

621.315.6.001

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Я.В. Мироненко

Владимирский Государственный Университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых
600000, г. Владимир, ул. Горького, 87
E-mail: yaroslav.mironenko@inbox.ru

В.А. Шахнин

Владимирский Государственный Университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых
600000, г. Владимир, ул. Горького, 87
E-mail: yaroslav.mironenko@inbox.ru

Ключевые слова: диагностика энергетического оборудования, экспертные системы, автоматизированные системы, мониторинг частичных разрядов.

Аннотация: в вопросах управления энергетическим хозяйством актуальной является оперативная оценка технического состояния используемого оборудования. Данная задача может быть решена посредством создания автоматизированных диагностических систем. В докладе описываются преимущества такой системы, рассматриваются необходимые компоненты структуры, оцениваются различные виды диагностики с точки зрения возможности их автоматизации и использования в экспертных системах, приводится перечень характеристик ЧР, которые могут быть использованы в диагностических целях.

Управление энергетическим хозяйством подразумевает в рамках управления материальными ресурсами помимо прочего оценку необходимости замены/ремонта используемого оборудования.

В отношении электроэнергетической отрасли Российской Федерации справедливы следующие утверждения, характеризующие существующие процессы управления:

- степень износа основных средств превышает 50% [1-3];
- основная причина аварий – старение изоляции используемого оборудования [4-5];
- доминирует политика планово-предупредительных ремонтов, которая в свою очередь постепенно переходит в риск ориентированное управление активами [7]
- на энергетических объектах практически отсутствуют средства диагностики оборудования в онлайн-режиме без снятия напряжения;
- существующие регламенты и стандарты предприятий не предусматривают установку средств диагностического мониторинга;
- оценка состояния определяется путем дополнительных исследований и тестов экспертными организациями практически без использования компьютерных интеллектуальных систем;
- в отрасли наблюдается тренд на цифровизацию и автоматизацию производственных и вспомогательных процессов [6,8,9]

Одним из способов повышения надежности электроснабжения и эффективности управления энергетическим хозяйством в описываемых условиях является применение

автоматизированных диагностических систем с интеллектуальным экспертным модулем для оценки реального состояния изоляции оборудования.

Использование таких систем позволит:

- получать информацию о состоянии объекта исследования (т.е. изоляции какого-либо оборудования) в режиме on-line на основе оперативной экспертной оценки;
- составлять графики замены / ремонта оборудования на основании реальных данных о состоянии оборудования;
- уменьшить число дополнительных программ по диагностике оборудования, требующих его отключение и выведение из работы

Интеграция с существующими АСУ ТП энергетических объектов также повысит эффективность работы обеих систем, а с точки зрения диагностики позволит:

- определить технологические операции наибольшим образом влияющие на разрушение изоляции и составить группу риска оборудования в зависимости частоты данных операций;
- определить зависимость скорости процессов старения изоляции от режима функционирования оборудования.

Структура рассматриваемой диагностической системы должна включать: информационно-измерительный уровень, информационно-вычислительный уровень, экспертное ядро и каналы связи между ними. Информационно-измерительный уровень должен включать в себя первичные датчики и преобразователи данных – измерительные приборы.

Задачи автоматизации диагностики в электроэнергетической системе Российской Федерации выдвигают следующие требования к измерительным приборам:

- возможность проведения измерений в режиме on-line без снятия напряжения;
- обязательная сертификация в Российской Федерации;
- возможность снижения уровня помех непосредственно на информационно-измерительном уровне на энергообъекте;
- использование стандартных программных и физических протоколов для проведения опроса со стороны стороннего программно-технического комплекса;
- возможность обмена данными между оборудованием/встроенным программным обеспечением и системой посредством стандартных отчетных макетов (например, xml).

Эффективной выглядит идея применения нескольких измерительных приборов на одном объекте, ориентированных на различные виды диагностики для максимального повышения объективности исследования.

Среди используемых на сегодняшний день видов диагностики изоляции высоковольтного энергетического оборудования наиболее перспективным для задач автоматизированного получения данных представляется мониторинг частичных разрядов.

Преимуществами данного диагностического подхода в разрезе рассматриваемых целей являются:

- возможность использования нескольких типов мониторинга: электрический, акустический, электромагнитный;
- возможность проведения мониторинга в режиме on-line без снятия напряжения;
- применимость ко всем типам изоляции, используемым в энергетическом хозяйстве Российской Федерации;
- получение выходных данных для работы экспертной системы в символьном табличном виде.

Недостатками данного типа диагностики являются:

- относительно небольшое количество апробированных методик обработки данных, полученных в результате диагностики;

- практически полное отсутствие утвержденных стандартов, регламентов;
- существенное влияние помех на результаты измерений.

При рассмотрении других типов диагностики можно сделать следующие выводы, не позволяющие использовать их в качестве источников данных для автоматизированных систем:

- отсутствие возможности автоматизации анализа (хроматографического, химического) трансформаторного масла. Использование данного типа диагностики только для одной масляной изоляции;
- сложность использования данных телевизионного контроля в качестве входных данных экспертной программы;
- невозможность использования в on-line режим диагностических данных полученных во время испытаний оборудования.

При этом все вышеперечисленные виды диагностики могут использоваться как дополнительные источники диагностических данных и заноситься в систему в ручном или полуавтоматическом режиме.

Следующие виды мониторинга ЧР могут быть достаточно просто автоматизированы:

- электрический метод обнаружения и измерения характеристик ЧР;
- электромагнитный метод;
- акустический мониторинг.

Стоит отметить, что для каждого вида мониторинга ЧР необходимо разработать или использовать существующую методику снижения уровня помех.

Данные химического и телевизионного мониторинга ЧР в данном случае не могут передаваться в систему автоматизированным способом.

Следующие характеристики ЧР [10] могут быть получены соответствующими измерительными приборами на рабочем напряжении и переданы на диагностический анализ:

- кажущийся заряд;
- регулярность возникновения ЧР;
- частота повторения и следования импульсов;
- распределение числа импульсов по фазе воздействующего напряжения;
- распределение ЧР по объему объекта.

Также на основе этих данных могут быть получены следующие характеристики ЧР:

- средний ток;
- мощность ЧР;
- квадратичный параметр (сумма квадратов абсолютных значений кажущихся зарядов за интервал времени, разделенная на значение данного интервала времени)
- данные распределения характеристик ЧР по времени и между собой;
- данные кластерного анализа характеристик ЧР;
- интерполяционные данные о линии тренда измеренных и рассчитанных значений характеристик ЧР за выбранное число исследований.

При проектировании каналов связи от измерительного оборудования до сервера информационно-вычислительного уровня системы необходимо учитывать возможность организации опроса только по протоколу получения мгновенных значений, что накладывает дополнительные требования в части задержки сигнала и пропускной способности линии.

Требования к информационно-вычислительному уровню определяются функциональным набором системы. Обязательным является наличие сервера опроса измерительного оборудования, вычислительного и экспертного ядра, которые могут представ-

лять собой, как один программно-технический комплекс, так и группу отдельных объектов

Список литературы

1. Федяков И.В. Электроэнергетика: износ оборудования как системная проблема отрасли // Академия Энергетики. 2013. № 1. 2013. С. 4-9
2. <https://rg.ru/2011/07/05/iznos.html>
3. <https://regnum.ru/news/2348996.html>
4. Годовой отчет ПАО «Россети» за 2014 год: http://www.rustocks.com/put.phtml/MRKH_2014_RUS.pdf
5. Годовой отчет ПАО «Россети» за 2013 год: http://www.rustocks.com/put.phtml/MRKH_2013_RUS.pdf
6. <https://minenergo.gov.ru/node/7965>
7. Положение ПАО «Россети»: О единой технической политике в электросетевом комплексе. <https://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/tehpolitika.pdf>
8. <https://tass.ru/ekonomika/4616043>
9. <http://www.nti2035.ru/media/publication/elektroenergetika-4-0-pereyti-na-tsifru>
10. Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностике высоковольтного оборудования. Новосибирск: Наука, 2007. 356 с.