

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

УДК 621.398.69

В. Я. АРТЕМЬЕВ, Д. Н. МОКИЕНКО, А. В. ФРЕМКЕ  
(Ленинград)

### КОМПЕНСАЦИОННЫЙ ЧАСТОТНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В статье описан компенсационный частотный измерительный преобразователь для информационных систем, предназначенный для совместной работы с типовыми аналоговыми преобразователями. Отклонение характеристики преобразователя  $f=F(I)$  от линейной не превосходит  $\pm 0,5\%$ , температурная погрешность не более  $0,5\%$  на  $10^\circ\text{C}$ . Частотный диапазон 805—1495 гц при изменении входного сигнала от 0 до 5 мв.

Частотные измерительные преобразователи применяются в информационно-измерительной технике сравнительно давно. Примером могут служить различные частотные телеизмерительные системы.

Частотные измерительные преобразователи с выходным сигналом, удовлетворяющим нормам ГОСТа 10938—64, для информационно-измерительных систем могут быть осуществлены двумя путями: 1) с использованием первичных измерительных преобразователей (датчиков) в виде термпар, термометров сопротивления и др.; 2) для унифицированного сигнала ГСП в виде постоянного тока ( $0 \div 5$  ма) или напряжения ( $0 \div 10$  в).

Для первого направления характерна необходимость предварительного усиления или преобразования сигнала и дополнительных устройств для спрямления характеристики преобразования при использовании датчиков с нелинейными характеристиками (например, термпар и др.). Такие преобразователи получаются сравнительно сложными. Примером может служить преобразователь, описанный в \*. Как показали исследования, преобразователи с использованием входных сигналов в виде постоянного тока ( $0 \div 5$  ма) или постоянного напряжения ( $0 \div 10$  в) получаются сравнительно простыми. Преобразователи этого типа предназначены для совместной работы с типовыми аналоговыми преобразователями, широко используемыми в информационно-измерительных системах (например, в системах типа «Зенит»).

Блочный принцип построения измерительных преобразователей имеет существенные преимущества, особенно при производстве преобразователей.

\* А. В. Примак, И. И. Фурман, А. Н. Щербань. Управляемый LC-генератор высокой стабильности с низким порогом чувствительности.— Приборостроение, 1965, № 3.

Частотные преобразователи для унифицированного входного сигнала могут быть построены по двум схемам — прямого преобразования и компенсационного преобразования (с отрицательной обратной связью). Каждая схема имеет свои достоинства и недостатки.

Схема прямого преобразования обеспечивает высокое быстродействие, но требует высокой точности и стабильности во времени ряда элементов, входящих в схему. Особенно трудно выполнить эти условия для  $LC$ -генератора, частота которого изменяется подмагничиванием дросселя вследствие принципиальной нелинейности его характеристики и наличия гистерезиса сердечника.

В схемах компенсационного преобразования жесткие требования по точности и стабильности предъявляются лишь к одному из элементов — блоку обратной связи, что в большой степени обеспечивает стабильность во времени характеристик преобразователя.

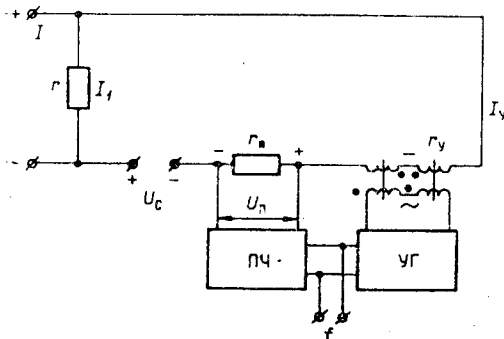


Рис. 1.

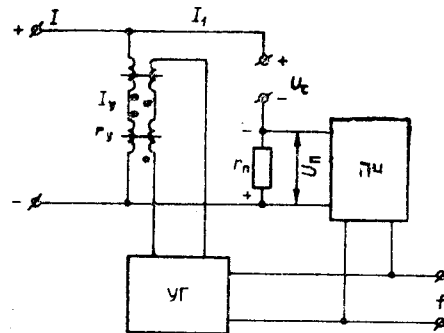


Рис. 2.

В компенсационных преобразователях может быть применена компенсация напряжения (рис. 1) и компенсация тока (рис. 2).

Оба варианта схем имеют одни и те же основные элементы: УГ — управляемый генератор; ПЧ — преобразователь частоты в постоянное напряжение (блок обратной связи). Преобразователь должен реализовать зависимость

$$f = f_{\min} + kI.$$

Для обеспечения частоты  $f_{\min}$  при нулевом сигнале на входе предусмотрен источник смещения  $U_c$ . Полагая в первом приближении характеристики преобразования основных элементов линейными, для схемы рис. 1 имеем

$$f = \frac{k_2 r}{r_y + r_n + r + k_1 k_2} I + f_{\min}. \quad (1)$$

Коэффициент статизма равен

$$K_c = \frac{r_y + r_n + r}{r_y + r_n + r + k_1 k_2}. \quad (2)$$

Для схемы рис. 2 имеем

$$f = \frac{k_2 r_n}{r_v + r_n + k_1 k_2} I + f_{\min}. \quad (3)$$

Коэффициент статизма равен

$$K_c = \frac{r_y + r_n}{r_y + r_n + k_1 k_2}. \quad (4)$$

В формулах (1) — (4)

$$k_1 = \frac{U_n}{f} \frac{v}{2u}; \quad k_2 = \frac{f - f_{\min}}{I_y} \frac{2u}{a}.$$

Сопротивлением источника смещения пренебрегаем\*.

Из формул (2) — (4) следует, что статизм  $K_c$  несколько меньше в схеме рис. 2, что важно для повышения точности преобразователя. Однако благодаря шунтированию источником тока напряжений  $U_c$  и  $U_n$

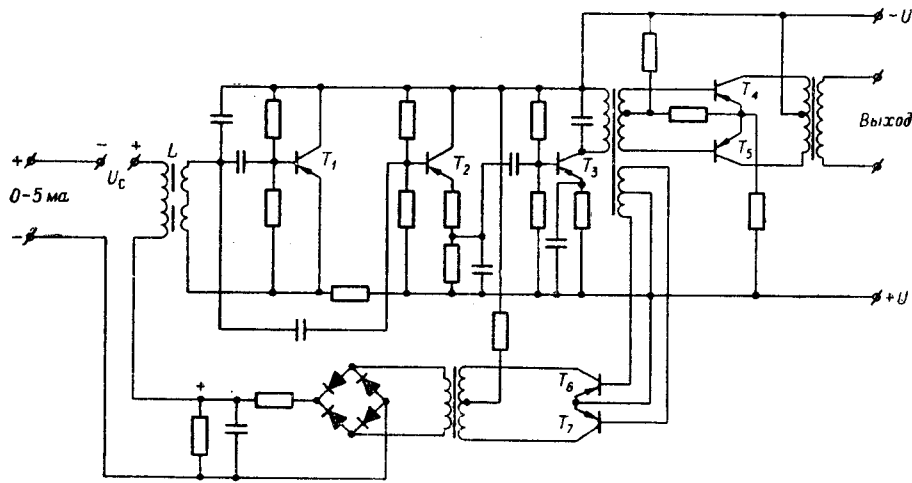


Рис. 3.

появляется погрешность из-за нестабильности сопротивления источника тока  $I$ . Как показали исследования, в этом отношении более благоприятна схема рис. 1.

Развернутая принципиальная схема преобразователя показана на рис. 3. В качестве генератора применен LC-генератор на триоде  $T_1$  с управляемой индуктивностью  $L$ , выполненной на тороидальных сердечниках из пермаллоя марки 79НМ.

Генератор имеет вполне удовлетворительные характеристики: отклонение характеристики от линейной в рабочей части около 2%, температурную погрешность не более 1,5% на  $10^\circ \text{C}$ , синусоидальную форму кривой на выходе.

В связи с необходимостью получения на выходе преобразователя мощности около 1 вт и для исключения влияния изменений нагрузки на блок обратной связи в схеме предусмотрен усилитель напряжения на триодах  $T_2$  и  $T_3$  и двухтактный усилитель мощности на триодах  $T_4$  и  $T_5$ .

В качестве блока обратной связи применен преобразователь частоты в постоянное напряжение, состоящий из усилителя на транзисторах

\* В качестве источника напряжения смещения использован стандартный блок ИПС-148.

$T_6$  и  $T_7$ , насыщенного трансформатора, сердечник которого выполнен из материала с прямоугольной петлей гистерезиса (пермаллой марки 65НП), выпрямителя и фильтра. Этот преобразователь отличается простотой и дает возможность получать при этом удовлетворительные характеристики блока обратной связи.

Для схемы рис. 3 получены следующие результаты. Отклонение от линейной зависимости характеристики  $f=F(I)$  не более  $\pm 0,5\%$ . Погрешность из-за изменения температуры не более  $0,5\%$  на  $10^\circ\text{C}$ ; погрешность, обусловленная изменением напряжения источника питания от  $+10$  до  $-15\%$  номинального значения, не более  $\pm 0,15\%$ . Частотный диапазон  $805\text{--}1495$  *гц* при изменении входного сигнала от  $0$  до  $5$  *ма*. Входное сопротивление не более  $1$  *ком*. Мощность на выходе около  $1$  *вт* при сопротивлении нагрузки  $R_n=600$  *ом*. Номинальное значение амплитуды выходного сигнала преобразователя  $24$  *в*. Коэффициенты преобразования: для преобразователя частоты  $k_1=7 \cdot 10^{-3}$  *в/гц*; для управляемого генератора  $k_2=5 \cdot 10^6$  *гц/а*.

Поступила в редакцию  
21 марта 1966 г.