

УДК 681.586'32

*П.В. Скороплетов*

## ВРЕМЕННОЕ СОГЛАСОВАНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДАТЧИКА С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ЭНКОДЕРОВ

*Проведен сравнительный анализ существующих датчиков положения. Определены основные параметры датчиков, влияющих на выбор для их дальнейшего использования. Приведены достоинства и недостатки различных типов датчиков. Проанализирован выбор цифрового энкодера для отслеживания положения электромагнитного зонда. Приведена схема подключения цифрового энкодера.*

Цель работы – выбрать оптимальный тип датчиков положения для временного согласования положения электромагнитного датчика с измерениями. Электромагнитный датчик служит для измерения наводимого на различные предметы электромагнитного поля. Датчик совершает круговые движения; необходимо отслеживать его положение.

Невозможно представить область, где бы не применялись датчики положения и перемещения, являясь важным связующим звеном между электронной и механической частями приборов. Неудивительно, что многие инженеры-электронщики испытывают определенные трудности в выборе типа датчиков положения, оптимальных для конкретной задачи управления объектом.

Выбирая датчик, прежде всего, необходимо правильно определить приоритеты по следующим критериям:

- разрешение и точность;
- линейность;
- скорость измеряемого процесса;
- условия применения и класс защиты;
- надежность;
- габаритные размеры;
- стоимость.

Теперь, расставив приоритеты, необходимо учесть, что датчик может определять абсолютное или относительное положение контролируемого объекта. С учетом этого существуют два основных метода определения положения и измерения перемещений.

В первом методе датчик вырабатывает сигнал, являющийся функцией положения одной из его частей, связанных с подвижным объектом, а изменения этого сигнала отражают перемеще-

ние. Такие датчики положения называются абсолютными [2]. К ним относятся:

- резистивные (потенциометрические) датчики;
- индуктивные датчики с подвижным сердечником;
- емкостные датчики с подвижными обкладками;
- цифровые кодовые датчики абсолютных значений (энкодеры).

Во втором методе датчик генерирует единственный импульс на каждом элементарном перемещении, а положение определяется подсчетом суммы импульсов в зависимости от направления перемещения. Такие датчики положения называются относительными. Достоинством таких датчиков, по сравнению с абсолютными, являются простота и низкая стоимость, а недостатком - необходимость периодической калибровки и дальнейшей микропроцессорной обработки.

Датчики также делятся на контактные и бесконтактные. В бесконтактных датчиках связь между подвижным объектом и датчиком осуществляется посредством магнитного, электромагнитного или электростатического полей, а также оптоэлектронным способом [1].

*Резистивные (потенциометрические) датчики* основаны на простом принципе действия, что приводит к конструкциям умеренной стоимости; измеряемый сигнал может иметь достаточно высокий уровень и линейность и не требует специальной электрической схемы обработки. Однако такой датчик обладает внутренним трением, которое влияет на его точность, являясь источником шумов и причиной износа, что влечет за собой ухудшение характеристик (линейности, точности) и устанавливает предел количества измерений, которое датчик может выдержать. Кро-

ме этого, на его функционирование заметно влияет окружающая атмосфера (влажность, пыль, температура). Средствами борьбы с этими дестабилизирующими факторами являются:

- использование новейших резистивных покрытий и компаундов заполнения на основе пластиков;

- применение фоторезистивных покрытий;

- использование магнитозависимых резисторов для бесконтактного считывания положения;

- использование встроенных в резистор редукторов для улучшения разрешения.

Из перечисленного выше ясно, что датчики подобного типа не могут отображать быстрые, повторяющиеся движения и применяться там, где есть сильные вибрации.

Резистивные датчики подразделяются на однооборотные и многооборотные, с упором или без, проволочные и пластиковые [1].

Принцип действия *индуктивных датчиков с подвижным сердечником* основан на том, что в перемещение, которое предполагается измерить, вовлекается один из элементов магнитного контура, который вызывает тем самым изменение потока через измерительную обмотку и соответствующий электрический сигнал.

Если подвижным элементом является ферромагнитный сердечник, то его перемещение проясняется:

- в изменении коэффициента самоиндукции катушки (переменная индуктивность);

- в изменении коэффициента связи между первичной и вторичной обмотками трансформатора (дифференциальный трансформатор), что приводит к изменению вторичного напряжения.

В трансформаторе с переменной связью одна обмотка может вращаться относительно другой, закрепленной (одна из них играет роль источника, а другая - приемника). Первичная обмотка образует индуктор, а вторичная обмотка с наведенным током дает напряжение в функции угла вращения (индуктивный потенциометр, резольвер).

Основой датчика является дифференциальный дроссель с симметрично расположенными обмотками индуктивности. Измерительный якорь, передвигаясь между ними, вызывает синфазное изменение их индуктивности, тем самым преобразуя линейное перемещение в электрическую величину. Обмотки датчика включаются в измерительный мост, питающийся переменным напряжением несущей частоты. Таким образом, для приёма сигналов с таких датчиков необходима особая плата ввода, которая должна выполнять целый ряд функций:

- генерацию переменного напряжения для питания измерительного моста;

- демодуляцию принимаемого сигнала;

- линеаризацию характеристик;

- учёт температурных воздействий.

Индуктивные датчики могут измерять непосредственно линейное или угловое перемещение.

Датчики этого типа, с одной стороны, чувствительны к внешним электромагнитным полям, а с другой – способны сами их индуцировать. Поэтому необходимо их экранировать.

Индуктивные датчики довольно дороги и сложны в обработке снимаемых сигналов, требуют запитки стабильным синусоидальным напряжением, но зато практически не зависят от атмосферных условий, пригодны к использованию в условиях чрезвычайно агрессивной среды, имеют высокое время наработки на отказ, дают очень высокую точность и линейность.

*Емкостные датчики с подвижными обкладками* представляют собой плоский или цилиндрический конденсатор, одна из обкладок которого испытывает подвергаемое контролю перемещение, вызывая изменение емкости. Они замечательны своей простотой, что позволяет создавать прочные и надежные конструкции. Диэлектриком обычно служит воздух, так что параметры конденсатора зависят только от геометрических характеристик и не зависят от свойств используемых материалов. Если материалы правильно подобраны, то можно сделать пренебрежимо малым влияние температуры на изменения площади поверхности и расстояния между обкладками. С другой стороны, необходимо защищать датчик от тех факторов окружающей среды, которые могут ухудшить изоляцию между обкладками: от пыли, влажности, коррозии, ионизирующей радиации.

*Цифровые кодовые датчики:* измерительную информацию, получаемую в аналоговом виде, часто можно обрабатывать с помощью цифровых схем, что создает дополнительные удобства. Это становится возможным при использовании аналогово-цифровых преобразователей. В случае перемещений можно создать датчик, измеряющий положение линейное или угловое и выдающий его сразу в цифровой форме. Как и во всех приборах с цифровым преобразованием, информация оказывается квантованной и, следовательно, разрешение всегда конечно. Такие датчики могут надежно передавать информацию об измеряемом положении по последовательному интерфейсу на достаточно большие расстояния от нескольких датчиков по одной линии связи.

Под *абсолютными цифровыми датчиками* (энкодерами) подразумевают датчики угла поворота, каждому положению вала которых соответствует определённый уникальный код, формируемый на его выходе (бинарные слова, соответствующие определённому положению) [2].

Наиболее распространённые типы выходов – это параллельный код, интерфейсы SSI, CAN-open, Profibus DP.

Отслеживание положения вала происходит даже при отсутствии напряжения питания, а сигнал положения передаётся в виде цифрового кода. Способность контроля положения вала даже при выключенном напряжении питания является основной причиной использования абсолютных датчиков угла положения в системах с высокими требованиями точности и безопасности. Поэтому при сбоях в работе, включении, прерывании питающих напряжений или предельной частоты работы прибора в распоряжении пользователя имеется точная позиция положения как двоичного бита. Чаще всего используют помехозащищённую двоичную Грей-кодировку, при которой за каждый шаг измерения изменяется лишь один знак кодовой информации и при этом легко контролируются ошибки передачи сигнала. Распространено также двоичное и двоично-десятичное кодирование. Абсолютные энкодеры, кодирующие положение в пределах одного оборота, называются однооборотными, а энкодеры со счётчиком оборотов называются многооборотными. По принципу действия различают магнитные энкодеры и оптические. Последние фиксируют вращение оптического диска, а магнитные регистрируют прохождение магнитных полюсов мимо чувствительного элемента датчика. Встроенный аккумулятор позволяет энкодеру отслеживать положение вала при выключенном питании, однако передача кода положения происходит только при наличии питания.

*Инкрементальные цифровые датчики* отображают измеряемое положение количеством импульсов, которые затем подсчитываются микропроцессором с учетом направления перемещения по сдвигу фаз между двумя каналами. При использовании специальных микросхем можно удвоить или даже учетверить разрешающую способность. Такие датчики требуют время от времени калибровки по нулевому отсчету и при сбоях. Имеются датчики с механическим и бесконтактным съёмом информации.

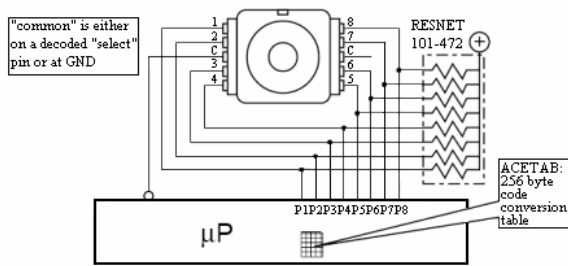
Инкрементальные энкодеры также используются для определения скорости вращения различных валов. Оси вала и энкодера соединяют механически, либо с помощью гибкой переход-

ной муфты, либо с помощью жесткой втулки, либо энкодер сажают непосредственно на вал, если ось энкодера полая. В первом случае корпус энкодера жестко соединяют с корпусом механизма, а несоосность и биения компенсируются деформацией гибкой втулки. В двух других случаях с помощью штифта корпуса энкодера и механизма фиксируют от проворачивания друг относительно друга. Внутри энкодера жестко с валом закреплен стеклянный диск с темными рисками. Источник света и фотоприемник расположены по разные стороны от диска. Количество света, приходящего на фотоприемник, меняется в зависимости от положения рисок. Электронная плата преобразует сигнал с фотоприемника в дискретный выходной сигнал. Количество импульсов сигнала на один оборот вала в самом простом случае совпадает с количеством рисок на диске инкрементального энкодера. Выходной сигнал имеет два канала, в которых импульсы сдвинуты на 90 градусов друг относительно друга. Это позволяет определять направление вращения. Есть цифровой выход нулевой метки, который позволяет вычислить абсолютное положение вала. Энкодеры с питанием 10 – 30 VDC имеют общий вывод “минус”, а уровни выходных сигналов совместимы с PLC. Энкодеры с питанием 5 VDC имеют изолированные друг от друга выходы, а уровни сигналов совместимы с TTL.

Для временного согласования положения электромагнитного датчика с измерениями был разработан специальный узел, позволяющий использовать цифровой абсолютный энкодер. Конструктивно он позволяет согласовать вращающийся электромагнитный датчик непосредственно с осью энкодера. Вращательные движения со штанги электромагнитного датчика передаются через соединительную муфту на ось цифрового датчика. Определяющим фактором выбора цифрового энкодера является возможность его использования в качестве кругового датчика.

Сигнал с выхода энкодера можно подавать на контроллер без какой-либо дополнительной обработки, так как сигнал представляет собой Грей-код, который соответствует табличному значению градуса (таблица идет в описании датчика).

В качестве такого энкодера можно использовать датчик абсолютного положения ротора *EAW0J-B24-AE0128* с 8-битным параллельным кодом. На рисунке 1 и рисунке 2 приведены схема подключения и внешний вид энкодера. Он имеет 128 абсолютных значений (с разрешением приблизительно 2.8°).



**Рисунок 1**

Недостатком данного датчика является относительно небольшой срок службы (производитель гарантирует минимум 50 000 оборотов).



**Рисунок 2**

Используя полученные знания о различных типах датчиков положения, можно реализовывать любые системы контроля перемещения. Выбор конкретного датчика будет зависеть от требований и задач, которые должна решать данная система. Необходимо только правильно реализовать способ сопряжения датчика с механической частью и правильно разработать схему обработки выходных сигналов с энкодеров (если она требуется).

**Библиографический список**

1. Жданкин В.К. Поворотные шифраторы: основные типы и некоторые особенности применения // Современные технологии автоматизации. 2001. №2.- С.3-29.
2. Жданкин В.К. Абсолютные датчики углового положения с интерфейсом SSI // Электронные компоненты. 2004. №8.- С.52-57.