

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ ВИБРАЦИИ С ICP-АКСЕЛЕРОМЕТРОМ ВД06А

Фирма "Микроникс" разрабатывает и производит различные типы датчиков. Они предназначены для автоматизации производства и контроля технического состояния машин и механизмов. Один из типов датчиков – пьезоэлектрические акселерометры. Их применяют во всех областях профессиональных виброизмерений – системах диагностики, мониторинга и аварийного отключения оборудования. Акселерометры фирмы "Микроникс" задействованы в транспортной системе, в теплоэнергетике, гидроэнергетике и других отраслях.

Внедрение мониторинга вибраций и вибродиагностики оборудования позволяет сделать эксплуатацию машин, механизмов и агрегатов безопасной. Пьезоэлектрические акселерометры стали одним из основных инструментов реализации таких программ. Они имеют малые габаритные размеры и массу и способны измерять вибрацию в широком частотном и амплитудном диапазонах. За счет высокой резонансной частоты собственных колебаний (30–50 кГц) пьезоэлектрические акселерометры используются для регистрации высокочастотных процессов вплоть до 20 кГц. В статье описаны ICP®* (Integrated Circuit-Piezoelectric) акселерометр ВД06А (рис. 1, табл. 1) и интегрирующий преобразователь сигнала вибродатчика ИПВ-2 (рис. 2, табл. 2), позволяющие организовать недорогой измерительный канал вибрации с аварийным отключением контролируемого механизма.

ICP АКСЕЛЕРОМЕТР ВД06А

Акселерометр ВД06А – это модернизация серийного вибродатчика ВД03А [1], в котором улучшены некоторые конструктивные и схемные решения, а также применен стандартизованный выход типа ICP. Так же, как и ВД03А, акселерометр может использоваться в системах диагностики, мониторинга

* ICP® – зарегистрированный торговый знак фирмы PCB Piezotronics, Inc.



А.Филимонов, Н.Барвинченко

и аварийного отключения машин и механизмов различных отраслей промышленности. ICP датчики ВД06А соответствуют требованиям ГОСТ 30296-95 и ГОСТ 22261-94.

Особенность датчиков ВД06А – чувствительный элемент из специальной пьезокерамики типа ЦТС со стабильными характеристиками вплоть до температуры 260°C. Конструктивные решения позволили получить частотную характеристику, неравномерность которой не превышает 1 дБ в диапазоне от 0,5 Гц до 10 кГц.



Рис. 1. Датчик вибрации ВД06А

Таблица 1. Основные параметры ВД06А

Параметр	Значение
Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте (159,159 Гц), мВ·с ² /м	10
Рабочий диапазон измеряемых виброускорений, м/с ²	0–500
Рабочий диапазон частот, Гц	0,5–10000
Неравномерность частотной характеристики, %	±10
Нелинейность амплитудной характеристики, %	±4
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %	±5
Тип выхода	ICP
Диапазон рабочих температур, °С	-50...70
Масса, г	50
Габариты (в основании шестигранник под ключ 17 мм), мм	~ 19x38



Рис.2. Преобразователь ИПВ-2

Таблица 2. Основные параметры ИПВ-2

Наименование параметра	Значение
Тип выходного сигнала, мА	4–20
Максимальная измеряемая виброскорость (предустановка), мм/с	20, 32, 50
Максимальная погрешность преобразования, %	5
Напряжение питания, В	18–36
Сопротивление нагрузки, Ом	0–600
Расстояние от датчика до преобразователя, м	± 20
Диапазон рабочих температур, °С	-40...75
Габариты, ШхВхГ, мм	70 · 80 · 80
Масса, г	300

Датчик ВД06А имеет встроенный микроэлектронный усилитель со стандартизованным выходом типа ICP. Именно с его помощью можно согласовать высокое выходное сопротивление вибропреобразователя с низким входным сопротивлением соединительного кабеля. Это исключает электромагнитные наводки на кабель, так что вторичная аппаратура может быть размещена на расстоянии до 20 м от места контроля. Датчик оснащен миниатюрным коаксиальным разъемом типа CP50-267 для подключения к внешним устройствам.

Герметичный корпус из полированной нержавеющей стали, посадочная плоскость, притертая по 10 классу чистоты, специальная технология превентивного старения пьезоэлементов гарантируют, что датчик будет работать долго в неблагоприятных условиях без потери точности измерений.

Стационарно рекомендуется устанавливать датчик на шпильке М5 с фиксацией шпильки (на посадочном месте) и датчика (на шпильке) каким-либо клеевым составом, чтобы избежать откручивания. При временной установке можно применить воск или магнитное крепление (может поставляться в комплекте с датчиком). Важно, что иные, кроме шпильки, способы крепления снижают верхнюю границу измеряемых частот. Частота резонанса закрепленного датчика составляет не менее 35 кГц. Назначенная наработка на отказ – 10 тыс. ч.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ИПВ-2

Преобразователь ИПВ-2 линейно преобразует сигнал вибродатчика ВД06А, а также других типов пьезоэлектрических акселерометров, в унифицированный электрический сигнал 4–20 мА, пропорциональный среднеквадратическому значению (СКЗ) виброскорости.

Модификация ИПВ-2Р имеет два дополнительных выхода. Один из них (тип "открытый коллектор") предназначен для включения сигнализации в случае превышения первого, предупредительного, уровня вибраций. Другой (тип "сухой контакт") – для отключения оборудования в случае превышения второго (аварийного) уровня вибраций. При прохождении собственных резонансных частот во время разгона механизмов в преобразователе происходит задержка аварийного отключения, чтобы не срабатывала защита.

Модификация ИПВ-2РИ имеет дополнительно стандартный цифровой выход RS-232. Это позволяет быстро менять уставки (настройки) преобразователя, в том числе для задания предупредительного и аварийного уровней СКЗ виброскорости, времени задержки на время разгона и др. Изменить уставки можно с помощью ноутбука и стандартной терминальной программы.

В преобразователь (рис.3) входят вторичные источники питания, цепь питания датчика, входной усилитель, аналоговый интегратор, буферный усилитель проинтегрированного сигнала, микропроцессор, преобразователь "напряжение-ток", цепь предупредительной сигнализации (R2, V2, VT2), цепь аварийного отключения (R1, V1, VT1, K1), преобразователь уровня.

Цепь питания датчика – это источник напряжения с нагрузочным резистором или источник тока (в зависимости от типа датчика). Выходной сигнал датчика, пропорциональный виброускорению, усиливается входным усилителем и поступает на аналоговый интегратор. Аналоговый интегратор преобразует этот сигнал в напряжение, пропорциональное мгновенному значению виброскорости. Сигнал с выхода интегратора усиливает масштабирующий буферный усилитель до значения, которое позволяет максимально реализовать разрешающую способность аналого-цифрового преобразователя (АЦП). АЦП входит в микропроцессор. В микропроцессоре сигнал преобразуется в цифровую форму, вычисляется СКЗ для ряда значений сигнала, а СКЗ преобразуется из цифровой

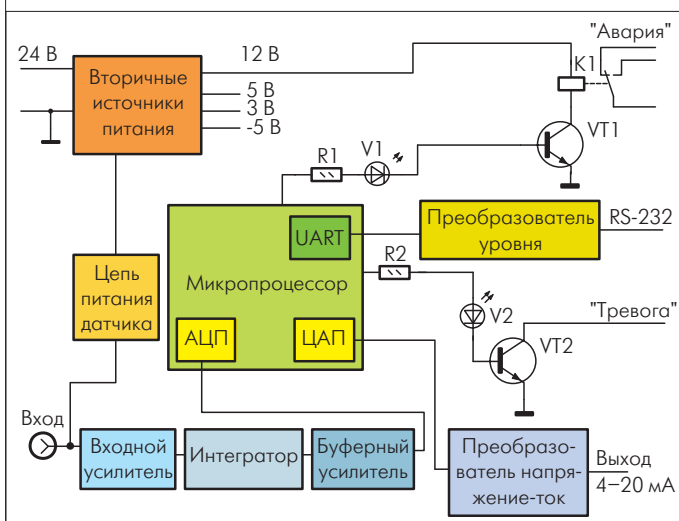


Рис.3. Структурная схема преобразователя ИПВ-2РИ

формы в аналоговое напряжение встроенным цифроаналоговым преобразователем (ЦАП). Выходной сигнал микропроцессора преобразуется в стандартный диапазон токов преобразователем "напряжение-ток" и поступает на выход устройства 4–20 мА.

Зависимость величины измеряемого СКЗ виброскорости от выходного тока ИПВ-2 описывается формулой

$$V_c = K_{ИПВ} \cdot (I_{вых} - 4) \cdot K_d,$$

где V_c [мм/с] – СКЗ виброскорости; $K_{ИПВ}$ – коэффициент преобразования ИПВ-2; $I_{вых}$ [мА] – значение выходного тока преобразователя (4–20 мА); K_d [мВ/(м/с²)] – коэффициент преобразования вибродатчика (из паспорта конкретного экземпляра датчика).

Для модификации ИПВ-2 с максимально измеряемой виброскоростью 20 мм/с коэффициент $K_{ИПВ} = 0,1786$. Таким образом, только при $K_d = 7$ мВ/(м/с²) выходному постоянному току 20 мА соответствует заданный уровень виброскорости 20 мм/с. Для других значений K_d уровень виброскорости необходимо пересчитывать по приведенной формуле. У преобразователя с цифровым выходом можно корректировать $K_{ИПВ}$ таким образом, чтобы выходной ток 20 мА соответствовал заданному уровню виброскорости (20, 32, 50 мм/с) для вибродатчика с любым коэффициентом K_d .

В модификации ИПВ-2Р, кроме основного сигнала 4–20 мА, микропроцессор формирует еще два сигнала. С помощью цепи предупредительной сигнализации (R2, V2, VT2) формируется сигнал превышения первой уставки виброскорости, который поступает на выход "Тревога" и дублируется свечением светодиода V2 на лицевой панели прибора. Цепь аварийного отключения (R1, V1, VT1) формирует сигнал превышения второй уставки виброскорости. Он поступает на обмотку реле K1 и дублируется свечением светодиода V1 на лицевой панели прибора. Реле K1 коммутирует своими контактами внешние исполнительные устройства, подключенные к выходу "Авария". Номиналы резисторов R1, R2 выбирают исходя из ограничения тока базы транзисторов VT1, VT2, согласующих выходные сигналы микропроцессора с внешними цепями.

В модификации ИПВ-2РИ, кроме аналогового сигнала на выходе ЦАП, микропроцессор формирует на выходе универсального приемопередатчика (UART) цифровой сигнал, пропорциональный СКЗ виброскорости. Через преобразователь уровня, согласующий выходные сигналы UART с внешними цепями, цифровой сигнал поступает на выход RS-232. Релейные выходы "Тревога" и "Авария" работают так же, как и в модификации ИПВ-2Р.

Преобразователь выполнен в пластмассовом корпусе с креплением на стандартную DIN-рейку или плоскость. Входные и выходные проводники присоединяются при помощи

клеммных колодок на крышке преобразователя. Для подключения кабеля от вибродатчика на крышке преобразователя предусмотрен коаксиальный разъем типа CP50-267. Время непрерывной работы преобразователей не ограничено. Устройство питается от внешнего источника постоянного напряжения 24 В, 200 мА. Датчик подключен к преобразователю коаксиальным кабелем.

КАНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ ВИБРАЦИИ ВД06А-ИПВ-2

Акселерометр ВД06А и преобразователь ИПВ-2 образуют простой канал измерения общего уровня вибраций. Его можно использовать как в системе мониторинга состояния оборудования, так и самостоятельно. В систему мониторинга сигнал с ИПВ-2 можно завести как на стандартный аналоговый вход 4–20 мА, так и в цифровом виде по RS-232. При самостоятельном применении канал ВД06А–ИПВ-2 может выдавать предупредительный сигнал на щит сигнализации оператора, если превышена первая уставка СКЗ виброскорости. Также он может отключать оборудование автоматически при превышении второй уставки. Именно так устройство применяют на ответственных участках технологической цепочки, когда выгоднее предотвратить выход из строя оборудования, чем устранять последствия аварии.

Чтобы задействовать канал измерения вибраций, обычно проводят предварительные эксперименты по выявлению допустимого уровня вибрации конкретного механизма. Ведь утвержденные нормы вибрации [2] существуют далеко не для всех видов оборудования.

Описанный канал измерения вибраций – одно из эффективных устройств защиты оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жицкий В.Е., Щедрин В.И. Датчик вибрации ВД03А со встроенным усилителем. – Приборы и Системы, 2003, № 6.
2. ГОСТ Р ИСО 10816-3-99. Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на не вращающихся частях.