

Трекингостойкость кремнийорганической изоляции при воздействии биологических образований на ее поверхность

НГУЕН ХОАНГ ХЬЕП, ЛАВРИНОВИЧ В. А.

Исследована трекингостойкость кремнийорганических материалов изоляции при воздействии на нее биологических образований, возникших в естественных условиях и нанесенных в лабораторных условиях. Выявлено, что грибковые образования не оказывают значительного влияния на трекингостойкость кремнийорганических материалов.

Ключевые слова: кремнийорганическая изоляция, трекингостойкость, перекрытие, полимерные изоляторы

Полимерные изоляторы с кремнийорганической оболочкой начали применяться в электрических системах в 80-е годы прошлого столетия, когда началось их промышленное производство. В России такие изоляторы применяются при строительстве воздушных линий классов напряжения 6—750 кВ в составе оборудования открытых распределительных устройств. К настоящему времени накоплен достаточно большой опыт их эксплуатации, который выявил некоторые недостатки изоляторов с кремнийорганическим покрытием. В частности, обнаружено, что на поверхности кремнийорганической изоляции появляются загрязнения, связанные с развитием грибковых образований (ГО) [1]. Вопросу об их влиянии на трекингостойкость материала изоляторов посвящено незначительное число работ. Проблема трекингостойкости полимерной изоляции в условиях ГО особенно актуальна для стран с тропическим и субтропическим климатом, где грибковые загрязнения могут развиваться интенсивно [2].

Экспериментальные установки. Для проведения испытаний на трекингостойкость кремнийорганической изоляции в первую очередь необходимо было располагать достаточным числом образцов. Для этого были созданы две установки: одна для искусственного выращивания загрязнений в виде ГО, вторая для определения трекингостойкости материала.

Установка для искусственного выращивания ГО содержала камеру, в которой создавался микроклимат, способствующий быстрому росту грибковых образований (температура от 27 до 58 °С, влажность 100%). На образец предварительно наносилась «затравка», которая бралась с изоляторов, бывших в эксплуатации и на которых наблюдаются

The tracking resistance of silicone insulation materials subjected to the effect of biological formations appeared under natural conditions and applied at a laboratory is studied. It is revealed that fungic formations do not have a significant effect on the tracking resistance of silicone materials.

Key words: silicone insulation, tracking resistance, flashover, polymeric insulators

ГО. Для их успешного роста на образец в месте нахождения «затравки» наносилась различная питательная среда: вода, вода с сахаром. В наших условиях наилучший результат получился при использовании воды при температуре 32 °С.

Фотографии естественных грибковых образований на кремнийорганической изоляции приведены на рис. 1, а и б, а выращенных искусственно — на рис. 1, в. Увеличенные в 5800 раз фотографии этих образований, сделанные с помощью электронного микроскопа, приведены на рис. 2. Видно, что структуры искусственных и естественных ГО схожи: пятна представляют собой плотное центральное тело (ядро) с множеством длинных нитей во-

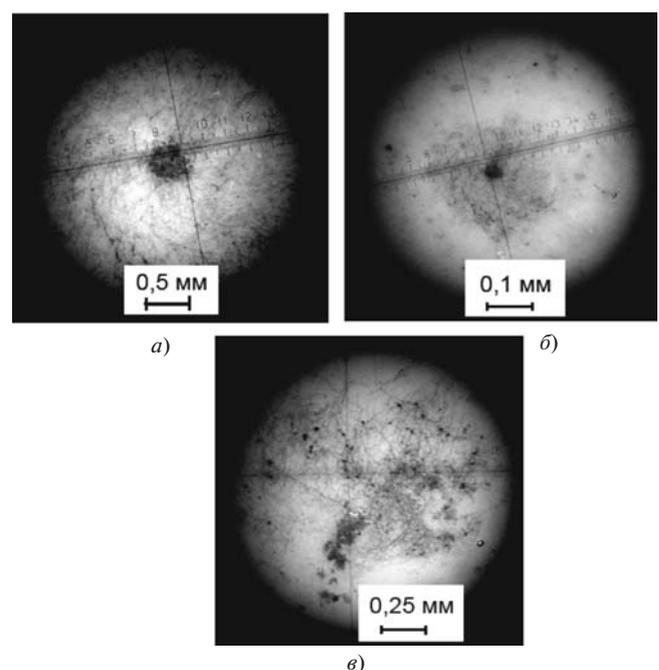


Рис. 1. Фотографии грибковых образований на кремнийорганической изоляции

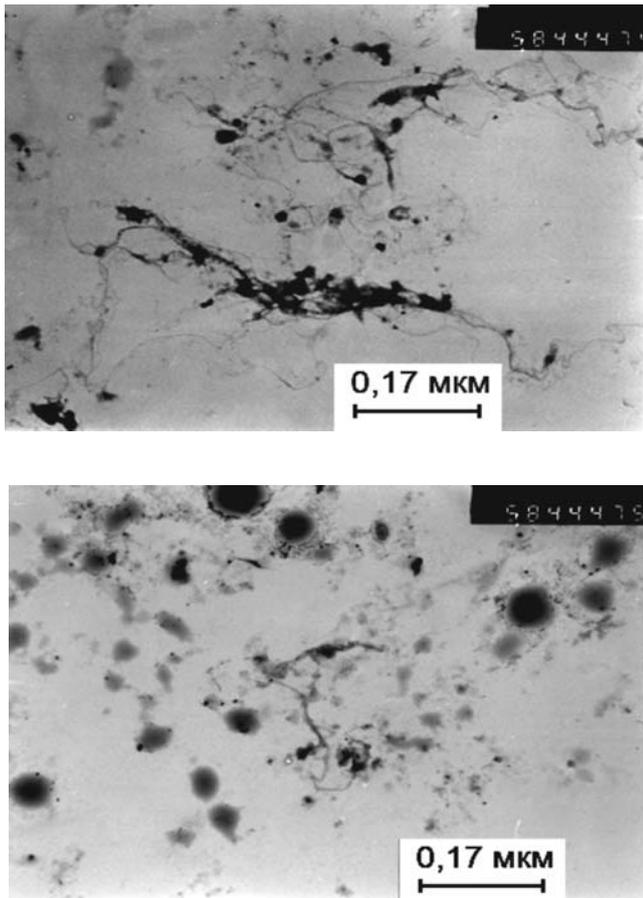


Рис. 2. Фотографии грибковых образований, полученные с помощью электронного микроскопа

круг: характерная картина колонии микроскопических грибов [1]. Определить вид этих образований нам не удалось, так как их множество (тысячи), и необходимы специальные биологические исследования, чтобы определить, к какому виду они относятся [3].

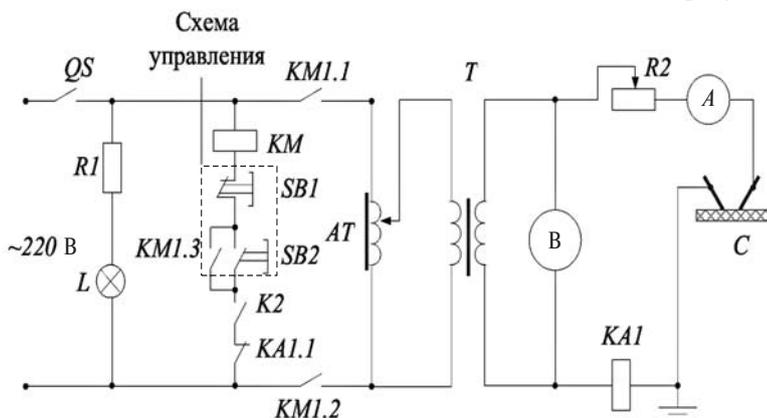


Рис. 3. Электрическая схема установки: *QS* – автоматический воздушный выключатель; *R1* – защитный резистор; *KM1* – магнитный пускатель; *KM1.1* – *KM1.3* – контакты магнитного пускателя; *SB1*, *SB2* – контакты кнопки «Стоп» и «Пуск» соответственно; *KA* – реле максимального тока; *AT* – автотрансформатор; *T* – повышающий трансформатор; *R2* – переменное сопротивление для ограничения тока через трек; *L* – сигнальная лампа напряжения; *K2* – блокировочные контакты двери ограждения; *C* – испытуемый образец

Электрическая схема экспериментальной установки для испытания изоляции на трекинговость приведена на рис. 3

Напряжение от сети 220 В, 50 Гц пакетным выключателем *QS* подается на сигнальную лампу *L* красного света и через блокировочные контакты *K2* на схему управления. При нажатии на кнопку «Пуск» замыкаются ее контакты *SB2*. Напряжение питания подается на катушку магнитного пускателя *KM1*, срабатывает магнитный пускатель *KM*, и напряжение через его контакты *KM1.1*–*KM1.3* подводится к регулировочному автотрансформатору *AT*. Выходное напряжение автотрансформатора подводится к высоковольтному трансформатору *T*, а с его вторичной обмотки к образцу. С помощью автотрансформатора *AT* повышают напряжение на образце до необходимого значения (его значение контролируется вольтметром *B*). При возникновении замыкания между электродами во вторичной и первичной обмотках трансформатора *T* отмечается бросок тока, что приводит к срабатыванию реле максимального тока *KA1*; своим контактом *KA1.1* реле разрывает цепь питания магнитного пускателя *KM*. Происходит размыкание контактов *KM1.1*–*KM1.3*, и разрывается цепь подачи напряжения на *AT* и первичную обмотку *T*.

Конструкция электродов и методика проведения испытаний на трекинговость соответствовали ГОСТ 27473. Согласно этому стандарту количественно трекинг характеризуется сравнительным индексом трекинговости, который определяет значение максимального напряжения (в вольтах), при котором материал выдерживает испытание при нанесении 50 капель электролита без образования токопроводящих перемычек [4]. Сопоставительные результаты проведенных испытаний на трекинговость различных материалов представлены в таблице.

Из данных таблицы видно, что по индексу трекинговости кремнийорганический полимер сопоставим с этим показателем для оргстекла и фарфора.

Влияние грибковых образований на трекинговость кремнийорганической изоляции. Испытания на трекинговость участков кремнийорганической изоляции, подверженных влиянию ГО, проводились при следующих условиях: испытательное напряжение 600 В при падении 100 капель загрязняющего раствора электролита. Были испытаны незагрязненные образцы, образцы, загрязненные в условиях естественных грибковых образований, и образцы, загрязненные искусственно выращен-

Изоляционные материалы	Испытательное напряжение, В	Число капель, не менее	Группа трекинговой стойкости
Кремнийорганический полимер	600	100	а, 1
Оргстекло	600	100	а, 1
Пластик ППТ	125	50	3б
Стеклотекстолит СТЗ	125	50	3б
Полиэтилен	125	50	3б
ПВХ	100	50	3б
Фарфор	600	100	а, 1

ными ГО. После испытаний загрязненных образцов у них очищали области испытываемых участков для сравнения состояния поверхности кремнийорганической изоляции загрязненных и чистых образцов. Было отмечено образование едва заметных эрозионных следов (рис. 4) на поверхности всех испытываемых образцов. Отличие характера образования «дужек» между электродами при испытании чистых и загрязненных образцов заключалось только в том, что на начальной стадии эксперимента наличие ГО приводило к более интенсивному разряду между электродами, чем в отсутствие загрязнений. Это может быть объяснено выгоранием подсушенных грибковых образований. Однако разряды и «дужки», возникающие при испытании, не приводили к замыканию между электродами или к срабатыванию защитного реле. Таким образом, эксперименты не выявили влияния ГО на трекинговую стойкость кремнийорганического полимера.

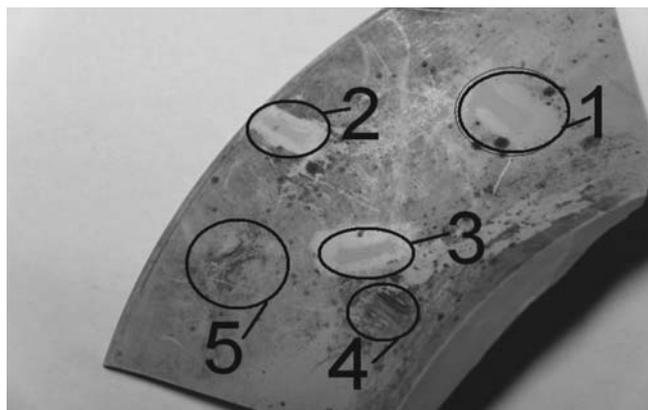


Рис. 4. Образец кремнийорганического изолятора с загрязнениями после испытания на трекинговую стойкость (кружками показаны места наложения электродов)

После протирки мест загрязнений хлопчатобумажной тканью, смоченной дистиллированной водой, выявилось, что в местах загрязнений (исследование велось с помощью оптического микроскопа с увеличением в 500 раз) внедрения ГО внутрь объема материала не отмечено. Поверхность кремнийорганического изолятора осталась ровной, гладкой и чистой. Эти очищенные участки испытывались на трекинговую стойкость при приложении напряжения 600 В при падении 100 капель. Как и в предыдущем случае, испытываемый образец был в состоянии выдерживать условия испытания, значимой эрозии материала не было обнаружено. Это говорит о том, что в условиях эксплуатации после образования грибков на поверхности кремнийорганической изоляции в течение нескольких лет (5–10) ГО незначительно влияют на трекинговую стойкость и структуру кремнийорганического полимера. Следовательно, эксплуатация полимерных изоляторов с кремнийорганическим покрытием в условиях российского климата не приводит к их деградации, и нет опасности снижения электрической прочности изоляторов по причине образования на них ГО (черных пятен).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирцидели И.Ю., Соловьев Э.П., Ярмаркин М.К. Опорные полимерные изоляторы. Биологическая атака. – Новости электротехники, 2009, № 2 (56).
2. Wallström Stina. Biofilms on silicone rubber materials for outdoor high voltage insulation, 2011, URL: <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:7667/FULLTEXT01>
3. Сакович Г.С., Безматерных М.А. Физиология и количественный учет микроорганизмов, 2011, URL: http://window.edu.ru/window_catalog/redirect?id=28435&file=ustu042.pdf
4. ГОСТ 27473–87. Материалы электроизоляционные твердые. Метод определения сравнительного и контрольного индексов трекинговой стойкости во влажной среде. – М.: Изд-во стандартов, 1988.

Авторы: *Нуен Хоанг Хьеп* окончил ТПУ в 2011 г. Аспирант ТПУ.

Лавринович В.А. окончил ТПИ в 1972 г. Докторскую диссертацию «Разработка коммутационной аппаратуры для импульсной техники и энергетики» защитил в 2005 г. в Институте «Электрофизика» УрО РАН. Профессор ТПУ.