

Датчики положения для современных систем автоматизации в примерах и иллюстрациях

Павел БАЗАНОВ
bazanov@megasensor.com
Игорь ВЕРБОВ
verbov@rentek.ru

При решении задач, связанных с автоматизацией технологических процессов и реализацией систем управления самого широкого назначения, неизменно находят применение датчики перемещения, в первую очередь датчики углового положения (энкодеры), датчики линейного перемещения и датчики угла наклона (инклинометры). Диапазон решаемых с помощью таких элементов функциональных задач широк, начиная с автоматизации производственных циклов (манипуляторы различного назначения, сварочные, покрасочные автоматы) и заканчивая автоматическими линиями линейного и одноплоскостного перемещения (конвейеры, лифтовые системы и многое другое). С уверенностью можно утверждать, что датчики положения являются неперенным и зачастую ключевым атрибутом практически любой современной комплексной АСУ.

Энкодеры (датчики углового положения) (рис. 1) подразделяются на две основные категории: инкрементальные и абсолютные.

Инкрементальные, или пошаговые энкодеры предоставляют информацию о перемещении (направлении и скорости) вращающегося (движущегося) механизма путем



Рис. 1. Энкодер фирмы Wachendorff

В статье рассказывается об актуальных современных технологиях промышленных датчиков линейного и углового положения, перемещения или расстояния, а также инклинометров — на примерах технологических решений, реализованных различными мировыми лидерами в производстве датчиков для промышленных АСУ.

передачи соответствующего количества импульсов, отображающего меру перемещения вала, счетному устройству. Оптический инкрементальный энкодер состоит из источника света, специального диска с нанесенными на него метками, фототранзисторной сборки и схемы обработки сигнала. Количество меток на диске такого энкодера четко связано с количеством импульсов за один оборот вала. Инкрементальный энкодер может иметь только один канал выхода (позволяет определять количество и частоту импульсов) или два выхода (каналы А и В), с помощью которых можно определять также направление движения вала (по или против часовой стрел-

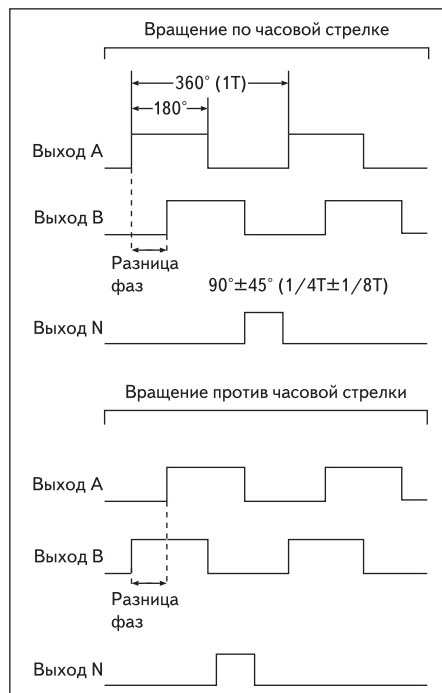


Рис. 2. Диаграмма выходов инкрементального энкодера

ки), или три выходных канала — с нулевой или индексной отметкой.

Каналы А и В генерируют импульсы с фазами, смещенными относительно друг друга на 90° (рис. 2). При наличии выхода N дополнительно выдается импульс нулевой отметки для начала нового отсчета в пределах каждого полного оборота. Датчики выпускаются с цельным и полым валом. К числу ведущих производителей инкрементальных энкодеров относятся немецкие фирмы Wachendorff и Pepperl + Fuchs. Недостатком инкрементальных энкодеров является отсутствие информации о положении вала при сбоях питания.

Абсолютные энкодеры — это датчики углового положения, обычно оптоэлектронные, основными преимуществами которых по сравнению с инкрементальными энкодерами является возможность предоставления информации о положении вала сразу после подключения энкодера к источнику питания, а также возможность контроля числа оборотов вала с помощью встроенного опто-механического редуктора. Абсолютные энкодеры подразделяются на однооборотные (Single Turn), которые предоставляют информацию о положении вала в пределах одного оборота, и многооборотные (Multi Turn), которые учитывают не только конкретную угловую позицию, но и весь «пройденный путь», то есть общее количество произведенных валом оборотов.

Как и инкрементальный энкодер, абсолютный состоит из поворотной оси, смонтированной на двух высокопрецизионных подшипниках, кодового диска (рис. 3), установленного на ось, а также считывающей матрицы и схемы обработки сигнала. В качестве источника света служит светодиод, луч которого просвечивает кодовый диск и попадает на фототранзисторную матрицу.

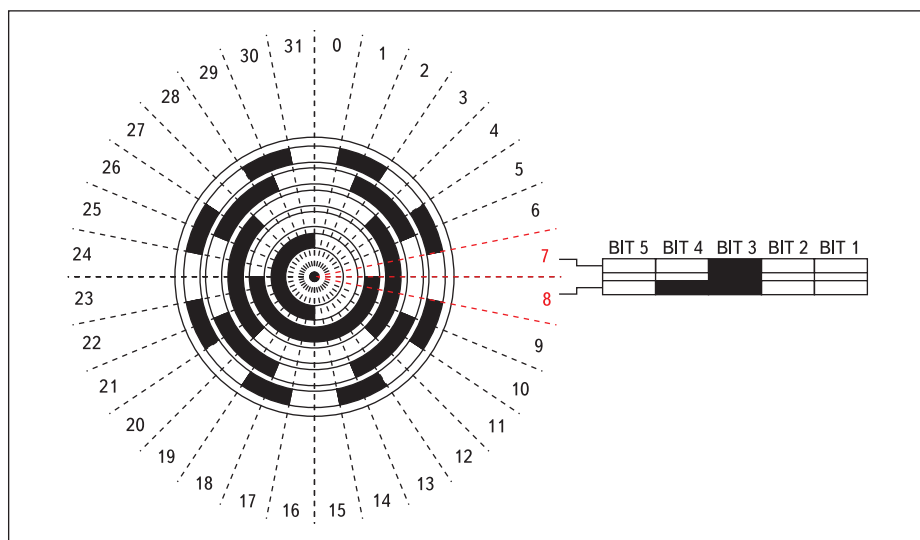


Рис. 3. Кодовый диск абсолютного энкодера

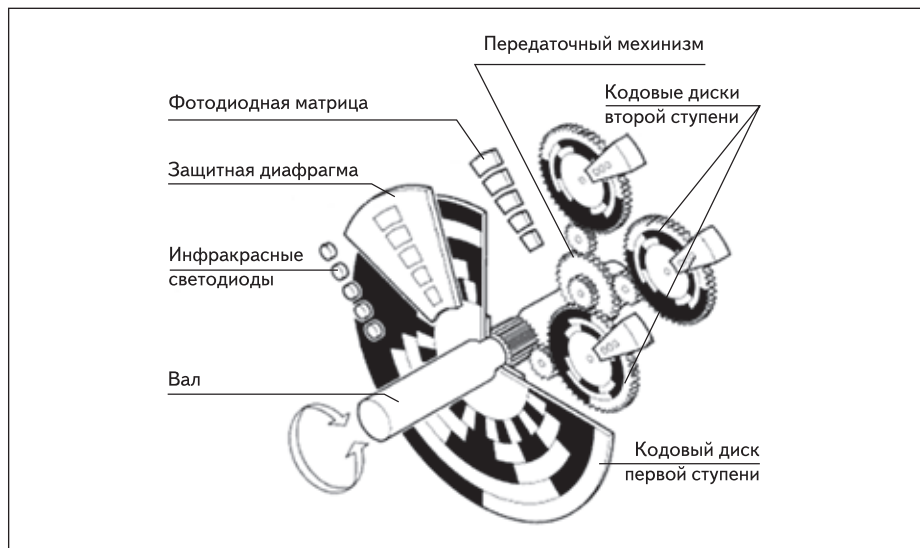


Рис. 4. Устройство многооборотного энкодера

Кодовый диск либо позволяет свету попасть на определенные участки матрицы, либо предотвращает его попадание. Таким образом, темные и светлые участки, отображаемые на матрице, преобразуются в электрические сигналы на выходе энкодера в виде n -бит бинарного сигнала. Контроль количества оборотов вала (функция Multi Turn) возможен за счет применения нескольких оптических кодированных дисков, соединенных между собой специальным передаточным механизмом — редуктором (рис. 4).

Первым в мире разработчиком абсолютного датчика углового положения стала компания FRABA POSITAL из Кельна, занимающаяся их производством с 1970 года. В настоящий момент компания выпускает абсолютные энкодеры с разрешением до 30 бит (65 536 меток в обороте, 16 384 оборотов — это лучший мировой показатель) с различными видами интерфейсов, такими как параллельный, последовательный (SSI), Device Net и очень рас-

пространенный CAN (Control Area Network), он был разработан для применения в автомобильной электронике и является мульти-мастерной системой, в которой каждое устройство может в любой момент времени подключаться к шине, если она в этот момент времени свободна. Компания FRABA первой в мире начала интегрировать в свои энкодеры миниатюрные веб-серверы, позволяющие подключаться к компьютерной сети и со скоростью 10/100 Мбит/с через TCP/IP (Ethernet-интерфейс) или HTTP-протокол коммуницировать с компьютером. Посредством текстовых команд такой датчик может управляться из любой точки мира (рис. 5).

Базисом построения системы кодировки абсолютного энкодера может служить двоичный код, который является многошаговым. Однако для повышения точности работы датчика целесообразным является пошаговое изменение лишь одного из разрядов кодовой комбинации. В связи с этим наибольшее распространение получили энкодеры с применением в качестве кодовой системы кода Грея, который является одношаговым кодом, то есть при переходе от одного числа к другому всегда меняется лишь один бит информации, благодаря чему погрешность вследствие неодновременного считывания информации о текущем положении внешними устройствами снижается.

Для механического соединения вала с внешним механизмом используется специальная эластичная муфта, предназначенная для компенсации возможного биения вала, что позволяет избежать преждевременного износа механизма энкодера.

Благодаря своему опыту разработок и производства таких датчиков, их высокой надежности и использованию современных технологий компания FRABA POSITAL стала признанным мировым лидером в производстве абсолютных энкодеров.

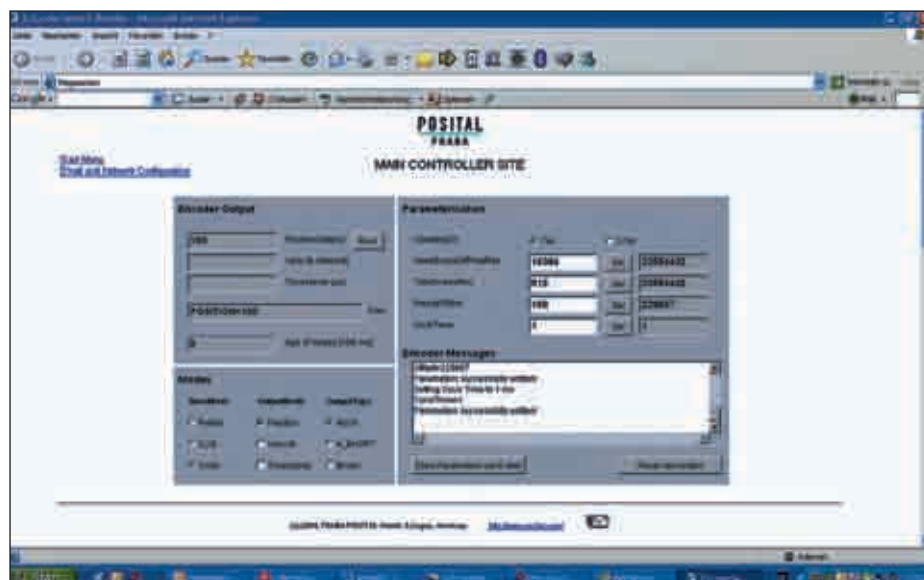


Рис. 5. Окно управления абсолютным энкодером с Ethernet-интерфейсом

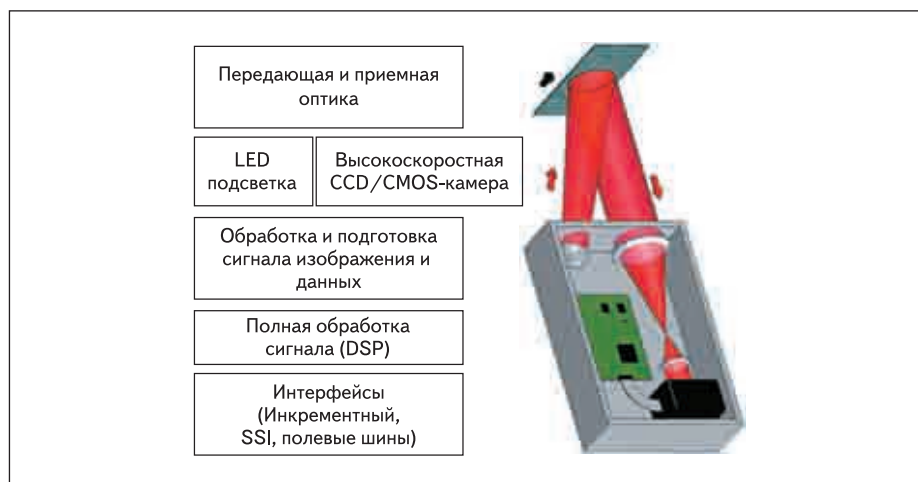


Рис. 6. Система дистанционного контроля перемещения



Рис. 7. Датчики серии Temposonics компании MTS-Sensor

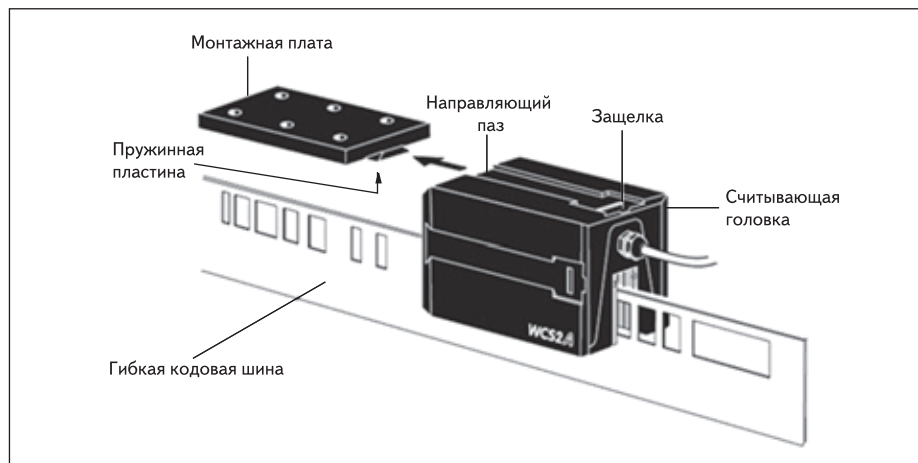


Рис. 8. Система кодировки пути WCS

Имея огромный опыт работы в области детектирования перемещений, фирма INTACTON (одно из подразделений FRABA) недавно освоила выпуск сенсорных систем дистанционного измерения и контроля перемещения объектов. Данные системы, именуемые COVIDIS и ОРТИРАСТ, комбинируют в себе преимущества известных оптических систем измерения скорости и длины. Модульная конструкция устройства включает в себя светодиодную подсветку, высокоскоростную CCD-камеру и приемопередающую оптику, а также электронику автоматической фокусировки на контролируемый объект (рис. 6). Коммуникация с внешними устройствами осуществляется с помощью простых и известных интерфейсов — например, сигнал на выходе мо-

жет имитировать сигнал инкрементального энкодера. Системы фирмы FRABA INTACTON нашли применение в тяжелых условиях сталелитейной промышленности. Кроме того, в бумажной и металлообрабатывающей промышленности данные системы используются для контроля скорости перемещения и длины производимого листа, а также в строительной индустрии, в частности при производстве керамических изделий для контроля скорости движения сырой глиняной массы.

Следующую группу составляют **датчики линейного положения**. К наиболее перспективным с точки зрения универсальности применения, надежности и точности можно отнести датчики линейного перемещения для измерения пути и длины, базирующиеся

на бесконтактном методе измерения. Эти датчики серии Temposonics были разработаны и производятся на протяжении более 30 лет компанией MTS-Sensor. В основу датчиков положен магнитоотрицательный метод измерения, полностью исключающий механический износ измерительной системы. К особенностям датчиков MTS относятся также низкий коэффициент нелинейности (менее 0,02%), точность повторяемости измерений до 0,001% и разрешение до 1 мкм (например, датчики серии R).

Один из признанных лидеров в производстве средств автоматизации, немецкая компания Pepperl + Fuchs представляет комплексное решение для автоматизации линейных управляемых механизмов — системы кодировки пути серии WCS (WCS2 и WCS3). Схема действия системы представлена на рис. 8.

Кодовая шина выполняется из высокопрочного гибкого материала (пластика, алюминия или нержавеющей стали) и дублирует путь перемещаемого объекта. Кодовая шина является носителем абсолютного кода и передает информацию U-образной считывающей головке.

Свое применение системы кодировки пути находят в задачах автоматизации складов (автоматические тележки, подъемные устройства как при оснащении новых, полностью автоматизированных стеллажно-складских систем, так и при дополнительном оснащении уже существующих складов), для управления кран-балками, в лифтовом и подъемном оборудовании.

Инклинометры — датчики угла наклона — применяются в различных системах управления, в которых движущийся объект изменяет свое угловое положение относительно линии горизонта (стрелы машин и механизмов, манипуляторы и пр.). Компания HL-Planartechnik предлагает двухосные электролитические жидкостные инклинометры, работающие по принципу электронного ватерпаса и обеспечивающие угловое разрешение 0,01° в температурном диапазоне от -40 до +105 °C (рис. 9).

В нижней части резервуара, частично наполненного электропроводящей жидкостью, размещены электроды, располагаемые параллельно к оси наклона датчика. При подаче переменного напряжения на оба электрода



Рис. 9. Инклинометр HL-Planartechnik

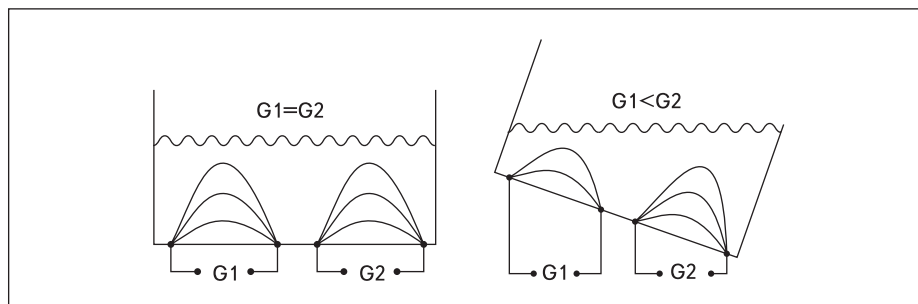


Рис. 10. Принцип действия инклинометра HL-Planartechnik

генерируется распределенное электромагнитное поле. Снижение уровня жидкости, возникающее при наклоне датчика, вызывает «стягивание» (редуцирование) такого поля. Это, в свою очередь, вызывает пропорциональное уровню жидкости изменение электрического сопротивления электролита с постоянной электропроводностью. Благодаря дифференциальному принципу измерений с двумя парами электродов на выходе датчика обеспечивается знакозависимый сигнал, пропорциональный углу наклона (рис. 10).

HL-Planartechnik предлагает три варианта исполнения инклинометров:

- инклинометры с измерительными элементами в керамических корпусах,
- инклинометры в виде модулей (на миниатюрной печатной плате), готовые к интеграции в системный корпус заказчика,

- откалиброванные и готовые к подключению датчики в корпусе класса защиты IP65.

Известным производителем инклинометров является также компания SEIKA Mikrosystemtechnik, которая предлагает высокостабильные прецизионные датчики угла наклона, рассчитанные на работу в жестких условиях эксплуатации в составе промышленной, автомобильной и различной строительной техники и даже для работы под во-

дой (с классами защиты IP67–IP69). Инклинометры SEIKA поставляются в виде модулей измерительных элементов или в корпусах с различными механическими исполнениями. Это могут быть как одно- или двухкоординатные инклинометры с цифровым интерфейсом RS485, так и с аналоговым (ток и/или напряжение) выходом, с дополнительными функциями реле наклона, с возможностью предустановки заказчиком необходимых границ срабатывания при достижении определенных углов наклона.

Представленные датчики являются лишь частью широкого диапазона датчиков перемещения, выпускаемых ведущими мировыми производителями. В последнее время большинством фирм ведутся разработки и комплексных сенсорных систем на основе базовых модулей, аналогичных рассмотренным в статье, для самых разных применений, с учетом непрерывно повышающихся требований к функциональности (универсальности), надежности и точности таких важных компонентов автоматизации, как датчики. ■