

УДК 621.3.08

## ДАТЧИК ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РЕЗИСТИВНОГО ТИПА

В.А. КРИШТОПА

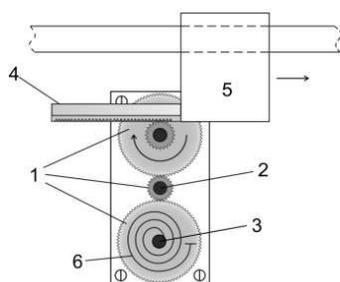
(Представлено: канд. физ.-мат. наук, доц. С.А. ВАБИЩЕВИЧ)

Рассматривается один из способов преобразования линейно-поступательного движения в электрический сигнал. В качестве датчика применены потенциометры. Данный прибор позволяет измерять линейные перемещения с микрометрической точностью. Измеренные значения предварительно обрабатываются микроконтроллером, после чего передаются на персональный компьютер для последующей обработки и извлечения информации.

Электронные датчики являются важной составляющей в автоматизации извлечения данных. Касательно испытательных стендов, с помощью электронных устройств можно увеличить количество измеряемых параметров образцов, а также увеличить разрешающую способность по сравнению с механическими датчиками. Применение электронных датчиков упрощает изучение динамики процесса, а также позволяет получать более достоверные данные, нежели с применением обычных механических датчиков.

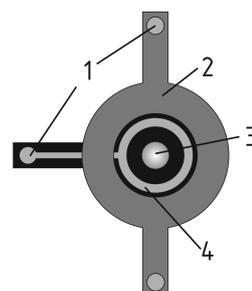
Для измерения динамики растяжения пленки следует извлекать два параметра на протяжении времени испытания ее механических свойств. Этими параметрами являются удлинение и сила, приложенная для этого удлинения. Чтобы измерять удлинение, достаточно измерять расстояние, на которое растягивается пленка. Для измерения усилия, можно воспользоваться динамометром. В этом случае, при применении пружины, нужно также знать, ее удлинение, а затем, пользуясь законом Гука, находить усилие, приложенное для ее растяжения. Менее дорогостоящим методом будет преобразование линейного перемещения в электрический сигнал посредством редуктора и переменного сопротивления. Метод заключается в воздействии линейного привода на шестерню, вращающую вал потенциометра. Более подробная разрабатываемая конструкция приведена на рисунке 1.

Принцип действия такого датчика заключается в том, что линейный привод 4, приводимый в действие перемещением каретки 5, заставляет вращаться связанные шестерни 1, тем самым приводя в движение ручки потенциометров 2 и 3. Пружина 6 требуется для создания натяжения для прижатия зубьев шестерен друг к другу, уменьшая тем самым люфты механизма. Особенность данного датчика заключается в том, что для повышения точности, в нем применен, помимо обычного потенциометра 3, со стандартным углом вращения, равным 300 градусов, и линейной зависимостью, потенциометр с бесконечным углом вращения. Схема такого сопротивления приведена на рисунке 2.



1 – шестерни; 2 – многооборотный потенциометр;  
3 – потенциометр; 4 – линейный привод;  
5 – каретка; 6 – пружина

Рисунок 1. – Механизм датчика



1 – контакты; 2 – резистивная поверхность;  
3 – вал; 4 – контактная дорожка

Рисунок 2. – Конструкция многооборотного потенциометра

Преимуществом данной конструкции является то, что поверхность резистивного материала 2 равномерна и не имеет переходов между контактами 1, за счет чего удастся избавиться от «скачков» напряжения при переходе из максимального положения в минимальное. Однако судить о том, в какую сторону крутится вал 3 потенциометра, невозможно без применения дополнительных мер. Именно поэтому в конструкции применяется дополнительный потенциометр, который менее точно показывает измеряемое расстояние, но с точностью знает, в каком направлении идет движение.

Для преобразования аналогового сигнала датчика в цифровую форму следует воспользоваться аналого-цифровым преобразователем (АЦП).

Цифровое значение кода АЦП определяется соотношением [1]:

$$AЦП = \frac{U_{Вх} \cdot 2^n}{U_{REF}},$$

где  $U_{Вх}$  – напряжение, снимаемое с потенциометра;  $U_{REF}$  – опорное напряжение АЦП;  $n$  – разрядность АЦП. Опорное напряжение АЦП и напряжение, приложенное к крайнему выводу потенциометра, равно

$$U_{Вх} = U_{REF} \frac{\alpha}{\alpha_{макс}},$$

где  $\alpha$  – угол поворота потенциометра,  $\alpha_{макс}$  – максимальный угол поворота потенциометра. Таким образом, цифровое значение кода АЦП прямо пропорционально зависит от угла поворота потенциометра:

$$AЦП = \frac{\alpha \cdot 2^n}{\alpha_{макс}}.$$

Из этого выражения следует, что минимальное измеряемое значение угла, то есть при единичном дискретном значении АЦП будет равным:

$$\alpha = \frac{\alpha_{макс}}{2^n}.$$

Приняв разрядность АЦП, равную 10 битам, и стандартное максимальное значение поворота потенциометра, равную 300 градусам, минимальный угол поворота составляет:

$$\alpha_{мин} = \frac{300^\circ}{1024} \approx 0,3^\circ.$$

Длина дуги при этом, будет зависеть от радиуса шестерни, как:

$$l_{мин} = \frac{\pi}{180^\circ} \cdot 0,3^\circ \cdot r = 0,00525 \cdot r.$$

Так, при радиусе шестерни, передающей движение на ось потенциометра, равной 5 мм, приращение единицы кода будет равняться:

$$l_{мин} = 0,00525 \cdot 5 \text{ мм} = 0,02625 \text{ мм}.$$

Цена деления такого потенциометра составляет 26,25 мкм, а длина шкалы определяется, как:

$$l_{макс} = \frac{\pi}{180^\circ} \cdot 300^\circ \cdot 5 \text{ мм} = 26,25 \text{ мм}.$$

Совместное применение такого потенциометра с многооборотным позволяет, не уменьшая длину шкалы, увеличить точность прибора в удвоенное передаточное число раз. Это наглядно видно на графике, показанном на рисунке 3.

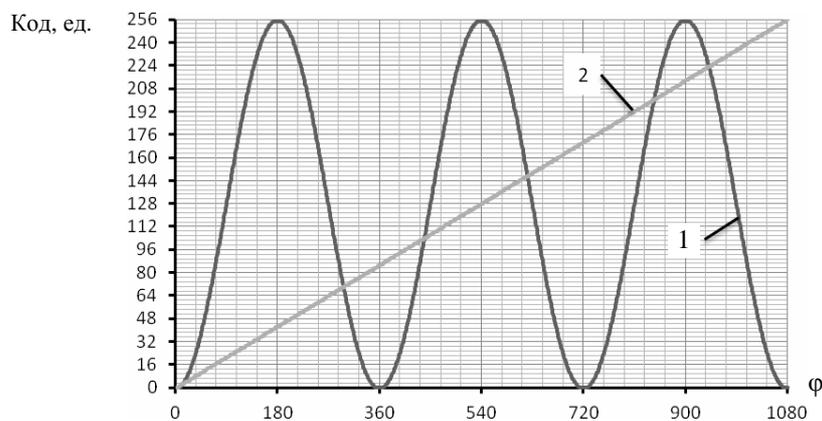


Рисунок 3. – Зависимость выходного кода АЦП от угла поворота многооборотного датчика

Высокая точность достигается путем увеличения крутизны датчика в целом, которая определяется крутизной многооборотного датчика. Крутизна, в свою очередь, зависит не только от передаточного числа, но и от конструкции многооборотного датчика. Так, при передаточном числе, равном единице, крутизна многооборотного датчика будет в 2 раза выше, чем у обычного потенциометра.

На графике, представленном на рисунке 3, за  $1080^\circ$  поворота многооборотного датчика, обычный потенциометр делает оборот на  $300^\circ$ , передаточное число равняется:

$$k = \frac{1080^\circ}{300^\circ} = 3,6.$$

При этом, учитывая, что крутизна данного потенциометра в 2 раза выше, чем обычного, общая разрешающая способность равняется 3,6 мкм:

$$l'_{\text{мин}} = \frac{l_{\text{мин}}}{2 \cdot 3,6} = \frac{0,02625 \text{ мм}}{7,2} = 0,0036 \text{ мм}.$$

Стоит учитывать, что это идеальная модель, ведь при перемещении щеток потенциометра возникают шумы порядка 50 мВ [2]. Электрическая схема для снятия показаний с подобных датчиков приведена на рисунке 4.

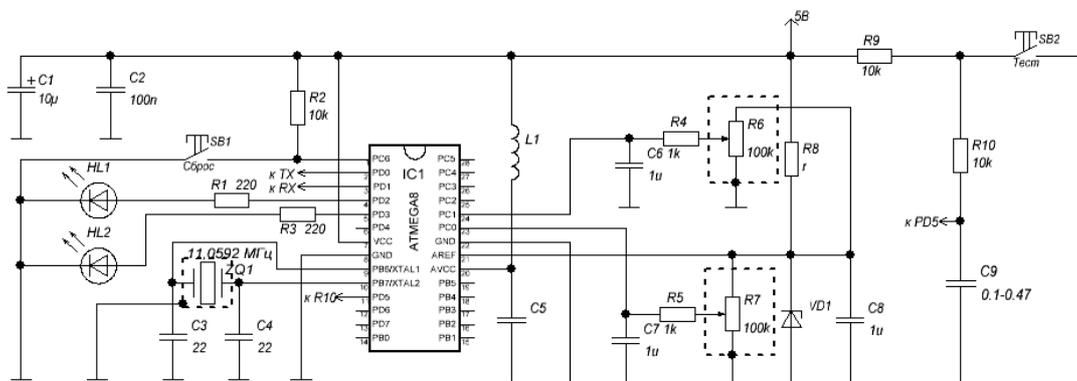


Рисунок 4. – Схема для снятия показаний датчиков

Схема основана на широко используемом микроконтроллере atmega8 [3], имеющем в своем составе 8- и 10-разрядный АЦП. Потенциометры R6 и R7 являются датчиковыми формирователями сигнала, который проходя через антиалиасинговые фильтры R4C6 и R5C7, попадает на мультиплексированный вход АЦП [4]. Цепочка L1C5 уменьшает влияние шумов и подводит опорное напряжение АЦП к микроконтроллеру. Дополнительно питание микроконтроллера стабилизируется стабилитроном VD1. Микроконтроллер тактируется внешним кварцевым резонатором с частотой, позволяющей свести к минимуму ошибки при передаче информации по протоколу RS-232. Микроконтроллер подключается через эмулятор СО Мпорта к ПК.

#### Заключение

Представленный датчик предназначен для измерения микроперемещений. Применение потенциометров позволяет удешевить и упростить конструкцию. Применение электронной схемы, позволяющей сохранять и обрабатывать результаты, позволяет изучать динамику процесса измерения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Микросхемы АЦП и ЦАП : справочник. – М. : Издат. дом «Додэка-XXI», 2005. – 416 с. – (Интегральные микросхемы).
2. Марченко, А.Н. Переменные резисторы / А.Н. Марченко. – М. : Энергия, 1980. – 72 с. – (Массовая радиобиблиотека). – Вып. 1017.
3. Трамперт, В. AVR-RISC микроконтроллеры / В. Трамперт ; пер. с нем. – К. : «МК-Пресс». – 2006. – 464 с.
4. Рюмик, С.М. 1000 и одна микроконтроллерная схема / С.М. Рюмик. – М. : Додэка-XXI, 2010. – 356 с.