

Мониторинг вибраций промышленного оборудования позволяет своевременно принять решение о проведении профилактического обслуживания или ремонта

Александр Карман,
karman@micropribor.kiev.ua,

Алексей Келин,
kelin@micropribor.kiev.ua,

Алексей Кожемяка,
alex@micropribor.kiev.ua

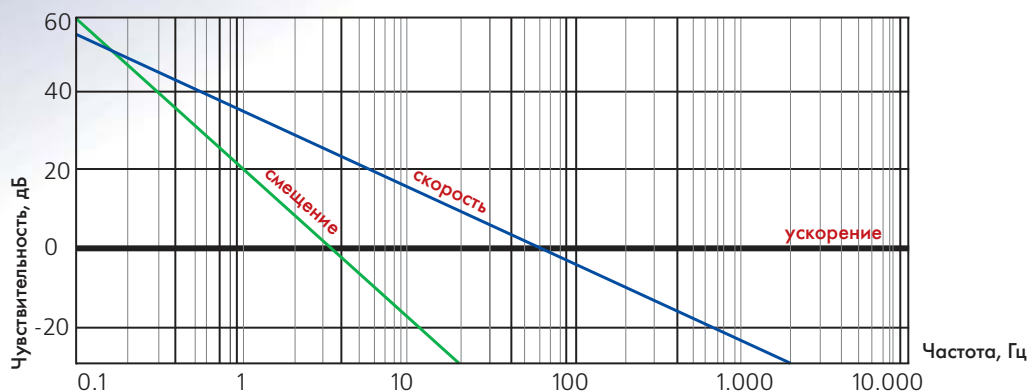


Вибро-КОНТРОЛЬ

Вибрационные воздействия, сопровождающие работу любого промышленного оборудования с механическим перемещением действующих масс, с течением времени приводят к ухудшению его параметров точности или отказам. При этом известно, что вибрационные проблемы на 90 % связаны с неуравновешенностью деталей, несоосностью валов, разбалансом осей, нарастающими (постепенными) отказами подшипников. И все эти неполадки могут

быть своевременно обнаружены в процессе вибрационного мониторинга, что позволяет в планово-предупредительном порядке обеспечить безотказность эксплуатации оборудования.

Экономическая целесообразность такого подхода не вызывает сомнений, так как стоимость датчиков вибрации не превышает 10 % затрат на ремонт 15-киловаттного оборудования и 1 % стоимости ремонта 100-киловаттного оборудования.



Зависимость скорости, смещения и ускорения от частоты вибрации

Для оценки вибрационных воздействий в качестве критерия могут быть использованы ускорение, виброскорость или линейное смещение. И хотя эти параметры математически взаимосвязаны (см. график на с. 14), выбор конкретного типа датчика обуславливается диапазоном частот вибрации: при вибрациях на низких частотах (менее 100 Гц) эффективен контроль по виброскорости, а на высоких частотах (более 1000 Гц) — по виброускорению, так как в этом диапазоне более высокое значение амплитуды имеет сигнал, пропорциональный ускорению.

Предметом дальнейшего рассмотрения будут датчики компании Wilcoxon Research Inc. (www.wilcoxon.com), которые представляют собой пьезоэлектрические акселерометры, причем низкочастотные акселерометры с внутренней интегрирующей цепочкой являются датчиками виброскорости.

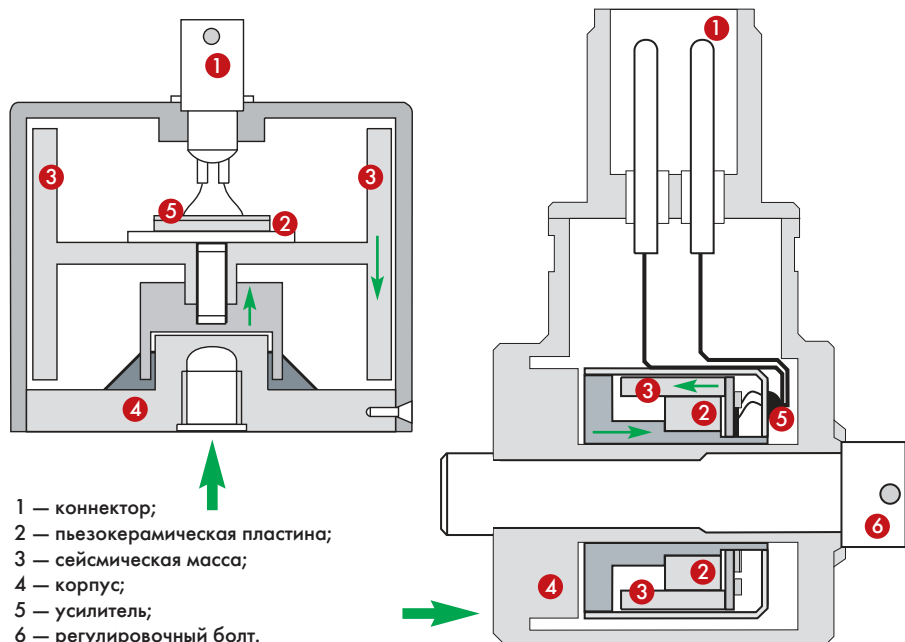
Виброскорость и виброускорение

Основой конструкции датчика является пьезоэлектрическая пластина, жестко закрепленная на массивном корпусе, который подвергается вибровоздействию. На открытую поверхность пьезоэлектрика навешивается так называемая сейсмическая масса (балласт), создающая на пьезоэлектрической пластине усилие, противоположное внешнему вибровоздействию.

Эти противоположные усилия деформируют пьезоэлектрик, на поверхности которого при этом в результате пьезоэффекта возникает разность потенциалов, пропорциональная деформирующей силе, а значит и ускорению.

Сигнал от пьезоэлектрика формируется встроенной в датчики электроникой и подается на внешний разъем в масштабированном виде: 100 мВ/г — в акселерометрах,

Конструкции датчиков виброускорения и виброскорости



100 мВ/мм/с — в датчиках виброскорости.

В связи с различием чувствительности датчиков на высоких и низких частотах возникает вопрос о факторах, которые определяют это различие. Одним из них для акселерометра является сейсмическая масса, увеличение которой ограничивает чувствительность по высокочастотной вибрации, но повышает эффективность контроля на низкой частоте, что обусловлено основополагающим соотношением массы и ускорения в классической механике.

Повышение чувствительности встроенной электроники в сочетании с применением малошумящего низкочастотного усилителя также ограничивает высокочастотную границу виброконтроля, но позволяет осуществлять мониторинг на инфранизких

частотах (0,1–1,0 Гц). Такая схема используется в датчиках сейсмической активности для регистрации слабых воздействий (микроускорений величиной от 10 до 5 г).

Определяющим фактором чувствительности датчика является характеристика пьезоэлектрика (параметры пьезоэффекта) — его способность продуцировать заряды при деформации, связанной с механическим воздействием сейсмической массы.

Так, величина пьезоэффекта для кварца составляет 2,2 рс/Н (рс/Н — пикокулон/ньютон), а ниобата лития — 21 рс/Н, что на 1–2 порядка меньше этого параметра для пьезоэлектрической керамики PZT на основе циркония и титана, которая используется сегодня во всем мире в преобладающих объемах датчиков вибрации.

Акселерометры и датчики виброскорости компании Wilcoxon

Наименование	Model 732A	Model 712F	Model 993B-7	Model 731A	Model 793V	Model PC 420VR
Чувствительность	10 мВ/г	100 мВ/г	100 мВ/г	10 мВ/г	100 мВ/дюйм/с	5 % (4–20 мА)
Погрешность, %	5	10	10	10	10	5
Диапазон частот, Гц	0,5–25 000	3,0–25 000	2–7000 (X,Y) 2–10 000 (Z)	0,05–500	2,5–7000	10–1000
Максимальная температура, °С	120	120	120	65	120	85
Применение	Редукторы, малые подшипники, шпиндели, компрессоры	Редукторы, малые подшипники, шпиндели, компрессоры	Трехкоординатное измерение	Мониторинг землетрясений, контроль подземных выработок	Насосы, машины для производства бумаги	Электро-двигатели, насосы, взрывобезопасное оборудование

Оценка износа механизмов с помощью датчика PC 420 VR

Накопленный опыт экспертных оценок, базирующихся на мониторинге работы оборудования различной мощности, позволил разработать обобщенную таблицу-диаграмму зависимости параметров виброскорости от состояния оборудования.

Зона А: виброскорость от менее 0,7 мм/с (мощность оборудования до 15 кВт) до 2,8 мм/с (мощность оборудования свыше 100 кВт), то оборудование работает в нормальном режиме.

Зона В: виброскорость от менее 1,8 мм/с (оборудование мощностью до 15 кВт) до 7 мм/с (мощность оборудования более 100 кВт). В этой зоне имеет место начальная стадия износа, однако эксплуатация оборудова-

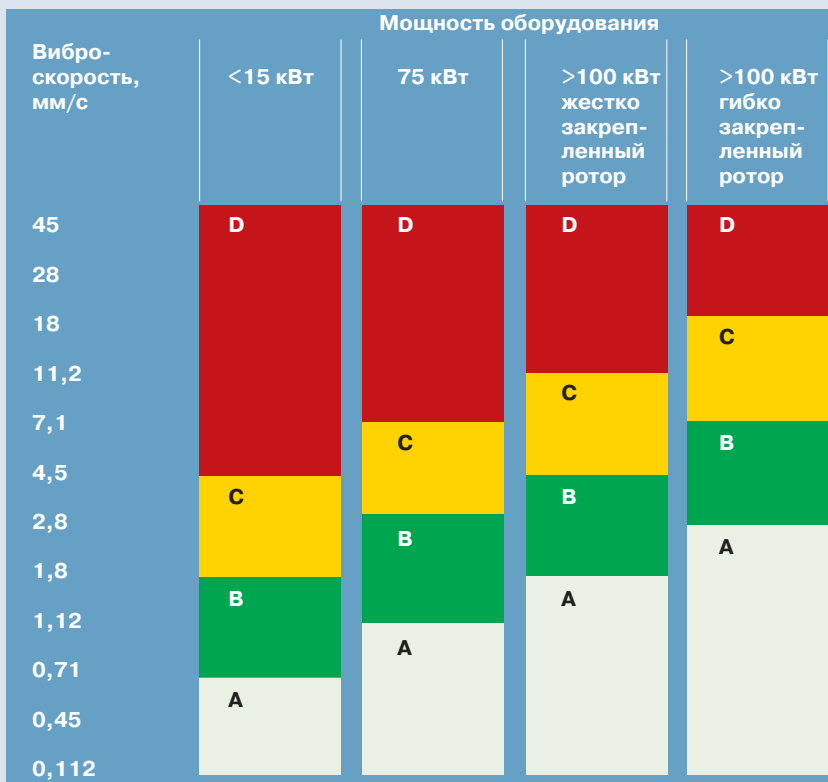
ния может быть продолжена.

Зона С: виброскорость от менее 4,5 мм/с (мощность оборудования до 15 кВт) до 18 мм/с (мощность оборудования более 100 кВт).

В этой зоне уровень вибрационных воздействий высок, безотказная работа оборудования не гарантируется, должны быть приняты меры к выводу его из эксплуатации.

Зона D: виброскорость от более 5 мм/с (мощность оборудования до 15 кВт) до более 20 мм/с (мощность оборудования более 100 кВт).

В этой зоне параметры виброскорости превышают пределы безопасной эксплуатации, поэтому оборудование должно быть остановлено.



Причины вибраций в редукторах, двигателях, подшипниках

Разделение вибрационных процессов по частоте очень условно. Отсчет обычно ведется применительно к скорости вращения вала, а вибрационные воздействия характеризуются спектром частот, в котором преобладают те или иные составляющие.

Так, в редукторах проявляется вибрация, пропорциональная числу

зацеплений зубцов (то есть более высокочастотная, чем процесс, корелирующий непосредственно со скоростью вращения вала), но может присутствовать и низкочастотная составляющая, обусловленная влиянием, например, сломанного зуба шестеренки.

В подшипниках частота вибрации в 20–40 раз превышает скорость вращения вала. При этом вал может со-

вершать как десятки оборотов в минуту, например, в гидротурбинах, валах бумагоделательных машин, механизмах перемешивания в оборудовании для переработки пищевых продуктов, так и тысячи (а иногда и десятки тысяч) оборотов в минуту.

Примером источника высокочастотной вибрации может служить вал автомобильного двигателя (6000–8000 об/мин) и связанная с ним шестеренка коробки передач на несколько десятков зацеплений (частота вибрации около 5–6 кГц).

Контроль высокочастотной вибрации обеспечивается акселерометрами, имеющими малую сейсмическую массу и, соответственно, высокую частоту собственного резонанса (45–60 кГц), что позволяет регистрировать вибрационные ускорения на частотах до 25 кГц (Model 732A и Model 712F).

Мониторинг низкочастотных вибраций, возникающих при работе крупногабаритных машин и механизмов, востребован в гораздо большей степени в связи с высокой стоимостью оборудования и повышенной опасностью отказов в таких системах.

Датчики контроля низкочастотной вибрации отличаются увеличенной сейсмической массой, поэтому их собственная частота резонанса составляет от 15 кГц (для сенсора Model 793L) до 815 Гц (для сейсмодатчика Model 731A), благодаря чему они позволяют отслеживать вибрацию на инфранизких частотах от 0,05 до 0,2 Гц.

Виброскорость в токовой петле

Контроль виброскорости обеспечивают датчики Wilcoxon PC 420 VR. Особенность этих датчиков состоит в том, что встроенная в них электроника формирует на выходе так называемую токовую петлю – сигнал 4–20 мА, пропорциональный виброскорости исследуемого процесса. При этом для работы датчика не требуется дополнительного источника питания, кроме питания для токовой петли (этот сенсор относится к датчикам типа LPS – Loop Power Sensor).

Датчики Wilcoxon PC 420 VR ориентированы на контроль низкочастотных процессов, а их встроенная электроника работоспособна в промышленном диапазоне температур от -40 до +85 °С.

Во взрывобезопасном исполнении они удовлетворяют требованиям стандарта EEx d IIC T3C. **MA**



ДАТЧИКИ ТИСКУ

ТОВ «МИКРОПРИЛАД»
4, вул. Котельникова, Київ, 03115, Україна
тел.: 38 (044) 459 6895
факс: 38 (044) 459 6894
sales@micropribor.kiev.ua

www.micropribor.com.ua

ПАРТНЕРСТВО В ЕЛЕКТРОНІЦІ