

## КОММУТАЦИЯ ЭМУ ПОПЕРЕЧНОГО ПОЛЯ ПРИ РАБОТЕ С ПЕРЕМЕННЫМ СИГНАЛОМ УПРАВЛЕНИЯ

А. И. СКОРОСПЕШКИН, Б. И. КОСТЫЛЕВ

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

ЭМУ поперечного поля находят широкое применение в автоматизированном электроприводе и в различных специальных схемах.

На постоянном токе ЭМУ работают в основном в динамическом режиме, когда сигнал управления изменяется по тому или иному закону регулирования. Кроме того, ЭМУ находят применение, как генераторы переменного тока регулируемой в определенном диапазоне частоты.

При работе ЭМУ с переменным сигналом управления по его осям действуют переменные во времени магнитные потоки. По продольной оси — поток управления, а по поперечной — основной поток реакции якоря. Эти магнитные потоки индуктируют в контурах, расположенных по соответствующим осям, трансформаторные э. д. с., которые существенно влияют на условия коммутации и характеристики машины.

В коммутирующих секциях поперечной цепи наводится трансформаторная э. д. с. от потока управления. Так как поток управления мал по величине из условия получения большого коэффициента усиления, то трансформаторная э. д. с. незначительна и ее влиянием можно пренебречь.

В коммутирующих секциях продольной цепи наводится трансформаторная э. д. с. от основного магнитного потока, который значительно больше потока управления. Влиянием этой э. д. с. на условия коммутации и на характеристики усилителя пренебречь уже нельзя. Так как сопротивление коммутирующего контура, замкнутого накоротко щетками, очень мало и определяется в основном сопротивлением щеточного контакта, то ток от трансформаторной э. д. с. достигает значительной величины. Это приводит к увеличению потерь в щеточном контакте и изменению параметров поперечной цепи, как первичной обмотки автотрансформатора [1]. Кроме того, под щетками продольной цепи возникает сильное искрение, даже при работе усилителя холостую.

Так, на рис. 1 приведены кривые тока четырех коммутирующих секций продольной цепи при холостом ходе усилителя ЭМУ-12А. Ток поперечной цепи 2а, что составляет 55% от номинальной, частота сигнала управления 50 гц, трансформаторная э. д. с. секции 2, 54 в. Кривые сняты при амплитудном значении тока секции. На приведенном рисунке и ниже кривая 1 соответствует секции, последней заканчивающей коммутацию в первом пазу, а кривые 2, 3, 4 относятся к 1, 2 и 3 секциям второго паза.

На рис. 2 приведены кривые тока при токе нагрузки  $5,3 a$  и при тех же остальных условиях, что и на рис. 1.

Кривые, приведенные на рис. 1, 2 подтверждают, что характер коммутации в основном определяется током от трансформаторной э. д. с. Ток коммутирующих секций достигает значительной величины —  $10-15 a$ , что приводит к сильному искрению и подгару сбегающего края щеток продольной цепи.

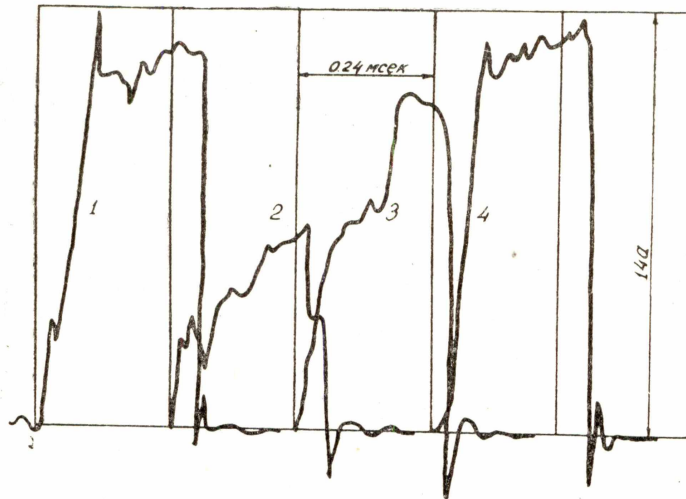


Рис. 1. Кривые тока коммутации в продольной цепи при холостом ходе усилителя и частоте 50 гц.

С целью повышения коммутационной надежности и улучшения характеристик усилителя нами была применена шунтовая обмотка дополнительного полюса, рекомендованная [2].

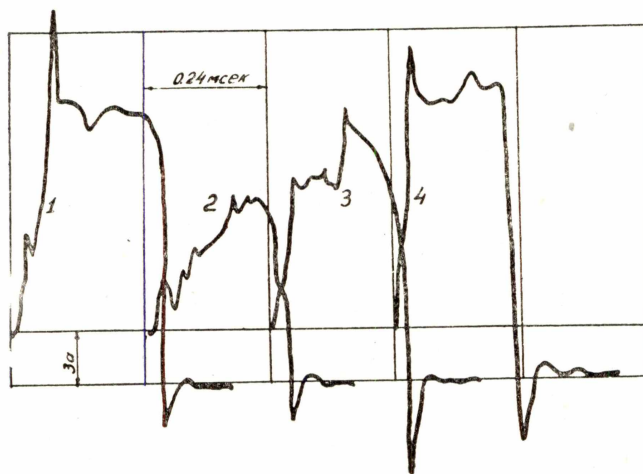


Рис. 2. Кривые тока коммутации в продольной цепи при токе нагрузки  $5,3 a$  и частоте 50 гц.

Шунтовая обмотка подключается на выход усилителя и укладывается на статоре в те же пазы, что и серийная обмотка дополнительного полюса. Назначение шунтовой обмотки заключается в том, чтобы создать в коммутирующих секциях э. д. с. вращения, равную по величине и направленную встречно трансформаторной э. д. с.

Трансформаторная э. д. с. отстает от основного магнитного потока на  $90^\circ$ , а э. д. с. на выходе усилителя находится с ним в фазе. Поэтому

для обеспечения компенсации необходимо, чтобы ток шунтовой обмотки и э. д. с. на выходе усилителя находились в квадратуре, то есть обмотка должна иметь преобладающее реактивное сопротивление.

Прямое включение шунтовой обмотки обеспечивает компенсацию трансформаторной э. д. с. только при постоянной частоте. Если же усилитель работает в режиме регулируемой частоты сигнала управления, то компенсация трансформаторной э. д. с. нарушается. Это объясняется тем, что законы изменения трансформаторной э. д. с. и тока шунтовой обмотки в зависимости от частоты противоположны. Если трансформаторная э. д. с. прямо пропорциональная частоте, то ток шунтовой обмотки обратно пропорционален частоте. Поэтому такая схема включения шунтовой обмотки при регулировании частоты может даже ухудшить условия коммутации в продольной цепи. Кроме того, при работе усилителя на постоянном токе необходимо отключать шунтовую обмотку, так как возникает опасность короткого замыкания ввиду незначительного активного сопротивления обмотки.

С целью устранения этого недостатка мы применили схему включения шунтовой обмотки через конденсатор. Если шунтовая обмотка рассчитана на полную компенсацию трансформаторной э. д. с. при частоте  $f_n$ , то емкость конденсатора выбирается из условия

$$\frac{1}{2\pi f_n C} = 4\pi f_n L,$$

где  $L$  — индуктивность шунтовой обмотки [гн];

$C$  — емкость конденсатора [Ф].

В этом случае ток шунтовой обмотки будет изменяться в зависимости от частоты по закону

$$I_{ш} = \frac{E}{L} \cdot \frac{f}{4\pi f_n^2 - 2\pi f},$$

где  $E$  — э. д. с. на выходе усилителя;

$f$  — текущая частота.

При этом нескомпенсированная часть трансформаторной э. д. с., особенно при регулировании частоты в сторону уменьшения от  $f_n$ , получается незначительной и коммутация проходит удовлетворительно во всем диапазоне частот. При постоянном токе цепь шунтовой обмотки оказывается разомкнутой за счет конденсатора.

Предложенная схема была экспериментально проверена на ЭМУ-12А в диапазоне частот 25—50 гц. При этом для получения до-

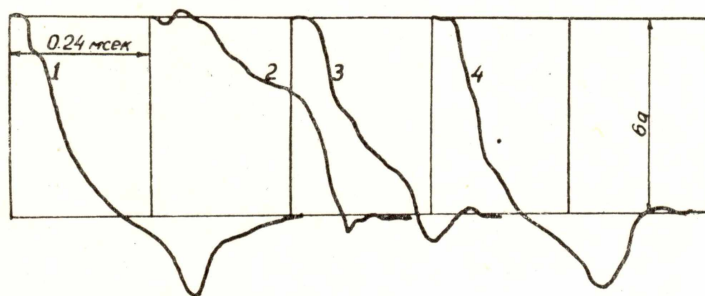


Рис. 3. Кривые тока коммутации в продольной цепи ЭМУ с шунтовой обмоткой при токе нагрузки  $6a$  и частоте 50 гц.

статочного коэффициента усиления и ослабления потока управления в поперечную цепь усилителя включалась резонансная емкость по схеме, предложенной в [3, 4]. Если емкость в поперечной цепи отсутствует,

то необходимо увеличивать поток управления, что приводит к ухудшению условий коммутации в поперечной цепи и влияет на коммутацию в продольной цепи. Это объясняется тем, что секции, коммутирующие в продольной цепи, находятся в поле обмотки управления и в них может наводиться значительная э. д. с. вращения.

На рис. 3, 4 проведены кривые тока коммутации в продольной цепи соответственно при частотах 33 гц и 50 гц и емкости в цепи шунтовой обмотки 30 мкф. Ток поперечной цепи 2 а, ток нагрузки 6 а, искрение под щетками не превышает 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> балла по шкале ГОСТ.

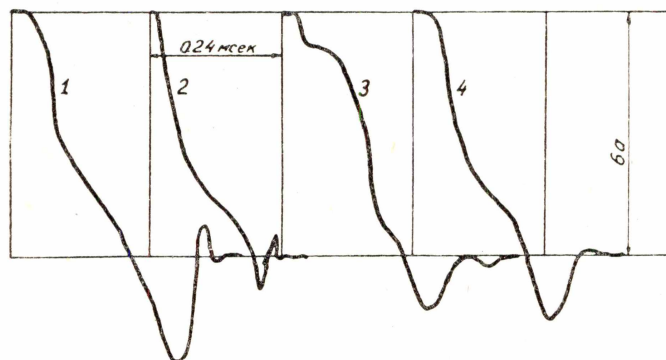


Рис. 4. Кривые тока коммутации в продольной цепи ЭМУ с шунтовой обмоткой при токе нагрузки 6а и частоте 33 гц.

Кривые показывают, что условия коммутации на этих частотах практически одинаковы. Аналогичные кривые получены и при других частотах. Искрение получается одинаковым во всем диапазоне частот.

### Выводы

1. Для улучшения коммутации и характеристик ЭМУ при работе с переменным сигналом управления необходимо компенсировать трансформаторную э. д. с. коммутирующих секций.

2. Для более полной компенсации трансформаторной э. д. с. при регулировании частоты сигнала управления целесообразно включение шунтовой обмотки дополнительного полюса через конденсатор.

### ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Скороспешкин, Б. И. Костылев. Трансформаторные связи и параметры ЭМУ поперечного поля при работе на переменном токе. Труды ОМИИТа, Омск, 1964.

2. Ф. А. Горяинов. Электромашинные усилители. ГЭИ, 1962.

3. В. В. Рудаков. Электромашинные усилители в системах автоматик. ГЭИ, 1961.

4. Ю. М. Александров. Применение электромашинного усилителя поперечного поля в системах привода, как генератора тока переменной частоты. Сборник работ по вопросам электромеханики, выпуск 2, 1958.