

10. Сторм Э., Исраэль Х. Сечения взаимодействия гамма –излучения (для энергий 0,001 – 100 Мэв и элементов с 1 по 100) [Текст]. Справочник; перевод с англ. В. Климанова, Е.Чистова– М.: АТОМИЗДАТ–1973–256с.
11. Блохин М.А. Физика рентгеновских лучей – М.: Гостехтеориздат–1953–455 стр.

## КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПО ИЗМЕНЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ПРИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ

*Старикова Н.С., Редько В.В., Вавилова Г.В.*  
Томский политехнический университет

Одним из параметров, оказывающих значительное влияние на эксплуатационные характеристики кабельного изделия, является состояние изоляции (целостность, внешняя и внутренняя геометрия, химический состав). При производстве кабельных изделий существует необходимость непрерывного контроля данного параметра для своевременной корректировки технологического режима и снижения случаев массового брака продукции.

В настоящее время при производстве кабельных изделий используют два метода контроля: контроль погонной электрической емкости [1] и электроискровой метод контроля [2].

При контроле погонной электрической емкости кабельное изделие проходит через цилиндрический электрод, с помощью которого подается низковольтное напряжение и измеряется электрическая емкость участка изоляции. Для обеспечения электрического контакта между поверхностью изоляции и электродом используют воду охлаждающей ванны. При прохождении дефекта через зону контроля значение погонной электрической емкости изменяется.

При электроискровом методе контроля с помощью электрода (цепочного, пружинного или щеточного) высокое испытательное напряжение прикладывается к поверхности изоляции. При прохождении дефекта через зону контроля происходит электрический пробой, который регистрируется автоматикой [3].

По отдельности данные методы не позволяют выявлять некоторые виды дефектов, и, тем самым, снижают достоверность проводимого контроля [4,5].

Для повышения достоверности было предложено объединить два существующих метода контроля в один комплексный метод.

Предложенный комплексный метод контроля заключается в измерении погонной электрической емкости при электроискровых испытаниях (Рис.1).

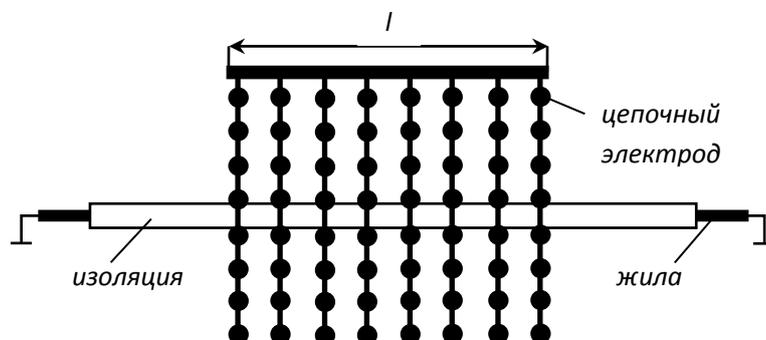


Рис. 1. Теоретическая модель комплексного метода контроля

Для достоверного измерения электрической емкости необходимо, чтобы испытательное напряжение было приложено по всей поверхности зоны контроля, а не

только в местах контакта цепочек электрода и поверхности изоляции. В данном методе это возможно осуществить за счет высокого испытательного напряжения.

Так как конструкция электрода представляет собой набор цепочек (рис. 1), то поле в зоне контроля является неоднородным. При анализе картины электрического поля в начальный момент времени (рис. 2) (до возникновения ионизационных процессов) было выявлено, что нормальная составляющая преобладает над тангенциальной составляющей электрического поля. Преобладание нормальной составляющей электрического поля приводит к термической ионизации, которая облегчает процесс возникновения разряда.

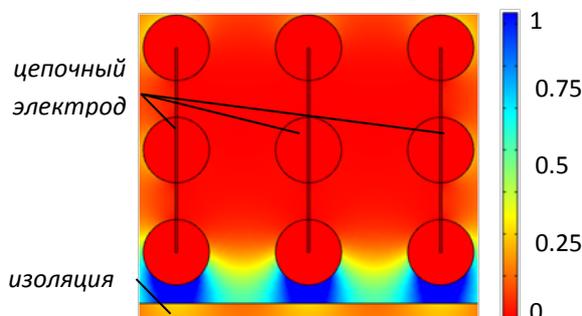


Рис.2. Картина электрического поля между поверхностью изоляции и цепочным электродом (максимальная относительная напряженность равна 1, минимальная 0)

При данном электрическом поле возникает скользящий разряд [6]. На распространение скользящего разряда оказывают влияние различные факторы: материал, состояние поверхности изоляции, тип и величина испытательного напряжения. Длину скользящего разряда определяют по эмпирической формуле Теплера [7]:

$$l_{\text{ск}} = k \cdot C^2 \cdot U^5 \sqrt{\frac{dU}{dt}},$$

где  $k$  – коэффициент, определяемый опытным путем,  $C$  – удельная поверхностная емкость,  $U$  – напряжение. Таким образом, можно отметить, что согласно формуле Теплера на длину скользящего разряда оказывает значительное влияние величина напряжения и удельная поверхностная емкость. При проведении экспериментов были получены зависимости распределения испытательного напряжения по поверхности изоляции (рис. 3).

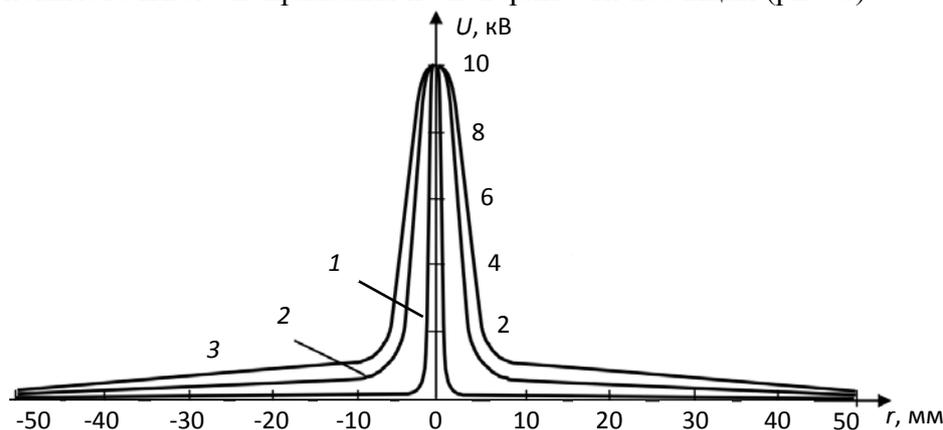


Рис. 3. Распределение напряжения по поверхности изоляции при постоянном напряжении (1), при переменном напряжении с частотой 50 Гц (2), 1 кГц (3)

В данном эксперименте испытательное напряжение было приложено в точке с нулевой координатой и с помощью измерительного электрода определялось распределение потенциала по поверхности изоляции кабельного изделия. Приведенные зависимости получены для испытательного напряжения 10 кВ [8].

При анализе полученных зависимостей для испытательных напряжений величиной 3, 10 и 15 кВ можно отметить, что заметное распределение потенциала по поверхности

присутствует только при переменном напряжении. Это возникает за счет удельной поверхностной емкости изоляционного материала, что подтверждает формула Теплера. На распространение разряда при постоянном испытательном напряжении удельная поверхностная емкость не оказывает значительного влияния и разряд, возникающий в данном случае, является схожим с разрядом в воздушном промежутке.

На основе полученных зависимостей распределения напряжения теоретически была найдена зависимость удлинения электрода, с помощью которого подавалось испытательное напряжение, от типа и величины напряжения (рис.4) [8].

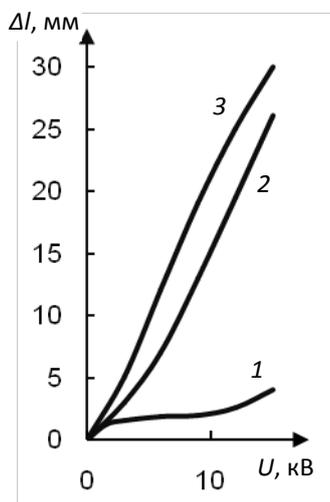


Рис. 4. Зависимость удлинения электрода от величины постоянного (1) и переменного напряжения с частотой 50 Гц (2), 1 кГц (3)

Если допустить связь распределения напряжения и длины скользящего разряда, то можно отметить, что значительное влияние на удлинение электрода оказывает величина приложенного переменного напряжения, что соответствует формуле Теплера. При постоянном напряжении выявлено только небольшое удлинение электрода.

Анализ приведенных результатов исследования показывает, что за счет возникновения скользящих разрядов возможно обеспечение электрического контакта между электродом и поверхностью изоляции не только в местах касания цепочек электрода, а по всей длине зоны контроля при использовании переменного напряжения.

*Работа выполнена при поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (конкурс «УМНИК-2014»).*

#### Список использованных источников

1. Кабели связи. Методы испытаний: ГОСТ 27893–88 (СТ СЭВ 1101–87). – М.: Изд-во стандартов– 1989 – 26 с.
2. Кабели, провода и шнуры. Методы испытания напряжением: ГОСТ 2990-78 – М.: Изд-во стандартов– 1986 – 18 с.
3. Справочно-информационный интернет-портал Докипедия [Электронный ресурс] // ГОСТ Р 54813-2011 (МЭК 62230:2006) Кабели, провода и шнуры электрические. Электроискровой метод контроля – Режим доступа: <http://dikipedia.ru/document/5147838>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 30.06.2015).
4. Старикова Н. С. , Редько В. В. Исследование достоверности контроля целостности изоляции по изменению электрической емкости в области сильных электрических полей // Неразрушающий контроль: всероссийская молодежная школа-конференция, Томск 16-18 Августа 2013– Томск: ТПУ–2013– С. 153–159

5. Старикова Н. С. , Редько В. В. Исследование методов контроля целостности изоляции в области слабых и сильных электрических полей [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири– 2013 – №. 3 (9) – С. 55–59 –Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/746>
6. Важов В.Ф., Пичугина М.Т. и др. Техника высоких напряжений. Руководство к лабораторным работам. Уч. пособие.– Томск: ТПУ– 2006 – 79 с.
7. Сканава Г.И. Физика диэлектриков (область сильных полей) – М.: Государственное издательство физико-математической литературы–1958 – 909 с.
8. Редько В.В. Разработка методов и средств электроискрового технологического контроля изоляции кабельных изделий – Томск: Издательство ТПУ– 2013 – 91 с.

## **ИЗМЕРЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗОВЫХ ПОЛЕЙ ГАММА-ИСТОЧНИКОВ С НЕСТАБИЛЬНЫМИ ВО ВРЕМЕНИ ПАРАМЕТРАМИ ПУЧКА**

*Стучебров С.Г., Милойчикова И.А., Данилова И.Б.*  
Томский политехнический университет

Тенденция увеличения качества результатов исследований внутренней структуры изделий в целях осуществления неразрушающего контроля на производствах предъявляет все большие требования к стабильности характеристик зондирующих пучков и, соответственно, к их излучателям. Не смотря на это, сегодня не редко используются нестабильные рентгеновские и гамма источники, изменение основных параметров которых во время работы достигает нескольких десятков процентов. Изменения параметров могут быть обусловлены внешними наводками на излучающее устройство, чувствительностью к нестабильности внешнего питания, нагревом установки или несовершенством отдельных узлов генератора излучения. Такие установки используются, например, в исследовательских целях, где применяется экспериментальное оборудование, отладка которого зачастую либо не возможна, либо не имеет смысла.

В любом случае, эксплуатация таких установок требует измерения и контроля характеристик их дозовых полей. Изменчивость параметров не позволяет применять обычные методы, основанные на получении данных с одного дозиметра, перемещаемого внутри поля излучения, так как нестабильное поле необходимо измерять одновременно во всем объеме.

Для решения этой задачи была исследована возможность построения пространственно-распределенной координаточувствительной дозиметрической системы. Для этого были использованы компактные накопительные дозиметры, размещаемые в пространстве в заранее рассчитываемых точках дозовых полей генераторов излучения. Положение детектирующих элементов обуславливается формой поля исследуемого генератора излучения и требуемым пространственным разрешением дозиметрической системы.

Исследования проводились на различных источниках рентгеновского и гамма-излучения. Были исследованы пространственные распределения мощностей доз рентгеновского аппарата РАП-160-5 [1], бетатрона ОБЬ-4, частотного импульсного электронного ускорителя прямого действия «АСТРА» и других.

Полученные результаты показали пригодность таких пространственно-распределенных координаточувствительных дозиметрических систем, в том числе и для работы с импульсными источниками, имеющими очень резкую смену профиля излучения и высокую интенсивность в пределах отдельных импульсов.

Применение разных типов накопительных дозиметров, таких как термолюминесцентные ДТЛ-02 [2] и дозиметры конденсаторного типа Д-2Р позволило