

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

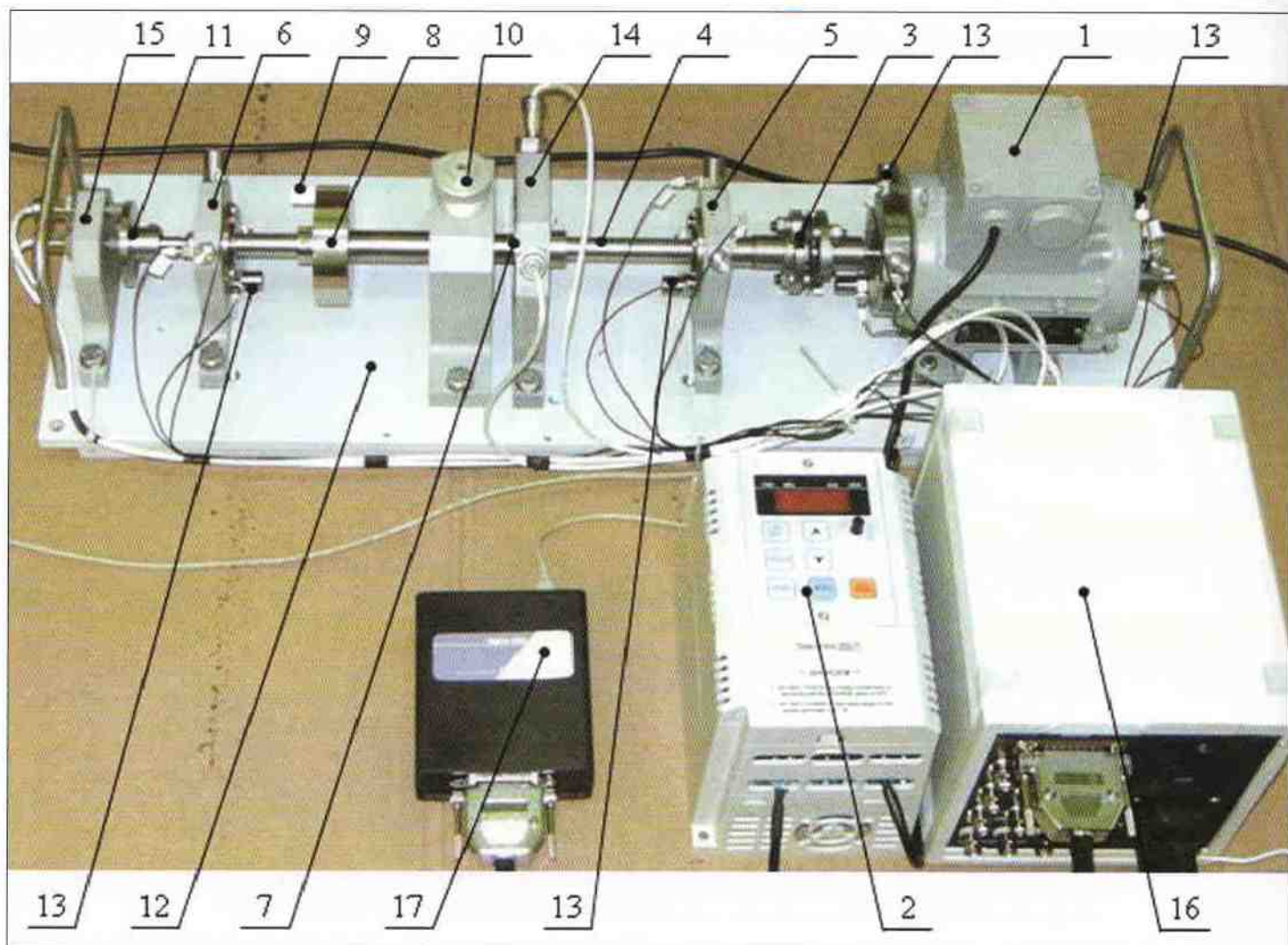
Стенд для имитации различных режимов работы роторного промышленного оборудования с регистрацией и визуализацией параметров вибрации

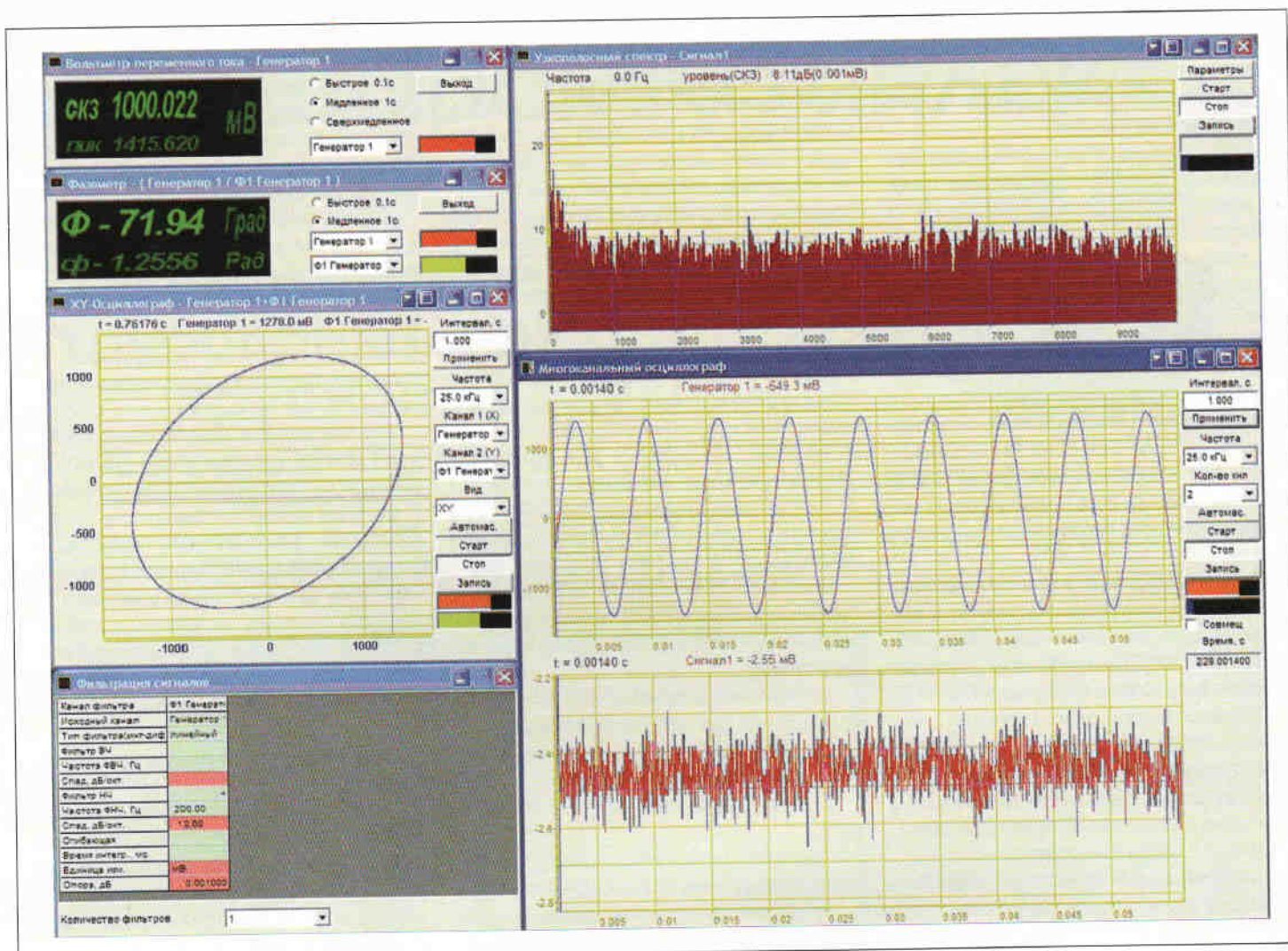
Е.П. Грошков, А.А. Симчук, О.В. Шуков
ООО «ГлобалТест», г. Саров, Нижегородская обл.

Повышенная вибрация является признаком нарушений в работе машин и механизмов и, как правило, вызвана дисбалансом 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.

Возникает потребность в разработке методики балансировки, изготовление балансировочного оборудования, технологической и контрольной оснастки. В решение этой задачи спе-





циалистами разработан стенд AP7000, реализующий имитацию различных режимов работы промышленного оборудования и проверку его технического состояния путем обработки сигналов с первичных преобразователей для дальнейшей демонстрации эффективности методик вибрационного контроля и вибродиагностики.

Состав стенда (Рис.1) можно условно разделить на две основных части: электромеханическую и измерительную.

Электромеханическая 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 LS600 (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 подшипниками скольжения (5) и качения (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. Заканчивается вал диском фазовой отметки (11), используемым для определения частоты вращения и фазового сдвига между виброколебаниями на оборотной частоте и тахометрическим сигналом. Электродвигатель и все опоры установлены на инерционном основании (12).

Данная конструкция в комплекте с наборами грузов, прокладок и подшипниковых обойм позволяет имитировать следующие режимы работы промышленного оборудования:

- разгон – торможение электродвигателя по задаваемому алгоритму с вариацией скорости вращения от 60 до 3 000 об/мин;
- дисбаланс и балансировка агрегата в собственных опорах;
- расцентровка валов электродвигателя и агрегата;

- изгиб вала агрегата;
- вариация зазоров и условий трения в подшипниках скольжения;
- реализация опор вала на подшипниках качения;
- вариация жесткости механической связи агрегат – основание;
- дефекты подшипников;
- дефекты крепления опор;
- дефекты муфт.

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

Для вибрационного контроля в качестве первичных средств измерения используются вибропреобразователи AP2037 (13) со встроенной электроникой. Они сгруппированы и установлены на различных частях имитатора таким образом, чтобы была возможность одновременного измерения трех взаимноперпендикулярных

составляющих пространственного вибрационного ускорения. Группы из трех преобразователей размещены по месту собственных подшипников ротора электродвигателя и на опорах подшипников скольжения и качения.

Кроме этого, в стенде применяются бесконтактные вихретоковые датчиковые системы измерения перемещения (проксиметры). Ортогональное размещение двух вихретоковых пробников AE050.00.07 на кронштейне (14) позволяет при наличии соответствующих средств мониторинга визуально наблюдать орбиту движения вала в радиальной плоскости. С помощью пробника, установленного на кронштейне (15) перпендикулярно плоскости торца вала, измеряется его (вала) осевое смещение. Наличие еще одного пробника на том же кронштейне дает возможность определения частоты вращения вала, при этом тахометрический сигнал формируется от прорези на диске фазовой отметки.

Модули предусиления и управления скомпонованы в блок управления (16), имеющий двенадцать входов для подключения вибропреобразователей AP2037 и четыре входа для подсоединения вихретоковых пробников AE050.00.07.

Сформированные блоком управления электрические сигналы проходят цифровую обработку 16-канальным модулем АЦП «SigmaUSB» (17) и компьютерным приложением, включающим в себя набор виртуальных измерительных приборов (Рис.2) в следующем составе.

Многоканальный осциллограф позволяет наблюдать форму и амплитуду сигналов одновременно по 1...8 каналам, а также измерять их мгновенные значения.

XY-осциллограф осуществляет отображение характеристик по 3 плоскостям (XY, XT и YT), а

также в трехмерном (XYT) виде и используется для определения траектории движения вала.

Спектроанализатор предназначен для узкополосной спектральной обработки сигналов, а также просмотра различных спектральных характеристик. Дополнительные возможности построения спектрограмм (спектрально-временное представление сигнала в 2 х или 3-мерном виде) и их сечение позволяют проследить динамику нестационарных процессов. Возможность получения максимальных и усредненных спектров и сравнение их с заданных спектром (нормой) помогает легко определить различие 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 измеряемого сигнала.

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

Тахометр 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.

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

Проигрыватель (воспроизведение сигналов 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 получать в единицах виброускорения (m/s^2 или g), а с проксиметров — в единицах расстояния (mm).

Ниже приведены технические характеристики стенда.

Представленное в статье исполнение имитационного стенда является результатом накопленного на сегодняшний день опыта в сфере разработки и производства виброизмерительной датчиковой аппаратуры и предусматривает расширение номенклатуры конструктивных элементов и измерительных средств по предложениям специалистов, заинтересованных в сотрудничестве организаций.

Наименование	Размерность	AP7000
Питание (на частоте)	В (Гц)	220 (50)
Потребляемая мощность	Вт	≤ 300
Скорость вращения, регулируемая в диапазоне	об/мин	60...3 000
Выходной сигнал		± 5
- переменного тока для каналов виброускорения	В	0...24
- для каналов виброперемещения		
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	%	$\leq \pm 6$
- до 10 000 Гц		$\leq \pm 12$
- до 2 000 Гц		$\leq \pm 5$
Среднеквадратичное значение собственного шума приведенное к входу по виброперемещению	мкм	≤ 5