

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ВИБРОИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

Кирпичёв А.А., к.т.н.

Общество с ограниченной ответственностью
 ООО «ГлобалТест»

В статье представлен сравнительный анализ основных технических характеристик пьезоэлектрических первичных преобразователей ускорения ведущих зарубежных фирм и ООО «ГлобалТест». По результатам анализа определены перспективные направления развития пьезоэлектрической виброметрической аппаратуры.

Ключевые слова: пьезоэлектрический первичный преобразователь, ускорение, вибропреобразователь, акселерометр, предварительный усилитель.

ООО «ГлобалТест» - специализированное научно-производственное предприятие с замкнутым циклом разработки и изготовления измерительной датчиковой аппаратуры. Дата основания 1991г.

В настоящее время ООО «ГлобалТест» выпускает более 300 типов пьезоэлектрических первичных преобразователей. Это вибропреобразователи (ускорения, скорости, перемещения), датчики динамического давления, силы, ударные молотки, преобразователи акустической эмиссии, вибровыключатели, виброконтроллеры, автономные датчики мониторинга вибрации и др.[1]. Их назначение – измерения и анализ механических колебаний и ударов, виброакустические исследования и испытания, направленный мониторинг и техническая диагностика промышленного оборудования, аттестация рабочих мест и промышленная санитария. Продукция компании востребована на российских и зарубежных рынках. Количество потребителей быстро растёт и уже превышает 1000 предприятий. В таблицах 1 и 2 представлены технические характеристики образцов пьезоэлектрических преобразователей ускорения ведущих зарубежных фирм PCB, Endevco (США), Brüel & Kjaer (Дания), Vibrometer (Швейцария) и ООО «ГлобалТест» [1, 2, 3, 4, 5].

Сравнительный анализ технических характеристик пьезоэлектрических преобразователей ускорений, представленных в табл. 1 и 2 показывает, что преобразователи ООО «ГлобалТест» не уступают, а по отдельным характеристикам превосходят аналоги ведущих зарубежных фирм.

Например, по оценке компании Bay Systems (UK), AP19 – один из самых миниатюрных акселерометров в мире [6]. Его принципиальное назначение –

измерение ускорения, где дополнительная масса преобразователя должна стремиться к абсолютному минимуму. Масса AP19 (без кабеля) – 0,14г. Из-за малых габаритов AP19 (корпус акселерометра меньше спичечной головки) является относительно мало чувствительным, он генерирует слабые сигналы на низких уровнях ускорения. Но это делает AP19 идеальным для применения при сильных ударах, где более чувствительный акселерометр будет перегружать любой стандартный усилитель заряда.

Например, AP06 является одним из самых низкочастотных вибропреобразователей. Он разработан по ТЗ НИЦ «Космическое материаловедение» Института кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН для активных виброзащитных устройств оборудования Международной космической станции (МКС). Использование AP06 позволило снизить нижнюю границу частотного диапазона виброзащитных устройств до 0,2 Гц, в то время как лучшие зарубежные образцы имеют частотный диапазон от 2 Гц [7, 8]. На основе AP06 по ТЗ ПИ «Геореконструкция», создан также автономный измерительный комплекс для контроля технического состояния зданий и сооружений в частотном диапазоне от 0,1 Гц со временем непрерывного измерения до 14 дней.

Таблица 1

Пьезоэлектрические первичные преобразователи с зарядовым выходом

Тип преобразователя, firma	Осевая чув-ть, пКл/g	Амплит. диапазон, g	Частотный диапазон, Гц	Масса, г	Примечание
AP19 «ГлобалТест»	0,25	20 000	10...30 000	0,14	миниатюрный
22 ENDEVCO	0,4	10 000	5...10 000	0,14	миниатюрный
AP22 «ГлобалТест»	1	25 000	0,5...22 000	4	миниатюрный трёхкомпонентный
23 ENDEVCO	0,4	10 000	5...10 000	0,85	миниатюрный трёхкомпонентный
AP63B «ГлобалТест»	10	1 000	2...7 000	98	промышленный (400°C)
CA901m1-01 Vibrometer	10	500	3...3 000	300	промышленный (700°C)
AP10 «ГлобалТест»	1	1 000	0,5...10 000	45	эталонный
8305 B&K	1,25	1 000	0,2...5 300	40	эталонный
AP24 «ГлобалТест»	3	3 000	1...10 000	4,5	общего назначения
AP1020 «ГлобалТест»	1	5 000	0,5...10 000	5	миниатюрный трёхкомпонентный
AP06 «ГлобалТест»	1 000	10	0,01...2 000	165	высокочувствительный

AP12 «ГлобалТест»	0,04	100 000	2...50 000	2,8	ударный
8309 B&K	0,04	100 000	1...54 000	3	ударный

Таблица
Пьезоэлектрические первичные преобразователи
со встроенной электроникой

Тип преобраз., фирма	Осеневая чувств- тв., мВ/г	Амплит. диапазон, г	Уровень шума, г	Частотный диапазон, Гц	Масса, г	Примечание
AP2019 «ГлобалТест»	0,5	10 000	$1 \cdot 10^{-2}$	10...30000	0,14	
352C23 PCB	5	1000	$3 \cdot 10^{-3}$	1,5...15000	0,5	миниатюрный
AP2029-100 «ГлобалТест»	100	50	$5 \cdot 10^{-4}$	0,5...20000	5	миниатюрный
4508B002 B&K	100	70	$1,5 \cdot 10^{-4}$	0,4...8000	4,8	миниатюрный
AP2045-100 «ГлобалТест»	100	50	$5 \cdot 10^{-4}$	0,5...13000	9	миниатюрный
AP85-01 «ГлобалТест»	100	50	$2 \cdot 10^{-4}$	0,5...8000	60	трёхкомпонентный
603C01 PCB	100	50	$3,4 \cdot 10^{-4}$	0,8...8000	51	промышленный, разъемный
AP35-100 «ГлобалТест»	100	50	$2 \cdot 10^{-4}$	0,5...11000	39	промышленный, разъемный
608A11 PCB	100	50	$3,4 \cdot 10^{-4}$	0,9...8000	105	промышленный, неразъемный
AP2006 «ГлобалТест»	1000	5	$5 \cdot 10^{-5}$	0,1...2000	180	высокочувствительный

Например, AP63B имеет высокую надежность и радиационную стойкость. Средняя наработка на отказ AP63B – не менее 100000 часов. Средний срок службы – не менее 15 лет. AP63B сохраняет работоспособность при дозе γ – 10^{18} нейtron/cm².

Высокие эксплуатационные характеристики преобразователя AP63B позволили заменить акселерометры фирмы Vometer в стационарных системах технической диагностики оборудования сийских АЭС.

В то же время, анализ технических характеристик пьезоэлектрических преобразователей ускорения со встроенной электроникой, представленных в табл. 2, свидетельствует о том, что миниатюрные и трёхкомпонентные преобразователи ООО «ГлобалТест» уступают аналогам зарубежных по габаритам и по уровню шума, а промышленные только по уровню шума.

Первые серийные пьезоэлектрические преобразователи ускорения со встроенной электроникой появились у ведущей в этой области фирмы PCB 30 лет назад, под зарегистрированной маркой ICP (Integrated Circuit-Piezoelectric). Часть усилителя, встраиваемая в преобразователь, является измерительного канала, соединенного по низкоомной двухпроводной связи с ICP преобразователями регистратора. Преимущества ICP – условная простота, сравнительная дешевизна кабеля и возможность прокладки длинных кабельных линий (до 500м и более). Марка ICP со временем стала практически международным стандартом.

Первоначально и длительное время встроенные усилители ICP в силу ограниченности объемов производства делались из дискретных элементов и по гибридной технологии. Последнее поколение пьезоэлектрических преобразователей ускорения со встроенной электроникой ведущих компаний имеет предустановлены в интегральном исполнении, что и позволило им достичь вышеуказанных преимуществ. Компромиссным решением может быть размещение усилителя за пределами корпуса датчика, например, в корпусе соединителя, как это реализовано в AP2019. Однако такое решение не позволяет уменьшить уровень шума, и даже наоборот приводит к его увеличению в низкочастотной области. Но для высокочастотного AP2019 это не является существенным, а наоборот позволяет сохранить его субминиатюрные габариты.

ООО «ГлобалТест» стремится занять лидирующие позиции в области разработки, производства и метрологического обеспечения измерительной датчиковой аппаратуры. Метрологическая служба предприятия зарегистрирована в Российской системе калибровки с аккредитацией на право проведения калибровки, первичной и периодической поверки вибропреобразователей и преобразователей акустической эмиссии. Большое внимание на предприятии уделяется развитию экспериментально - лабораторной базы и оснащению производства и контрольно-измерительной лаборатории современным оборудованием.

Заключены долгосрочные соглашения о сотрудничестве с ведущими академическими институтами, научными центрами, учебными университетами и научно-производственными предприятиями страны. Среди них: Институт кристаллографии РАН (Москва), Московский университет приборостроения и информатики (Москва), Научно-учебный центр «КАСКАД» (Москва), Проектный институт «Геореконструкция» (Санкт-Петербург), Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ (Саров), Государственный научный центр ФЭИ (Обнинск), ОАО «НИИ «Элпа» (Зеленоград), ОАО «Институт спутниковых систем» (Железногорск), и др.

Заключено дилерское соглашение с компанией APTechnology, Нидерланды, представляющий интересы ООО «ГлобалТест» за рубежом. Заключен агентский договор с компанией D. de Klerk Holding B.V., Нидерланды, по участию в европейских тендерах по новым перспективным разработкам.

Планы развития предприятия направлены на совершенствование и расширение номенклатуры виброметрической аппаратуры.

Перспективными направлениями являются:

- разработка предварительных усилителей, встраиваемых в датчики, в интегральном исполнении. На их основе появится возможность дальнейшего совершенствования конструкций и улучшения технических характеристик датчиков: габаритно-массовых, амплитудного и частотного диапазона, надежности;
- разработка высокочувствительных вибропреобразователей активных виброзащитных устройств для технологического оборудования, для космических аппаратов и транспортных средств;
- разработка автономных измерительных комплексов для контроля технического состояния зданий и сооружений с радиоканалом передачи результатов измерений в реальном масштабе времени. Такие приборы востребованы строительными и эксплуатирующими организациями, надзорными органами и страховыми службами;
- разработка высокотемпературных пьезоэлектрических первичных преобразователей до 1000°C (вибропреобразователей, датчиков давления, силы и акустической эмиссии), необходимых для контроля состояния оборудования в энергетике, металлургии, нефтехимии и т.д.

Литература

1. URL: (www.globaltest.ru).
2. URL: (wwwpcb.com).
3. URL: (www.endevco.com).
4. URL: (www.bksv.com).
5. URL: (www.vibro-meter.com).
6. URL: (www.bay-systems.com).
7. Мелик-Шахназаров В.А., Стрелов В.И., Софиянчук Д.Б., Безбах И.Ж. «Новая конструкция активных виброзащитных устройств» // Письма в ЖТФ, 2012, том 38, вып.6, с. 61-67.
8. Мелик-Шахназаров В.А., Стрелов В.И., Софиянчук Д.Б., Безбах И.Ж. «Электронные цепи управления для активных виброзащитных устройств нового поколения» // Научное приборостроение, 2012, том 22, №3, с.17-23.

PROSPECTIVE LINES OF DEVELOPMENT OF VIBRATION-MEASURING EQUIPMENT

Kirpichev A.A.
GlobalTest LLC, Sarov, Russia

The comparative analysis of the main technical characteristics of piezoelectric sensing acceleration devices of the major foreign companies and LLC GlobalTest is presented in the article. According to the results of the analysis, the prospective lines of development of vibration-measuring equipment were determined.

Keywords: piezoelectric sensing device, acceleration, vibration transducer, accelerometer, preamplifier.

УДК: 629.5.03-8.001.18

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЗАПАСА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОДШИПНИКОВ

Кирпичёв А.А., к.т.н.
Общество с ограниченной ответственностью
ООО "ГлобалТест"

В работе представлены результаты экспериментального разрушения подшипников, с использованием стенда имитационного АР7000, предназначенного для имитации различных режимов работы промышленного оборудования и проверки его технического состояния путем обработки измерительной информации с первичных вибропреобразователей

Ключевые слова: вибрация, подшипник, остаточный ресурс.

Подшипники являются самыми распространенными и наиболее уязвимыми элементами любого роторного механизма. Подшипники осуществляют пространственную фиксацию вращающихся роторов и воспринимают основную часть статических и динамических усилий, возникающих в механизме. Поэтому техническое состояние подшипников является важнейшей составляющей, определяющей работоспособность механизма в целом. Целью эксперимента было выведение подшипников