

ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ УСТАНОВИВШЕГОСЯ ТОКА В ОБМОТКЕ УПРАВЛЕНИЯ БЭМУ-РЧ ОТ ЧАСТОТЫ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ

А. И. СКОРОСПЕШКИН, Б. Е. ТРОФИМЕНКО

(Рекомендована семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники)

В [1] нами исследован коммутационный процесс в обмотке управления электромашинного усилителя регулируемой частоты, снабженной тиристорным управляемым коллектором (рис. 1). Полученные выражения определяют величину, характер изменения тока в коммутируемой секции и в параллельной ветви обмотки.

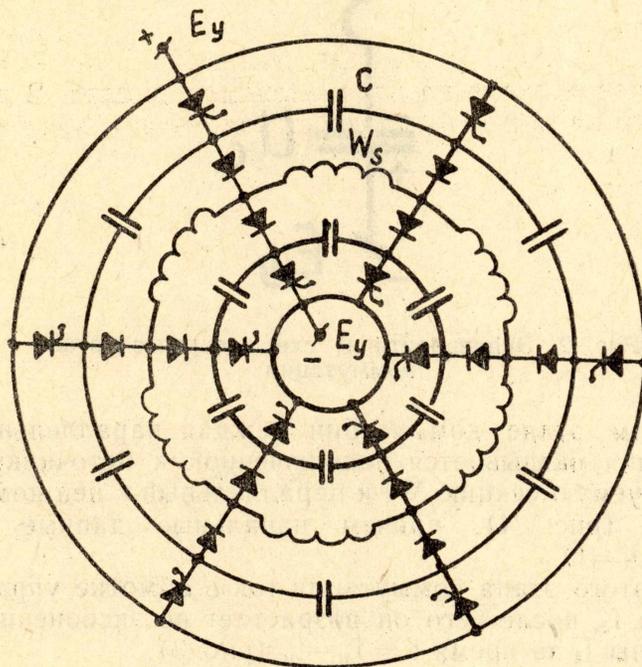


Рис. 1. Схема тиристорного УПК с обмоткой управления

Практически было получено, что ток, установившийся в обмотке управления при постоянном напряжении источника питания, сильно зависит от частоты сигналов управления. В связи с этим необходимо установить связь между установившимся током обмотки управления $I_{уст}$ и частотой следования импульсов переключения ячеек УПК $f_{п}$.

Колебания тока в обмотке управления обусловлены следующими причинами:

а. Первый этап коммутации характеризуется разрядом коммутирующих конденсаторов на обмотку управления (рис. 2). Поскольку $U_c \gg E_y$, то ток в обмотке возрастает от величины I_1 до I_2 (рис. 3). Возрастание тока идет до тех пор, пока коммутирующие конденсаторы не разрядятся до нуля.

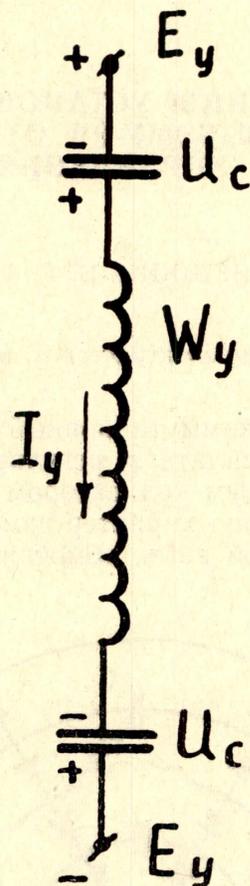


Рис. 2. Эквивалентная схема первого этапа коммутации

б. Во втором этапе коммутации каждая параллельная ветвь обмотки управления оказывается подключенной к источнику питания E_y через коммутируемую секцию W_s и параллельный с ней коммутирующий конденсатор C (рис. 4), причем начальные данные этого этапа $i_s = -i_0$; $U_c = 0$.

В течение этого этапа коммутации ток в обмотке управления падает до величины I_3 , после чего он возрастает по экспоненциальному закону до величины I_1 за время $t_3 = T_{\Pi} - t_k$ (рис. 3), где

T_{Π} — период следования импульсов управления,
 t_k — полный период коммутации, равный

$$t_k = L_y \frac{\sqrt{L_s \cdot C}}{2L_s + L_y} + \frac{\pi}{2} \sqrt{L_s \cdot C} . \quad (1)$$

Допустим, что ток в обмотке управления перед коммутационным процессом равен I_1 , тогда по [1]

$$I_2 = \frac{E_y + 4U_c}{2L_y \cdot \omega_y} \sin \omega_y \cdot t_1 + I_1 \cos \omega_y t_1; \quad (2)$$

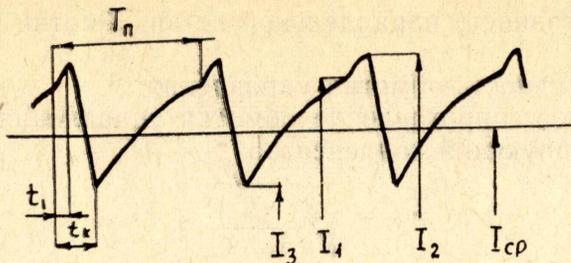


Рис. 3. Характер изменения тока обмотки управления

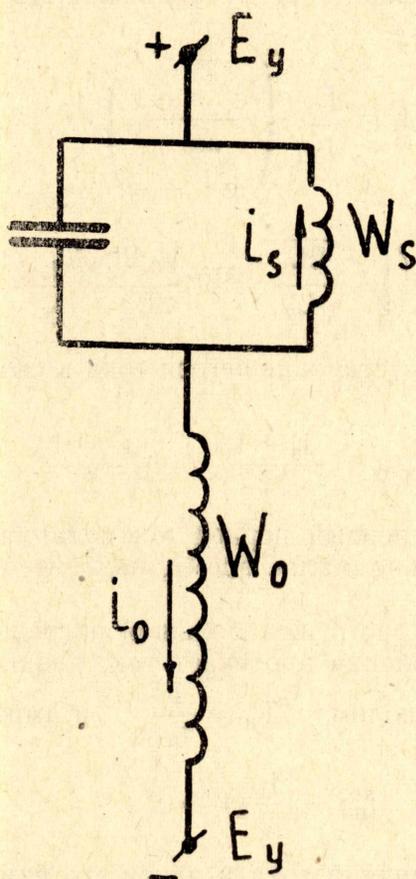


Рис. 4. Эквивалентная схема второго этапа коммутации

$$t_1 = L_y \frac{\sqrt{L_s \cdot C}}{2L_s + L_y};$$

$$I_3 = I_2 \left(1 + \frac{2L_s}{L_0} \right); \quad (4)$$

$$I_y = I_3 + \left(\frac{E_y}{r_y} - I_3 \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{r_y}{L_y} t_3} \right). \quad (5)$$

Обозначения в (2, 3, 4, 5):
 E_y — э. д. с. источника питания;
 U_c — напряжение на коммутирующем конденсаторе перед коммутационным процессом;
 L_s — индуктивность секции W_s ;

L_0 — индуктивность параллельной ветви обмотки W_0 без коммутируемой секции;

L_y — индуктивность обмотки управления;

r_y — активное сопротивление обмотки управления;

C — коммутирующий конденсатор;

$$\omega_y = \sqrt{\frac{2}{L_y \cdot C}}.$$

Процесс в обмотке установится тогда, когда ток I_y по (5) до момента очередного коммутационного цикла возрастает до величины I_1 . Приравняв $I_y = I_1$ и решая систему уравнений (2, 4, 5), получаем

где

$$I_1 = \frac{E_y}{r_y} \cdot \left(\frac{e^{\frac{t_3}{\tau_y}} - 1}{e^{\frac{t_3}{\tau_y}} - k} \right), \quad (6)$$

$$k = \left(1 - \frac{2L_s}{L_0} \right) \left(\sqrt{\frac{2L_s}{L_y}} \cdot \sin \frac{\sqrt{2L_s L_y}}{2L_s + L_y} + \cos \frac{\sqrt{2L_s L_y}}{2L_s + L_y} \right). \quad (7)$$

Среднее значение установившегося тока в обмотке управления равно

$$I_{\text{сред}} = \frac{I_3 + I_1}{2} = I_1 \frac{k + 1}{2}. \quad (8)$$

Всплески тока в первый период коммутации до величины I_2 происходят за относительно малое время, поэтому мы не учитываем их при нахождении $I_{\text{сред}}$.

В соответствии с рис. 3 без большой погрешности можно принять, что по обмотке управления протекает ток, равный $I_{\text{сред}}$, модулированный синусоидой с периодом $T_{\Pi} = \frac{1}{f_{\Pi}}$ и амплитудой

$$I_{\text{mf}} = \frac{I_1}{2}(1 - k). \quad (9)$$

Окончательно величина тока и закон его изменения в обмотке управления в зависимости от параметров системы УПК — обмотка управления и от частоты сигналов управления запишется в виде:

$$I_y = \frac{E_y}{r_y} \frac{e^{\frac{t_3}{\tau_y}} - 1}{e^{\frac{t_3}{\tau_y}} - k} [(1 + k) + (1 - k) \sin 2\pi f_{\Pi} t]. \quad (10)$$

Проведен эксперимент на опытном образце БЭМУ-РЧ, имеющем тиристорный УПК вида рис. 1, обмотку управления со следующими параметрами: $L_y = 52,5 \cdot 10^{-3}$ гн; $L_0 = 36 \cdot 10^{-3}$ гн; $L_s = 2,6 \cdot 10^{-3}$ гн; $r_y = 1$ ом; $C = 10$ мкф.

На рис. 5 приведены кривые зависимости тока управления от частоты сигналов переключения для трех напряжений питания E_{y1} ; E_{y2} ; E_{y3} .

Из графиков видно хорошее совпадение теоретических и экспериментальных данных. Несовпадение можно объяснить допущением, сделанным нами в [1], об отсутствии потерь в стали магнитопровода.

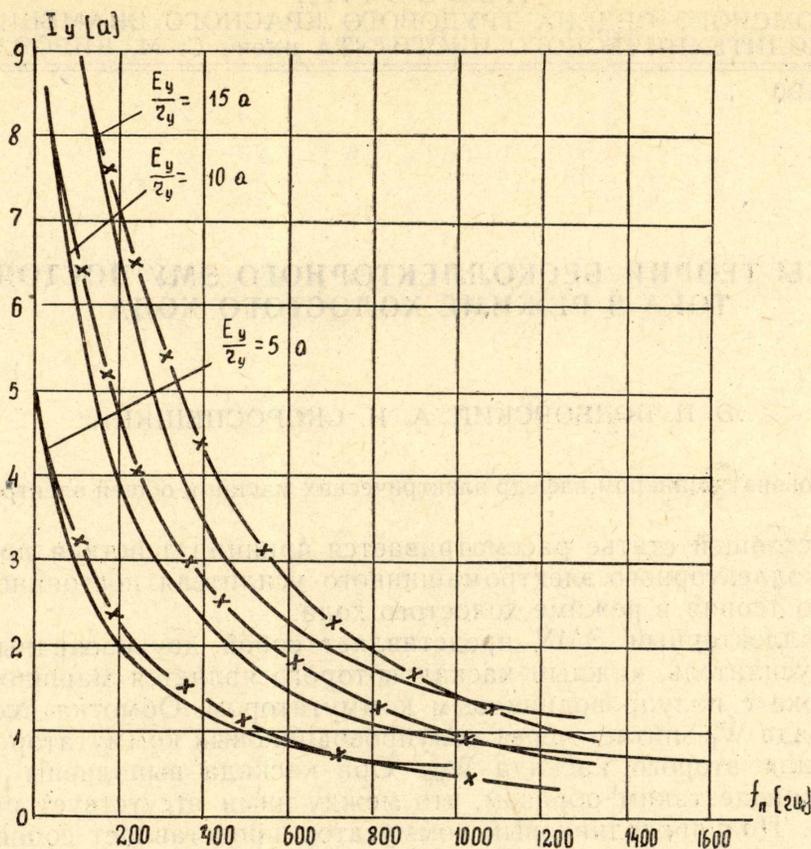


Рис. 5. Зависимость тока обмотки управления от частоты следования сигналов переключения.
 — экспериментальная кривая,
 —x—x—x— теоретическая кривая

Выводы

1. Тиристорный УПК типа рис. 1 для питания обмотки управления якорного типа обладает характерной особенностью при постоянной э. д. с. источника питания E_y , ток управления уменьшается при увеличении частоты переключения.

2. Ток обмотки управления содержит постоянную и переменную составляющие.

3. Для улучшения характеристики $I_y = f(f_n)$ необходимо уменьшать отношение $\frac{L_s}{L_0}$, или то же, что увеличивать число отводов от обмотки управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Скороспешкин, Б. Е. Трофименко. Исследование коммутационного процесса в обмотке управления бесколлекторного электромашинного усилителя регулируемой частоты. Известия ТПИ, т. 172, 1967.