

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАШИННОГО УСИЛИТЕЛЯ РЕГУЛИРУЕМОЙ ЧАСТОТЫ

Ш. С. Ройз, А. И. Скороспешкин

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин
и общей электротехники)

Бесконтактный электромашинный усилитель регулируемой частоты представляет собой сочетание управляемого полупроводникового коммутатора и электромашинной части [1]. При проектировании электромашинной части необходимо учитывать схему УПК, которая непосредственно связана с обмоткой управления.

Электромашинная часть бесконтактного усилителя регулируемой частоты является двухкаскадной электрической машиной. Для снижения веса и габаритов усилителя его каскады выполняются совмещенными в одном магнитопроводе.

В настоящей статье рассматриваются вопросы, связанные с выбором электромагнитных нагрузок и расчетом обмотки управления.

Распределение электромагнитных нагрузок между совмещенными каскадами характеризуется коэффициентами

$$C_B = \frac{B_{\delta 1}}{\sum B_{\delta}}, \quad C_A = \frac{A_1}{\sum A}, \quad (1)$$

где

B_{δ} и A_1 — значения магнитной индукции и линейной нагрузки основного каскада,

$\sum B_{\delta}$ и $\sum A$ — значения суммарной магнитной индукции и суммарной линейной нагрузки усилителя.

Исследованиями [2, 3] установлено, что значение суммарной линейной нагрузки выбирается в пределах, соответствующих асинхронным двигателям такой же мощности и исполнения.

Магнитная индукция в воздушном зазоре усилителя выбирается пониженной с учетом форсировки выходного напряжения.

Исходя из равенства числа фаз и токов роторных обмоток, вытекает следующее соотношение:

$$\frac{A_3}{A_4} = \frac{W_3}{W_4}, \quad (2)$$

а отношение э.д.с. этих же обмоток запишется в виде:

$$\frac{E_3}{E_4} = K_E = \frac{W_3 K_{W3} P_1 B_{\delta 1}}{W_4 K_{W4} P_2 B_{\delta 2}}. \quad (3)$$

Решая (1), (2), (3), получим

$$C_A = \frac{1 - C_B}{1 - C_B(1 - K_1)}, \quad (4)$$

где

$$K_1 = \frac{K_E \cdot K_{W1} \cdot P_2}{K_{W3} \cdot P_1}. \quad (4a)$$

P_1 и P_2 — полюсности основного и дополнительного каскадов. Используя (1) и (4) и принимая определенные значения ΣA , ΣB_δ и C_B , можно определить электромагнитные нагрузки каскадов усилителя.

Выбор коэффициента C_B на произволен. Рассмотрим влияние коэффициента C_B на один из основных параметров — выходную мощность усилителя. При известных размерах усилителя мощность выхода равна

$$P_{\text{вых}} = m_2 U_2 I_2 \cos \varphi_H. \quad (5)$$

Реактивная составляющая тока нагрузки покрывается за счет обмотки управления. При работе усилителя в номинальном режиме предполагаем, что вся мощность ротора передается на выход усилителя. Используя векторную диаграмму (рис. 1), можно записать, что активные составляющие токов ротора и нагрузки равны

$$I_2 \cos \varphi_H = I_3' \cos \varphi_P = I_3 K_1 \cos \varphi_P. \quad (6)$$

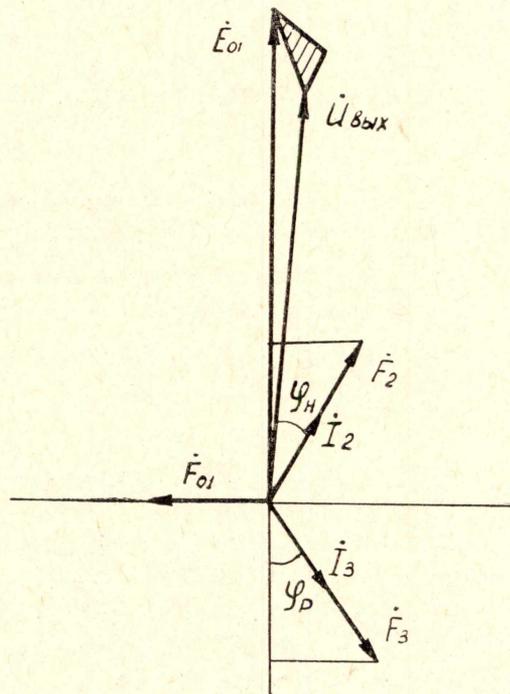


Рис. 1. Векторная диаграмма усилителя

Выразив значение тока I_2 через линейную нагрузку A_3 , получим

$$I_2 = \frac{A_3 \pi D}{2m_2 W_2} \left(\frac{\cos \varphi_P}{\cos \varphi_H} \right). \quad (7)$$

С учетом (5), (6), (7) выражение мощности выхода принимает вид

$$P_{\text{вых}} = \frac{4,44 f_1 \alpha \pi^2 D^2 l \sum A \sum B_\delta C_A C_B K_{W2}}{4P_1 K_E} \cos \varphi_P. \quad (8)$$

Для анализа выходной мощности от коэффициента C_B возьмем производную $\frac{dP_{\text{вых}}}{dC_B}$ и, приравняв ее нулю, получим

$$C_{A0} = C_{B0} = \frac{1 - K_1}{1 - \sqrt{K_1}}. \quad (9)$$

Примечание: Предполагаем, что параметры ΣA , ΣB_0 , D , l , f_1 остаются неизменными.

Таким образом, оптимальные значения коэффициентов C_{B0} и C_{A0} получаются из выражения (9). Как видно из (9), различным значениям коэффициента K_1 соответствуют свои оптимальные значения C_{A0} и C_{B0} .

Учитывая, что K_1 определяется выражением (4, а), можно сделать вывод о том, что при совмещении каскадов усилителя регулируемой частоты в одном магнитопроводе отношение чисел пар полюсов $\frac{P_2}{P_1}$ должно быть наименьшим.

На рис. 2 представлены кривые $P_{\text{вых}} = f(C_B)$ и $C_A = f(C_B)$. Из рисунка следует, что оптимальному значению коэффициента C_{B0} соответствует максимальная мощность выхода. Данные кривые построены для значений $K_1 = 0,27$, $P_1 = 4$, $P_2 = 1$. Значение $P_{\text{вых}}$ принято в относительных единицах. Большое значение при проектировании придает расчету обмотки управления, которая непосредственно связана с силовыми элементами УПК.

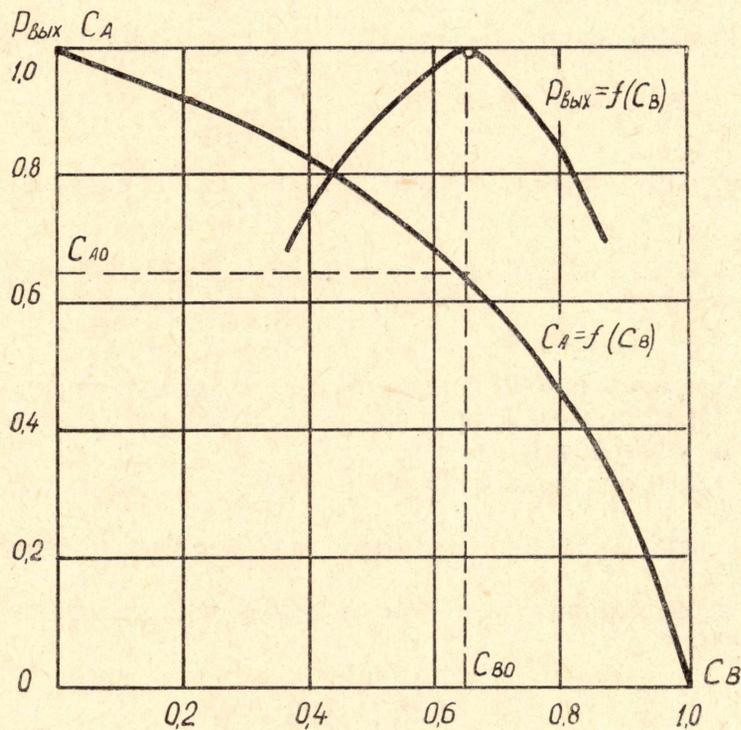


Рис. 2. Зависимость $P_{\text{вых}} = f(C_B)$ и $C_A = f(C_B)$

Намагничивающая сила обмотки управления по векторной диаграмме равна

$$\dot{F}_y = \dot{F}_{01} + \dot{F}_2 \sin \varphi_H + \dot{F}_3 \sin \varphi_P, \quad (10)$$

где \dot{F}_{01} — н. с. цепи намагничивания основного каскада, \dot{F}_2 и \dot{F}_3 — н. с. обмоток W_2 и W_3 .

Эквивалентный переменный ток, протекающий по каждой фазе обмотки управления, можно определить по формуле

$$I_y = \frac{F_y}{0,9m_1 W_1 K_{W1}} \quad (11)$$

Ток, потребляемый из сети постоянного тока, равен

$$I_y = K_I I_{y\sim}, \quad (12)$$

где K_I — коэффициент по току, учитывающий схему инвертирования.

Коэффициент усиления является одним из важнейших показателей любого усилителя. Коэффициент усиления равен отношению мощностей выхода и входа.

Мощность управления равна

$$P_y = I_y \cdot U_y. \quad (13)$$

Напряжение U_y можно определить по формуле

$$U_y = \frac{4}{\pi \sqrt{2}} \cdot 4,44f_1 \cdot B_{\delta 1} \alpha l \frac{\pi D}{2p_1} W_1 K_{W1}. \quad (14)$$

Значение тока управления через линейную нагрузку A_y равно:

$$I_{y\sim} = K_I \frac{A_y \pi D}{2m_1 W_1}, \quad (15)$$

где $A_y = A_{01} + A_2 \sin \varphi_H + A_3 \sin \varphi_P$ — линейная нагрузка обмотки управления.

Мощность управления с учетом (14) и (15) принимает вид:

$$P_y = K_I 4,44f_1 \alpha B_{\delta 1} l K_{W1} \frac{A_y \pi^2 D^2}{\pi \sqrt{2} m_1 P_1}. \quad (16)$$

Коэффициент усиления с учетом (8) и (16) определяется выражением:

$$K_y = \frac{A_3}{A_{01} + A_2 \sin \varphi_H + A_3 \sin \varphi_P} \cdot \frac{K_I K_{W2}}{K_e K_{W1} \frac{4}{\pi \sqrt{2}}} \cdot \cos \varphi_P. \quad (17)$$

Анализ выражения (17) показывает, что коэффициент усиления определяется параметрами ротора, нагрузки, а также линейными нагрузками обмоток управления.

В результате проделанной работы можно сформулировать следующие выводы:

1. Даны рекомендации по выбору электромагнитных нагрузок каскадов усилителя.
2. Получены выражения для расчета обмотки управления и коэффициента усиления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ш. С. Ройз, А. И. Скороспешкин. Теоретическое исследование электромашиного усилителя регулируемой частоты с учетом управляемого полупроводникового коммутатора. «Известия ТПИ», в настоящем сборнике.
2. В. С. Новокшенов. Исследование бесщеточного преобразователя частоты. Диссертация, Томск, 1960.
3. М. Л. Костырев, А. И. Скороспешкин. К проектированию бесконтактного ЭМУ переменного тока. «Известия ТПИ», т. 190, 1968.