

## Многоканальная виброакустическая система

Многоканальная виброакустическая измерительная система — программно аппаратный комплекс на базе устройств и программного обеспечения ZETLAB, позволяет производить вибрационные, акустические и гидроакустические измерения одновременно по большому числу каналов.

Система может быть адаптирована под измерение виброшумовых характеристик двигателей, агрегатов и других объектов. Основана на работе контрольно-измерительного комплекса, состоящего из первичных преобразователей (различных датчиков), анализаторов спектра, тензометрических станций, контроллеров, специализированного программного обеспечения и ПК. Измерения проводятся в соответствии с требованиями методик контроля и нормирования шума и вибрации МПСКШ-87, МКШС-81, МКИВС-95А, ВМУ 0603.5-29 и ИМЯН 096-2004.

Система может осуществлять измерение и проводить анализ сигналов до 128 каналов одновременно



Год за годом мы на практике доказываем, что оборудование отечественного производства соответствует мировым стандартам качества

# Системы вибромониторинга и вибродиагностики компании ZETLAB

## Z E T L A B

В статье представлено решение для вибромониторинга и вибродиагностики промышленного оборудования от российской компании «ЭТМС» (ZETLAB): система непрерывного вибрационного контроля на базе цифровых датчиков ZETSENSOR и цифровых акселерометров ZET 7152-N Pro. Показано, что данные устройства в комплекте с ПО компании ZETLAB позволяют реализовать задачи по виброконтролю, вибромониторингу и вибродиагностике любой сложности.

ООО «ЭТМС», г. Москва, Зеленоград

На протяжении всей истории человечества состояние здоровья людей оценивали по сравнительно простым в измерении параметрам: пульсу, температуре, кровяному давлению (с XVIII века). И только относительно недавно появились новые методы диагностики: УЗИ, МРТ и т.д. Точно так же в технике начался переход от привычных параметров — температуры, давления и частоты вращения — к новым методам оценки и анализа технического состояния сложных промышленных объектов. Среди них хотелось бы выделить анализ вибраций по показаниям специальных датчиков — акселерометров (измерители ускорения), регистрирующих изменения амплитуды, частоты и интенсивности (мощности) усилий, способных повредить вращающиеся детали машин и механизмов.

Во время эксплуатации каждый механизм с вращающимися или перемещающимися иным способом деталями вибрирует в пределах определенных граничных величин, поэтому именно измерение уровня вибрации является наиболее общим и универсальным способом анализа технического состояния оборудования. Более того, данный метод по своей природе относится к пассивным способам измерения, никоим образом не влияющим на работу и состояние машины,

в противоположность, например, широко применяемым при изготовлении тех же механизмов методам ультразвукового контроля продукции.

Еще одной интересной особенностью общего анализа вибрации сложных технологических установок является возможность проведения детального анализа — вплоть до отдельных компонентов и узлов, каждому из которых в общей вибрационной «картине» отведен свой «участок». Изменение вибрации во времени на данном участке или выход за граничные величины свидетельствует о дефекте или снижении технических параметров именно этого узла или компонента.

Следует отметить, что анализ вибрации не заменяет собой текущего контроля промышленной установки по показаниям встроенных датчиков, поэтому может проводиться через определенные промежутки времени в целях мониторинга (непрерывное или периодическое отслеживание спектра вибрации во времени для выявления поведения, так называемых трендов) или обнаружения выхода параметра за пределы граничных значений. В любом случае анализ результатов измерения вибрации в широком спектре частот позволяет выявить расхождение в настройке, ослабление соединений, нарушение выравнивания и износ подшипников до появле-

ния реальной неисправности по этим причинам.

Подводя итог краткому введению, а также в целях описания используемых далее терминов будем считать, что вибромониторинг — это метод анализа технического состояния оборудования, основанный на математическом анализе измеренной вибрации этого оборудования. Из-за широкого частотного диапазона анализ производится программным обеспечением, встроенным или поставляемым в комплекте с системой вибродиагностики.

Как виброконтроль, так и вибромониторинг могут быть либо непрерывными (на основе стационарной системы вибродиагностики), либо периодическими (через регламентированные промежутки времени с подключением к установке датчиков переносной/мобильной системы вибродиагностики и записью в ее память уровней вибрации в течение заданного интервала времени). Полученные результаты затем обычно анализируются специалистом в ПО системы вибродиагностики или на типовом ПК. Заложенный в ПО вибродиагностики алгоритм анализа спектра вибрации отслеживает изменение уровня на определенных частотах, что позволяет идентифицировать тип дефекта и узел в составе сложной технологической установки, чтобы выявить

или предсказать возникновение неисправности или аварии.

Как и современные средства медицинской диагностики, средства вибродиагностики технических установок нельзя отнести к классу дешевых, поэтому обязательно возникает вопрос об экономической целесообразности применения данного метода. На него нет простого ответа, хотя вибродиагностика отличается несколькими очевидными достоинствами:

- ▶ предотвращение аварий сложных технических систем, что устраняет не только затраты на ремонт вместе с финансовыми потерями от простоя производства, но и последующий ущерб окружающей среде;

- ▶ в рамках плановой вибродиагностики можно прогностически выявить надвигающуюся неисправность установки в целом с идентификацией исходной причины, вплоть до отдельных компонентов;

- ▶ снижение стоимости ремонта благодаря упреждающему выявлению дефектов в узлах и компонентах, позволяющему провести их ремонт либо замену до полного выхода из строя, что повлекло бы за собой повреждение связанных узлов или всего агрегата в целом;

- ▶ снижение эксплуатационных расходов за счет оптимизации графика плановых работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования;

- ▶ уменьшение количества и номенклатуры запасных частей на скла-

де, необходимых для оперативного ремонта или замены компонентов, поскольку вибрационные тренды позволяют предсказывать на достаточно длительный срок потребность в замене или ремонте по всему ассортименту узлов и агрегатов установки.

Кроме того, в случае, когда вибродиагностика применяется для крупного и дорогостоящего промышленного оборудования, такого как компрессорные и холодильные установки, насосные станции, генераторы (газотурбинные, паровые и дизельные) и другие сложные производственные системы, она вполне оправдана экономически. И это учитывая все расходы на систему вибромониторинга (достаточно дорогое оборудование и программное обеспечение, затраты на эксплуатацию и заработную плату операторов).

Экономически привлекательным можно признать и решение для вибромониторинга и вибродиагностики промышленного оборудования от российского предприятия «Электронные технологии и метрологические систе-

мы» (компания ZETLAB): это система непрерывного вибрационного контроля на базе цифровых датчиков ZETSENSOR и цифровых акселерометров ZET 7152-N Pro (рис. 1). Система позволяет регистрировать уровень низкочастотной вибрации в полосе частот от 2 до 100 Гц или от 100 до 1000 Гц и отличается хорошей масштабируемостью, а компактное исполнение позволяет устанавливать датчики в наиболее труднодоступных местах.

Определив уровень вибрации, система с помощью цифровых акселерометров ZET 7152-N Pro проводит сравнение данного показателя с математическим ожиданием, рассчитанным при обучении системы в стандартных режимах работы оборудования. Данные об уровне вибрации в формате «больше/меньше» поступают на рабочее место оператора, который, опираясь на полученную информацию, может принять решение о проведении более детальной диагностики, чтобы определить источник неполадок и устранить их.

Отличительной особенностью цифровых акселерометров ZET 7152-N Pro (рис. 2) является наличие алгоритма сжатия данных – дельта-кодирование с возможностью гибкого распределения трафика между датчиками в CAN-сети. Сжатие данных позволяет увеличить пропускную способность канала связи с датчиками ZET 71XX за счет динамического уменьшения разрядности АЦП. Такую функцию рекомендовано использовать, когда ожидается низкочастотный сигнал или сигнал с плавным изменением амплитуды. Потери динамического диапазона измерений в данном случае минимальны или даже отсутствуют. В случае, если ожидается высокочастотный сигнал (с высокой энергетикой), сжатие данных позволит прокачать поток данных, но младшие биты сигнала будут срезаны.



Рис. 2. Цифровой акселерометр ZET 7152-N Pro



Рис. 1. Мониторинг уровня вибрации на промышленных станках с помощью ZET 7152-N Pro

Как уже упоминалось, задачи вибродиагностики – не только измерять и контролировать уровень вибрации работающего оборудования, но и выполнять анализ данных, выявляя развивающиеся дефекты и составляя прогноз о дальнейшей работоспособности. Однако для прогностического анализа требуется более функциональное оборудование с расширенным пакетом ПО. Оптимальным решением такого рода являются многоканальные вибрационные системы на базе контроллеров ZET 034 и ZET 038 с программным обеспечением ZETLAB ANALIZ (рис. 3).

Более глубокое исследование, которое обеспечивает ПО ZETLAB ANALIZ, предполагает обработку данных методом спектрального анализа (основополагающий метод проведения вибродиагностики). Спектральный анализ используется для разделения вибросигналов на простейшие составляющие в частотной области, что в свою очередь позволяет определить наличие в измерительном канале тональных сигналов (дискретных составляющих) и шумовых компонент.

Наряду с программой для выполнения спектрального анализа программный пакет ZETLAB ANALIZ включает достаточное количество программ, позволяющих определить неисправность и выявить ее источник другими методами. Среди этих методов:

- ▶ модальный анализ – определение собственных частот и логарифмических декрементов свободных колебаний механизмов методом ударного возбуждения;
- ▶ анализ нелинейных искажений, позволяющий рассчитать частоту крутильных колебаний и порядковый номер гармоники;
- ▶ порядковый анализ, позволяющий исследовать временные характеристики сигналов вибрации зубчатых передач;
- ▶ взаимный спектральный анализ. Дает возможность построить отобра-



Рис. 3. Многоканальные вибрационные системы

жение совокупности начальных фаз вибросигнала с двух каналов, отображение фазовой синхронизации двух сигналов, осуществлять поиск резонансов между входным воздействием и откликом системы, построить отображение диаграммы Найквиста, которая позволяет судить об устойчивости системы по амплитудно-фазовой частотной характеристике (АФЧХ).

Подбор оборудования для проведения вибромониторинга или вибродиагностики усложняется довольно большим выбором аппаратуры, который предлагает рынок для осуществления того или иного вида контроля. Устройства в комплекте с программным обеспечением компании ZETLAB позволяют реализовать задачи по виброконтролю, вибромониторингу и вибродиагностике любой сложности.

В заключение кратко остановимся на методах математической обработки собранных вибросигналов. Наиболее часто используется так называемое быстрое преобразование Фурье (БПФ, или FFT по-английски), позволяющее выявлять наиболее общие неисправности машин, например рассогласование и ухуд-

шение балансировки. Порядковый анализ является вариантом БПФ и применяется в машинах с несколькими различными параметрами оборотов в минуту, причем здесь в спектре вместо частот анализируются частоты вращения (порядки). Анализ вхождений (envelop) применяется для диагностики повреждений в зубчатых зацеплениях и роликовых подшипниках. Оценка формы волны по времени позволяет определять стуки и случайные импульсы при работе механических передач. Измерение фазы вместе с БПФ подходит для определения дисбаланса, потери выравнивания и ослабления зацеплений. Кроме того, на установках, выведенных в плановый ремонт, можно применять активные методы вибродиагностики, например анализ резонансных частот для определения собственных установке или ее опоре частот и вибрации при тестовых воздействиях.

ООО «ЭТМС», г. Москва, Зеленоград,  
тел.: +7 (495) 739-3919,  
e-mail: [zetlab@zetlab.com](mailto:zetlab@zetlab.com),  
сайт: [zetlab.com](http://zetlab.com)