

**Российское акционерное общество
энергетики и электрификации
"ЕЭС РОССИИ"**

**ДЕПАРТАМЕНТ СТРАТЕГИИ
РАЗВИТИЯ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ПОЛИТИКИ**

**ДИРЕКЦИЯ ПО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ПОЛИТИКЕ**

№ _____
на № _____ от 16.03.98

**О проверке кабелей на возгорание при воздействии
тока короткого замыкания**

ЦИРКУЛЯР № Ц-02-98 (Э)

Настоящий Циркуляр определяет методику проверки по условиям невозгорания силовых кабелей напряжением до 10 кВ, расположенных в кабельных сооружениях энергетических объектов.

В результате длительного протекания тока короткого замыкания (КЗ) по кабелям при отключении присоединений действием резервных защит имели место пожары в кабельных хозяйствах электростанций вследствие нагрева токопроводящих жил кабелей до температур, при которых происходили разрывы оболочек и разрушения концевых заделок с возгоранием кабелей.

При испытании на возгорание силовых кабелей напряжением до 6 кВ токами КЗ длительностью до 4 с установлено, что разрыв оболочек, разрушение концевых заделок и возгорание кабелей не происходит, если температура токопроводящих жил не превышает 350°С для небронированных кабелей с пропитанной бумажной и пластмассовой изоляцией и 400°С для бронированных кабелей с пропитанной бумажной изоляцией и кабелей с изоляцией из вулканизированного полиэтилена.

С целью повышения надежности работы электроустановок и предотвращения пожаров в кабельных сооружениях энергетичес-

ких объектов в дополнение к требованиям гл. 1.4 "Выбор электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания" "Правил устройства электроустановок" (ПУЭ), шестое издание (М.: Энергоатомиздат, 1985) Дирекция по научно-технической политике

ПРЕДЛАГАЕТ:

1. На действующих энергетических объектах:

1.1. Проверить по условиям невозгорания силовые кабели при КЗ в начале кабельной линии и при действии резервной защиты. Допускается принимать расчетные токи КЗ на расстоянии 20 м от начала кабельной линии напряжением до 1 кВ и 50 м от начала кабельной линии напряжением 6-10 кВ.

Значения расчетных температур нагрева токопроводящих жил кабелей при проверке на невозгорание и при определении пригодности кабелей к дальнейшей эксплуатации приведены в таблице.

Значения расчетных температур нагрева токопроводящих жил кабелей при проверке на невозгорание и при определении пригодности кабелей к дальнейшей эксплуатации при длительности токов КЗ до 4 с

Тип кабеля	Значения расчетных температур токопроводящих жил кабелей, °C		
	при проверке на невозгорание	при определении пригодности кабелей к дальнейшей эксплуатации	
1	2	3	4
Бронированные кабели с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение до 6 кВ	400	200	300
Бронированные кабели с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение 10 кВ	360	200	300
Небронированные кабели с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение до 6 кВ	350	200	300
Небронированные кабели с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение 10 кВ	310	200	280

Тип кабеля	Значения расчетных температур токопроводящих жил кабелей, °С		
	при проверке на возгорание	при определении пригодности кабелей к дальнейшей эксплуатации	
1	2	3	4
Кабели с пластмассовой (поливинилхлоридный пластикат) и резиновой изоляцией	350	160	250
Кабели с изоляцией из вулканизированного полиэтилена	400	250	300

1.2. При получении расчетных значений температур выше указанных в гр. 2 таблицы предусмотреть:

изменение уставок защит;
замену защит быстродействующими;
изменение схемы питания.

Если данные мероприятия не могут быть применены или не дают положительных результатов, необходимо заменить кабели или их начальные участки кабелями с увеличенным сечением токопроводящих жил.

1.3. После каждого воздействия токов КЗ выполнять расчет температуры токопроводящих жил кабелей и определять пригодность кабелей к дальнейшей эксплуатации, руководствуясь следующим:

при температурах нагрева токопроводящих жил кабелей, не превышающих значений, указанных в гр. 3 таблицы, кабели пригодны к дальнейшей эксплуатации;

при температурах нагрева токопроводящих жил в интервалах значений, указанных в гр. 3 и 4 таблицы, допускается эксплуатация кабелей в течение 1 года. Такие кабельные линии перед включением в работу должны быть дополнительно осмотрены, в доступных местах отремонтированы (при необходимости) и испытаны выпрямленным напряжением $4U_{ном}$ в течение 5 мин;

при температурах нагрева токопроводящих жил кабелей, превышающих значения, указанные в гр. 4 таблицы, кабели считают-

ся к дальнейшей эксплуатации непригодными и должны быть заменены.

1.4. Применять нанесение огнезащитных покрытий как средство пожаростойкости, предусмотренное требованиями "Инструкции по проектированию противопожарной защиты энергетических предприятий: РД 34.49.101-87 (М.: Информэнерго, 1987) и Информационным сообщением от 31.08:88 г. № 18-41/1 "О применении ОЗП кабельных сооружений".

1.5. Проводить для пучков из двух параллельно включенных кабелей и более проверку на невозгорание любого кабеля пучка в соответствии с п. 1.1.

2. На вновь проектируемых и реконструируемых энергетических объектах:

2.1. Применять силовые кабели сечением 70 мм² и выше с многопроволочными алюминиевыми жилами.

2.2. При выпуске рабочей проектной документации выполнять требования пп. 1.1, 1.4 и 1.5.

3. Расчет температуры токопроводящих жил кабелей выполнять в соответствии с приложением 1.

4. Расчет токов КЗ и тепловых импульсов выполнять в соответствии с приложением 2.

С выходом настоящего Циркуляра аннулируется Циркуляр № Ц-03-95 (Э) от 30 июня 1995 г. "О проверке кабелей на невозгорание при действии тока короткого замыкания в сетях собственных нужд электростанций".

Первый заместитель начальника
Департамента стратегии развития
и научно-технической политики

БЕРСЕНЕВ А.П.

Шейко, 220-51-78

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ЖИЛ КАБЕЛЯ ТОКОМ КЗ

Для определения температуры нагрева жил кабеля при действии тока КЗ длительностью до 4 с рекомендуется пользоваться прилагаемой номограммой (см. рисунок).

Номограмма построена на основании уравнения (1), выражающего зависимость температуры жилы непосредственно после КЗ от температуры жилы до КЗ, режима КЗ, конструктивных и теплофизических параметров жилы:

$$\Theta_k = \Theta_n \cdot e^{\kappa} + a \cdot (e^{\kappa} - 1), \quad (1)$$

где Θ_k — температура жилы в конце КЗ, °C;

Θ_n — температура жилы до КЗ, °C;

a — величина, обратная температурному коэффициенту электрического сопротивления при 0°C, равная 228°C.

$$\kappa = \frac{(B \cdot B_{\text{тер}})}{S^2}, \quad (2)$$

где B — постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала жилы, равная для алюминия 45,65 мм⁴/(кА²·с) и для меди 19,58 мм⁴/(кА²·с);

$B_{\text{тер}} = \int_{t_1}^{t_{\text{кз}}} i^2 dt$ — интеграл Джоуля или тепловой импульс от тока КЗ, кА²·с;

S — сечение жилы, мм².

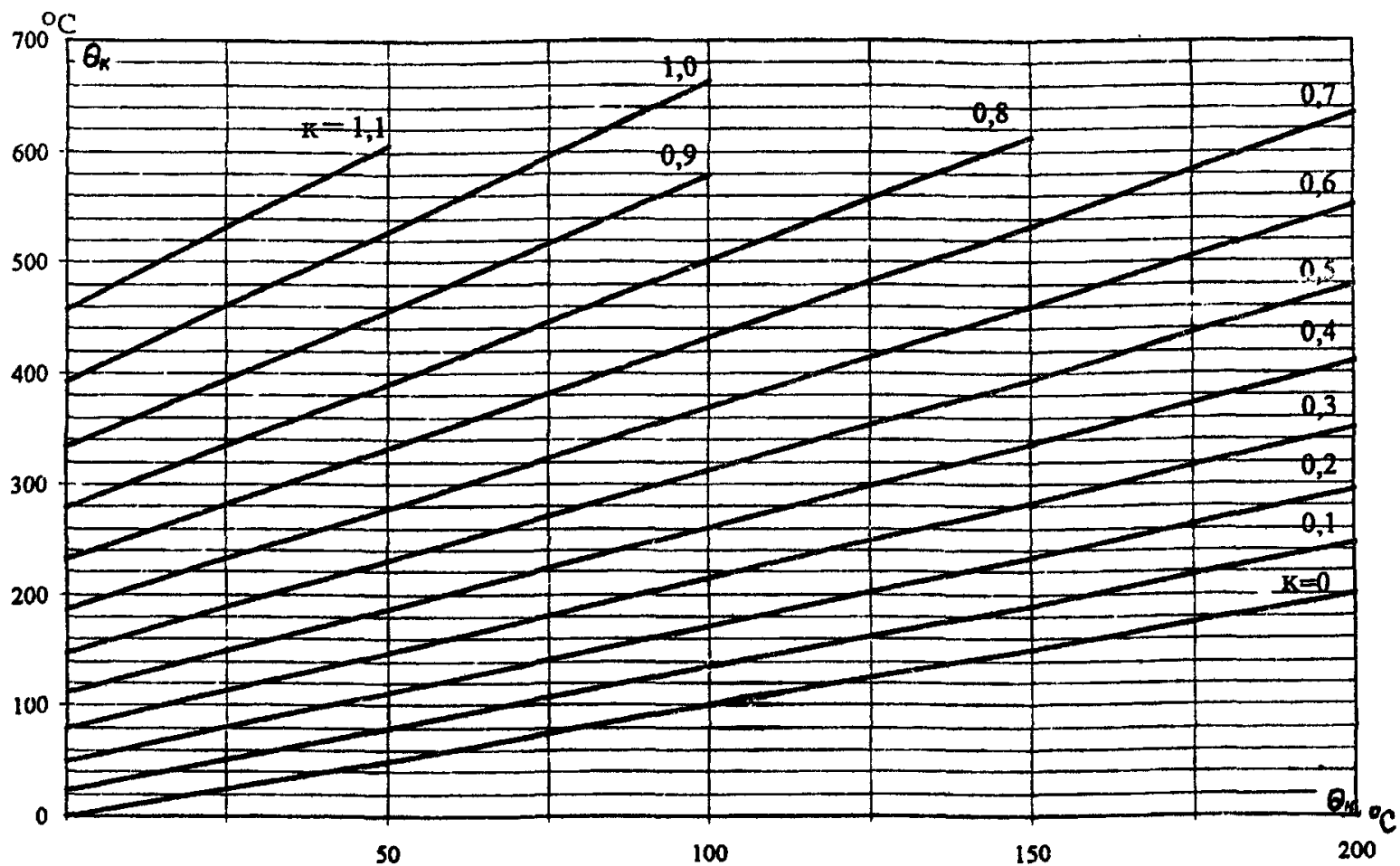
На номограмме по горизонтальной оси отложены значения температуры жилы до КЗ (Θ_n), а по вертикальной — значения температуры после КЗ (Θ_k) для значений коэффициента κ , характеризующего взаимосвязь между тепловым импульсом, сечением жилы и теплофизическими характеристиками материала жилы.

Значение начальной температуры жилы до КЗ может быть определено по формуле

$$\Theta_n = \Theta_o + (\Theta_{\text{АА}} - \Theta_{\text{окр}}) \left(\frac{I_{\text{раб}}}{I_{\text{АА}}} \right)^2, \quad (3)$$

где Θ_o — фактическая температура окружающей среды во время КЗ, °C;

$\Theta_{\text{АА}}$ — значение расчетной длительной допустимой температуры жилы, °C, равная для кабелей с про-



Номограмма для выбора силовых кабелей

питанной бумажной изоляцией на напряжение 1 кВ — 80°C, 6 кВ — 65°C и 10 кВ — 60°C, для кабелей с пластмассовой изоляцией 70°C и для кабелей с изоляцией из вулканизированного полиэтилена 90°C;

$\Theta_{\text{окр}}$ — значение расчетной температуры окружающей среды (воздуха) 25°C;

$I_{\text{раб}}$ — значение тока перед КЗ, А;

$I_{\text{АА}}$ — значение расчетного длительно допустимого тока, А, в соответствии с табл. П1.1 и П1.2.

Таблица П1.1

Значения расчетных длительно допустимых токов для кабелей с медными и алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной изоляцией, прокладываемых в воздухе

Сечение жилы, мм ²	Токowe нагрузки (А) для трехжильных кабелей напряжением, кВ		
	1	6	10
6	53/40	—	—
10	73/55	68/48	—
16	97/72	86/64	80/60
25	127/95	114/83	103/78
35	157/118	140/102	127/95
50	195/146	175/128	157/118
70	247/180	213/156	196/144
95	301/218	259/187	238/174
120	348/261	299/217	274/210
150	400/300	343/249	313/237
185	451/342	386/291	352/267
240	522/402	448/340	408/311

Примечания: 1. Нагрузки для кабелей с алюминиевыми жилами указаны в знаменателе.

2. Нагрузки для трехжильных кабелей 1 кВ действительны и для четырехжильных кабелей с нулевой жилой меньшего сечения.

3. Нагрузки для четырехжильных кабелей с жилами равного сечения определяются умножением нагрузок для трехжильных кабелей на коэффициент 0,93.

Таблица П1.2

**Значения расчетных длительно допустимых токов
для кабелей на напряжение 1 кВ с резиновой
и пластмассовой изоляцией, с медными и алюминиевыми
жилами, прокладываемых в воздухе**

Сечение жилы, мм ²	Токовые нагрузки (А), для кабелей		
	одножильных	двужильных	трехжильных
1,5	29/—	24/—	20/—
2,5	40/30	33/25	26/20
4,0	53/40	44/34	34/27
6,0	67/51	56/43	46/34
10	91/69	76/58	62/47
16	121/93	101/77	81/62
25	160/122	134/103	107/82
35	197/151	166/127	131/102
50	247/189	208/159	165/127
70	318/233	264/195	211/156
95	386/284	321/239	255/190
120	450/330	375/276	299/220
150	521/380	423/319	345/254
185	594/436	493/366	392/292
240	704/515	584/432	465/344

Примечания: 1. Нагрузки для кабелей с алюминиевыми жилами указаны в знаменателе.

2. Нагрузки для кабелей с резиновой изоляцией определяются умножением нагрузок, приведенных в таблице, на коэффициент 0,95.

3. Нагрузки для кабелей с изоляцией из вулканизированного полиэтилена определяются умножением нагрузок, приведенных в таблице, на коэффициент 1,16.

4. Нагрузки для одножильных кабелей даны для одного кабеля, проложенного открыто, а для двух, трех и четырех одножильных кабелей, проложенный в одной трубе, следует руководствоваться графами для двужильных и трехжильных кабелей с учетом пп. 5 и 6 при открытой электропроводке, а при скрытой электропроводке эти нагрузки должны быть умножены на коэффициент 0,85.

5. Нагрузки для трехжильных кабелей действительны и для четырехжильных кабелей с нулевой жилой меньшего сечения.

6. Нагрузки для четырехжильных кабелей с жилами равного сечения определяются умножением нагрузок для трехжильных кабелей на коэффициент 0,882.

В режиме АПВ и АВР значения начальной температуры принимаются равными значению температуры после первого воздействия тока КЗ.

По номограмме могут быть определены:

значение Θ_k для данного режима КЗ (теплового импульса) в режимах без АПВ и АВР и с АПВ и АВР;

допустимое значение теплового импульса в кабеле по заданным условиям (температурам) термической стойкости и возгорания кабелей;

сечение кабелей для данного значения теплового импульса и заданных условий (температур) термической стойкости и возгорания кабелей.

Определение Θ_k . По режимам работы конкретной линии рассчитывают значение Θ_n и коэффициента k , находят ординату точки пересечения вертикальной (Θ_n) и наклонной (k) линии и определяют значение Θ_k . Так, для $\Theta_n = 50^\circ\text{C}$ и $k = 0,7$ $\Theta_k = 330^\circ\text{C}$.

Определение теплового импульса и сечения кабеля. Для допустимой температуры термической стойкости (или температуры возгорания) и установленного по режимам работы значения Θ_n в точке пересечения горизонтальной и вертикальной линий определяют значение коэффициента k и по формуле (2) рассчитывают или значение теплового импульса, или значение сечения жилы кабеля.

РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И ТЕПЛОВЫХ ИМПУЛЬСОВ

При проверке кабелей на невозгорание расчет токов КЗ и тепловых импульсов (интегралов Джоуля) следует проводить, руководствуясь ГОСТ 28249-93 "Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ", ГОСТ 27514-87 "Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ" и ГОСТ 30323-95 "Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания", а также "Методическими указаниями по расчету токов короткого замыкания в сети напряжением до 1 кВ электростанций и подстанций с учетом влияний электрической дуги" (М.: СПО ОРГРЭС, 1993).

1. Расчет токов КЗ

При проверке кабелей на невозгорание рассчитывается ток трехфазного металлического короткого замыкания в начале проверяемого кабеля.

При этом допускается принимать точку КЗ за отрезками кабеля длиной 50 м от начала (кабели напряжением до 10 кВ) и 20 м (кабели до 1 кВ).

Расчет токов КЗ для проверки кабелей на невозгорание проводить с учетом следующего:

1.1. Учитывается влияние тока подпитки от асинхронных электродвигателей на полный ток КЗ:

в сети 0,4 кВ — в том случае, если суммарный номинальный ток одновременно включенных электродвигателей превышает 10% начального значения периодической составляющей тока КЗ, рассчитанного без учета электродвигателей. При этом следует учитывать электродвигатели, непосредственно примыкающие к месту КЗ, а также электродвигатели секций, объединяемых действием АВР;

в сети 6 кВ — учитывать одновременно включенные электродвигатели мощностью 100 кВт и более, если они не отделены от

точки КЗ токоограничивающими реакторами или силовыми трансформаторами.

1.2. Ток подпитки места КЗ от асинхронных электродвигателей рассчитывается без учета апериодической составляющей.

1.3. В расчетах периодической составляющей тока подпитки места КЗ от асинхронных электродвигателей 6,0 кВ допускается не учитывать их активное сопротивление.

1.4. В расчетах сети 0,4 кВ учитывается сопротивление электрической дуги в месте КЗ и увеличение активных сопротивлений кабелей от протекающего тока трехфазного КЗ по ГОСТ 28249-93 (табл. 2) и по "Методическим указаниям по расчету токов короткого замыкания в сети напряжением до 1 кВ электростанций и подстанций с учетом влияния электрической дуги".

1.5. Электродвигатели 0,4 кВ, подключенные ко вторичным сборкам, в расчетах не учитываются.

2. Расчет тепловых импульсов от токов КЗ

Тепловой импульс от тока КЗ определять как сумму интегралов Джоуля от периодической и апериодической составляющих тока КЗ по ГОСТ 30323-95.

За продолжительность КЗ принимать время от начала КЗ до его отключения ($t_{откл}$), равное времени действия резервной релейной защиты (в зоне которой находится проверяемый кабель) и полному времени отключения выключателя.

Для присоединений секций собственных нужд 6,0 и 0,4 кВ резервной защитой считать защиту ввода питания секции или трансформатора 6,0/0,4 кВ (токовая, дистанционная и другие защиты от многофазных КЗ).

При проверке кабелей на невозгорание для присоединений СН с асинхронными электродвигателями в точках КЗ, удаленных от генераторов и синхронных компенсаторов (отделены трансформаторами или реакторами), тепловой импульс ($\text{кА}^2 \cdot \text{с}$) с временем отключения тока КЗ 0,4 с и более рассчитывается по формуле

$$B_{\text{тер}} = I_{\text{по с}}^2 (t_{\text{откл}} + T_{\text{аз}}) + (0,3 I_{\text{по с}} \cdot I_{\text{по ад}} + 0,1 I_{\text{по ад}}^2) \cdot t_{\text{откл}},$$

где $I_{\text{по с}}$ — начальное значение периодической составляющей тока КЗ от удаленных источников (система, генератор), кА;

$T_{\text{аз}}$ — эквивалентная постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ от удаленных источников, равная 0,1 с для сети 6,0 кВ и 0,02 с для сети 0,4 кВ;

$I_{\text{по ад}}$ — начальное значение периодической составляющей тока подпитки от асинхронных электродвигателей, равное сумме номинальных токов одновременно включенных электродвигателей, увеличенной в 4,5 раза для сети 0,4 кВ и в 5,5 раза для сети 6,0 кВ, кА.

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИНСПЕКЦИЯ
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И СЕТЕЙ

198023, Москва, К-14, Енисейский пр-т
М. Моск., К-14, Енисейский пр-т
Тел. 2705140

31.08.88 № 18-4/1

На № от

О применении огнезащитных
покрытий кабельных соору-
жений

Главным эксплуатационным управ-
лениями; главным производственным
управлением энергетики и электроресурсов,
производственным объектам и районным энергетическим
управлениям Министерства, министр-
ством энергетики и электрификации
Украинской ССР, Казахской
ССР, Узбекской ССР и Молдавской
ССР, энергетическим, производственным
и эксплуатационным организациям
и предприятиям по эксплуатации
электростанций и сетей

ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

В настоящее время в электроустановках страны все шире находят применение огнезащитные покрытия кабелей. Большой опыт их применения накоплено Мосэнерго, где с 1984 г. целенаправленно проводится работа по покрытию кабельных трасс отечественными огнезащитными материалами.

Составом ОПК к середине 1988 г. покрыто на электростанциях около 60%, а на подстанциях до 30% всех кабельных трасс. На пяти электростанциях указанная работа завершена.

Применение ОПК является эффективным средством по предотвращению возникновения загораний кабельных трасс и распространения пожара.

Как показывает практика эксплуатации кабелей, покрытых ОПК, при коротких замыканиях как в вертикальном потоке, так и в горизонтальном направлении горения не происходит и в ряде случаев не повреждаются соседние жилы.

Огнезащитный состав ОПК выпускается Черновицким химическим заводом ПО "Укрнакокраска" министерства химической промышленности СССР (г.Черновцы, ГСП-3, ул.М.Тореза 35, тел. 2-90-54).

Механизированное нанесение ОПК производится установкой "Щит" (ПО "Лакнакокраспокрытие", 14360, г.Хотьково, Московская обл.).

Управление пожарной безопасности, ВОЛГ и ГО Мосэнерго СССР информационным письмом от 0.09.82 № 1/82 разъяснило порядок применения огнезащитного покрытия ОПК и разрешило в электроустановках "рекомендовать по применению огнезащитного покрытия ОПК для снижения пожарной опасности электрических кабелей", разработанные

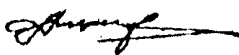
ВНИИПО Яд СССР и согласованные с ГУПО Яд СССР.

Нряду с СПК, в Мосэнерго с 1987г. применяются пасты "Полиот-К" и "Полипаст-К" фирмы "Дунамент" Венгерской народной республики. Указанные пасты актуальны через ВО "Загрантехэнерго" по заявкам энергосистемы комплектно с установкой по нанесению специальным распылителем "Униспрей", который позволяет регулировать факел от 0 до 90° для нанесения пасты на труднодоступные места отенок кабелей. Эти пасты имеют хорошую виброустойчивость, не боятся масел, воды, долговечны, однако имеют небольшие сроки хранения (6 и 12 месяцев) и даже в случае кратковременного замораживания к дальнейшему применению непригодны. С учетом опыта, накопленного предприятиями Минатомэнерго, Мосэнерго принято решение по применению данных материалов по защите кабельных трасс в районе турбогенераторов для обеспечения сохранности цепей управления в случае разуплотнения масляных систем.

Государственная инспекция по эксплуатации электростанций и сетей предлагает:

1. Изучить опыт Мосэнерго и организовать широкое использование состава СПК для защиты кабельных трасс, в первую очередь на энергообъектах, где затруднена эксплуатация автоматических систем пожаротушения, т.к. полные покрытия кабелей позволяют переводить системы пожаротушения на дистанционный пуск.
2. Применять состав СПК для защиты силовых и контрольных кабелей, кабелей связи, блокировки и сигнализации, имеющие защитные оболочки из пластмассы и эпоксиды, эксплуатируемых в закрытых помещениях и влажных электропомещениях при температуре от 5 до 50°C
3. Покрывать типа "Полиот-К" применять для защиты кабельных трасс района турбогенераторов.
4. Принять к сведению, что наибольшие допустимые токовые нагрузки кабелей, покрытых огнезащитным составом, должны быть снижены на 2-7% в зависимости от условия охлаждения кабельных трасс.

Главный инженер



А.Д.Щербakov

Распространяется по спискам: 1,3-17; 6-10; 17; 18-22 - по 1 экз.

Госкомтехники по эксплуатации электростанций и сетей и Управление пожарной безопасности, ВОХР и ГО - 10 экз.

Исх. № 220-51-48

Тел. 103-1333 СССР. 2937-1800