

КОНТРОЛЬ ПОЗИЦИИ



Современные датчики пути измеряют расстояния в диапазоне величин, охватывающем более четырех порядков

Александр Карман,
karman@micropribor.kiev.ua,

Алексей Келин,
kelin@micropribor.kiev.ua,

Алексей Кожемяка,
alex@micropribor.kiev.ua

В системах автоматизированного управления различного назначения часто необходимо фиксировать существенно отличающиеся величины линейного перемещения объектов. Например, позиционирующий выключатель прецизионного станка должен срабатывать при сдвиге на 1 мкм, а для контроля местонахождения лифта в многоэтажном здании требуется проведение измерений на расстояниях до 60 м. Очевидно, что такой широкий диапазон измеряемых длин может быть охвачен только при использовании различных по конструкции и принципу действия сенсоров.

Примером датчика, реагирующего на минимальные перемещения, является прецизионный переключатель My-Com компании BAUMER (www.baumerelectric.com), срабатывающий при сдвиге рубинового толкателя на 1 мкм. А в диапазоне перемещений на десятки метров наиболее эффективно применение датчиков компании ASM (www.asmsensor.de) с измерительным стальным тросиком, барабан намотки которого совмещен с энкодером (потенциометром), фиксирующим пройденный путь (об энкодерах читайте в «МА» №1/2005 на с. 28). Для измерения перемещений между этими крайними значениями могут

быть использованы индуктивные или потенциометрические сенсоры.

Прецизионный переключатель серии My-Com представляет собой точный механический ключ, обеспечивающий срабатывание в точке переключения с повторяемостью 1,0 мкм. Такая точность достигнута благодаря применению в нем термокомпенсированного толкателя из рубина (модель My-Com H) или окиси циркония (модель My-Com A), который размыкает электрические контакты шарика с золотым покрытием, обеспечивающим минимум электрического сопротивления.

Переключатель помещен в корпус из никелированной латуни, подключается к внешнему источнику питания

(ИП) и может иметь транзисторный выход NPN/PNP, NO (модель My-Com M, требуется ИП постоянного напряжения 5–36 В) или безтранзисторный выход (модель NC, требуется ИП переменного напряжения).

Основные области применения переключателя My-Com — точное позиционирование рабочего стола в обрабатывающих центрах, контроль температурного ухода размеров держателей инструмента и пределов отклонения допусков на размеры при контроле качества продукции.

Потенциометрические датчики

Датчики перемещения этого вида работают по принципу реостата, в котором ползунок перемещается по на-

Потенциометрические датчики компании Megatron

Наименование	MM 11/15/ 20/30	RC 13/20/35	MMS 33	REM13/ HEM16
Диапазон, мм	10—30	25—750	53—914	51—1001
Допуск по сопротивлению, %	15/10	20	20	20
Температурный диапазон, °C	-25—+105	-30—+100	-30—+100	-30—+100
Макс. скорость измерения, м/с	2	8	4/10	5 / 5
Степень защиты	IP40/IP54	IP60/IP65	IP60/IP65	IP67/IP68
Ресурс, млн циклов	40	100/100/100	100	100/100

Индуктивные датчики компании Megatron

Наименование	MACx	MDCx	EDCT/EDCL	EVT	RACx	RDCx
Диапазон, мм	2—50 (2—200)	2—50 (2—200)	2—50	2—25	25—940	25—940
Линейность, %	<±0,5 (<±0,25)	<±0,5 (<±0,25)	<±0,75	<0,5 (<0,25)	<0,5 (<0,25)	<0,5 (<0,25)
Раб. диапазон т-р, °C	-35 — +120	0 — +60	0 — +60	-30 — +100	-50 — +125	-50 — +70
Степень защиты	IP65 (IP67)	IP65 (IP67)	IP40	IP64 (IP68)	IP54	IP54
Встр. электроника	нет	есть	есть	нет	нет	да

правляющей, в точности повторяя движение контролируемого объекта. При этом выходное напряжение на ползунке изменяется пропорционально пройденному им пути.

В процессе эволюции этих датчиков проволоочная направляющая потенциометра в них была заменена на направляющую из высококачественного токопроводящего пластика. В настоящее время, благодаря непрерывному совершенствованию токопроводящих пластмасс, потенциометрические датчики имеют высокие конкурентные преимущества по сравнению с другими видами сенсоров по разрешающей способности (0,01 мм), скорости перемещения (измерения) до 10 м/с и эксплуатационному ресурсу измерений — до 100 млн циклов.

Достоинства потенциометрических датчиков заключаются прежде всего в том, что в них используется абсолютный процесс измерений, при котором контролируемые величины могут быть получены сразу же после включения напряжения питания. К тому же они просты в обращении и при относительно невысокой стоимости выполняют измерения перемещений с высокой точностью в диапазоне от 10 до 2000 мм (например, датчик MSL38 компании Megatron).

Основным недостатком потенциометрических датчиков является их чувствительность к вибрационным нагрузкам (допустимый уровень вибрации 15 г на частотах 10–2000 Гц), при которых утрачивается механический контакт ползунка с направляющей и прерывается процесс измерения, то есть происходит отказ.

Кроме того, потенциометрический датчик нельзя применять для измерения осциллирующих движений, так как многократное перемещение ползунка на одном и том же ограниченном участке проводящего пластика приводит к его необратимому износу, потере электрического контакта и, вследствие этого, к отказу.

Наиболее востребованные потенциометрические датчики пути компании Megatron (www.megatron.de) приведены в таблице на с. 18.

Индуктивные датчики

Данный сенсор представляет собой линейный переменный дифференциальный трансформатор (LVDT). Этот тип датчика уже довольно продолжительное время применяется для точного измерения линейных перемещений в диапазоне 1–1000 мм благодаря высокой износостойкости, а также устойчивости к вибрационным воздействиям и большим ускорениям. Внешнее покрытие его корпуса изготавливается из материала, имеющего высокую магнитную проводимость, благодаря чему чувстви-

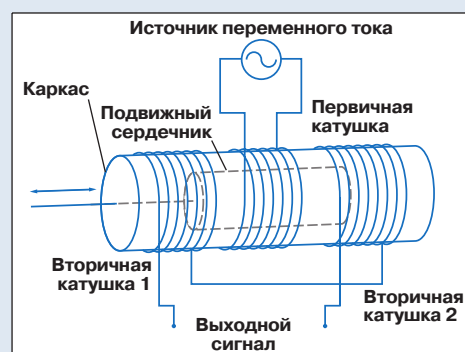
тельность индуктивного датчика к воздействию внешних магнитных полей сведена к минимуму.

Некоторые датчики линейного перемещения имеют шток с пружиной возврата для обеспечения измерения профиля. Использование в конструкции датчиков линейных подшипников предотвращает контакт штока с катушками, что существенно уменьшает износ и, соответственно, увеличивает ресурс датчиков.

Точная и однозначная зависимость между положением сердечника датчика и напряжением выходного сиг-

▼ Схема и принцип действия индуктивного датчика

Этот сенсор состоит из электромагнитных катушек и подвижного сердечника, с помощью которого отслеживается перемещение контролируемого объекта. Первичная катушка возбуждается переменным напряжением, две вторичные включены встречно, в результате чего в равновесном положении сердечника наводимые во вторичных катушках напряжения взаимно компенсируются. При изменении положения контролируемого объекта связанный с ним сердечник перемещается в неравновесное состояние, и на выводах вторичных катушек возникает напряжение, пропорциональное этому смещению. В датчиках, работающих на постоянном токе, имеются встроенные электронные компоненты: генератор, несущий усилитель и демодулятор. А в сенсорах, работающих на переменном токе, эти компоненты устанавливаются снаружи.

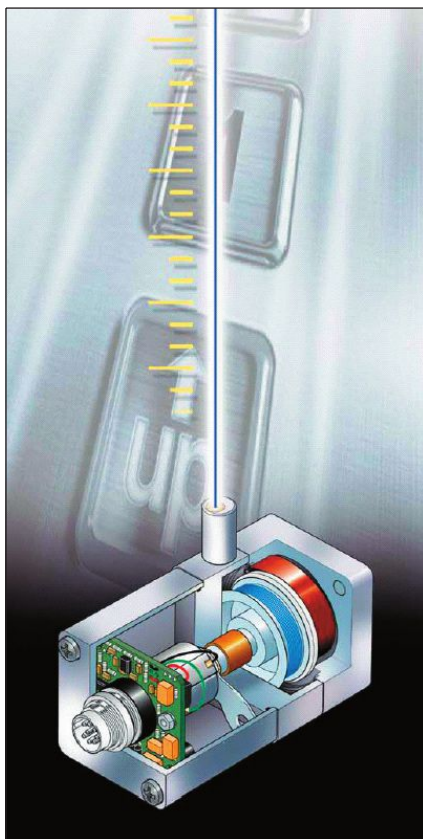


Из-за наличия внутренней схемы и питания постоянного тока датчики со встроенной электроникой имеют ограниченный температурный диапазон: коммерческий — от -10 до +60 °C и промышленный — от -50 до +70 °C (тип RDCx). Сенсоры, в которых протекает переменный ток, могут работать в более широком диапазоне температур, который внутренняя схема постоянного тока LVDT не выдерживает.

Частота напряжения на первичной катушке колеблется в пределах от 50 Гц до 25 кГц. Номинальная частота, при которой катушка LVDT'S возбуждается, — 2,5 кГц. При этом частота возбуждающего напряжения выбирается, по крайней мере, в 10 раз больше, чем частота движения сердечника.



Индуктивный датчик линейного перемещения типа EDCT измеряет перемещение объекта на расстояниях от 2 до 50 мм



Тросиковый датчик контролирует перемещение объекта на расстояниях до 60 м при скорости измерения 20 м/с

нала обеспечивает при измерениях высокое разрешение, которое в большей степени ограничено возможностями электронной обработки сигнала, чем методом измерения.

Тросиковые датчики компании ASM

Наименование	WS 131C/42C	WS 19 KT	WS 60	WS 12 Ex
Диапазон, мм	0—500	0—15 000	0—60 000	0—3 000
Раб. диапазон т-р, °С	-10—+60	-10—+70	-10—+70	-20—+70
Степень защиты	IP50	IP64	IP52	IP67

Сердечник индуктивного датчика, как правило, изготавливается из прокатанного железо-никелевого сплава, обладающего высокотемпературными свойствами, ограниченными точкой Кюри.

Тросиковые датчики

Для контроля перемещений на расстояниях до 60 м компания ASM выпускает датчик, состоящий из измерительного тросика, изготовленного из нержавеющей стали (свободный конец тросика прикрепляется к контролируемому объекту), и барабана намотки, вал которого соединен с прецизионным потенциометром или энкодером для преобразования длины размотанного тросика в аналоговый или цифровой сигнал.

Тросик первоначально навивается упорядоченными спиральными слоями на подпружиненный барабан. Для точного определения позиции объекта натяжение тросика обеспечивается упругим разматыванием с барабана в условиях противодействия пружинному двигателю.

Встроенная в корпус датчика электроника обеспечивает масштабиро-

вание аналоговых сигналов в стандартном диапазоне (1—10 В, 4—20 мА) или преобразование цифровых сигналов в форматах интерфейсов SSI, CANopen, DeviceNet, Profibus.

К достоинствам тросиковых датчиков перемещений относятся устойчивость к вибрациям, ударам, неблагоприятным условиям среды применения (класс защиты IP65, IP67) и высокая скорость измерения позиции объекта (до 20 м/с).

Рассмотренный перечень датчиков длины (пути, позиции) различного принципа действия, очевидно, является далеко не исчерпывающим. Тем не менее можно утверждать, что не существует универсального изделия, одновременно удовлетворяющего всем противоречивым требованиям по контролю перемещения и прецизионного позиционирования объектов на малых и больших дистанциях в разнообразных условиях применения.

При этом каждый из представленных в статье видов датчиков перемещения может быть признан оптимальным и будет востребован в зависимости от критериев, которые будут признаны приоритетными при его выборе. **МА**

▼ Факторы выбора датчика линейного перемещения

► **Контролируемое перемещение.** По этому параметру можно определить требуемый диапазон измерения сенсора и его тип (тип штока, штекерное или кабельное подключение).

► **Способ монтажа сенсора.** Датчик может быть установлен непосредственно на оборудовании, вмонтирован в него или установлен на отдаленной части.

► **Тип присоединения.** Варианты: при помощи резьбы на конце штока или присоединенной к штоку головки с подшипником скольжения, позволяющей регулировать угол при измерении.

► **Условия вибрации.** Устойчивость к вибрационным нагрузкам определяет тип датчика (контактный или бесконтактный).

► **Температурный диапазон** должен быть выдержан, независимо от того, будет ли датчик работать в соответствии со своей специ-

фикацией или храниться. Некоторые элементы датчика восприимчивы к перепадам температуры, что приводит к дрейфу сигналов, которые могут привести к ошибкам в системе управления.

► **Защита от пыли и влаги** особенно необходима в жестких условиях эксплуатации во избежание попадания в сенсор мелких частиц и влаги, которые могут его повредить. В некоторых применениях оптимальной степенью защиты может быть, например, IP68 (IP65), которая доступна опционально для многих моделей сенсоров.

► **Ресурс.** Типичный ресурс потенциометрических датчиков — более 100 млн операций. В жестких условиях эксплуатации могут быть применены более дорогие бесконтактные датчики.

► **Точность** определяется комбинацией параметров, таких как линейность/нелинейность и темпе-

ратурный коэффициент. Общая системная точность должна рассчитываться для всего диапазона рабочих температур.

► **Разрешающая способность.** Эта характеристика сенсора наименее сказывается на выходном сигнале. В большинстве современных линейных датчиков положения используются различные принципы действия, обеспечивающие практически бесконечно высокую степень разрешения (что обычно подчеркивается в технических данных изготовителей датчиков).

► **Гистерезис.** Этот показатель может быть важным при измерениях незначительных расстояний.

► **Напряжение питания.** Наиболее востребован диапазон напряжений постоянного тока от 5 до 30 В.

► **Выходной сигнал.** На выходе датчика могут быть аналоговые (DCV, ACV, DCmA) или цифровые (TTL, RS232 или CAN) сигналы.



Высокая чувствительность, минимальная погрешность измерений, прочность, устойчивость к агрессивным средам, широкий диапазон рабочих температур и долговечность — определяющие характеристики современных датчиков давления

Александр Карман,
karman@micropribor.kiev.ua,

Алексей Келин,
kelin@micropribor.kiev.ua,

Алексей Кожемяка,
alex@micropribor.kiev.ua

Экстра-сенсорика

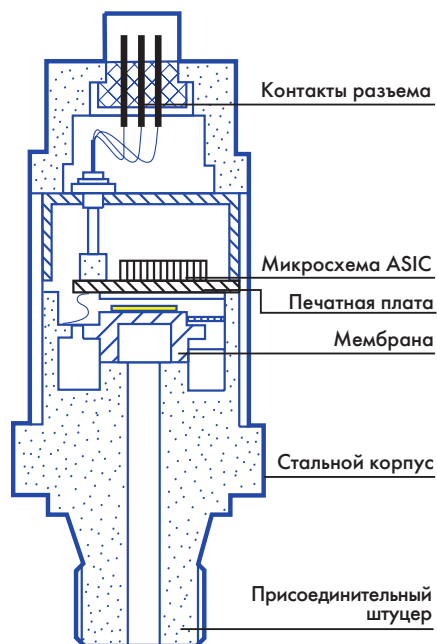
Для решения многочисленных задач в измерительной и испытательной технике, а также в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами необходимы прецизионные, стабильные и прочные датчики давления. В некоторых приложениях эти сенсоры также должны сохранять работоспособность в расширенном диапазоне температур и при воздействии агрессивных сред, а также обладать высоким эксплуатационным ресурсом и не требовать обслуживания.

К таким устройствам, отвечающим комплексу нередко трудно осуществимых одновременно требований, относятся датчики давления совместной разработки компаний ADZ (Германия, www.adz.de) и Nagano Keiko (Япония, www.naganokeiki.com).

Принцип работы датчиков

Датчики ADZ Nagano представляют собой моноблочную конструкцию, состоящую из чувствительного элемента и преобразователя сигнала, которые расположены в герметичном стальном

корпусе. Чувствительный элемент датчика — мембрана, выполненная из нержавеющей стали 17–4PH, на которую методом тонкопленочной технологии



Эскиз конструкции датчиков давления ADZ Nagano

нанесена распределенная измерительная среда, представляющая собой двухслойную полупроводниковую структуру SiO₂ – поликристаллический кремний.

Принцип действия датчиков основан на преобразовании давления среды, воздействующей на чувствительный элемент, в пропорциональный этому давлению электрический сигнал. В результате деформирующего воздействия давления среды на мембрану сопротивление тензоэлемента изменяется, что приводит к появлению выходного электрического сигнала.

Обработка сигнала, поступающего с выхода тензоэлемента, осуществляется интегральной микросхемой специального назначения ASIC и микросхемами преобразования «напряжение–ток».

Микросхема ASIC – это программируемая прецизионная КМОП ИС, обеспечивающая настройку конкретного датчика на один из выбранных заказчиком стандартных поддиапазонов измерения давления – 0–0,6; 0–1,6; ...; 0–100; ...; 0–4000 бар.

Калибровка датчиков производится с помощью специального программного обеспечения.

По типу применения датчики делятся на следующие группы:

- ▶ промышленный стандарт – серии SML, SMX-EExi, SME;
- ▶ мобильная гидравлика – серии SML-MO1, SML-MO2;
- ▶ расширенные функциональные возможности – серии SML-SMK, SML-PS1, SML-CAN, SiMF;
- ▶ измерение давления и разрежения – серии APT, DPT;
- ▶ переключатели давления – серии DS3, DS4.

Области применения датчиков

Датчики давления ADZ Nagano предназначены для измерения избыточного и абсолютного давления, а также разрежения и перепадов давлений в:

- ▶ гидравлике, гидротехнике и пневматике;
- ▶ системах водоснабжения, отопления и кондиционирования;
- ▶ газо- и нефтедобывающем оборудовании и соответствующих транспортных системах;
- ▶ авиационных, локомотивных и автомобильных двигателях;
- ▶ системах управления технологическими процессами;
- ▶ тормозных системах железнодорожного и автомобильного транспорта;
- ▶ робототехнике и др.

Промышленный стандарт

Серии SML, SMX-EExi, SME

Датчики серии SML предназначены для промышленного применения, так как имеют высокий класс точности (0,5 %, опции – 0,25 и 0,1 %) и работают в расширенном температурном диапазоне – от -40 до +105 °С).

Диапазон измеряемых давлений – от -1 до 4000 бар. Выходной сигнал 4–20/0–20 мА, 0–10/0–5 В. Стандартная резьба G1/4". Степень защиты IP65. По желанию заказчика резьба и штекер подключения могут быть изменены, а точность повышена. По соотношению «цена/качество» эти датчики превосходят аналогичные устройства других фирм с такими же техническими характеристиками.

Взрывозащищенные датчики SMX-EExi по параметрам идентичны датчикам SML-10. Специальная конструкция корпуса обеспечивает взрывобезопасность, соответствующую группе II категории 2G.

К категории «Промышленный стандарт» относятся и малогабаритные (диаметр – 12–15 мм, длина – 50 мм) датчики SME-30, SME-40. Диапазон измеряемых ими давлений – 0–400 бар, рабочий диапазон температур – от -40 до +125 °С, степень защиты IP65, погрешность измерений – 0,5 % от верхнего предела диапазона измерений, что позволяет эффективно использовать их в робототехнике и контроле параметров технологических процессов.



Датчики SML



Датчик SMX-EExi



Датчики SME

Мобильная гидравлика

Серии SML-MO1, SML-MO2

Предназначены для применения на мобильных установках и машинах, в автомобильной гидравлике, в том числе в системах инжекционного впрыска топлива. Эти серии характеризуются повышенным эксплуатационным ресурсом (10 млн циклов измерения), повышенной виброустойчивостью – до 50 g, высокими ударными нагрузками – до 1000 g, электромагнитной устойчивостью до 300 В/м и еще более широким температурным диапазоном – от -40 до +140 °С.

Датчики серии SML-MO имеют встроенную защиту от короткого замыкания и ошибочного подключения полярности питания. Диапазон измерения давления – от -1 до 2000 бар (более 20 поддиапазонов). Выходной сигнал PWM, 4–20 мА, 0–5 В, 0,5–4,5 В.

Стандартная резьба M12x1,5; M14x1,5. Степень защиты IP65.



Датчик SML-MO

Датчики с расширенными функциональными возможностями**СМL-CAN**

Интегрированный в данный датчик CAN-контроллер обеспечивает скорости передачи данных до 1 Мб/с, поэтому датчики могут применяться в системах мониторинга быстропротекающих процессов. Остальные параметры этих сенсоров соответствуют датчикам серии SML: диапазон давлений 0–2000 бар, питание постоянного тока 12–27 В, 30 мА, температурный диапазон от -40 до +85 °С, класс точности – 1 %, степень защиты IP65. Датчики имеют повышенную устойчив-



чивость к броскам давления, улучшенную виброустойчивость и ударопрочность, что делает их предпочтительными для применения в промышленной среде.

Серия SML-SMK

Расширение температурного диапазона этих датчиков до 180 °С достигнуто экономически целесообразным методом: за счет размещения в корпусе между мембраной чувствительного элемента и узлом встроенной электроники ребристого радиатора, усиливающего теплоотвод во внешнюю среду.

**Серия SML-PS1**

Погружаемый датчик SML-PS1 (IP68) обеспечивает возможность измерения уровня жидкости в промышленном резервуаре по параметрам давления (до 25 бар). Датчик определяет уровень наполнения емкости путем пересчета измеренного давления на мембрану в высоту столба жидкости, благодаря чему достигается независимость измерений от геометрической формы резервуара. Глубина погружения – до 250 м.

Выходные сигналы – 4–20 мА, 0–10 В и другие стандартные аналоговые сигналы.

**Серия SIMF**

Датчики SIMF-20,0 предназначены для измерения давления вязких сред и неомогенных веществ. Конструктивно они выполнены с внешней выступающей мембраной, приспособленной для контроля давления. Они могут применяться, например, в пищевой промышленности в дозаторах пастообразных продуктов, фарша и других веществ, для которых неприемлемы стандартные датчики с узким каналом доступа к мембране.

Диапазон измеряемого давления 1–10 бар, температурный диапазон – от -20 до +105 °С, степень защиты IP65, класс точности – 1,5 %, соответствуют требованиям к оборудованию для изготовления пищевых продуктов.

**▼ Достоинства датчиков ADZ:**

- ▶ устойчивость к агрессивным средам (масла ATF, тормозная жидкость, дизельное топливо, бензин, керосин, фреон, кислород, природный газ и др.);
- ▶ высокая механическая прочность и устойчивость к двукратной перегрузке избыточным давлением;
- ▶ степень защиты IP65, IP68;
- ▶ основная погрешность – 0,1; 0,25 или 0,5 % от верхнего предела измерений;
- ▶ долговременная нестабильность – менее 0,1 % в год;
- ▶ рабочая температура – от -40 до +125 °С;
- ▶ дискретная электронная калибровка с помощью специального программного обеспечения;
- ▶ более 20 стандартных поддиапазонов измерений – 0–0,6; 0–16; ...; 0–100; ...; 0–4000 бар;
- ▶ не требуется проведение регламентных работ в течение всего срока службы.

**Промышленные датчики температуры серии TS1**

Новые продукты компании ADZ – ударо- и виброустойчивые промышленные датчики серии TS1 – измеряют температуру среды в закрытом объеме в диапазоне от -50

до +150 °С и имеют степень защиты IP65. Напряжение питания датчиков 5 В. Выходной сигнал 0,25–4,5 В. Резьба G1/4". Длина 50 мм, диаметр 22 мм. Вес около 37 г.



ДАТЧИКИ ТИСКУ

ТОВ «МІКРОПРИЛАД»
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