

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД ИСПЫТАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ТРЕКИНГО- И ЭРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ

Как известно, при эксплуатации в процессе загрязнения и увлажнения изоляции наружных высоковольтных конструкций подвергаются поверхностным частичным разрядам. Стойкость к этим разрядам (трекинговая стойкость) — одна из основных характеристик, определяющих возможность применения полимерных материалов в высоковольтных наружных установках в качестве изоляции. Поскольку в условиях эксплуатации проведение сравнительных испытаний различных полимерных материалов на трекинго- и эрозионную стойкость затрудняется из-за невозможности регулировать условия опыта, а разрушение происходит относительно медленно, разработаны различные методы ускоренных испытаний: «капельная», «термовлагодкамера», «фиксированная микродуга», «пыли и тумана», «проводящего тумана» и др. [1–4]

Установлено, что преобладающую роль в явлении трекинга играют окислительные процессы. Так, Манделкорн [1] полагает, что под действием электрического разряда на поверхности изоляции выделяются короткоживущие и относительно устойчивые химически активные продукты: O , N , N_2 , O_2 , N_2^+ , O_2^+ , O_3^+ , NO_2 , HNO_3 и т. д. В развитии данной идеи было предложено испытание полимерных материалов на трекинговую стойкость электролитом, подвергнутым предварительной активации продуктами окисления в процессе испытания.

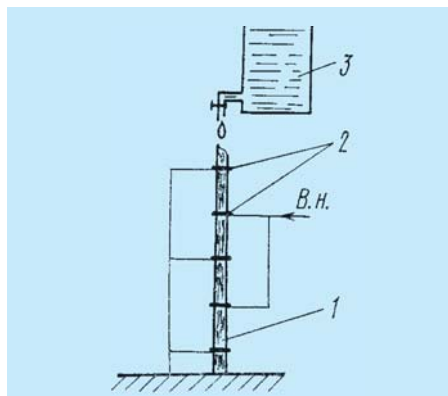


Рис. 1. Схема «капельного» метода для испытания полимерных материалов на трекинго- и эрозионную стойкость: 1 — испытуемый образец; 2 — заземленный и высоковольтный электрод; 3 — сосуд с электролитом

Предварительная активация электролита производится частичными разрядами при стекании его по поверхности вспомогательного образца с электродами, расположенного над испытуемым образцом. В качестве вспомогательного образца можно взять любой трекинговостойкий материал (фарфор, стекло и др.) соответствующего размера. Испытание можно провести также и на образце полимерного материала необходимого размера путем закрепления на его поверхности трех и более электродов. При этом первые межэлектродные участки поверхности образца являются вспомогательными по отношению к нижним. По предложенному методу увлажнение поверхности испытуемого образца происходит периодически путем выпадения раствора электролита в виде капель с определенной частотой (см. рис. 1). Величина напряженности электрического поля, сопротивление электролита, расстояние между электродами могут меняться в широких пределах — в зависимости от размера и формы образца.

Критерием трекинговости полимерных материалов по данному методу могут быть количество выпадающего электролита в виде капель, число бросков тока, т. е. количество частичных разрядов, или время, необходимое для испытания до разрушения. Ясно что, число бросков тока при испытании зависит от количества и интенсивности выпадающего электролита в виде капель. При

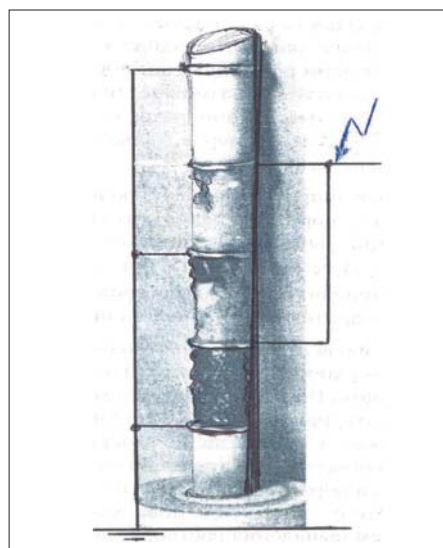


Рис. 2. Характерное разрушение в виде трека образца полимерного материала после испытания на трекинговую стойкость по «капельному» методу

этом часть электролита, вследствие воздействия температуры частичного разряда, испаряется на верхнем межэлектродном участке. Оставшаяся часть электролита стекает вниз и не всегда достаточна для полного смачивания нижних межэлектродных участков и образования частичных разрядов. Следовательно, количество частичных разрядов на первом межэлектродном участке равно числу капель, а на нижних межэлектродных участках — меньше. Несмотря на это разрушение в виде трека (или эрозии) испытуемого образца начинается преимущественно с нижнего участка (см. рис. 2).

Большой разброс и длительность результатов испытания трекинго- и эрозионной стойкости полимерной изоляции любыми известными способами (см. рис. 3, кривые 2–5), где имеется единственный межэлектродный участок, объясняется тем, что каждый раз при выпадении новой порции электролита на межэлектродный участок происходит постоянное разбавление остатка раствора электролита, обработанного предыдущим разрядом, и снижается его активность. А в предложенном «капельном» методе наоборот — нижние межэлектродные участки испытуемого образца постепенно увлажняются электролитом, обработанным разрядами на верхних межэлектродных участках, т. е. обогащенным продуктами термоокисления. Активные (термоокислительные) продукты, взаимодействуя с поверхностью материала, бы-

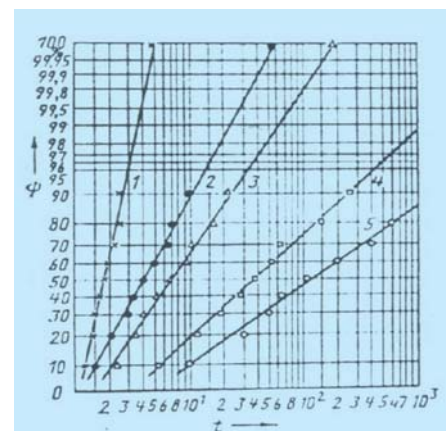


Рис. 3. Зависимость вероятности выхода из строя (трекообразования) изоляционного материала на основе эпоксициклоэтановой смолы от продолжительности испытания различными методами: 1 — «капельная»; 2 — «термовлагодкамера»; 3 — «фиксированная микродуга»; 4 — «пыли и тумана»; 5 — «проводящего тумана»

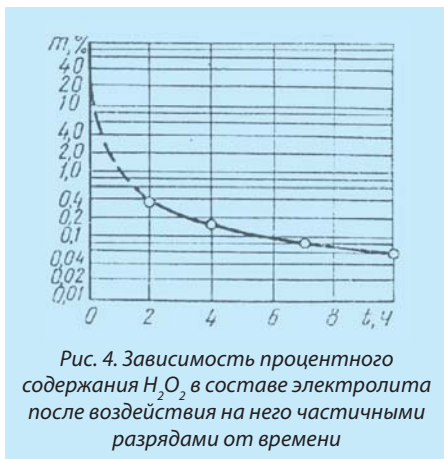


Рис. 4. Зависимость процентного содержания H₂O₂ в составе электролита после воздействия на него частичными разрядами от времени

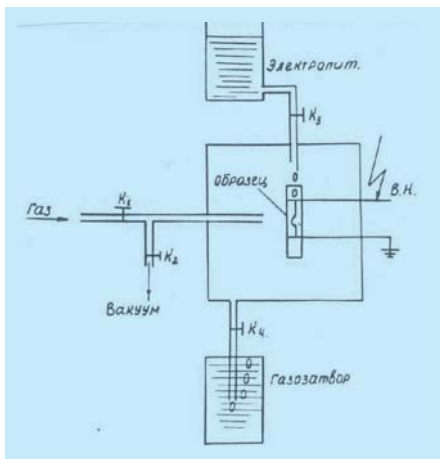


Рис. 5. Испытание полимерных материалов на трекинговость в присутствии инертных газов



Рис. 6. Испытание полимерных материалов на дугостойкость в присутствии инертных газов

стро снижают его поверхностное сопротивление и разрушают в виде трека или эрозии (см. рис. 3, кривая 1).

Исследования состава электролита после воздействия на него частичными разрядами показывает, что кроме уменьшения объемного сопротивления (ν) в электролите появляются химически активные продукты в виде, например, перекиси водорода (H₂O₂). Поскольку H₂O₂ в атмосфере быстро разлагается на H₂O и O, электролит со истечением времени теряет свою активность и подчиняется условию:

$$m = \frac{1}{t} e^{-kt}$$

где: m — количество химически активных продуктов в виде H₂O₂ (в %); $t > 0$ —

время после воздействия частичными разрядами на электролит до проведения исследования (час.); $k = 0,5$ — постоянный коэффициент.

Следует отметить, что частичным разрядом является также источник ультрафиолетового (УФ) излучения. УФ лучи приводят к усилению окислительных процессов на поверхности изоляции. На рисунке 4 представлено изменение процентного содержания H₂O₂ в составе электролита после воздействия на него частичными разрядами в зависимости от времени.

Анализ результатов испытаний показывает, что добавление в состав электролита таких химически активных веществ, как H₂O₂ и/или HNO₃, существенно ускоряет процесс разрушения образцов полимерных материалов (табл. 1). А в атмосфере газа, не содержащего кислород (аргон, элегаз и проч.), разрушение образцов полимеров не наблюдалось при определении трекинговости (рис. 5) и дугостойкости (рис. 6), в том числе и материалов, нетрекинговостойких в воздухе (см. табл. 2). Это еще раз подтверждает определяющую роль окислительных процессов в явлении трекинга.

Считается, что когда на поверхности полимерного изоляционного материала образуется науглероженная дорожка (трек), его потенциал оказывается



ЗАО «ТИТ»
ГАРМОНИЯ ЦЕНЫ
И КАЧЕСТВА

ИЗОЛЯТОРЫ
ЛИНЕЙНАЯ АРМАТУРА
ОПНП, УЗПН, УЗД
ОПОРЫ ЛЭП
АРМАТУРА СИП

WWW.TIT-SPB.RU
+ 7 (812) 747-30-12, 747-30-13
190020 г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, УЛ. БУМАЖНАЯ, Д. 4

Табл. 1

Испытуемые образцы	Трекингостойкость при $\rho_v = 12$ Ом·м, час			
	цементный раствор	Цементный раствор + NaCl	цементный раствор + HNO ₃	цементный раствор + H ₂ O ₂
На основе эпоксидной смолы	0,25–0,5	0,2–0,3	0,1–0,5	0,005–0,01
Силиконовый каучук	> 8	> 8	> 8	> 8

Табл. 2

Испытуемые образцы	Наименование газа. Состав электролита: цементный раствор + NaCl ($\rho_v = \rho_v = 12$ Ом·м)	Трекингостойкость, час.	Дугостойкость, сек.
На основе эпоксидной смолы	воздух	0,2–0,5	5–15
	аргон	>8	>100
	азот	2–5	30–80
	углекислота	0,3–0,7	20–30
Силиконовый каучук	элегаз	>8	>100
	воздух	>8	>100

Табл. 3

Составы полимерных материалов	Дугостойкость, сек.	Электрическое сопротивление, Ом	Трекингостойкость, час.
1. Эпоксидная смола ЭД-20	5–15	$10^4 - 10^7$	0
2. Кремнийорганический каучук	>100	$10^{12} - 10^{14}$	>8

близким к потенциалу металлического электрода. [4] При этом, опора точки дуги переходит с электрода на этот науглероженный участок, а это способствует развитию трека по всей длине изоляционного материала. Потеря подвижности дуги приводит к термическому разрушению этого материала.

В связи с вышеизложенным, рассмотрим условия трекообразования некоторых видов полимерных материалов с искусственно созданной науглероженной дорожкой на их поверхности. Для этого образцы полимерных материалов до испытания на трекингостойкость были подвержены воздействию слаботочной электрической дуги при $U_{исп.} = 10$ кВ и $I_A = 10$ мА, после чего характер и степень разрушения их поверхности оценены путем замера электрического сопротивления поврежденного межэлектродного участка и испытаны на трекингостойкость. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, поверхностное состояние не влияет на трекообразование для трекингостойких полимерных изоляционных материалов (состав 2). Испытуемый образец на основе кремнийорганического каучука сохраняет свое высокое изоляционное свойство в течение всего времени испытания. А для нетрекингостойких полимерных материалов, например, на основе эпоксидной смолы (состав 1), поверхностное состояние играет определяющую роль при образовании сплошной науглероженной дорожки: время трекообразования для этих образцов близка к нулю. Структура поверхности образца претерпевает необратимые изменения: снижается $\rho_{пов}$ поврежденного дугой участка.

Таким образом, разработанный метод испытания полимерных материалов на трекинг- и эрозионную стойкость имеет ряд преимуществ перед другими, главное из которых — малое время испытаний и стабильность результатов, что по-

зволяет уменьшить количество опытов и обеспечивает простоту испытательной установки.

Г. А. ГУСЕЙНОВ, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией, С. Г. ГУСЕЙНОВА, аспирантка; СПб ГПУ

Литература

1. Mandelcorn L, AIEE, Trans, 8, 111, 481, 1961.
2. Гусейнов Г. А. «Усовершенствованный метод испытания полимерных материалов на трекинг- и эрозионную стойкость». // «Энергетика», №3, 1980 г., стр. 110–112.
3. Гусейнов Г. А. и др. «Способ испытания полимерных изоляционных материалов на трекингостойкость и эрозионную стойкость». Авторское свидетельство № 752514, Н01В 17/00; Бюлл. 39, 1980 г.
4. Гусейнов Г. А. «Методика оценки реакции полимерного изоляционного материала на воздействие частичных поверхностных дуговых разрядов». / ВИНТИ: «Депонированные научные работы», №5, 1984 г.

Новости

SCHEIDER ELECTRIC АНОНСИРУЕТ PLANTSTRUXURE™

Schneider Electric объявляет о запуске PlantStruxure™ — новой интегрированной системы мониторинга и автоматизации технологических процессов на промышленных предприятиях и объектах инфраструктуры, которая призвана повысить производительность и сократить затраты на энергоснабжение и организацию технологических процессов.

Опираясь на цели по повышению энергоэффективности экономики РФ на 40 % к 2020 г. и задачи, провозглашенные в законе «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности РФ», компания Schneider Electric планирует развивать принципиально новый подход к энергоэффективности — EcoStruxure™, позволяющий снижать энергопотребление на предприятиях более чем на 30 %. PlantStruxure™ является одним из составных блоков подхода EcoStruxure и ориентирован на сегмент промышленных предприятий и объектов инфраструктуры.

PlantStruxure объединяет в одну экосистему технологическое оборудование и информационную систему предприятия, обеспечивая комплексный подход к управлению процессами, который по-

зволяет оптимизировать потребление энергии и повышать производительность предприятия.

«УМНОЕ» УСТРОЙСТВО УПРАВЛЯЕТ ОСВЕЩЕНИЕМ

Надежно управлять освещением во дворе своего коттеджа или дачного участка позволит астрономический таймер SA-TD/1W, представленный компанией ООО «Итон». Больше нет нужды щелкать выключателями — «умное» устройство само включит и выключит свет! При первоначальной настройке требуется лишь выбрать часовой пояс, далее программа таймера автоматически вычисляет закат и восход солнца каждый день в течение всего года по введенным географическим координатам.

Астрономический таймер SA-TD/1W способен переходить с летнего режима на зимний и, наоборот, учитывать високосность года, обладает энергонезависимой памятью. Кроме того, разработчики предусмотрели режим ручного управления. Новое устройство управления освещением уже поступило в российские магазины светотехники.