

необходимо переключатели Π_2 в трех дополнительных генераторах поставить в положение «Внешн. генератор» и завести на этот выход сигнал с выхода «Вых. синхрон.» основного генератора.

При использовании внешнего генератора в качестве времязадающего элемента величина задержки в каналах может быть существенно изменена.

Конструктивно прибор выполнен в виде двух отдельных блоков: задающего блока и блока выходных усилителей. Задающий блок выполнен практически полностью на отечественных интегральных схемах серии 217. Внешний вид прибора приведен на рис. 2

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. В. Шейн, В. А. Белов. Переменная задержка повышенной точности.— ПТЭ, 1970, № 4.
2. Ю. П. Гришин, Т. Я. Новосельцева, С. В. Толоконников, Р. Л. Чирцов, Ю. С. Юргенко. Цифровой генератор точной задержки.— Обмен опытом в радиопромышленности, 1970, вып. 6.

Поступило в редакцию 3 января 1972 г.

УДК 621.317.39 : 531.71

К. Ш. ЛИБЕРЗОН, Ю. В. МИТРИШКИН,
В. Ю. НОВИКОВ, В. В. САЗОНОВ
(Куйбышев)

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ПОСТОЯННЫЙ ТОК

В известных схемах преобразователей линейных перемещений в постоянный ток, имеющих нечетную характеристику преобразования с нулем посередине и выполненных на основе дифференциальных индуктивных датчиков [1], выпрямление переменного тока, как правило, осуществляется полупроводниковыми диодами. В результате неэффективного выпрямления тока при малых уровнях сигнала такие схемы имеют значительную нелинейность характеристики преобразования вблизи нуля и относительно низкую чувствительность из-за наличия балластных сопротивлений.

В разработанных преобразователях для выпрямления используется фазочувствительная мостовая схема на транзисторах, работающих в ключевом режиме, что в значительной степени устраняет указанные недостатки, а также обеспечивает малую чувствительность к изменениям температуры окружающей среды и простоту согласования с низкоомной нагрузкой.

На рис. 1, а приведена принципиальная схема преобразователя. Питание катушек L_1 и L_2 дифференциального индуктивного датчика и переключение транзисторов T_1 — T_4 фазочувствительного выпрямителя производится от магнитного мультивибратора M , преобразующего постоянное стабилизированное входное напряжение E в переменное напряжение прямоугольной формы.

За счет попарно-противофазного переключения транзисторов T_1 , T_4 и T_2 , T_3 ток в нагрузке не меняет направления при изменении полярности питающего напряжения. Среднее значение выходного тока пропорционально перемещению якоря датчика l и напряжению питания E

$$I_{н.ср} = k \frac{E}{R_n} l, \quad (1)$$

где k — коэффициент пропорциональности.

Чувствительность преобразователя определяется величиной мощности, отдаваемой им в нагрузку. Для мостовых схем с двумя изменяющимися элементами чувствительность пропорциональна квадрату числа ампер-витков в катушках датчика и зависит от условий согласования с сопротивлением нагрузки. Допустимое число ампер-витков определяется мощностью нагрева катушек и является для данного датчика величиной заданной.

Определим число витков ω обмоток датчика, исходя из условия выделения максимальной мощности в нагрузку и, следовательно, получения максимальной чувствительности. Для дифференциальной схемы условием согласования датчика с нагрузкой является

$$2R_n = Z_0. \quad (2)$$

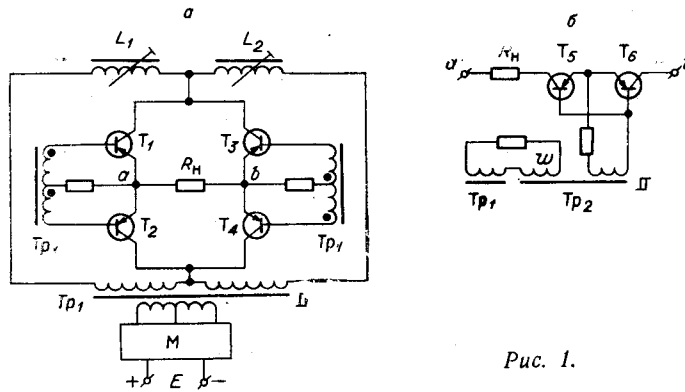


Рис. 1.

Здесь Z_3 — эквивалентное сопротивление датчика. При питании датчика напряжением прямоугольной формы

$$Z_3 = \frac{\omega^2}{q \left[1 - \frac{4qf}{m} \frac{\exp\left(-\frac{m}{2qf}\right) - 1}{\exp\left(-\frac{m}{2qf}\right) + 1} \right]} \quad (3)$$

где $q = \frac{S_0 k_3}{\rho l_{cp}}$; $m = R_c + \frac{2\delta}{F'}$; S_0 — площадь окна катушки; k_3 — коэффициент заполнения окна; ρ — удельное сопротивление материала обмотки; l_{cp} — средняя длина витка обмотки; R_c — магнитное сопротивление сердечника и якоря; F' — площадь поперечного сечения воздушного зазора; δ — длина воздушного зазора.

Из (2) и (3) получаем выражение для числа витков обмоток датчика при оптимальном согласовании с нагрузкой

$$\omega = \sqrt{2R_n q \left[1 - \frac{4qf}{m} \frac{\exp\left(-\frac{m}{2qf}\right) - 1}{\exp\left(-\frac{m}{2qf}\right) + 1} \right]} \quad (4)$$

На рис. 2, а приведены экспериментальные зависимости чувствительности преобразователя S от числа витков катушки датчика. При этом для всех значений ω за счет изменения диаметра провода обеспечивались постоянные значения ампер-витков в катушках и мощности, потребляемой преобразователем. Датчик выполнялся на ферритовых сердечниках ОБ-18; $R_n = 130$ Ом. Из рис. 2, а видно, что максимальная чувствительность преобразователя в данном случае обеспечивается при $\omega = 180$. Это значение ω мало отличается от значения ω_{opt} , подсчитанного по формуле (4).

На рис. 2, б приведена зависимость максимальной чувствительности преобразователя от частоты питающего напряжения при постоянной мощности в катушках датчика. С повышением частоты чувствительность растет, однако при $f > 8-10$ кГц форма выходного сигнала магнитного мультивибратора ухудшается. На более высоких частотах чувствительность схемы начинает падать из-за влияния межвитковой емкости.

Преобразователь работает в диапазоне температур от 0 до 40°С при относительной погрешности измерения не более 1% и нелинейности не более 1%.

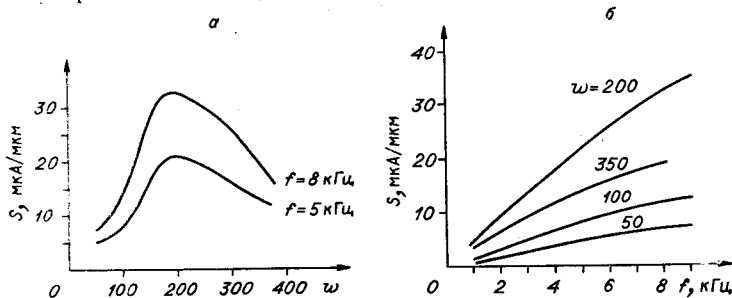


Рис. 2.

Поскольку в рассмотренном преобразователе ток в нагрузке зависит от питающего напряжения [см. выражение (1)], то для получения высокой точности необходимо применение дополнительного стабилизатора. Подключение к диагонали моста между точками a и b последовательно соединенных сопротивлений нагрузки R_H и двухстороннего ключа на транзисторах T_5 , T_6 (см. рис. 1,б), питаемого от выходной обмотки дополнительного трансформатора Tr_2 , дает возможность в значительной степени уменьшить зависимость выходного тока $I_{н.ср}$ от колебаний входного напряжения E . В этом случае частота f магнитного мультивибратора M должна быть стабилизирована (например, посредством времязадающей RC -цепи [2]). Материал сердечника трансформатора Tr_2 имеет прямоугольную петлю гистерезиса с индукцией насыщения B_s . Во время положительного полупериода напряжения питания транзисторы T_5 и T_6 заперты. В течение отрицательного полупериода эти транзисторы отпираются на время перемагничивания сердечника трансформатора Tr_2 от $+B_s$ до $-B_s$.

$$\tau = \frac{k_1 2\omega B_s Q}{E} \quad (5)$$

Здесь ω — число витков первичной обмотки трансформатора Tr_2 ; Q — площадь поперечного сечения сердечника трансформатора Tr_2 ; k_1 — коэффициент пропорциональности. Среднее значение тока в нагрузке при $f = \text{const}$ и с учетом (1) и (5)

$$I_{н.ср} = k \frac{E}{R_H} \tau f = k k_1 \frac{2I\omega B_s Q}{R_H} f$$

не зависит от E .

На практике при подключении рассмотренной цепи стабилизации к схеме преобразователя отношение относительного изменения входного напряжения $|\Delta E|/E_N$ к относительному изменению выходного тока $|\Delta I_{н.ср}|/I_{н.срN}$, составляло 10—12, причем линейность характеристики преобразования не нарушалась. Это отношение для схемы рис. 1, а при той же величине $|\Delta E|/E_N = 0,2$ равно 1. Полученная инвариантность тока нагрузки к E позволяет использовать простые схемы стабилизаторов, например параметрические импульсные стабилизаторы [3], а в ряде случаев питать преобразователь от источника нестабилизированного напряжения.

Описанные преобразователи успешно применяются в ряде машиностроительных предприятий для послеоперационного контроля размеров деталей [4] и в приборах активного контроля [5], выгодно отличаясь от известных высокой чувствительностью, точностью, а также простотой и надежностью схемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. П. Рашкович. Индуктивные преобразователи для автоматизации металлорежущих станков. М., «Машиностроение», 1969.
2. Источники электропитания на полупроводниковых приборах. Проектирование и расчет. Под ред. С. Д. Додика и Е. И. Гальперина. М., «Советское радио», 1969.
3. К. Ш. Либерзон, Ю. В. Митришкин, В. В. Сазонов, В. Ю. Новиков, Н. К. Китаев. Параметрический импульсный стабилизатор напряжения.— Информационный листок № 179-72. Куйбышев, ЦНТИ, 1972.
4. К. Ш. Либерзон, Ю. В. Митришкин, В. Ю. Новиков, В. В. Сазонов. Измеритель малых перемещений ИМП-3.— Информационный листок № 460-71. Куйбышев, ЦНТИ, 1971.
5. В. Ю. Новиков, В. В. Сазонов, К. Ш. Либерзон, Ю. В. Митришкин. Прибор активного контроля размеров при шлифовании коленчатых валов.— Информационный листок № 124-72. Куйбышев, ЦНТИ, 1972.

Поступило в редакцию 11 февраля 1972 г.,
окончательный вариант — 31 июля 1972 г.