

*Слептерева Надежда Константиновна*

канд. техн. наук, преподаватель

*Авдеева Ксения Васильевна*

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Омский государственный  
университет путей сообщения»

г. Омск, Омская область

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАБЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ПОЛИМЕРНОМ ИЗОЛИРУЮЩЕМ ПОКРЫТИИ**

*Аннотация:* в статье рассматривается проблема подверженности коррозионному разрушению при повреждении полимерного изолирующего покрытия оболочки алюминиевого кабеля, особенно быстро протекающему при параллельном сближении с электрифицированной железной дорогой. Поэтому выбор аппаратуры поиска мест повреждения кабеля, особенно в условиях работы источников мощных электромагнитных полей, является актуальной задачей.

*Ключевые слова:* кабель электроснабжения, коррозия, блуждающие токи, тяговая подстанция.

В настоящее время все большее применение на сети железных дорог находят кабели электроснабжения с алюминиевыми жилами и оболочкой. На мировом рынке с 2007 по 2013 года производство кабелей с алюминиевой оболочкой и алюминиевыми жилами выросло с 1500 тыс. тонн до 2157 тыс. тонн, использование таких кабелей в этот же период выросло с 9608 млн долл. США до 11491 млн долл. США [3, с. 3]. Причинами применения алюминия для производства кабелей является его дешевизна, низкая плотность, высокая механическая прочность и удельная проводимость по сравнению, например, со свинцом. Однако алюминиевые элементы кабеля, проложенного в грунте, подвержены коррозии блуждающими токами и почвенной коррозии, поэтому для алюминиевых

кабелей применяют защитное полимерное покрытие. В случае повреждения изолирующего покрытия токоведущей жилы кабелей без металлических покровов или оболочки кабель быстро выходит из строя по причине коррозии. В месте повреждения изоляции кабеля между токоведущей жилой или металлической оболочкой и землей может возникать значительная разность потенциалов. Процесс коррозии значительно ускоряется, если трасса кабелей электроснабжения проходит в зоне распространения блуждающих токов электрифицированного железнодорожного транспорта. Примеры повреждений металлических элементов кабеля вследствие процесса коррозии приведены на рисунке 1.



Рис. 1. Коррозионное повреждение алюминиевой оболочки (а) и токоведущей жилы (б) кабеля

Электрохимическими методами защиты возможно предотвратить развитие коррозионного разрушения, но при этом необходимо обеспечить поддержание защитного потенциала в пределах от минус 0,85 В до минус 1,38 В по всей длине кабеля [2, с. 17]. Однако, с одной стороны, для поддержания защитного потенциала требуются дополнительные затраты, с другой – очень сложно, а иногда практически невозможно обеспечить одинаковое значение потенциала по всей длине кабеля.

Изменение потенциала оболочки кабеля (рисунок 2) соответствует непрерывному случайному процессу с нормальным законом распределения [5, с. 52].

Для такого процесса количество переходов уровня  $A$  ( $-0,85$  В) за интервал времени  $T$  определяется следующим выражением:

$$N(A, T) = \frac{T}{2\pi} \sqrt{-R_0''} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{A-m}{\sigma} \right)^2}, \quad (1)$$

где  $R_0$  – функция корреляции,  $-R_0'' = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \int_{-\infty}^{\infty} \omega^2 S(\omega) d\omega \geq 0$ ;

$m$  – математическое ожидание;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

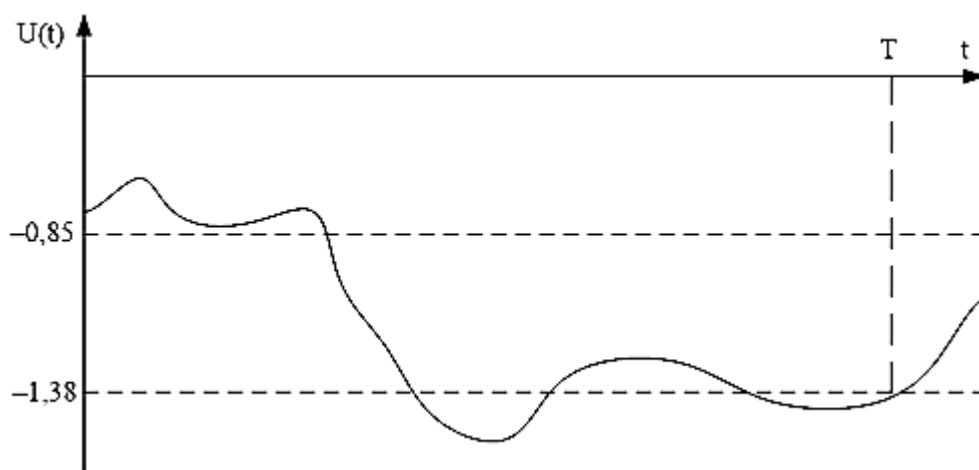


Рис. 2. Изменение потенциала оболочки кабеля относительно земли

Поэтому при эксплуатации экономически более целесообразным является оперативное нахождение и устранение места повреждения кабеля.

Определение места повреждения кабеля осуществляется с помощью дистанционных и топографических методов [1, с. 8]. На протяженных кабельных линиях использовать один метод нецелесообразно. Например, отказ от дистанционных методов приведет к значительному увеличению временных и трудовых затрат. В тоже время, на коротких кабельных линиях, в пределах нескольких километров, целесообразно использовать только топографические методы. Погрешность дистанционных методов составляет не менее 1–2%. Так, если расстояние до повреждения кабельной линии – 5000 метров, погрешность составит от 50 до 100 метров, при этом, чем больше расстояние от точки измерения до места повреждения, тем выше становится погрешность определения ориентировочного места повреждения кабеля.

С помощью топографических методов определяют точное место повреждения непосредственно на трассе кабельной линии. Погрешность таких методов составляет около двух метров. Однако, существующие методы поиска мест повреждения в некоторых случаях не обеспечивают достаточную точность из-за различного рода помех. Так, на территории тяговой подстанции могут присутствовать как электромагнитные поля постоянного, так и переменного тока значительной величины. Для выбора аппаратуры поиска места повреждения кабеля необходимо учитывать спектральный состав помех при разных видах электропитания. При электропитании постоянного тока на частотах меньше 50 Гц и выше 950 Гц значения помех не превышают 5 мА/м, в среднем около 3 мА/м, что делает эти диапазоны наиболее помехозащищенными, на частотах 50 и 300 Гц достигают 1,5–2 А/м. Большое значение на возникновение электромагнитных помех оказывают влияние токов, протекающих в ЛЭП и выпрямительном оборудовании [4, с. 69].

При электропитании переменного тока напряженность магнитного поля помехи на частоте 50 Гц достигает 6,5–7 А/м. Наибольший вклад в амплитуды помех вносит составляющая  $H_z$ , тогда как составляющие  $H_x$  и  $H_y$  могут и вычитаться в соответствии с принципом суперпозиции.

Таким образом, в условиях действия электрифицированной железной дороги и ЛЭП необходимым требованием для оперативного и точного определения мест повреждения кабеля электропитания является применение помехоустойчивой аппаратуры.

Для поиска места повреждения кабеля предложена методика с применением амплитудно-модулируемого сигнала, реализующая бесконтактный метод. Методика предполагает использование генераторной и приемной частей. Амплитудно-модулированный сигнал, вырабатываемый генератором, подается в цепь «оболочка – земля» и создает на поверхности земли электромагнитное поле. Распространяющийся амплитудно-модулированный сигнал по оболочке кабеля стекает через пониженное сопротивление в месте повреждения изолирующего по-

крытия. Приемная часть служит для регистрации электромагнитного поля и выявления фазового сдвига между несущей и модулирующей сигнала, который происходит в месте повреждения кабеля. О повреждении изоляции кабеля судят по приращению разности фаз между сигналами, которое происходит в месте повреждения изоляции кабеля.

Преимуществом данной методики является ее помехоустойчивость и, кроме того, отсутствие необходимости синхронизации генераторной и приемной частей, что позволяет определить точное место повреждения кабеля электроснабжения в условиях действия мощных электромагнитных полей.

### *Список литературы*

1. Дементьев В.С. Как определить место повреждения в силовом кабеле / В.С. Дементьев. – М.: Госэнергоиздат, 1960. – 48 с.

2. Кандаев В.А. Совершенствование эксплуатационного контроля коррозионного состояния подземных сооружений систем электроснабжения железнодорожного транспорта: Монография / В.А. Кандаев. – Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения, 2003 – 198 с.

3. Мещанов Г.И. Состояние и тенденция развития низковольтных кабелей и проводов / Г.И. Мещанов // Кабели и провода. – 2014. – №2 (345). – С. 3–7.

4. Сырецкая А.О. Экспериментальные исследования электромагнитных помех на тяговых подстанциях / А.О. Сырецкая, Н.К. Слептерева, К.С. Зуб – Известия Транссиба. – 2013. – №1 (13). – С. 64–69.

5. Тихонов В.И. Выбросы случайных процессов / В.И. Тихонов. – М.: Наука, 1970. – 392 с.