



Евгений Мозоляк

Индуктивные датчики положения фирмы Pepperl+Fuchs

Статья тематически продолжает цикл публикаций в журнале «СТА», посвящённых изделиям фирмы Pepperl+Fuchs. На этот раз проводится обзор индуктивных датчиков положения. Рассмотрены варианты их конструкций, основные электрические и физические параметры, специальные исполнения датчиков, возможности и особенности применения.

ВВЕДЕНИЕ

Индуктивные датчики положения, без сомнения, можно назвать одними из самых распространённых устройств в составе низового оборудования систем управления автоматизированным производством. Они находят широкое применение в машиностроении, пищевой, текстильной и других отраслях — везде, где требуется автоматическое определение положения объектов, будь то детали, заготовки, подвижные элементы конструкций станков, приводов и т.п. Объясняется это их высокими эксплуатационными характеристиками, надёжностью и, что весьма существ-

венно, низкой стоимостью по сравнению с остальными типами датчиков положения.

Сравнительные характеристики датчиков положения различных типов приведены в табл. 1.

Согласно статистике [1], на долю индуктивных датчиков приходится более 90% от общего количества дискретных датчиков положения. Это объясняется тем, что в большинстве систем, решающих с различными целями и в разных отраслях задачу определения положения объекта, гарантированное и надёжное срабатывание обеспечивается за счёт применения именно индуктивных датчиков, вследствие чего им и отдаётся

предпочтение при выборе типа датчиков для конкретных проектов.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Рассмотрим некоторые параметры индуктивных датчиков (ИД), на которые следует обращать внимание при выборе датчиков для конкретного применения и их использования. На рис. 1 показаны устройство (на примере цилиндрического датчика) и функциональная схема ИД. В двух словах напомним принцип действия датчика: первичная обмотка возбуждается переменным напряжением резонатора. Если в создаваемое таким образом электромагнитное поле поместить объект (вторичную обмотку), то

Таблица 1. Сравнение характеристики датчиков положения различных типов

Тип датчика Параметры	Индуктивный	Гальваномагнитный	Ёмкостный	Ультразвуковой	Фотоэлектрический
Диапазон срабатывания	100 мм	60 мм	50 мм	12 м	100-200 м
Максимально допустимая температура окружающей среды	250°C	70°C	70°C	70°C	300°C (с применением светодиодов)
Максимальная степень защиты (IP)	69K	67	67	67	67
Максимальная частота срабатывания	5 кГц	1 кГц	100 Гц (типичное значение 10 Гц)	120 Гц (типичное значение 25-50 Гц)	1,5 кГц
Устойчивость к внешним воздействиям	Высокая	Высокая	Низкая. Чувствительны к загрязнению, влажности	Средняя. Чувствительны к температуре, давлению, а также к геометрической форме объектов	Чувствительны к загрязнению, конденсату, а также к посторонней засветке

в нём наводятся вихревые токи (токи Фуко). Результирующее ухудшение добротности первичного контура и, как следствие, уменьшение амплитуды сигнала резонатора вызывает срабатывание компаратора, построенного на основе триггера Шмитта, и после усиления на выход датчика выдаётся нормализованный дискретный сигнал.

Основным параметром ИД является номинальный диапазон срабатывания S_n . Это чисто характеристическая величина, на фактическое значение которой влияют допуски при изготовлении, температура окружающей среды и колебания напряжения питания. Данный параметр измеряется при 20°C и номинальном напряжении питания 24 В постоянного тока или 230 В переменного тока с использованием эталонного объекта — стальной (Сталь 37) квадратной пластины толщиной 1 мм и шириной, в три раза превышающей ожидаемое значение S_n . Важным параметром является эффективный диапазон срабатывания S_p , который измеряется при номинальном напряжении питания и температуре окружающей среды $23 \pm 5^\circ\text{C}$; этот параметр применим только к отдельно взятому из партии датчику в конкретных условиях установки, его значения лежат в диапазоне $0,9S_n \leq S_p \leq 1,1S_n$. Полезный диапазон срабатывания S_u определяется также для отдельно взятого датчика, но уже при напряжении питания 85...110% от номинального и температуре окружающей среды $-25...+70^\circ\text{C}$, и составляет $0,9S_p \leq S_u \leq 1,1S_p$.

Чтобы оценить гарантированный диапазон срабатывания (гарантированную зону реагирования) S_a (параметр, наиболее широко используемый на практике и обычно приводимый в техническом описании датчика), необходимо воспользоваться соотношением: $0 \leq S_a \leq 0,81S_n$ (в качестве нижней границы диапазона S_n здесь принят 0).

В маркировке индуктивных датчиков фирмы Pepperl+Fuchs величина S_n указывается сразу после буквенного кода модели. Например, датчик NBN2 име-

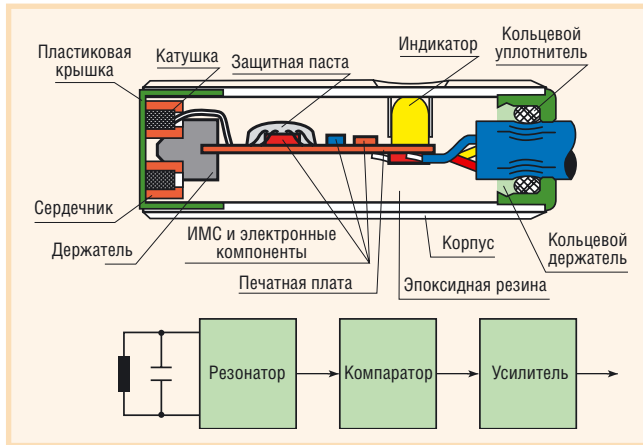


Рис. 1. Устройство и функциональная схема индуктивного датчика

ет номинальный диапазон срабатывания 2 мм.

Среди параметров ИД следует особо отметить такие, как повторяемость R и гистерезис H , которые надо обязательно учитывать в целях повышения точности измерений. Повторяемость характеризует изменение диапазона S_p в течение 8 часов при неопределённой влажности и отклонении напряжения питания в пределах $\pm 5\%$ от номинального, обычно R не превышает $0,1S_p$. Гистерезис — расстояние между точками срабатывания в режимах приближения или удаления объекта от датчика; как правило, значение этого параметра составляет не более $0,2S_p$.

Очевидно, что на диапазон срабатывания ИД оказывают влияние и электромагнитные свойства материала объекта — магнитная проницаемость и проводимость. Уменьшение диапазона срабатывания для различных материалов относительно S_n характеризуется коэффициентом редукции датчика, обозначаемым как r_{Al} , r_{Cu} и т.д. в зависимости от материала (соответственно алюминий, медь и т.д.). Например, для Стали 37 (материал эталонного объекта) он составляет 1, для нержавеющей стали — 0,85, алюминия и латуни — 0,4, меди — 0,3. Таким образом, новый диапазон срабатывания для меди будет $0,3S_n$, или всего 3 мм вместо 10 мм для ИД с номинальным диапазоном 10 мм.

Размеры объекта влияют на диапазон срабатывания следующим образом:

- если площадь объекта меньше площади эталона, диапазон уменьшается (магнитный поток пересекает меньшую площадь, и резкого падения амплитуды не происходит);
- если площадь объекта больше площади эталона, диапазон не меняется;

- если объект толще эталона, то в зависимости от магнитной проницаемости материала объекта диапазон остаётся прежним (низкая проницаемость) либо уменьшается (высокая проницаемость);
- для более тонких по сравнению с эталоном объектов (например фольги из неферромагнитного материала) диапазон, наоборот, увеличивается.

Особый интерес для пользователей представляют электрические параметры датчиков; кратко охарактеризуем основные из них.

- **Минимальное и максимальное значения номинального напряжения питания.** Для ИД с питанием от источника постоянного тока приняты стандартные диапазоны питающего напряжения: 10...30, 10...60 и 5...60 В. Датчики с питанием от сети переменного тока используют питающее напряжение 98...253 В (частота 48...62 Гц). Датчики с универсальным питанием имеют номиналы питающего напряжения 10...30 В постоянного тока либо 24...240 В переменного тока.
- **Номинальный ток нагрузки.** Это допустимый («не более») продолжительный ток нагрузки. Имеет типовое значение 200 мА, однако есть ИД со значениями этого параметра 100 или 500 мА.
- **Ток в «закрытом» состоянии.** Это ток, протекающий через нагрузку при выключенном состоянии датчика.
- **Ток при отсутствии нагрузки.** Характеризует собственный потребляемый датчиком ток при отключённой нагрузке.
- **Максимальный кратковременный ток.** Это кратковременный «безопасный» ток датчика во включённом состоянии.
- **Падение напряжения.** Измеряется между выводами включённого датчика до точек подключения нагрузки. Имеет типовое значение менее 3 В.
- **Частота переключений.** Соответствует максимальной частоте изменения состояния выхода, выраженной в герцах. Метод измерения установлен стандартом EN 60947-5-2. Типовые значения для ИД составляют 50, 100, 500, 1000...5000 Гц. Выше 5 кГц частоту переключений не поднимают из практических соображений: время пребывания датчика во включённом состоянии становится намного меньше типового времени выполне-



Рис. 2. Соединители и аксессуары для подключения датчиков

ния цикла программы ПЛК (опрос состояния датчика производится в начале текущего цикла, а о его изменении можно судить только в следующем цикле).

- **Время задержки включения (t_v).** Это время от подачи питания до момента, когда датчик начинает детектировать объекты. С целью исключения ложных срабатываний у большинства датчиков на этот промежуток времени выход блокируется. Максимальная величина времени задержки включения составляет 300 мс.

Большинство датчиков фирмы Pepperl+Fuchs имеют степень защиты IP67/68, есть модели с повышенной степенью защиты IP69K. Стандартный диапазон рабочих температур составляет $-25...+70^{\circ}\text{C}$, ИД устойчивы к ударам до 30g (11 мс) и вибрациям с частотой 10...55 Гц (амплитуда 1 мм).

Способы подключения

Практически любой ИД фирмы Pepperl+Fuchs можно заказать с 2-, 3-, 4-проводной схемой подключения (в том числе с NAMUR и AS-интерфейсом), с питанием универсальным либо от источника постоянного или переменного тока. Датчики некоторых моделей имеют два выхода (могут быть разные сочетания выходов одного и различных типов, например, комбинация нормально открытого и нормально закрытого, или независимые выходы двух ИД, размещённых в одном корпусе, например, сдвоенные датчики для позиционеров клапанов серий F25 и F31 с выходами типа

NAMUR). Новые прямоугольные ИД серий F72 и FXS7 имеют даже три датчика в одном корпусе и, соответственно, три независимых выхода. Все ИД имеют, по крайней мере, один, а в большинстве случаев два вида защиты: от неправильной полярности питания (использование встроенного диода либо диодного моста позволяет создать так называемый толерантный к полярности датчик) и от короткого замыкания (при превышении допустимого значения тока выход периодически закрывается-открывается с соотношением времени обоих состояний $T_{\text{откр.}}/T_{\text{закр.}}=1/100$).

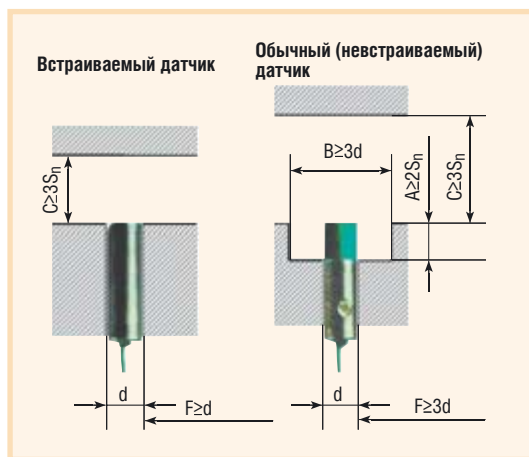
Датчики можно соединять последовательно или параллельно для реализации булевых функций И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ. При этом, однако, необходимо учитывать падение напряжения на ИД, которое может привести к низкому напряжению в нагрузке при последовательном соединении датчиков, время срабатывания, увеличенное из-за задержки включения каждого датчика, и достаточно большой ток в «закрытом» состоянии при параллельном соединении (схема ИЛИ) двухпроводных датчиков, способный вызвать ложное включение нагрузки (например реле).

Физически подключение датчика можно выполнить с помощью кабеля, поставляемого с ИД, клеммного соединителя (на прямоугольных датчиках с отсеком для клемм) либо соединителей типа V1, V3, V16 и др. (рис. 2). Недавно фирма Pepperl+Fuchs пред-

ставила новый быстросъёмный разъём QUICK-ON, использующий метод создания контакта путём смещения изоляции. Операция подключения сводится к предварительной насадке гайки и уплотнителя на кабель (жгут), фиксации отдельных проводов кабеля в отверстиях муфты и свинчиванию гайки с ответной частью разъёма, ножевые контакты которой по мере затягивания резьбы и проталкивания муфты навстречу им прорезают изоляцию проводов, образуя надёжное электрическое соединение с оголённым участком провода. Всю эту несложную операцию можно проделать менее чем за 10 с. Недостатком такого метода является относительно невысокая механическая прочность соединения.

Датчики обычные, встраиваемые и с расширенным диапазоном срабатывания

По способу установки различают встраиваемые (монтируемые заподлицо) и обычные (невстраиваемые, то есть не монтируемые заподлицо) датчики, и на это следует обращать внимание при выборе ИД. В обычных датчиках катушки окружены сердечником (рис. 1) для создания направленного поля. Тем не менее, часть этого поля распространяется в стороны, что может привести к влиянию на него сторонних объектов и ложному срабатыванию датчика. Для устранения этого эффекта необходимо при установке датчика резервировать вокруг него некоторое пространство, а также соблюдать определённое расстояние между датчиками для исключения их взаимовлияния, как это показано на рис. 3. Преимуществами встраиваемых датчиков являются высокая степень механической защиты и бóльшая устойчивость результатов обнаружения. Ослабление электромагнитного поля по основным направлениям в стороны достигается специальным экранированием, что, однако, приводит к уменьшению диапазона срабатывания до $0,6S_n$, где S_n — номинальный диапазон срабатывания обычного датчика. Датчики любого исполнения за исключением кольцевых и щелевых выпускаются в обычном и встраиваемом варианте. Обычные ИД обозначаются как NxN (iNductive, x — специальный идентификатор, Non-embeddable), а встраиваемые — NxV (iNductive, emBeddable).



Условные обозначения:
 d — внешний диаметр датчика;
 A — высота установки обычного датчика над поверхностью;
 B — ширина ниши для установки обычного датчика;
 C — расстояние до стороннего объекта;
 F — расстояние между датчиками.

Рис. 3. Требования к установке встраиваемого и обычного ИД

Также в номенклатуре фирмы Pepperl+Fuchs представлены ИД с расширенным диапазоном срабатывания серии NE... (iNductive Extended). Такие ИД особенно эффективны при использовании в условиях ограниченного пространства вместо обычных датчиков, при обнаружении небольших объектов, которые выполнены из материала, обладающего высоким коэффициентом редукции, при отсутствии возможности подстраивать положение датчика (например, в непрерывно работающем механизме), при работе в составе оборудования с относительно большими геометрическими допусками (конвейеры, линии прокатного производства и т.п.), при необходимости использовать защитную крышку между объектом и датчиком (оборудование для пищевой промышленности, контейнеры с агрессивными жидкостями, упаковочные линии для изделий из хрупкого материала и т.д.).

В датчиках серий NE... для увеличения диапазона срабатывания использован специальный схемотехнический прием: ослабляется ток в контуре внутри самого датчика, из-за чего ток в обмотке уменьшается, приближаясь к точке срабатывания, и даже незначительное искажение поля датчика объектом, находящимся на большом расстоянии, вызывает срабатывание. Схема, реализующая такое решение, позволяет в широком диапазоне изменения рабочих температур увеличивать размеры активной зоны датчика. Недостатком этих датчиков является возможное вследствие воздействия внешних факторов (наличие проводящей пыли, влияние других магнитных полей, значительные перепады температуры и т.п.) дальнейшее уменьшение тока в контуре до полной остановки резонатора.

Таблица 2. Требования к расстоянию между датчиками серии NE...

Модель индуктивного датчика	Допустимое расстояние между датчиками F (не менее), мм
NEB3-8...	16
NEB6-12...	24
NEB12-18...	36
NEB22-30...	66
NEN6-8...	24
NEN10-12...	36
NEN20-18...	100
NEN40-30...	180

Таблица 3. Сравнение S_n (значения показаны в мм) типовых встраиваемых ИД и датчиков с расширенным диапазоном срабатывания

Диаметр датчика, мм	Диапазон срабатывания (S_n)				
	Типовой встраиваемый	NBB с увеличенным S_n , встраиваемый	NEB с расширенным S_n , встраиваемый	NBN с увеличенным S_n , обычный	NEN с расширенным S_n , обычный
6,5	1	2	—	3	—
8	1,5	2	3	3	6
12	2	4	6	8	10
18	5	8	12	12	20
30	10	15	22	25	40

Требования к установке ИД с расширенным диапазоном срабатывания немногим более строгие, чем для обычных датчиков: допустимое расстояние между датчиками (F) в 3-5 раз (в зависимости от того, встраиваемый датчик или нет) больше S_n (табл. 2). Минимально допустимые значения расстояния до стороннего объекта (C) и ширина ниши для установки датчика (B) такие же, как у обычных датчиков ($3S_n$ и $3d$ соответственно, рис. 3). Для серии NEN (невстраиваемые датчики с расширенным диапазоном срабатывания) требования к расстоянию A (высота установки над поверхностью) также стандартные ($2S_n$). А вот для серии NEB (встраиваемые датчики с расширенным диапазоном срабатывания) величина A может быть выбрана равной 0 только для непроводящих материалов, а для ферромагнитных и неферромагнитных материалов она должна быть соответственно не менее $0,2d$ и $0,1d$; поскольку такие датчики в большинстве случаев нельзя монтировать абсолютно вровень с поверхностью установки, их иногда называют еще и полувстраиваемыми (или квазивстраиваемыми).

Для случаев, когда соблюдение требований к минимальному расстоянию между датчиками F_{min} в силу специфики проекта невозможно, фирма Pepperl+Fuchs готова поставить партию ИД с разнесёнными частотами резонаторов, которые можно устанавливать вплотную.

Датчики серий NE... выпускаются только в цилиндрических корпусах.

В описаниях продукции иногда к ИД с расширенным диапазоном относят и некоторые датчики с маркировками NBB и NBN, диапазон срабатывания которых был расширен за счет совершенствования технологии производства ИД базовых серий, применения прецизионных компонентов и т.д. Для отличия их называют ИД с увеличенным

(elevated) диапазоном срабатывания.

В табл. 3 для сравнения приведены диапазоны срабатывания типовых встраиваемых ИД и различных датчиков с расширенным диапазоном S_n .

ВАРИАНТЫ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

По своему конструктивному исполнению ИД разделяются на цилиндрические, щелевые (слотовые), кольцевые и датчики в прямоугольных корпусах. Кроме этого, выпускается ряд датчиков специального назначения, таких как ИД для позиционеров клапанов, ИД с отдельным резонатором и электронной частью (для работы при высокой температуре) и др., имеющих свои конструктивные особенности.

Самыми распространенными являются цилиндрические датчики (рис. 4). Их чувствительная поверхность находится на конце датчика перпендикулярно его оси. Диаметр варьируется от 3 мм (гладкий корпус, без резьбы) или 4 мм (корпус с резьбой) до 30 или 40 мм соответственно. Материалы кор-



Рис. 4. Цилиндрические индуктивные датчики



Рис. 5. ИД в корпусах типа VariKont

пуса — высокопрочная нержавеющая сталь с латунным, никелевым или тефлоновым покрытием и специальные полимерные составы: Crastin® — упрочненный стекловолокном полибутилентерефталат (PBT), который устойчив к истиранию, высоким и низким температурам, кислотам, различным органическим соединениям, морской воде и т.д., а также хорошо сохраняет геометрическую форму, и Ryton® — полифенилсульфид (PPS), который устойчив к высоким температурам до 200°С. Электроника внутри датчика герметизируется эпоксидной резиной.

ИД в прямоугольных корпусах представлены в номенклатуре фирмы Pepperl+Fuchs тремя группами: датчиками в корпусах типа VariKont, серий FP для монтажа на поверхность и миниатюрными прямоугольными датчиками для установки «под винт». Корпус VariKont (рис. 5) имеет жёсткое основание (PBT или металл), монтируемое на монтажную плоскость и содержащее клеммы для подключения. Верхняя часть (PBT) содержит электронику,



Рис. 6. Индуктивные датчики серии FP

Таблица 4. Характерные особенности разных моделей корпусов типа VariKont

Модель	Размеры чувствительной поверхности, мм	Возможности регулирования положения чувствительной поверхности
VariKont	40×40 или 55×55	Регулируется на 90°
VariKont M	30×30	Регулируется на 90° с шагом 15°
VariKont L	40×40	Регулируется на 90° с шагом 15°

герметично изолированную неопреном от основания, и имеет разъём с ключом. Установочные отверстия соответствуют стандарту EN 60947. Главной особенностью этих датчиков является возможность ориентации чувствительной рабочей поверхности в различных направлениях, что упрощает установку и обеспечивает гибкость применения датчика. В корпусах VariKont также выпускаются датчики ёмкостные, ультразвуковые, фотоэлектрические, что упрощает замену типа датчика при изменении условий применения. В табл. 4 показаны характерные особенности разных моделей корпусов типа VariKont. Модели VariKont M и VariKont L поставляются с соединителями V1 и QUICK-ON. Новые датчики в корпусах VariKont L не имеют отсека для клемм и поэтому более компактны; кроме этого, чувствительная поверхность регулируется у них в двух плоскостях.

ИД серии FP (рис. 6) были специально разработаны для напольной установки на конвейерах. Конструкция датчика этой серии позволяет плотно врезаться его в металлический пол, достигая высокой степени механической защиты датчика, а также обеспечивая защиту персонала при перемещениях от выступающих частей корпуса ИД. Благодаря относительно большому размеру рабочей поверхности (80×80 мм) ИД серии FP имеют большой диапазон срабатывания — до 50 мм. Материалы и многие элементы дизайна корпуса аналогичны используемым в датчиках VariKont. Стандартное



Рис. 7. Миниатюрные прямоугольные датчики



Рис. 8. Индуктивные датчики кольцевого типа



Рис. 9. Индуктивные датчики щелевого типа

основание датчиков VariKont и FP можно заменить, например, на металлическое или на основание с другим типом подключения (гермоввод, разъём и др.).

Миниатюрные ИД в прямоугольных корпусах (рис. 7) устанавливаются на монтажную плоскость с помощью винтов. Выпускаются модели с разными вариантами расположения чувствительной поверхности (на торцевой или разных боковых гранях корпуса). Допускается возможность окружать эти ИД (даже неустраиваемые модели) с нерабочих сторон металлом. Размеры миниатюрных датчиков составляют от 12×26×40 мм (В×Ш×Г) до 30×50×7 мм.

В кольцевых датчиках (рис. 8) электромагнитное поле сконцентрировано внутри кольца, и срабатывание происходит при попадании объекта из любого металла внутрь кольца, то есть коэффициент редукиции $r=1$. Выпускаются модели с внутренним диаметром 10, 15, 21 и 43 мм. Также выпускаются кольцевые ИД (серия RC) для определения направ-

мально открытым выходом имеют в своём обозначении литеры N1).

ИД повышенной безопасности

Эти ИД в основном соответствуют NAMUR-аналогам, но имеют одно отличие: в случае возникновения неисправности в датчике, управляющем интерфейсе (вторичном приборе) или соединительном кабеле выход вторичного прибора всегда переходит в состояние «Выключено». Компоненты, используемые в этих датчиках, обычно более высокого качества и имеют более широкий диапазон рабочих температур. Вся система, включающая такой ИД и управляющую электронику, сертифицируется центром TÜV в соответствии со стандартом DIN VDE 0660 (Часть 209). Варианты конструктивного исполнения: шелевые, цилиндрические и прямоугольные (встраиваемые и обычные). Признак повышенной безопасности датчика отражают символы SN или SIN в конце кода модели. Иногда в технических описаниях ИД с нормально открытым выходом есть примечание «Только для неферромагнитных материалов», которое означает, что данные датчики работают только с такими материалами, как алюминий, латунь и т.п. Датчики повышенной безопасности и соответствующее оборудование являются искробезопасными, но при этом по ряду признаков отличаются от датчиков с выходом типа NAMUR.

ИД для применения во взрывоопасных средах

В номенклатуре фирмы Pepperl+Fuchs также присутствуют ИД, которые имеют различные национальные сертификаты по взрывобезопасности. В их обозначении присутствует

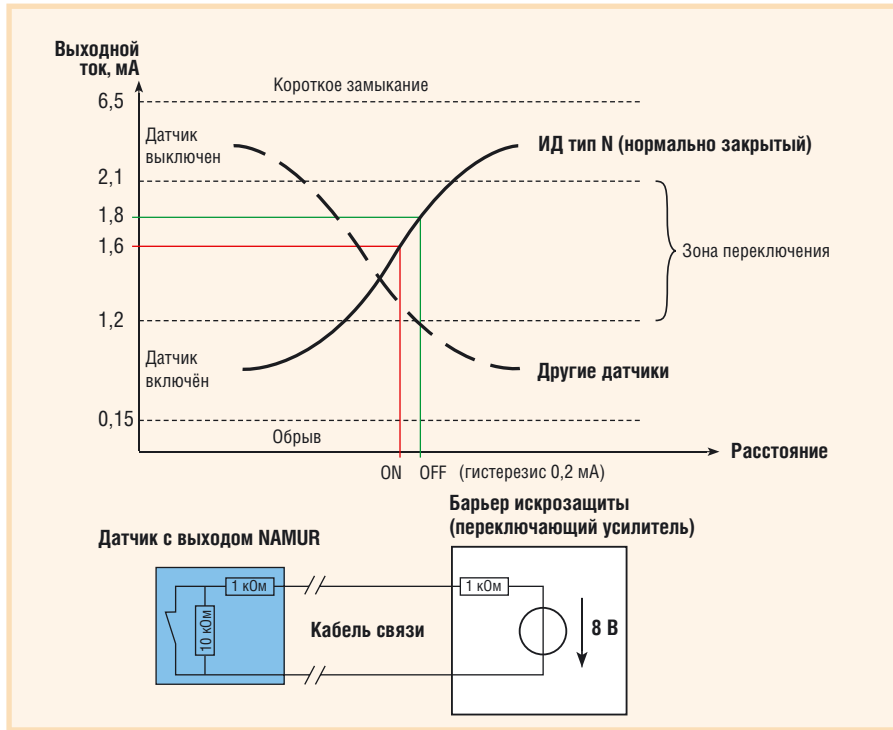


Рис. 10. Характеристика выходного тока и схема включения датчика с выходом типа NAMUR

ления перемещения объекта со скоростью до 10 м/с.

В шелевых датчиках (рис. 9) катушки расположены друг напротив друга на разных сторонах U-образного корпуса. Датчик срабатывает при попадании объекта в пространство между катушками. У этого датчика также $r=1$, но степень перекрытия зазора объектом, необходимая для срабатывания датчика, варьируется в зависимости от материала. Выпускаются модели с шириной зазора от 2 до 30 мм.

Датчики специального назначения

ИД с выходом типа NAMUR

Эти ИД имеют постоянную характеристику выходного тока (рис. 10). По выходному сигналу датчика можно, кроме определения включённого (ток менее 1,2 mA) или выключенного (ток более 2,1 mA) состояния, фиксировать также обрыв линии или короткое замыкание в ней. Область характеристики, соответствующая интервалу выходного тока от 1,2 до 2,1 mA, называется зоной переключения датчика. Значение выходного тока включённого датчика лежит в интервале от 1 до 1,2 mA, а выключенного датчика — от 2,1 до 3 mA (для некоторых моделей до 2,2 mA). Значения тока и напряжения настолько малы, что датчик NAMUR можно использовать в потенциально взрывоопасной зоне (вид защиты «искробезо-

пасная цепь»). ИД этого типа можно идентифицировать по букве N в конце обозначения модели. Ограничение подводимой мощности реализуется за счет связанного оборудования — барьера искрозащиты (специального переключающего усилителя). Соответствие электрических характеристик датчика и барьера искрозащиты удостоверяется тестом на искробезопасность. При этом индуктивность и ёмкость кабеля тоже принимаются во внимание [2].

Недавно в номенклатуре фирмы Pepperl+Fuchs появились ИД с дискретным выходом NAMUR, у которых сохранены стандартные для этого типа датчиков значения тока и напряжения. На рис. 11 приведена характеристика одного из таких датчиков NCB2-12GM35-N0 с нормально закрытым выходом (существующие модели с нор-

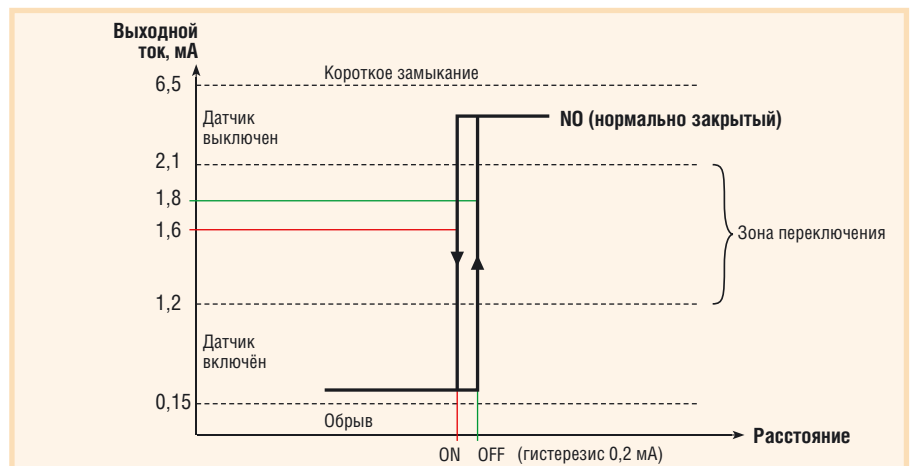


Рис. 11. Характеристика выходного тока датчика с дискретным выходом NAMUR

суффикс «G/EX». Например, датчик NJ2-18-N-G/EX-Z0 имеет сертификат РТВ № 84/2015, разрешение на использование в зоне 0 (комбинированный вид защиты, искробезопасность «i» и специальный вид герметизации «m»). Некоторые ИД с выходом NAMUR имеют сертификат РТВ на применение в зоне 10 (зона 20 по новой классификации). В связи с введением в действие новых европейских директив по взрывобезопасности АТЕХ 137 и АТЕХ 95 фирма Pepperl+Fuchs с 1 июня 2003 года будет поставлять ИД, сертифицированные только по АТЕХ.

ИД со степенью защиты IP69K

Обеспечиваемая собственной конструкцией герметичность типового датчика в определенных применениях может оказаться недостаточной. Например, при установке ИД на мойке для транспортных средств струи воды попадают на него под высоким давлением и вода может просачиваться между стенками корпуса датчика и герметизирующим компаундом. Процессу просачивания воды способствуют капиллярный эффект, колебания температуры и явление «ползучести» пластиков и герметика.

Фирма Pepperl+Fuchs предприняла меры по устранению влияния данных факторов и обеспечению безопасной эксплуатации индуктивных датчиков посредством

- более тесной подгонки пластиковых крышек к металлическим корпусам датчиков,
- плазменной очистки всех покрываемых герметиком поверхностей,
- предварительной герметизации катушки до установки её в датчик,
- дополнительного уплотнения отверстия для вывода сигнального кабеля и окошка светодиода,
- заливки пористым герметиком внутренней полости датчика для устранения всех оставшихся пустот.

Это дало возможность получить ИД с показателями степени защиты, намного превосходящими требования уровня IP67/IP68. Поэтому возникла необходимость выбора новых методик испытаний. Фирмой Pepperl+Fuchs был взят за основу стандарт автомобильной промышленности DIN 40050 (Часть 9). Этот документ дополняет стандарт EN/IEC 60529 и определяет новую категорию X9K (испытание многочисленными струями воды с различных расстояний и под разными углами при



Рис. 12. Датчик со степенью защиты IP69K

температуре воды 80°C и давлении около 100 атм). В основном из соображений преемственности степень защиты датчиков, способных выдержать такие испытания, обозначается IP69K. Внешний вид датчика со степенью защиты IP69K показан на рис. 12.

ИД для работы в условиях высокого давления

Одним из применений такого датчика может быть определение положения штока в гидравлическом цилиндре. Его чувствительная поверхность выдерживает динамические удары давления до 350 бар (пока готовилась эта статья, фирма Pepperl+Fuchs анонсировала датчик для давления до 500 бар).

Такая прочность достигается применением керамической торцевой части, установленной в корпусе из нержавеющей стали. На корпусе датчика есть паз с уплотнительным кольцом (рис. 13). Диапазон рабочих температур составляет -25...+85°C или -35...+70°C. В обозначении моделей таких датчиков последнюю позицию занимает литера D, например NJ1.5-18GM-E2-D.

ИД для контроля скорости

Это индуктивные ИД, в которых выходной сигнал указывает как на сам факт срабатывания, так и на увеличение или уменьшение частоты этого срабатывания относительно заданной опорной частоты, которая устанавливается с помощью встроенного потенциометра. Если измеренная частота меньше заданной, выход датчика «выключается», если выше, то соответ-



Рис. 13. ИД для работы в условиях высокого давления



Рис. 14. Датчик NRB5-18GM50-E2-C-V1, устойчивый к воздействию сильных электромагнитных помех и пригодный для размещения в непосредственной близости от зоны сварки

ственно «включается». Данный режим работы имеет то преимущество, что позволяет минимизировать время реакции системы управления, использующей датчик. Такие ИД выпускаются для следующих диапазонов частот (скоростей): 0,1...1 Гц (6...60 об./мин), 1...10 Гц (60...600 об./мин), 10...100 Гц (600...6000 об./мин). Эти датчики оснащены блокировкой выходной функции при включении, то есть после подачи питающего напряжения выход кратковременно переходит в состояние «включено». Тип корпуса — только VariKont. Питание как от постоянного напряжения 15...60 В, так и от переменного 90...253 В.

ИД для применения в сильных электромагнитных полях

Когда ИД применяются вблизи сварочного оборудования, например для контроля положения заготовки перед операцией сварки, они подвергаются не только термическим и механическим воздействиям (например, при попадании сварочных искр и брызг расплава на корпус датчика), но и воздействию сильных электромагнитных полей. Силовые линии магнитного поля могут пересекать сердечник катушки датчика, вызывая значительное ослабление её добротности и индуцируя напряжение во внутренних цепях датчика, что способно вызвать ложные срабатывания ИД. Для устранения этого эффекта в датчиках применяются дополнительные компенсирующие обмотки, а также сердечники, изготовленные из спекаемого железного порошка, которые обеспечивают более высокое значение плотности магнитного потока, необходимого для насыщения, чем обычные ферритовые сердечники. Кроме того, используется дополнительное экранирование электроники. Снаружи такие ИД покрываются тефлоносодержащим составом (рис. 14), что препятствует налипанию горячих искр и частиц на кор-

пус датчика. В их спецификациях указывается допустимое значение магнитной индукции магнитного поля, например 200 мТл, и чтобы оценить возможность применения определённого датчика в конкретных условиях, следует сравнить это значение со значением магнитной индукции (B , мТл) вблизи токонесящего проводника, вычисленным по формуле: $B=0,2 \times I/h$, где I — ток через проводник, А; h — расстояние от центра проводника, мм. Распределение поля меняется в зависимости от типа и формы электродов, а также наличия по соседству других металлоконструкций, что данной формулой, естественно, не учитывается.

Устойчивые к воздействию сильных электромагнитных полей и пригодные для размещения в непосредственной близости от зоны сварки модели ИД имеют литеру С в конце обозначения, например NJ40-U1+E2-C. Варианты конструктивного исполнения: цилиндрический (диапазон срабатывания от 2 до 15 мм), миниатюрный прямоугольный, VariKont и VariKont L (рис. 15).

Другой интересной подгруппой в серии датчиков, устойчивых к электромагнитным полям и факторам сварки, являются ИД с компенсацией эффекта редукции, или с $r=1$. Они специально разработаны для применений, где тре-

буется определять наличие разных металлов на одном и том же расстоянии от датчика. Конечно, можно было бы воспользоваться для этих целей и датчиками с расширенным диапазоном срабатывания, но только для немагнитных материалов. Поскольку эти ИД часто используются в автомобильной промышленности, то их изготавливают, как правило, в исполнении, устойчивом к факторам сварки. Но есть и исключения, например NRB20-L1-E2-V1 в корпусе VariKont L. Литеры NR в начале обозначения модели соответствуют датчику с компенсацией эффекта редукции.

Селективные датчики

Селективные ИД позволяют разделять объекты из ферромагнитных и неферромагнитных металлов. Величина коэффициента редукции у одних селективных датчиков равна 1 для таких металлов, как алюминий, медь и т.п., и 0 для железа, ферромарганца и т.п., а у других, реагирующих только на ферромагнитные материалы, — наоборот. Таким образом, их выход устанавливается в 1 только для одного определённого типа материала. Особое место занимает датчик NJ15-U1-2E2-NE/FE, который имеет два независимых выхода, каждый для своего типа материала;



Рис. 15. Применение индуктивного датчика в корпусе VariKont на участке сварки



Рис. 16. Датчики с металлической чувствительной поверхностью

другой особенностью данной модели является наличие светодиодной индикации, которая также сделана селективной.

Диапазоны срабатывания селективных датчиков составляют от 2 до 40 мм, варианты конструктивного исполнения корпуса — VariKont, прямоугольный FP, цилиндрический.

Селективные ИД с металлической чувствительной поверхностью (серия NMB) устойчивы к механическим воздействиям, истиранию и агрессивным средам. У них один выход с $r=1$ (0,8) и только для одного типа металла: либо ферромагнитного (модель с литерами FE), либо неферромагнитного (модель с литерами NFE). Такие датчики имеют цилиндрический корпус и допускают врезку в детали из мягких (низкоуглеродистых) сталей (рис. 16).

В табл. 5 показаны возможные исполнения селективных датчиков.

ИД со встроенным механическим стопором

Эти датчики из номенклатуры фирмы Pepperl+Fuchs относятся к типу упрочнённых ИД и предназначены для

применения, главным образом, в составе подвижных механизмов. При подобном применении простого датчика рядом с ним должен устанавливаться отдельный механический стопор (ограничитель в виде винта, втулки и т.п.), обеспечивающий защиту ИД от возможных повреждений. Это влечёт за собой необходимость дополнительной операции подстройки положения не только датчика, но и стопора. В случае же использования ИД со встроенным механическим стопором такой необходимости не существует: датчик готов к работе сразу после установки и юстировки, за счёт чего существенно снижается трудоёмкость монтажа.

Датчик NJ0.2-10GM-N (рис. 17) специально разработан для жёстких условий эксплуатации в составе промышленных роботов, манипуляторов и другого подобного оборудования. Его цилиндрический корпус с внешней резьбой сам является прочным стопором, защищающим расположенный внутри него ИД как от осевых (аксиальных), так и от боковых ударов. Тип выхода NAMUR, $r=0,85$ (Сталь V2A)/0,4 (Al)/0,3 (Cu), осевая (аксиальная) нагрузка до 1200 Н.

Еще одно исполнение упрочнённых датчиков представлено на рис. 18. Этот датчик (NJ1.5-F2-E2) состоит из двух частей: обычного ИД в прямоугольном корпусе и вкручиваемого в него механического стопора с встроенным ку-



Рис. 17. Упрочнённый индуктивный датчик NJ0.2-10GM-N со встроенным механическим стопором

Код модели	A	B	L	L1	L2	Усилие P (макс.)
AS 08/15	M8×1	6	15	3,5	2	2000 Н
AS 08/40	M8×1	6	40	3,5	2	2000 Н
AS 10/50	M10×1	7	50	2,5	1	9500 Н
AS 12/60	M12×1	9	60	2	0,5	20500 Н
AS 12/80	M12×1	9	80	2	0,5	20500 Н

Рис. 18. Упрочнённый ИД с механическим выключателем (стопором) и электронным подтверждением срабатывания (NJ1.5-F2-E2)

лачковым элементом (подвижным штоком) — и предназначен для применений, где требуется простая установка механического конечного выключателя (стопора) с электронным подтверждением срабатывания. Стопор выполнен из высокопрочной стали, а точная подгонка по месту осуществляется благодаря нанесённой на него резьбе с мелким шагом. На рис. 19 показаны внешний вид и варианты комплектации датчика различными винтовыми стопорами, выдерживающими усилие до 20500 Н.



Рис. 19. Внешний вид датчика NJ1.5-F2-E2 и варианты его комплектации винтовыми стопорами

Таблица 5. Возможные исполнения селективных датчиков

Тип корпуса/способ установки	S _n , мм	Особенности	Назначение выходов
Цилиндрические M12, M18, M30; встраиваемые	2, 5, 8	Металлическая чувствительная поверхность (серия NMB)	Модель NFE: обнаружение объектов только из неферромагнитных материалов. Модель FE: обнаружение объектов только из ферромагнитных материалов
VariKont, прямоугольный FP; невстраиваемые (обычные)	20, 30, 40	Комбинированный выход (нормально открытый/нормально замкнутый)	Обнаружение объектов только из неферромагнитных материалов
VariKont; встраиваемый	15	Селективная светодиодная индикация	Два выхода для независимого обнаружения объектов из ферромагнитных и неферромагнитных материалов

Таблица 6. Основные характеристики аналоговых индуктивных датчиков

Обозначение датчика	S _л (линейный участок, Сталь 37), мм	Тип корпуса	Размеры	Граничная частота (3 дБ), Гц	Повторяемость, мкм	Соединение	
						Кабель PVC (2 м)	Клеммы
IA5-18GM-I3	2...5	Цилиндрический	M18, длина 60 мм	110	6	X	-
IA8-30GM-I3	3...8	Цилиндрический	M30, длина 60 мм	90	15	X	-
IA8-M1K-I3	3...8	VariKont M	91×30×30 мм	100	6	-	X
IA40-FP-I3-P1	15...40	Прямоугольный FP	80×80×40 мм	140	6	-	X

Аналоговые ИД

Аналоговые ИД преобразуют расстояние до металлического объекта в пропорциональный ему выходной токовый сигнал 0...20 мА, что делает эти датчики особенно удобными для применения в системах измерения и управления. Выходная характеристика, приводимая в техническом описании датчика, соответствует эталонному объекту (Сталь 37), поскольку в этом случае достигается самый широкий диапазон срабатывания.

Размеры линейного участка диапазона срабатывания для эталонного объекта, а также ряд других важных характеристик аналоговых датчиков фирмы Pepperl+Fuchs отражает табл. 6.

Как и в случае применения дискретных ИД, для металлов с меньшей магнитной проницаемостью и большей электрической проводимостью диапазоны срабатывания аналоговых датчиков сужаются. На рис. 20 в качестве примера представлены выходные характеристики встраиваемого аналогового ИД в цилиндрическом корпусе для разных металлов.

Общие параметры аналоговых датчиков: напряжение питания 10-30 В, 3-проводная схема подключения (постоянный ток), ток при отсутствии нагрузки до 8 мА, время восстановления 1...10 мс (типовое значение 5 мс), допуск на точность установки нуля ±5% от полной шкалы, диапазон рабочих температур от -10 до +70°C, степень защиты до IP67.

ИД с расширенным диапазоном рабочих температур

Эти датчики предназначены для использования в случаях, когда возможны температуры, выходящие за пределы традиционного для простых ИД фирмы Pepperl+Fuchs диапазона рабочих температур -25...+70°C. В номенклатуре фирмы представлены четыре варианта исполнения таких датчиков (табл. 7).

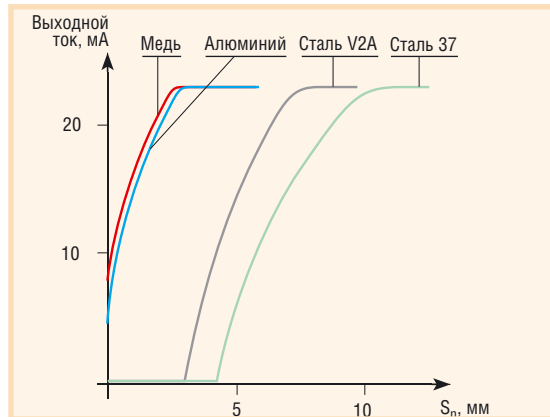


Рис. 20. Пример выходных характеристик аналогового ИД для разных металлов

Материал PBT, применяемый в простых датчиках, подходит и для изготовления ИД с диапазоном рабочих температур до 100°C (первая группа в табл. 7). Для датчиков второй группы (-40...+150°C) фирма Pepperl+Fuchs использует материал Ryton® (PPS), детали из которого сохраняют свою геометрическую форму при температуре 200°C и даже выше. В ИД для более высоких температур усилитель и чувстви-

тельный элемент (катушка с сердечником и резонатор) конструктивно разнесены, так как электронные компоненты при температуре выше 150°C разрушаются, а этого можно избежать, только разместив усилитель на удалении от чувствительной части датчика в более комфортных условиях. У датчика NJ4-30GM-N-200 (третья группа, 0...+200°C) чувствительный элемент с торцевой частью, выполненной из PPS, помещён в цилиндрический сталь-

ной корпус и соединяется термостойким кабелем с усилителем, имеющим обычный диапазон рабочих температур (-25...+70°C). У датчика NCN25-F35-A2-250-V1 (четвёртая группа, 0...+250°C) чувствительный элемент заключён в оболочку из нержавеющей стали, а его торцевая поверхность выполнена в виде диска из политетрафторэтилена (PTFE). Из этого же материала сделана изолирующая оболочка ка-

Таблица 7. Индуктивные датчики с расширенным диапазоном рабочих температур

Диапазон рабочих температур	Обозначение модели	S _л , мм	Размеры, мм		Способ установки	Подключение	
			Ø	длина			
-25...+100°C	NJ10-30GK-E2-T	10	30	80	встраиваемый	3-проводное (DC)	
	NJ15-30GK-E2-T	15	30	80	невстраиваемый		
	NJ15-U1-A2-T	15	40×40	118	встраиваемый	4-проводное (DC)	
	NJ20-U1-A2-T	20	40×40	118	невстраиваемый		
	NJ30-U1-A2-T	30	40×40	118	невстраиваемый		
	NJ40-U1-A2-T	40	55×55	128	невстраиваемый		
	-40...+150°C	NJ40-FP-A2-T-P1	40	80×80	40	невстраиваемый	3-проводное (AC)
		NJ15-U1-W-T	15	40×40	118	встраиваемый	
-40...+150°C	NJ40-FP-W-T-P1	40	80×80	40	невстраиваемый	NAMUR	
	NJ5-18GK-N-150	5	18	40	встраиваемый		
	NJ8-18GK-N-150	8	18	40	встраиваемый		
0...+200°C	NJ15-30GK-N-150	15	30	40	невстраиваемый	NAMUR, разнесённая конструкция	
0...+200°C	NJ4-30GM-N-200	4	30	75	встраиваемый		
0...+250°C	NCN25-F35-A2-250-V1	25	40×40	56	встраиваемый	4-проводное (DC), разнесённая конструкция	



Рис. 21. Датчик NCN25-F35-A2-250-V1 с расширенным диапазоном рабочих температур, имеющий разнесённую конструкцию

беля, соединяющего усилитель и чувствительный элемент данного датчика (рис. 21).

В маркировке ИД с расширенным диапазоном температур присутствует литера Т, например NJ10-30GK-E2-T, или цифра, указывающая максимум допустимой рабочей температуры, как, например, в обозначениях датчиков с разнесённой конструкцией.

ИД для позиционеров клапанов

Задвижки для регулирования расхода компонентов используются практически в любой отрасли промышленности. В большинстве случаев они приводятся



Рис. 22. ИД для позиционеров клапанов

в движение валом, поворачивающимся на 90 градусов, а сигнал о достижении конечного положения вала поступает в систему управления. Для этих целей обычно используются унифицированные в соответствии со стандартом VDI/VDE3845 корпуса, в которые устанавливают ИД обратной связи. Эти корпуса обладают высокой степенью защиты, имеют встроенные клеммы для датчика и цепей управления задвижкой, соответствуют стандартным установочным размерам.

В настоящее время в мире всё более широко используются так называемые открытые решения. Применительно к ИД обратной связи это значит, что датчики теперь монтируются не в корпусе, а непосредственно на привод задвижки или клапана (открытый монтаж). Данная технология обладает сле-

дующими преимуществами: быстрая установка, лёгкая замена благодаря цельной конструкции и компактность. Фирма Pepperl+Fuchs предлагает широкую номенклатуру ИД для позиционеров клапанов (рис. 22).

ИД для позиционеров клапанов на основе стандартных датчиков

Это специально модифицированные для управления задвижками цилиндрические и шелевые ИД (устанавливаются в корпусе). У них изменены геометрия корпуса и положение индикатора, длина и диаметр выходного кабеля (табл. 8). Пример монтажа таких цилиндрических ИД показан на рис. 23. Датчики шелевого типа фиксируют поворот вала по положению вырезанного сегмента («окна») на металлическом диске, вращающемся вместе с валом.

Интегрированные двоянные ИД

Эта группа представлена ИД со стандартными установочными (расположение отверстий в соответствии с VDI/VDE 3845) и габаритными размерами серий NCN3-F25- и NBN3-F25 (их обобщённо называют «серия F25»), которые могут быть смонтированы на стандартизованном приводе исполни-

Таблица 8. Индуктивные датчики положения для позиционеров клапанов

Модель датчика	Особенности
SC3.5-NO SC3.5-G-NO SC3.5-E2 SC3.5-G-E2	Датчик щелевого типа; выходной кабель длиной 135 мм с крепёжной муфтой; индикатор на противоположной стороне от кабельного выхода; резьбовое отверстие для крепления
NCB2-12GM35-NO NBB2-12GM40-E2/ZO NCN4-12GM35-NO NCN4-12GM40-E2/ZO NCB5-18GM40-NO	Цилиндрический корпус; индикатор расположен аксиально под прозрачной крышкой (хорошая видимость с любого направления); длина корпуса датчика 35/40 мм
NBB2-V3-E2 NBB3-V3-Z4 NCB2-V3-NO NCN4-V3-NO	Миниатюрный датчик в прямоугольном корпусе; длина кабеля 100 мм



Рис. 23. Использование обычных ИД в качестве датчиков для позиционера клапана



Рис. 24. ИД серии F25, размещённый в унифицированном корпусе

тельного механизма либо размещены в унифицированном корпусе (рис. 24).

Модели NCN3-F25-N4-K и NBN3-F25-E8-K имеют пружинные клеммы для непосредственного подключения кабеля управления, поэтому они выпускаются не только в традиционном исполнении, но и смонтированными на печатной плате (рис. 25). Главными преимуществами такого решения являются следующие:

- в корпусе не нужно предусматривать дополнительные электромеханические элементы;
- плата может быть подключена непосредственно к управляющему кабе-



Рис. 25. ИД серии F25, смонтированный на печатной плате

лю без дополнительного клеммного соединителя;

- модульные съёмные соединители еще больше упрощают операцию разборки привода.

Вариантом исполнения таких плат являются платы с AS-интерфейсом (PL1-F25-B3-S).

Сдвоенные ИД для непосредственного монтажа на привод

ИД серий NCN3-F31 и NBN3-F31 (их обобщённо называют «серия 31») также соответствуют требованиям стандарта VDI/VDE3845. Форма и размеры датчика и позиционера выбраны таким образом, чтобы максимально упростить их открытый монтаж на приводе различных конструкций. Используя только один тип корпуса датчика и два вида позиционеров, можно реализовать опрос положения приводов всего возможного диапазона стандартных конструктивных вариантов. Отсек в корпусе такого датчика (рис. 26) позволяет подключать два кабеля (системный и управления приводом) одним из следующих способов: через соединитель (V1, V16, V18), клеммный блок или предустановленный многожильный кабель длиной 5 метров — в зависимости от модификации датчика.

Способы подключения: 2-, 3-проводные с питанием постоянным током, выход типа NAMUR, AS-интерфейс, с



Рис. 26. ИД серии F31 для открытого монтажа

М30, в корпусах типа VariKont и VariKont L, в прямоугольных корпусах F, а также датчики для непосредственного монтажа на привод серии F31. Литеры В3 в обозначении модели говорят о наличии AS-интерфейса. Благодаря встроенному «интеллекту» функциональность таких датчиков значительно выше, что упрощает их установку и обслуживание, а также снижает соответствующие затраты.

Обычно на практике ИД устанавливают таким образом, что детектируемый объект находится на расстоянии $0,5S_n$ от датчика, гарантированно попадая в диапазон S_a (рис. 27). Это формально корректный способ, но он приводит к нерациональному использованию возможностей датчика. На основе средств AS-интерфейса можно провести более безопасное и эффективное позиционирование ИД и контролировать его состояние. Бит D1 поля данных AS-пакета устанавливается в 0 каждый раз, когда объект попадает в зону между $0,8S_n (S_a)$ и $1,2S_n$ (верхняя граница полезного диапазона срабатывания S_u). В случае нахождения объекта на участке до верхней границы диапазона S_n бит D0 имеет значение «1»; этот бит характеризует состояние выхода датчика («Срабатывание», или «Включён/Выключен»), которое отражается встроенным жёлтым индикатором. Некоторые модели ИД имеют расширенную свето-

Датчики с AS-интерфейсом

На настоящий момент в соответствии с новой спецификацией AS-i версии 2.1 фирмой Pepperl+Fuchs выпускаются следующие типы датчиков: цилиндрические M12, M18,

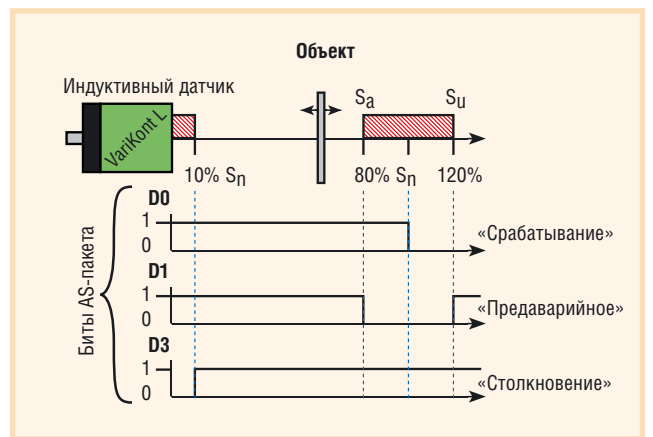


Рис. 27. Использование средств AS-интерфейса для установки ИД

диодную индикацию, использующую и жёлтый индикатор состояния выхода, и дополнительный красный индикатор предаварийного состояния (бит D1). Анализируя состояние комбинации битов D1 и D0 по выходному сигналу датчика или по показаниям встроенных индикаторов, можно расположить объект и датчик не на расстоянии $0,5S_n$ друг от друга, а на максимальном рабочем расстоянии до $0,8S_n$ (D1D0=11), обеспечивая тем самым более надёжную защиту ИД от возможного механического повреждения.

В некоторых моделях ИД задействованы и другие биты AS-пакета: бит D2 может сигнализировать об остановке резонатора, а бит D3 — о нахождении объекта на расстоянии от датчика, меньшем, чем $0,1S_n$.

Еще одной интересной возможностью ИД с AS-интерфейсом версии 2.1 является функция «подхвата», или удлинения выходного импульса. По новой спецификации версии 2.1 время цикла опроса для A/B-slave составляет 10 мс (5 мс для версии 2.0), и при быстром прохождении объекта через активную зону датчика существует вероятность потери сигнала (импульс D0 может оказаться короче цикла опроса). Поэтому в новых

датчиках предусмотрен реализованный средствами AS-интерфейса версии 2.1 режим «залипания», удерживающий сигнал D0 ещё в течение 15 мс после срабатывания датчика.

АКСЕССУАРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Для удобства и простоты установки датчиков фирма Pepperl+Fuchs предлагает широкий набор монтажных аксессуаров, тестеров и кабельных соединителей.

Монтажные аксессуары позволяют сделать процесс установки и юстировки датчика более простым и удобным, а следовательно, повысить качество монтажа и снизить его трудоёмкость. Они включают в себя фланцы для удобной подстройки диапазона срабатывания цилиндрических ИД, фланцы с фиксатором для быстрой замены датчика без юстировки, комплект для монтажа датчиков с корпусом типа VariKont, применение которого упрощает настройку диапазона срабатывания и обеспечивает надёжное крепление ИД на стандартном DIN-профиле (рис. 28). Тестеры являются удобными приборами для проверки ИД после установки. Кнопочные клеммы позволяют быстро подключиться к датчику,



Рис. 28. Пример установки датчика с применением монтажных принадлежностей

встроенные светодиоды и звуковая сигнализация указывают на срабатывание ИД и наличие питающего напряжения. Выпускается модель для использования во взрывоопасных помещениях (проверка датчиков с выходом типа NAMUR).

Для всех ИД с соединителями поставляются различные ответные части: с кабелем и без него, со встроенным индикатором, угловые и др. Для защиты кабелей предлагаются соответствующие гибкие гофрированные трубки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как уже отмечалось в начале статьи, ИД являются самыми надёжными из бесконтактных датчиков. При выборе



Рис. 29. Пример применения ИД щелевого типа для контроля натяжения нити

типа датчика, даже если детектируемый объект не металлический, всё равно нужно попытаться применить ИД, используя хотя бы косвенные признаки обнаружения. И только если это не даёт требуемого эффекта, имеет смысл рассматривать иные варианты, связанные с применением ёмкостных, фотоэлектрических и других датчиков.

Широкое и разнообразное применение индуктивных датчиков в различных отраслях промышленности иллюстрируют рис. 29-32.

На рис. 29 показано применение ИД щелевого типа для контроля натяжения нити: сила натяжения только заданной величины способна удержать в неизменном положении флажок, находящийся в активной зоне датчика. Интересным применением ИД кольцевого типа является определение вязкости масла или краски: датчики нанизываются на трубопровод (рис. 30) и по скорости прохождения краски между ними определяется кинематическая вязкость. Сферой массового использования таких датчиков являются системы подсчета или контроля деталей, падающих после резки, вырубки, штамповки и т.п.

ИД разных типов традиционно широко представлены в конвейерных системах (рис. 31), в устройствах управления задвижками и гидроприводами (рис. 32), в составе оборудования для сортировки и учёта металлических деталей и т.д.

Фирма Pepperl+Fuchs производит ИД и постоянно их совершенствует в соответствии с международными действующими и внедряемыми стандартами. Ежегодно аттестуемый сертификационный центр и испытательные лаборатории фирмы находятся непосредственно на территории основного про-

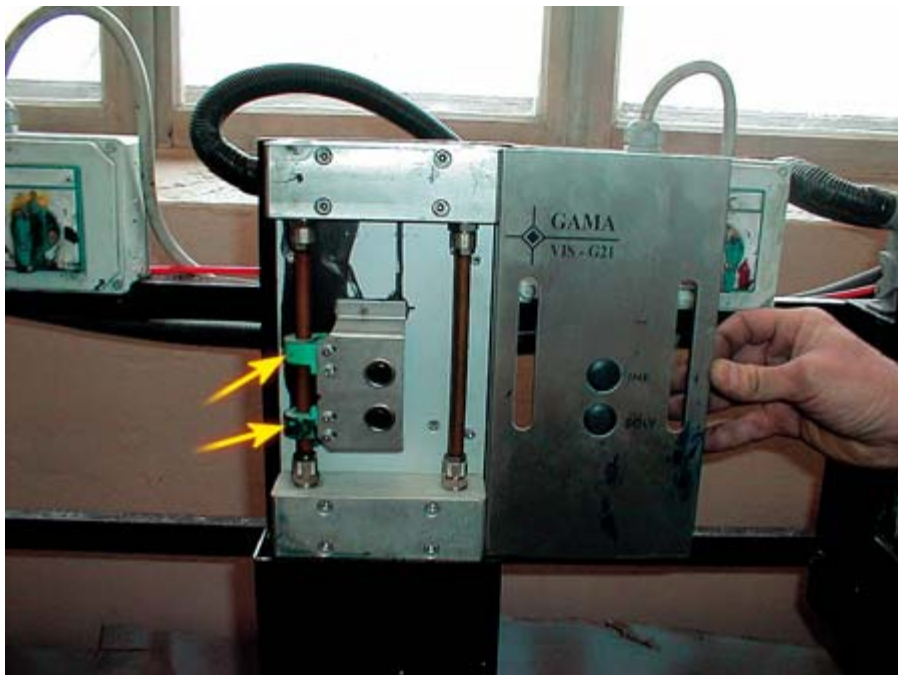


Рис. 30. Пример применения датчиков кольцевого типа в приборе для определения вязкости жидкости

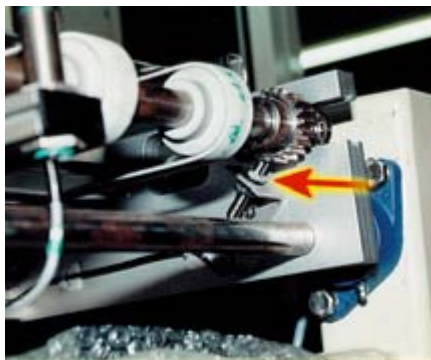


Рис. 31. Пример применения ИД для контроля скорости конвейера

изводства, что позволяет максимально быстро корректировать процесс изготовления датчиков и выпускать надёжные ИД в соответствии с системой качества ISO 9001 и требованиями рынка. Номенклатура изделий хорошо структурирована и предоставляет большой выбор моделей для самых разнообразных применений. Совместное использование ИД и дополнительного оборудования фирмы Pepperl+Fuchs (монтажные принадлежности, концентраторы для датчиков с выходом на полевые шины, средства обеспечения искробезопасности и т.д.) позволяет создавать законченные решения, оптимизированные для конкретных задач систем автоматизации.

Данная статья, конечно, не охватывает всех вопросов, связанных с ИД фирмы Pepperl+Fuchs, в частности, не были подробно рассмотрены схемы включения датчиков, классификатор обозначений моделей и др. Более де-



Рис. 32. Пример применения ИД в составе устройства управления приводом

тальную информацию можно найти на сайте и в каталогах компании. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Жданкин В.К. Pepperl + Fuchs = надёжность// Современные технологии автоматизации. – 2001. – № 1.
2. Жданкин В.К. Оценка искробезопасности электрических цепей// Современные технологии автоматизации. – 2000. – № 3.

**Автор – сотрудник
АО «Системы реального времени-Украина» (RTS-Ukraine)
Телефон: (+380-56) 770-0400
Факс: (+380-56) 232-3228
E-mail: eam@rts-ukraine.com**