

## ВЛИЯНИЕ ЕМКОСТЕЙ НА ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕСКОЛЛЕКТОРНОГО ЭМУ

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

(Рекомендовано научным семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники.)

При включении емкостей параллельно выходной обмотке статора усилитель оказывается нагружен емкостной нагрузкой, а в этом случае реакция якоря является намагничивающей, и напряжение на выходе будет больше, чем э. д. с. без емкостей.

На рис. 1 построена характеристика емкостей в масштабе н. с. уп-

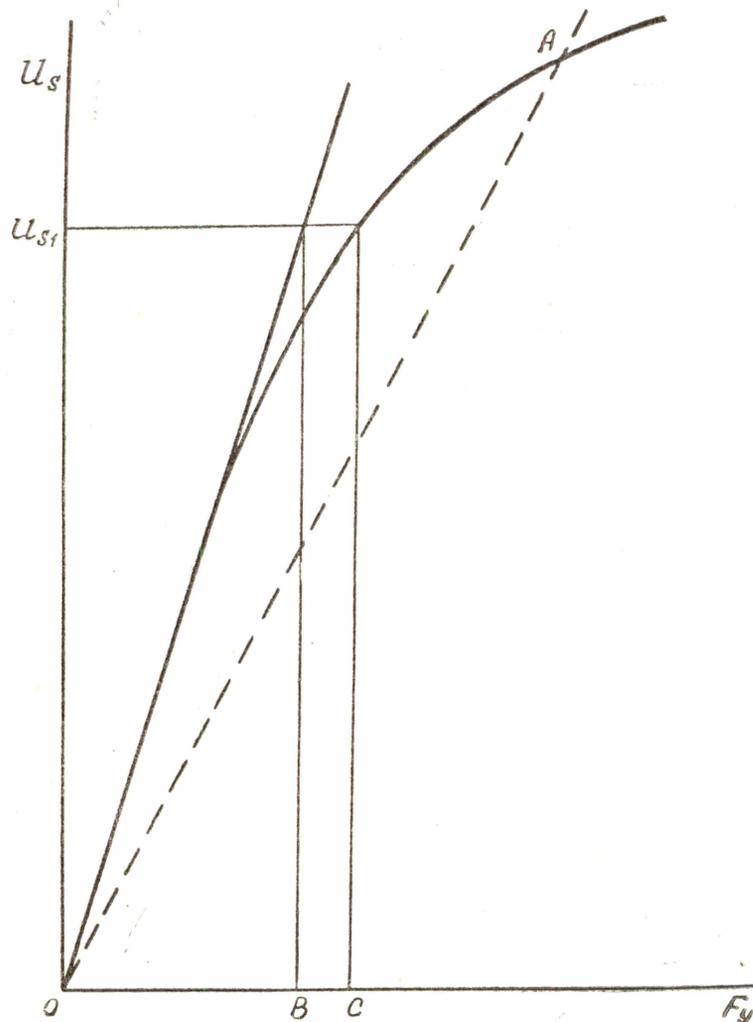


Рис. 1. Характеристика холостого хода БЭМУ и вольт-амперная характеристика емкостей в масштабе н. с. управления.

правления. Пунктиром показана вольтамперная характеристика емкостей при самовозбуждении до точки  $A$ .

Из этих кривых видно, что н. с. управления при включении на выход емкостей уменьшается во столько раз, во сколько  $BC$  меньше  $OC$ . Практически ток управления можно уменьшить в 2—3 раза при сохранении управления машиной.

Коэффициент усиления при той же выходной мощности увеличивается соответственно в 4—9 раз.

Емкости можно подбирать по следующей формуле

$$C = \frac{1}{1,25\omega X_{ps}}, \quad (1)$$

где  $\omega$  — угловая частота;

1,25 — коэффициент, учитывающий необходимый запас для предотвращения самовозбуждения.

### Внешние характеристики и компенсация

При параллельно включенных емкостях внешние характеристики БЭМУ без обратной связи имеют очень большую крутизну. Поэтому этот режим не представляет интереса.

Положительная обратная связь по току позволяет увеличить жесткость внешних характеристик. Экспериментально сняты абсолютно жесткие внешние характеристики с параллельно включенными емкостями на выходе.

Кроме того, при исследовании БЭМУ с параллельно включенными емкостями на выходе использовалась линейная обратная связь по току нагрузки, позволившая значительно увеличить жесткость внешних характеристик. Линейная обратная связь осуществлялась с помощью трансформаторов тока, первичные обмотки которых соединены последовательно с нагрузкой. Концы вторичных обмоток у них соединены звездой, начала подключены к трехфазному выпрямителю, собранному по схеме Ларионова. На выход выпрямителя включена обмотка обратной связи, называемая в дальнейшем компенсационной. Она шунтируется переменным сопротивлением. Компенсационная обмотка уложена в пазах статора по той же схеме, что и обмотка управления.

По компенсационной обмотке протекает постоянный ток, величина которого пропорциональна величине тока нагрузки, так как трансформаторы тока имеют ненасыщенную магнитную систему. Прямо пропорционально току нагрузки растет добавочная э. д. с. в выходной обмотке.

Для этого случая на рис. 2 приведены внешние характеристики, полученные экспериментально при различных коэффициентах обратной связи. Из этих кривых видно, что внешние характеристики носят нелинейный характер. Причем, нелинейность внешних характеристик здесь выражена сильнее, чем в усилителе с линейной обратной связью без емкостей.

В бесколлекторном ЭМУ с линейной обратной связью без емкостей возможно компенсировать размагничивающее действие реакции якоря только при одном значении тока нагрузки  $I_{s1}$ . При значении тока менее  $I_{s1}$  имеет место перекомпенсация, а при токе более  $I_{s1}$  наблюдается недокомпенсация, то есть внешняя характеристика нелинейна.

Емкости, включенные параллельно нагрузке, усиливают нелинейность внешних характеристик при линейной обратной связи следующим образом.

При перекомпенсации напряжение при нагрузке больше, чем при холостом ходе, поэтому в емкостях течет дополнительный ток, который дополнительно намагничивает машину. При недокомпенсации ток в емкостях уменьшается с ростом нагрузки, что приводит к дополнительному снижению напряжения.

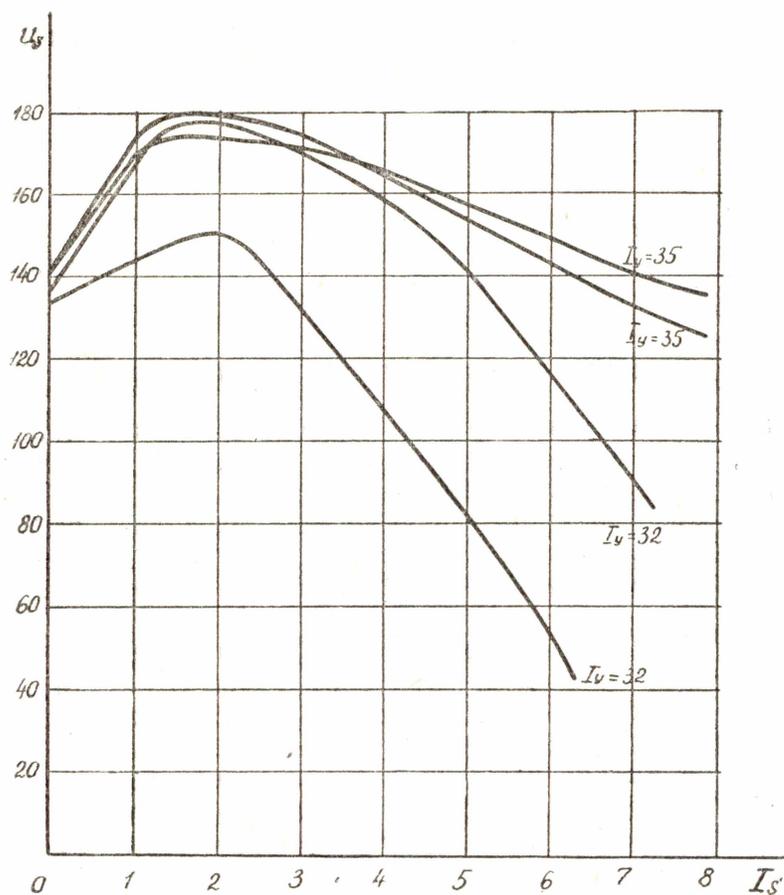


Рис. 2. Внешние характеристики усилителя с линейной обратной связью и емкостями, включенными параллельно нагрузке.

Следует отметить, что при работе БЭМУ с емкостями на выходе и с линейной обратной связью возможны случаи потери управления машиной. Условия для возникновения этого явления зависят от коэффициента обратной связи и величины емкости на выходе. С увеличением коэффициента обратной связи вероятность потери управления возрастает.

Внешние характеристики, приведенные на рис. 2, соответствуют области устойчивой работы усилителя. Внешняя характеристика, которая проходит выше остальных, соответствует граничной зоне управления, то есть критическому коэффициенту обратной связи. При дальнейшем увеличении коэффициента обратной связи наблюдается потеря управления усилителем.

### Коэффициент усиления

Зависимости коэффициента усиления от тока нагрузки при параллельно включенных емкостях, полученные для абсолютно жестких внешних характеристик, носят линейный характер. Кроме того, получены зависимости коэффициента усиления от тока нагрузки для БЭМУ

с линейной обратной связью, с различными коэффициентами обратной связи (приведены на рис. 3). Из этих кривых видно, что коэффициент усиления растет с ростом тока нагрузки только до своего максимального значения, а затем начинает падать из-за резкого снижения напряжения на выходе. При испытании бесколлекторного ЭМУ с емкостями, включенными параллельно нагрузке.

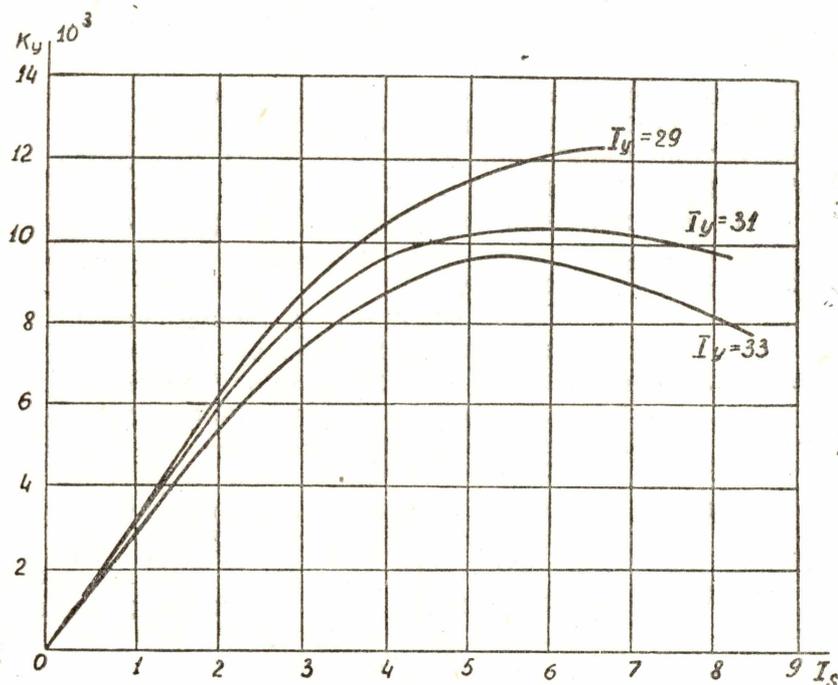


Рис. 3. Зависимость коэффициента усиления от тока нагрузки бесколлекторного ЭМУ с линейной обратной связью и емкостями, включенными параллельно нагрузке.

тями, включенными параллельно нагрузке, и с линейной обратной связью по току получен наибольший коэффициент усиления  $K_{u\max} = 12500$ . Большой коэффициент усиления получить не удалось: усилитель терял управление.

### Быстродействие

Быстродействие характеризует отзывчивость усилителя на изменение входного сигнала. Для систем автоматического регулирования большое значение имеет время преобразования входного сигнала малой мощности. Это время определяется постоянными времени ступеней усиления

В БЭМУ имеется две ступени усиления. Входной ступенью усиления является обмотка управления — двухполюсная обмотка ротора, выходной — четырехполюсная обмотка ротора — выходная обмотка БЭМУ.

Постоянная времени цепи управления равна

$$T = \frac{L_y}{r_y}, \quad (2)$$

где  $L_y$  — индуктивность обмотки управления;  
 $r_y$  — активное сопротивление обмотки управления.

Постоянная времени четырехполюсной обмотки равна

$$T_{p2} = \frac{L_{p2}}{r_{p2}}, \quad (3)$$

где  $L_{p2}$  — индуктивность четырехполюсной обмотки ротора;  
 $r_{p2}$  — активное сопротивление четырехполюсной обмотки.

Постоянная времени машины с достаточной точностью может быть принята равной сумме постоянных времени ступеней.

$$T = T_y + T_{p2}. \quad (4)$$

Из формул видно, что быстродействие улучшается с увеличением активного сопротивления цепей.

Постоянные времени цепей могут быть вычислены по данным измерения полного сопротивления переменному току и активного сопротивления рассматриваемой цепи или определены непосредственно методом осциллографирования.

Постоянная времени цепи управления определяется из осциллограммы нарастания тока управления при включении обмотки управления на постоянное напряжение.

Таким же методом определяется постоянная времени четырехполюсной обмотки, при этом осциллографируется кривая нарастания тока четырехполюсной обмотки при включении ее на постоянное напряжение.

Общее быстродействие двух ступеней определяется осциллографированием нарастания э. д. с. выходной обмотки БЭМУ.

Постоянные времени, определенные по осциллограммам для бесколлекторного ЭМУ, представлены в табл. 1.

Как видно из таблицы, сумма постоянных времени  $T_y$  и  $T_{p2}$  не равна  $T$ . Это объясняется тем, что при снятии быстродействия по ступеням не учитываются все обратные связи, действующие

в усилителе и влияющие на его быстродействие.

Сравнение постоянных времени бесколлекторного усилителя и коллекторного ЭМУ-12А показало, что они имеют примерно одинаковое быстродействие.

При включении емкостей параллельно нагрузке существенно улучшается быстродействие усилителя. Экспериментально удалось вдвое снизить постоянную времени усилителя при включении емкостей параллельно нагрузке.

### Выводы

1. Включение емкостей параллельно нагрузке при надлежащей обратной связи существенно улучшает основные характеристики усилителя — коэффициент усиления и быстродействие.

2. При работе БЭМУ в режиме внешней характеристики с обратной связью возможны случаи потери управления машиной при определенных значениях коэффициента обратной связи и величины емкостей.