

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫХОДНОЙ ОБМОТКИ НА ЖЕСТКОСТЬ ВНЕШНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕСКОЛЛЕКТОРНОГО ЭЛЕКТРОМАШИННОГО УСИЛИТЕЛЯ (БЭМУ)

А. И. СКОРОСПЕШКИН, Э. Н. ПОДБОРСКИЙ, Э. Ф. ОБЕРГАН

(Рекомендовано семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники.)

В связи с широким развитием электроприводов переменного тока нашли применение коллекторные электромашинные усилители поперечного поля, работающие на переменном токе. Однако в целом коллекторно-щеточный узел является ненадежным в работе, требует тщательного ухода и наладки коммутации. В условиях разреженного пространства работа щеточного аппарата связана с дополнительными затруднениями, обусловленными пониженной плотностью воздуха. Этим условиям наиболее полно соответствует применение бесколлекторных электромашинных усилителей.

На рис. 1 изображена принципиальная схема БЭМУ, представляющего собой двухкаскадный одноякорный усилитель, во второй ступени которого используется возбуждение от тока якоря первой ступени. Между обмотками разных каскадов отсутствует индуктивная связь. Первый каскад представляет собой трехфазный синхронный генератор, питающий через выпрямитель обмотку возбуждения второго каскада. Второй каскад представляет собой трехфазный синхронный генератор. Отсутствие индуктивной связи достигается разной полюсностью обмоток обоих каскадов.

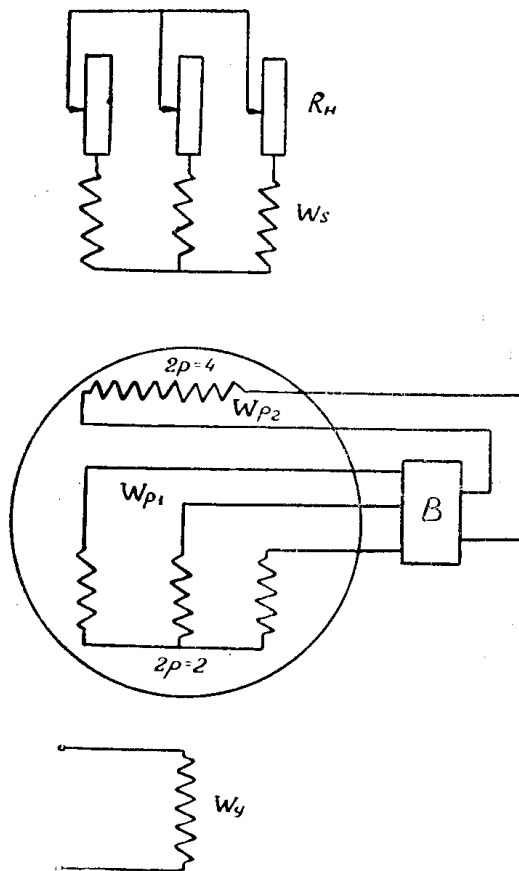


Рис. 1. Принципиальная схема БЭМУ.

При работе усилителя под нагрузкой представляет определенный интерес зависимость выходного напряжения от нагрузки.

При ненасыщенной магнитной системе и отсутствии индуктивной связи обмотки управления с другими цепями напряжение на выходе усилителя при постоянстве сигнала управления равно

$$\dot{U}_S = \dot{E}_S - I_S Z_S = \dot{E}_S - I_S r_S - j I_S X_{as}, \quad (1)$$

где $\dot{E}_S$ — э. д. с. фазы при холостом ходе усилителя,

U_S — выходное фазное напряжение,

I_S — ток нагрузки,

Z_S — полное сопротивление фазы выходной обмотки,

r_S — активное сопротивление фазы,

X_{as} — индуктивное сопротивление выходной обмотки.

Выражению (1) соответствует векторная диаграмма, представленная на рис. 2. Из диаграммы находим

$$\dot{U}_S = \sqrt{E_S^2 - I_S^2 (X_{as} \cos \varphi - r_S \sin \varphi)^2} - I_S r_S \cos \varphi + I_S X_{as} \sin \varphi. \quad (2)$$

Из этого выражения видно, что крутизна внешних характеристик БЭМУ определяется как параметрами выходного каскада, так и характером нагрузки. Изменение выходного напряжения в зависимости от величины и характера нагрузки обусловлено влиянием реакции якоря и падением напряжения в активном и реактивном сопротивлениях выходной обмотки статора. Реакция якоря выходного каскада бесколлекторного электромашинного усилителя аналогична реакции якоря синхронного генератора.

При активной нагрузке ($\cos \varphi = 1$) крутизна внешних характеристик будет определяться только параметрами выходной обмотки и уравнение (2) примет вид:

$$U_S = \sqrt{E_S^2 - I_S^2 \cdot X_{as}^2} - I_S \cdot r_S \quad (3)$$

или

$$U_S = \sqrt{E_S^2 - I_S^2 (\chi_{ads} + \lambda_{\tau_s})^2} - I_S r_S, \quad (4)$$

где χ_{ads} — индуктивное сопротивление реакции якоря выходной обмотки статора,

χ_{as} — индуктивное сопротивление рассеяния

Наибольшее влияние на изменение выходного напряжения оказывает реакция якоря, которая учитывается с помощью сопротивления

$$\chi_{ads} = 2m_S f_S \frac{p_0 D l_i W_S^2 \cdot K_{об.s}^2}{K_{\mu_2} \cdot \delta' p_S^2}, \quad (5)$$

где m_S — число фаз выходной обмотки статора,

f_S — частота э. д. с. на выходе,

W_S — число витков в фазе,

$K_{об.s}$ — обмоточный коэффициент,

p_S — число пар полюсов,

D — диаметр расточки статора,

l_i — расчетная длина,

δ' — расчетный воздушный зазор,

K_{μ_2} — коэффициент насыщения второго каскада.

Синхронные генераторы того же габарита, что и БЭМУ, имеют гораздо больший воздушный зазор, поэтому величина χ_{ads} БЭМУ значительно выше и внешние характеристики бесколлекторного усилителя имеют гораздо большую крутизну по сравнению с последними в синхронных генераторах.

Выражение (5) показывает, что наиболее эффективным средством для уменьшения χ_{ads} , а тем самым для увеличения жесткости внешних характеристик, является уменьшение числа витков выходной об-

мотки. Следует, однако, отметить, что прямо пропорционально уменьшению числа витков обмотки при том же потоке в машине уменьшается выходное напряжение, а оно должно быть не менее заданной величины.

Рассматривая выражения (5), можно отметить, что изменением обмоточных данных геометрических размеров бесколлекторного электромашиного усилителя невозможно полностью исключить нежелательное влияние н.с. реакции якоря, так как при этом X_{adS} никогда не удастся сделать равным нулю.

Нами был изготовлен и исследован бесколлекторный электромашиный усилитель с данными:

$$P_n = 4 \text{ кВт}, f_s = 100 \text{ гц}, n = 3000 \text{ об/мин}, U_s = 220 \text{ в.}$$

При работе усилителя были сняты внешние характеристики, представленные на рис. 2. Полученные характеристики являются крутопадающими и жесткость их неудовлетворительна. Это объясняется тем, что реакция якоря от тока нагрузки сильно ослабляет поток второго каскада из-за большой величины X_{adS} .

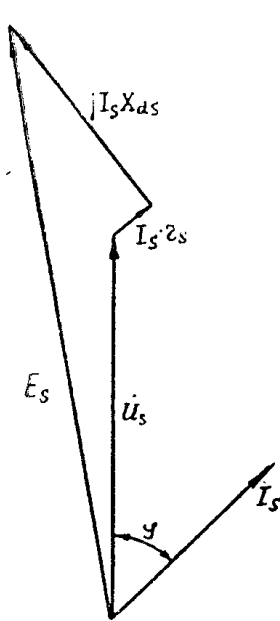


Рис. 2. Векторная диаграмма выходного каскада усилителя.

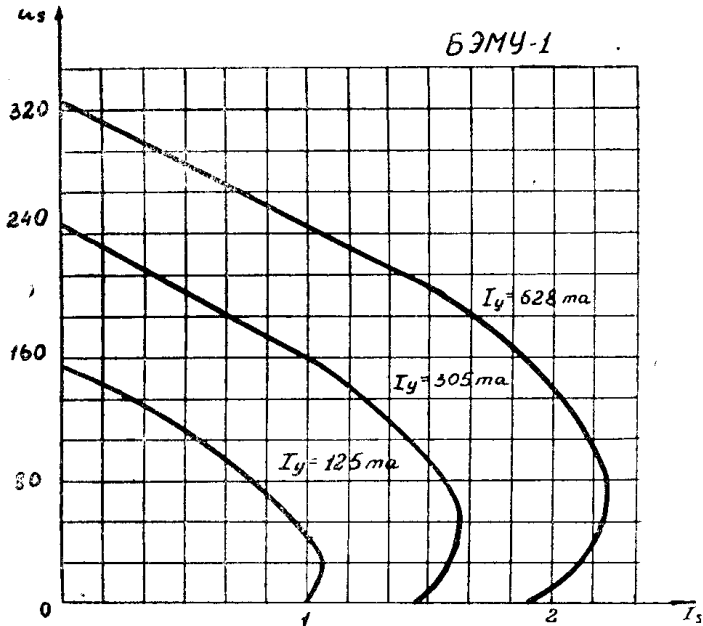


Рис. 3. Внешние характеристики БЭМУ с одной параллельной ветвью в выходной обмотке.

Увеличение жесткости внешних характеристик БЭМУ удалось достичь путем переключения обмотки W_2 в две параллельные ветви. При этом согласно выражению (5) сопротивление X_{adS} уменьшилось в четыре раза. Для этого случая на рис. 4 показаны внешние характеристики, полученные экспериментально и расчетом при активной нагрузке.

Для сравнения жесткости внешних характеристик усилителя с одной и двумя параллельными ветвями на рис. 5 построены в относительных единицах внешние характеристики БЭМУ с одной параллельной ветвью в обмотке статора (1) и двумя параллельными ветвями (2). Нетрудно заметить, что жесткость внешней характеристики БЭМУ с двумя параллельными ветвями значительно выше. Следует отметить то обстоятельство, что хотя соединение выходной обмотки в две параллельные ветви значительно увеличивает жесткость внешних харак-

теристик БЭМУ, однако при тех же значениях тока управления выходное напряжение уменьшается вдвое, а снимаемая мощность остается примерно постоянной.

Таким образом, на жесткость внешних характеристик БЭМУ сильно влияют параметры его выходной обмотки, однако изменением их

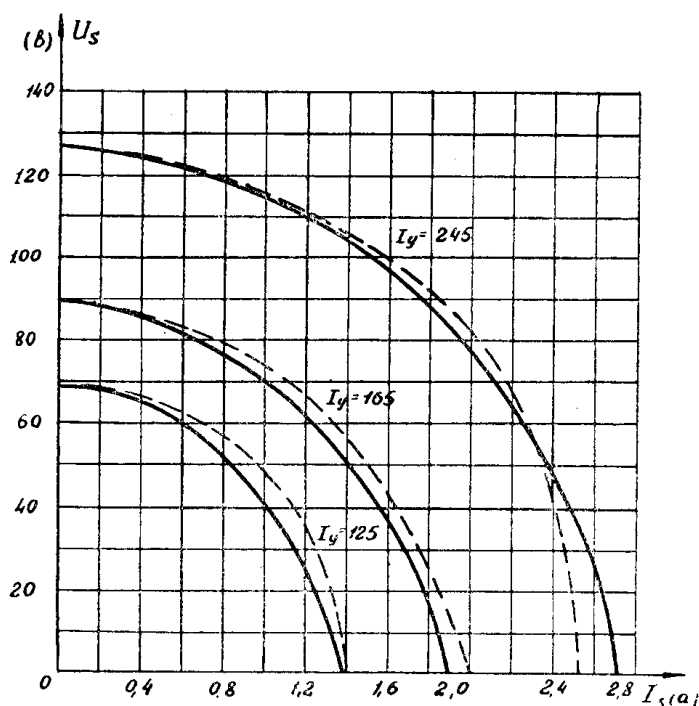


Рис. 4. Внешние характеристики БЭМУ с двумя параллельными ветвями в выходной обмотке.

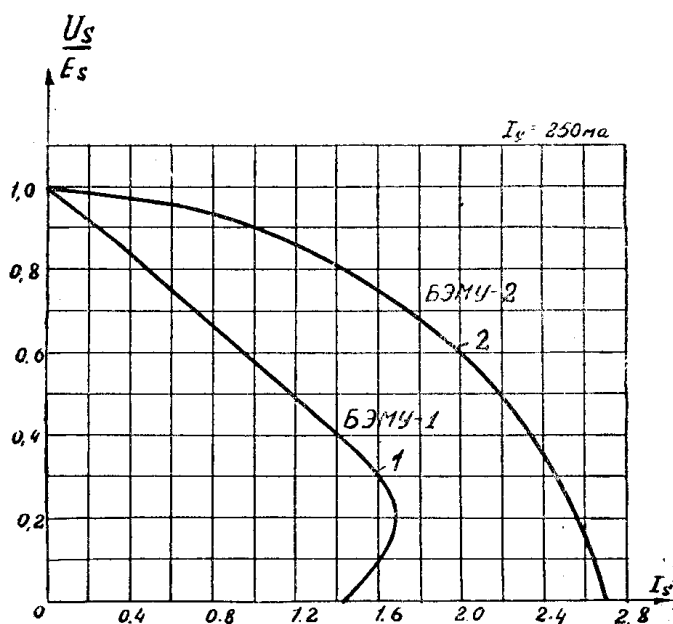


Рис. 5. Внешние характеристики БЭМУ в относительных единицах.

1 — с одной параллельной ветвью в выходной обмотке;
2 — с двумя параллельными ветвями.

в возможных пределах нельзя добиться большой жесткости внешних характеристик. Для существенного увеличения жесткости внешних характеристик необходимо принять специальные меры.