в кабельных сооружениях, необходимо:

- проверять внешнее состояние соединительных муфт и концевых муфт;
- проверять, нет ли смещений и провесов кабелей, соблюдены ли предусматриваемые ПУЭ расстояния между кабелями;
- проверять исправность освещения;
- измерять температуру воздуха в помещениях;
- проверять исправность устройств сигнализации и пожаротушения;

- проверять состояние строительной части, дверей, люков и их запоров, крепежных конструкций, наличие разделительных несгораемых перегородок и плотности заделки кабелей в местах прохода через стены, перекрытия и перегородки;
- проверять наличие и правильность маркировки кабелей;
- проверять, нет ли посторонних предметов, строительных и монтажных материалов, обтирочных концов, тряпок, мусора и пр.;
- проверять, не проникают ли грунтовые и сточные воды, нет ли технологических отходов производства.

4.6. В случаях, когда кабельные сооружения и распределительные устройства или подстанции принадлежат разным организациям, осмотр конечных участков и конечных муфт кабельных линий в РУ и КС должен производиться представителями этих организаций.

4.7. Результаты обходов и осмотров оформляются следующим образом:

4.7.1. Результаты обходов и осмотров кабельных линий, их трасс и кабельных сооружений регистрируются в журнале по обходам и осмотрам. Кроме того, все обнаруженные дефекты на трассах кабельных линий должны быть записаны в журнал дефектов и неполадок или в карты дефектов.

4.7.2. При выявлении дефектов, требующих немедленного устранения, производящий обход и осмотр обязан немедленно сообщить об этом своему непосредственному начальнику, дежурному персоналу организации, эксплуатирующей кабельную линию и ответственному персоналу предприятия (организации) - владельца электроустановки.

4.7.3. Результаты осмотра трасс кабельных линий инженерно-техническим персоналом регистрируются в журнале дефектов и неполадок или в карте дефектов.

4.7.4. При обнаружении на трассе кабельных линий производства земляных работ, выполняемых без разрешения предприятия (организации) владельца кабельной сети, а также других нарушений действующих правил охраны электрических сетей производящий обход и осмотр должен принять меры по предотвращению выше указанных нарушений, сообщить об этом своему непосредственному начальнику и сделать запись в журнале обходов и осмотров.

4.7.5. Результаты осмотров открыто проложенных кабельных линий и кабельных сооружений регистрируются инженерно-техническим персоналом, производящим осмотр, соответственно в паспортах данного сооружения и в журнале дефектов и неполадок кабельных линий.

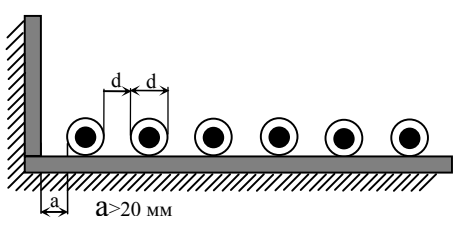
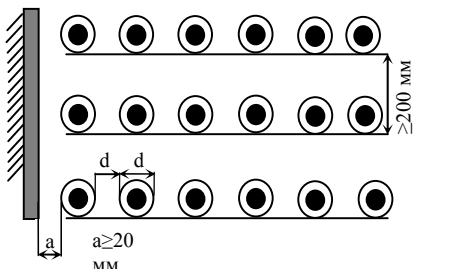
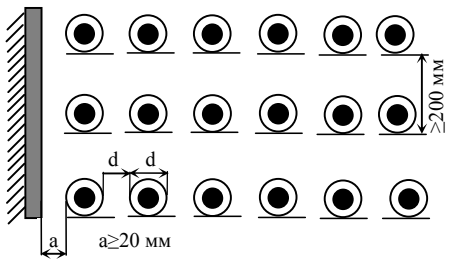
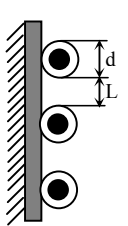
4.7.6. При обнаружении дефектов в результате осмотров конечных участков кабелей и конечных муфт в распределительных устройствах электростанций и подстанций сведения о них передаются владельцу.

## Документация на кабельную линию

1. Проект кабельной линии со всеми согласованиями, перечнем отклонений от проекта и указанием, с кем и когда эти отклонения согласованы.
2. Исполнительный чертеж трассы, выполненный в масштабе 1:200 или 1:500 в зависимости от развития сети в районе трассы и насыщенности территории коммуникациями.  
По всей длине трассы линии на исполнительной документации должны быть обозначены координаты трассы и муфт по отношению к существующим капитальным сооружениям или к специально установленным знакам.
3. Кабельный журнал и контрольно учетный паспорт на соединительные муфты кабельной линии, при прокладке двух кабелей и более в траншее требуется план их раскладки.
4. Акты на вскрытые работы, в том числе акты и исполнительные чертежи на пересечения и сближения кабелей со всеми подземными коммуникациями, акты на монтаж кабельных муфт и акты на осмотр кабелей, проложенных в траншеях и каналах, перед закрытием.
5. Акты приемки траншей, каналов, туннелей, блоков коллекторов и т.п. под монтаж кабелей.
6. Протокол заводских испытаний кабелей.
7. Протокол осмотров и проверки изоляции кабелей на барабанах перед прокладкой.
8. Диаграмма тяжений во время механизированной прокладки кабеля.
9. Протокол испытаний кабельной линии после прокладки.
10. Протокол подогрева кабелей на барабане перед прокладкой при низких температурах.
11. Заводские паспорта на оборудование и кабель.
12. Схема фазировки линий (соединение одноименных фаз оборудования, присоединяемого к концевым муфтам линии).
13. Акты на монтаж муфт.
14. Паспорт кабельной линии, составленный по установленной форме.



**Коэффициенты, учитывающие изменение токов кабелей в зависимости от количества кабелей и условий прокладки в кабельных сооружениях.**

Вид прокладки	Кол-во гориз. рядов кабелей	Размещение кабелей	Коэффициент снижения тока при количестве цепей в горизонтальном ряду.		
			1	2	3
Прокладка в кабельном канале на полу	1		0,92	0,89	0,88
Прокладка в кабельном лотке (без циркуляции воздуха).	1 2 3 4-6		0,92 0,87 0,84 0,82	0,89 0,84 0,82 0,80	0,88 0,83 0,81 0,79
Прокладка в кабельном лотке (свободная циркуляция воздуха).	1 2 3 4-6		1,00 0,97 0,96 0,94	0,97 0,94 0,93 0,91	0,96 0,93 0,93 0,90
Кабели закреплены на стенах.	3		0,94	0,91	0,89
Расстоянии между кабелями = диаметру кабеля, расстояние от стены $a \geq 20$ мм.			1,00	1,00	1,00

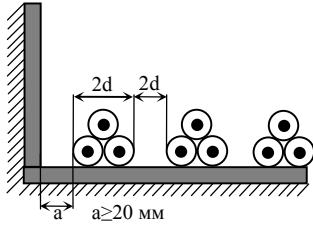
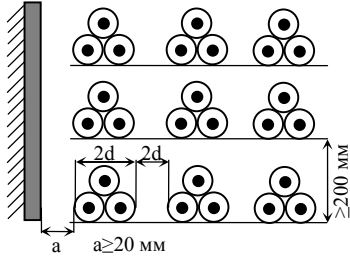
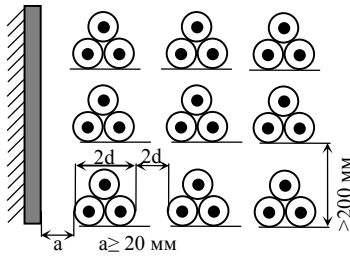
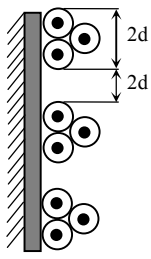
Вид прокладки	Кол-во гориз. рядов кабелей	Размещение кабелей	Коэффициент снижения тока при количестве цепей в горизонтальном ряду.		
			1	2	3
Прокладка в кабельном канале на полу	1		0,95	0,90	0,88
Прокладка на полках без циркуляции воздуха	1 2 3 4-6		0,95 0,90 0,88 0,86	0,90 0,85 0,83 0,81	0,88 0,83 0,81 0,79
Прокладка в каб. конструкциях с циркуляцией воздуха	1 2 3 4-6		1,00 1,00 1,00 1,00	0,98 0,95 0,94 0,93	0,96 0,93 0,92 0,90
Кабели закреплены на стенах	3		0,89	0,86	0,84
Расстоянии между кабелями =2d, расстояние от стены a ≥ 20 мм.			1,00	1,00	1,00

Схема определения расстояния до места повреждения (зоны повреждения) пластмассовых оболочек кабеля методом падения напряжения.

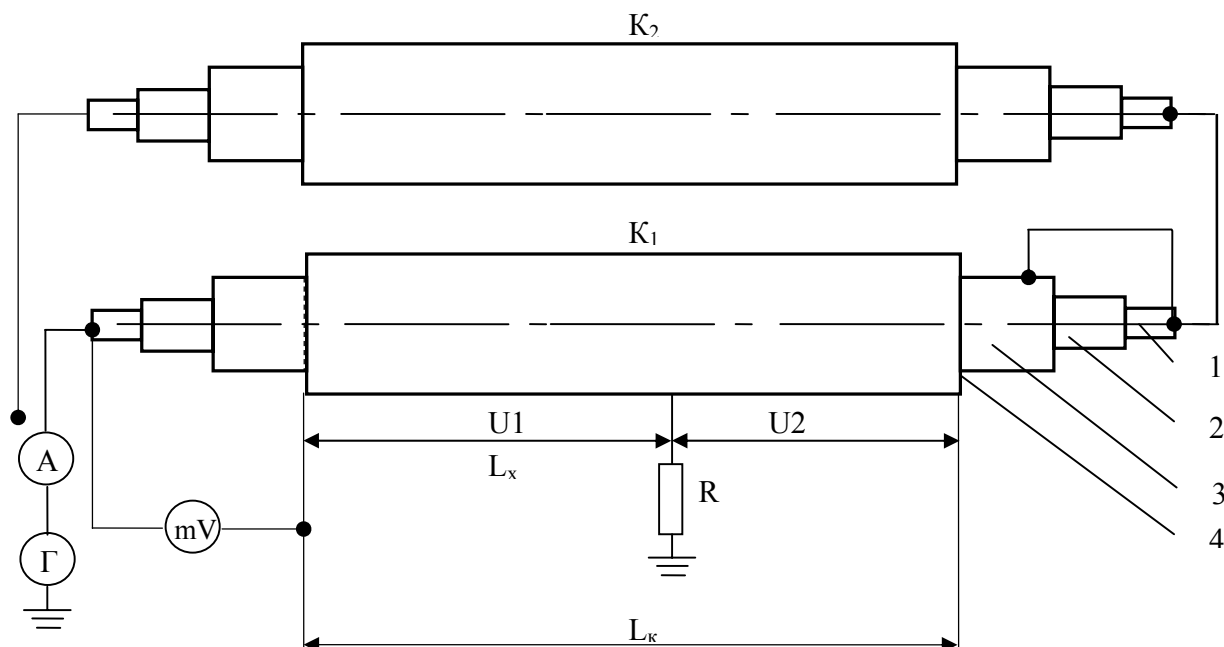


Рис. 1

- Г - источник постоянного тока
- А - амперметр
- mV - милливольтметр
- R- переходное сопротивление в месте повреждения
- К 1 - кабель с повреждённой оболочкой
- К 2 - кабель с неповреждённой оболочкой
- 1 - токопроводящая жила
- 2 - изоляция кабеля
- 3 - металлический экран кабеля
- 4 - пластмассовая оболочка

Схема определения точного места повреждения пластмассовых оболочек кабеля импульсно-контактным методом:

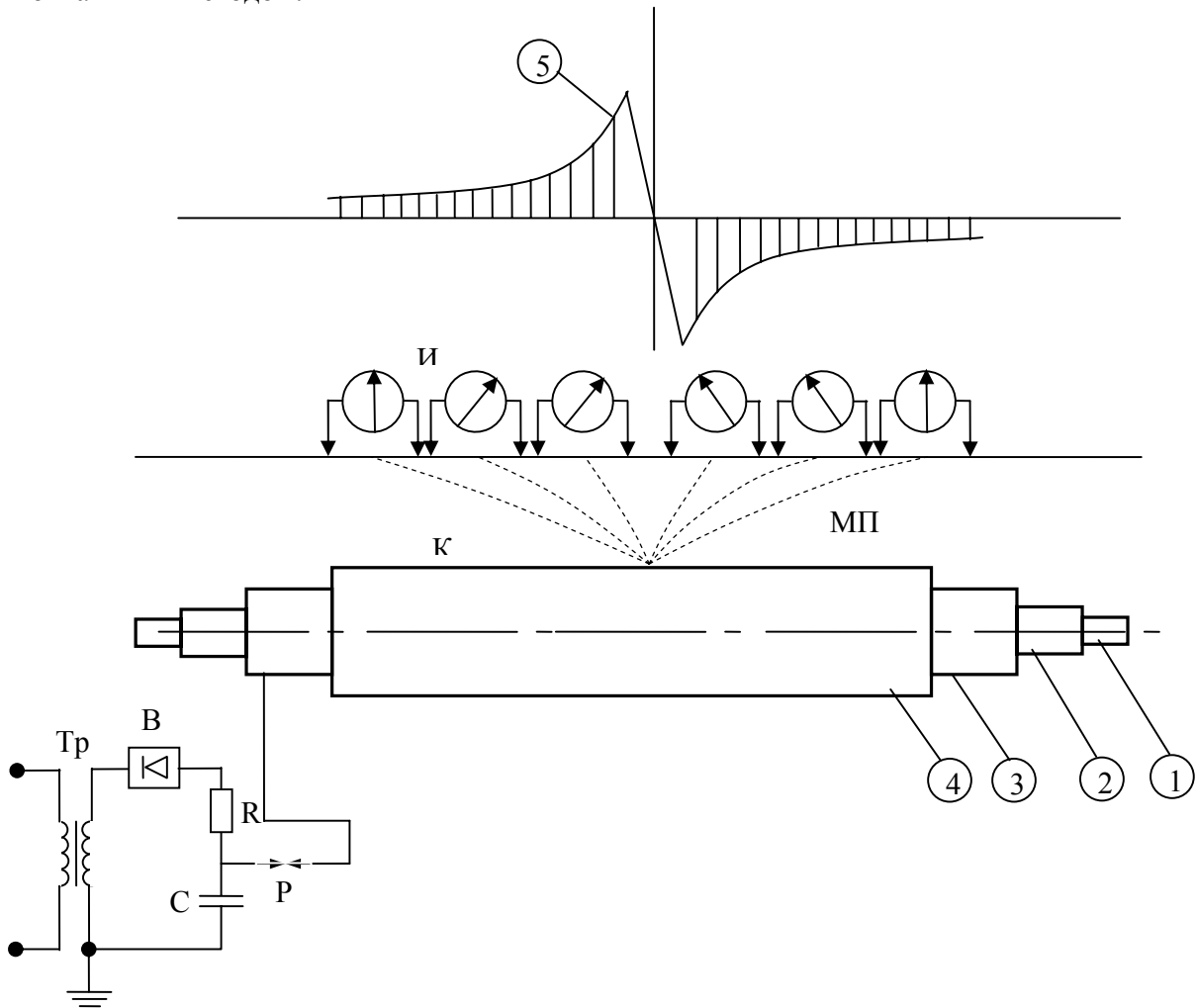


рис. 2

- Тр - трансформатор
- В - выпрямитель
- В - ограничивающее сопротивление
- С - конденсатор
- Р - разрядник
- К - кабель
- МП - место повреждения оболочки
- И - прибор, и щупы для измерения пиковых значений шагового напряжения
- 1 - токопроводящая жила
- 2 - изоляция кабеля
- 3 - металлический экран
- 4 - пластмассовая оболочка
- 5 - принимаемый сигнал в зависимости от расстояния от места повреждения

## Основные расчетные конструктивные размеры кабелей на напряжение 10,20,35 кВ

Таблица 10

Одножильные кабели на номинальное напряжение 10 кВ										
Сече- ние жилы мм <sup>2</sup>	Диаметр жилы, мм	Толщина экрана по жиле, мм	Толщина изоляции, мм	Диаметр по изоляции, мм	Толщина экрана по изоляции, мм	Расчетный наружный диаметр кабеля, мм				
						АПвП,ПвП, АПвВ,ПвВ, АПвВнгLS, ПвВнг-LS	АПвПг, ПвПг	АПвПу, ПвПу	АПвПуг, ПвПуг, АПвП2г, ПвП2г	АПвПу2г ПвПу2г
50	7.9	0.6	3.4	15.9	0.6	25.5	26.2	26.5	27.2	28.2
70	9.4	0.6	3.4	17.4	0.6	27.0	27.7	28.0	28.7	29.7
95	11.3	0.6	3.4	19.3	0.6	28.9	29.6	29.9	30.6	31.6
120	12.8	0.6	3.4	20.8	0.6	30.4	31.1	31.4	32.1	33.1
150	14.6	0.6	3.4	22.6	0.6	32.2	32.9	33.2	33.9	34.9
185	16.2	0.6	3.4	24.2	0.6	33.8	34.5	34.8	35.5	36.5
240	18.4	0.6	3.4	26.4	0.6	36.3	36.7	37.3	38.0	39.0
300	21.0	0.6	3.4	29.0	0.6	38.4	39.1	39.4	40.1	41.1
400	23.8	0.6	3.4	31.8	0.6	41.4	42.1	42.4	43.1	44.1
500	26.6	0.6	3.4	34.6	0.6	44.4	45.1	45.4	46.1	47.1
630	29.8	0.6	3.4	37.8	0.6	48.8	49.2	49.8	50.5	51.5
800	34.2	0.6	3.4	42.2	0.6	52.5	52.9	53.2	53.9	55.9

Таблица 11

Одножильные кабели на номинальное напряжение 20 кВ										
Сече- ние жилы мм <sup>2</sup>	Диаметр жилы, мм	Толщина экрана по жиле, мм	Толщина изоляции, мм	Диаметр по изоляции, мм	Толщина экрана по изоляции, мм	Расчетный наружный диаметр кабеля, мм				
						АПвП,ПвП, АПвВ,ПвВ, АПвВнгLS, ПвВнг-LS	АПвПг, ПвПг	АПвПу, ПвПу	АПвПуг, ПвПуг, АПвП2г, ПвП2г	АПвПу2г ПвПу2г
50	7.9	0.6	5.5	20.1	0.6	29.7	30.4	30.7	31.4	32.4
70	9.4	0.6	5.5	21.6	0.6	31.2	31.9	32.2	32.9	33.9
95	11.3	0.6	5.5	23.5	0.6	33.1	33.8	34.1	34.8	35.8
120	12.8	0.6	5.5	25.0	0.6	34.6	35.3	35.6	36.3	37.3
150	14.6	0.6	5.5	26.8	0.6	36.4	37.1	37.4	38.1	39.1
185	16.2	0.6	5.5	28.4	0.6	38.0	38.7	39.0	39.7	40.7
240	18.4	0.6	5.5	30.6	0.6	40.5	41.2	41.5	42.2	43.2
300	21.0	0.6	5.5	33.2	0.6	42.6	44.3	43.6	44.3	45.3
400	23.8	0.6	5.5	36.0	0.6	45.6	46.3	46.6	47.3	48.7
500	26.6	0.6	5.5	38.8	0.6	49.0	49.7	50.0	50.7	51.7
630	29.8	0.6	5.5	42.0	0.6	53.0	53.7	54.0	54.7	56.1
800	34.2	0.6	5.5	46.4	0.6	56.5	57.3	57.6	58.3	59.3

Одножильные кабели на номинальное напряжение 35 кВ										
Сече- ние жилы мм <sup>2</sup>	Диаметр жилы, мм	Толщина экрана по жиле, мм	Толщина изоляции, мм	Диаметр по изоляции, мм	Толщина экрана по изоляции, мм	Расчетный наружный диаметр кабеля, мм				
						АПвП,ПвП, АПвВ,ПвВ, АПвВнг-LS, ПвВнг-LS	АПвПг, ПвПг	АПвПу, ПвПу	АПвПуг, ПвПуг, АПвП2г, ПвП2г	АПвПу2г ПвПу2г
50	7.9	0.6	8.5	26.1	0.6	35.7	36.4	36.7	37.4	38.4
70	9.4	0.6	8.5	27.6	0.6	37.2	37.9	38.2	38.9	39.9
95	11.3	0.6	8.5	29.5	0.6	39.1	39.8	40.1	40.8	41.8
120	12.8	0.6	8.5	31.0	0.6	40.6	41.3	41.6	42.3	43.3
150	14.6	0.6	8.5	32.8	0.6	42.4	43.1	43.4	44.1	45.1
185	16.2	0.6	8.5	34.4	0.6	44.0	44.7	45.0	45.7	46.7
240	18.4	0.6	8.5	36.6	0.6	46.5	47.6	47.5	48.6	49.6
300	21.0	0.6	8.5	39.2	0.6	49.0	49.7	50.0	50.7	51.7
400	23.8	0.6	8.5	42.0	0.6	52.0	52.7	53.0	53.7	54.7
500	26.6	0.6	8.5	44.8	0.6	55.4	56.1	56.4	57.1	58.1
630	29.8	0.6	8.5	48.0	0.6	59.4	60.1	60.4	61.1	62.1
800	34.2	0.6	8.5	52.4	0.6	62.6	63.3	63.6	64.3	65.3





## Расчетная масса кабелей

Таблица 13

Одножильные кабели на номинальное напряжение 10 кВ								
Число х сеч. жилы/ сеч. экрана, мм <sup>2</sup>	Расчетная масса , кг/км							
	АПВВнг-LS	ПВВнг-LS	АПВП, АПВПг, АПВП2г	ПВП, ПВПг, ПВП2г	АПВПу, АПВПуг, АПВПу2г,	ПВПу, ПВПуг, ПВПу2г	АПВВ	ПВВ
1х 50/16	820	1120	670	960	710	1000	760	1060
1х 70/16	920	1350	760	1180	810	1230	860	1290
1х 95/16	1055	1640	880	1460	930	1510	990	1580
1х 120/16	1170	1900	980	1710	1040	1760	1110	1830
1х 150/25	1390	2300	1200	2110	1250	2160	1320	2230
1х 185/25	1555	2690	1340	2480	1400	2540	1480	2610
1х 240/25	1780	3240	1555	3040	1620	3100	1700	3180
1х 300/25	2000	3890	1755	3650	1820	3710	1910	3800
1х 400/35	2430	4780	2160	4520	2230	4590	2330	4680
1х 500/35	2820	5910	2540	5630	2610	5700	2720	5810
1х 630/35	3390	7240	3030	6960	3140	7040	3270	7170
1х 800/35	3880	8830	3580	8530	3660	8610	3760	8780

Таблица 14

Одножильные кабели на номинальное напряжение 20 кВ								
Число х сеч. жилы/ сеч. экрана, мм <sup>2</sup>	Расчетная масса , кг/км							
	АПВВнг-LS	ПВВнг-LS	АПВП, АПВПг, АПВП2г	ПВП, ПВПг, ПВП2г	АПВПу, АПВПуг, АПВПу2г	ПВПу, ПВПуг, ПВПу2г	АПВВ	ПВВ
1х 50/16	1020	1320	840	1130	890	1180	950	1250
1х 70/16	1140	1570	940	1360	1000	1420	1060	1490
1х 95/16	1280	1870	1070	1650	1130	1710	1200	1790
1х 120/16	1400	2140	1190	1910	1250	1970	1320	2060
1х 150/25	1640	2550	1410	2320	1470	2380	1550	2465
1х 185/25	1810	2950	1570	2710	1640	2770	1720	2860
1х 240/25	2060	3510	1800	3290	1870	3350	1960	3450
1х 300/25	2290	4180	2010	3910	2090	3980	2190	4080
1х 400/35	2740	5090	2440	4800	2520	4870	2630	4980
1х 500/35	3210	6290	2870	5960	2950	6040	3080	6170
1х 630/35	3750	7600	3350	7290	3470	7380	3620	7520
1х 800/35	4320	9250	3890	8890	4010	9000	4180	9140

Таблица 15

Одножильные кабели на номинальное напряжение 35 кВ								
Число х сеч. жилы/ сеч. экрана, мм <sup>2</sup>	Расчетная масса , кг/км							
	АПВВнг-LS	ПВВнг-LS	АПВП, АПВПг, АПВП2г	ПВП, ПВПг, ПВП2г	АПВПу, АПВПуг, АПВПу2г	ПВПу, ПВПуг, ПВПу2г	АПВВ	ПВВ
1х 50/16	1360	1650	1130	1420	1190	1480	1270	1570
1х 70/16	1490	1915	1250	1670	1310	1730	1400	1830
1х 95/16	1650	2240	1400	1980	1460	2040	1555	2140
1х 120/16	1790	2520	1530	2260	1600	2320	1690	2425
1х 150/25	2040	2950	1760	2680	1840	2750	1940	2850
1х 185/25	2230	3370	1950	3080	2020	3160	2120	3260
1х 240/25	2500	3950	2230	3710	2300	3790	2390	3870
1х 300/25	2800	4700	2470	4360	2550	4440	2680	4570
1х 400/35	3280	5635	2920	5280	3010	5360	3150	5500
1х 500/35	3800	6870	3385	6480	3480	6570	3640	6730
1х 630/35	4380	8210	3900	7840	4040	7940	4220	8120
1х 800/35	4950	9900	4480	9440	7680	9660	4840	9800

Расчетная масса медного экрана, кг/км

Таблица 16

Сечение медного экрана, мм <sup>2</sup>						
16	25	35	50	70	95	120
155	240	330	470	645	875	1110

Для определения расчетной массы кабелей с увеличенным сечением медного экрана и неуказанных в табл. 13,14,15, необходимо из расчетной массы кабеля в табл. 13,14,15 вычесть массу стандартного сечения экрана табл. 16 и прибавить массу экрана увеличенного сечения из табл.16.

Электрическое сопротивление постоянному току жил кабелей при температуре 20 °С.  
Таблица 17

Сечение, мм <sup>2</sup>	Сопротивление медной жилы, Ом	Сопротивление алюминиевой жилы, Ом
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

Сопротивление проводника зависит от температуры окружающей среды.  
Сопротивление при определенной температуре рассчитывается следующим образом:

Медь: 
$$R_{\delta} = R_{20} \cdot \frac{234,5 + \delta}{254,5}$$

Алюминий: 
$$R_{\delta} = R_{20} \cdot \frac{228 + \delta}{248}$$

где  $\delta$ - текущая температура жилы  
 $R_{20}$ - сопротивление проводника при 20<sup>0</sup>С (Ом/км)  
 $R_{\delta}$  - сопротивление проводника при  $\delta$ <sup>0</sup>С (Ом/км)

**Электрическое сопротивление жил кабелей переменному току при температуре 90С.**

Таблица 18

Сечение, мм <sup>2</sup>	Электрическое сопротивление переменному току при 90°С, Ом/км	
	медные жилы	Алюминиевые Жилы
50	0.494	0.822
70	0.342	0.568
95	0.247	0.411
120	0.196	0.325
150	0.159	0.265
185	0.128	0.211
240	0.098	0.161
300	0.079	0.130
400	0.063	0.102
500	0.051	0.0804
630	0.041	0.0639
800	0.032	0.0505

Таблица 19

**Индуктивность кабелей**

Ном. сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Индуктивность, мГн/км, кабелей на номинальное напряжение, кВ					
	10		20		35	
	треуг.	плоск.	треуг.	плоск.	треуг.	плоск.
50	0.400	0.535	0.427	0.563	0.460	0.596
70	0.376	0.511	0.402	0.537	0.434	0.569
95	0.353	0.487	0.377	0.512	0.407	0.542
120	0.338	0.472	0.361	0.495	0.390	0.525
150	0.323	0.457	0.345	0.479	0.372	0.507
185	0.312	0.445	0.333	0.466	0.359	0.493
240	0.300	0.433	0.320	0.453	0.346	0.480
300	0.285	0.418	0.304	0.437	0.329	0.462
400	0.275	0.407	0.294	0.426	0.316	0.449
500	0.267	0.398	0.284	0.416	0.306	0.439
630	0.262	0.394	0.278	0.410	0.297	0.430
800	0.252	0.383	0.263	0.394	0.281	0.413

Индуктивность рассчитана для следующих условий прокладки: при прокладке треугольником кабели проложены вплотную, при прокладке в плоскости – на расстоянии одного диаметра кабеля.

Расчетная формула:

$$L = \frac{\mu_0}{\pi} \cdot l \cdot \ln\left(\frac{1}{4} + \frac{a}{r}\right) ,$$

где  $a$  – расстояние между фазами, мм

$r$  – радиус жилы, мм

$l$  – длина кабельной линии, м

$\mu_0$  – магнитная проницаемость воздуха

продолжение приложения 6

Таблица 20

### Реактивное индуктивное сопротивление

Ном. сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Реактивное индуктивное сопротивление, Ом/км , кабелей на номинальное напряжение, кВ					
	10		20		35	
	треуг.	плоск.	треуг.	плоск.	треуг.	плоск.
50	0.126	0.168	0.134	0.177	0.144	0.187
70	0.118	0.16	0.126	0.169	0.136	0.179
95	0.111	0.153	0.118	0.161	0.128	0.17
120	0.106	0.148	0.113	0.155	0.122	0.165
150	0.101	0.143	0.108	0.15	0.117	0.159
185	0.098	0.14	0.105	0.146	0.113	0.155
240	0.094	0.136	0.100	0.142	0.109	0.151
300	0.089	0.131	0.095	0.137	0.103	0.145
400	0.086	0.128	0.092	0.134	0.099	0.141
500	0.084	0.125	0.089	0.131	0.096	0.138
630	0.082	0.124	0.087	0.129	0.093	0.135
800	0.079	0.120	0.083	0.124	0.088	0.130

## Емкостные характеристики кабелей

Таблица 21

Ном. напряжение, кВ	Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Емкость, мкФ/км	Реактивное емкостное сопротивление, кОм/км	Ток заряда на фазу, А/км	Емкостной ток короткого замыкания на землю, А/км
10	50	0.229	13.91	0.42	1.25
	70	0.258	12.34	0.47	1.40
	95	0.294	10.83	0.53	1.60
	120	0.323	9.86	0.59	1.76
	150	0.357	8.92	0.65	1.94
	185	0.387	8.23	0.70	2.10
	240	0.429	7.42	0.78	2.33
	300	0.478	6.66	0.87	2.60
	400	0.531	6.00	0.96	2.89
	500	0.584	5.45	1.06	3.18
	630	0.644	4.95	1.17	3.50
800	0.727	4.38	1.32	3.95	
20	50	0.161	19.78	0.58	1.75
	70	0.180	17.69	0.65	1.96
	95	0.202	15.77	0.73	2.20
	120	0.220	14.48	0.80	2.39
	150	0.242	13.16	0.88	2.63
	185	0.261	12.20	0.95	2.84
	240	0.287	11.10	1.04	3.12
	300	0.317	10.05	1.15	3.45
	400	0.350	9.10	1.27	3.81
	500	0.383	8.32	1.39	4.17
	630	0.421	7.56	1.53	4.58
800	0.472	6.75	1.71	5.13	

Ном. напряжение, кВ	Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Емкость, мкФ/км	Реактивное емкостное сопротивление, кОм/км	Ток заряда на фазу, А/км	Емкостной ток короткого замыкания на землю, А/км
35	50	0.121	26.32	0.77	2.30
	70	0.134	23.77	0.85	2.55
	95	0.149	21.37	0.95	2.84
	120	0.161	19.78	1.02	3.06
	150	0.175	18.20	1.11	3.33
	185	0.187	17.03	1.19	3.56
	240	0.205	15.54	1.30	3.90
	300	0.225	14.15	1.43	4.28
	400	0.246	12.95	1.56	4.68
	500	0.268	11.88	1.70	5.10
	630	0.292	10.91	1.85	5.56
	800	0.326	9.77	2.07	6.21

При составлении данной инструкции была использована инструкция, разработанная авторским коллективом в составе:

Каменский М.К., Макаров Л.Е., Фурсов П.В., ОАО "ВНИИКП".

Мирзоев А.Г., АО "Фирма ОРГРЭС"