

И. А. ЛИМАНОВ, В. Г. ТРУБЕЦКОЙ

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО С ЦИФРОВЫМ ВЫХОДОМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Регистрация информации при различных измерениях осуществляется измерительными устройствами с аналоговым или цифровым выходом (1).

Указывающие, регистрирующие приборы либо встраиваются непосредственно в измерительные устройства, либо устанавливаются в виде самостоятельных блоков на выходе сложных и разветвленных систем сбора и обработки информации, например, устройств автоматического контроля, телеизмерения и т. д.

В устройствах с аналоговым выходом используются электроизмерительные приборы магнитоэлектрической системы, которые обычно градуируются в единицах измеряемого параметра.

Регистрация при аналоговом воспроизведении показаний осуществляется также самопишущими миллиамперметрами, автоматическими потенциометрами или специальными электромеханическими самопишущими приборами.

В устройствах с цифровым выходом непосредственно фиксируется числовое значение измеряемого параметра (абсолютные шкалы) или значение данной физической величины в условных единицах либо в процентах от номинального значения шкалы (относительные шкалы).

Визуальное цифровое воспроизведение может быть осуществлено с помощью разнообразных устройств: специальных ламп цифровой индикации, электроннолучевых трубок, коммутации набора светящихся ламп или механических индикаторов с пластинками, на которые нанесены цифры и которые перемещаются электромагнитными устройствами. Последние отличаются значительной простотой и надежностью в работе.

Преимущества цифрового воспроизведения информации перед аналоговым — объективность отсчета и отсутствие дополнительной погрешности, вносимой регистрирующим прибором. Поэтому в

последнее время в связи с ростом требований, предъявляемых к измерительной технике, все большее распространение получают устройства с цифровым выходом.

Под измерительным устройством с цифровым выходом понимают устройство, результат измерения или численный эквивалент измеряемой величины которого образуется после выполнения операции цифрового кодирования, то есть после представления результата измерения в виде закодированного числа.

Цифровое кодирование осуществляют обычно дискретные преобразователи или преобразователи аналог-код, выполняющие преобразование непрерывно изменяющейся величины входной информации, например, неэлектрической величины линейных перемещений в дискретно изменяющуюся информацию на выходе.

Если нет необходимости в значительном быстродействии, то для осуществления дискретного изменения выходной информации преобразователя можно воспользоваться электромеханическими устройствами (двигатель, реле, шаговый искатель).

Быстродействие подобных устройств не превышает 1—10 отсчетов в секунду, однако точность их существенно выше, чем при использовании электронных устройств.



Рис. 1. Блок-схема автоматического устройства с цифровым выходом.

Авторами разработано автоматическое устройство с цифровым выходом для измерения линейных перемещений аналоговым индуктивным датчиком, где измеряемая величина непрерывно преобразуется в цифровой код. Последовательное кодирование осуществляется электромеханическим преобразователем, состоящим из электродвигателя, с осью которого связан счетный механизм обычного счетчика.

Блок-схема и принципиальная схема измерительного устройства с цифровым выходом для измерения линейных перемещений даны на рис. 1 и 2.

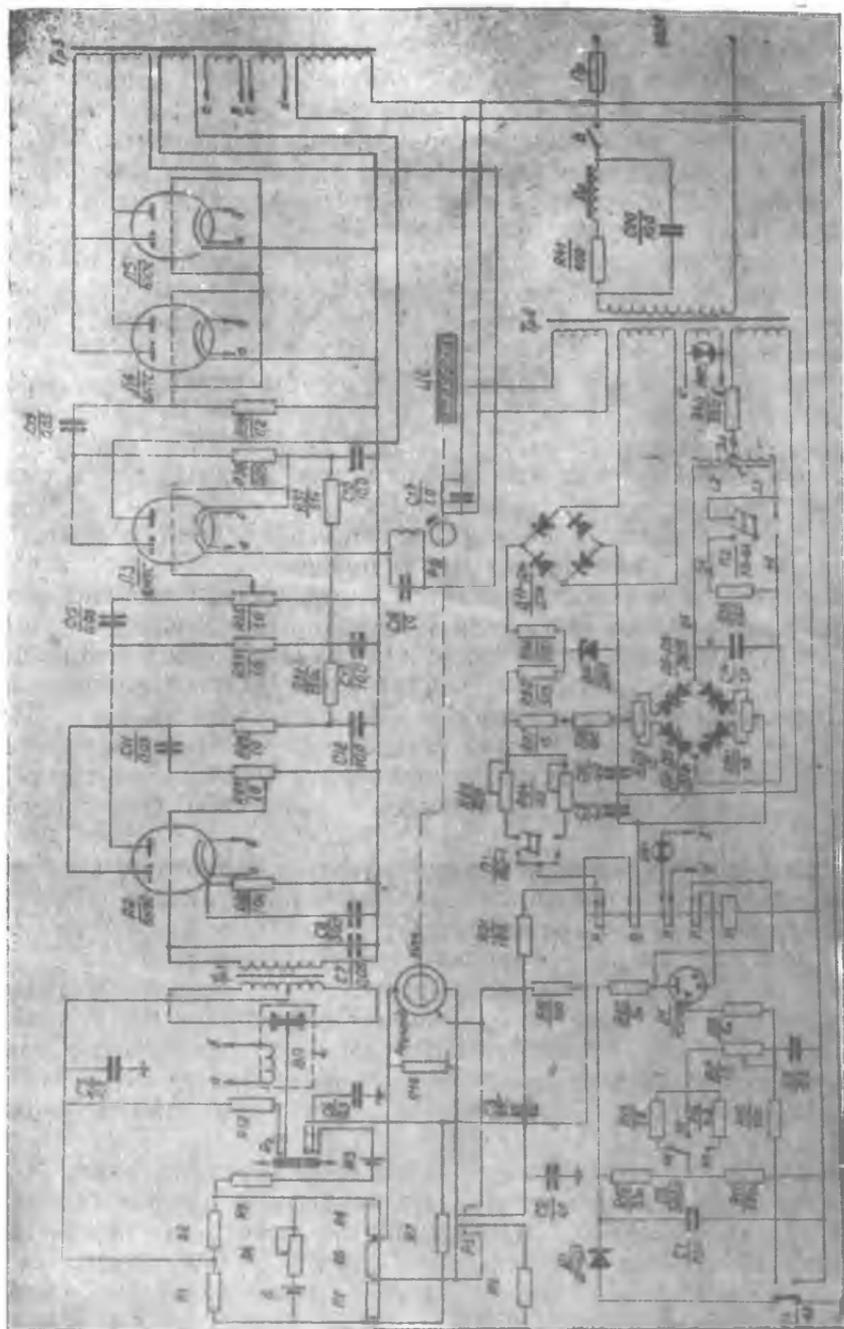


Рис. 2. Принципиальная схема устройства.

Сигнал с аналогового датчика, пропорциональный линейным перемещениям, поступает на их измеритель.

Катушки дифференциального индуктивного датчика L_1 и L_2 , между которыми перемещается подвижной ферромагнитный якорь, с емкостями C_9 и C_{10} , образуют резонансную мостовую схему. В диагональ моста включено двухполупериодное выпрямительное кольцо на диодах $D_2 \div D_5$ со стабилитронами $D_6 \div D_9$ для увеличения выходного напряжения и чувствительности схемы.

На выход выпрямительного кольца включен делитель из сопротивлений R_{19} , R_{21} , сигнал с которого подается на вход автоматического потенциометра.

Несбалансированное напряжение компенсационного моста потенциометра преобразуется вибропреобразователем ВП в переменное и увеличивается в блоке усилителя напряжения и усилителя мощности.

В усилительном блоке лампа L_2 является усилителем первого и второго каскада.

Левая половина лампы L_3 работает как усилитель третьего каскада, а правая — как выпрямитель для анодных цепей усилителя напряжения.

Усилитель мощности состоит из одного каскада и собран на лампах L_4 и L_5 , работающих параллельно.

От усилителя мощности питается управляющая обмотка реверсивного асинхронного двигателя РД, который находится в действии до тех пор, пока имеет место разбаланс компенсационного моста, так как ось двигателя связана с контактным роликом реохорда, уравнивающего мост.

С осью двигателя системой механических передач связано цифровое счетное устройство, выполненное на базе счетного механизма однофазного индукционного счетчика промышленной частоты.

Таким образом, электрический сигнал с аналогового датчика, пропорциональный линейным перемещениям, преобразуется в угловое перемещение вала двигателя.

В преобразователе последовательного счета угол-код, измеряющем число единичных приращений аналоговой величины, оно условно разбивается на единичные приращения, на появление которых реагирует чувствительный элемент преобразователя — механический индикатор роликового типа с нанесенными по окружности цифрами, работающий по десятичной системе счисления (2).

Все единичные приращения имеют один и тот же знак, поэтому только с помощью счетчика могут быть получены данные о количестве приращений, прошедших от некоторого положения, принимаемого за нулевое, или, иначе говоря, об угле поворота.

В описываемом устройстве чувствительный элемент и счетчик объединены в счетном механизме.

При появлении единичного приращения чувствительный эле-

мент посылает импульс на счетчик, в котором эти импульсы суммируются и в виде цифрового кода на его выходе дают необходимую информацию о текущем значении входного угла, то есть линейного перемещения (3).

Итак, рассматриваемое устройство выполняет операции автоматического измерения линейных перемещений с одновременным представлением результата в цифровой форме.

В схему введено электронное реле времени, собранное на лампе L_1 , которое включает автоматический потенциометр, замыкая контакты P_1 в цепи делителя напряжения, при срабатывании конечного выключателя Π_4 .

Питание схемы осуществляется от сети переменного тока через феррорезонансный стабилизатор напряжения Tr_2 .

Установка «нуля» осуществляется через специальную цепь смещения, включающую выпрямительный мост на диодах $D_{11}-D_{14}$ и стабилитрон D_{10} .

Для изменения диапазонов измерения служит переключатель Π_1 . Вывод стрелки на контрольную отметку осуществляется переключателем Π_2 .

Экспериментальные зависимости показаний механического индикатора автоматического устройства с цифровым выходом в условных единицах от линейных перемещений в миллиметрах даны на рис. 3.

Все преобразователи аналог-код обязательно содержат какие-то аналоговые элементы, относящиеся к входу преобразователя. Погрешность преобразователей будет определяться в первую очередь качеством именно этих элементов, так как все остальные элементы преобразователей, имеющие дело с кодами, при правильном выполнении не должны вносить никакой погрешности.

Однако счетный механизм, используемый в рассматриваемом устройстве, имеет ряд погрешностей, обусловленных трением в счетном механизме, трением о воздух и различными люфтами в шестеренчатом редукторе.

Кроме того, недостатком преобразователей последовательного счета накапливающего типа является появление систематической ошибки при любой потере одного из импульсов, соответствующих элементарному приращению аналоговой величины.

Условные
единицы

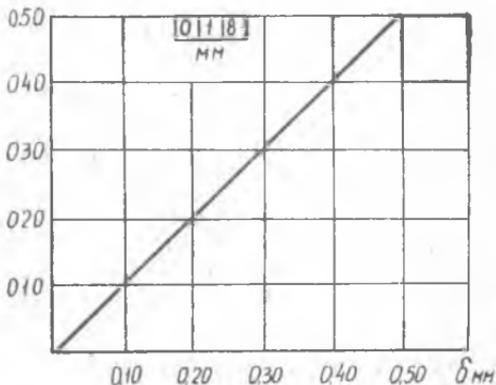


Рис. 3. Экспериментальная зависимость цифрового выхода устройства от линейных перемещений δ входа.

Так, например, если произойдет выключение питания или кратковременный перерыв в линии связи между датчиком и счетчиком, то будут потеряны все изменения аналоговой величины, которые произошли за это время, то есть на счетчике в течение перерыва в работе преобразователя будет сохраняться одно и то же число, и именно к этому числу после восстановления нормальной работы преобразователя будут прибавляться новые элементарные приращения, хотя на самом деле за время перерыва аналоговая величина изменилась.

Суммарная погрешность описываемого устройства с учетом погрешности автоматического потенциометра $\pm 0,5\%$ и вышеуказанного составляет $\pm 1\%$.

Точность измерения зависит обычно от числа участков, на которые разбит задающий элемент:

$$\Delta A = \frac{\delta}{N}, \text{ или } \frac{\alpha^\circ}{N},$$

где δ — линейные перемещения аналогового датчика;
 α° — угол поворота входной оси (потенциометра);
 N — число участков.

Разрешающая способность автоматического устройства с цифровым выходом

$$\Delta A = \frac{0,5}{50} = 0,01 \text{ мм} = 10 \text{ мк.}$$

Используемый счетный механизм позволяет получать разрешающую способность устройства $\Delta A = 1 \text{ мк}$, так как интервал между цифрами в последней декаде разбит также на 10 участков, однако этому препятствует величина суммарной погрешности ($\pm 1\%$).

Максимальная величина скорости изменения входной величины ограничивается числом участков в задающем элементе и быстродействием первых разрядов счетчика.

Если $\left(\frac{d\delta}{dt}\right)_{\text{макс.}}$ — максимальная скорость линейных перемещений входной аналоговой величины, то необходимо обеспечить такое быстродействие преобразователя, чтобы за время преобразования перемещения не могли быть большими, чем разрешающая способность ΔA .

Тогда условием правильного счета без пропусков будет

$$\left(\frac{d\delta}{dt}\right)_{\text{макс.}} \cdot t \leq \frac{\delta}{N} = \Delta A,$$

где $t = \frac{1}{f}$ — разрешающее время счетчика;

f — быстродействие счетчика, в нашем случае

$$f = 5 \frac{\text{имп}}{\text{сек}}$$

$$t = \frac{1}{f} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ сек}$$

Отсюда максимальная скорость линейных перемещений для нашего датчика

$$\left(\frac{d\delta}{dt}\right)_{\text{макс.}} \leq \frac{\Delta A}{t} = \frac{10}{0,2} = 50 \frac{\text{мк}}{\text{сек}}$$

ВЫВОДЫ

Описанное автоматическое устройство с цифровым выходом для измерения линейных перемещений выгодно отличается от аналоговых устройств и от устройств с аналоговым выходом.

Исследованное устройство имеет следующие преимущества:

1) преобразователь аналог-код электромеханического типа конструктивно прост по сравнению с подобными преобразователями, предъявляет более простые требования к регулировке и, следовательно, более дешев;

2) преобразователь аналог-код является одновременно счетчиком импульсов и выполняет функции цифровой индикации;

3) рассматриваемое устройство выполнено полностью из стандартных узлов;

4) устройство отличается объективностью отсчета и отсутствием дополнительной погрешности, вносимой обычно регистрирующим магнитоэлектрическим индикаторным прибором;

5) автоматическое устройство с цифровым выходом может найти себе применение при экспериментальных исследованиях и при управлении производственными процессами.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Шляндин. «О классификации измерительных приборов с цифровым выходом». Научные труды вузов Поволжья, выпуск 1, Куйбышев, 1963.

2. Под редакцией В. Т. Прыткова и А. В. Талицкого. «Курс электрических измерений», часть 2, ГЭИ, 1960.

3. Э. И. Гитис. «Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств», ГЭИ, 1961.