

Надежность оборудования, имеющего в своем составе вращающиеся узлы (электродвигатели, муфты, валы, подшипниковые пары и т.д.) в большой мере зависит от его устойчивости к вибрационным нагрузкам. Контроль вибрационного состояния позволяет определить ресурс, качество и безопасность выпускаемого оборудования.

## ИМИТАЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ СТЕНДА

Е.П. ГРОШКОВ  
А.А. СИМЧУК  
О.В. ШУКОВ

ведущий инженер ООО «ГлобалТест»  
главный метролог ООО «ГлобалТест»  
ведущий инженер ООО «ГлобалТест»

г. Саров

Повышенная вибрация является признаком нарушения в работе машин и механизмов и, как правило, вызывает дисбаланс вращающихся частей конструкции. Его наличие приводит к повышенным нагрузкам на подшипниковые узлы, валы и другие части агрегатов, что ускоряет их износ и, как следствие, выводит оборудование из строя.

Возникнет потребность в разработке методов балансировки и диагностики неисправностей. Для проверки методов выбора критериев нарушения работы оборудования, диагностики признаков специализированными фирмами разрабатываются и изготавливаются установки, имитирующие промышленное оборудование [1]. Также, в решении этой задачи, специалистами ООО «ГлобалТест» разработан стенд АР7000-01, реализующий имитацию различных режимов работы промышленного оборудования и проверку его технического состояния путем обработки сигналов с первичных преобразователей для дальнейшей демонстрации эффективности методов вибрационного контроля и диагностики.

Состав стенда (рис. 1) можно условно разделить на две основные части: электромагнитическую и имитационную.

Электромагнитическая часть представляет собой непосредственно имитатор промышленного оборудования с вращающимися узлами машин и механизмов. В его состав входит электродвигатель Siemens 1LA7053-2AA10 (1) мощностью 115 Вт и скоростью вращения ротора до 3 000 об/мин. Управление двигателем осуществляется инвертором L9500 (2) с возможностью задания скорости вращения (60-3 000 об/мин), времени разгона и останова. К ротору через упругую пластинчатую муфту (3) крепится вал (4), установленный на опорах с подшипниковым скольжением (5) и качением (6). На валу располагаются съемные маховики (7, 8) с отверстиями для установки балансировочных грузов (9). Между маховиками находится опора со специальным механизмом (10), которым регулируется изгиб вала. Заключается вал диском фазовой отметки (11), используемым для определения частоты вращения и фазового сдвига между виброислучением на оборотной частоте и тактиметрическим сигналом. Электродвигатель и все опоры установлены на инерционных основаниях (12).

Данная конструкция в комплекте с наборами грузов, прокладок и подшипниковых обойм позволит имитировать следующие

режимы работы промышленного оборудования:

- разгон-торможение электродвигателя по заданному алгоритму с вариабельной скоростью вращения от 60 до 3 000 об/мин;
- дисбаланс и балансировка агрегата в собственной опоре;
- раздвигровка валов электродвигателя и агрегата;
- изгиб вала агрегата;
- вариацию зазора и условий трения в подшипниках скольжения;
- реализация опор вала на подшипниках качения;
- вариация жесткости механической связи агрегат-основание;
- дефекты подшипников;
- дефекты крепления опор;
- дефекты муфты.

Имитационная часть стенда представлена набором первичных средств измерения, комплектом модулей преобразования и управления, а также рядом виртуальных измерительных приборов.

Для вибрационного контроля в качестве первичных средств измерения используются вибропреобразователи АР2037 (13) со встроенной электроникой. Они структурированы и установлены на различных частях имитатора таким образом, чтобы была возможность одновременного измерения трех взаимноперпендикулярных составляющих пространственного вибрационного ускорения. Группы по три преобразователя размещены по месту собственных подшипников ротора электродвигателя и на опорах подшипников скольжения и качения.

Кроме этого, в стенде применяются бесконтактные индуктивные датчиковые системы измерения перемещения (проксиметры). Ортогональное размещение двух индуктивных проксиметров АЕ950.00.07 на хронштейне (14) позволяет при наличии соответствующего средства мониторинга визуально наблюдать орбиту движения вала в радиальной плоскости. С помощью пробына, установленного на хронштейне (15) перпендикулярно плоскости торца вала, измеряется его (вала) осевое смещение. Наличие еще одного пробына на том же хронштейне дает возможность определения частоты вращения вала, при этом тактиметрический сигнал формируется от прореза на диске фазовой отметки. ►

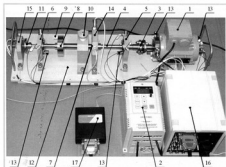


Рис. 1. Имитационный стенд АР7000

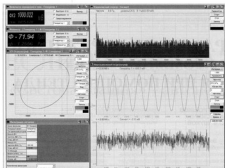


Рис. 2 Окно виртуальных измерительных приборов

Модули подключения и управления охватывают в блок управления (16), имеющий двенадцать входов для подключения вибропреобразователя AP2037 и четыре входа для подключения вибротехнических приборов AE050-00-07.

Сформированный блок управления электрические сигналы проходит цифровую обработку 16-канальным модулем АЦП «SignalUSB» (17) и компьютерным приложением, включающим в себя набор виртуальных измерительных приборов (рис.2) в следующем составе:

Многоканальный осциллограф позволяет наблюдать форму и амплитуду сигнала одновременно по 1..3 каналам, а также комментировать их истинные значения.

ХТ-осциллограф осуществляет отображение характеристик по 3 плоскостям (XY, XT и YT), а также в трехмерном (XYT) виде и

используется для определения траектории движения вала.

Спектральный анализатор предназначен для усложненной спектральной обработки сигналов, а также просмотра различных спектральных характеристик. Дополнительные возможности построения спектрограмм (спектрально-временное представление сигнала в 2 или 3-мерном виде) и их анализ позволяют проследить динамику нестационарных процессов. Возможность получения максимальных и усредненных спектров и сравнение их с заданным спектром (нормой) позволяет легко определить различия между заданным и реальным уровнем спектров, что необходимо при проведении различного вида мониторинга оборудования.

Вольтметр постоянного тока отображает среднее значение напряжения постоянного тока и среднеквадратичное отклонение от

среднего значения (СКО) сигнала выбранного канала.

Вольтметр переменного тока измеряет среднеквадратичное (СКЗ), пиковое значение напряжения и интегральный уровень измеренного сигнала.

Селективный вольтметр переменного тока предназначен для измерения напряжения на основной несущей частоте сигнала, что исключает влияние гармоник на показания.

Таксометр определяет скорость вращения вала.

Фазометр предназначен для измерения разности фаз двух сигналов в градусах и радианах.

Набор фильтров используется для фильтрации входных сигналов с возможностью одновременного интегрирования или дифференцирования для последующей обработки виртуальными приборами.

Репостратор (запись сигналов в файлы) используется для непрерывной репострации сигналов в реальном масштабе времени с записью на жесткий диск компьютера. Для удобства последующей обработки сигналов предусмотрена возможность записи текстовых и голосовых комментариев.

Прокригиватель (воспроизведение сигнала из файлов) выполняет чтение из файлов данных записанных временных реализаций с целью обработки, изучения и анализа, например, когда это невозможно было сделать в условиях проведения измерения. Предусмотрено воспроизведение текстовых и голосовых комментариев.

Все виртуальные измерительные приборы могут работать как в реальном масштабе времени, так и с записанными ранее сигналами.

Наличие файла конфигурации каналов, содержащего метрологические параметры первичных преобразователей позволяет проводить измерения непосредственно в единицах воздействия. Например, измерение и отображение сигналов с вибропреобразователей можно получить в единицах виброускорения ( $\text{m/s}^2$  или  $g$ ), а с проксиметров – в единицах расстояния (мм).

В таблице приведены технические характеристики эталона.

Представленное в статье копирование имитационного эталона является результатом сотрудничества на безвозмездной основе предприятия ООО «ГлобалТест» с целью в сфере разработки и производства виброизмерительной датчиковой аппаратуры и предусматривает расширение номенклатуры конструктивных элементов и измерительных средств по предложению специалистов, заинтересованных в сотрудничестве организаций. ■

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rotor Kit, Model RK4, Bently Nevada LLC, 2002 г.;
2. Каталог продукции ООО «ГлобалТест» «Измерительная аппаратура», г.Саров, 2008г.;
3. Sigma USB «Руководство оператора» 37MC.00008-0134, ЗАО «Электронная технология и метрологические системы – 3ЗТ», 2005г.

Наименование	Размерность	AP7000
Питание (на частоте)	B (Гц)	220 (50)
Потребляемая мощность	Вт	≤ 300
Скорость вращения, регулируемая в диапазоне	об/мин	60...3 000
Выходной сигнал - переменного тока для каналов виброускорения - для каналов виброперемещения	B	±5 0...24
Масса без компьютера (брутто)	кг	≤ 21 (± 35)
Габариты, не более	мм	660 × 420 × 190
Погрешность измерения СКЗ виброускорения в диапазоне частот: - до 5 000 Гц - до 10 000 Гц - до 2 000 Гц	%	≤ ± 6 ≤ ± 12 ≤ ± 5
Среднеквадратичное значение собственного шума приведенное к входу по виброперемещению	мм	≤ 5

Табл. Технические характеристики имитационного эталона AP7000