

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРАТНОСТИ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДВУХДЫРОЧНЫХ ТРАНСФЛЮКСОРОВ

Л. Д. Кравченко

Киевский политехнический институт

Кратность выходного напряжения определяется как отношение величин напряжений в открытом и закрытом состояниях трансфлюксора. Для достижения максимальной кратности сердечник следует изготавливать из материала с наибольшим коэффициентом прямоугольности петли гистерезиса $k_{пр}$. Величина $k_{пр}$ при различных значениях намагничивающего поля не остается постоянной. При больших значениях тока возбуждения величина

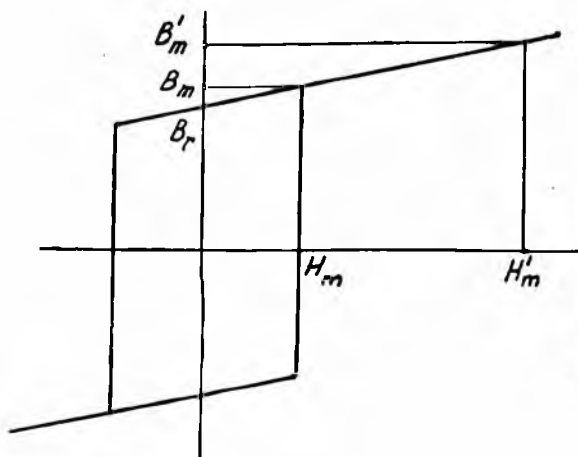


Рис. 1.

кратности выходного напряжения уменьшается, что объясняется уменьшением коэффициента прямоугольности при увеличении намагничивающего поля. Поэтому необходимо определить зависимость коэффициента прямоугольности от отношения токов возбуждения.

Обозначим через $k_{пр}$ коэффициент прямоугольности данного материала при $H_r \approx H_c$. Эти данные обычно указываются в таблице. Как известно,

$$k_{пр} = \frac{B_r}{B_m}.$$

При увеличении намагничивающего поля происходит увеличение B_m . Величина B_r остается постоянной (рис. 1). Следовательно, новое значение коэффициента прямоугольности при поле, равном H'_m , будет определяться значением:

$$k'_{пр} = \frac{B_r}{B'_m}.$$

Определим величину отношения $\frac{H'_m}{H_m}$.

$$\frac{H'_m}{H_m} = \frac{B_m - B_r}{B_m - B_r}.$$

Разделив числитель и знаменатель на B_r , получим

$$\frac{H'_m}{H_m} = \frac{\frac{1}{k_{np}} - 1}{\frac{1}{k_{np}} - 1},$$

или, преобразуя, получим новое значение коэффициента прямоугольности

$$k_{np} = \frac{1}{\frac{H'_m}{H_m} \left(\frac{1}{k_{np}} - 1 \right) + 1}.$$

Отношение значений намагничивающего поля можно заменить отношением токов. Тогда имеем

$$k_{np} = \frac{1}{\frac{I'_b}{I_b} \left(\frac{1}{k_{np}} - 1 \right) + 1}.$$

Так как нас в основном интересует зависимость кратности выходного напряжения от величины запаса по току возбуждения, то необходимо определить вначале зависимость кратности от коэффициента прямоугольности материала. Величина э. д. с., наводимой в выходной обмотке, зависит от изменения индукции. Тогда величину кратности можно определить по выражению

$$k_u = \frac{\Delta B_{\max}}{\Delta B_{\min}}.$$

При перемагничивании сердечника переменным током происходит изменение индукции от $+B_m$ до $-B_m$. В закрытом состоянии трансфлюксора изменение индукции происходит от B_r до B_m . Тогда можно записать:

$$k_u = \frac{2B_m}{B_m - B_r}.$$

Разделив числитель и знаменатель на B_m , получим

$$k_u = \frac{2}{1 - k_{np}}.$$

Подставив в это выражение значение коэффициента прямоугольности, имеем

$$k_u = 2 + \frac{1}{\frac{I'_b}{I_b} \left(\frac{1}{k_{np}} - 1 \right)}.$$

Величина кратности выходного напряжения зависит и от геометрических размеров управляемой цепи трансфлюксора, т. е. от соотношения $\frac{l}{d_2}$ при неизменной толщине h (рис. 2).

Максимальное значение выходного напряжения определяется не только максимальным изменением индукции, но и скоростью ее нарастания, т. е. наклоном вертикальных участков петли гистерезиса. Наклон вертикальных участков, в свою очередь, определяет значение магнитной проницаемости при перемагничивании сердечника.

Для идеализированной петли вертикальный участок описывается уравнением [1]

$$b = \mu (H - H_c),$$

где

$$H_c = -\frac{B_m}{\mu} \leq H \leq H_c + \frac{B_m}{\mu};$$

μ — магнитная проницаемость материала.

Среднее значение индукции в сердечнике

$$B = \frac{1}{R_n - R_b} \int_{R_b}^{R_n} b dR,$$

где R_n и R_b — наружный и внутренний радиусы перемагничиваемой зоны сердечника.

При перемагничивании сердечника от $-B_m$ до $+B_m$ получим среднее значение индукции

$$B = \frac{1}{R_n - R_b} \left[B_m (R_1 - R_b) - B_r (R_n - R_2) + \int_{R_2}^{R_1} \mu (H - H_c) dR \right],$$

где

$$R_1 = \frac{(\alpha - 1) R_b H}{\left(H_c + \frac{B_m}{\mu}\right) \ln \alpha}; \quad R_2 = \frac{(\alpha - 1) R_b H}{\left(H_c - \frac{B_m}{\mu}\right) \ln \alpha}; \quad \alpha = \frac{R_n}{R_b}.$$

Подставляя значения R_1 и R_2 и интегрируя, получим

$$B = -B_m \frac{\alpha + 1}{\alpha - 1} + \frac{\mu H}{\ln \alpha} \cdot \ln \frac{1 + \frac{B_m}{\mu H_c}}{1 - \frac{B_m}{\mu H_c}}.$$

Аппроксимируя вертикальный участок петли прямой линией, получим выражение для дифференциальной магнитной проницаемости:

$$\mu_d = \frac{dB}{dH} = \frac{\mu}{\ln \alpha} \cdot \ln \frac{1 + \frac{B_m}{\mu H_c}}{1 - \frac{B_m}{\mu H_c}}.$$

Для управляемой цепи трансфлюксора имеем

$$\mu_{g(b)} = \frac{\mu}{\ln \left(1 + \frac{2b}{d_2}\right)} \ln \frac{1 + \frac{B_m}{\mu H_c}}{1 - \frac{B_m}{\mu H_c}}.$$

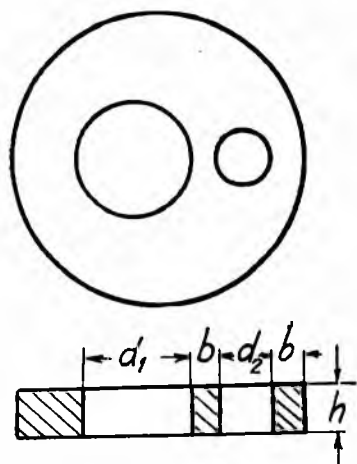


Рис. 2.

Выбирая соответствующим образом отношение $\frac{b}{d_2}$, получим различный наклон вертикальных участков петли и различные амплитудные значения выходного напряжения.

При работе трансфлюксора совместно с транзистором желательно несколько уменьшать наклон вертикальных участков для получения максимальной мощности в нагрузке.

Для четкой фиксации состояния намагниченности зоны управления трансфлюксора необходимо иметь высокую степень прямоугольности петли, т. е. высокое значение μ_d на боковых участках петли.

Величина кратности выходной э. д. с. зависит также от параметров цепи возбуждения при открытом и закрытом состояниях трансфлюксора. Для получения максимальной кратности выходной э. д. с. следует стремиться к получению минимальной кратности возбуждающего тока. Для устойчивой работы трансфлюксора должно выполняться условие:

$$k_B = \frac{I_{B \max}}{I_{B \min}} > k_I,$$

где k_B — коэффициент запаса по току возбуждения.

В закрытом трансфлюксоре ток возбуждения резко возрастает и появляется опасность ложного открывания. Это заставляет снижать величину возбуждающего тока. Естественно, что выходная э. д. с. при этом будет иметь несколько меньшую величину.

Определим зависимость величины выходной э. д. с. открытого трансфлюксора от величины тока возбуждения. При различных значениях тока возбуждения будут перемагничиваться различные зоны сердечника вокруг отверстия с диаметром d_2 . Сечение перемагничиваемой зоны можно определить по выражению

$$s_n = \frac{d_{\max} - d_2}{2} \cdot h,$$

где

$$d_{\max} = 2d_{cp(n)} - d_2.$$

Тогда

$$s_n = (d_{cp(n)} - d_2) h.$$

Ампер-витки, необходимые для перемагничивания определенной зоны сердечника, определяются по известному выражению

$$I_b \omega_b = H_c \pi d_{cp(n)}.$$

Подставляя значение $d_{cp(n)}$, получим

$$I_b \omega_b = \pi H_c \left(\frac{s_n}{h} + d_2 \right).$$

Из полученного выражения определим значение s_n :

$$s_n = h \left(\frac{I_b \omega_b}{\pi H_c} - d_2 \right).$$

Подставляя полученное выражение для s_n в формулу выходного напряжения, получим

$$U_{\text{вых}} = 4f \Delta B \omega_{\text{вых}} h \left(\frac{I_b \omega_b}{\pi H_c} - d_2 \right).$$

Полученное выражение справедливо для значений тока возбуждения

$$0 < I_v < I_{v \max}.$$

Величина кратности

$$k_u = \frac{\Delta B_{\max}}{\Delta B_{\min}} \cdot \frac{h}{s_3} \left(\frac{I_b w_b}{\pi H_c} - d_2 \right),$$

где s_3 — сечение всей зоны участка 3.

Учтем теперь уменьшение тока возбуждения из-за опасности ложного открывания:

$$I_v = \frac{I_{v \max}}{k_l}.$$

Учитывая также, что

$$\frac{\Delta B_{\max}}{\Delta B_{\min}} = \frac{2}{1 - k_{np}} \quad \text{и} \quad \frac{I_{v \max} \cdot w_v}{H_c} = \pi d_{\max},$$

получим выражение для значения кратности выходной э. д. в:

$$k_u = \frac{2}{1 - k_{np}} \cdot \frac{1}{b} \left(\frac{d_{\max}}{k_l} - d_2 \right).$$

Таким образом, при значительных величинах k_l происходит снижение k_u .

Практический вывод из приведенных рассуждений заключается в том, что для получения максимальных значений кратности выходной э. д. с. необходимо уменьшать число витков возбуждающей обмотки.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Розенблат. Зависимость статических характеристик тороидальных сердечников от их геометрических размеров. Автоматика и телемеханика 1958, № 8.
2. Л. Д. Кравченко. Трансфлюксоры в устройствах телеуправления. Гостехиздат УССР, К., 1963.