

УДК 65.011.56

МОНИТОРИНГ И РЕМОНТ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

^{1,2}Хисматуллин А.С., ²Вахитов А.Х., ²Феоктистов А.А.

¹Государственное автономное научное учреждение «Институт прикладных исследований Республики Башкортостан», Стерлитамак, e-mail: hism5az@mail.ru;

²Филиал «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Салават

Одной из важнейших задач современных промышленных предприятий является поддержание в работоспособном состоянии силового маслонаполненного оборудования. Основу подобного оборудования составляют маслонаполненные трансформаторы. Повреждения силовых трансформаторов возникают в процессе эксплуатации, и их основной причиной является недостаточная эффективность принятой в настоящее время системы диагностики. Одним из перспективных методов оценки технического состояния силовых трансформаторов является спектральный метод, основанный на анализе взаимосвязи генерируемых двигателем электропривода параметров высших гармоник токов с техническим состоянием и режимами работы оборудования. Задача состоит в необходимости создания трансформаторов, обеспечивающих экологическую и пожарную безопасность. Короткое замыкание, потери, возникающие в трансформаторе при нормальной работе, приводят к физическому и химическому разложению масла. Разложение трансформаторного масла в свою очередь влечет за собой образование рабочего объема растворенных газов в масле. Поэтому для мониторинга необходимы стационарные установки для контроля и анализа растворенных газов в масле.

Ключевые слова: трансформатор, диагностика, техническое обслуживание, ремонт

MONITORING AND REPAIR OF INDUSTRIAL POWER TRANSFORMERS TECHNICAL CONDITION

^{1,2}Khismatullin A.S., ²Vakhitov A.Kh., ²Feoktistov A.A.

¹The State Independent Scientific Institution «Institute of applied researches of Republic Bashkortostan», Sterlitamak, e-mail: hism5az@mail.ru;

²Ufa State Petroleum Technological University, Branch, Salavat

One of the most important tasks of modern industry is to maintain operable force oil-filled equipment. The basis of such equipment make up the oil-filled transformers. Damage to power transformers arise during the operation and the main reason is the lack of efficiency of currently accepted diagnostic system. One of the promising methods to assess the technical condition of the power transformers is a spectral method based on the analysis of the relationship generated motor drive parameter of higher harmonic currents of the technical condition and operation of the equipment. The challenge is the need for a transformer to ensure that environmental and fire safety. Short circuit losses occurring in the transformer during normal operation, lead to physical and chemical degradation of oil. Decomposition of transformer oil, in turn, entails the formation of a working volume of gas dissolved in oil. Therefore, necessary for monitoring systems for stationary control and analysis of the dissolved gases in the oil.

Keywords: transformer, diagnostics, maintenance, repair

Современное предприятие нефтегазового комплекса представляет сложную техническую систему опасных производственных объектов, одним из элементов которой являются пожароопасные силовые масляные трансформаторы, техническое состояние которых влияет на непрерывность и безопасность технологических процессов. Мониторинг оборудования является лишь одной из ряда технических задач, в которых для диагностики используются измерения и анализ вибрации машины и оборудования. Такого рода задачи можно разделить на семь основных групп:

- вибрационный мониторинг машин и оборудования;
- вибрационная диагностика;
- балансировка роторов по вибрации;
- обнаружение источников вибрации (шума);
- обнаружение источников акустической эмиссии;

- вибрационный модальный анализ;
- ультразвуковая дефектоскопия.

Основным методом вибрационного мониторинга считается наблюдение за изменением энергетических параметров вибрации машины и, прежде всего, мощности (уровня) отдельных компонент вибрации.

В настоящее время активно развиваются два основных направления вибрационного мониторинга оборудования:

1) минимизация числа точек контроля вибрации и интервалов между измерениями в первую очередь за счет использования стационарных систем мониторинга непрерывного действия;

2) максимизация интервалов между измерениями за счет контроля вибрации во многих точках, в том числе на каждом узле оборудования, являющемся источником вибрации. В результате роста этих интервалов появляется возможность использования

переносной аппаратуры для измерения и анализа вибрации.

В структуру простейшей переносной системы глубокой диагностики вращающегося оборудования входит (рисунок):

- датчик вибрации;
- устройство для анализа сигнала вибрации;
- компьютер и программное обеспечение для диагностики узлов этого оборудования.

Основным требованием, предъявляемым к датчику вибрации, является возможность измерения высокочастотных и низкочастотных составляющих виброускорения. Устройство для анализа вибрации должно обеспечивать узкополосный спектральный анализ как самого сигнала вибрации, так и огибающей его высокочастотных составляющих, предварительно выделенных из сигнала полосовым фильтром.

стию вращающихся частей но, тем не менее неисправности и аварии для них не являются редкостью и оказывают большое влияние на надёжность работы энергосистемы. Старение и износ основного электрооборудования ЭС и СЭС (~60%) вызваны наметившейся тенденцией к сокращению объёмов финансирования текущих и капитальных ремонтов, а также его реновации. Поэтому с помощью внешних и внутренних средств и мероприятий интенсивность и энергетические характеристики взаимодействия среды и силового электрооборудования электрических сетей должны быть сбалансированы до уровней их технологической, биологической и других видов стойкости к взаимным ЭМВ, то есть взаимной совместимости, когда их влияние друг на друга по энергетическим параметрам не превосходит границ совместного нормального функционирования.



Простейшая переносная система глубокой диагностики вращающегося оборудования

Наиболее массовыми электроустановками являются силовые трансформаторы (СТ), которые в процессе эксплуатации работают, как правило, в разнообразных условиях под воздействием электромагнитных, механических, тепловых и других стационарных и ударных нагрузок, во влажных, загрязнённых и агрессивных средах. Это приводит с течением времени к ухудшению электрических, механических, термических характеристик и других технико-экономических показателей. Поэтому силовые трансформаторы, хотя и являются в эксплуатации весьма надёжными аппаратами благодаря отсут-

Основная причина повреждения силовых трансформаторов в процессе эксплуатации – это недостаточная эффективность принятой в настоящее время системы диагностики. К основным методам диагностирования силовых трансформаторов относятся хроматографический, тепловизионный, вибрационный, электрический, радиоволновой, оптический, вихревой, акустический, метод частичных разрядов, которые в основном ориентированы на применение в системе планово-предупредительного обслуживания и испытаний оборудования.

В настоящее время известны следующие виды технического обслуживания силовых трансформаторов: по потребности после отказа, планово-предупредительная и по техническому состоянию. Выбор стратегии технического обслуживания должен выполняться на основании технико-экономического анализа, так как часто приобретение, установка и обслуживание средств диагностики обходится дороже, чем проведение обслуживания по графику. Поскольку данный подход не всегда может быть реализован, применение технического обслуживания по техническому состоянию должно быть обязательным в первую очередь для тех силовых трансформаторов, которые с точки зрения безопасной эксплуатации не могут быть допущены к эксплуатации до отказа, а по экономическим соображениям – к эксплуатации до выработки установленного межремонтного периода.

Техническое состояние трансформатора определяется не только путем сравнения результатов с нормируемыми значениями, но и по совокупности результатов всех проведенных испытаний, осмотров и данных эксплуатации. Полученные результаты во всех случаях должны быть сопоставлены с результатами измерений на однотипном оборудовании. Однако главным является сопоставление измеренных значений параметров трансформатора с их исходными значениями и оценка имеющих место различий по указанным в методике допустимым изменениям. Выход значений параметров за установленные границы (предельные значения) следует рассматривать как признак возникновения и развития повреждений (дефектов), которые могут привести к отказу оборудования.

В качестве исходных значений контролируемых характеристик при вводе в эксплуатацию нового трансформатора принимают значения, указанные в паспорте или протоколе заводских испытаний. При диагностике трансформаторов в процессе эксплуатации в качестве исходных принимаются значения параметров, определенные при вводе в эксплуатацию нового трансформатора. Качество проводимого ремонта оценивается сравнением результатов обследования после ремонта с данными при вводе в эксплуатацию нового трансформатора, принимаемыми в качестве исходных. После капитального или восстановительного ремонта, а также реконструкции, проведенных на специализированном ремонтном предприятии, в качестве исходных для контроля в процессе дальнейшей эксплуатации трансформатора принимаются значения, полученные по окончании ремонта (реконструкции).

Одним из важных этапов первоначального периода формирования службы диагностирования предприятия является обучение специалистов. Данный этап определяет стратегию развития заводской службы диагностирования, закладывая прочный фундамент эффективной работы ремонтных служб предприятия. К сожалению, в настоящее время этот вопрос не рассматривается надлежащим образом, предполагая достаточным обучение представителей предприятия измерению параметров вибрации или использованию приобретенного спектроанализатора механических колебаний. В результате ведется контроль технического состояния узкой группы энергетического оборудования, имеющего относительные высокие показатели безотказности, слабое влияние на технологический процесс (благодаря резервированию) и работающего в стационарном режиме. Оработанные методики диагностирования создают иллюзию возможности работы неквалифицированного персонала. Это приводит к сокращению числа контролируемых объектов, снижению эффективности работы служб диагностирования.

Главная цель диагностического контроля электрооборудования заключается в максимальном использовании фактического ресурса оборудования и предотвращении его аварийного отказа. Высоковольтные масляные трансформаторы общего назначения напряжением 6–110 кВ, именуемые во всем мире стандартные распределительные трансформаторы, составляют основу силового электрооборудования, применяемого в распределительных подстанциях.

Основными результатами диагностики являются:

1. Безопасность преобразования и распределения электроэнергии в энергосистеме существенно зависит от технического состояния распределительных трансформаторов.

2. Анализ результатов исследований по определению взаимосвязи технического состояния электрооборудования с диагностическими параметрами показывает, что для количественной оценки технического состояния.

3. Разработана методика технического обслуживания и ремонта силовых масляных трансформаторов распределительных подстанций по техническому состоянию, на основе существующих методов диагностики.

4. Для точной количественной оценки технического состояния силовых масляных трансформаторов распределительных подстанций предложено использовать спектральный анализ сигналов обмотки.

Заключение

Новые системы мониторинга и глубокой диагностики оборудования по вибрации дают возможность в кратчайшие сроки перейти на обслуживание и ремонт по фактическому состоянию как основного, так и вспомогательного оборудования, а также позволяют обнаруживать практически все виды дефектов на стадии зарождения, за много месяцев до аварии, и своевременно планировать сроки и объемы ремонта.

Список литературы

1. Баширов М.Г., Хисматуллин А.С., Салиева Л.М., Зайнакова И.Ф. Совершенствование хроматографического метода оценки технического состояния силовых масляных трансформаторов // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 10–2. – С. 233–237.
2. Салиева Л.М., Зайнакова И.Ф., Хуснутдинова И.Г., Баширов М.Г., Хисматуллин А.С. Хроматографический метод оценки технического состояния силовых и масляных трансформаторов // *Экологические системы и приборы*. – 2015. – № 12. – С. 35–42.
3. Филиппов А.И., Хисматуллин А.С., Минлибаев М.Р., Серебренников Н.П. Определение коэффициента трансцилляторного переноса при барботаже в жидкости // *Вестник Воронежского государственного технического университета*. – 2010. – Т. 6. – № 4. – С. 118–120.
4. Хисматуллин А.С. Теоретическое и экспериментальное исследование теплопереноса в жидкости с газовыми пузырьками: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Уфа, 2010.
5. Хисматуллин А.С., Минлибаев М.Р., Аллагулов А.И. Контроль и управление технологическими параметрами системы охлаждения масляного трансформатора // *Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: межвузовский сборник научных трудов / ответст. ред. В.А. Шабанов*. – 2014. – С. 121–123.
6. Хисматуллин А.С. Расчет теплового поля в силовых масляных трансформаторах с элегазовым охлаждением // *Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья*. – 2015. – № 2. – С. 23–30.
7. Хисматуллин А.С., Гареев И.М. Расчет трехмерного теплового поля в силовых масляных трансформаторах с элегазовым охлаждением // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 10–3. – С. 534–537.
8. Хисматуллин А.С., Вахитов А.Х., Феоктистов А.А. Методика технического обслуживания и ремонта промышленных силовых трансформаторов по техническому состоянию // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 2–2. – С. 308–314.
9. Хисматуллин А.С., Вахитов А.Х., Феоктистов А.А. Исследование теплопереноса в промышленных силовых трансформаторах с элегазовым охлаждением под воздействием вибрации // *Успехи современного естествознания*. – 2015. – № 12. – С. 173–176.
10. Хисматуллин А.С., Хисматуллин А.Г., Буланкин Е.И., Камалов А.Р. Математическое моделирование систем электроснабжения, обеспечивающих безотказную работу / *Современные наукоемкие технологии*. – 2016. – № 1–1. – С. 51–54.