

# Датчики для применения в промышленных условиях

**Тяжелые промышленные условия — емкие слова, за которыми пыль, внезапные удары, жара и влажность. Стоит разобраться, что отличает промышленные датчики, предназначенные для работы в таких условиях, от обычных коммерческих.**

**Сергей Шведов**

«Микроком»  
тел/факс: (812) 110-1212  
microcom@infopro.spb.su

**Н**астоящая статья является своеобразным продолжением материала «Фирма Микроком от Farnell к Assemtch и обратно» («КиТ» № 2/2000). Но если первая публикация содержала самый общий обзор датчиков из каталога Farnell Electronic 1999, то данная представляет попытку анализа принципиальных возможностей технологий, лежащих в основе создания промышленных датчиков. Все рассмотренные ниже примеры взяты из каталога индустриальных изделий Farnell Industrial 1999. Источником информации о сенсорных технологиях фирм Omron и Siemens служат Internet-страницы [www.omron.com](http://www.omron.com) и [www.siemens.com](http://www.siemens.com).

При поиске датчиков, удовлетворяющих конкретным требованиям, следует обратить внимание не столько на наличие превосходных характеристик, сколько на степень соответствия возможностей изделия конкретным условиям применения. Это не только обеспечит эффективность решения техниче-

## Резисторные температурные датчики

В основе этих приборов лежит зависимость электрического сопротивления металлов от температуры. Металлы отличаются чрезвычайно высокой степенью предсказуемости этих изменений. Измерение величины сопротивления и последующее вычисление значения температуры лежит в основе технологии температурных датчиков.

При создании сенсоров наиболее важными характеристиками являются: материал; его температурный коэффициент сопротивления (ТС); номинальное сопротивление и, в некоторых случаях, внутренняя конфигурация резисторной структуры. Материалы, используемые для создания датчиков, должны удовлетворять требованиям линейности зависимости  $t(R)$ , широты температурного диапазона и долговременной температурной стабильности. Более других соответствуют этим требованиям платина, никель, медь, сплав железа с никелем и иридий.

На температурную характеристику влияют электрические и физические свойства материала, технология изготовления. Точность измерений определяется также конфигурацией: в двухпроводной конфигурации (2-wire) в измеряемую цепь добавляется нескомпенсированное сопротивление, что резко увеличивает погрешность измерения. Определенным решением проблемы являются трех- и четырехпроводная конфигурации.

При выборе конкретного терморезистора приходится дополнительно учитывать ряд параметров: точность, размеры, совместимость материалов. Некоторые из них, такие как высокая точность, присуща большинству приборов этого класса. Другие, как, например, антикоррозийная химическая совместимость материалов и требуемые габаритные размеры, определяются исходя из схемы включения.

## Для преобразования давления в электрический сигнал используется пьезоэффект

Ключевым элементом здесь является кремниевый чип, представляющий собой относительно гибкую диафрагму, вокруг которого располагаются в форме моста четыре резистора. Давление на эту кремниевую диафрагму вызывает изменение сопротивления резисторов, что создает на выходе напряжение, пропорциональное приложенному давлению. Датчики разделяются на две основные группы — открытые и изолированные. В открытых давление воздействует непосредственно на кремниевую диафрагму, а в изолированных кремниевый чип отделен от среды дополнительной диафрагмой из нержавеющей стали. Большинство открытых датчиков содержит защитное покрытие поверх кремниевого чипа для защиты его от влаги и пыли. Такие датчики рекомендуется использовать для воздуха и сухих газов. Типичное применение открытых датчиков: пневматическое управление, измерительное оборудование, вентиляция и кондиционирование воздуха. Изолированные датчики предназначены для использования в коррозионных жидких или газообразных средах. Типичное применение изолированных датчиков: управление производственным процессом, газовая и химическая промышленность, гидравлика, регулирование горения.

кой задачи, но, возможно, позволит воспользоваться более дешевой моделью. Производители, понимая это, выпускают, как правило, многовариантные модели, и любая крупная промышленная фирма представляет блок предложений, посвященных датчикам.

## О ТЕХНОЛОГИИ И О СЕБЕ

Компания **Siemens** о технологии датчиков местоположения, линейных и угловых перемещений:

Технология бесконтактной фиксации положения и перемещения объектов использует механическое перемещение постоянного магнита относительно чувствительного элемента, в результате чего в последнем формируется соответствующий электрический сигнал.

Подобная технология работоспособна в широком диапазоне температур, влажности, вибрации. Вариантами исполнения служат датчики на эффекте Холла, магнитно-индуктивные, магнитные и оптические датчики положения.

Несколько слов о некоторых из них.

**Датчики Холла.** Генерируемое внешним полем и измеряемое напряжение Холла зависит от величины плотности магнитного потока, ключевой характеристики датчика. Отсутствие механических контактов удлинит жизнь прибора, обеспечивает отсутствие скачков сигналов и узкий диапазон погрешности.

Рис. 1

LABFACILITY

**Элементы PT100**

Длина=25 мм, диаметр=2,8 мм, длина вывода=8,0 мм. Длина=25,4 мм, ширина=3,2 мм, толщина=0,8 мм, длина вывода=8,0 мм.

Платиновые термометры сопротивления, соответствующие требованиям BS1904 класса B и DIN43760, применяемые для измерений температуры воздуха и газов. Круглый проволочный элемент лучше использовать в защитной трубке из нержавеющей стали. Плоский элемент изготовлен по пленочной технологии, что обеспечивает высокую устойчивость к вибрациям и температурную стабильность. Плоский элемент больше подходит для поверхностных измерений.

Рис. 2

HERGA

**Промышленный переключатель, управляемый уровнем давления**

Контакты: 1 — общий, 2 — замыкается с ростом давления, 3 — замыкается с ростом давления. H=130 мм, W=82 мм, D=38 мм. Промышленный переключатель, в котором имеется внешний регулятор давления и возможность задавать гистерезис между давлением, при котором происходит его срабатывание и отпускание. Переключатель давления поставляется в комплекте с тремя пружинами, создающими давление от 20 до 200 psi. Примерное значение установленного давления можно увидеть в окошке корпуса. Установленное давление можно защитить от последующей регулировки путем блокировки винта настроек.

Переключение происходит через два отдельных микрореле типа SPCO V3. Корпус имеет двойную изоляцию из огнеупорного нейлона со стеклонаполнением со степенью защиты IP65. В контакте с барической системой находятся только латунь и нитриловый каучук, что позволяет применять переключатели в большинстве рабочих жидкостей, например в линиях контроля за потоком воды или в промышленных вентиляционных системах.

Рис. 3

BOSCH



Эти датчики вибрации применяются для обнаружения акустических колебаний корпуса, которые могут происходить при неправильной работе двигателей и передаче различных механических устройств. Также датчики применяются для обнаружения кавитации, контроля за несущими и предохранительными системами. 712-2020 является электронным модулем в корпусе PLCC28 и предназначен для оценки характеристик аналоговых сигналов от 4 входов пьезоэлектрического датчика. Основные характеристики:

- надежное распознавание шумов;
- высокая чувствительность (обеспечивается благодаря пьезокерамике);
- прочная компактная конструкция;
- наличие микросхемы для оценки характеристик сигналов.

**Магнитно-индуктивные датчики.** Надежны, обладают высокой магнитной чувствительностью, что позволяет активизировать их в сантиметровом диапазоне даже при наличии немагнитиваемой преграды. Существуют три разновидности датчиков:

— PLCD-датчик включает магнитомягкий сердечник с обмоткой, включенный по схеме дифференциального трансформатора. Перемещение постоянного магнита вызывает в обмотке сердечника пропорциональное изменение напряжения. Датчик обладает отличной линейностью (отклонение менее 1 %).

— Импульсный проводной датчик использует взаимодействие двух параллельных проводников, окруженных обмоткой «импульсного» проводника и проводника постоянного магнитного поля.

Взаимное перемещение вызывает появление в обмотке, окружающей «импульсный» проводник, электрического импульса. В отличие от других типов датчиков, импульсный не нуждается во внешнем источнике питания, поскольку энергия магнитного поля полностью переходит в электрическую энергию импульса.

Ниже приведены примеры датчиков местоположения других производителей, а именно **BOSCH** и **DATA INSTRUMENTS** (рис. 8).

Читатель также может познакомиться с датчиком угловой скорости Холла фирмы **BOSH** (рис. 14).

Лозунг фирмы **OMRON**: «Основная технология для нас — это технология микромашиных сенсоров (MMS)». В основе работы выпускаемых ей датчиков лежит изменение электростатической емкости между неподвижным и движущимися электродами. Измеряя эту емкость, определяют давление газа в датчиках давления, регистрируя ее изменение в единицу времени — для определения скорости движения. Созданные на основе микромашиной технологии датчики давления и акселераторы скорости кроме высокой чувствительности обладают сверхмалыми размерами.

Фирма **BOSCH**:

Легко представлять изделия, уже один внешний вид которых говорит, что они точно предназначены для тяжелой работы. Промышленные датчики **BOSCH** включают в себя датчики вибрации, дифференциального и абсолютного давления, температурные, вращения, расхода массы газа (рис. 10-15).

Промышленные датчики расхода жидкости и газа производят многие, в том числе и фирмы **MAMCO** и **ETA** (рис. 7, 9). Кстати, промышленный — это необязательно большой: в качестве примера приведем уже упоминавшийся миниатюрный линейный датчик местоположения фирмы **DATA INSTRUMENTS** (рис. 8)

Рассмотреть в одной статье все промышленные датчики, представленные в каталоге **Farnell**, невозможно — они занимают в нем более сотни страниц, и для более детального знакомства с данным классом устройств рекомендуем обратиться непосредственно к каталогу.

**Пьезоэлектрические акселерометры**

Эти устройства имеют кристалл из пьезоэлектрического материала, к которому прикреплен небольшой груз. Когда кристалл подвергается сжатию или расширению, он создает электрический заряд, который пропорционален уровню ускорения или вибрации, испытываемой им. Внутренняя цепь преобразует этот сигнал в стандартный (0–5 В или 4–20 мА) для системы сбора данных или замкнутой системы управления производственным процессом. Эти прочные датчики не имеют движущихся частей и отличаются долговременной стабильностью и высокой надежностью. Они имеют широкий частотный диапазон, и сигналы могут объединяться и давать значения скорости и перемещения.

Рис. 4

Tegea HUNTLEIGH



— способность работы от периферийной нагрузки;

- легко устанавливается, удобен в применении;
- универсален в измерительном оборудовании;
- идеально подходит для применения на весовых платформах;
- высокая чувствительность и точность.

Узкопрофильные алюминиевые тензометры с одной точкой для промышленной установки. Способность работы от периферийной нагрузки обеспечивает удобство установки для использования в силовых измерениях или на весовых платформах.

**Пьезорезистивные акселерометры**

В этих моделях груз прикреплен к кронштейну. Кронштейн сгибается под действием ускорения, и это движение преобразуется в электрический сигнал вследствие изменения сопротивления полупроводникового чувствительного элемента. Встроенный узел электроники обеспечивает усиление сигнала и термокомпенсацию. Диапазон рабочих частот устройств меньше, чем у пьезоэлектрических моделей, но при этом они могут определять тип ускорения — статический или динамический.

**Требования к интерфейсу**

Тензометр включает в себя четыре или больше элемента, соединенных по мостовой схеме. Выходной сигнал от тензометра подается в специальный усилительный модуль в виде аналогового сигнала стандартной формы 0–10 В постоянного напряжения или 0–20 мА или 4–20 мА, постоянного тока.

Можно использовать цифровой модуль самого тензометра для достижения высокой разрешающей способности. Такие модули предоставляют дополнительные функции, такие как калибровка сигнала, настройка нуля, экстремальное регулирование и автопередача, причем последняя из них может реализовать связь с пользовательскими программами, например крупноформатными таблицами и базами данных. Тензометры часто настраивают на работу при перегрузке, что приводит к тому, что выходные сигналы составляют около четверти от сигнала при полной нагрузке. При установке таких маленьких уровней сигнала и таких больших коэффициентов усиления ключевыми становятся стабильность и помехозащищенность.

Тензодатчик — это датчик, который преобразует нагрузку, вес или силу в электрический сигнал. Под воздействием силы происходит деформация конструкции датчика, вследствие чего изменяется электрическое сопротивление плеч моста сопротивлений, и мост выходит из равновесия. Степень рассогласования прямо зависит от величины силы и фактически является выходным сигналом от тензодатчика. Сигналы от тензодатчика очень малы. Чтобы эти сигналы использовать, необходим усилитель с большим коэффициентом усиления и высокой стабильностью.

Тензометры применяются для взвешивания, измерения силы, измерения вращающего момента.

Высокая жесткость и прочность тензометра позволяют использовать его в многочисленных платформах, резервуарах и бункерах.

Приложенная сила может быть сжимающей или растягивающей, например, как при испытании двигателей или измерении силы привода. При выполнении многих задач применяются тензометры, соединенные параллельно, так как это позволяет легко и эффективно суммировать выходные сигналы. При производстве калибровочная кривая тензометра отражает зависимость мВ от кг, что отражает их главное назначение — измерение веса. Но возможно настроить его и на зависимость от единиц силы или вращающего момента, что значительно расширяет диапазон их применений.

Рис. 5

**SENSOR**

- промышленный стандарт, устойчивость к высоким шумам;
- установка на шину Phoenix DIN;
- обеспечивает питанием до четырех тензометров;
- выход с напряжением и токовой петлей;
- опционально блок питания, модули настройки и подключения.

Высокая точность и универсальность делают ЛАС идеальным для промышленного применения, где главным является надежность измерений. Полностью двухполюсный аналоговый выход ЦАП создается встроенным микропроцессором, позволяющим учитывать смещение нуля на 80 % и при этом создавать полный выходной сигнал. Опциональные модули просто скрепляются друг с другом, а двойные модули настройки можно расположить каскадом для образования восьми контрольных точек.

**Линейно-регулируемые дифференциальные трансформаторы (LVDT)**

Датчики перемещения на основе LVDT хорошо зарекомендовали себя в течение нескольких десятилетий благодаря точному измерению перемещения и управлению перемещением объектов в замкнутых контурах. В простейшем исполнении конструкция состоит из цилиндрической решетки первичных и вторичных обмоток с отдельной жилой, проходящей через центр. Жила имеет низкое сопротивление трению и малую характеристику износоустойчивости. При движении она изменяет сигнал вторичной обмотки.

Отличительной особенностью датчика положения на основе LVDT является то, что движущаяся жила не входит в контакт с другими электрическими компонентами устройства, как это сделано в резистивных типах, и поэтому датчик имеет высокую надежность и большой срок службы.

Рис. 6

**MONITRAN**

С выходом для постоянного тока (двухполюсные).

С выходом для постоянного тока 4–20 мА.

Рис. 7

**NAMCO**

Переключатель расхода NAMCO идеально подходит для задач, где необходимо постоянно контролировать температуру и расход, например, смазочно-охлаждающая эмульсия в двигателе или смазка в механических станках, при контроле расхода продуктов в пищевой промышленности, производстве напитков, швейной промышленности, системах сточных вод и т. п.

Отличительные особенности:

- после установки не выступает над поверхностью стенки трубы;
- прочный корпус промышленного стандарта;
- степень защиты IP67;
- регулировка точек переключения при малых потоках (1–300 см/с) и температуре от -10 до +80°C;
- постоянное напряжение питания 24 В;
- переключаемые выходные транзисторы р-п-р или п-р-п с открытым коллектором.

Рис. 8

**DATA INSTRUMENTS**

Миниатюрный линейный датчик положения, достаточно прочный, чтобы выдерживать воздействия агрессивной среды, и работающий без дополнительных усилителей.

Отличительные особенности:

- линейность лучше чем 0,1 %;
- двойной очиститель на пластмассовом элементе Myst R;
- штампованные выводы очистителя;
- внутренний пружинный шаровой шарнир;
- анодированный штампованный алюминиевый корпус;
- устанавливается в ограниченном объеме, легко прикрепляется к цилиндру.

Рис. 9

**ETA**

Миниатюрный датчик расхода, работающий по калориметрическому принципу, не требующему расположения движущихся частей в потоке, и поэтому особенно подходящий для высоковязких жидкостей или жидкостей, содержащих частицы или примеси.

Отличительные особенности:

- предназначен для работы с воздухом или инертными газами;
- не имеет движущихся частей;
- не зависит от диаметра трубки;
- регулируется под различные скорости потока;
- выход может быть настроен на срабатывание при определенной скорости потока;
- светодиодный индикатор состояния выхода.

Рис. 10

**BOSCH**

Измерение температуры жидкости при помощи терморезисторов. Датчики с отрицательным температурным коэффициентом применимы в широком диапазоне различных сред, и их конструкция такова, что они могут определять температуру жидкости в широком температурном диапазоне.

Отличительные особенности:

- предназначены для широкого круга задач по измерению температуры;
- шаровой датчик идеально подходит для установки между пластинами испарителя в охлаждающих установках.

Рис. 11

**BOSCH**

Отличительные особенности:

- датчик давления из толстой пленки; обеспечивает высокую чувствительность измерений;
- наличие микросхемы на том же основании гарантируют качество передачи сигнала;
- встроенный узел усиления сигнала, термокомпенсации и регулировки характеристик;
- подходит для установки на печатную плату;
- применяются в жестких внешних условиях;

- сверхпрочен;
- имеет линейный выход;
- очень высокая точность преобразования;
- стабильность в течение длительного времени;
- измеряет атмосферное давление.

Рис. 12

**BOSCH**

Датчик давления, применяемый для измерения давления в резервуарах с топливом или жидкостями. В

процессе измерения дифференциальное давление регистрируется относительно давления окружающей среды.

Отличительные особенности:

- измеряет давление в резервуарах с топливом или жидкостями;
- имеет усилитель сигнала и систему термокомпенсации.

Рис. 13

**BOSCH**

Этот датчик используется преимущественно для исключения ложных сигналов о неисправности в электронике двигателей. Он регистрирует ускорения, которые вызваны колебаниями скоростей коленчатого вала.

Отличительные особенности:

- пропорциональный выходной сигнал;
- наличие системы термокомпенсации;
- заключен в герметизированный корпус из слабого пирозлектрика;
- имеет защиту от повышенного напряжения;
- имеет защиту от переплюсовки.

**Рис. 14**



**BOSCH**

Датчики скорости вращения, основанные на эффекте Холла, также могут быть использованы для измерения углов и перемещения. Применяются при распределении зажигания в двигателях современных автомобилей и управляются бесконтактной замкнутой системой, которая фиксирует изменения положения стержня.

Отличительные особенности:

- универсальный источник сигнала с бесконтактным измерением углов, положения и скорости вращения;
- точное и надежное измерение, цифровой выходной сигнал;
- устойчивость к попаданию грязи.

**Рис. 15**



**BOSCH**

Расходомер воздуха для чистого горения. Датчик также применяется вместе с другими газомерами.

Отличительные особенности:

- измерение массы воздуха (газа), пропускаемого за единицу времени независимо от плотности и температуры;
- широкий диапазон измерений;
- высокая чувствительность, особенно при незначительных изменениях потока;
- устойчивость к загрязнению;
- износоустойчивость (благодаря отсутствию движущихся частей).