

Л. А. БРОВКИН, В. Б. ГУМЕННИКОВ, В. Г. НИКИТИН

## АВТОКОМПЕНСАЦИОННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПЕРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

При создании автоматических информационно-измерительных приборов основные требования точности, надежности и взаимозаменяемости предъявляются к первичным преобразователям и компенсирующим элементам.

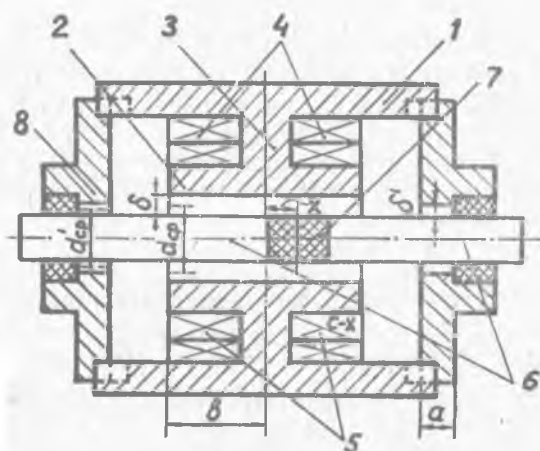


Рис. 1.

Авторами разработан первичный преобразователь трансформаторного типа для динамического режима работы, внешний вид которого представлен на рис. 1. Преобразователь имеет неподвижный магнитопровод, состоящий из двух коаксиальных цилиндров 1 и 2, соединенных средней перемычкой 3. В кольцевых пазах магнитопровода расположены обмотки: возбуждения 4 и измерительная 5. Подвижный магнитопровод имеет также цилиндрическую форму и состоит из двух ферромагнитных частей

6, разделенных немагнитной прокладкой 7. Внешний магнитопровод замыкается посредством торцовых крышек 8, позволяющих симметризовать магнитную цепь преобразователя. Разработанный преобразователь весьма прост и технологичен в изготовлении и отмечается повышенной надежностью ввиду отсутствия подвижных токоподводов. Выходная э. д. с., без учета сопротивления стали, определяется выражением

$$E_n = -j \omega \dot{I}_B W_B W_n (Y_n - Y_{np}), \quad (1)$$

где  $\omega$  — круговая частота питающего напряжения;  
 $\dot{I}_B$  — ток в обмотке возбуждения;  
 $W_B$  — число витков обмотки возбуждения;  
 $W_n$  — число витков измерительной обмотки;  
 $Y_n$  и  $Y_{np}$  — проводимости соответственно левой и правой половин рабочего воздушного зазора  $\delta$ .

В среднем положении подвижного сердечника  $Y_n = Y_{np}$  и  $E_n = 0$ . В общем случае без учета потоков рассеяния и выпучивания суммарная прсводимость рабочего воздушного зазора  $Y_\Sigma$  выражается формулой

$$Y_\Sigma = 2\mu_0\pi \frac{d_{cp} (d'_{cp})^2 a^2}{d_{cp}^2 \left(\frac{\delta'}{\delta}\right)^2 (c^2 - x^2) + (d'_{cp})^2 a^2 \delta^2 + 2d'_{cp} d_{cp} ac \delta} x. \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что суммарная магнитная проводимость является нелинейной функцией перемещения  $x$ , однако при соответствующем выборе параметров ( $\delta' \ll \delta$ ;  $c \gg x_{max}$ ) эта нелинейность сводится к пренебрежению малой величиной, и упрощенное выражение для проводимости можно записать в виде

$$Y_\Sigma = 2\mu_0\pi \frac{d_{cp}}{\delta} x. \quad (3)$$

Отсюда величина выходной э. д. с. определится выражением

$$E_n = -j \omega \dot{I}_B W_B W_n 2\mu_0 \pi \frac{d_{cp}}{\delta} x. \quad (4)$$

Выражения (3) и (4) с достаточной степенью точности пригодны для инженерного расчета преобразователя.

Экспериментальные исследования, проводимые на потенциометре переменного тока типа Р 56/2, показали следующие характеристики разработанного преобразователя:

- 1) нелинейность выходной статической характеристики в диапазоне перемещений  $\pm 1$  мм —  $\epsilon_n \leq 0,15\%$ ,
- 2) максимальная фазовая погрешность —  $\Delta\varphi_{max} \leq 30$ ,
- 3) чувствительность при  $U_B = 4$  в —  $S \approx 200$  мв/мм,
- 4) остаточный сигнал в нулевом положении —  $\Delta E_{ост} < 50$  мкв.

Значительное влияние на работу автокомпенсационного прибора оказывает компенсирующий преобразователь, являющийся звеном обратной связи.

Были разработаны бесконтактные компенсирующие преобразователи (БКП) трансформаторного типа. Угловой вариант подобного преобразователя для приборов с круглой шкалой приведен на рис. 2.

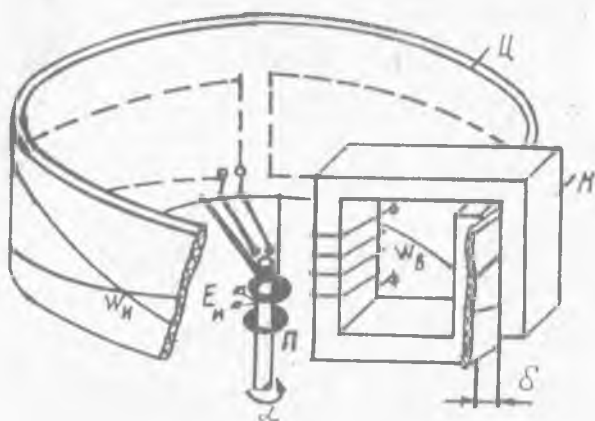


Рис. 2.

БКП состоит из магнитопровода М, имеющего Б-образную форму с обмоткой возбуждения  $W_B$  и изоляционной платой Ц с измерительной обмоткой  $W_H$ . Постоянная магнитная цепь преобразователя обеспечивает высокую линейность выходной статической характеристики и малую фазовую погрешность. Э. д. с. измерительной обмотки определяется выражением

$$\dot{E}_H = -j \omega W_B W_H I_B g_y \alpha, \quad (5)$$

где  $g_y$  — удельная магнитная проводимость;  
 $\alpha$  — угол поворота подвижной части.

Нелинейность характеристики БКП не превышает 0,1%, что позволяет применять подобные элементы при создании приборов высокого класса точности.

На рис. 3 приведена упрощенная принципиальная схема созданного авторами автокомпенсационного прибора для контроля динамических процессов с использованием описанных элементов. Весьма важным вопросом при разработке подобных приборов является согласование фазы сигнала с измерительного и компенсирующего преобразователей, т. к. в противном случае на входе усилителя постоянно имеется квадратурная составляющая напряжения небаланса, ухудшающая динамические свойства прибора и приводящая к дополнительной погрешности измерений.

При равенстве модулей измеряемого  $\dot{E}_H$  и компенсирующего  $\dot{E}_K$  напряжений величина напряжения небаланса на входе усилителя определяется формулой

$$\Delta \dot{E} = \dot{E}_k - \dot{E}_n (1 - \cos \psi), \quad (6)$$

где  $\psi$  — угол сдвига между  $\dot{E}_k$  и  $\dot{E}_n$ .

Эта разность по абсолютной величине не должна превышать порог чувствительности усилителя  $\Delta$

$$\dot{E}_k (1 - \cos \psi) \leq \Delta, \quad (7)$$

откуда

$$\psi_{\max} \leq \text{Arccos} \left( 1 - \frac{\Delta}{\dot{E}_k} \right). \quad (8)$$

В наиболее распространенном случае при  $\Delta \ll \dot{E}_k$  погрешность нефазности определится выражением

$$\gamma_\psi = (\sec \psi - 1) 100\%. \quad (9)$$

Для согласования фаз  $\dot{E}_n$  и  $\dot{E}_k$  используются фазокорректирующие  $RC$ -цепочки, которые могут включаться как в цепь возбуждения, так и в измерительную цепь.

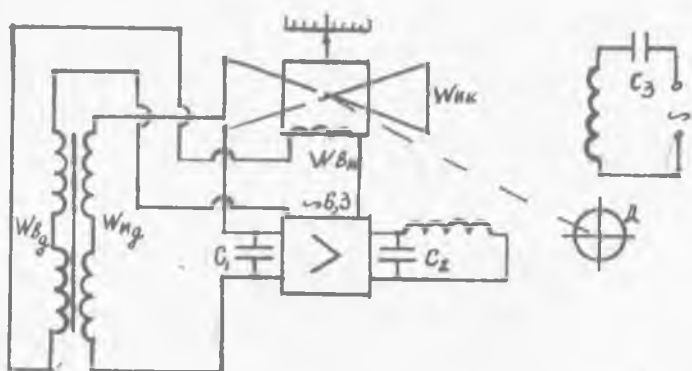


Рис. 3.

Компенсированный преобразователь имеет обмотку смещения  $W_{см}$ , необходимую для измерения переменных во времени перемещений в пределах  $x_1 \div x_2$ , где  $x_1 \neq 0$ .

При питании прибора напряжением промышленной частоты класс точности прибора 0,5 для частоты колебаний подвижного элемента измерительного преобразователя 1—2 гц. Расширение частотного диапазона измеряемых параметров без снижения точности возможно при повышении частоты питающего напряжения. Подобные приборы отличаются повышенной надежностью

и пригодны для измерения самых разнообразных переменных процессов, параметры которых могут быть преобразованы в перемещение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Куликовский Л. Ф. «Автоматические информационно-измерительные приборы». «Энергия», 1966.

2. Куликовский Л. Ф., Бровкин Л. А., Лихтциндер Б. Я. «Автоматические приборы с бесконтактными компенсирующими преобразователями». «Энергия», 1967.

3. Samuel Seely. «Electromecanical energy convergion», 1962.

---