

Перспективные разработки ООО НПП «Вибробит». Датчики со встроенной электроникой

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ВИБРОБИТ

Разработка и производство автоматизированных систем контроля вибрации и механических величин (АСКВМ) – основное направление деятельности ООО НПП «Вибробит». В статье представлены новые датчики линейки «Вибробит» со встроенной электроникой и различным принципом действия, применяющиеся для построения АСКВМ. Перечислены конструктивные особенности устройств, объяснен их принцип действия, приведены технические характеристики.

ООО НПП «Вибробит», г. Ростов-на-Дону

Надежная и безаварийная эксплуатация промышленного оборудования требует наличия непрерывного стационарного контроля и диагностики общего состояния машин и механизмов. При этом важными для анализа являются параметры динамического движения (вибрация) и статического положения узлов агрегатов.

Основным направлением деятельности ООО НПП «Вибробит» является разработка и производство автоматизированных систем контроля вибрации и механических величин (АСКВМ), информационно-технических (ИТ) систем, предназначенных для непрерывного стационарного измерения и контроля параметров механического состояния паровых и газовых турбин, турбокомпрессоров, центробежных насосов и других машин во время их эксплуатации.

Активное сотрудничество с отечественными и зарубежными производителями турбин – АО «Уральский турбинный завод», АО «Силовые машины», АО «Калужский турбинный завод», ОАО «Турбоатом» и другими – дает возможность построения оптимальных, полностью совместимых систем контроля вибрации АСКВМ «Вибробит» с учетом механических и технических характеристик контролируемого оборудования.

Широкая номенклатура продукции и услуг, предоставляемых предприятием «Вибробит», позволяет укомплектовать систему стационарного контроля вибрационного состояния оборудования аппаратурой

одного производителя. В числе этого оборудования:

- ▶ датчики, первичные усилители и преобразователи, механизмы установки, аксессуары, проверочные стенды;

- ▶ измерительные и вспомогательные вторичные модули, сервисное оборудование;

- ▶ программно-технический комплект (ПТК) «Интегрированная система вибрационного мониторинга (ИСВМ) «Вибробит Web.Net.Monitoring»;

- ▶ ПТК «Автоматизированная система вибрационной диагностики (АСВД) «Вибробит Web.Net.Diagnostics»;

- ▶ ПТК «Автоматизированная система динамической балансировки (АСДБ) «Вибробит Web.Net.Balancing».

Поддерживая в актуальном техническом состоянии аппаратуру, выпускаемую предприятием длительное время (датчики и преобразователи аппаратуры «Вибробит 100», модули аппаратуры «Вибробит 300», цифровые преобразователи аппаратуры «Вибробит 400»), ООО НПП «Вибробит» завершило разработку новой продукции, которая на текущий момент находится на следующих этапах по утверждению типа средств измерений:

- ▶ датчики пьезоэлектрические абсолютной вибрации со встроенной электроникой – получено свидетельство об утверждении типа средств измерений;

- ▶ вихретоковые датчики смещений (виброперемещений) со встроенной электроникой – в процессе утверждения типа;

- ▶ емкостные датчики воздушного зазора – в процессе утверждения типа;

- ▶ прецизионные датчики угла наклона – в процессе утверждения типа;

- ▶ датчики контроля частоты вращения – планируется утверждение типа;

- ▶ малогабаритные модули (2U) контрольно-измерительной аппаратуры «Вибробит 500» – завершающий этап процесса утверждения типа.

Также ООО НПП «Вибробит» ведет активную исследовательскую деятельность по следующим направлениям:

- ▶ оптимизация алгоритмов цифровой обработки вибрационных сигналов, применяемых в модулях измерительных;

- ▶ повышение достоверности выявляемых дефектов в контролируемом оборудовании системой автоматизированной вибрационной диагностики;

- ▶ создание технических средств перспективных методов измерений (крутильные колебания, изгибная форма ротора и др.), направленных на повышение точности оценки технического состояния роторного оборудования.

ООО НПП «Вибробит» предлагает технические решения по построению автоматизированных систем вибрационного контроля и диагностики как для небольших агрегатов (насосов, вентиляторов и т.д.), так и для турбоагрегатов большой мощности, с многочисленным вспомогательным роторным оборудованием.



С треугольным фланцевым основанием



С шестигранным основанием

Рис. 1. Основные типы пьезоэлектрических датчиков: внешний вид

Датчики со встроенной электроникой

Состав аппаратуры производства ООО НПП «ВИБРОБИТ» пополнился серией новых датчиков со встроенной электроникой, размещаемой в корпусе датчика или в соединительном разъеме. Совмещение чувствительного элемента и нормирующего усилителя в одном корпусе (или в разъеме) позволяет:

- улучшить метрологические характеристики датчиков;

- расширить диапазон измерения по амплитуде и частоте;
- повысить степень защиты оболочки;
- повысить надежность;
- уменьшить габаритные размеры;
- упростить монтаж датчиков.

В зависимости от исполнения датчиков выходной сигнал представлен унифицированным током 4–20 мА или напряжением в соответствии со стандартом IEPЕ (подобный ICP).

Кабель датчика в зависимости от исполнения защищается металлорукавом либо плетенкой из нержавеющей стали.

Серия датчиков с электронным узлом, размещенным на кабеле, имеет цифровой интерфейс 1-Wire, который позволяет считывать диагностические параметры работы встроенной электроники и при необходимости корректировать коэффициенты преобразования, смещения и др. (например, для вихретоковых датчиков – при существенном отличии марки металла на объекте контроля).

Применение встроенной в датчик электронной схемы позволило существенно увеличить длину кабельных линий связи (до 400 м) без применения промежуточных коробок с преобразователями.

Датчики пьезоэлектрические абсолютной вибрации, серия «ВИБРОБИТ AV100»

Пьезоэлектрические датчики со встроенной электроникой (рис. 1, табл. 1) предназначены для измерения виброускорения, виброскорости, виброперемещения, НЧ виброскорости, СКЗ виброскорости.

Датчики абсолютной вибрации являются датчиками инерционного типа. Их чувствительным элементом является пьезоэлектрический элемент, преобразующий действующую на него силу в электрический заряд.

Все датчики имеют встроенный электронный узел (электронную схему), в котором электрический заряд пьезоэлектрического элемента усиливается, интегрируется, фильтруется, преобразуется в унифицированный выходной сигнал по току (4–20 мА) либо по напряжению (стандарт IEPЕ). Датчики изготавливаются с нормированным коэффициентом преобразо-

Таблица 1. Основные технические характеристики датчиков вибрации

Характеристика	Значение
Диапазоны измерений виброускорения (датчики типа A1xx, A2xx), м/с ² , включ.	От 0 до 20; от 0 до 50; от 0 до 100
Диапазоны измерений виброскорости (датчики типа V1xx), мм/с, включ.	От 0 до 30; от 0 до 100
Диапазоны измерений СКЗ виброскорости (датчики типа Ve1xx), мм/с, включ.	От 0 до 32; от 0 до 50
Диапазон рабочих частот виброускорения, Гц, включ.	От 2 до 3500; от 2 до 5000; от 10 до 3500
Диапазон рабочих частот виброскорости, Гц, включ.	От 0,7 до 200; от 2 до 2500; от 10 до 2500
Диапазон рабочих частот СКЗ виброскорости, Гц, включ.	От 2 до 1000; от 10 до 1000
Пределы отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте в нормальных условиях, %	±4
Нелинейность амплитудной характеристики на базовой частоте, %	±2,5
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %	±2,5
Диапазон рабочих температур, °С: • пьезоэлектрический вибропреобразователь, исполнения с кодом «Е»; • внешний усилитель и датчики с электроникой в корпусе вибропреобразователя; • датчики с усилителем в корпусе вибропреобразователя, исполнения с кодом «С»	-40...+180 -40...+85 -40...+120
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения в диапазоне рабочих температур, %	±7
Диапазон напряжений питания, В	От плюс 22 до плюс 30
Ток потребления, мА, не более	30
Типы выхода	Сигнал тока 4–20 мА; сигнал напряжения типа IEPЕ
<i>Габаритные размеры и крепежные размеры, а также дополнительные технические характеристики указаны в руководстве по эксплуатации (РЭ) на данный тип датчиков.</i>	



Цилиндрический бесконтактный, резьба М16 (датчики типа S120)



Цилиндрический бесконтактный, резьба М10 (датчики типа S110)



Прямоугольный бесконтактный (датчики типа S143)



Прямоугольный с линейкой (штоком) (датчики типа S150)

Рис. 2. Основные типы вихревых датчиков: внешний вид

Таблица 2. Основные технические характеристики датчиков перемещений

вания, это упрощает их замену и использование в любых измерительных системах.

По размещению электронного узла датчики подразделяются на два основных типа:

- с электронным узлом, расположенным в корпусе самого датчика;
- с электронным узлом, расположенным на конце кабеля в компактном соединительном разъеме.

Размещение электронного узла в коммутационном разъеме датчика со степенью защиты IP67 позволило расширить температурный диапазон чувствительного элемента до +180 °С без сокращения срока службы датчика.

Датчики выпускаются в двух основных исполнениях, различающихся типом корпуса и креплением пьезопреобразователя к объекту контроля:

- треугольное фланцевое основание, крепление на трех винтах М4, расположенных по окружности диаметром 30,6 мм и сдвинутых друг относительно друга на угол 120 градусов (код крепления ФЗМ4);

Характеристика	Значение
Диапазоны измерения перемещений в статическом режиме, мм: • датчики типа S110 • датчики типа S120 • датчики типа S121 • датчики типа S141, S142, S143 • датчики типа S150, S151	1,0; 2,0; 2,5; 2,0; 4,0; 5,0; 2,0; 4,0 от 8,0 до 50 от 30 до 360
Диапазоны измерения перемещений в динамическом режиме (от и до включ.), мкм: • датчики типа S110 • датчики типа S120	25–500 50–1000
Диапазон частот перемещений (динамический режим), Гц	0–1500
Отклонение калибровочного коэффициента преобразования от номинального значения в нормальных условиях, %	±1,0
Отклонение калибровочного коэффициента преобразования от номинального значения в диапазоне рабочих температур, %	±2,5
Основная относительная погрешность измерения перемещений в динамическом режиме при номинальном зазоре, %	±4,0
Нелинейность амплитудной характеристики, %	±1,0
Диапазон рабочих температур окружающей среды при эксплуатации (от и до включ.), °С • исполнение «Е» • исполнение «С» • внешнего электронного преобразователя	-40...+180 -40...+100 -40...+85
Выходной сигнал, мА	4–20
Напряжение питания, В	24 ± 2
Ток потребления, мА, не более	30
<i>Габаритные размеры и крепежные размеры, а также дополнительные технические характеристики указаны в руководстве по эксплуатации (РЭ) на данный тип датчиков.</i>	



Рис. 3. Датчик уклона: внешний вид



Рис. 4. Датчик частоты вращения серии N3xxC: внешний вид

► шестигранное основание, крепление в одно монтажное отверстие М8 через переходную площадку. Затяжка посредством фиксирующей гайки (код крепления Ш24М8).

Вихретоковые датчики перемещений, серия S100

Вихретоковые датчики (рис. 2, табл. 2) со встроенной электроникой предназначены для измерения: относительных перемещений, размаха виброперемещения, частоты вращения.

Датчики представляют собой бесконтактные вихретоковые измерители, создающие высокочастотное электромагнитное поле, которое распространяется в пространстве и создает в металле вихревые токи, приводящие к его ослаблению. Ослабление происходит обратно пропорционально величине воздушного зазора между датчиком и металлом (объектом контроля). Собственно датчиком является катушка индуктивности, расположенная непосредственно возле объекта контроля (или штока) и связанная с электрической схемой преобразователя, встроенного в корпус или разъем датчика.

Выходной величиной датчика является мгновенное значение тока, пропорциональное измеряемому параметру. То есть изменение параметра в пределах диапазона измерения вызывает пропорциональное изменение выходного тока в диапазоне от 4 до 20 мА.

По размещению электронного узла вихретоковые датчики перемещений подразделяются на два основных типа:

► с электронным узлом, расположенным в корпусе самого датчика;

Таблица 3. Основные технические характеристики датчиков уклона

Характеристика	Значение
Диапазоны измерения наклона (S), мм/м	±2,0; ±5,0
Выходной сигнал (от и до включ.), мА	0(4)–20
Пределы отклонения коэффициента преобразования, %	±2,5
Пределы нелинейности амплитудной характеристики, %	±2,5
Диапазон рабочей температуры окружающей среды (от и до включ.), °С:	-40...+120
Пределы допускаемой приведенной погрешности измерения в диапазоне рабочих температур, %	±5,0
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более	±5,0
Напряжение питания, В	+(18–36)
Ток потребления, мА, не более	45
Габаритные размеры, мм:	64 × 48 × 26
<i>Крепежные размеры, а также дополнительные технические характеристики указаны в руководстве по эксплуатации (РЭ) на данный тип датчиков.</i>	

Таблица 4. Основные технические характеристики датчиков частоты вращения на эффекте Холла

Характеристика	Значение
Диапазон установочного зазора, мм	От 0,5 до 2,5*
Размеры контрольной поверхности (паз), мм, не менее	
• ширина	3*
• высота	3*
• толщина	6*
Диапазон измеряемых частот, Гц	От 0 до 17000 Гц
Тип выходного сигнала	Импульсный сигнал частоты вращения
Диапазон выходных напряжений, В	
• нижняя граница (низкий уровень)	От 0 до 2
• верхняя граница (высокий уровень)	от (Uп – 2) до Uп**
Максимальный рабочий выходной ток, мА	20
Защита от короткого замыкания по выходу, с, не более	10
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+120
Диапазон напряжений питания, В	+10...+30
Ток потребления, мА, не более	20
Варианты исполнений по типу наружной резьбы	M12, M14, M16, M18, M22 3/4", 3/4", 5/8" UNF
* Рекомендованные соотношения размеров контрольной поверхности и допустимых зазоров установки датчика, а также дополнительные технические характеристики указаны в руководстве по эксплуатации (РЭ) на данный тип датчиков.	
** Uп – уровень напряжения питания датчика.	

► с электронным узлом, расположенным на конце кабеля в компактном соединительном разъеме.

Датчики уклона, серия S170C

Датчики уклона (рис. 3, табл. 3) предназначены для прецизионного измерения абсолютного наклона деталей и узлов промышленного оборудования и конструкций. Разрешающая способность датчиков данного типа соответствует значению 0,01 мм/м.

Датчик разработан на основе высокочувствительной прецизионной интегральной микросхемы измерения статического ускорения, выполненной по технологии MEMS. Применение современных электронных компонентов позволило разработать прецизионный датчик со встроенной электроникой (в корпусе самого датчика) и широким диапазоном рабочих температур: от -40 до +120 °С.

Начальное смещение угла наклона при установке датчика в рабочее положение может быть скомпенсировано путем цифровой подстройки по интерфейсу I²C.

Выходной величиной датчика является значение тока, пропорциональное углу наклона поверхности. То есть изменение параметра в пределах диапазона измерения вызывает пропорциональное изменение выходного тока в диапазоне от 4 до 20 мА.

Датчики частоты вращения, серия N3xxC

Датчики частоты вращения серии N3xxC (рис. 4, табл. 4) предназначены для измерения частоты вращения валов различных агрегатов. Они представляют собой первичный преобразователь, преобразующий частоту вращения зубчатого ферромагнитного колеса, закрепленного на валу агрегата или паза ротора, в электрические импульсы напряжения прямоугольной формы.

Принцип действия датчиков основан на использовании эффекта Холла. Встроенный дифференциальный полупроводниковый чувствительный элемент преобразует изменения магнитного поля, возникающие при прохождении профиля зуба вблизи датчика, в изменение напряжения, а встроенная электронная схема преобразует их в импульсы напряжения прямоугольной формы.

Применение современных электронных компонентов позволило раз-

работать быстродействующий датчик со встроенной электроникой (в корпусе самого датчика) и широким диапазоном рабочих температур: от -40 до +120 °С.

Дифференциальный принцип измерения уменьшает влияние других магнитных полей рассеяния и вибрации машины, при этом датчик частоты вращения требует правильного позиционирования относительно профиля цели. Помогают в этом плоскости позиционирования на задней части датчика.

Датчики частоты вращения, серия N1xxC

Датчики частоты вращения серии N1xxC (рис. 5, табл. 5) предназначены для измерения частоты вращения валов различных агрегатов. Они представляют собой бесконтактные вихретоковые измерители, создающие высокочастотное электромагнитное поле, которое распространяется в пространстве и создает в металле вихревые токи, приводящие к его ослаблению. Встроенная электронная схема путем компарирования пер-



Рис. 5. Датчики частоты вращения серии N1xxC: внешний вид

Таблица 5. Основные технические характеристики вихретоковых датчиков частоты вращения

Характеристика	Значение
Расстояние работы компаратора до контрольной поверхности из ферромагнитного материала, мм: • датчики типа N121C, N121E • датчики типа N122C, N122E	0,5–3,0 0,5–6,0
Начальный (номинальный) зазор, мм: • датчики типа N121C, N121E • датчики типа N122C, N122E	1,75 ± 0,1 3,5 ± 0,2
Длина «паза», «шпонки», шага «шестерни», мм, не менее: • датчики типа N121C, N121E • датчики типа N122C, N122E	12 20
Глубина «паза», высота «шпонки», не менее: • датчики типа N121C, N121E • датчики типа N122C, N122E	4 5
Диапазон частот, Гц	0–4000
Выходной сигнал, мА: • логический «0» • логическая «1»	не более 5 не менее 20
Сопротивление нагрузки, Ом, не более	500
Напряжение питания датчика, В	24 ± 2
Ток потребления датчика, мА, не более	30
Диапазон рабочих температур окружающей среды при эксплуатации (от и до включ.), °С • датчики типа N121C • датчики типа N121E • внешнего электронного преобразователя	-40...+120 -40...+180 -40...+85
Диаметр наружной резьбы, метрический	M16
<i>Габаритные размеры и крепежные размеры, а также дополнительные технические характеристики указаны в руководстве по эксплуатации (РЭ) на данный тип датчиков.</i>	



Рис. 6. Датчик воздушного зазора серии AGSV-01-25: внешний вид

Таблица 6. Основные технические характеристики датчиков воздушного зазора

Характеристика	Значение
Диапазон измерения зазора, мм: датчики типа AGSV-02-20	5–20
датчики типа AGSV-01-25	5–25
Чувствительность (разрешающая способность), мкм: датчики типа AGSV-02-20	20
датчики типа AGSV-01-25	25
Диапазон выходного сигнала, мА	0(4)–20
Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону погрешности измерений, %	±3,0
Пределы допускаемого относительного отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального, %, не более	±3,0
Пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности измерений при воздействии на чувствительный элемент, нормирующий преобразователь максимальных значений повышенной и пониженной температуры рабочей среды, при максимальной повышенной относительной влажности воздуха, %	±5,0
Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более	±3,0
Период измерений, определяемый настройками, мс, включ.	От 1 до 200
Сопrotивление нагрузки, Ом, не более	500
Диапазон рабочей температуры нормирующего усилителя, °C	-40...+85
Диапазон рабочей температуры для чувствительного элемента, °C	-40...+125
Напряжение питания, В	+24 ± 20
Ток потребления, мА, не более	100
Габаритные размеры чувствительного элемента, мм, не более	
• датчики типа AGSV-02-20	225 × 32 × 1,7 (3,4)
• датчики типа AGSV-01-25	260 × 32 × 3,4
Габаритные размеры нормирующего преобразователя, встроенного в кабель датчика, мм, не более	58 × 12 × 6

вичного сигнала преобразует частоту вращения зубчатого ферромагнитного колеса, закрепленного на валу агрегата или паза ротора, в электрические импульсы тока прямоугольной формы (4–20 мА).

Применение современных электронных компонентов позволило разработать универсальный датчик со встроенной электроникой (в корпусе самого датчика) и широким диапазоном рабочих температур: от –40 до +120 °C. Для применения датчиков в условиях более высоких температур предусмотрено исполнение с электронным узлом, размещенным во внешнем соединительном разъеме. Датчики такого типа рассчитаны на температуру внешних условий до 180 °C.

Датчик воздушного зазора, серия AGSV-01-25

Датчик воздушного зазора AGSV-01-25 (рис. 6, табл. 6) предназначен для измерения воздушного зазора между статором, на котором закреплен датчик, и ротором генератора. Это бесконтактный датчик емкостного типа для измерения расстояния с унифицированным током выходом 4–20 мА.

Состоит из чувствительного элемента емкостного типа и нормирующего преобразователя, соединенных между собой триаксиальным кабелем длиной 2 м. Нормирующий преобразователь датчика представляет собой малогабаритный, защищенный электронный узел (размерами не более 58 × 12 × 6 мм), неразъемно разме-

щенный на кабеле датчика. К преобразователю подключен выходной соединительный многожильный кабель длиной 10 м.

Разрешающая способность датчиков этого типа соответствует значению 25 мкм. Диапазон рабочих температур чувствительного элемента находится в диапазоне от –40 до +125 °C.

Линеаризация сигнала датчика, температурная компенсация выполняется с помощью микроконтроллера, встроенного в нормирующий усилитель. Для настройки и калибровки датчика предусмотрена цифровая линия 1-Wire.

Заключение

Предлагаемые ООО НПП «Вибробит» технические решения соответствуют самым современным техническим требованиям промышленности, а высокий уровень конкурентоспособности предприятия в условиях непрерывно растущих темпов развития контрольно-измерительной аппаратуры обеспечивается в том числе за счет постоянного расширения номенклатуры выпускаемых датчиков, работа над которыми ведется по следующим направлениям:

- ▶ увеличение диапазонов измерения параметров;
- ▶ расширение условий применения;
- ▶ обновление конструктивных исполнений;
- ▶ обеспечение взрывобезопасности;
- ▶ обеспечение импортозамещения;
- ▶ сертификация по специальным условиям применения.

ООО НПП «Вибробит» намерено и в дальнейшем продолжать разработку новых аппаратных и программно-технических средств для автоматизированных систем вибрационного контроля в целях повышения надежности и эффективности эксплуатации промышленного оборудования электростанций и других промышленных предприятий.

А. Г. Добряков, директор,
Г. А. Арушанов, главный инженер,
ООО НПП «Вибробит», г. Ростов-на-Дону,
тел.: +7 (863) 218-2475,
e-mail: info@vibrobit.ru,
сайт: vibrobit.ru