ИСПЫТАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ, АРМАТУРЫ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

АВТОРЫ:

ШУВАЛОВ М.Ю. Д.Т.Н., ОАО «ВНИИКП»

ОБРАЗЦОВ Ю.В., К.Т.Н., ОАО «ВНИИКП»

КАМЕНСКИЙ М.К. К.Т.Н., ОАО «ВНИИКП»

ГУК Д.А., ОАО «ВНИИКП»

ОВСИЕНКО В.Л. К.Т.Н., ОАО «ВНИИКП»

МАКАРОВ Л.Е., К.Т.Н., ОАО «ВНИИКП» спытание кабельных линий – это сложный и дорогостоящий процесс. Начинается разработка кабельных изделий с исследовательских испытаний, программа которых составляется разработчиком и согласуется

с потенциальным потребителем исходя из технических требований к изделию. Далее кабельная продукция проходит комплекс квалификационных (типовых и предквалификационных) испытаний при постановке на производство.

Ключевые слова: силовые кабели, кабельная арматура, высоковольтные испытания, изоляционные материалы, контроль качества, исследования.



Внешний вид высоковольтного испытательного центра

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы качества кабельной продукции всегда были важны как для разработчиков, так и для производителей и потребителей. Безотказность работы кабельной линии зависит от множества факторов: надежность конструкций, качество материалов, соблюдение технологий производства, прокладки, эксплуатации. Немаловажную роль в том, чтобы до потребителя доходила качественная продукция, играют правильно проведенные испытания. В настоящее время в кабельном сообществе в зоне кабелей среднего и высокого напряжения сложилось определенное понимание того, какими путями это качество можно обеспечить. В первую очередь, к испытаниям должен быть осуществлен комплексный подход. Начинается разработка кабельных изделий с исследовательских испытаний, программа которых составляется разработчиком и согласуется с потенциальным потребителем, исходя из технических требований к изделию. Далее

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМПУЛЬСНОЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Наименование (единицы измерения)	Значение
Напряжение грозового импульса, не менее (кВ)	1550
Напряжение коммутационного импульса, не менее (кВ)	1175
Энергия генератора в ударе (кДж)	150

кабельная продукция проходит комплекс квалификационных (типовых и предквалификационных) испытаний при постановке на производство. В процессе производства применяется межоперационный контроль и приемо-сдаточные испытания. Важно отметить, что 100% изготавливаемой продукции должно проходить целый комплекс электрических испытаний. Для обеспечения соблюдения всех международных и отечественных требований необходимы специализированные испытательные лабора-

тории – сложные, дорогостоящие

и высокотехнологичные предприятия.

СОСТАВ СОВРЕМЕННОЙ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Как выглядит современная испытательная лаборатория, можно увидеть на рис. 1. Для эффективной работы площадь испытательных полей лаборатории должна составлять несколько тысяч квадратных метров, вспомогательных помещений – несколько сотен квадратных метров. Высокие требования должны предъявляться к помехозащищенности таких лабораторий. Необходимые характеристики достигаются путем применения сложных систем экранирования и заземления. Кроме этого, необходимо, чтобы средства измерений, такие как анализатор импульсов, измеритель частичных разрядов, мост переменного тока и т.д., прошли утверждение «типа средств измерения» и были внесены в Госреестр, а лаборатория прошла аккредитацию Федеральной службой

Большое значение для успешного функционирования испытательной высоковольтной лаборатории имеет состав и качество испытательного оборудования. В настоящее время на рынке представлен целый ряд европейских, азиатских и североамериканских фирм. На рис. 2 для примера представлено высоковольтное испытательное оборудо-

СОВРЕМЕННЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ



Рис. 1

ВЫСОКОВОЛЬТНОЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ФИРМ HAEFELY И HIPOTRONICS



Рис. 2

ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ



Рис. 3

вание фирм Haefely и Hipotronics (Швейцария и США).

Для эффективной работы по испытаниям кабельной продукции на номинальное напряжение до 500 кВ лаборатория в своем составе должна обязательно иметь:

- импульсную испытательную систему (внешний вид по-казан на рис. 3, характеристики приведены в табл. 1);
 резонансную испытательную систему 600 кВ, 2400 кВА или высоковольтный трансформатор с соответствующими ха-
- рактеристиками (рис. 4);

 систему измерения частичных разрядов с цифровой системой записи, обработки и распознавания сигнала по отношению к фоновым помехам;

 установку индукционного нагрева испытуемых кабелей на ток от 4000 А
- и более; – аппаратуру для измерения и записи тангенса угла диэлектрических потерь – tan δ (рис. 5);
 - вспомогательное оборудование для проведения испытаний (водяные оконцевания на 600 кВ, делители переменного и импульсного напряжений, регуляторы и др.)

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИС-ПЫТАНИЙ КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В СООТ-ВЕТСТВИИ С СОВРЕМЕН-НЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ

Представленное оборудование позволяет проводить испытания

в соответствии с требованиями отечественных и международных стандартов:

- испытания на соответствие требованиям МЭК 60840 и 62067 кабелей и арматуры высокого напряжения (типовые и предквалификационные испытания) для изделий на напряжения до 500 кВ включительно;
- испытания кабелей и арматуры среднего напряжения (до 35 кВ включительно) на соответствие требованиям МЭК 60502 и HD 605, HD 620 CENELEC, ГОСТ Р 55025 и др.;
- испытания кабелей и арматуры высокого и среднего напряжения по специальным методикам, например, определение электрической прочности кабелей с последующей оценкой дефектности изоляционной системы1).

На рис. 6 в качестве примера показана испытательная сборка, состоящая из кабеля и муфт на напряжение 220 кВ, и испытательное оборудование в процессе испытаний в высоковольтной лаборатории.

Такие методики разработаны, они давно и успешно применяются в ОАО «ВНИИКП».

Организация и проведение испытаний по современным стандартам – трудоемкий, длительный и дорогостоящий процесс. Ниже приведены некоторые данные об объемах и последовательности отдельных видов испытаний.

МОДУЛЬНАЯ РЕЗОНАНСНАЯ СИСТЕМА



ЭНЕРГИЯ

ЕДИНОЙ СЕТИ №1 (18)

ФЕВРАЛЬ 2015 - МАРТ 2015

Рис.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ И МОСТ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТАНГЕНСА УГЛА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ



Рис. 5

СОСТАВ ТИПОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Номинальное напряжение Этапы программы испытаний кабелей, вид испытаний Кабели и арматура на напряжения: 64/110 κB 1.1. Монтаж испытательной сборки (кабели и муфты различных типов). 127/220 кВ Наладка нагревных схем и автоматики 190/330 кВ 290/500 κB Типовые испытания на подтверждение требований 1.2. Измерение tan δ при напряжении U_0^* и температуре жилы 95–100 °C ГОСТ Р МЭК 60840 (110 кВ) и ГОСТ Р МЭК 62067 (220-500 кВ) 1.3. Измерение частичных разрядов (ЧР) на кабельной сборке при напряжении 1,5 U_о и температуре окружающей среды 1.4. Суточные циклы нагрева – охлаждения с приложением напряжения 2 U₀: нагрев в течение 8 ч, в том числе до температуры жилы 95-100 °C не менее 2 ч + 16 ч охлаждения; число суточных циклов - 20 1.5. Измерение ЧР при 95–100 °С и при температуре окружающей среды 1.6. Испытание сборки при температуре 95–100 °С импульсным напряжением: 550 кB – для системы 110 кB; 1050 кВ – для системы 220 кВ; 1175 кВ – для системы 330 кВ; 1550 кВ – для системы 500 кВ Примечание: U,* - номинальное фазное напряжение

КАБЕЛИ И АРМАТУРА на напряжение 110-500 KB

Таблина 2

В табл. 2 приведены данные по типовым испытаниям кабелей и арматуры на напряжения от 110 до 500 кВ.

Представленное оборудование также может обеспечить проведение предквалификационных испытаний кабелей и арматуры высокого и сверхвысокого напряжения по стандартам ГОСТ Р МЭК 62067 (IEC 62067) в диапазоне номинальных напряжений 220-500 κB.

КАБЕЛИ И АРМАТУРА СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Наиболее трудоемкими в зоне кабелей среднего напряжения являются двухгодичные ресурсные испытания кабелей среднего напряжения с полимерной изоляцией на подтверждение надежности в эксплуатации.

Этапы программы испытаний и их длительность приведены в табл. 3.

Все кабели с пластмассовой изоляцией на этапе постановки на производство проходят типовые испытания по ГОСТ Р 55025-2012.

Для силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжения 10-35 кВ испытания включают следующие этапы:

- 1. Комплексные испытания на стойкость к воздействию эксплуатационных факторов, а именно:
- измерение частичных разрядов до и после воздействия трех двусторонних изгибов и после 20 циклов нагрева и охлаждения;
- измерение tan δ при нагреве токопроводящей жилы кабеля до температуры 95-100 °C. Испытания импульсным напря-

СОСТАВ ДВУХГОДИЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ КАБЕЛЕЙ НА ПОДТВЕРЖДЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ

Этапы программы испытаний п/п Определение электрической прочности 6 (5) образцов кабеля с активной длиной > 10 м на переменном напряжении в исходном состоянии. Исследование дефектности изоляционной системы пробитых образцов Кондиционирование испытуемых кабелей без напряжения в воде при температуре 55 °C в течение 500 ч Первый год испытаний в воде при температуре 40 °C с приложением напряжения 3U0 = 18 кВ (испытания проводятся на кабеле 10 кВ и распространяются на все классы среднего напряжения Определение электрической прочности на 6 (5) образцах кабеля после первого года старения. Исследование дефектов и степени электрохимического старения изоляционной системы пробитых образцов Второй год испытаний кабелей в воде при температуре 40 °C под напряжением 3U0 = 18 кВ

Определение электрической прочности на 6 (5) образцах кабеля

Исследование дефектов и степени электрохимического старе-

ния изоляционной системы пробитых образцов

Таблица 3

жением (10 импульсов положительной и отрицательной полярности); испытания переменным напряжением 4U₂ в течение 4 ч.

после второго года старения.

2. Испытания кабелей на напряжение 10 кВ по определению уровня пробивного напряжения при ступенчатом повышении переменного напряжения до пробоя изоляции. Нормированный уровень: не менее 150 кB, т.е. 25 U_о для всех 5-6 испытываемых образцов.

Несмотря на то что современные силовые кабели – это кабели с полимерной изоляцией, более старые конструкции с изоляцией

из пропитанной бумаги продолжают поступать на рынок и, соответственно, испытываться.

Ресурсные испытания силовых кабелей с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение 6-10 кВ по ГОСТ 18410-75 проводят на образце кабеля длиной не менее 25 м, расположенном так, что вертикальный участок составляет 15 м. Образец кабеля с концевыми муфтами подвергается воздействию напряжения 3U и 250 циклов нагрева до температуры, на 12 °C превышающей длительно допустимую, с последующим охлаждением. Продолжительность цикла нагрева - охлаждения составляет 8 ч.









+78122404040 доб. 154, 160, 213, 217 www.energetika.expoforum.ru www.rief.expoforum.ru energetika@expoforum.ru rief@expoforum.ru

PECTAK®

EXPOFORUM



Генеральный медиапартнер



Генеральные интернет-спонсоры RusCahle[®]Ru

Интернет-партнеры **ELEKTROPORTAL RU**





Информационный

Генеральный информационный

ЭНЕРГЕТИКА

РОССИИ

Информационный спонсор конгрессной части

BIOENERGY



ТЕМА НОМЕРАКАБЕЛИ, ПРОВОДА

КАБЕЛИ, ПРОВОДА

ИСПЫТАНИЯ И ИССЛЕ-ДОВАНИЯ КАБЕЛЬНОЙ АРМАТУРЫ

Большое значение для надежной работы кабельной системы имеет уровень качества кабельной арматуры. В этой связи, помимо типовых и ресурсных испытаний, определенную роль играют исследования кабельных муфт, демонтированных из энергосистем из-за наличия дефектов или повреждений, либо по окончании испытаний. Такие работы состоят из следующих этапов:

- последовательная разборка муфт в лабораторных условиях с фотофиксацией ее этапов, отбор проб электроизоляционной жидкости из концевых муфт и образцов материалов из полимерных элементов муфт;
- определение электроизоляционных характеристик жидкостей, в том числе tan δ и электрической прочности;
- определение геометрических размеров электродов и изоляции, расчет напряженностей электрического поля в кабельной арматуре;
- микроскопические исследования образцов материалов муфт;
- определение механических и других свойств полимерных материалов на основании испытаний «лопаток», вырезанных из материала;
- анализ фотографий и результатов исследований, выполненных в процессе разборки, с определением возможных причин пробоя.

СЛЕДЫ РАЗРЯДОВ В СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ МУФТЕ НА НАПРЯЖЕНИЕ 110 КВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ПЕРЕГРЕВОМ В ПРОЦЕССЕ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ



Рис. 7

РАЗВИТИЕ СКОЛЬЗЯЩИХ РАЗРЯДОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ВЫРАВНИВАЮЩЕГО КОНУСА ПРИ ПОПАДАНИИ ВЛАГИ В ПОЛОСТЬ КОНЦЕВОЙ МУФТЫ НА НАПРЯЖЕНИЕ 220 КВ



Рис. 8

ИНОРОДНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ В ИЗОЛЯЦИИ (ЧАСТИЦА ТЕРМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА) С МАКСИМАЛЬНЫМ ЛИНЕЙНЫМ РАЗМЕРОМ 675 МКМ, ОБНАРУЖЕННАЯ В ЗОНЕ ПРОБОЯ КАБЕЛЯ НА НАПРЯЖЕНИЕ 110 КВ ПРИ ИМПУЛЬСНЫХ ИСПЫТАНИЯХ



Рис

ОСТРЫЙ ВЫСТУП НА ВНУТРЕННЕМ ЭЛЕКТРОПРО-ВОДЯЩЕМ ЭКРАНЕ ВЫСОТОЙ 100±5 МКМ В КАБЕ-ЛЕ 220 КВ, ОБНАРУЖЕННЫЙ ВБЛИЗИ МЕСТА ПРО-БОЯ ПОСЛЕ НЕСКОЛЬКИХ ЛЕТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

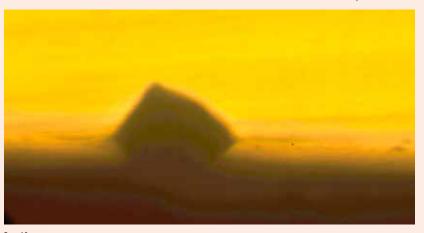


Рис. 10

В качестве примеров на рис. 7 и 8 приведены фотографии повреждений, выявленных в результате исследований. На рис. 7 показан фрагмент изоляции соединительной муфты после ресурсных испытаний. Желтый налет у края центрального электрода муфты, обнаруженный по результатам разборки, свидетельствует о разрядной деятельности, спровоцированной плохим контактом в соединителе муфты. На рис. 8 представлен выравнивающий конус концевой муфты на напряжение 220 кВ, по поверхности которого развивались скользящие разряды из-за попадания влаги в негерметичный корпус муфты.

ЕДИНОЙ СЕТИ №1 (18)

ФЕВРАЛЬ 2015 - МАРТ 2015

Результаты таких исследований позволяют оценить качество муфт и их элементов. Выявленные причины пробоя или повреждения муфт при ресурсных, типовых испытаниях или в процессе эксплуатации дают возможность наметить пути совершенствования их конструкций.

ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ

Как уже упоминалось, при выполнении комплекса высоковольтных испытаний крайне важен системный подход. Поэтому при испытаниях кабельной продукции необходимо не только осуществлять проверку соответствия технических характеристик тем или иным требованиям, но и выявлять причины обнаруживаемых несоответствий, а также находить пути их устранения. Для решения подобных задач нужно работать в тесном взаимодействии с энергосистемами, кабельными заводами, производителями арматуры, материалов и оборудования для кабельного производства.

КАБЕЛИ. ПРОВОДА

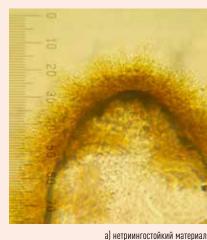
Большое место в такой работе должен занимать комплексный углубленный анализ качества и надежности кабелей и муфт. Обширный опыт, накопленный в ОАО «ВНИИКП», показывает, что этот анализ должен включать обнаружение и идентификацию технологических микродефектов, исследование структуры (морфологии) изоляции, внутренних механических напряжений, неоднородности химического состава. локальной электрической прочности, идентификацию материалов. Таким исследованиям подвергаются как образцы в исходном состоянии, в том числе отобранные от строительных длин, поставленных потребителю, так и отказавшие либо в процессе электрических испытаний, либо в процессе эксплуатации. На рис. 9 и 10 показаны примеры технологических дефектов, послуживших причиной отказа высоковольтных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена при испытаниях и в эксплуатации.

Исследования надежности невозможно без изучения длительных свойств кабельной изоляции, механизмов выхода ее из строя. Для этих целей наряду с испытаниями полномасштабных образцов кабелей проводятся длительные испытания на ускоренное старение образцов изоляционных материалов, изоляционных систем, кабельных моделей. При этом воздействующими факторами являются высокое напряжение, нагрев, агрессивная среда, механические напряжения.

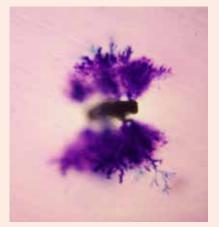
На рис. 11 показаны результаты сравнительных испытаний образцов изоляционных материалов на стойкость к электрохимическому старению (зарождению и росту водных триингов). Такие исследования позволяют производителю принять правильное решение при выборе изоляционного материала.

На рис. 12 и 13 представлены примеры водных триингов, выросших

ВОДНЫЕ ТРИИНГИ (СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОБЛАСТИ, ПОДВЕРГШИЕСЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМУ СТАРЕНИЮ), ВЫРАЩЕННЫЕ В ЛАБОРАТОРНЫХ ОБРАЗЦАХ



12



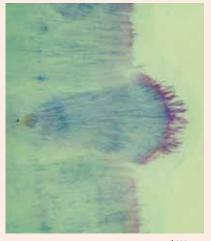
б) триингостойкий материал

Рис. 11

Рис. 12

ВОДНЫЕ ТРИИНГИ, ВЫРОСШИЕ В ПРОЦЕССЕ ДВУХГОДИЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ КАБЕЛЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ В СООТВЕТСТВИИ C FOCT 55025-2012





Размеры объектов: а) 500 мкм

6) 300 MKM









При поддержке

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЕ ТРУДА

SAPE 2015

14-17 апреля 2015, Сочи, Главный медиацентр



ВСЕРОССИЙСКАЯ НЕДЕЛЯ ОХРАНЫ ТРУДА

Организаторы





Деловой партнер



- ЛУЧШИЕ ПРАКТИКИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ КОМПАНИЙ
- СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЯНОЙ, УГОЛЬНОЙ, ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ
- ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
- АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
- ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Электронная почта: contact@sape-expo.ru Тел.: +7 (499) 181-52-02 (доб. 134) Факс.: +7 (499) 181-52-02 (доб. 184) WWW.SAPE-EXPO.RU

Protect yourself! Приди на SAPE!

ТЕМА НОМЕРА КАБЕЛИ. ПРОВОДА **ТЕМА НОМЕРА** КАБЕЛИ. ПРОВОДА 5

БЛЕГГИЛ ЕДИНОЙ СЕТИ №1 (18) ФЕВРАЛЬ 2015 - МАРТ 2015

УЧАСТОК ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЯ, ОТРАБОТАВШЕГО ЧАСТЬ РЕСУРСА В ЭКСПЛУАТАЦИИ, С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ. РАЗМЕР МАКСИМАЛЬНЫХ ВОДНЫХ ТРИИНГОВ – БОЛЕЕ 2 ММ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРИИНГ, ЗАРОДИВШИЙСЯ НА ИНОРОДНОМ ВКЛЮЧЕНИИ В ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО КАБЕЛЯ



при испытаниях на подтверждение срока службы кабелей среднего напряжения, а также в эксплуатации кабеля высокого напряжения (1-го поколения). Обследование образцов с измерением геометрических и спектральных характеристик развившихся повреждений позволяет для новых изделий подтвердить их качество и надежность, а для бывших в эксплуатации – с помощью специально разработанных математических моделей прогнозировать остаточный срок службы.

На рис. 14 показан пример электрического триинга (ЭТ) - канала неполного электрического пробоя. Зарождение ЭТ – основной механизм разрушения твердых диэлектриков, работающих в сильных электрических полях. Зародившись на каком-либо дефекте в изоляции и развиваясь с течением времени, он неизбежно приводит к выходу кабеля высокого напряжения из строя. Изучение механизма данного процесса проводится на моделях с использованием специальных калиброванных электродов, имитирующих технологические дефекты (рис. 15).

Применение такой технологии испытаний позволяет с высокой точностью изучать процессы электрического старения изоляции и фиксировать зарождение ЭТ на самой ранней стадии и даже процессы, предшествующие зарождению ЭТ (рис. 16).

Получаемые результаты используются при выборе материалов, работающих в сильных электрических полях, а также при конструировании новых изделий.

Для решения этих задач выполняются исследования так называемых «кривых жизни», т.е. зависимостей времени до зарождения электрического триинга от напряжения (напряжённости электрического поля). Пример «кривой жизни» показан на рис. 17.

КАЛИБРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОД ДЛЯ ОПРЕ-ДЕЛЕНИЯ ДЛИТЕЛЬ-НОЙ И КРАТКОВРЕ-МЕННОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ

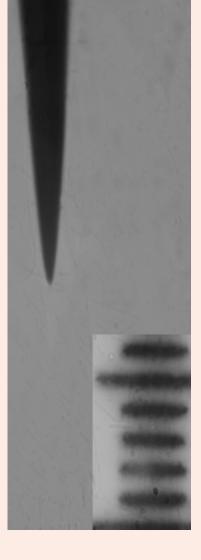
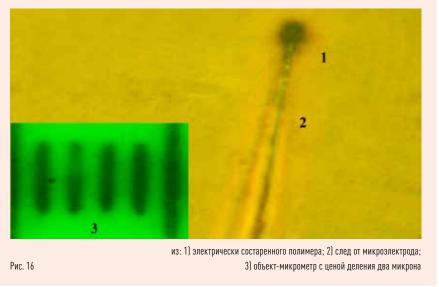


Рис. 15 Цена деления шкалы – 2 мкм

МИКРООБЛАСТЬ ДЕГРАДАЦИИ ДИАМЕТРОМ ОКОЛО 1 МКМ, ФОРМИРОВАНИЕ КОТОРОЙ ПРЕД-ШЕСТВУЕТ ОБРАЗОВАНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРИИНГА, СОСТОЯЩАЯ



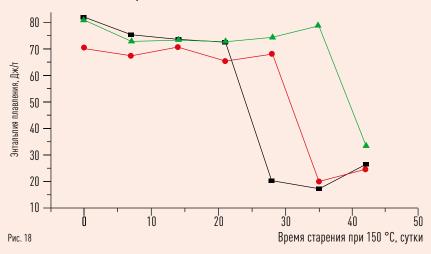
«КРИВАЯ ЖИЗНИ» ИЗОЛЯЦИИ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА, ПОЛУЧЕННАЯ АВТОРАМИ



КАБЕЛИ. ПРОВОДА

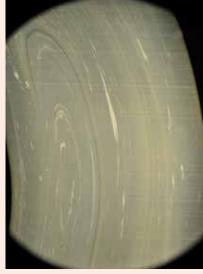
ЗАВИСИМОСТЬ ЭНТАЛЬПИИ ПЛАВЛЕНИЯ (ДНПЛ) ОТ ВРЕМЕНИ ТЕПЛОВОГО СТАРЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ТРЕХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (КОМПО-ЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПЕРОКСИДНО-СШИВАЕМОГО ПОЛИЭТИЛЕНА) ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 150 °C

16



ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ЭКСТРУДИРОВАНИЯ НА ОДНОРОДНОСТЬ СТРУКТУРЫ ИЗОЛЯЦИИ





При изучении механизмов теплового старения исследуются изменения электрических, механических и термических свойств, а также химического состава и физической структуры материалов. На рис. 18 приведен пример структурных изменений в процессе термического старения трех изоляционных материалов на основе пероксидносшитого полиэтилена. Такие исследования позволяют сравнивать полимеры по степени стойкости к длительному воздействию температуры, а также разрабатывать экспресс-методики для оценки степени старения, прогнозирования срока службы и остаточного ресурса.

Немаловажную роль при изготовлении качественной продукции играет правильный выбор технологических режимов производства. Совместно с ведущими производителями технологического оборудования нами разработаны методики оценки качества кабельной изоляции исходя из критериев однородности ее структуры. В основу методик положены оптические и термические методы. На рис. 19 показаны различия в морфологии образцов изоляции кабелей, произведенных при оптимальной (а) и повышенной (б) скорости экструзии. Нами установлено влияние данного фактора на электрическую прочность изоляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы надеемся, что на основании представленных материалов нам удалось показать важность комплексного подхода к испытаниям, определению качества кабельной продукции и изучению ее надежности. Соблюдение требований современных стандартов испытаний в комплексе с углубленными лабораторными исследованиями позволяют предложить потребителю продукцию самого высокого















5-я Международная научно-техническая конференция

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ЗНЕРГОСИСТЕМ

Сочи, 1-5 июня 2015 года http://cigre.ru/activity/conference/relayprotect5/

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ **ИНФОРМАЦИОННЫЙ** ПАРТНЕР:









ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ:









