

Список литературы

1. Критерии оценки технического состояния длительно работающего металла оборудования ТЭС на основе акустической структуроскопии / А.Н. Смирнов [и др.] // Дефектоскопия. – 2016. – № 2. – С. 44–51.
2. Выявление поверхностных микротрещин в металлических изделиях с помощью возбуждения высокочастотными вихревыми токами и визуализации инфракрасной камерой / О.А. Булычев [и др.] // Дефектоскопия. – 2016. – № 8. – С. 47–54.
3. Опыт контроля состояния труб магистральных газопроводов электромагнитно-акустическим методом / А.Ф. Матвиенко [и др.] // Дефектоскопия. – 2016. – № 9. – С. 28–37.
4. Борейко Д.А. Чувствительность метода акустической эмиссии при обнаружении дефектов в трубных изделиях / Д.А. Борейко, И.Ю. Быков, А.Л. Смирнов // Дефектоскопия. – 2015. – № 8. – С. 24–33.
5. Акустический волноводный контроль труб малого диаметра / В.В. Муравьев [и др.] // Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении. – 2017. – С. 292–298.

УДК 620.179.1:621.315.3.048

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТОВ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДА С ЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЁМКОСТЬЮ

Холуева Ирина Андреевна

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: iah11@tpu.ru

Научный руководитель: Вавилова Галина Васильевна,

к.т.н., доцент отделения контроля и диагностики ТПУ

E-mail: wgw@tpu.ru

INTERACTION OF GEOMETRIC PARAMETER CHANGES IN WIRE INSULATION DEFECTS WITH ITS ELECTRICAL CAPACITANCE

Kholueva Irina Andreevna

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Academic supervisor: Vavilova Galina Vasilievna,

Ph.D. in Engineering National Research Tomsk Polytechnic University

Аннотация: данная работа посвящена исследованию влияния геометрических параметров простых дефектов изоляции одножильного электрического провода на его электрическую ёмкость. Показаны изменение электрической ёмкости провода при наличии локальных утонений и утолщений изоляции провода и при наличии локального расслоения изоляции, а также зависимость электрической ёмкости от изменения геометрических параметров дефектов. Исследование проводилось путем моделирования в программной среде Mathcad.

Abstract: this study is dedicated to investigating the influence of geometric parameters of simple insulation defects on the electrical capacitance of a single-core electrical wire. The paper demonstrates variations in the electrical capacitance of the wire due to local thickening and thinning of the insulation, as well as local delamination of the insulation, and explores the relationship between electrical capacitance and changes in the geometric parameters of these defects. The research was conducted through modeling using the Mathcad software environment.

Ключевые слова: ёмкость; провод; дефект; моделирование.

Keywords: capacitance; wire; defect; modeling.

Электрические провода являются важным элементом электрических систем, изоляция проводов предотвращает потерю энергии и обеспечивает безопасность. Однако, в процессе производства и эксплуатации могут появляться различного рода дефекты. Дефекты изоляции могут существенно влиять на электрические характеристики провода, включая его ёмкость. В данной работе будет рассмотрено влияние изменения геометрических параметров дефектов изоляции провода на его электрическую ёмкость.

В данной работе была рассмотрена модель участка провода (см. рисунок 1) со следующими параметрами: радиус жилы $R_1 = 0,75$ мм, радиус изоляции $R_2 = 1,35$ мм, длина участка провода $l = 200$ мм. В качестве изоляции используется ПВХ пластикат, диэлектрическая проницаемость которого $\varepsilon = 3,6$ [1]. Ёмкость цилиндрического конденсатора определяется по стандартной формуле и для предложенной модели без дефекта равна $C = 68,191$ нФ [2]. Значимое изменение ёмкости в данной работе составляет 5%.

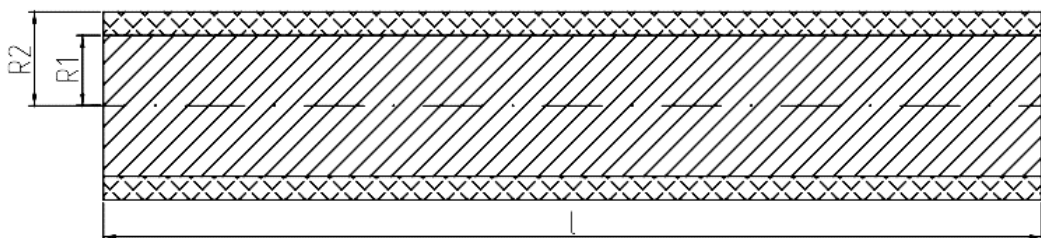


Рисунок 1 – Модель участка провода

В работе рассматриваются простые с точки зрения моделирования дефекты, такие как локальное утонение и локальное утолщение изоляции, а также расслоение изоляции [3].

Локальное утонение изоляции (см. рисунок 2а) – это дефект или неоднородность в изоляции электрического провода, при котором часть изоляции имеет уменьшенную толщину или менее плотную структуру по сравнению с окружающей изоляцией, без физического повреждения поверхности провода.

Локальное утолщение изоляции (см. рисунок 2б) – это дефект или неоднородность в изоляции электрического провода, при котором часть изоляции имеет увеличенную толщину или более плотную структуру по сравнению с окружающей изоляцией, без физического повреждения поверхности провода [4].

Локальное расслоение изоляции – это дефект в изоляции электрического провода, при котором разделение части изоляции происходит на определенном участке, что приводит к разрыву цельной структуры изоляции и созданию пространства между слоями изоляции [5].

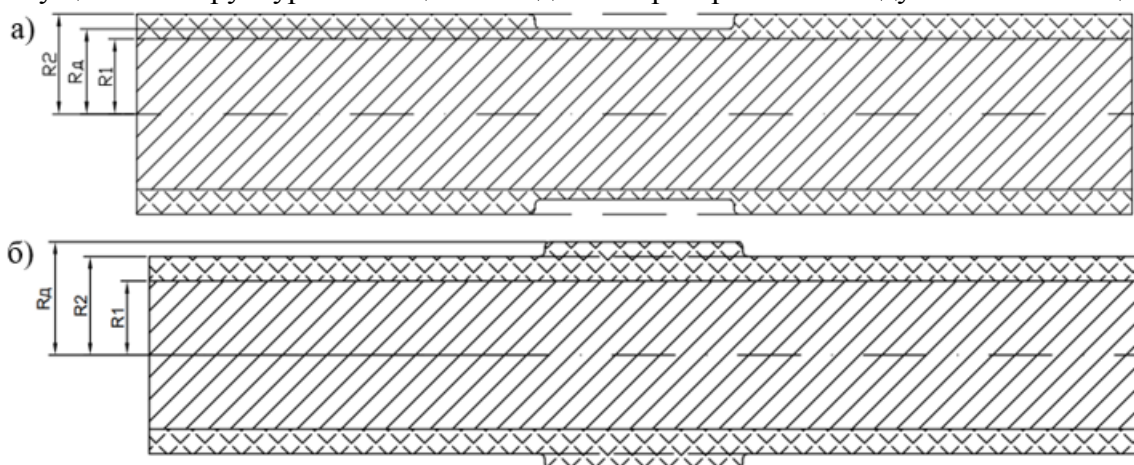


Рисунок 2 – Модель провода с: а) утонением, б) утолщением изоляции

Локальное утонение и утолщение при фиксированном отклонении радиуса изоляции

При моделировании рассматриваются дефекты с отклонением радиуса изоляции на $h = 0,2$ мм в сторону утонения и утолщения при изменении длины дефекта в диапазоне от 0 до 100 мм с шагом 0,1 мм. Расчёт ёмкости при наличии локального утонения или утолщения производится по формуле (1). На рисунке 3а представлены графики этой зависимости:

$$C = 2\pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{l_\delta}{\ln\left(\frac{R_\delta}{R_1}\right)} + \frac{l-l_\delta}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} \quad (1)$$

Анализ зависимости показывает, что при утонении изоляции (красный), ёмкость провода линейно возрастает и выходит за пределы погрешности в 5% при длине дефекта $l_\delta = 26$ мм, а при утолщении (синий) ёмкость провода линейно убывает и выходит за пределы погрешности в 5% при длине дефекта $l_\delta = 53$ мм.

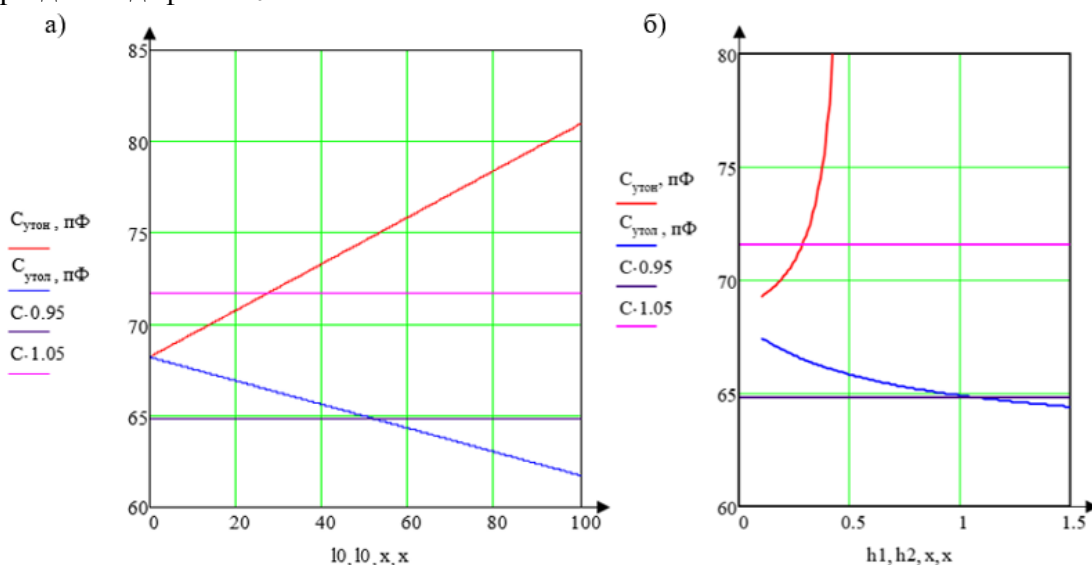


Рисунок 3 – График зависимости электрической ёмкости: а) от изменения длины дефекта при локальном утонении и локальном утолщении, б) от изменения отклонения радиуса изоляции при локальном утонении и локальном утолщении

Локальное утонение и утолщение изоляции при фиксированной длине дефекта

При моделировании рассматривается дефект длиной $l_\delta = 20$ мм при изменении радиуса изоляции в диапазоне от 0,1 до 1,5 мм с шагом 0,01 мм в сторону утонения и утолщения. На рисунке 3б представлены графики зависимости электрической ёмкости от изменения отклонения радиуса изоляции при локальном утонении и локальном утолщении.

Анализ зависимости показывает, что при утонении изоляции (красный), ёмкость провода экспоненциально убывает и выходит за пределы погрешности в 5% при отклонении радиуса изоляции $h_1 = 0,24$ мм, а при утолщении изоляции (синий), ёмкость провода экспоненциально возрастает и выходит за пределы погрешности в 5% при радиусе изоляции в месте дефекта $h_2 = 1,11$ мм.

Дефект «Локальное расслоение изоляции»

При моделировании рассматривается локальное расслоение изоляции длиной $l_\delta = 20$ мм, длина бездефектных участков провода $l_1=l_2=90$ мм при котором $r_1=0,75$ мм, $r_2=0,9$ мм, $r_3(\Delta) = r_2 + \Delta$, $r_4=1,35$ мм, где Δ – изменение радиуса r_3 в диапазоне от 0 до 0,4 мм с шагом 0,001 мм. Провод с таким дефектом изоляции имеет вид трехслойного конденсатора (см. рисунок 4а). Диэлектрическая проницаемость ПВХ пластика $\varepsilon_1 = \varepsilon_3 = 3,6$, диэлектрическая проницаемость воздуха $\varepsilon_2 = 1,0006$. Расчёт ёмкости при наличии локального расслоения изоляции производится по формуле (2), график этой зависимости представлен на рисунке 4б.

$$C = \frac{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot l_1}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} + \frac{1}{\frac{1}{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot l_0} + \frac{1}{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot l_0} + \frac{1}{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot l_0}} + \frac{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot l_2}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} \quad (2)$$

$$\frac{1}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} + \frac{1}{\ln\left(\frac{r_3(\Delta)}{r_2}\right)} + \frac{1}{\ln\left(\frac{r_4}{r_3(\Delta)}\right)}$$

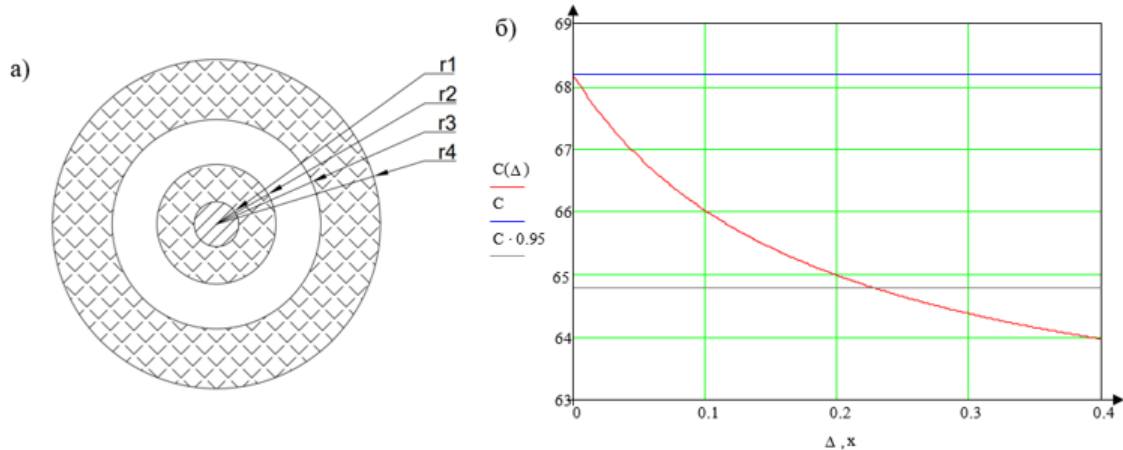


Рисунок 4: а) модель провода с расслоением изоляции, б) график зависимости электрической ёмкости от изменения радиуса воздушной прослойки

Анализ зависимости показывает, что при увеличении радиуса воздушной прослойки ёмкость провода экспоненциально уменьшается и выходит за пределы погрешности в 5 % при увеличении радиуса воздушной прослойки на $\Delta = 0,23$ мм.

В ходе работы были рассмотрены дефекты изоляции провода, простые с точки зрения моделирования, и выявлено влияние геометрических параметров дефектов на изменение электрической ёмкости провода. Было выяснено, что при изменении длины дефекта с постоянным отклонением радиуса изоляции, локальное утонение является наиболее обнаруживаемым дефектом, так как наблюдается более выраженное изменение ёмкости. При постоянной длине дефекта и изменении радиуса изоляции, локальное утонение также вызывает более сильное изменение ёмкости, а, следовательно, является более обнаруживаемым дефектом. При локальном расслоении изоляции ёмкость экспоненциально увеличивается с увеличением радиуса воздушной прослойки. Данные результаты могут быть полезны при проектировании и эксплуатации электротехнических систем, так как помогают определить влияние дефектов на работу этих систем. В дальнейшем планируется исследование более реальных дефектов изоляции.

Список литературы

1. ГОСТ 4.143-85 Система показателей качества продукции. Изделия кабельные. Номенклатура показателей : введен 01.01.1987 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва : Издательство стандартов, 1985 – 29 с.
2. Иоссель Ю.Я. Расчет электрической емкости / Ю.Я. Иоссель. – Л.: Энергия, 1960. – 240 с.
3. Рюмкин А.В. Выявление локальных дефектов изоляции провода с помощью измерителя емкости / А.В. Рюмкин, Г.В. Вавилова // Сборник материалов XVII международной научно-технической конференции «Измерение, контроль, информатизация». – 2016. – С. 169-172.

4. Гольдштейн А.Е. Измеритель погонной емкости одножильного провода для технологического контроля / А.Е. Гольдштейн, Г.В. Вавилова // Ползуновский вестник. – 2015. – № 3. – с. 38–42.
5. Вавилова Г.В. Разработка методов и средств контроля погонной емкости одножильного электрического провода в процессе производства: специальность 05.11.13: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Г.В. Вавилова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск, 2016 – 140 с.

УКД 620.179.162

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Хуандык Куралай, Юрченко Владислав Владимирович
Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда
E-mail: kuralaj@inbox.ru, jurchenkovv@mail.ru

DEVELOPMENT OF A SEISMIC CONTROL SYSTEM FOR THE EARTH'S SURFACE

Khuangdyk Kuralai, Yurchenko Vladislav Vladimirovich
Karaganda Technical University named after Abylka Saginov, Karaganda

Аннотация: Жезказганское месторождение меда известно своей богатой концентрацией меди и другими ценными металлами, например золотом и серебром. Оно имеет значительный промышленный потенциал и является важным источником дохода для Казахстана.

Проведение горных работ на Жезказганском медном месторождении привело к возникновению крупных обрушений и индуцировало техногенные землетрясения. Наиболее сильное землетрясение произошло 1 августа 1994 года и имело магнитуду $MS = 4,6$, $mb = 4,8$ по данным ЕГС РАН. Землетрясение сопровождалось обрушением на площади 480 тысяч квадратных метров (900×680 метров). Объем обрушившихся пород составил 144 миллионов кубических метров, а их вес достиг 375 миллионов тонн.

Критическому значению концентрационного параметра в модифицированном концентрационном критерии разрушения можно поставить в соответствие критическое значение напряжения. Это соответствие позволяет использовать широко применяемые критерии разрушения с критическими напряжениями при прогнозировании обрушений и определении опасных зон на Жезказганском месторождении или в других инженерных задачах.

Дополнительно для прогноза обрушений использовались представления о формировании сейсмических брешей первого и второго рода, миграции сейсмичности, а также результаты визуальных наблюдений в шахте и наблюдений за оседанием поверхности над выработками.

Abstract: the Zhezkazgan honey deposit is known for its rich concentration of copper and other valuable metals, such as gold and silver. It has significant industrial potential and is an important source of income for Kazakhstan.

Mining operations at the Zhezkazgan copper deposit led to major collapses and induced man-made earthquakes. The strongest earthquake occurred on August 1, 1994 and had a magnitude of $MS = 4.6$, $mb = 4.8$ according to the USGS RAS. The earthquake was accompanied by a collapse on an area of 480 thousand square meters (900×680 meters). The volume of collapsed rocks amounted to 144 million cubic meters, and their weight reached 375 million tons.

The critical value of the concentration parameter in the modified concentration criterion of destruction can be matched to the critical stress value. This correspondence makes it possible to use widely used criteria for failure with critical stresses when predicting collapses and determining hazardous areas at the Zhezkazgan field or in other engineering tasks.