



# Измерительный преобразователь

**В** системах автоматики и телемеханики для преобразования различных неэлектрических величин (например, давления, линейных и угловых перемещений) в электрические нашли широкое применение потенциометрические датчики. Наряду с достоинствами, они имеют и ряд существенных недостатков. Датчики обладают большой нелинейностью, недостаточной чувствительностью. Точность их работы полностью зависит от сопротивления нагрузки и стабильности напряжения питания. Погрешность преобразования может достигать нескольких десятков процентов. Тем не менее, как будет показано ниже, возможности потенциометрических преобразователей реализованы еще не полностью.

Датчик представляет собой резистивный делитель напряжения, выпол-

ненный на переменном резисторе  $R_d$  (рис. 1). Анализ работы нагруженного резистором  $R_n$  потенциометрического датчика  $R_d$  показывает, что его выходное напряжение  $U_n$  определяется выражением [1]

$$U_n = U_d \frac{X}{1 + AX - AX^2}, \text{ где}$$

$U_d$  — напряжение питания датчика;  
 $X = R_d1/R_d = 0...1$  — коэффициент передачи датчика по напряжению при  $R_n \gg R_d$  (при ненагруженном датчике);  
 $A = R_d/R_n$  — коэффициент нагрузки датчика  $R_d$ .

Это выражение определяет функциональную характеристику (она нелинейна) нагруженного потенциометрического датчика. Рассмотрим в качестве примера реальный случай, когда  $A=1$ . Наибольшее отклонение от прямой  $A=0$  соответствует точке, где  $X \approx 0,67$ . Здесь погрешность от нелинейности будет равна  $-12,2\%$  (см. рис. 1; для более подробного ознакомления с теорией вопроса отсылаем читателя к [2]). Чтобы снизить погрешность до  $-0,1...-0,25\%$ , сопротивление  $R_n$  (входное сопротивление вторичного измерительного прибора) должно быть не меньше  $(150...60) \cdot R_d$ . В ряде же случаев из-за большого тока утечки линий связи прибора с датчиком и недостаточной чувствительности показывающих и регистрирующих приборов уже при сопротивлении датчика  $R_d = 5...10 \text{ кОм}$  не удается получить требуемую точность преобразования.

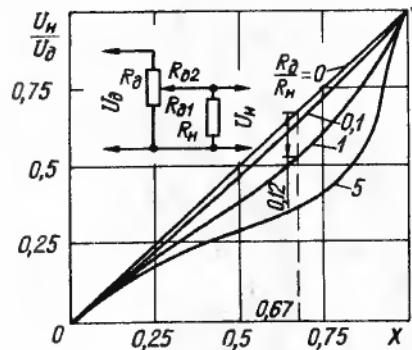


Рис. 1

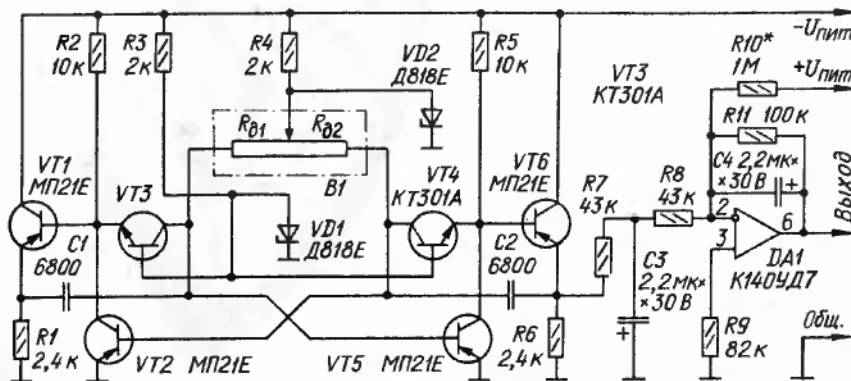


Рис. 2

Погрешность потенциометрического датчика от изменения напряжения питания  $U_d$  определяется его нестабильностью. Например, при  $U_d = 10 \text{ В}$  и необходимости обеспечить эту погрешность меньше  $0,1...0,25\%$  следует использовать источник питания, у которого напряжение изменяется менее чем на  $10...25 \text{ мВ}$ , а это ведет к его усложнению.

Описываемый ниже измерительный преобразователь обладает более высокими показателями. Особенность его работы заключается в том, что перемещение движка датчика преобразуется в изменение скважности импульсов измерительного генератора.

Измерительный генератор выполнен на основе мультивибратора с большой скважностью [3]. Скважность

мультивибратора  $Q = \frac{1}{X}$ . Среднее значение выходного напряжения мультивибратора пропорционально коэффициенту передачи  $X$ .

Принципиальная схема преобразователя изображена на рис. 2. Он состоит из мультивибратора (на транзисторах VT1 — VT6) и фильтрующего усилителя постоянного тока (на ОУ DA1).

С целью повышения скважности, улучшения формы и термостабильности амплитуды выходных импульсов мультивибратора, точности измерительного преобразователя в целом в него введены дополнительные элементы. На транзисторах VT3, VT4 выполнены управляемые источники тока с общим источником образцового напряжения  $U_{обр1}$  VD1R3. Они одновременно играют роль эмиттерных повторителей, передающих напряжение  $U_{обр1}$  на базу транзисторов VT1, VT6.

Эмиттерные повторители на транзисторах VT1, VT6 ускоряют перезарядку времязадающих конденсаторов C1, C2 (повышая скважность импульсов), а также повышают термостабильность работы мультивибратора. Введение источника образцового напряжения  $U_{обр2}$  на элементах VD2, R4 обеспечивает дополнительное повышение стабильности формируемых временных интервалов. Это удается реализовать благодаря идентичности параметров обоих образцовых источников.

Скважность мультивибратора достигает значений  $100...1000$  (в зависимости от коэффициента передачи тока использованных транзисторов), что позволяет реализовать преобразование относительного перемещения в пределах

$\frac{1}{Q}... (1 - \frac{1}{Q})$ . Амплитуда выходных импульсов мультивибратора примерно равна  $U_{обр1}$  и весьма стабильна бла-

годаря взаимной компенсации температурных изменений напряжения на р-п-переходах транзисторов.

Выходное напряжение мультивибратора предварительно фильтрует цепь R7C3. Окончательно формирует выходной сигнал фильтрующий усилитель постоянного тока на ОУ DA1. Выходное напряжение преобразователя зависит от соотношения сопротивлений резисторов R7, R8, R10, R11 цепи обратной связи усилителя постоянно тока.

При налаживании устройства следует убедиться в нормальной работе мультивибратора — форма выходных импульсов прямоугольна, амплитуда близка к  $U_{обр}$  и скважность изменяется при перемещении движка датчика В1. Затем необходимо подобрать резистор R10 так, чтобы при  $X=X_{мин}$  выходное напряжение равнялось нулю, так как в реальных датчиках минимальное значение относительного перемещения незначительно отличается от нуля.

Преобразователь питают от двупольного стабилизатора напряжением 2x24 В. ОУ питают от двух дополнительных параметрических стабилизаторов (на схеме не показаны).

Описанный измерительный преобразователь при температуре окружающей среды 20 °С имеет следующие параметры:  $X=0,1...0,9$ ; выходное напряжение 0...10 В,  $R_d=50...500$  кОм; рабочая частота мультивибратора 0,32...3,2 кГц, погрешность от нелинейности не превышает 0,25 %, уровень пульсаций выходного напряжения не более 0,25 %; время установления выходного сигнала с точностью до основной погрешности не превышает 40...50 периодов выходного напряжения мультивибратора.

В измерительном преобразователе резисторы R7, R8, R10, R11 — ПТМН-0,5 (можно заменить на резисторы С5-5, МРГЧ); вместо Д818Е можно использовать стабилитроны КС191Р, КС191Ф, КС196Г; вместо ОУ К140УД7 — К153УД1, К153УД2 (с соответствующими цепями коррекции). В мультивибраторе вместо МП21Е могут быть использованы также и кремниевые транзисторы МП106, МП116.

Н. ХУХТИКОВ

г. Загорск  
Московской обл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фремке А. В. Телеизмерения. — М.: Высшая школа, 1975.
2. Белевцев А. Г. Потенциометры. — М.: Машиностроение, 1969 г.
3. Хухтиков Н. А. Мультивибратор, авт. свид. СССР № 1190472 (Бюл. «Открытия, изобретения», № 41, 1985).
4. Лешинина Е. С., Новицкий П. В. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. — Л.: Энергоатомиздат, 1984.

# Бесконтактное заводное устройство

Механические автомобильные часы с периодической подзаводкой от бортовой сети в большинстве случаев останавливаются не из-за поломки их механизма, а вследствие неисправности коммутирующих контактов заводного устройства. Дело в том, что циклы подзаводки часов повторяются каждые 2...3 мин, а коммутируемый контактами заводного механизма ток значителен (2,5 А) и нагрузка имеет индуктивный характер. Значительно увеличить срок службы автомобильных часов, а также восстановить уже неработающие, можно применением бесконтактной электронной системы подзаводки. Принципиальная схема одного из вариантов такого устройства показана на рис. 1.

При включении заводного устройства в первый момент транзистор VT1 закрыт, поскольку конденсатор C2 разряжен. Транзистор VT2 тоже закрыт. По мере зарядки этого конденсатора (через резистор R4) напряжение на эмиттере транзистора VT1 увеличивается. Как только оно превысит напряжение (около 9,5 В) на базе транзистора VT1, он, а вслед за ним и VT2 откроются и конденсатор C2 быстро разрядится через оба транзистора. При этом заряжается конденсатор C1 и на некоторое время открываются транзисторы VT3 и VT4. Импульс коллекторного тока мощного транзистора VT4 протекает через катушку электромагнита Y1 и подзаводит пружину часового механизма. После разрядки конденсатора C2 транзисторы VT1 и VT2 закрываются, а конденсатор снова начинает заряжаться; далее цикл повторяется.

При указанных на схеме номиналах элементов R1, R2, R4, C2 время цикла примерно равно 1 мин, что вполне достаточно для нормальной работы часов. Конденсатор C1 и резистор R6 нормируют длительность импульса тока в катушке электромаг-

нита. Диод VD1 защищает транзистор VT4 от импульса напряжения самоиндукции катушки, возникающего в момент его закрытия.

Механизм тепловой защиты (он остается без изменения) срабатывает при аварийном увеличении продолжительности тока через электромаг-

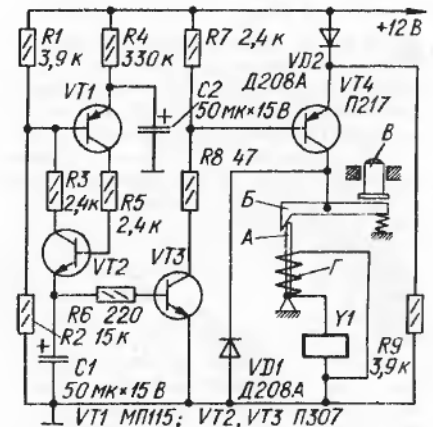


Рис. 1

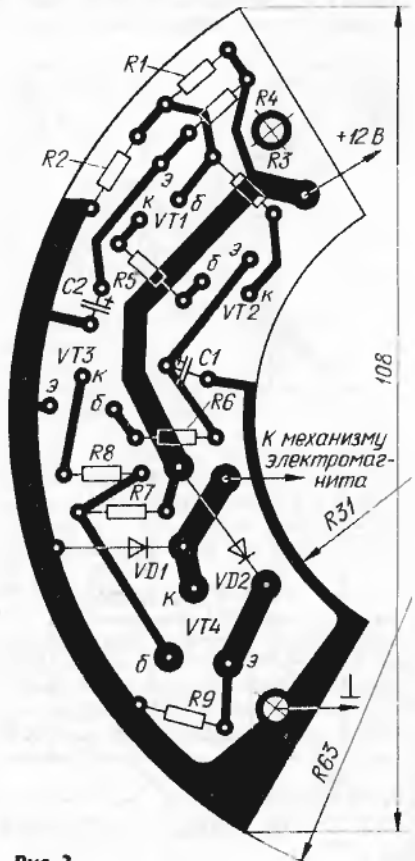


Рис. 2