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 невозгорание при воздействии тока короткого замыкания

ЦИРКУЛЯР № Ц-02-98 (Э)

Настоящий Циркуляр определяет методику проверки по условиям невозгорания силовых кабелей напряжением до 10 кВ, проложенных 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-

gost.e-ecolog.ru

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, °С		
	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

Окончание таблицы

Тип кабеля	Значения расчетных температур токопроводящих жил кабелей, °С		
	при проверке на невозгорание	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, указанных 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 мм^2 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

Приложение 1

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:

$$\Theta_к = \Theta_н \cdot e^к + a \cdot (e^к - 1), \qquad (1)$$

где $\Theta_к$ — температура жилы в конце КЗ, °С;

$\Theta_н$ — температура жилы до КЗ, °С;

а — величина, обратная температурному коэффициенту электрического сопротивления при 0°С, равная 228°С.

$$к = \frac{(в \cdot B_{тер})}{S^2}, \qquad (2)$$

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

$B_{тер} = \int_0^{t_{пк}} i_{kt}^2 \, dt$ — интеграл Джоуля или тепловой импульс от тока КЗ, кА². с;

S — сечение жилы, мм².

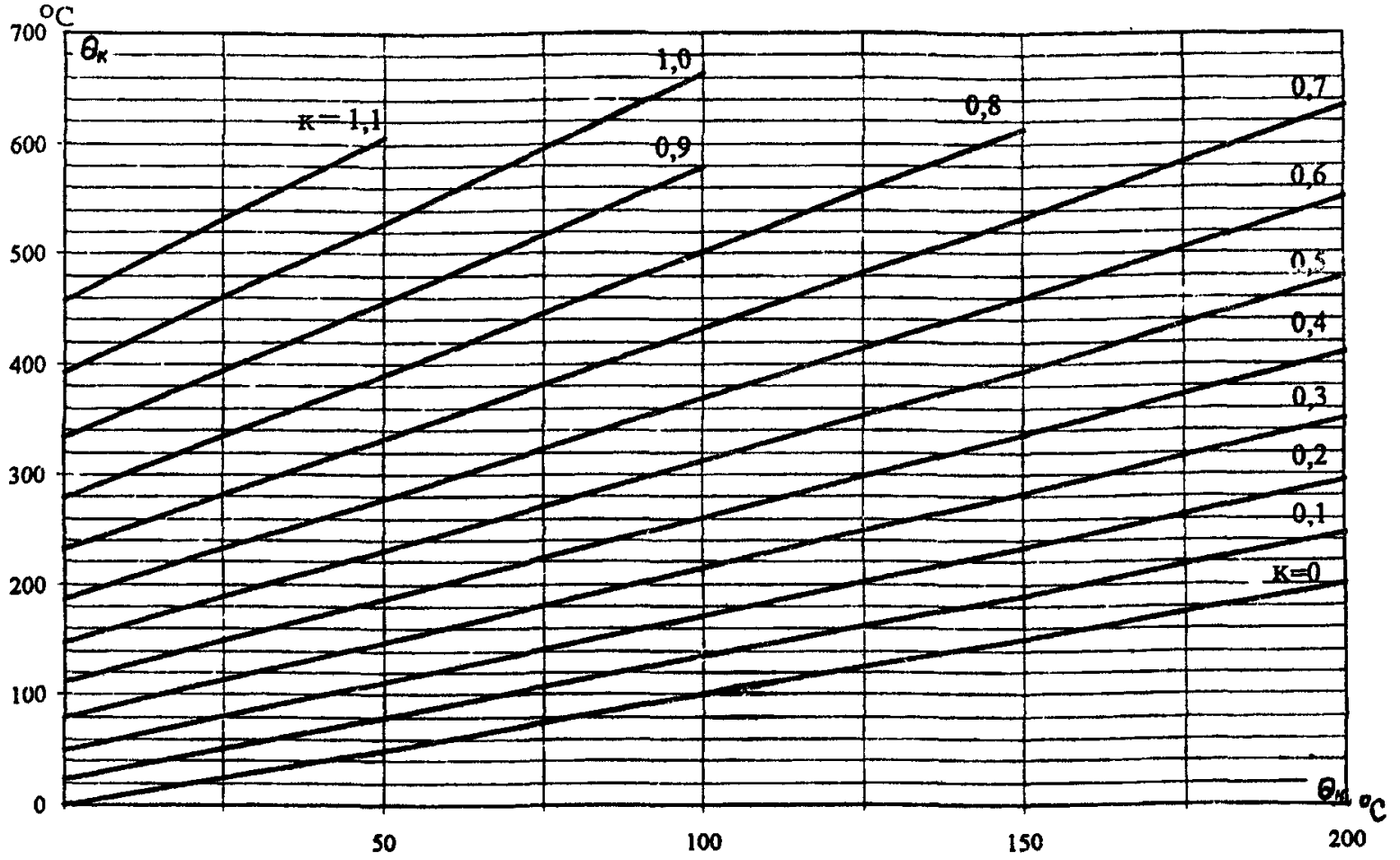
На номограмме по горизонтальной оси отложены значения температуры жилы до КЗ ($\Theta_н$), а по вертикальной — значения температуры после КЗ ($\Theta_к$) для значений коэффициента к, характеризующего взаимосвязь между тепловым импульсом, сечением жилы и теплофизическими характеристиками материала жилы.

Значение начальной температуры жилы до КЗ может быть определено по формуле

$$\Theta_н = \Theta_о + (\Theta_{дд} - \Theta_{окр}) \left(\frac{I_{раб}}{I_{дд}}\right)^2, \qquad (3)$$

где $\Theta_о$ — фактическая температура окружающей среды во время КЗ, °С;

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



Номограмма для выбора силовых кабелей

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

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

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

$I_{дд}$ — 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, мм²	Токовые 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	двухжильных	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 двухжильных 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 $\Theta_к$ 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 $\Theta_к$. По режимам работы конкретной линии рассчитывают значение $\Theta_н$ и коэффициента к, находят ординату точки пересечения вертикальной ($\Theta_н$) и наклонной (к) линии и определяют значение $\Theta_к$. Так, для $\Theta_н = 50^oC$ и к = 0,7 $\Theta_к = 330^oC$.

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

Приложение 2

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 50м 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 ($кА^2 \cdot с$) с временем отключения тока КЗ 0,4 с и более рассчитывается по формуле

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

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

$T_{а\,э}$ — 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;

$I_{по\,ад}$ — 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.

(43) Зак. №98009(02) Тир. 600 экз. Р. СПО ОРГРЭС

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИНСПЕКЦИЯ
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И СЕТЕЙ

109074, Москва, К-74, Китайский пр.
Телефон 220-51-40

31.08.88 № 18-4/I

На № ... от ...

Главным эксплуатационным управлениям; главным производственным управлениям энергетики и электрификации, производственным объединениям и районным энергетическим управлениям Министерства, министерствам энергетики и электрификации Украинской ССР, Казахской ССР, Узбекской ССР и Молдглавэнерго электростанциям, инспектирующим органам и инспекторам-инспекторам Госинспекции по эксплуатации электростанций и сетей

О применении огнезащитных покрытий кабельных сооружений

И Н Ф О Р М А Ц И О Н Н О Е С О О Б Щ Е Н И Е

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

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

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

Как показывает практика эксплуатации кабелей, покрытых ОЩК, при коротких замыканиях как в вертикальном потоке, так и в горизонтальном распространения горения не происходит и в ряде случаев даже повреждаются соседние кабели.

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

Механизированное нанесение ОЩК производится установкой "Щит" (ПО "Лакокраспокрытие", 143960, г.Хотьково, Московская обл.).

Управление пожарной безопасности, ВОИ и ПО Минэнерго СССР информационным письмом от 0.09.82 № 1/82 разъяснило порядок применения огнезащитного покрытия ОЩК и разослало в энергосистемы "Рекомендации по применению огнезащитного покрытия ОЩК для снижения пожарной опасности электрических кабелей", разработанные

ВНИИПО МВД СССР и согласованные с ГУПО МВД СССР.

Наряду с ОПК, в Мосэнерго с 1987г. применяются пасты "Полистоп-К" и "Полипласт-К" фирмы "Дунамента" Венгерской народной республики. Указанные пасты экспортируются через ВО "Загрантехэнерго" по заявкам энергосистем комплектно с установкой по нанесению специальным распылителем "Унираспрей", который позволяет регулировать факел от 0 до 90° для нанесения пасты на труднодоступные места оплеток кабелей. Эти пасты имеют хорошую виброустойчивость, не боятся масел, воды, долговечны, однако имеют небольшой срок хранения (6 и 12 месяцев) и даже в случае кратковременного замораживания к дальнейшему применению непригодны. С учетом опыта, накопленного предприятиями Минатомэнерго, Мосэнерго приняло 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 ОПК для защиты кабельных трасс, в первую очередь на энергообъектах, где затруднена эксплуатация автоматических систем пожаротушения, т.к. полное покрытие кабелей позволяет перевести системы пожаротушения на дистанционный пуск.

2. Применять состав ОПК для защиты силовых и контрольных кабелей, кабелей связи, блокировки и сигнализации, имеющие защитные оболочки из пластмасс и металла, эксплуатируемых в закрытых сухих и влажных электропомещениях при температуре от 5 до 50°С.

3. Покрытия типа "Полистоп" применять для защиты кабельных трасс в районе 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.Щербаков

Рассылается по описям: I.3-I 7; 8-I0; I7; I8-22 – по I экз.

Госинспекции по эксплуатации электростанций и сетей и Управлению пожарной безопасности, ВОИР и ГО – I0 экз.

Исполнитель Тип.I03- МЭиЭ СССР.2937-I800

gost.e-ecolog.ru