

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК И КОММУТАЦИИ ЭМУ ПОПЕРЕЧНОГО ПОЛЯ С ГЛАДКИМ ЯКОРЕМ

А. И. СКОРОСПЕШКИН, Г. Г. КОНСТАНТИНОВ

(Рекомендована семинаром кафедр электрических машин
и общей электротехники)

При конструировании и эксплуатации ЭМУ серьезные трудности представляют вопросы коммутации. Процесс коммутации во многом определяет качество работы усилителя. В данной статье приводятся некоторые результаты исследований основных характеристик и коммутации двух ЭМУ поперечного поля с гладким якорем.

Нами изготовлены два ЭМУ поперечного поля с гладким якорем. Один из усилителей имеет данные:

$$P = 0,7 \text{ квт}, U = 30 \text{ в}, n = 2900 \text{ об/мин};$$

другой:

$$P = 0,7 \text{ квт}, U = 60 \text{ в}, n = 2900 \text{ об/мин}.$$

В первом усилителе применена простая петлевая однослойная обмотка с одновитковыми секциями и во втором — однослойная с двухвитковыми секциями.

В силу конструктивных особенностей ЭМУ с гладким беспазовым якорем (обмотка уложена по поверхности пакета якоря и закреплена с помощью эпоксидной смолы) воздушный зазор у него значительно увеличивается, соответственно уменьшается коэффициент усиления.

Для увеличения коэффициента усиления ЭМУ с гладким якорем была введена продольная подмагничивающая обмотка. Продольная подмагничивающая обмотка укладывается в большие пазы и включается в поперечную цепь ЭМУ (рис. 1). В этом случае н.с. возбуждения является результирующей двух н. с.

$$F_B = F_y + F_{\text{под}}, \quad (1)$$

где F_y — н. с. обмотки управления,

$F_{\text{под}}$ — н. с. продольной подмагничивающей обмотки.

Расчеты и экспериментальные исследования позволили выявить максимально возможное распределение этих н. с. Оно примерно находится в таких пределах: 68 проц. приходится на продольную подмагничивающую обмотку и 32 проц. — на обмотку управления.

При дальнейшем увеличении процентного отношения н. с. продольной подмагничивающей обмотки начинается самовозбуждение ЭМУ.

На рис. 2 дана зависимость э.д.с. выходной ступени от тока управления $E_3 = f(i_y)$. Из рис. 2 видно, что одну и ту же выходную э.д.с. можно получить, изменяя в широких пределах ток управления при различных соотношениях н. с. обмотки управления и продольной подмагничивающей обмотки.

В процессе испытаний были получены следующие данные по основным характеристикам ЭМУ:

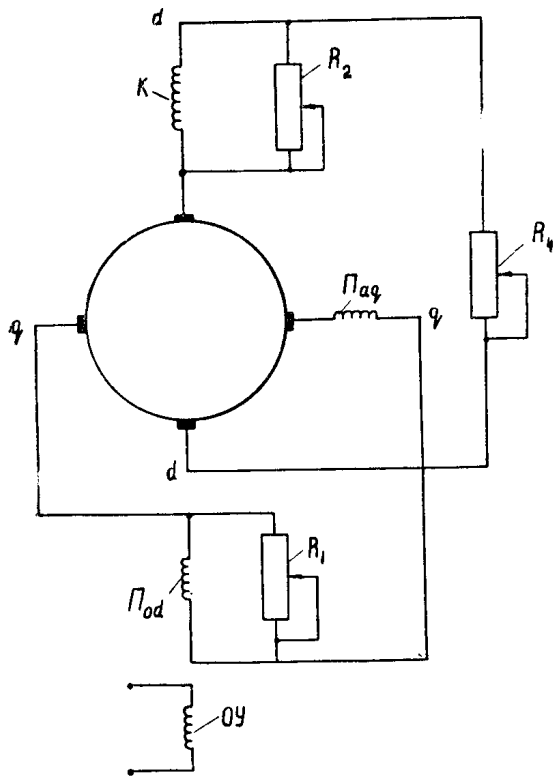


Рис. 1. Схема ЭМУ с гладким якорем,
 ОУ — обмотка управления,
 Π_{од} — продольная подмагничивающая обмотка,
 Π_{оq} — поперечная подмагничивающая обмотка,
 К — компенсационная обмотка,
 R_н — сопротивление нагрузки,
 R₁ и R₂ — шунтирующие сопротивления.

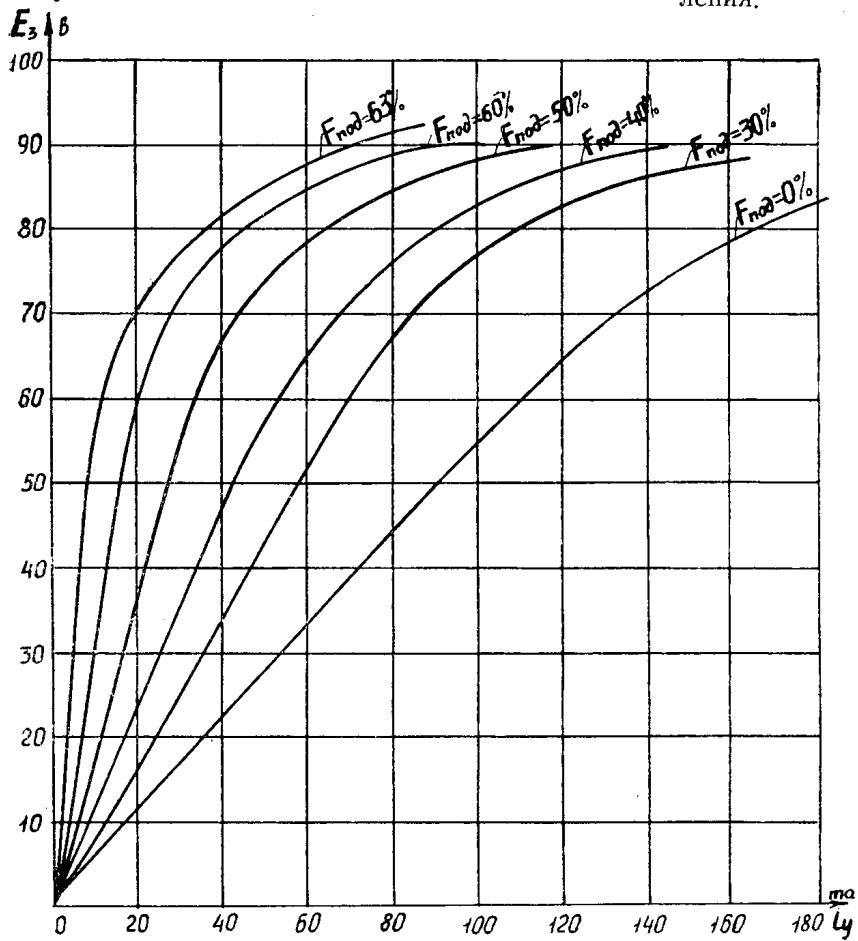


Рис. 2. Результирующая характеристика $E_3 = f(i_y)$ при различных процентных отношениях н. с. продольной подмагничивающей обмотки.

а) для первого усилителя

$$K_y = 350, T = 0,2 \text{ сек}, K_d = 1750.$$

б) для второго усилителя

$$K_y = 2400, T = 0,23 \text{ сек}, K_d = 10\,400,$$

где K_y — коэффициент усиления,

T — быстродействие усилителя,

K_d — коэффициент добротности.

Низкое значение коэффициента добротности K_d первого усилителя объясняется значительной величиной немагнитного слоя (изоляция пакета якоря, диаметр проводников якорной обмотки, слой эпоксидной смолы плюс воздушный зазор), равного 2,4 мм и большим числом витков поперечной подмагничивающей обмотки ($\beta = 3$). Во втором усилителе величина немагнитного слоя доведена до 1,57 мм за счет применения в якорной обмотке провода меньшего диаметра и уменьшено число витков поперечной подмагничивающей обмотки ($\beta = 1,5$),

где $\beta = \frac{W_{\text{поп}}}{W_{\text{я}}}$ — отношение числа витков поперечной

подмагничивающей обмотки к обмотке якоря на полюс.

В усилителях с гладкими якорями обмотка охлаждается лучше, чем при расположении ее в пазах зубчатого якоря. Поэтому удельная тепловая нагрузка в ЭМУ с гладким якорем может быть увеличена.

На рис. 3 построены в относительных единицах внешние характеристики для второй модели ЭМУ с гладким якорем и серийного усилителя ЭМУ-12А со следующими данными:

$$P = 1,2 \text{ квт}, U = 115 \text{ в}, n = 2900 \text{ об/мин.}$$

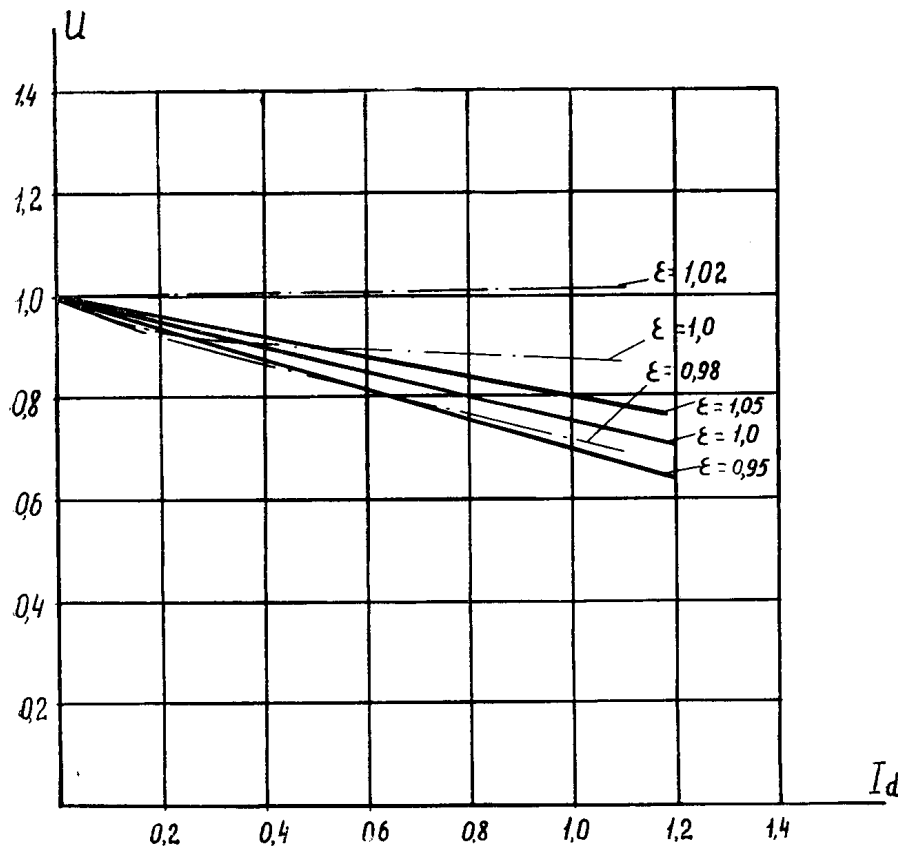


Рис. 3. Внешние характеристики ЭМУ при различной степени компенсации: — внешние характеристики усилителя с гладким якорем. — · — внешние характеристики серийного ЭМУ-12А.

Из рисунка видно, что для случая единичной компенсации внешняя характеристика усилителя с гладким якорем имеет больший наклон.

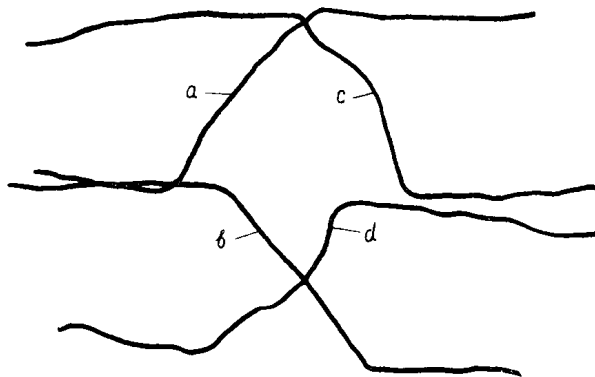
Объясняется это повышенной величиной падения напряжения в якоре по сравнению с обычным ЭМУ.

Что касается настройки компенсации, то в усилителе с гладким якорем она оказывает меньшее влияние, чем в обычном ЭМУ. Об этом свидетельствуют характеристики, полученные при $\varepsilon=0,95$ и $\varepsilon=0,98$ для соответствующих усилителей.

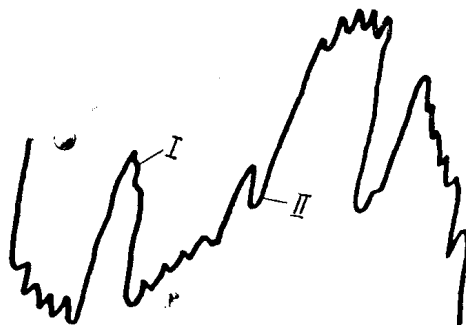
При исследовании ЭМУ с гладким якорем основное внимание было уделено исследованию коммутации. Ставилась цель — выявить, как будет вести в коммутационном отношении ЭМУ с гладким якорем при различных перегрузках и плотностях тока, при различной степени компенсации. Исследовалось также влияние на коммутацию дополнительных полюсов.

Исследование коммутации велось как отдельно в поперечной и продольной цепях, так и при совместной работе поперечных и продольных щеток.

При этом осциллографировались кривые тока и поля с помощью специальных витков, бифилярных относительно исследуемых секций. Ввиду того, что характер кривых тока и поля в вышеуказанных случаях работы цепей усилителя получился приблизительно одинаков, то на рис. 4 и на рис. 5 приведены кривые тока и поля для случая совместной работы поперечной и продольной цепей. На рис. 4 кривые тока *a* и *b* продольной цепи под щетками положительной и отрицательной полярности; кривые тока *c* и *d* поперечной цепи под щетками положительной и отрицательной полярности.



Р и с. 4 Кривые тока продольной *a* и *b* и поперечно *c* и *d* цепей под щетками обеих полярностей.



Р и с. 5. Кривая поля при совместной работе щеток поперечной и продольной цепей.

Как видно из рис. 4, кривые тока в поперечной цепи имеют несколько замедленный характер, в продольной цепи — приближаются к прямолинейному.

На кривой поля (рис. 5).

I — область большого паза и

II — область среднего паза.

На кривой поля видны пульсации, обусловленные зубчатостью статора.

Приведенные кривые тока и поля были получены для второго ЭМУ при единичной компенсации, номинальной нагрузке и температуре коллектора $+75^{\circ}\text{C}$. Температура коллектора измерялась с помощью термомпары.

Коммутация в ЭМУ с гладким якорем исключительно хорошая. При плотностях тока в щетках свыше 40 а/см^2 искрение совершенно отсутствует.

Исследования коммутации показали, что необходимость в дополнительных полюсах в продольной оси отпадает.

В одном из усилителей были удалены дополнительные полюсы, в другом оставлены. Существенной разницы в кривых тока не наблюдалось.

В отличие от обычных ЭМУ поперечного поля в усилителях с гладким якорем незначительно влияние степени компенсации на характер коммутации.

Так, например, во второй модели при перекомпенсации 20 проц. и недокомпенсации 50 проц. заметных изменений в характере кривых тока не наблюдалось. Это, видимо, можно объяснить, большой величиной немагнитного слоя и незначительным полем якоря в зоне коммутации.

Безыскровая коммутация в ЭМУ с гладким якорем объясняется улучшением условий коммутации по сравнению с обычным ЭМУ. Так, магнитная проводимость обмотки гладкого якоря по [1] меньше примерно в 10 раз по сравнению с ЭМУ с зубчатым якорем. Соответственно уменьшается в 10 раз и значение реактивной э.д.с. Ниже приведены значения реактивной э.д.с., рассчитанные для обоих ЭМУ с гладким якорем:

Первый усилитель:

$$e_{r,q}=0,026 \text{ в}, \quad e_{r,d}=0,053 \text{ в.}$$

Второй усилитель:

$$e_{r,q}=0,086 \text{ в}, \quad e_{r,d}=0,11 \text{ в.}$$

где

$e_{r,q}$ — значение реактивной э.д.с. по поперечной оси;

$e_{r,d}$ — значение реактивной э.д.с. по продольной оси.

К благоприятно сказывающимся на коммутацию условиям в усилителях с гладкими якорями, безусловно, относятся следующие: идентичность всех коммутационных циклов, отсутствие пульсаций магнитного потока в коммутационной зоне.

Приведенные испытания на механическую прочность данных ЭМУ показали высокую надежность гладких якорей. В результате длительных испытаний никаких изменений или повреждений якоря не обнаружено.

В целом по результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Усилитель с гладким якорем по основным характеристикам ($K_y \cdot T_1$ внешним характеристикам) стоит на уровне стандартных ЭМУ поперечного поля.

2. В коммутационном отношении, по сравнению с обычным ЭМУ, характеризуется безыскровой коммутацией при значительных перегрузках и больших плотностях тока под щетками (свыше 40 а/см^2).

3. Усилители с гладкими якорями имеют высокую механическую надежность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. Арнольд и И. Ла-Жур. Машины постоянного тока, ГОНТИ, т. 1, 1931.