

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМОТОРОВ С ПОМОЩЬЮ CMVA60 и CMVA55 Microlog

Microlog позволяет осуществлять анализ электрических и механических характеристик электродвигателей как по измерению механической вибрации с помощью датчика-акселерометра, так и исследованием электрического сигнала, снимаемого датчиком Холла.

Microlog allows analyzing the electric and mechanical characteristics of electric motors both to measure mechanical vibrations, using sensor-accelerometer, and to study the electric signal, read by Hall sensor



Сборщик данных/анализатор
CMVA-60

Датчик-акселерометр входит в комплект поставки Microlog. Датчик-клещи типа CMSS6187-1-CE или CMSS6187-CE должен быть заказан дополнительно.

Датчик Холла, чувствительный к изменению магнитного поля, устанавливается на проводник одной из фаз питания первичной (CMSS6187-CE) или вторичной (CMSS6187-1-CE) обмотки электродвигателя. Цепь

встроенного усилителя выдает на выход датчика сигнал в милливольтгах, пропорциональный току. CMSS6187-CE имеет диапазоны 60 и 600 А, CMSS6187-CE — диапазоны 20 и 200 А. Питание датчиков от батареек.

Для точного определения числа оборотов двигателя рекомендуется использовать оптический датчик фазы/оборотов типа CMSS6155K-1-W или лазерный датчик типа CMSS 6195K-1-W.

Методики, изложенные ниже, проверены на моторах мощностью от 5 до 700 лс. Эффективный анализ состояния электродвигателя может быть сделан только при нагрузке, не менее 70 % от полной.

Механическая вибрация. *Неравномерный зазор между ротором и статором* наблюдается по величине второй гармоники сетевой частоты (100 Гц) в спектре виброскорости не зависимо от количества полюсов мотора и скорости вращения. Эмпирические данные показывают, что гармоника 100 Гц появляется при неравномерности зазора свыше 10 %. Причиной неравномерности зазора часто является наличие так называемой «мягкой лапы». Из-за неровности фундамента при установ-

ке мотора и затяжке креплений корпус мотора и статор могут быть деформированы. Microlog позволяет наблюдать спектр виброскорости в реальном времени. Для проверки влияния «мягкой лапы» при наблюдении спектра на дисплее Microlog необходимо отпустить и затянуть крепеж (болт или гайку) последовательно на каждой из опор. Если опора не стоит на фундаменте, а притянута к нему, то при ее ослаблении вторая гармоника сетевой частоты будет уменьшаться, а при затяжке — увеличиваться. При последующем ремонте машины мягкая лапа должна быть устранена.

Повреждение обмотки статора или изоляции также приводит к увеличению 100-герцовой гармоники в спектре. Место повреждения может быть определено измерением температуры на поверхности корпуса мотора. В месте повреждения температура будет на 20...30 градусов выше. Кроме того, повреждение статора приведет к появлению составляющих спектра на частоте, равной произведению (число стержней ротора)×(скорость вращения). Так как количество стержней может достигать 40...50, для определения этих составляющих необходимо установить наблюдаемый частотный диапазон по крайней мере равным 100 частотам вращения. Количество стержней ротора должно быть точно известно, так как при наблюдении рассматривается диапазон частот, в котором также могут находиться составляющие от дефектов подшипников. Анализ необходимо проводить с высоким разрешением (3200...6400 линий) или с использованием частотной лупы «zoom». Рассмотренные выше случаи приводят к увеличению вибрации по причине неравномерности электрического поля. При отключении электропитания эти составляющие моментально исчезнут.

Для наблюдения симптомов повреждения ротора и статора надо установить на Microlog разрешение 100 линий, 0 — усреднений и максимальную частоту 2000 Гц (для ускорения цикла измерений).

Повреждения статора также можно определить по наличию гармоник частоты вращения в спектре огибающей. Нормальным уровнем амплитуды на частоте 100 Гц (двойная сетевая) считается величина 1...1,5 мм.

Боковые полосы. Для большинства вибросигналов величина развития дефекта определяется наличием и количеством боковых полос около основной частоты. В отношении электродвигателей могут наблюдаться боковые полосы у стержневой частоты: (число стержней)×(фактическую скорость вращения) на расстоянии 100 Гц (двойной сетевой



Токовый датчик-клещи
CMSS6187-1-CE



Токовый датчик-клещи
CMSS6187-CE

частоты). Боковые полосы могут также наблюдаться на расстоянии скольжения (номинальная частота вращения минус фактическая частота) или полюсной частоте (количество полюсов мотора \times скольжение). Для наблюдения этих полос необходимо установить разрешение на Microlog 1600 или 3200 линий. При работе в режиме Анализатор с разрешением 400 линий можно использовать частотную лупу («zoom»).

Определение неисправностей по анализу спектра тока. Этим методом определяются дефекты, приводящие в конечном счете к повышению сопротивления электрической цепи мотора: поломка стержней ротора, плохая пайка или ослабление клемм. Стандартный Microlog имеет специальную программу для анализа тока мотора — Motor Current Analysis Wizard. Данная программа работает в режиме обмена информацией с пользователем. На экран прибора пошагово выводятся рекомендации по необходимым установкам, последовательности измерений, затем — результаты измерений и заключение о состоянии мотора. Программа автоматически производит все необходимые математические вычисления.

Благодаря применению уникальных методов фильтрации вибросигнала, Microlog может быть настроен на любой частотный диапазон с максимальной частотой ниже 20 КГц. Microlog автоматически применяет анализ в увеличенном масштабе (zoom) для выбранного вблизи сетевой частоты узкого частотного диапазона. Благодаря этим свойствам становится возможным четкое разделение в спектре основного пика и боковых полос. Рекомендуется установить для шкалы амплитуды логарифмический масштаб.

Анализ проводится по наличию и величине пиков в спектре тока на боковых гармониках пика сетевой частоты (рис. 1). Пики находятся на расстоянии (скольжение \times число полюсов мотора):

$$\text{Боковая частота} = 2 \frac{n_{\text{синх}} - n_p}{n_{\text{синх}}} F = 2 \frac{s}{n_{\text{синх}}} F,$$

где $n_{\text{синх}}$ — синхронная скорость вращения электромагнитного поля статора, равная $60F / (0,5 P)$; n_p — действительная скорость вращения ротора; P — количество полюсов; F — сетевая частота; s — скольжение.

Оценка состояния проводится по соотношению величины боковых пиков с пиком сетевой частоты, дБ: при разнице 54... 60 — состояние мотора оценивается как отличное; 48... 54 — хорошее; 42... 48 — удовлетворительное; 36... 42 — возможна поломка стержней ротора или другой дефект, приводящий к увеличению сопротивления цепи; 30... 36 — множественные дефекты; меньше 30 — аварийное состояние. Эти оценки справедливы в случае, если мотор работает при нагрузке, не менее 70 % от полной.

SKF,
Киев

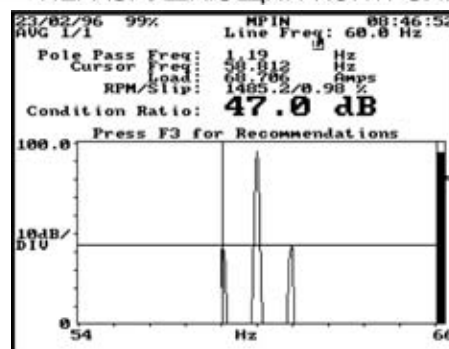


Рис. 1. Спектр тока электродвигателя

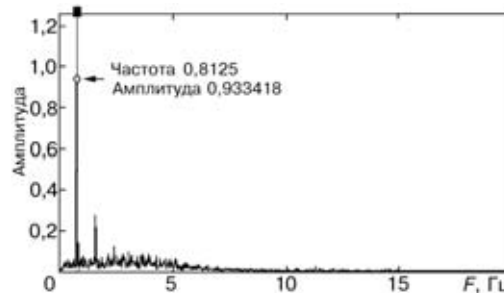


Рис. 2. Спектр огибающей тока электродвигателя

Огибающая тока мотора. При применении метода огибающей в отношении тока мотора на спектре могут наблюдаться энергетические составляющие (пики) на частоте прохождения полюсов, например, на частоте 0,8 Гц (рис. 2). В данном случае верхнюю границу частоты в спектре предлагается установить в пределах 20... 25 Гц. Оценка состояния мотора производится по соотношению величины пика на полюсной частоте к общей амплитуде. Исследования показывают, что если это отношение меньше 5 %, мотор не имеет повреждений. В рассматриваемом примере ротор имеет сломанные стержни. Отношение величины пика на частоте скольжения 0,8125 Гц к общей амплитуде составляет 63 %. Гармоники частоты скольжения являются дальнейшим подтверждением появления дефекта. Данный метод очень чувствительный и может применяться для определения дефектов на ранней стадии их развития.

Выводы

Статистика показывает, что в 20 % случаев электромоторы, находящиеся в эксплуатации, имеют дефекты, связанные с неравномерным зазором, поломкой стержней и повышенным сопротивлением на клеммах. При этом ток в обмотках при запуске мотора может превышать номинальное значение в пять-шесть раз, что может привести к аварии, остановке производства и, в конечном счете, потере продукции.

Прибор типа Microlog позволяет применить несколько различных методов для оценки механических и электрических дефектов электромоторов, что значительно повышает эффективность его применения и достоверность оценок.

Поступила в редакцию
17.04.2003