

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, °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

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 мм<sup>2</sup> 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:

$$\Theta_x = \Theta_n \cdot e^k + a \cdot (e^k - 1), \quad (1)$$

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

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

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

$$k = \frac{(v \cdot V_{\text{тер}})}{S^2}, \quad (2)$$

где  $v$  — постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала жилы, равная для алюминия 45,65 мм<sup>4</sup>/(кА<sup>2</sup>·с) и для меди 19,58 мм<sup>4</sup>/(кА<sup>2</sup>·с);

$V_{\text{тер}} = \int_{t_1}^{t_2} i^2 dt$  — интеграл Джоуля или тепловой импульс от тока КЗ, кА<sup>2</sup>·с;

$S$  — сечение жилы, мм<sup>2</sup>.

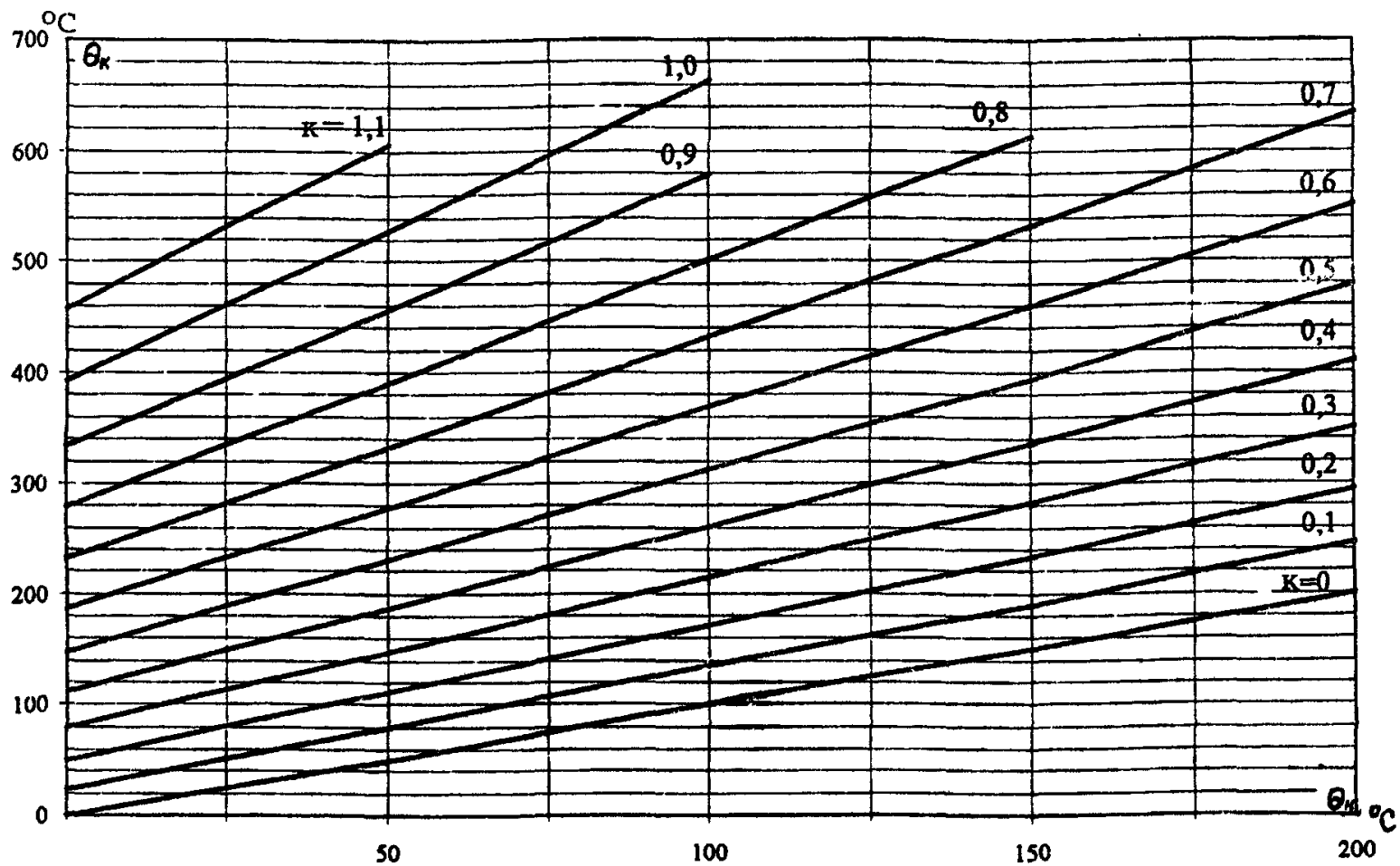
На номограмме по горизонтальной оси отложены значения температуры жилы до КЗ ( $\Theta_n$ ), а по вертикальной — значения температуры после КЗ ( $\Theta_x$ ) для значений коэффициента  $k$ , характеризующего взаимосвязь между тепловым импульсом, сечением жилы и теплофизическими характеристиками материала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

Значение начальной температуры жилы до КЗ может быть определено по формуле

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

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

$\Theta_{\text{AA}}$  — 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°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;

$I_{\text{AA}}$  — 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 <sup>2</sup>	Токвые 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 <sup>2</sup>	Токвые 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, проложенных 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  $\Theta_k$  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  $\Theta_k$ .** По режимам работы конкретной линии рассчитывают значение  $\Theta_n$  и коэффициента  $k$ , находят ординату точки пересечения вертикальной ( $\Theta_n$ ) и наклонной ( $k$ ) линии и определяют значение  $\Theta_k$ . 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  $\Theta_n$  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 влияния 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 возгорание 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

$$W_{\text{тер}} = I_{\text{пос}}^2 (t_{\text{откл}} + T_{\text{аз}}) + (0,3 I_{\text{пос}} \cdot I_{\text{поад}} + 0,1 I_{\text{поад}}^2) \cdot t_{\text{откл}},$$

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

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

$I_{\text{поад}}$  — 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 ССР

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИНСПЕКЦИЯ  
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И СЕТЕЙ

10071, Москва, К-14, Енисейский пр.  
Минск, К-11, Енисейская ул. 10071001  
Тел. 2205140

31.08.88 № 18-4/1

На № ..... от .....

О применении огнезащитных  
покрытий кабельных соору-  
жений

Главным эксплуатационным управ-  
лениями; главным производственным  
управлениям электростанции и электросетей,  
производственным объектам  
назначены в районных энергетических  
управлениях Министерства, министр-  
ствам энергетики и электрифика-  
ции Украинской ССР, Казахской  
ССР, Узбекской СР и Молдавской  
ССР, электростанциям, воинам  
оружия и авиационным диспетчер-  
ским станциям по эксплуатации  
электростанций и сетей

## ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

В настоящее время в энергосистемах страны все шире находят применение огнезащитные покрытия кабелей. Большой опыт их приме-  
нения накоплено Мосэнерго, где в 1984 г. целенаправленно проводится  
работа по покрытию кабельными трубами отечественными огнезащитными  
материалами.

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

Применение ОПК является эффективным средством по предотвра-  
щению возникновения загораний кабельных трасс и распространения  
огня.

Как показывает практика эксплуатации кабелей, покрытых ОПК,  
при коротких замыканиях как в вертикальном потоке, так и в горизон-  
тальном распространения горения не происходит а в ряде случаев  
не повреждаются соседние юбели.

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

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

Управление пожарной безопасности, ВОЛГ и ГО Минэнерго СССР  
информационным письмом от 0.09.82 № 1/82 разъяснило порядок при-  
менения огнезащитного покрытия ОПК в разном в энергосистемах  
"рекомендации по применению огнезащитного покрытия ОПК для сниже-  
ния пожарной опасности электрических кабелей", разработанные

ВНИИПО ЯЭД СССР и согласованные с ГУПО ЯЭД СССР.

Нряду с СПК, в Мосэнерго с 1987г. применяются пасты "Полисп-К" и "Полипласт-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 небольшой срок хранения (6 и 12 месяцев) и даже в случае кратковременных 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 правления 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 покрытие кабелей позволяет 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 плаомассы и стекла, эксплуатируемых в закрытых отях и влажных электропомещениях при температуре от 5 до 50°C

3. Покрытия типа "Полисп-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 2-3% в зависимости от условия охлаждения кабельных трасс.

Главный инженер



А.Д.Шербakov

Распаваеть ко опискам: 1, 3-17; 6-10; 17; 18-22 - по 1 экз.

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

Иконников  
220-51-48

Тел. 103-МЭЭ СССР. 2937-1800