

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Царевич Е.Н.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Фурсанов М.И.

Современные тенденции развития электроэнергетики направлены на достижение задач, наиболее рационального использования природных энергетических ресурсов, сохранение экологии, повышение надежности электроснабжения и качества электроэнергии, выполнение требований потребителей с неравномерным графиком нагрузки, энергоснабжения крупных мегаполисов и децентрализованной нагрузки и т.д.

Вышеперечисленные требования в большинстве развитых стран стали причиной модернизации электроэнергетики на базе инновационной организационно-технологической платформы Smart Grid. Модернизация должна обеспечить не только восстановление основных производственных фондов, но и обеспечение энергетической безопасности и экономической эффективности. Одной из наиболее важных задач решаемых инновационной системой Smart Grid является обеспечение надежности электроснабжения. Данная задача, как и инновационная система Smart Grid в целом, не может быть решена без разработки и внедрения технологического базиса, т.е. новых датчиков и методов контроля состояния электрооборудования [1,2].

Наиболее перспективным способом контроля состояния электрооборудования является неразрушающий контроль качества изоляции электрооборудования [6]. В число наиболее важного электрооборудования на промышленных предприятиях является высоковольтные силовые кабельные линии (КЛ). На сегодняшний день разработано множество датчиков и методов неразрушающего контроля состояния изоляции КЛ. Множество которых, ставит задачу определения наиболее подходящего метода и датчика или комбинации методов и датчиков неразрушающего контроля состояния изоляции. Ниже проведен анализ наиболее распространенных неразрушающих методов контроля состояния изоляции КЛ: • измерение сопротивления изоляции; • измерение диэлектрических потерь; • измерение частичных разрядов; • измерение емкости кабельных линий; • измерение коэффициента абсорбции; • тепловизионный метод; • рентгеновский метод; • измерение и анализ возвратного напряжения; • метод рефлектометрии (импульсный, высокочастотный).

Анализ методов контроля изоляции, должен основываться на физических процессах, происходящих в изоляции КЛ. Основные причины повреждений КЛ -дефекты изоляции, которые возникают в процессе изготовления, хранения, транспортировки, монтажа и эксплуатации. Дефекты можно разделить на распределенные (недостаточная толщина изоляции, увлажнение изоляции, внешнее загрязнение, коррозия и др.) и локальные (складки, трещины, вмятины, надрезы, газовые включения, вкрапления и др.). Такие дефекты в зависимости от физических свойств диэлектриков, рода тока, величины приложенного напряжения, условий эксплуатации и др. могут быть причинами двух основных видов пробоя изоляции: электрический пробой и тепловой пробой.

Для проведения анализа неразрушающих методов контроля укажем основные требования к методам: 1) безопасность проведения испытания для изоляции КЛ; 2) определение величины распределенного дефекта (дефектов); 3) определение величины локального дефекта (дефектов); 4) определение вида дефекта; 5) определение местонахождения дефекта в изоляции КЛ; 6) электробезопасность проведения испытания; 7) низкая стоимость аппаратуры контроля изоляции КЛ; 8) наименьшее время проведения испытания; 9) проведение испытания без отключения КЛ; 10) информативность полученных данных.

Таблица сравнения неразрушающих методов контроля изоляции показывает, что методы рефлектометрии наиболее полно отвечают сформулированным основным требованиям. Однако методы рефлектометрии имеют разные особенности, которые, способствуют или препятствуют выполнению основных требований.

В настоящее время метод импульсной рефлектометрии (МИР) разрабатывается для диагностики состояния КЛ [7]. Однако этот метод имеет свои недостатки. Применение МИР сталкивается с трудностью анализа полученных рефлектограмм из-за несовершенства измерительной аппаратуры, физических свойств КЛ и формы излучаемого импульса. Значительным недостатком этого метода является сложность анализа полученных рефлектограмм вследствие содержания высших гармоник в излучаемом зондирующем импульсе [8]. Содержание высших гармоник в зондирующем импульсе (нелинейность импульса) приводит к искажению отраженного импульса, что является следствием сливания отражений от неоднородностей волнового сопротивления изоляции КЛ. В некоторых случаях это явление делает невозможным отыскание высокоомных локальных и распределенных дефектов. Степень проявления этих недостатков, возможно, снизить за счет уменьшения длительности зондирующего импульса (треугольный импульс), однако при этом не удастся достичь требуемой амплитуды импульса для повышения чувствительности на больших длинах КЛ. Стоит отметить, что стоимость применяемого оборудования на сегодняшний день весьма значительна.

С целью повышения точности и чувствительности в современных приборах диагностического оборудования применяются различные зондирующие импульсы, которые можно разделить на простые, сложные и вейвлет импульсы. Применение всех типов импульсов не исключает ошибки измерений, связанных с неточным определением коэффициента укорочения. Кроме того, при реализации метода импульсной рефлектометрии для помехозащищенности требуется использование фильтров низких и высоких частот. Метод импульсной рефлектометрии реализован в серии приборов РЕЙС фирмы СТЕЛЛ (г. Брянск) для определения мест повреждений в КЛ (обрыв, короткое замыкание).

Из наблюдений за параметрами КЛ известно, что существует зависимость сопротивления изоляции, уровня частичных разрядов от температуры КЛ. Проведенный анализ практического применения системы мониторинга температуры изоляции КЛ [5] показал, что она является незаменимым источником информации для надежной эксплуатации КЛ. Система мониторинга температуры изоляции КЛ основывается на методе оптической рефлектометрии [10]. Система состоит из источника поляризованного света, оптоволокну, проложенного в пределах поперечного сечения силового кабеля или прикрепленного к силовому кабелю снаружи и приемника светового луча. Анализ спектра света отраженного от неоднородностей оптоволокну (обратное рассеивание) предоставляет информацию о температуре изоляции КЛ в любом месте линии с разрешением 1 метр и точностью 1 °С. Также, так как система измерения выполняется на основе сигналов, передающихся по оптическим волокнам, наличие электромагнитного воздействия для блока контроля системы не имеет значения.

Информация о температуре изоляции КЛ дает возможность адекватно оценивать тепловой режим работы КЛ и определять природу развивающегося дефекта изоляции (тепловая или электрическая), что в свою очередь дает незаменимую информацию для принятия решения о дальнейшей эксплуатации КЛ.

Литература

1. Кобец, Б.Б. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. / Б.Б. Кобец, И.О. Волкова. — М.: ИАЦ Энергия, 2010. — 208 с.
2. Кобец, Б.Б. Smart Grid как концепция инновационного развития электроэнергетики за рубежом / Б.Б. Кобец, И.О. Волкова, В.Р. Окорочков // Энергоэксперт, 2010. — №2. — С. 52 – 58.
3. Лебедев, Г.М. Математическое моделирование локальных дефектов изоляции силовых кабелей 6- 10 кВ / Г.М. Лебедев, Н.А. Бахтин, В.И. Брагинский. // Электричество, 1998. — №12. — С. 23 – 27.
4. Лебедев, Г.М. Определение дефектов изоляции кабельных линий высокочастотным методом контроля / Г.М. Лебедев, Н.А. Бахтин, В.И. Брагинский. // Электрика, 2003. — №7. — С. 37 – 40.
5. Беляков, В.В. Мониторинг силовых кабельных линий с адаптацией к условиям окружающей среды в режиме реального времени / В.В. Беляков, А.В. Малышев // Электро, 2008. — №5. — С. 38 – 40.

6. Привалов, И.Н. Современные методы и технические средства для испытаний и диагностики силовых кабельных линий номинальным напряжением до 35 кВ включительно // Петербургский энергетический ин-т повышения квал. руков. работ. и мпец. (ПЭИПК). – СПб., – 2008. – 104 с.
7. Гильманов, Э.А. Повышение эффективности эксплуатации кабельных линий электропередачи на основе диагностики методом импульсной: Автореф. дис. канд. ... техн. наук: 05.12.13, 05.11.16 // Уфимский гос. авиационный технич. университет. Уфа, 2009. – 17 с.
8. Лебедев, Г.М. Повышение эффективности эксплуатации кабельных линий 6-10 кВ в системах электроснабжения на основе неразрушающей диагностики: дис. ... докт. техн. наук: 05.09.03. / Московский энергетический институт. (Технический университет). Защищена 19.10.2007. – М., 2007.- 408 с.
9. Diagnostic Testing of Underground Cable System / R. Hartlein [и др.]. – Georgia Tech Research Corporation, 2010. – 323 с.
10. SENSORTRAN: Technology: DTS Basics. URL: http://www.sensortran.com/technology_dtsbasics.php (дата обращения: 29.05.2012)