

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАШИННОГО УСИЛИТЕЛЯ
С ПОПЕРЕЧНЫМ ПОЛЕМ
ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

А. И. СКОРОСПЕШКИН, Б. И. КОСТЫЛЕВ, Ш. С. РОЙЗ

Представлена научным семинаром кафедры эл. машин

ЭМУ поперечного поля находит широкое применение в различных схемах регулирования, управления, специальных схемах. При этом необходимы усилители, генерирующие постоянный и переменный ток.

Обычно ЭМУ поперечного поля работает в генераторном режиме на постоянном токе. В некоторых случаях они работают и как генераторы переменного тока. При этом с регулированием (изменением частоты подводимого к обмотке управления напряжения) соответственно изменяется и частота выходного напряжения.

Весьма заманчивым является получение от одного и того же ЭМУ поперечного поля постоянного и переменного тока. Это позволит расширить диапазон применения усилителя.

Нами был разработан и исследован такой усилитель на базе ЭМУ-12А, позволяющий получать постоянный и переменный m -фазный ток либо раздельно, либо одновременно.

На рис. 1 представлена схема усилителя.

Обозначения:

- 1 — обмотка якоря,
- 2 — коллектор,
- 3 — компенсационная обмотка,
- 4 — шунтирующее сопротивление компенсационной обмотки,
- 5 — дополнительная обмотка,
- 6 — нагрузка на постоянном токе,
- 7 — обмотка управления,
- 8 — контактные кольца,
- 9 — трансформаторы тока,
- 10 — емкости,
- 11 — выпрямитель,
- 12 — обмотка обратной связи,
- 13 — шунтирующее сопротивление обмотки обратной связи,
- 14 — нагрузка на переменном токе,
- 15 — приводной двигатель.

Принцип работы усилителя достаточно полно поясняется рисунком. Здесь с одной стороны усилитель работает как обычный ЭМУ

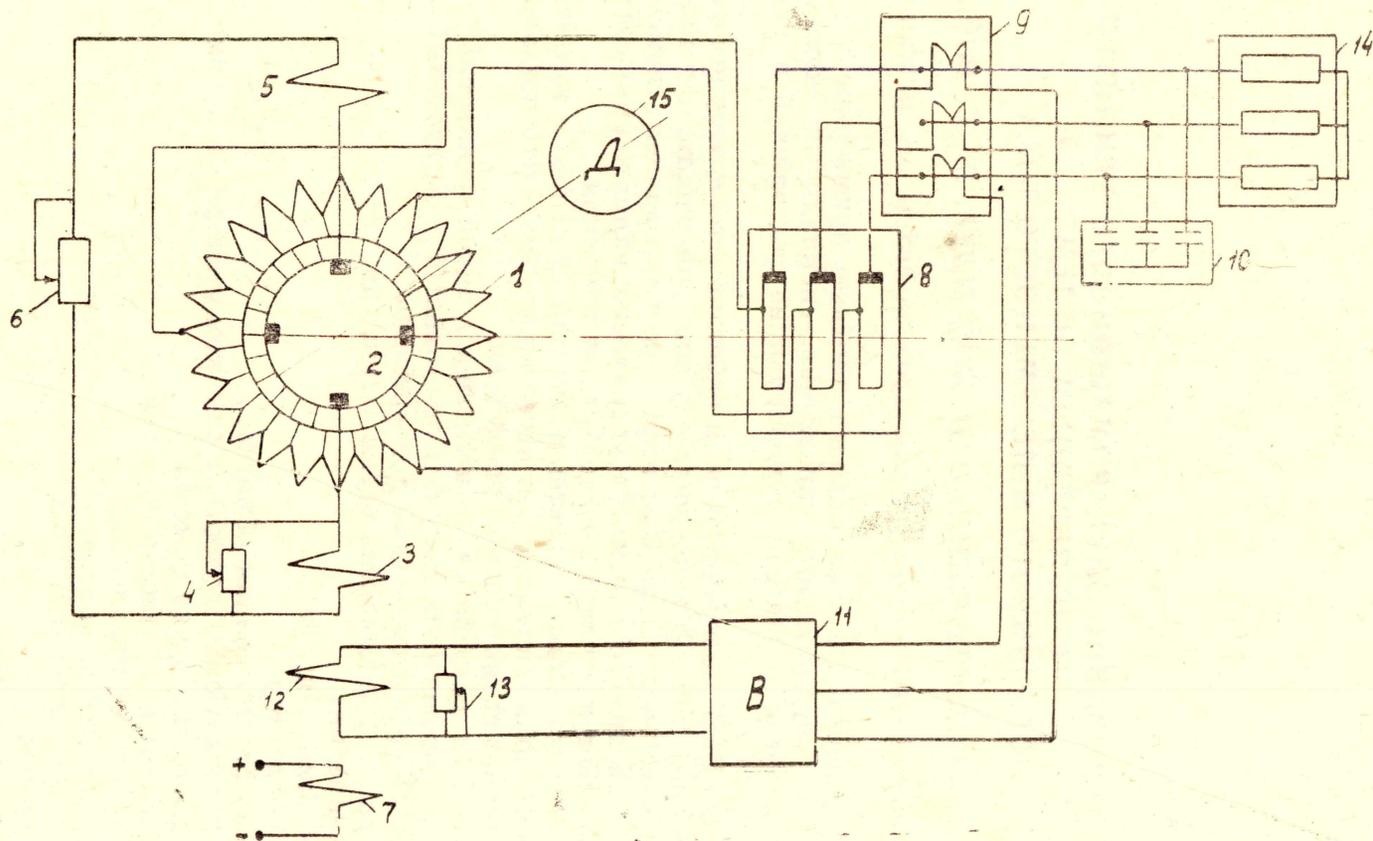


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя.

с поперечным полем постоянного тока, свойства и характеристики которого в известной мере изучены.

С другой стороны делается ряд отпаек от обмотки якоря и выводится на контактные кольца. В результате может быть получено m -фазное переменное напряжение с частотой.

$$f = \frac{P n}{60} \quad (1)$$

Сторону переменного тока усилителя можно рассматривать как синхронный генератор с присущими ему свойствами (действие реакции якоря, параметры, характеристики).

Чтобы рассматриваемую машину со стороны переменного тока можно было считать усилителем, необходима компенсация реакции якоря при работе усилителя на нагрузку.

В нашем случае компенсация осуществляется введением положительной обратной связи по току. Обратная связь вводится через трансформаторы тока (9), выпрямитель (11) и обмотку (12). Последняя шунтируется переменным сопротивлением (13) для лучшей настройки компенсации. При ненасыщенных магнитных системах трансформаторов тока постоянный ток, протекающий по обмотке (12), будет прямо пропорционален току нагрузки, и поток, созданный н. с. обмотки, будет компенсировать действие реакции якоря.

Возможна одновременная работа усилителя как генератора постоянного и переменного тока. В этом случае необходимо иметь две обмотки для компенсации реакции якоря на постоянном токе (3) и на переменном (12). Для исключения влияния нагрузок должна настраиваться единичная компенсация по постоянному и переменному току. При раздельной работе достаточно одной обмотки с соответствующей настройкой компенсации.

Соотношения э. д. с. в усилителе могут рассматриваться так же, как и в одноякорном преобразователе, т. е.

$$E_{\sim} = k_e E_d, \quad (2)$$

где

E_d — э. д. с. холостого хода ЭМУ на постоянном токе;

E_{\sim} — э. д. с. холостого хода ЭМУ на переменном токе;

$k_e = \frac{\sin \frac{\pi}{m}}{\sqrt{2}}$ — коэффициент, показывающий отношение э. д. с.

постоянного и переменного тока;

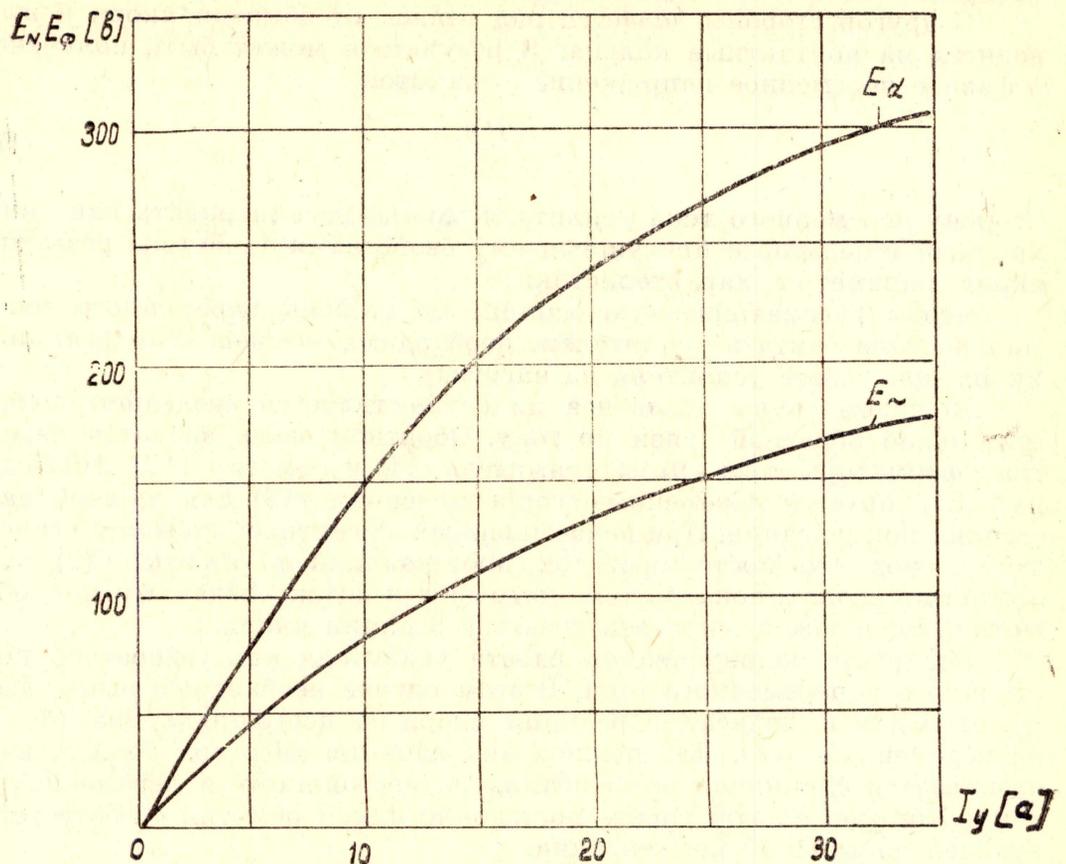
m — число фаз.

На рис. 2 представлены экспериментальные характеристики холостого хода для постоянного и переменного тока. Отличаются они лишь величинами э. д. с.

Получены внешние характеристики (рис. 3). Для постоянного тока это будет зависимость $U_d = f(I_d)$, для переменного — $U_{\phi} = f(I_{\phi})$. По виду они одинаковы и отличаются лишь по наклону к оси абсцисс. На переменном токе изменение выходного напряжения будет определяться влиянием реакции якоря и падением напряжения в активном и реактивном сопротивлениях.

На переменном токе характеристика получена для случая активной нагрузки и при единичной компенсации. Следовательно, вид характеристики будет определяться выражением

$$U_{\phi} = \sqrt{E_{\phi}^2 - I_{\phi}^2 x_s^2} - I_{\phi} r_{\phi}, \quad (3)$$



Р и с. 2. Характеристики холостого хода.

где

E_{ϕ} , I_{ϕ} — фазные э. д. с. и ток;
 x_s — реактивное сопротивление рассеяния;
 r_{ϕ} — активное сопротивление.

Положительная обратная связь по току нагрузки, осуществленная в усилителе, линейна при ненасыщенных магнитных системах трансформаторов тока. Поэтому можно записать

$$I_{o. c.} = k_{o. c.} I_{\phi}, \quad (4)$$

где

$I_{o. c.}$ — ток обратной связи;
 $k_{o. c.}$ — коэффициент обратной связи по току.

Степень компенсации определяется отношением н. с. обмоток якоря и обратной связи, т. е.

$$\varepsilon = \frac{F_{o. c.}}{F_{я}}, \quad (5)$$

где

$$F_{o. c.} = I_{o. c.} W_{o. c.} k_{w_{o. c.}};$$

$$F_{я} = m \cdot 0,9 I_{\phi} \frac{W_{я}}{m} k_{w_{я}}; \quad (6)$$

$W_{я}$, $W_{о.с.}$ — число витков обмоток якоря и обратной связи;
 $k_{вя}$, $k_{wo.с.}$ — обмоточные коэффициенты.

Из (4, 5, 6) получаем

$$\varepsilon = \frac{k_{о.с.} W_{о.с.} k_{wo.с.}}{0,9 W_{я} \cdot k_{вя}} \quad (7)$$

При $\varepsilon = 1$

$$k_{о.с.} = 0,9 \left(\frac{W_{я}}{W_{о.с.}} \right) \left(\frac{k_{вя}}{k_{wo.с.}} \right) \quad (8)$$

Таким образом, при линейной обратной связи и единичной компенсации коэффициент обратной связи определяется отношением чисел витков и обмоточных коэффициентов соответствующих обмоток.

Коэффициенты усиления на постоянном и переменном токе определяются выражениями

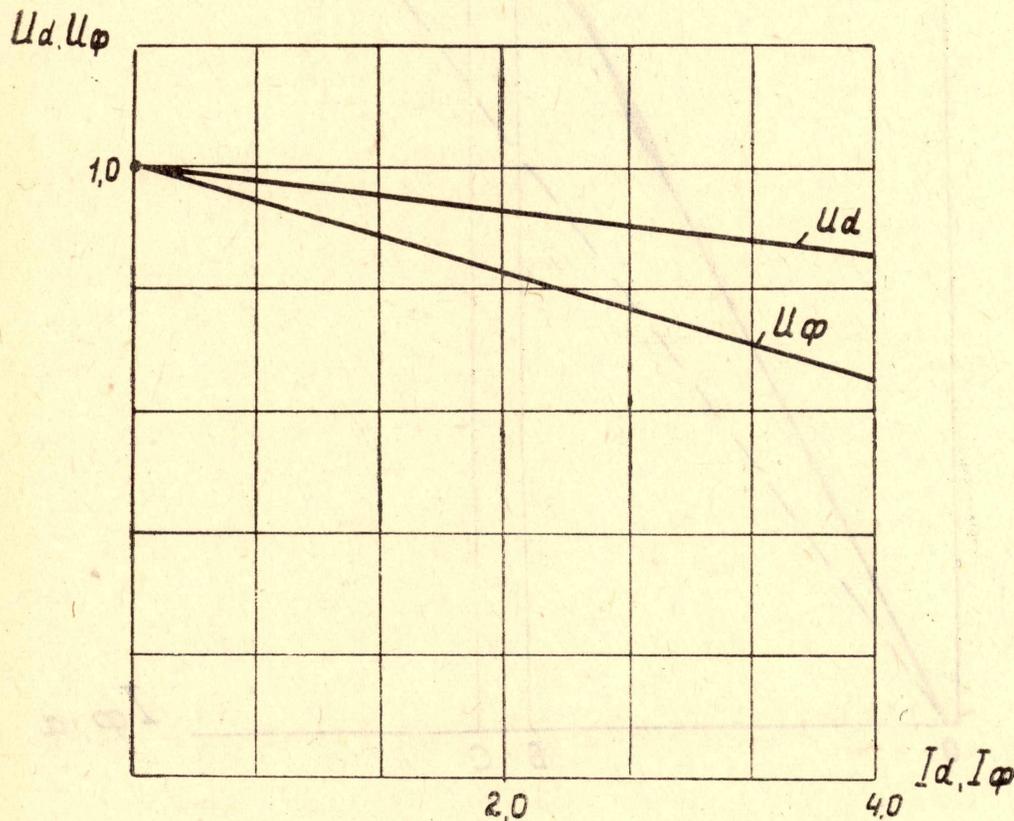
$$\begin{aligned} k_y &= k_U k_I \\ k_{y\sim} &= k_{U\sim} \cdot k_{I\sim} \end{aligned} \quad (9)$$

где

k_U и $k_{U\sim}$ — коэффициенты усиления по напряжению;

k_I и $k_{I\sim}$ — коэффициенты усиления по току.

В нашем случае коэффициент усиления при работе на постоянном токе получен порядка 3000 и на переменном 2000.



Р и с. 3. Внешние характеристики.

Увеличение коэффициента усиления может быть получено параллельным включением емкостей. Реакция якоря в этом случае получается намагничивающей, и напряжение на выходе будет больше, чем без емкостей.

На рис. 4 представлена характеристика холостого хода и вольт-амперная характеристика емкостей в масштабе н. с. обмотки управления. Пунктиром показана вольт-амперная характеристика емкостей при самовозбуждении. На рисунке $OC = \Sigma F$, $OB = F_{\text{емк}}$, $BC = F_y$. Очевидно, что при включении емкостей н. с. обмотки управления уменьшается во столько раз, во сколько н. с. F_y меньше ΣF . Практически ток управления уменьшается в $2 + 3$ раза, а коэффициент усиления возрастает в $4 + 9$ раз. Максимальный коэффициент усиления в нашем случае получен порядка 7000.

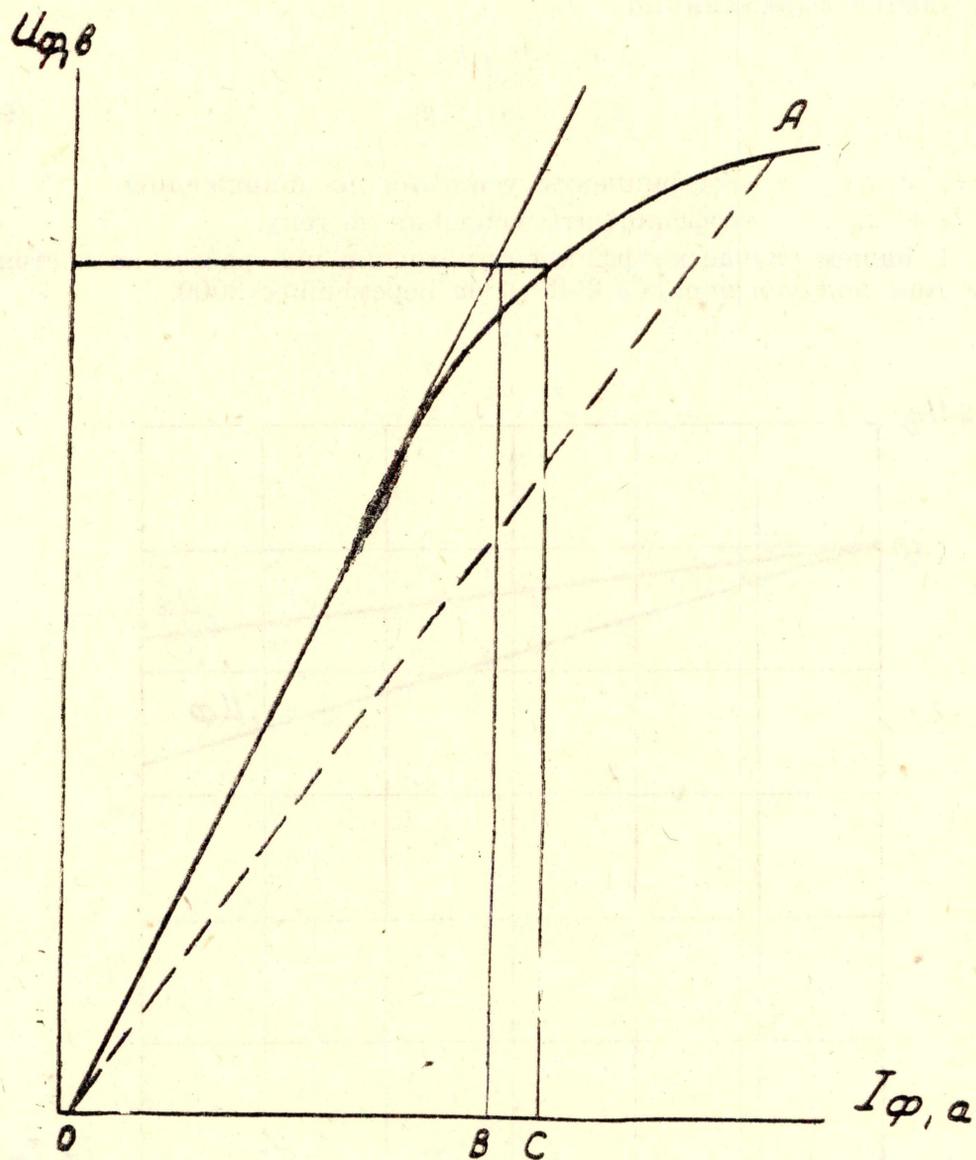


Рис. 4. Вольт-амперная характеристика емкости и характеристика холостого хода усилителя.

Быстродействие усилителя определяется параметрами обмоток управления и якоря. И поэтому при работе на постоянном и переменном токе будет одинаковым. В исследуемом усилителе ($P=1$ квт, $U = 220$ в, $n = 3000$ об/мин) оно составляет 0,12 сек.

Таким образом, ЭМУ поперечного поля постоянного и переменного тока такого типа имеет некоторые преимущества, обусловленные возможностью получения постоянного и переменного тока от одной машины с необходимыми характеристиками. Эти преимущества позволяют расширить области применения усилителя.