

УДК 53.088.52:534.647  
А. Е. БОЖКО, д-р техн.  
наук, В. И. САВЧЕНКО,  
И. Д. ПУЗЬКО

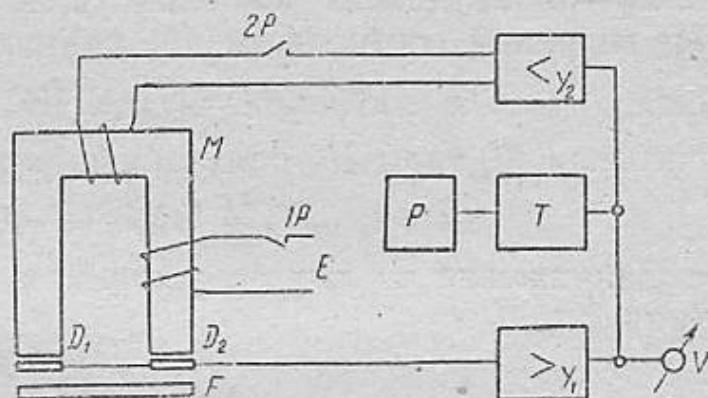
### ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВИБРАЦИЙ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ТЕЛ

В современной виброизмерительной технике широко применяются измерители вибраций с датчиками Холла [1—3]. Рассматриваемая схема измерения позволяет повысить чувствительность благодаря наличию положительной обратной связи, хотя и не требуется селективность по отношению к отдельным гармоническим компонентам анализируемого процесса.

При анализе эффективности функционирования предполагается отсутствие фазовых искажений и равномерность частотной характеристики по спектру анализируемого процесса. Не учитывается также изменение постоянной Холла при изменении магнитной индукции и наличие вторичной э. д. с. Холла, температурная нестабильность, неэквипотенциальное расположение и выпрямляющее действие контактов.

Величина сопротивления нагрузки и датчика Холла подобраны таким образом, что при приемлемой нелинейности достигается достаточно высокий коэффициент передачи по мощности.

Схема измерения вибраций ферромагнитных тел представлена на рисунке,



где  $D_1, D_2$  — измерительные датчики Холла;  
 $F$  — ферромагнитное тело;  
 $M$  — магнитопровод;  
 $E$  — источник питания;  
 $Y_1, Y_2$  — электронные (или транзисторные) усилители;  
 $T$  — триггер;  
 $P$  — коммутирующее реле;  
 $V$  — регистрирующий прибор.

Источник питания  $E$  создает магнитное поле в зазорах  $l$  при отсутствии вибраций ферромагнитного тела  $F$ . При возникновении вибраций срабатывает реле  $P$ , включенное на выходе триггера  $T$ . Контакт  $1P$  размыкается, отключая обмотку  $W_1$  от источника питания  $E$ , контакт  $2P$  замыкается, подключая обмотку  $W_2$  к выходу усилителя  $Y_2$ , т. е. оказывается замкнутой цепь обратной связи.

В общем виде выходное напряжение датчика Холла определяется выражением [1]

$$U = R B i_y \frac{l}{d} = c B i_y, \quad (1)$$

где  $R$  — постоянная Холла;  
 $d$  — толщина проводящей пластины датчика;  
 $B$  — индукция магнитного поля;  
 $i_y$  — ток управления датчиком.

Выходное напряжение усилителя  $Y_1$  в случае идентичности  $D_1$  и  $D_2$

$$U_1 = 2U \cdot k_1, \quad (2)$$

где  $k_1$  — коэффициент усиления усилителя  $Y_1$ . При возникновении вибраций соотношение (1) принимает вид

$$U = c i_y (B + \Delta B). \quad (3)$$

Учитывая (3), для  $U_1$  получаем выражение

$$U_1 = 2c i_y k_1 (B + \Delta B). \quad (4)$$

Напряжение на выходе усилителя  $Y_2$  с коэффициентом усиления  $k_2$

$$U_2 = U_1 \cdot k_2. \quad (5)$$

Ограничиваясь рассмотрением линейного участка характеристики  $B = f(H)$ , можно записать

$$B = U_2 \beta = U_1 \cdot k_2 \beta, \quad (6)$$

где  $\beta$  — коэффициент, учитывающий связь между напряжением  $U_2$  на выходе усилителя  $Y_2$  и намагничивающими ампервитками  $Iw$  в обмотке  $W_2$ . После преобразования (4) с учетом (6) получим следующее выражение для выходного напряжения усилителя  $Y_1$ :

$$U_1 = \frac{2c i_y k_1 \Delta B}{1 - 2c i_y k_1 k_2 \beta}, \quad (7)$$

или

$$U_1 = A \cdot \Delta B, \quad (8)$$

где

$$A = \frac{2cl_y k_1}{1 - 2cl_y k_1 k_2 \beta}. \quad (9)$$

При определенных выбранных значениях величин параметров, входящих в выражение (9), величина коэффициента  $A$  может быть сделана довольно значительной, а выходной эффект схемы пропорционален  $\Delta B$ .

Используем известное соотношение между намагничивающими ампервитками и магнитным потоком

$$I\omega = \frac{\Phi}{G} = \frac{B \cdot l}{\mu_0}, \quad (10)$$

где  $G$  — магнитная проводимость воздушного зазора  $l$ , или

$$B = \frac{\mu_0 I \omega}{l}. \quad (11)$$

Тогда выражения для начального значения  $B_0$  магнитной индукции в зазоре  $l_0$  и значения магнитной индукции  $B_l$  в некоторый момент времени  $t_l$  при возникновении перемещений ферромагнитного тела имеют вид

$$B_0 = \frac{\mu_0 I_0 \omega}{l_0}, \quad (12)$$

$$B_l = \frac{\mu_0 I_l \omega}{l_l}. \quad (13)$$

Принимаем

$$I_l = I_0 + \Delta I; \quad l_l = l_0 + \Delta l. \quad (14)$$

Учитывая (12), (13) и (14), найдем аналитическое выражение для  $\Delta B$

$$\begin{aligned} \Delta B = B_l - B_0 &= \frac{\mu_0 (I_0 + \Delta I) \omega}{l_0 + \Delta l} - \frac{\mu_0 I_0 \omega}{l_0} = \\ &= \mu_0 \omega \left( \frac{\Delta I}{l_0 + \Delta l} - \frac{\Delta l}{l_0} \cdot \frac{I_0}{l_0 + \Delta l} \right). \end{aligned} \quad (15)$$

При линейной зависимости  $B = f(H)$ ,  $\Delta I$  можно представить

$$\Delta I = k_1 k_2 k_3 \Delta B = k \cdot \Delta B. \quad (16)$$

Учитывая (15) и (16), выражение для  $\Delta B$  принимает вид

$$\Delta B = \frac{\mu_0 I_0 \omega}{l_0} \cdot \frac{1}{\mu_0 \omega k - (l_0 + \Delta l)} \cdot \Delta l. \quad (17)$$

Обычно  $\mu_0 \omega k > l_0$  и  $\Delta l \ll l_0$ . Тогда из (17) получим приближенное выражение для  $\Delta B$

$$\Delta B = \frac{l_0}{k \cdot l_0} \Delta l. \quad (18)$$

Обозначим

$$Q = \frac{I_0}{kI_0} = \text{const},$$

тогда

$$\Delta B = Q \cdot \Delta I \quad (19)$$

и выражение (8) для выходного напряжения усилителя  $Y_1$  принимает вид

$$U_1 = A Q \Delta I, \quad (20)$$

т. е. показания регистрирующего прибора при указанных предположениях и ограничениях пропорциональны величине изменения воздушного зазора  $\Delta I$ , причем значение коэффициента  $AQ \gg 1$ .

Предлагаемый вариант схемы измерения вибраций может быть использован при решении задач выявления периодических компонент в анализируемом вибрационном процессе путем линейных селективных преобразований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов В. Н. Устройства с датчиками Холла и датчиками магнитосопротивления. М., Госэнергоиздат, 1961. 168 с.
2. Измерительные преобразователи постоянного тока. Под ред. Л. А. Синицкого, Киев, Изд-во АН УССР, 1965. 497 с.
3. Илюкович А. М. Эффект Холла и его применение в измерительной технике. — «Измерительная техника», 1960, № 7, с. 18—21.

УДК 53. 088. 52:534. 647

Повышение чувствительности схемы измерения вибраций ферромагнитных тел. Божко А. Е., Савченко В. И., Пузько И. Д. Сб. «Автоматизированные системы управления и приборы автоматики», вып. 34, 1975, с. 95—98.

Рассматривается схема измерения вибраций ферромагнитных тел с использованием датчиков Холла с повышенной чувствительностью за счет включения

обмотки питания электромагнита в цепь обратной связи. Приводится аналитическое выражение зависимости выходного сигнала схемы измерения от изменения величины зазора при наличии вибраций.

Ил. 1. Библиогр. 3.