

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование сложных объектов техники и технологических процессов в настоящее время не может быть успешным без проведения различного рода экспериментов и испытания машин.

Широкое применение в испытаниях техники и оборудования, а также в системах автоматического контроля нашли электроконтактные и реостатные (потенциометрические) датчики.

Они имеют простую конструкцию, работают на постоянном и на переменном токах, имеют высокую точность и стабильность, мало подвержены влиянию помех со стороны электромагнитных полей, имеют малую массу и т. п. Все это определяет их широкое применение в системах автоматики и контрольных приборах.

1. ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫЕ ДАТЧИКИ

Электроконтактные датчики – это датчики параметрического типа, в которых изменяется электрическое сопротивление при изменении той или иной механической величины.

Они предназначены для преобразования механического перемещения в электрический сигнал. При достижении измеряемой величиной определенного значения замыкаются или размыкаются электрические контакты, включенные в те или иные цепи, которые сигнализируют, что перемещение больше или меньше определенного значения.

Электроконтактные датчики широко применяются в системах автоматического контроля и сортировки размеров, а также в системах автоматической сигнализации различных физических величин.

Статическая характеристика электроконтактного датчика имеет релейный характер, так как его выходная величина – сопротивление электрической цепи – изменяется скачкообразно.

Электроконтактные датчики бывают одно-, двух- и многоконтактные – в зависимости от количества пар контактов.

Схема одноконтактного датчика представлена на рис. 1. При увеличении размера изделия *1* щуп *3* переместится в направляющих *2* вверх и укрепленный на нем контакт *4* войдет в соприкосновение с контактом *5*, замкнут электрическую цепь.

Выводы датчика подключаются к сигнальному устройству. Пружина *6* соединяет измерительный щуп *3* с одним из выводов.

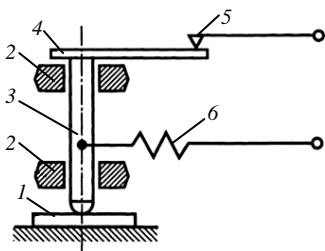


Рис. 1. Схема одноконттактного датчика:

1 – изделие; 2 – направляющие;
3 – щуп; 4 – контакт щупа;
5 – контакт сигнального устройства; 6 – пружина

На рис. 2 изображен двухконттактный датчик, способный реагировать на перемещение щупа 3 в обе стороны от начального (нулевого) положения. Подобные датчики широко используются для автоматического контроля размеров деталей и подсчета количества выпускаемой продукции.

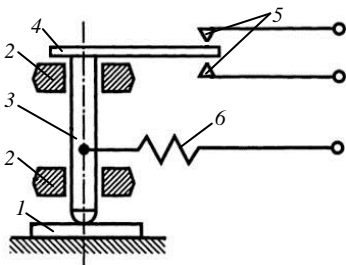


Рис. 2. Схема двухконттактного датчика:

1 – изделие; 2 – направляющие;
3 – щуп; 4 – контакт щупа;
5 – контакты сигнального устройства; 6 – пружина

Положение контактов 5 может регулироваться при настройке датчика (обычно с помощью резьбовых настроечных головок).

В двухконттактном датчике щуп с измерительным наконечником (обычно твердосплавным) может прижиматься непосредственно к контролируемой поверхности измеряемой детали (в приборах окончательного контроля) или к промежуточной детали – измерительному щупу (при активном контроле в процессе обработки).

Принцип действия двухконттактного датчика может быть следующий. В начале обработки детали, когда ее размер наибольший, измерительный щуп контрольного устройства находится в крайнем (верхнем) положении. Первая пара из заранее настроенных контактов замкнута.

По мере уменьшения контролируемого размера обрабатываемой детали измерительный щуп преобразователя перемещается. Первая пара контактов размыкается, вследствие чего формируется и подается команда на изменение режима работы, например на переход от черновой к чистовой обработке.

При дальнейшем снятии припуска (уже при чистовой обработке) измерительный щуп продолжает перемещаться, пока вторая пара заранее настроенных контактов не замкнется. Это значит, что заданный размер достигнут, и обработка останавливается.

Для контроля и многодиапазонной сортировки деталей на размерные группы используются многоконтактные датчики (рис. 3). По мере достижения изделием 1 различных размеров и перемещения измерительного щупа 3 последовательно замыкается несколько пар контактов в контактной группе 5, чем обеспечивается подача различных сигналов на измерительный прибор.

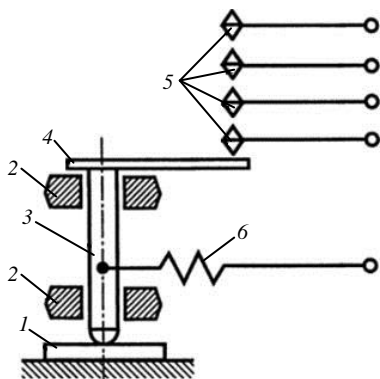


Рис. 3. Схема многоконтактного датчика:

1 – изделие; 2 – направляющие; 3 – щуп; 4 – контакт щупа; 5 – контакты сигнального устройства; 6 – пружина

Контактные датчики могут работать либо на замыкание (размыкание) всей цепи, либо на замыкание (размыкание) части одного из сопротивлений резистора цепи.

От материала контактов зависят стабильность, надежность и срок службы электроконтактных датчиков. Для изготовления контактов, рассчитанных на малую величину силы тока, применяют медь, олово, платину, а также другие цветные металлы и сплавы. Контакты для больших величин силы тока изготавливают из вольфрама или молибдена.

Основными достоинствами электроконтактных датчиков являются:

- простота конструкции;
- невысокая стоимость;
- достаточная прочность и надежность;
- точное положение на исследуемом объекте (щуп прижимается пружиной к измеряемой детали);
- возможность работы как на постоянном, так и на переменном токе;

- способность обеспечить работу исполнительных элементов и контрольных приборов без дополнительных усилителей.

Основными недостатками являются:

- износ измерительного щупа;
- обгорание контактов;
- нарушение работы при попадании под щуп инородных предметов;
- необходимость регулировки контактов.

Порог чувствительности электроконтактных датчиков зависит от минимального расстояния между контактами, значение которого ограничено опасностью пробоя или возникновением электрической дуги. Поэтому при проектировании контактных датчиков проблема заключается в уменьшении силы тока, протекающего через контакты, и в уменьшении величины перемещения измерительного щупа, приводящего к срабатыванию контактов.

Эта проблема решается применением электронных контактных реле. Принципиальная схема электронного контактного реле приведена на рис. 4.

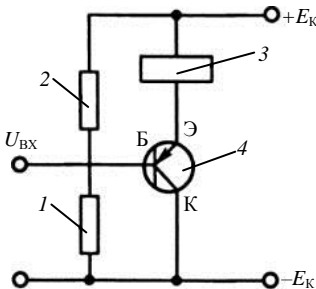


Рис. 4. Схема электронного контактного реле:
1, 2 – активные сопротивления;
3 – обмотка электромагнитного контактного реле;
4 – транзистор

К эмиттеру (Э) транзистора 4 через обмотку электромагнитного контактного реле 3 подключено постоянное напряжение $+E_k$, а к его коллектору (К) – постоянное напряжение $-E_k$.

При отсутствии или малом значении напряжения $U_{вх}$ на базе (Б) транзистора сила тока базы определяется напряжением смещения, создаваемым входным делителем, состоящим из двух активных сопротивлений 1 и 2. Сила тока коллектора транзистора в P раз больше, чем сила тока его базы (P – коэффициент усиления транзистора), но при этом не превышает силу тока срабатывания реле 3.

При небольшом изменении входного напряжения $U_{вх}$ сила тока базы увеличится, сила тока коллектора увеличится еще больше и реле 3 работает.

Изменять напряжение на базе транзистора и тем самым включать и выключать электромагнитное реле можно не только подачей напряжения на базу транзистора, но и изменением соотношения величин сопротивлений I и 2 во входном делителе.

Если сопротивление 2 в рассмотренной схеме (см. рис. 4) заменить фоторезистором, то получится фотореле. Его схема приведена на рис. 5. При подаче света на фоторезистор 2 реле 3 срабатывает.

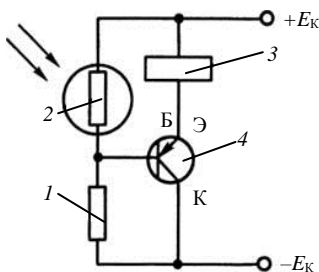


Рис. 5. Схема фотореле:
 1 – активное сопротивление;
 2 – фоторезистор; 3 – обмотка электромагнитного контактного реле; 4 – транзистор

2. РЕОСТАТНЫЕ (ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЕ) ДАТЧИКИ

Принцип действия реостатных датчиков заключается в том, что их подвижный контакт перемещается под действием контролируемой величины, тем самым изменяется сопротивление датчика. Датчик относится к пассивному типу.

Чаще всего реостатные датчики включаются в измерительную цепь по схеме потенциометра, поэтому в ряде источников используется термин «потенциометрические датчики» или «потенциометрические преобразователи».

Входной величиной данного датчика является механическое перемещение движка, а выходной величиной – электрическое сопротивление, которое функционально связано с положением подвижного контакта.

Реостатные датчики служат для преобразования угловых или линейных перемещений в соответствующее изменение сопротивления, силы тока или напряжения. Так как в перемещение могут быть преобразованы многие неэлектрические величины (давление, расход, уровень и др.), то реостатные преобразователи очень часто используют в качестве промежуточных преобразователей неэлектрических величин в электрические.

В зависимости от материала чувствительного элемента реостатные датчики разделяются на проволочные и непроволочные. В устройствах автоматики наибольшее распространение получили проволочные реостатные датчики.

В зависимости от конструктивного исполнения различают реостатные датчики с поступательным и вращательным перемещением подвижного контакта. Последние, кроме того, делятся на однооборотные и многооборотные.

В реостатных датчиках на каркас, выполненный из изоляционного материала (диэлектрика или металла, покрытого изоляционным лаком), наматывается с равномерным шагом обладающая определенным сопротивлением проволока.

Изоляция проволоки с одной стороны каркаса зачищается, и по зачищенному участку скользит токосъемная щетка. Вторая щетка скользит по токосъемному кольцу. Обе щетки изолируются от оси, на которой они установлены.

Форма и размеры каркасов, на которые наматывается образующая электрическое сопротивление проволока, могут быть разнообразными – в виде кольца, цилиндра, пластины постоянного или переменного сечения. Выбирая форму каркаса, можно получить требуемую зависимость между механическим перемещением движка и выходным сопротивлением.

Материал обмотки должен иметь высокое удельное сопротивление, коррозионную стойкость, стабильные характеристики во времени, малый температурный коэффициент сопротивления, а также большую прочность на разрыв и истирание.

В качестве материала обмотки в реостатных преобразователях используется проволока на основе сплавов платины, обладающих высокими антикоррозионными свойствами и износостойкостью. Используются также такие сплавы, как фехраль, манганин и константан.

Подвижный контакт (щетка, движок) выполняют из сплавов серебра, платины, иридия, палладия и др. в виде двух-трех параллельных проволочек диаметром 0,1...0,2 мм, несколько отличающихся по длине (для прецизионных реостатных датчиков), или из специально профилированной пластины с разрезами. Ширина контактной поверхности щетки должна быть равна двум-трем диаметрам проволоки чувствительного элемента.

На рис. 6 приведены схемы линейного (*а*) и углового (*б*) реостатных датчиков с каркасом постоянной высоты, а также схема включения датчика (*в*).

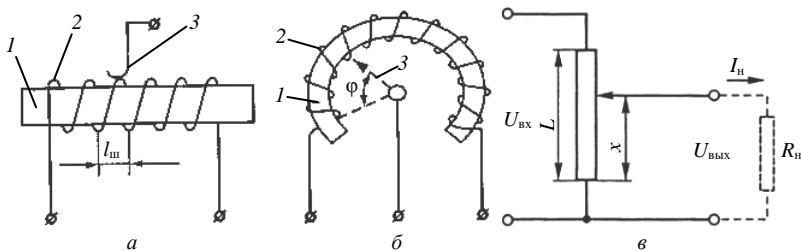


Рис. 6. Реостатные (потенциметрические) датчики:
a – линейный; *б* – угловой; *в* – схема включения датчика;
1 – корпус; *2* – провод (обмотка); *3* – токосъемный контакт

К зажимам обмотки реостата подключается напряжение $U_{вх}$ постоянного или переменного тока неизменного значения. При перемещении движка выходное напряжение $U_{вых}$ меняется пропорционально входной величине x . Таким образом, осуществляется преобразование перемещения в напряжение.

В реостатных датчиках непрерывному изменению входной величины (положению щетки) соответствует ступенчатое изменение выходной величины (выходного напряжения), поскольку при перемещении щетки на следующий виток проволоки сопротивление датчика меняется скачкообразно в зависимости от сопротивления одного этого витка (рис. 7).

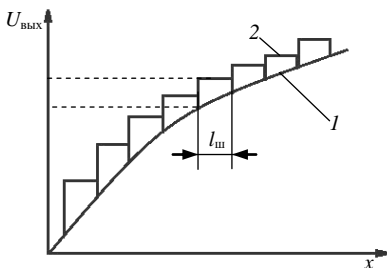


Рис. 7. Статическая характеристика реостатного датчика:
1 – идеальная; *2* – реальная

Реальная характеристика датчика зависит от диаметра проволоки и шага обмотки $l_{ш}$ (чем меньше диаметр проволоки и шаг обмотки, тем меньше будут скачки). На практике обычно с удовлетворительной точностью изменение выходной величины можно считать непрерывным.

Статическая характеристика ненагруженного датчика (т. е. при полном разрыве выходной цепи) или датчика, в котором сопротивление

нагрузки значительно превышает его собственное (при бесконечно большой нагрузке), представляет собой прямолинейную зависимость, т. е. напряжение на выходе оказывается прямо пропорциональным входному перемещению (если пренебречь его ступенчатым характером).

Статическая характеристика нагруженного датчика нелинейна, так как на выходное напряжение оказывает влияние шунтирующее действие сопротивления нагрузки.

Как следует из приведенной статической характеристики, рассмотренные реостатные датчики относятся к однотактным элементам, т. е. они не реагируют на знак входного сигнала.

В реостатных датчиках предпочтительней использовать переменный питающий ток, так как он проще поддается последующему усилению. Однако следует иметь в виду, что при высоких частотах питающего тока или при высокой частоте изменения входной величины в измерительных цепях могут появиться паразитные емкости и индуктивности.

На рис. 8 приведен пример использования реостатного датчика для измерения давления.

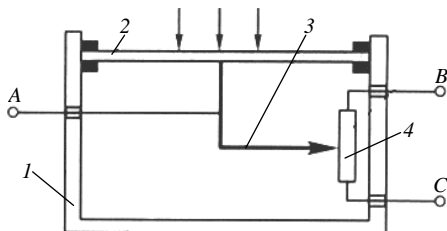


Рис. 8. Измерение давления реостатным датчиком:
1 – корпус; 2 – диафрагма;
3 – подвижный контакт; 4 – реостат

В корпусе 1 датчика установлена эластичная диафрагма 2, которая под действием измеряемого давления (силы) перемещает скользящий контакт (бегунок) 3 вдоль реостата 4. Изменение сопротивления при этом пропорционально смещению бегунка. Измерение сопротивления может производиться между клеммами A и B или A и C.

Реверсивные реостатные датчики дают возможность получить выходное напряжение различного знака в зависимости от направления перемещения движка.

Такие реостатные датчики строятся на основе потенциометров с отводом от средней точки (рис. 9, а) или по мостовой схеме (рис. 9, б) с искусственной средней точкой, создаваемой резисторами R_1 и R_2 .

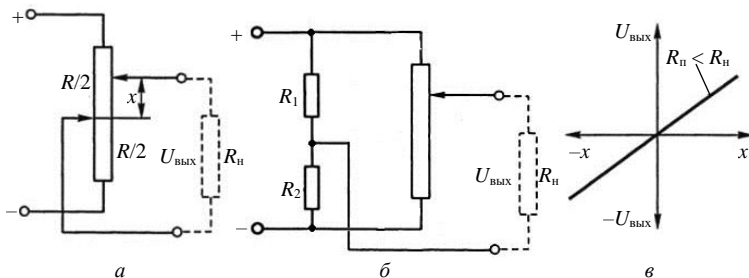


Рис. 9. Реверсивные (двухтактные) реостатные датчики:
 а – с отводом от средней точки; б – с мостовой схемой;
 в – статическая характеристика реверсивного датчика

Статические характеристики представленных на рис. 9 датчиков имеют разную крутизну. Это объясняется тем, что при включении преобразователей по мостовой схеме изменение входного сигнала обрабатывается двумя движками, смещающимися в разные стороны от средней точки, что приводит к появлению удвоенного выходного напряжения.

Схема с двумя потенциометрами, каждый из которых соединен с отдельным чувствительным элементом, дает возможность получить выходное напряжение, пропорциональное разности скоростей двух подвижных элементов. При синхронном перемещении движков потенциометров выходное напряжение отсутствует. Оно появляется только в том случае, если перемещения подвижных элементов реостатов не равны, и напряжение будет тем больше, чем больше отличаются скорости.

К достоинствам проволочных реостатных преобразователей можно отнести:

- простоту конструкции;
- малые размеры и массу;
- возможность получения необходимых функциональных зависимостей простым способом;
- получение высокоточных линейных статических характеристик;
- стабильность характеристик;
- малое переходное сопротивление;
- возможность работы на переменном и постоянном токе;
- малый температурный коэффициент сопротивления.

Недостатками этих элементов следует считать:

- ограниченный срок службы (не превышающий одного миллиона циклов) из-за наличия скользящего контакта, который может стать

причиной отказа из-за окисления контактной дорожки, перетираания витков или отгибания движка;

- подверженность электроэрозии под действием импульсных разрядов;

- сравнительно небольшой коэффициент преобразования и высокий порог чувствительности;

- наличие шума, возникающего вследствие механического перемещения контактных щеток;

- ограниченную скорость линейного перемещения или вращения (до 100...200 об/мин) токосъемника вследствие его вибраций при переходе с витка на виток и повышение при этом уровня динамического шума;

- ограниченную частоту переменного тока (до 1000 Гц);

- низкую износоустойчивость.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Начертить схемы электроконтактных датчиков и изложить принцип их работы.

2. Привести достоинства и недостатки электроконтактных датчиков.

3. Привести описание электроконтактных реле и фотореле.

4. Начертить схемы реостатных датчиков и изложить принцип их работы.

5. Привести достоинства и недостатки реостатных датчиков.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Изложите принцип работы одноконтактных датчиков.

2. Изложите принцип работы двух- и многоконтактных датчиков.

3. Приведите достоинства электроконтактных датчиков.

4. Приведите недостатки электроконтактных датчиков.

5. Как устроено и работает электронное контактное реле?

6. Опишите устройство и принцип действия реостатных датчиков.

7. Приведите классификацию реостатных датчиков.

8. Какими методами уменьшают ступенчатость изменения выходной величины реостатного датчика?

9. Как устроены реверсивные реостатные датчики?

10. Приведите достоинства реостатных датчиков.

11. Приведите недостатки реостатных датчиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сошинов, А. Г. Преобразователи неэлектрических величин : учеб. пособие / А. Г. Сошинов. – Волгоград : ВолгГТУ, 2002. – 36 с.
2. Левшина, Е. С. Электрические измерения физических величин (Измерительные преобразователи) : учеб. пособие / Е. С. Левшина, П. В. Новицкий. – Ленинград : Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983. – 320 с.
3. Котюк, А. Ф. Датчики в современных измерениях / А. Ф. Котюк. – Москва : Радио и связь, Горячая линия – Телеком, 2006. – 96 с.
4. Мейзда, Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений / Ф. Мейзда ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1990. – 535 с.
5. Современные датчики. Справочник / под общ. ред. В. М. Шарапова, Е. С. Полищука. – Москва : Техносфера, 2012. – 624 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Электроконтактные датчики	3
2. Реостатные (потенциометрические) датчики.....	7
3. Содержание отчета	12
Контрольные вопросы	12
Библиографический список	13