

РАЗРУШАЮЩИЕ И НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6–10 кВ

Ф. В. Стелькин

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Научный руководитель М. А. Короткевич

В настоящее время бесперебойная работа систем электроснабжения промышленных предприятий, транспорта, сельского, коммунального и других отраслей хозяйства напрямую зависит от надежной работы силовых кабельных линий различных классов напряжения. В Республике Беларусь силовые кабели на номинальное напряжение 6–10 кВ имеют следующее исполнение: с пропитанной бумажной изоляцией (наиболее массовый вид продукции); с пластмассовой изоляцией; с резиновой изоляцией. В процессе эксплуатации силовые кабельные линии (КЛ) подвергаются: комплексному воздействию электрического и теплового полей; увлажнению изоляции; механическому старению [3].

Оценка состояния изоляции кабельных линий является основой для принятия решений по продолжению эксплуатации, ремонта или замены кабельных линий. Для определения состояния изоляции силовых кабелей в условиях эксплуатации применяются следующие методы диагностики: разрушающие (традиционные) и неразрушающие. Исходя из приведенных диагностик, основной целью является выбор оптимальной методики оценки, которая позволила бы определять состояние изоляции кабельных линий с достаточной точностью и информативностью. Рассмотрим более подробно каждый метод [2].

Разрушающие методы диагностики – это методы, основанные на испытании изоляции кабельных линий повышенным напряжением, позволяющие получить информацию о текущем состоянии изоляции кабельных линий, но не гарантируют последующую безаварийную работу.

К данным методам относятся: испытание повышенным выпрямленным напряжением, испытание повышенным напряжением промышленной частоты, испытание повышенным напряжением сверхнизкой частоты, испытание повышенным импульсным напряжением. При использовании приведенных методов изоляция кабельных линий подвергается пятикратному воздействию испытательного напряжения, относительно номинального напряжения сети, что в большинстве случаев ведет к сокращению срока службы.

Неразрушающие методы диагностики – это методы, основанные на периодическом измерении параметрических характеристик изоляции, они позволяют не только получать информацию о текущем состоянии изоляции кабелей, но и могут быть использованы для прогнозирования остаточного срока службы длительно эксплуатируемых кабелей. К неразрушающим методам относятся: метод измерения частичных разрядов, измерение диэлектрических потерь изоляции ($\text{tg } \varphi$), тепловизионный контроль, метод возвратного напряжения [3].

Важнейшей особенностью данных методов является менее губительное воздействие на изоляцию по сравнению с методами разрушающего контроля, а также повышение информативности контроля за счет непрерывного анализа данных различных электрических параметров изоляции кабельных линий. К примеру, методы возвратного напряжения и измерения тангенса угла диэлектрических потерь позволяют определить общее состояние изоляции и спрогнозировать остаточный ресурс кабельных линий.

Значение тангенса угла диэлектрических потерь определяются по формуле 1 [1]:

$$\text{tg } \varphi = \frac{I_R}{I_c}, \quad (1)$$

где I_R – активная составляющая полного тока, мА; I_c – реактивная составляющая полного тока, мА.

Согласно формуле (1) при увеличении активной составляющей тока значение угла возрастает за счет дополнительных потерь на ионизацию. Исходя из этого можно определить, что методом тангенса угла диэлектрических потерь возможно получить только общую оценку состояния изоляции кабельной линии, но сосредоточенных дефектных мест определить невозможно.

Метод измерения частичных разрядов – это метод, при котором искровой разряд очень малой мощности образуется внутри изоляции, или на ее поверхности, в оборудовании среднего и высокого напряжения. С течением времени периодически повторяющиеся частичные разряды разрушают изоляцию, приводя в конечном итоге к ее пробое. Обычно разрушение изоляции под действием частичных разрядов происходит в течение многих месяцев и даже лет. Регистрация частичных разрядов, оценка их мощности и интенсивности, а также локализация места их возникновения позволяет своевременно выявить развивающиеся повреждения изоляции и принять необходимые меры для их устранения. Распределение интенсивности частичных разрядов на участке кабельной линии представлено на рис. 1.

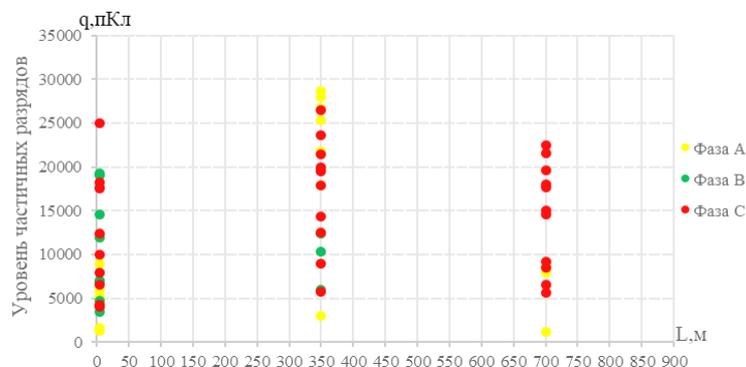


Рис. 1. Диаграмма частичных разрядов при диагностике кабеля

Анализируя диаграмму, приведенную на рис. 1, можно сформировать вывод: благодаря данной методике оценки состояния изоляции кабельной линии удалось более точно определить участки с дефектами. На расстоянии 2 м от протяженности кабельной линии замечается интенсивность частичных разрядов по всем трем фазам, но с большей величиной в фазе «С». Это свидетельствует о возможном появлении дефекта в концевой муфте кабельной линии. На расстояниях 350 и 700 м также можно увидеть частичные разряды. На этих участках возможны дефекты в самой изоляции, а также в соединительных муфтах, уточнение которых возможно по трассировке кабельной линии.

Наилучшим вариантом оценки состояния изоляции кабельной линии и его остаточного ресурса является получение суммарной информации при различных видах диагностики методом неразрушающего контроля, но с точки зрения эксплуатации самым оптимальным является метод частичных разрядов, позволяющий с достаточной точностью определить место дефекта и предпринять все соответствующие меры по его устранению.

Литература

1. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник / М. А. Короткевич. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск : Выш. шк., 2014. – 350 ил.
2. Леонов, В. М. Основы кабельной техники : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / В. М. Леонов. – 2006. – 432 с.
3. Хальясмаа, А. И. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций : учеб. пособие / А. И. Хальясмаа. – 2015. – 64 с.