

3. Афанасов, А. М. Электромеханические принципы обеспечения взаимной нагрузки электрических машин постоянного тока [Текст] / А. М. Афанасов // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 27. – Д.: С. 42–46.

Балахонцев А.В., канд. техн. наук

(Національний горний університет, Дніпропетровськ, Україна)

КРИТЕРИИ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ. ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Около 10 лет на кафедре электропривода Национального горного университета ведутся исследования и экспериментальные работы по диагностике состояния электромеханических систем, косвенного определения параметров и координат электроприводов, определения энергоэффективности промышленных комплексов.

Нам бы хотелось поделиться практическим опытом диагностики электродвигателей и механизмов в промышленных условиях, предоставить рекомендации применения научных подходов и математических инструментов для диагностики состояния электромеханических систем.

Во-первых, практика свидетельствует о том, что причины неудовлетворительной работы агрегатов приблизительно поровну распределяются между электроприводом и механизмом. То есть, некорректная работа САР электропривода может привести к перегрузке двигателя и нарушениям работы механизма, и наоборот – неисправности механической части привода отражаются в токах и напряжениях электродвигателя, приводят к тепловому пробое или, например, разрушению его вала. Поэтому ключевым этапом диагностики является определение момента, который развивает двигатель и сравнение его с номинальным для механизма значением.

Электрический двигатель является достаточно простой системой в сравнении, например, с человеческим организмом. Тем не менее, задача диагностики всегда осложнена отсутствием данных о параметрах электродвигателя и невозможностью измерения некоторых сигналов. Промышленные механизмы с электроприводом постоянного тока, как правило, являются регулируемыми и содержат собственные датчики скорости. Момент двигателя постоянного тока может быть определен опосредствовано через ток якоря за известной формулой $k\Phi \cdot I_a$, и, таким образом, в распоряжении исследователя оказываются, фактически, все необходимые данные.

Ситуация осложняется в случае электропривода переменного тока. Ток короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя не может быть измерен. К тому же, в подавляющем большинстве случаев в таких системах, к сожалению, отсутствует даже место для установки датчика скорости. Косвенное определение скорости и момента асинхронных или синхронных двигателей (АД, СД)

требует данных о параметрах схемы замещения, для оценки которых необходимы специальные процедуры [1,2].

Поэтому надежным диагностическим критерием может быть спектр мгновенной мощности, потребляемой электродвигателем, который может быть измерен относительно несложно. Нами используется мобильный измерительно-диагностический комплекс, в состав которого входит ноутбук, АЦП (400 МГц), блоки гальванической развязки и датчики электрических величин с полосой пропускания порядка 10 кГц. Оптимальной частотой дискретизации при исследовании общепромышленных электроприводов является 5 кГц [3]. При такой частоте достаточно точно описываются динамические процессы в системе, и в то же время нет необходимости в применении цифровой фильтрации сигналов.

Традиций подход предусматривает, во-первых, разложение в ряд Фур'е фазных напряжений и токов и затем получение значений мощностей для каждой гармоники. Но такой подход не является адекватным в случае нелинейных систем, например, при исследовании систем с полупроводниковыми преобразователями. Например, в случае, когда потребление несинусоидного тока не приводит к искажению формы входного напряжения, все гармоники напряжения, кроме первой, равны нулю. Произведение любых гармоник тока на нулевые гармоники напряжения будет равняться нулю, следовательно, такой метод не отобразит реальную картину распределения мощностей. Поэтому необходимо, во-первых, получить сигнал мгновенной мощности

$$p = u \cdot i$$

где u , i - мгновенные значения тока и напряжения, и затем разложить полученный массив в ряд Фур'е.

Рассмотрим характерные составляющие спектра мгновенной мощности.

Постоянная составляющая спектра, или среднее значение этого сигнала отображает активную мощность, потребляемую из сети. Часть этой мощности является полезной (превращается в механическую), часть рассеивается в виде потерь. Их разделение – отдельная задача.

Ярким диагностическим признаком является гармоника мощности на оборотной частоте вала двигателя и кратные ей – полуторная, двойная и так далее. Их высокий уровень свидетельствует о проблемах в механической части электродвигателя и механизма – ослабление подшипников, эксцентриситет, небаланс масс, искривление вала, и др [4]. Они могут также быть обусловленными спецификой механизма.

На рис. 1 показан спектр сигнала мгновенной мощности, потребляемой приводным двигателем плунжерного насоса высокого давления (синхронный двигатель СДН 16-41-16, 1000 кВт, 6 кВ, 375 об/мин).

Анализ спектра мощности показал, что на оборотной, полуторной и тройной оборотной частоте циркулирует около 70 кВт. На этом агрегате случались частые поломки валов приводных двигателей. Спектральный анализ мощности подтвердил причину выхода двигателей из строя, позволил обосновать мероприятия по модернизации механической части насосов.

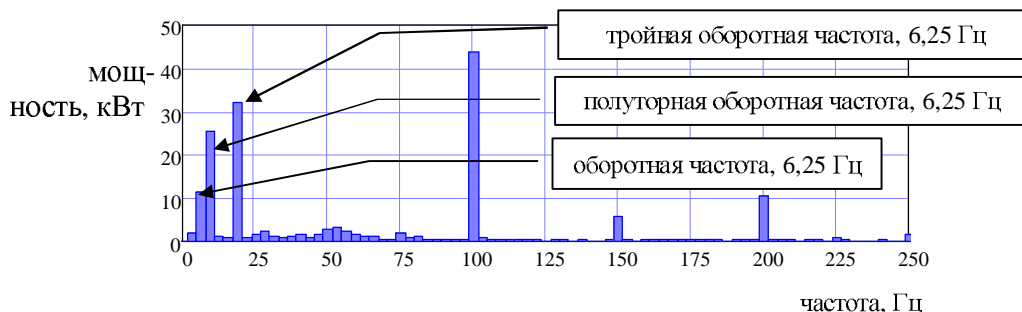


Рис. 1. Спектр мгновенной мощности синхронного двигателя плунжерного насоса (1000 кВт, 6 кВ)

Также характерными являются гармоники с частотами, кратными 50 Гц (частота питающей сети). При условии симметричности и синусоидальности питающего напряжения, их наличие свидетельствует о несимметрии электромагнитной системы двигателя. Значительный уровень 100-герцовой гармоники может также свидетельствовать о послаблении пакета стали электродвигателя. Следует, по возможности, измерять уровень вибрации пакета стали, его температуру, а также определять потери в стали. Практика свидетельствует о том, что у двигателя, который прошел несколько ремонтов, уровень потерь в стали может достигать 15% потребляемой мощности.

На рис. 2 показан спектр мгновенной мощности, потребляемой приводным двигателем дымососа (асинхронный двигатель АОД-1000-8У1, 1000 кВт, 6 кВ, 750 об/мин).

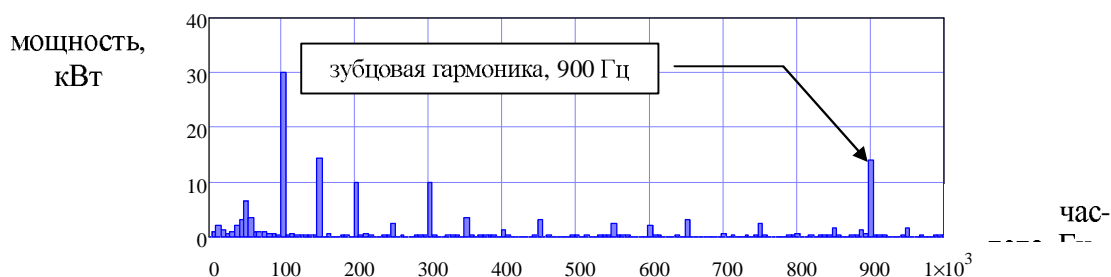


Рис. 2. Спектр мгновенной мощности асинхронного двигателя дымососа (1000 кВт, 6 кВ).

Исследуемый двигатель был установлен на агрегат после ремонта. В ходе послеремонтных испытаний он быстро нагревался даже в режиме холостого хода, для предупреждения аварии руководством цеха было принято решение о дополнительной диагностике.

Анализ спектра показал, что уровень 100-герцовой гармоники мгновенной мощности достигает 30 кВт, также присутствуют гармоники с частотами 150, 200, 300 Гц. Обращает на себя внимание также ярко выраженная гармоника с частотой 900 Гц. Это «зубцовая» гармоника, ее частота равна произведению оборотной частоты (12,5 Гц) и количества зубцов (72 шт). Все эти признаки свидетельствуют о повреждении пакета стали, что и было подтверждено результатами «вскрытия» двигателя.

Таким образом, спектр мгновенной мощности является надежным диагностическим критерием состояния электромеханических систем. Для анализа следует получить массив суммы мгновенных мощностей по трем фазам. Гармоники оборотной частоты и кратные их отражают состояние механической системы привода, гармоники, кратные частоте питающего напряжения, – состояние электродвигателя.

Список литературы

1. Бешта О.С. Идентифікація параметрів електропривода в задачах енерго- і ресурсозбереження (розвиток теорії, розробка і впровадження). Дис...д-ра техн. наук: 05.09.03 / НГА Укр. – Дніпропетровськ, 2001. – 38 с.
2. Родькин Д.И., Калинов А.П., Ромашихин Ю.В. Эффективность метода энергодиагностики параметров двигателей переменного тока // Электроприводы переменного тока: Труды международной 14 научно-технической конференции. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2007.- С. 273-278.
3. Бешта О.С., Балахонцев О.В., Худолій С.С., Федоренко В.В., Худий Є.Г. Експериментальна перевірка методів ідентифікації параметрів електропривода, що оснований на його дискретних моделях / Науковий вісник НГУ №3. – 2004. – С. 42-46.
4. Методические указания по проведению экспертных обследований вентиляторных установок главного проветривания. Москва: Изд-во НТЦ «Промышленная безопасность», № 2002.

УДК 621:6

Бойко В.С., д-р техн. наук

(Украина, Киев, Национальный технический университет Украины "КПИ"),

Сотник Н.И., канд. техн. наук,

(Украина, Сумы, Сумской государственной университет)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИКЛА ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

Введение. Одним из стратегических направлений реформирования современных систем водоснабжения является эффективное энергосбережение, уменьшение затрат и потерь энергоносителей, сокращение энергоемкости продукции и услуг. Особенно актуальны эти проблемы для предприятий сферы водоснабжения и водоотведения украинских городов, предприятий горнорудной и металлургической промышленности, а также химических производств.

Технологический процесс водоснабжения на предприятиях указанных отраслей характеризуется нерациональным использованием электрической энергии в производстве вследствие значительного износа труб и действующего оборудования, наличия потерь воды при транспортировке и необоснованно большими объемами ее потребления, а также изначально высокой энергоемкостью продукции и услуг, заложенной при проектировании этих предприятий [1].