

ВОЗМОЖНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ИЗОЛЯЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРИТЕЛЯ ЁМКОСТИ САР-10

А.В. Рюмкин, Г.В. Вавилова

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Вавилова Г.В., старший преподаватель кафедры физических методов и приборов контроля качества, НИ ТПУ

Для обеспечения качества кабельных изделий необходимо осуществлять технологический контроль ёмкости провода

Для технологического контроля ёмкости используется прибор САР-10, в основу которого заложен электроёмкостной метод, позволяющий по значению тока и напряжению в электрической цепи измерительного электрода, определять ёмкость участка провода, находящегося в зоне измерения [1].

Так как измеритель ёмкости САР-10 фиксирует даже незначительное изменение ёмкости, то резкое изменение ёмкости, соответствующее наличию дефекта, не может остаться незамеченным для этого прибора.

Для проверки эффективности использования измерителя ёмкости для обнаружения дефектов изоляции было проведено исследование, для которого использовались образцы провода с искусственно созданными дефектами.

Для исследования использовался образец одножильного провода диаметром изоляции 1,5 мм, длиной 1 м и действительным значением погонной ёмкости до нанесения дефекта $C = 150$ пФ/м. Действительное значение погонной ёмкости определено по методике, рекомендуемой ГОСТ 27893-88 «Кабели связи. Методы испытаний» [2]. Дефекты изоляции формировались искусственным образом на отрезке бездефектного образца провода. Таким образом, был получен набор образцов провода со сквозным дефектом,

На рис. 1 показана реакция САР-10 на попадание в зону измерения дефекта.

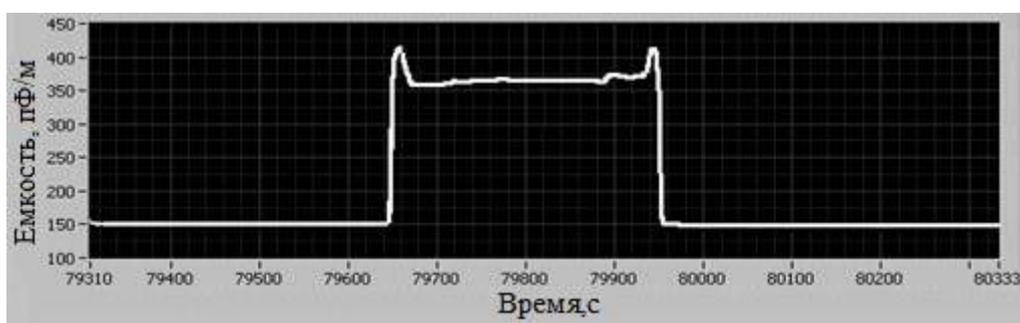


Рис. 1. Сдир изоляции по всему диаметру провода

Анализ результатов показывает, что измеритель ёмкости САР-10 способен обнаруживать дефекты указанного вида. Более детальное исследование было проведено со сдиром изоляции. Для этого использовались образцы провода со сдиром изоляции с разными размерами от 0 до 10 мм. Полученные значения ёмкостей представлены на рис. 2.

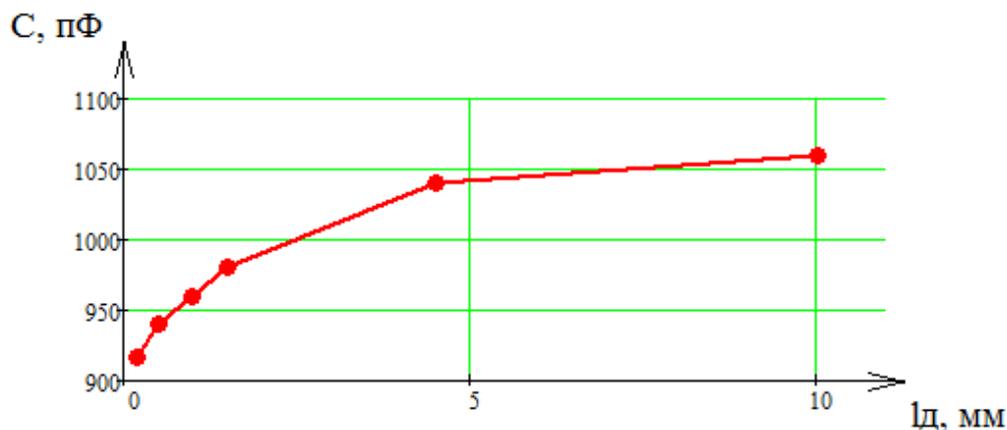


Рис. 2. Зависимость ёмкости образца провода от длины дефекта

Как видно из рис. 2, САР-10 способен инициализировать дефекты разных размеров. С увеличением длины дефекта чувствительность падает.

Для того, чтобы проверить, насколько правильно измеритель ёмкости определяет погонную ёмкость провода с дефектом, в программе «Mathcad» была создана математическая модель бездефектной части провода и провода с дефектом. Для создания математической модели будем использовать геометрические размеры реального образца провода. В качестве дефекта используем сдир изоляции по всему диаметру, длиной 0,2 мм.

Известно, что образец провода представляет собой двухслойный конденсатор, состоящий из жилы, оплетки и изоляции.

Ёмкость бездефектного образца провода рассчитывается по формуле:

$$\frac{1}{C_{\text{бд}}} = \frac{\ln(D/d)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot l} + \frac{\ln(dl/d)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0 \cdot l} ; C_{\text{бд}} = 149,1 \text{ пФ},$$

где l – длина кабеля, м; d , dl , D – диаметры проводящей жилы, оплетки и изоляции соответственно, мм; ε_0 – электрическая постоянная, равная $8,86 \cdot 10^{-12}$, Ф/м; ρ – удельное сопротивление, Ом/м; ε – относительная диэлектрическая проницаемость материала изоляции; l_1 , l_2 – длина первого и второго участка, м (рис. 3).

Модель провода с дефектом представлен на рис. 3. Условно провод можно представить как три параллельно соединённых конденсатора.

Провод с дефектом можно разделить на три участка, один из которых будет представлен как участок с дефектом.

Для провода с дефектом:

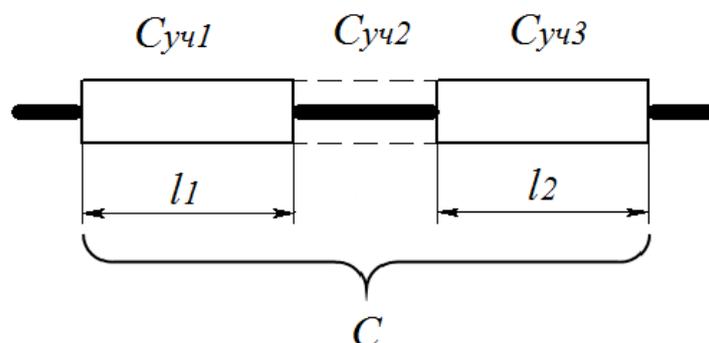


Рис. 3. Схематичное изображение провода с дефектом

$$\frac{1}{C_{\text{уч1}}} = \frac{\ln(D/d)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot l_1} + \frac{\ln(d1/d)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0 \cdot l1}; C_{\text{уч1}} = 75,33 \text{ пФ};$$

$$C_{\text{уч2}} = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \frac{d}{2} = 215,3 \text{ пФ}; \frac{1}{C_{\text{уч3}}} = \frac{\ln(D/d)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_0 \cdot l2} + \frac{\ln(d1/d)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0 \cdot l2};$$

$$C_{\text{уч3}} = 73,50 \text{ пФ}.$$

В итоге, суммарная ёмкость образца провода с дефектом равна:

$$C = C_{\text{уч1}} + C_{\text{уч2}} + C_{\text{уч3}} = 364,13 \text{ пФ}.$$

Рассчитанная ёмкость приблизительно равна полученной в эксперименте, представленной на рис. 1.

Вывод. Анализ представленных результатов показал принципиальную возможность измерителя ёмкости САР-10 для обнаружения локальных дефектов – сдир изоляции на участке и по всему диаметру провода, утолщение изоляции, точечный прокол. Математические расчеты подтверждают экспериментальные исследования, что говорит о том, что измеритель ёмкости можно использовать для обнаружения локальных дефектов изоляции при технологическом контроле кабельных изделий.

Список информационных источников

1. Гольдштейн А.Е., Вавилова Г.В. Измеритель погонной емкости одножильного провода для технологического контроля // Ползуновский вестник. – 2015. – № 3. – С. 38–42.
2. ГОСТ 27893-88 (СТ СЭВ 1101–87). Кабели связи. Методы испытаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meganorm.ru/Index/11/11797.htm> 23.09.2016.