

Н. Н. Илюхин, К. В. Авдеева, Ю. М. Елизарова, Н. А. Чертолысова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ В МЕСТЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ КАБЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация. К нетяговым потребителям относят устройства сигнализации, централизации и блокировки, силовые и осветительные нагрузки промежуточных станций, служебные и бытовые здания, локомотивные и вагонные депо. Полученные значения параметров планируется затем использовать при разработке и теоретическом обосновании метода поиска мест повреждения кабеля в условиях гальванического и индуктивного влияния электрифицированного железнодорожного транспорта. Для достижения данной цели проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях с помощью метода двух электродов, при использовании которого нет необходимости учитывать параметры дополнительного электрода. Для определения сопротивления и емкости границы раздела «металл – электролит» выведены формулы. В результате эксперимента получены зависимости переходных параметров в месте повреждения медной жилы кабеля ВВГ. Полученные значения переходных параметров в месте повреждения подземных кабелей электроснабжения железнодорожного транспорта будут использоваться при разработке и научном обосновании метода поиска мест повреждения кабеля в условиях гальванического и индуктивного влияния электрифицированного железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: кабель, повреждение, граница раздела сред, метод двух электродов, коррозия.

Для цитирования: Определение переходных параметров в месте повреждения подземных кабелей электроснабжения железнодорожного транспорта / Н. Н. Илюхин, К. В. Авдеева, Ю. М. Елизарова, Н. А. Чертолысова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 2. – С. 100–109. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_2_100.

Введение

Железнодорожный транспорт является источником сильного электромагнитного и гальванического воздействия. Именно в таких условиях, как правило, эксплуатируются кабели системы электроснабжения железнодорожного транспорта (в частности, кабели электроснабжения нетяговых железнодорожных потребителей). К нетяговым потребителям относят устройства сигнализации, централизации и блокировки, силовые и осветительные нагрузки промежуточных станций, служебные и бытовые здания, локомотивные и вагонные депо.

В Российской Федерации высокая доля электрифицированных дорог приходится на железнодорожный транспорт. В контактных сетях используется либо постоянный электрический ток, имеющий номинальное напряжение 3 кВ, либо переменный ток с промышленной частотой 50 Гц номинальным напряжением 25 кВ [1].

В районах с высокой долей промышленной инфраструктуры и вдоль железнодорожных путей наблюдается особый вид коррозии, которую вызывают блуждающие токи. Отвечаясь от трамвайных или железнодорожных рельсов, электролизеров, заземлений, данные токи возникают в почве. Коррозия вызывается постоянным и переменным током, однако действие постоянного тока представляет собой наибольшую опасность [2–4].

В местах повреждения изоляции металлические элементы кабеля (жила или оболочка) быстро разрушаются вследствие протекания коррозионного процесса. При этом, чтобы не допустить аварийную ситуацию, необходимо быстро и точно определить место повреждения кабеля. Существуют различные методы поиска повреждения кабеля, но они в ряде случаев не обеспечивают достаточную точность в условиях гальванического и индуктивного влияния электрифицированного железнодорожного транспорта. Для разработки и теоретического обоснования метода обнаружения места повреждения кабеля в условиях гальванического и индуктивного влияния электрифицированного железнодорожного транспорта необходимо заранее в лабораторных условиях определить переходные параметры в месте повреждения кабеля электроснабжения.

Цель работы – определение переходных параметров в месте повреждения кабелей электроснабжения железнодорожного транспорта (в частности, кабелей электроснабжения нетяговых железнодорожных потребителей) в лабораторных условиях. Полученные значения параметров планируется использовать при разработке и теоретическом обосновании метода обнаружения мест повреждения кабеля в условиях гальванического и индуктивного влияния электрифицированного железнодорожного транспорта.

Основная часть

Место повреждения подземного кабеля электроснабжения железнодорожного транспорта, при котором оголенная часть его металлических элементов (оболочки или жилы) имеет контакт с грунтом, можно представить в виде эквивалентной электрической схемы [5–7] (рис. 1).

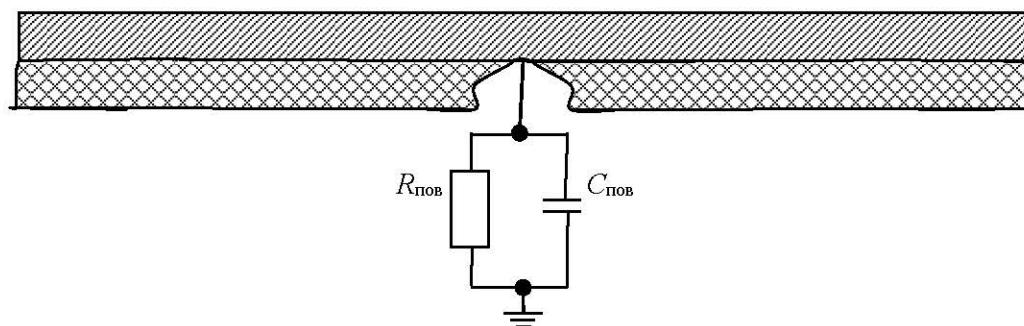


Рис. 1. Эквивалентная электрическая схема замещения места повреждения подземного кабеля

В месте повреждения образуется граница раздела двух сред:

- твердой – металла оболочки кабеля или жилы в месте повреждения;
- жидкой – водного раствора электролита, содержащегося в грунте.

Переходными параметрами токопроводящей жилы или металлической оболочки в месте повреждения подземного кабеля электроснабжения железнодорожного транспорта являются сопротивление и емкость границы раздела сред «металл – электролит».

Емкость $C_{пов}$ образована обкладками твердой и жидкой сред. Сопротивление $R_{пов}$ возникает за счет перехода заряженных частиц через границу раздела.

В работах [3, 5, 8–11] эксперимент проводился в лабораторных условиях с использованием дополнительного электрода из инертного материала, параметрами которого в расчетах пренебрегали, так как его площадь во много раз больше исследуемого:

$$\begin{cases} C_{д.э} \gg C_{пов}; \\ R_{д.э} \ll R_{пов}. \end{cases} \quad (1)$$

При экспериментальных исследованиях обеспечить выполнение неравенств (1) может быть затруднительно. В таком случае необходимость наличия дополнительного электрода, параметры которого будут участвовать в результатах измерений, является недостатком данного метода.

Предполагается, что данные недостатки будут отсутствовать у метода определения переходных параметров в месте повреждения кабеля на основе двух одинаковых электродов. В лабораторных условиях была спроектирована установка с двумя металлическими элементами кабеля, имеющими идентичные повреждения изоляции. Кабели были помещены в раствор электролита, обладающего сопротивлением $R_{эл}$. Полученную схему, представленную на рис. 2, рассматривают как двухполюсник, сопротивление которого равно:

$$Z = 2 \cdot \frac{R_{пов} \cdot \frac{1}{j\omega C_{пов}}}{R_{пов} + \frac{1}{j\omega C_{пов}}} + R_{эл}. \quad (2)$$

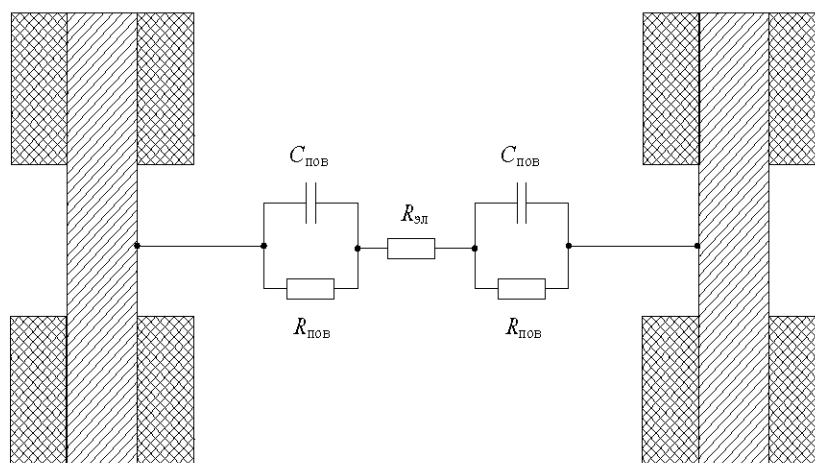


Рис. 2. Эквивалентная схема

На рис. 3 приведена схема измерения переходных параметров в месте повреждения кабеля методом двух электродов в лабораторных условиях; в этом случае участвует только среда и сами повреждения кабеля, параметры которых удваиваются.

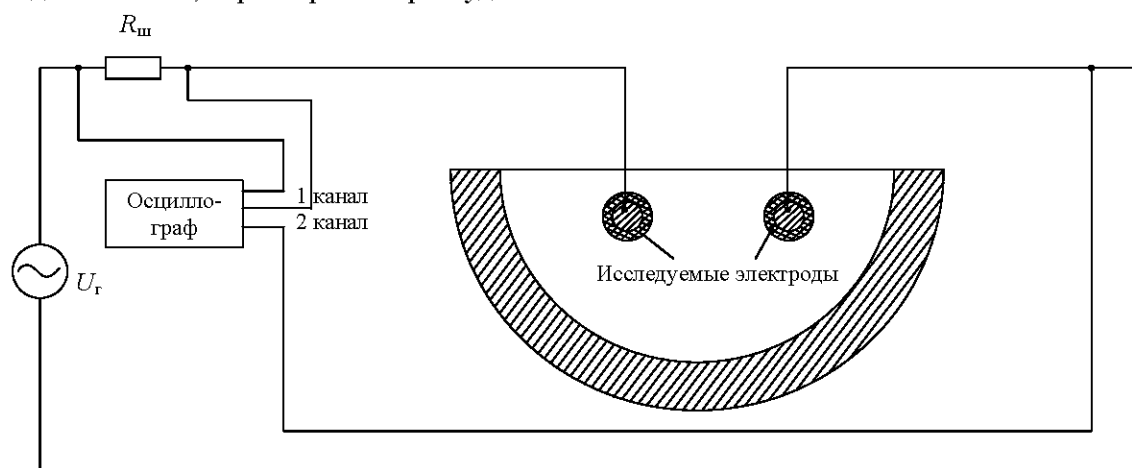


Рис. 3. Схема измерения методом двух электродов

На основе данного подхода проведен эксперимент. В эксперименте задействованы медные жилы силового кабеля ВВГ 3×1. Каждый из двух исследуемых электродов изготавливался из одной жилы кабеля. Для этого в середине жилы кабеля удалялась поливинилхлоридная изоляция с участка длиной 1 см с целью имитации повреждения. Затем исследуемые электроды помещались в ячейку полусферической формы диаметром 0,3 м, заполненную электролитом (водопроводная вода) с удельным сопротивлением 36 Ом·м.

На высоких частотах (выше 100 кГц) емкость $C_{пов}$ шунтирует сопротивление $R_{пов}$, следовательно, в двухполоснике останется только сопротивление $R_{эл}$.

С помощью осциллографа измерялось напряжение на шунте U_1 и напряжение между исследуемыми электродами U_2 , а также сдвиг фаз между U_1 и U_2 при синусоидальном напряжении генератора в диапазоне частот от 10 до 10000 Гц.

На основе измеренных значений определялось комплексное сопротивление места повреждения изоляции кабеля по формуле:

$$Z_{пов} = \frac{U_2 \cdot R_{ш} - R_{эл} U_1}{2}, \quad (3)$$

где U_2 – напряжение между исследуемыми электродами, В;

U_1 – напряжение, измеренное на шунте, В;

$R_{ш}$ – сопротивление шунта, Ом.

Для определения сопротивления $R_{\text{пов}}$ и емкости $C_{\text{пов}}$ границы раздела «металл – электролит» на основе измеренных значений $Z_{\text{пов}}$ выведем формулы. Для этого найдем комплексное сопротивление параллельной RC -цепи:

$$Z_{\text{пов}} = \frac{R_{\text{пов}} \cdot \frac{1}{j\omega C_{\text{пов}}}}{R_{\text{пов}} + \frac{1}{j\omega C_{\text{пов}}}}. \quad (4)$$

Упростим выражение (4):

$$Z_{\text{пов}} = \frac{R_{\text{пов}}}{j\omega C_{\text{пов}}} \cdot \frac{1}{R_{\text{пов}} + \frac{1}{j\omega C_{\text{пов}}}} = \frac{R_{\text{пов}}}{j\omega R_{\text{пов}} C_{\text{пов}} + 1}. \quad (5)$$

Найдем действительную и мнимую части комплексного выражения (5). Для этого числитель и знаменатель умножим на комплексно-сопряженное $(1 - j\omega R_{\text{пов}} C_{\text{пов}})$. Получим:

$$Z_{\text{пов}} = \text{Re}(Z_{\text{пов}}) + j \text{Im}(Z_{\text{пов}}) = \frac{R_{\text{пов}}(1 - j\omega R_{\text{пов}} C_{\text{пов}})}{(j\omega R_{\text{пов}} C_{\text{пов}} + 1)(1 - j\omega R_{\text{пов}} C_{\text{пов}})} = \frac{R_{\text{пов}} - j\omega R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}}{1 + \omega^2 R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}^2}. \quad (6)$$

Из выражения (6) следует, что действительная часть равна:

$$\text{Re}(Z_{\text{пов}}) = \frac{R_{\text{пов}}}{1 + \omega^2 R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}^2}. \quad (7)$$

Мнимая часть:

$$\text{Im}(Z_{\text{пов}}) = \frac{-\omega R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}}{1 + \omega^2 R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}^2}. \quad (8)$$

Переведем данное комплексное сопротивление из алгебраической формы в показательную. Получим следующие выражения:

$$|Z_{\text{пов}}| = \sqrt{\frac{R_{\text{пов}}^2}{(1 + \omega^2 R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}^2)^2} + \frac{\omega^2 R_{\text{пов}}^4 C_{\text{пов}}^2}{(1 + \omega^2 R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}^2)^2}}. \quad (9)$$

$$\varphi = \text{arctg} \frac{\frac{-\omega R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}}{1 + \omega^2 R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}^2}}{\frac{R_{\text{пов}}}{1 + \omega^2 R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}^2}} = \text{arctg} \frac{-\omega R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}} \cdot (1 + \omega^2 R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}^2)}{R_{\text{пов}} \cdot (1 + \omega^2 R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}^2)} = -\text{arctg}(\omega R_{\text{пов}} C_{\text{пов}}). \quad (10)$$

Выполним преобразования выражения (9):

$$|Z_{\text{пов}}| = \sqrt{\frac{R_{\text{пов}}^2 + \omega^2 R_{\text{пов}}^4 C_{\text{пов}}^2}{(1 + \omega^2 R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}^2)^2}} = \sqrt{\frac{R_{\text{пов}}^2 (1 + \omega^2 R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}^2)}{(1 + \omega^2 R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}^2)^2}} = \sqrt{\frac{R_{\text{пов}}^2}{(1 + \omega^2 R_{\text{пов}}^2 C_{\text{пов}}^2)}} = \frac{R_{\text{пов}}}{\sqrt{1 + (\omega R_{\text{пов}} C_{\text{пов}})^2}}. \quad (11)$$

Из выражений (7), (8) и (10) можно сделать следующие выводы:

$$\frac{\operatorname{Im}(Z_{\text{пов}})}{\operatorname{Re}(Z_{\text{пов}})} = -\omega R_{\text{пов}} C_{\text{пов}}. \quad (12)$$

Из выражения (11) можно сделать следующие выводы:

$$\sqrt{\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}}) + \operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}})} = \frac{R_{\text{пов}}}{\sqrt{1 + (\omega R_{\text{пов}} C_{\text{пов}})^2}}. \quad (13)$$

Подставим правую часть выражения (12) в равенство (13):

$$\sqrt{\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}}) + \operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}})} = \frac{R_{\text{пов}}}{\sqrt{1 + \left(-\frac{\operatorname{Im}(Z_{\text{пов}})}{\operatorname{Re}(Z_{\text{пов}})}\right)^2}} \quad (14)$$

Из выражения (14) выразим $R_{\text{пов}}$:

$$R_{\text{пов}} = \sqrt{\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}}) + \operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}})} \cdot \sqrt{1 + \left(-\frac{\operatorname{Im}(Z_{\text{пов}})}{\operatorname{Re}(Z_{\text{пов}})}\right)^2}. \quad (15)$$

Преобразуем выражение (15). Для этого возведём обе части данного равенства в квадрат:

$$R_{\text{пов}}^2 = (\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}}) + \operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}})) \cdot \left(1 + \left(-\frac{\operatorname{Im}(Z_{\text{пов}})}{\operatorname{Re}(Z_{\text{пов}})}\right)^2\right). \quad (16)$$

Упростим выражение (16):

$$\begin{aligned} R_{\text{пов}}^2 &= \operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}}) + \operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}}) + \operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}}) + \frac{\operatorname{Im}^4(Z_{\text{пов}})}{\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}})} = \\ &= \frac{\operatorname{Re}^4(Z_{\text{пов}}) + 2 \cdot \operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}}) \cdot \operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}}) + \operatorname{Im}^4(Z_{\text{пов}})}{\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}})}. \end{aligned} \quad (17)$$

$$R_{\text{пов}}^2 = \frac{(\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}}) + \operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}}))^2}{\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}})} \quad (18)$$

Таким образом, $R_{\text{пов}}$ равняется:

$$R_{\text{пов}} = \frac{\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}}) + \operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}})}{\operatorname{Re}(Z_{\text{пов}})}. \quad (19)$$

Найдём $C_{\text{пов}}$. Для этого из выражения (12) получим $R_{\text{пов}}$:

$$R_{\text{пов}} = -\frac{\operatorname{Im}(Z_{\text{пов}})}{\operatorname{Re}(Z_{\text{пов}})\omega C_{\text{пов}}}. \quad (20)$$

Подставим правую часть выражения (20) в выражение (18):

$$\frac{\operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}})}{\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}})\omega^2 C_{\text{пов}}^2} = \frac{(\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}}) + \operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}}))^2}{\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}})} \quad (21)$$

Из формулы (21) выразим $C_{\text{пов}}$:

$$C_{\text{пов}}^2 = \frac{\operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}})}{(\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}}) + \operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}}))^2 \cdot \omega^2} \quad (22)$$

Следовательно, $C_{\text{пов}}$ равно:

$$C_{\text{пов}} = \frac{\operatorname{Im}(Z_{\text{пов}})}{(\operatorname{Re}^2(Z_{\text{пов}}) + \operatorname{Im}^2(Z_{\text{пов}})) \cdot \omega} \quad (23)$$

По полученным выражениям (19) и (23) рассчитаем значения переходных параметров $R_{\text{пов}}$ и $C_{\text{пов}}$ на основе измеренных в лабораторных условиях значений $Z_{\text{пов}}$.

Таким образом, на основе результатов эксперимента, проведенного в лабораторных условиях, рассчитаны значения переходных параметров $R_{\text{пов}}$ и $C_{\text{пов}}$ в месте повреждения изоляции медной жилы кабеля ВВГ, площадь поверхности которой $0,0054 \text{ см}^2$, в зависимости от частоты измерительного сигнала (рис. 4 и 5).

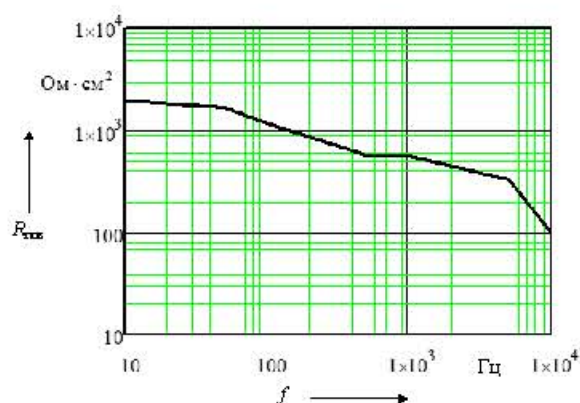


Рис. 4. Зависимость сопротивления $R_{\text{пов}}$ в месте повреждения изоляции кабеля от частоты измерительного сигнала

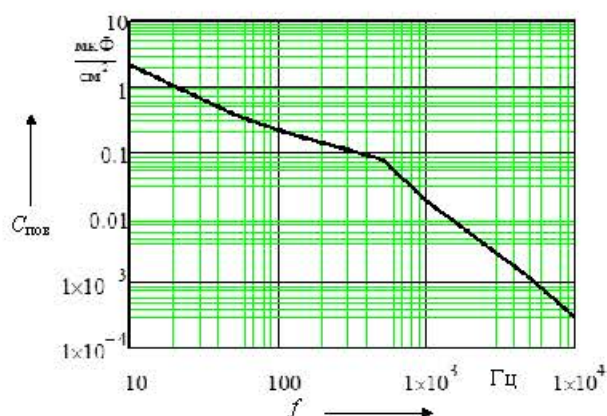


Рис. 5. Зависимость емкости $C_{\text{пов}}$ в месте повреждения изоляции кабеля от частоты измерительного сигнала

Из графиков видно, что сопротивление и емкость переходных параметров в месте повреждения изоляции кабеля значительно снижаются с ростом частоты протекающего тока. Это означает, что при разработке и научном обосновании метода обнаружения мест повреждения кабеля в условиях гальванического и индуктивного влияния электрифицированного железнодорожного транспорта необходимо с учетом переходных параметров повреждения выбрать такую частоту измерительного сигнала, чтобы, с одной стороны, обеспечить максимальное изменение измерительного сигнала в месте повреждения, что повысит чувствительность метода. А с другой стороны, выбор должен быть таким, чтобы на частоте измерительного сигнала помехи от контактной сети, электрифицированной железной дороги были минимальны.

Определенные по предложенной методике в лабораторных условиях значения переходных параметров в месте повреждения $R_{пов}$ и $C_{пов}$ будут использованы для расчета токораспределения измерительного сигнала в кабеле электроснабжения железнодорожного транспорта с поврежденным покрытием. При подаче в кабель измерительного сигнала в месте повреждения за счет утечки части тока через повреждение (см. рис. 1) будет наблюдаться скачок амплитуды и фазы измерительного сигнала. Что в дальнейшем будет использовано при реализации метода поиска повреждения кабеля и разработке аппаратуры.

Выводы

Таким образом, в статье для определения переходных параметров в месте повреждения подземных кабелей электроснабжения железнодорожного транспорта в лабораторных условиях предлагается использовать метод двух электродов, при применении которого нет необходимости учитывать параметры дополнительного электрода. Также проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях и определено, что полученные переходные параметры в месте повреждения зависят от частоты протекающего тока при определенном значении удельного сопротивления среды. Этот факт необходимо учитывать при разработке и научном обосновании метода обнаружения мест повреждения кабеля в условиях гальванического и индуктивного влияния электрифицированного железнодорожного транспорта. Полученные значения переходных параметров в месте повреждения также в дальнейшем будут использоваться для расчета токораспределения в кабелях электроснабжения железнодорожного транспорта с поврежденным покрытием.

Список литературы

- 1 Марквардт, К. Г. Справочник по электроснабжению железных дорог : в 2 томах / К. Г. Марквардт. – Москва : Транспорт, 1980. – 256 с.
- 2 Котельников, А. В. Блуждающие токи электрифицированного транспорта / А. В. Котельников. – Москва : Транспорт, 1986. – 279 с.
- 3 Кандаев, В. А. Совершенствование эксплуатационного контроля коррозионного состояния подземных сооружений систем электроснабжения железнодорожного транспорта : монография / В. А. Кандаев. – Омск : Омский государственный университет путей сообщения, 2003. – 198 с. – ISBN 5-94941-015-7.
- 4 Котельников, А. В. Блуждающие токи и эксплуатационный контроль коррозионного состояния подземных сооружений систем электроснабжения железнодорожного транспорта : монография / А. В. Котельников, В. А. Кандаев. – Москва : УМЦ ЖДТ, 2013. – 552 с. – ISBN 978-5-89035-627-7.

References

- 1 Marquardt, K. G. Handbook of railway power supply: in 2 volumes / C. G. Marquardt. – Moscow : Transport, 1980. – 256 p.
- 2 Kotelnikov, A.V. Wandering currents of electrified transport / A. V. Kotelnikov. – Moscow : Transport, 1986. – 279 p.
- 3 Kandaev, V. A. Improving the operational control of the corrosion state of underground structures of railway transport power supply systems : monograph / V. A. Kandaev. – Omsk : Omsk State Transport University, 2003. – 198 p. – ISBN 5-94941-015-7.
- 4 Kotelnikov, A. V. Stray currents and operational control of the corrosion state of underground structures of railway transport power supply systems: monograph / A. V. Kotelnikov, V. A. Kandaev. – Moscow : UMT's ZHDT, 2013. – 552 p. – ISBN 978-5-89035-627-7.

5 Елизарова, Ю. М. Совершенствование методов и аппаратных средств поиска мест повреждения кабелей электроснабжения железнодорожных нетяговых потребителей : специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ю. М. Елизарова ; Омский государственный университет путей сообщения. – Омск, 2009. – 156 с.

6 Кандаев, В. А. Определение параметров границы раздела «металл – электролит» / В. А. Кандаев, Ю. М. Елизарова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2008. – № 1. – С. 294–296. – ISSN 2071-3827.

7 Кандаев, В. А. Параметры повреждения изолирующего полимерного покрытия оболочки кабеля / В. А. Кандаев, Ю. М. Елизарова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2008. – № 2. – С. 263–266. – ISSN 2071-3827.

8 Слептерева, Н. К. Совершенствование технического обслуживания кабелей электроснабжения нетяговых железнодорожных потребителей : специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Н. К. Слептерева ; Омский государственный университет путей сообщения. – Омск, 2014. – 119 с.

9 Ерита, А. М. Экспериментальные исследования параметров границы раздела «металл – электролит» для электродов малых размеров / А. М. Ерита, В. А. Кандаев, К. В. Авдеева // Сборник научных трудов Российской академии естественных наук. Сибирский научный вестник. – 2010. – Вып. 13. – С. 271–276. – ISBN 978-5-8119-0393-1.

10 Кандаев, В. А. Переходное сопротивление в местах повреждения полимерного изолирующего покрытия кабеля / В. А. Кандаев, К. В. Авдеева, Н. К. Слептерева // Надежность функционирования и информационная безопасность телекоммуникационных систем железнодорожного транспорта : материалы всероссийской научно-технической интернет-конференции с международным участием. – Омск : Омский государственный университет путей сообщения, 2013. – С. 119–127.

5 Elizarova, Yu. M. Improvement of methods and hardware for searching for places of damage to power supply cables of railway non-traction consumers : specialty 05.22.07 «Rolling stock of railways, train traction and electrification»: dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Y. M. Elizarova ; Omsk State Transport University. – Omsk, 2009. – 156 p.

6 Kandaev, V. A. Determination of the parameters of the “metal-electrolyte” interface / V. A. Kandaev, Yu. M. Elizarova // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. – 2008. – No. 1. – P. 294–296. – ISSN 2071-3827

7 Kandaev V. A. Damage parameters of the insulating polymer coating of the cable sheath / V. A. Kandaev, Yu. M. Elizarova // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. – 2008. – No. 2. – P. 263–266. – ISSN 2071-3827.

8 Sleptereva, N. K. Improving the maintenance of power supply cables for non-traction railway consumers : 05.22.07 «Railway rolling stock, train traction and electrification» : thesis for the degree of candidate of technical sciences / N. K. Sleptereva ; Omsk State Transport University. – Omsk, 2014. – 119 p.

9 Erita, A. M. Experimental studies of the parameters of the "metal-electrolyte" interface for small electrodes/ A. M. Yerita, V. A. Kandaev, K. V. Avdeeva // Collection of scientific works of the Russian Academy of Natural Sciences. Siberian Scientific Bulletin. – 2010. – Issue. 13. – P. 271–276. – ISBN 978-5-8119-0393-1.

10 Kandaev, V. A. Transitional resistance in places of damage to the polymeric insulating coating of the cable / V. A. Kandaev, K. V. Avdeeva, N. K. Sleptereva. // Reliability of functioning and information security of telecommunication systems of railway transport : Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Internet Conference with International Participation. – Omsk : Omsk State Transport University, 2013. – P. 119–127.

11 Якунчихина, Н. К. Определение параметров границы раздела «металл – электролит» повреждения оболочки кабеля в полимерном изолирующем покрытии / Н. К. Якунчихина, П. В. Алексеева, О. В. Пиндюк // Материалы XLII Международной научно-практической конференции КазАТК им. М. Тынышпаева на тему «Инновационные технологии на транспорте : образование, наука, практика». – Алматы : Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, 2018. – Том 2. – С. 54–58. – ISBN 978-601-325-029-8.

11 Yakunchikhina, N. K. Determination of the parameters of the interface "metal – electrolyte" damage to the cable sheath in a polymer insulating coating / N. K. Yakunchikhina, P. V. Alekseeva, O. V. Pindyuk // Proceedings of the XLII International Scientific and Practical Conference of KazATC named after. M. Tynyshpaev on the topic "Innovative technologies in transport : education, science, practice". – Almaty : Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev, 2018. – Volume 2. – P. 54–58. – ISBN 978-601-325-029-8.

N. N. Ilyukhin, K. V. Avdeeva, Yu. M. Elizarova, N. A. Chertolysova

DETERMINATION OF TRANSIENT PARAMETERS AT THE POINT OF DAMAGE UNDERGROUND CABLES FOR POWER SUPPLY OF THE RAILWAY TRANSPORT

Abstract. Non-traction consumers include signaling, centralization and blocking devices, power and lighting loads of intermediate stations, office and household buildings, locomotive and wagon depots. The obtained values of the parameters are planned to be used later in the development and theoretical justification of the method for searching for cable damage points under the conditions of galvanic and inductive influence of electrified railway transport. To achieve this goal, experimental studies were carried out in laboratory conditions using the two-electrode method, when using which there is no need to take into account the parameters of an additional electrode. Formulas are derived to determine the resistance and capacitance of the metal-electrolyte interface. As a result of the experiment, the dependences of the transient parameters at the point of damage to the copper core of the VVG cable were obtained. The obtained values of transient parameters at the point of damage to underground cables of power supply of railway transport will be used in the development and scientific substantiation of a method for finding cable damage points under the conditions of galvanic and inductive influence of the electrified railway transport.

Keywords: cable, damage, interface, two-electrode method, corrosion.

For citation: Determination of transient parameters at the point of damage underground cables for power supply of the railway transport / N. N. Ilyukhin, K. V. Avdeeva, Yu. M. Elizarova, N. A. Chertolysova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 2. – P. 100–109. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_2_100.

Сведения об авторах

Илюхин Никита Николаевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),
кафедра «Телекоммуникационные, радиотехнические системы и сети»,
аспирант,
e-mail: nekit-exe@mail.ru

Авдеева Ксения Васильевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),
кафедра «Телекоммуникационные, радиотехнические системы и сети»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: avdeeva_kv@mail.ru

Елизарова Юлия Михайловна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),

Information about the author

Ilyukhin Nikita Nikolayevich

Omsk State Transport University (OSTU),
Chair «Telecommunication, Radio Engineering Systems and Networks»,
Postgraduate Student,
e-mail: nekit-exe@mail.ru

Avdeeva Kseniya Vasilevna

Omsk State Transport University (OSTU),
Chair «Telecommunication, Radio Engineering Systems and Networks»,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: avdeeva_kv@mail.ru

Elizarova Yulia Mikhailovna

Omsk State Transport University (OSTU),
Chair «Information Security»,

кафедра «Информационная безопасность»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: yuel@yandex.ru
Чертолысова Наталья Александровна
Омский государственный университет путей
сообщения (ОмГУПС),
кафедра «Телекоммуникационные,
радиотехнические системы и сети»,
студент,
e-mail: nataliachertolysova@yandex.ru

Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: yuel@yandex.ru
Chertolysova Natalia Alexandrovna
Omsk State Transport University (OSTU),
Chair «Telecommunication, Radio Engineering
Systems and Networks»,
Student,
e-mail: nataliachertolysova@yandex.ru