

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ В ДИАГНОСТИКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

NEW POSSIBILITIES IN DIAGNOSTICS OF ELECTRICAL MACHINES

УДК 537.84

В.И. ЗАВИДЕЙс.н.с. ФГУП ВЭИ, ООО «Панатест» кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Москва

e-mail: zavidey@vei.ru

V.I. ZAVIDEY

Doctor of the science

Moscow

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

электродвигатели, системы контроля, диагностика

KEYWORDS:

electric motors, systems of control, diagnostics

Представлен анализ современных методов и средств диагностики технического состояния асинхронных и синхронных электродвигателей и рекомендации по выбору оптимальных систем контроля для применения на действующем и отключенном оборудовании. Показано что, основываясь на измерениях комплекса основных параметров, полученных одной системой контроля, обслуживание и ремонт электрических машин может, производятся по их техническому состоянию без плановых отключений, вскрытия и профилактических испытаний.

Is represented the analysis of contemporary methods and means of diagnostics of the technical state of asynchronous and synchronous electric motors and recommendation regarding the selection of the optimum systems of control for the application on operating and off equipment. It is shown that, being based on the measurements of the complex of the basic parameters, obtained by one system of control, maintenance and repair of electrical machines can, they are produced due to their technical state without planned turning offs, dissection and routine checks.

Асинхронные электрические двигатели широко применяются во многих отраслях народного хозяйства. Синхронным и асинхронным электроприводом потребляется более половины электроэнергии, производимой в мире. Однако их эффективному применению препятствует относительно высокая повреждаемость, ~25 % от общего количества установленных электродвигателей ежегодно. Это ведет к нарушению технологических процессов, повышенному браку продукции, дополнительным затратам на их восстановление и ремонт, а также на нормализацию технологического процесса. Непланные аварии, как правило, сопряжены со значительными экономическими издержками, особенно в ключевых отраслях производства (энергетика, нефтегазодобыча, транспорт и др.). Оперативное диагностирование технического состояния электродвигателей в рабочих режимах или кратковременных остановках призвано снизить ущерб от этих прецедентов за счет раннего обнаружения зарождающихся дефектов.

Системы и методы диагностики электрооборудования можно разделить на две основные группы. К первой группе относятся методы тестовой диагностики, требующие формирования искусственных возмущений, воздействующих на изучаемый объект: измерение сопротивления

изоляции, токов утечки, внутреннего сопротивления обмоток, тангенса угла диэлектрических потерь обмоток, и др. Вторая группа включает в себя методы оперативной диагностики, используемые для электрооборудования, являющегося источником естественных возмущений в процессе работы. Каждая группа в свою очередь делится на две других – это методы, позволяющие обнаружить неисправность электрооборудования в целом и методы, выявляющие конкретную неисправность или дефект. Тестовое диагностирование – основной вид выявления дефектов электрооборудования в отечественной энергетике. Им и определяется структура технического обслуживания и ремонта по регламенту. Подобный подход часто способствует появлению дефектов. Так, при проведении плановых ремонтов электрических машин, двигатель подвергается высоковольтным испытаниям, которые вызывают появление в обмотке частичные разряды и микродефекты, развивающихся в процессе работы электромашины. Каждое высоковольтное испытание увеличивает число дефектов и в конечном итоге приводит повреждению электрического двигателя.

Для перехода с обслуживания и ремонта по регламенту на ремонт и обслуживание по фактическому состоянию необходимо

применение методов диагностики не только относящихся к категории функциональных, но и позволяющих выявить дефект конкретной части электрооборудования.

Разработки и исследования последних лет за рубежом в части развития методов и средств контроля и анализа текущего технического состояния электродвигателей позволяет реализовать технологию обслуживания «по состоянию» актуальную для российской промышленности [1,2]. Основная задача заключается в том, что обслуживание и ремонт производятся в зависимости от реального текущего технического состояния электрических машин, контролируемых в процессе эксплуатации, без разборок основываясь на измерениях ряда основных параметров. При этом затраты на техническое обслуживание электрических машин многократно снижаются по сравнению с обслуживанием по системе планово-предупредительных ремонтов.

Среди электрических повреждений в электрических машинах наиболее часто повреждаются обмотки статоров ~37% и роторов ~9%, для диагностирования которых предложено ряд методов. Для диагностирования обмоток ротора короткозамкнутого асинхронного электродвигателя предложено использовать контроль пускового тока статора, в некоторых работах [3] оценка ►

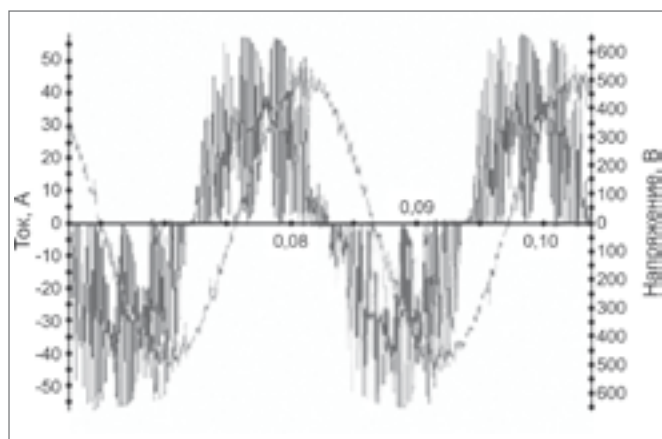


Рис.1. Осциллограмма напряжения и тока для некачественной цепи питания двигателя.

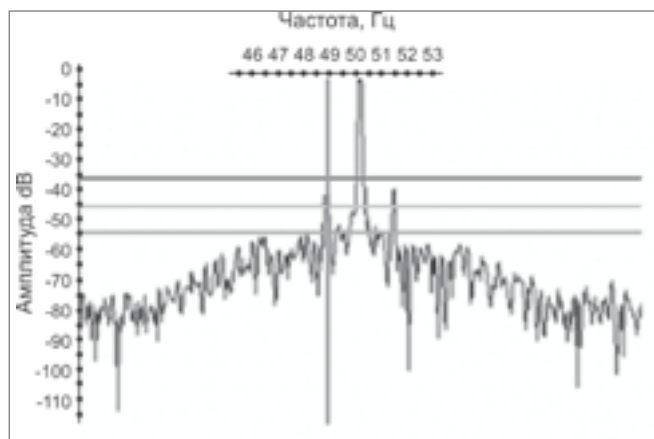


Рис.2. Данные гармонического анализа на работающем двигателе с дефектом обмотки ротора.

технического состояния обмоток электродвигателя осуществляется по величине гармонических составляющих тока статора. В работах [4,5] диагностирование стержней короткозамкнутого ротора асинхронных электродвигателей производится с использованием пульсаций обобщенного вектора тока статора на работающем двигателе. К недостаткам указанных методов можно отнести возможные ошибки в определении технического состояния при изменениях питающего напряжения и высокочастотных помех. Важную роль в обеспечении нормальной работы электродвигателей играет качество питания, уровень перенапряжений, наличие в сети высокочастотных гармоник тока и напряжения, небаланс фаз.

Согласно «Нормам испытаний ...» техническое состояние электродвигателей определяется измерениями сопротивления изоляции, сопротивлений обмоток постоянному и переменному току и результатами высоковольтных испытаний, на отключенном двигателе. На работающих электродвигателях проводится измерения токов статорных обмоток и вибрационный и тепловизионный контроль корпусных элементов, узлов присоединения и подшипников. Как видно, полный контроль параметров двигателя требует проведения значительного числа разнородных измерительных операций, измерительных приборов. Как правило, в полной мере подобные измерения оперативным персоналом не выполняются.

Анализ тенденций в области технической диагностики электродвигателей показывает, что определилось два направления их развития. К первому направлению относятся методы и средства, осуществляемые при проведении профилактических испытаний и ремонтов (т.е. на неработающих электродвигателях) и позволяющие выявлять электрические повреждения цепей и статорных обмоток. Ко второму направлению относятся методы, применяемые на работающих электродвигателях, и позволяющие судить о наличии дефектов определенного типа, например дефектов подшипников, изоляции статорной обмотки и др.

Целью и задачей данной работы является сопоставительный анализ развиваемых в последние годы интегрированных систем диагностики технического состояния электродвигателей.

Наиболее эффективными, представляются подходы, связанные с одновременным получением возможно более полной информации о наличии дефектов на отключенных двигателях (статические испытания) и в работе (динамические испытания). Корреляция статических и динамических данных испытаний дает возможность независимо оценить реальное техническое состояние двигателя различными методами и дать надежный прогноз его работоспособности.

Среди систем подобного назначения, в которых достигнута реализация этих возможностей, можно назвать «анализатор цепей двигателей» и «систему динамического анализа двигателей», производимых корпорацией PdMA. В данных приборах предусмотрено использование программного обеспечения, для анализа данных измерений и формирования базы обследуемых объектов, что позволяет получать временные тренды изменений параметров контроля. Технология и системы диагностики ориентированы на обнаружение наиболее повреждаемых элементов и узлов двигателей, а также качества питания сети или приводов.

Система позволяет провести оперативный анализ значимости дефектов и дать рекомендации на проведение ремонта или замены двигателя. Следует отметить, что оценка технического состояния проводится по параметрам, аналогичным принятым в «Нормах испытаний ...» и в соответствии с критериями стандартов США, установленным институтами EPRI (The Electric Power Research Institute USA) и IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)..

Контролю подвергаются следующие параметры и выявляются дефекты:

- качество электропитания сети или привода (перенапряжения, небаланс фаз, наличие высокочастотных гармоник и импульсных помех);
- активное сопротивление силовых элементов питания (сопротивление контактных и паяных соединений обмоток, выключатели, проводники, контакторы и др.);
- комплексное сопротивление обмотки, индуктивность, емкость (витковые замыкания витков);
- индекс поляризации изоляции обмотки статора (деградация изоляции);
- взаимная индуктивность статорной и

роторной обмотки (дефекты роторной обмотки - пайка стержней с кольцом, замыкания стержней и стали, статический и динамический эксцентриситет ротора);

Рассматриваемые в данной работе системы могут использоваться при контроле как синхронных, и асинхронных двигателей, так и двигателей постоянного тока, для этого система укомплектована специальными приспособлениями и устройствами. Помимо этого системы данного типа могут применяться и для контроля технического состояния силовых трансформаторов. Отличительной особенностью рассмотренных систем является проведение одним прибором комплекса измерений, автоматическое занесение данных контроля в базу данных, их анализ и прогноз рабочего состояния.

Для эффективной и надежной работы электродвигателя, подводимое к нему питание должно соответствовать определенным требованиям по наличию высокочастотных гармоник, перенапряжений и др. (рис.1).

Наличие высокочастотных гармоник в цепи питания приводит к дополнительному нагреву статорной обмотки и преждевременному ее старению. Для контроля этих параметров система определяет по трем фазам несимметрии напряжений и токов в, производит оценку баланса токов и напряжений по фазам и информацию о наличии высокочастотных гармоник электропитания. При отсутствии в питающем напряжении мощных импульсных помех при работе двигателя может быть определены дефекты паек роторной обмотки по гармонике нижней боковой частоты напряжения питания. Уровень гармоник нижней боковой частоты не должен превышать -35 dB от основной частоты питающей сети (рис.2).

На отключенном двигателе измеряются межфазные и активные сопротивления обмоток постоянному току, индуктивность, импеданс и угловая зависимость тока от частоты (измерения проводятся на повышенных частотах, до 1200 Гц) напряжения встроенного в прибор генератора питания (рис.3). Данные параметры необходимы для обнаружения и оценки наиболее опасных дефектов виткового замыкания обмотки статора, ротора, а также эксцентриситет ротора.

Угловая зависимость взаимной индукции обмотки статора с роторной обмоткой определяется при дискретном повороте вала через равные угловые интервалы. Это ►

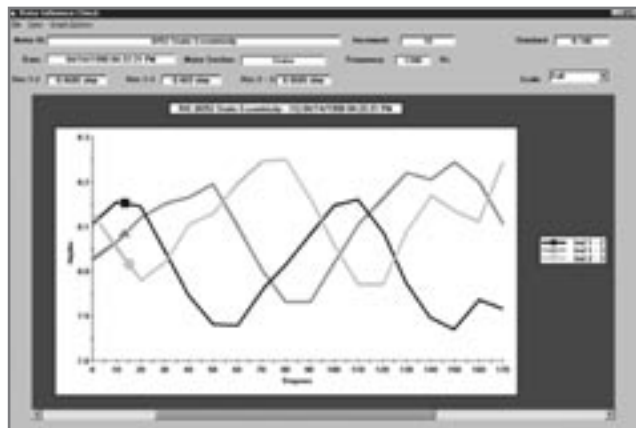
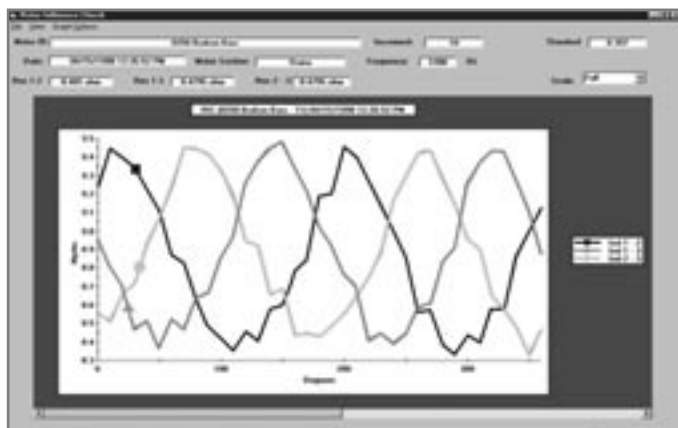


Рис.3. Данные гармонического анализа на отключенном двигателе с дефектом обмотки ротора (а - слева), характерная форма индуктивности при эксцентриситете ротора (б - справа).

дает возможность определить межвитковые замыкания статорной обмотки (рис.3а) или эксцентриситет вала ротора (рис.3б).

Данные измерений хранятся базе компьютера и дают возможность сопоставлять результаты измерений путем построения трендов основных параметров (рис.4).

Удобное программное обеспечение описанных систем контроля позволяет оперативно готовить протоколы и отчеты испытаний. Заключение о месте возникновения (обмотка статора или ротора) и виде возникшего дефекта (обрыв ветвей параллельной обмотки статора и стержневой обмотки короткозамкнутого ротора, витковое замыкание, нарушение контактов паяных соединений в обмотках статора и ротора) дается на основании анализа совокупности измерений.

Заложенные в системе возможности измерения угловой зависимости взаимоиндукции статорной и роторной обмоток на зондирующих частотах до 1200 Гц, с повышенной чувствительностью позволяют выявлять дефекты паек стержневой обмотки и дефекты механического характера. Технология анализа технического состояния двигателя и связанных с ними цепей по основным повреждающимся узлам представляется технически и экономически целесообразной, так как может быть проведена одним прибором и оператором.

ВЫВОДЫ

Применение комплексных систем диагностики электродвигателей позволяет реализовать технологию обслуживания

оборудования по фактическому состоянию и снизить издержки от аварийных отказов за счет раннего обнаружения дефектов и контроля их развития, своевременно планировать ремонт. Возможность удаленного контроля и автоматизации процесса измерений, дает возможность осуществлять систематический контроль значительного парка машин с низкими трудозатратами. Объективные данные о техническом состоянии сокращает число внеплановых остановов из-за преждевременного выхода из строя двигателя и позволяет своевременно планировать его ремонт или замену. ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Гашимов М.А., Гаджиев Г.А., Мирзоева С.М. Диагностирование неисправностей обмотки статора электрических машин // Электрические станции. - 1998. - № 11. - С. 30-35.
2. Гармаш В.С. Метод контроля исправности стержневой обмотки короткозамкнутого асинхронного двигателя // Энергетика. - 1990. - № 10. - С. 50-52.
3. Петухов В. Спектральный анализ модулей векторов Парка тока и напряжения. Новости электротехники. - 2008. - №1(49).
4. Лукьянов, М.М. Новые принципы виброакустической диагностики изношенного силового электрооборудования / Электрика. - № 2, 2001.
5. Еремеев, С.Н. Профилактическое обслуживание электродвигателей высоконагруженного технологического оборудования / Электрика. - № 3, 2001.

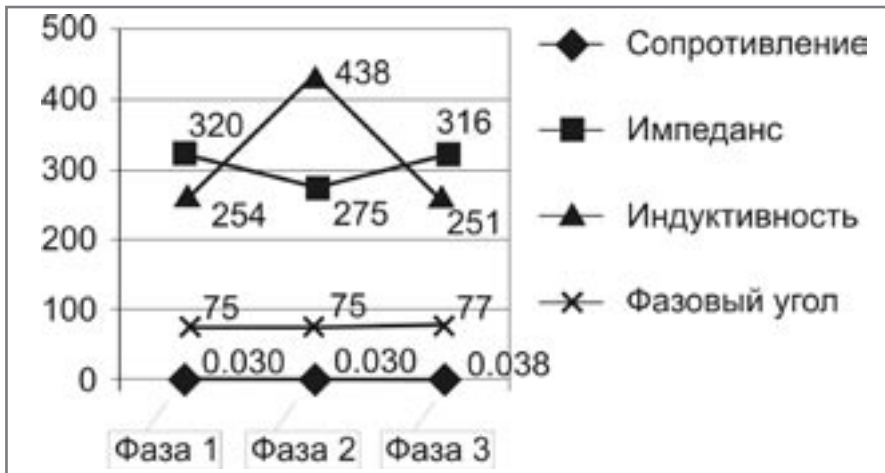


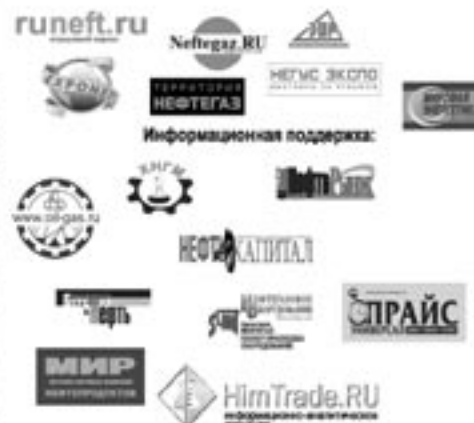
Рис.4. Сопоставительный анализ основных контролируемых параметров по трем фазам тренды



Выставка проводится при поддержке
Аппарата Президента Татарстана,
Министерства промышленности РТ,
Торгово-промышленной палаты РФ и РТ,
Академии наук РТ, ОАО «Татнефть»

ТАТАРСТАН, г. Нижнекамск
международная специализированная выставка
19-21 мая 2010
Нефтехимия. Нефтепереработка. Энергетика. Экология. Смазочные материалы

Генеральные информационные партнеры:



Выставочная Компания «Новое Тысячелетие»
423811, г. Набережные Челны, пр. Мира, 58
т./ф. (8552) 72-82-93, 38-17-25
e-mail: New-m@mail.ru
Подробная информация на сайте: www.nt-expo.ru