

## УМЕНЬШЕНИЕ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ ТРАНСФОРМАТОРА ФАЗОВОГО ДЕТЕКТОРА

Л. П. ОЛОМУЦКИЙ, М. С. РОЙТМАН

(Представлена Томской городской научно-технической конференцией,  
посвященной 90-летию со дня рождения В. И. Ленина)

Известно, что низкочастотные трансформаторы являются нелинейными элементами, т. к. индуктивность первичной обмотки и сопротивление потерь зависят от подводимого к трансформатору напряжения. Фазовый сдвиг, создаваемый трансформатором, также будет меняться с изменением напряжения, что в ряде случаев недопустимо.

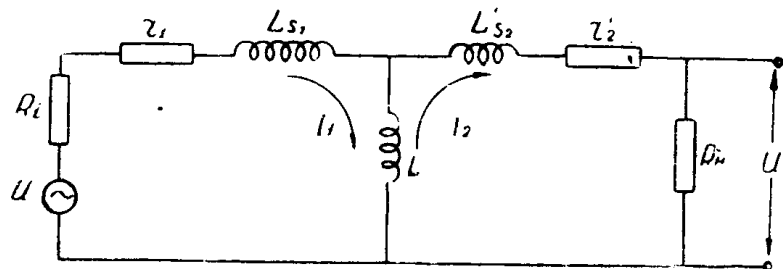


Рис. 1.

В большинстве случаев трансформатор является нагрузкой электронных ламп, следовательно, внутреннее сопротивление источника э. д. с., питающей трансформатор, можно считать активным и равным  $R_i$ . Так как нагрузкой трансформатора является синхронный детектор, который можно представить в виде активного сопротивления  $R_n$ , то эквивалентная схема трансформатора примет вид рис. 1.

Для упрощения анализа полагаем сопротивление, эквивалентное потерям в сердечнике  $r_c = 0$ . Составляя уравнения Кирхгофа для данной схемы, имеем

$$E = I_1(R_i + r_1 + j\omega L_{s1} + j\omega L) - I_2 j\omega L,$$

$$0 = -I_1 j\omega L + I_2(R_n + r'_2 + j\omega L'_{s2} + j\omega L).$$

Коэффициент передачи каскада равен

$$K' = \frac{\omega L R_H}{(R_i + r_1)\beta\omega L + (R_H + r_2')\alpha\omega L + \omega L(R_H + R_i + r_1 + r_2')} + \frac{\omega L R_H}{j[x\beta\omega^2 L^2 + (x + \beta)\omega^2 L^2 - (R_H + r_2')(R_i + r_1)]}$$

где

$$\alpha = \frac{L_{s1}}{L}, \quad \beta = \frac{L'_{s2}}{L}$$

Тангенс угла фазового сдвига, вносимого каскадом, равен

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{(R_H + r_2')(R_i + r_1) - \omega^2 L^2(x + \beta + \alpha\beta)}{\omega L[(R_i + r_1)(1 + \beta) + (R_H + r_2')(1 + \alpha)]} \quad (1)$$

Принимая во внимание, что  $\alpha \ll 1$  и  $\beta \ll 1$ , и пренебрегая активным сопротивлением обмоток трансформатора  $r_1$  и  $r_2'$ , имеем

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R_H R_i - \omega L(L_{s1} + L'_{s2})}{\omega L(R_i + R_H)} \quad (2)$$

Наличие нелинейности трансформатора ведет к появлению динамического (относительного) фазового сдвига, зависящего от напряжения  $U$  на входе трансформатора  $\Delta\varphi = \psi(U)$ . Если постоянный фазовый сдвиг легко компенсировать, то с динамическим фазовым сдвигом вопрос стоит гораздо сложнее.

Для уменьшения относительного фазового сдвига, вносимого трансформатором, можно предложить несколько способов. Один из них заключается в том, что рациональным выбором параметров трансформатора можно, как следует из (2), добиться уменьшения абсолютного сдвига. Тогда при изменении  $L$  в определенных пределах, обусловленном изменением напряжения на входе трансформатора, относительный фазовый сдвиг будет меняться мало.

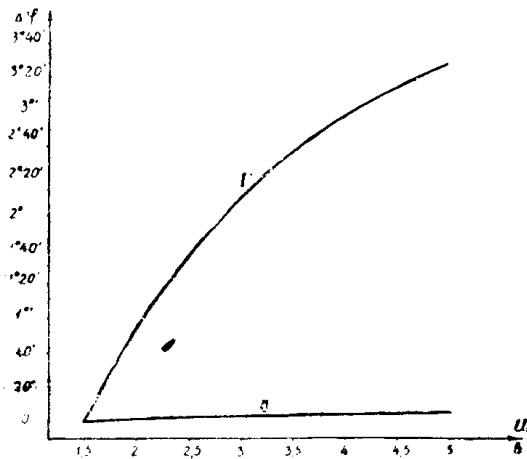


Рис. 2.

Вторым способом является введение отрицательной обратной связи. Известно, что при введении отрицательной обратной связи фазовые соотношения улучшаются. Для линейных систем фазовый сдвиг, вносимый системой, уменьшается в  $1 + K\beta$  раз. Одновременно за счет уменьшения внутреннего сопротивления источника (2) уменьшается уход нуля синхронного детектора (1).

Была снята зависимость ухода нуля  $\Delta\varphi$  от изменения напряжения на входе трансформатора при наличии последовательной обратной связи по напряжению глубиной  $1 + K\beta = 10$  (кривая II, рис. 2) и без нее (кривая I, рис. 2). Из сравнения кривых видно, что незначительным усложнением схемы можно получить хорошие результаты.

В случае, когда индуктивностью рассеивания можно пренебречь (что справедливо для тороидальных трансформаторов, у которых рассеивание очень мало), формула (1) примет вид

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{(R_H + r'_2)(R_i + r_1)}{\omega L(R_H + R_i + r'_2 + r_1)} \quad (3)$$

Из (3) следует, что чем меньше внутреннее сопротивление источника, тем меньше относительный фазовый сдвиг трансформатора, обусловленный влиянием изменения индуктивности первичной обмотки при изменении напряжения на входе трансформатора.

Получить малое значение внутреннего сопротивления источника проще всего используя катодный повторитель, нагрузкой которого является трансформатор.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ройтман М. С., Гофман С. А., Оломуцкий Л. П., Кармадонов А. Н. О стабильности нуля синхронных детекторов на полупроводниковых диодах и триодах, Измерительная техника, № 9, 1961.