

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОММУТАЦИИ ЭМУ ПОПЕРЕЧНОГО ПОЛЯ

Б. И. КОСТЫЛЕВ, А. И. СКОРОСПЕШКИН

(Рекомендована семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники)

В настоящей работе приведены некоторые результаты по исследованию коммутации ЭМУ поперечного поля типа ЭМУ-12А. Целью этих исследований является выявление основных факторов, влияющих на условия коммутации ЭМУ, и проверка методики расчета коммутации с помощью ЭЦВМ, предложенной в [1, 2] для коллекторных электрических машин. В [1, 2] проведены расчеты коммутации ЭМУ при работе на постоянном и переменном токе для щеточного перекрытия  $\beta=1,5$ , которые хорошо подтверждаются опытом. В данной работе исследования коммутации проводились только на постоянном токе, но с различным щеточным перекрытием и различной степенью компенсации реакции якоря по продольной оси ЭМУ.

Расчет коммутации на постоянном токе упрощается, так как в коммутируемых секциях отсутствует трансформаторная э. д. с. и, кроме того, не нужно учитывать временного сдвига действующих токов и э. д. с. Изменение щеточного перекрытия изменяет систему дифференциальных уравнений, что приводит к необходимости изменения программы расчета.

Нами были проведены исследования коммутации в продольной и поперечной цепях усилителя как при отдельной, так и совместной их работе. Щеточное перекрытие было 1 и 1,5. Уменьшение щеточного перекрытия достигалось подпиливанием щетки до ширины коллекторного деления. Осциллографирование кривых тока производилось на электронном осциллографе при помощи бифилярных витков, уложенных вместе с основной обмоткой якоря.

На рис. 1, 2 приведены расчетные и опытные кривые тока коммутации трех секций паза для продольной и поперечной цепей при их совместной работе. Эти кривые, прежде всего, показывают удовлетворительную сходимость расчетных и опытных результатов. Для всех опытных кривых характерно преждевременное окончание реверсирования тока, что объясняется неустойчивостью контакта в сбегавшем крае. Сравнение кривых для различных секций показывает, что в наиболее неблагоприятных условиях находятся секции, последними завершающие коммутацию в пазу. Это происходит за счет значительной индуктивной связи между секциями, особенно при  $\beta=1,5$ . Так как для приведенных примеров компенсация была настроена единичная, то коммутация продольной цепи очень близка к прямолинейной. В поперечной цепи коммутация носит замедленный характер за счет реактивной э. д. с. и э. д. с. вращения от поля якоря, которые ничем не компенсируются.

С уменьшением щеточного перекрытия, несмотря на увеличение

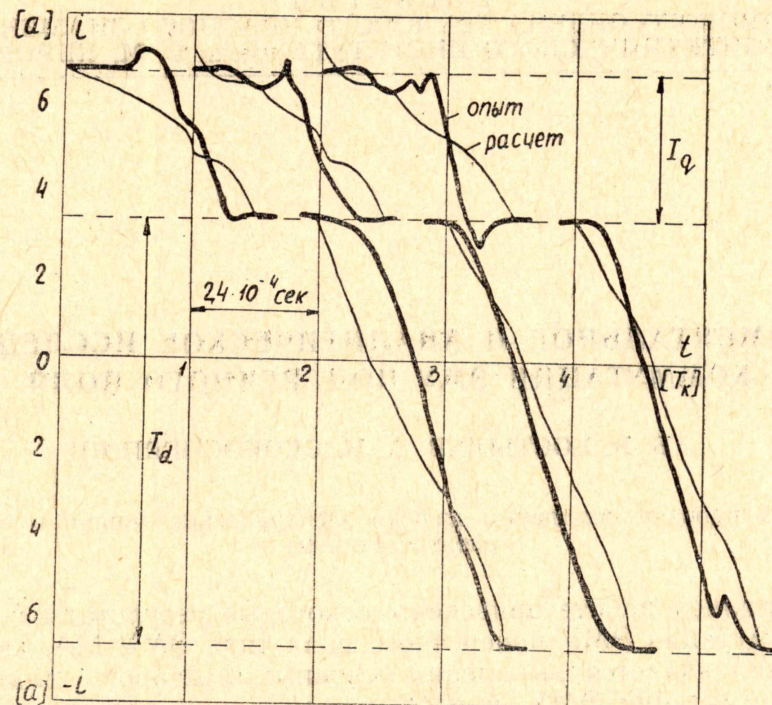


Рис. 1. Кривые тока коммутации поперечной и продольной цепей ЭМУ при  $\beta=1,5$ .

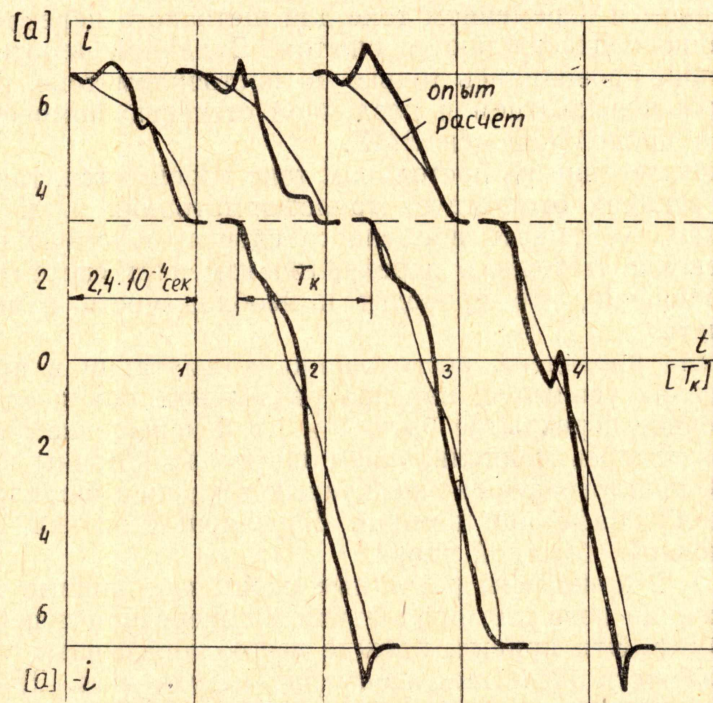


Рис. 2. Кривые тока коммутации поперечной и продольной цепей ЭМУ при  $\beta=1$ .

плотности тока в щеточном контакте в 1,5 раза, условия коммутации практически не изменились. Искрение под поперечными щетками не превышало  $1\frac{1}{2}$ , а под продольными щетками —  $1\frac{1}{4}$  балла по шкале ГОСТ.

Кривые тока также не показывают существенных изменений коммутации с уменьшением щеточного перекрытия. Кроме того, кривые тока для различного щеточного перекрытия показывают, что при меньшей ширине щетки контакт более устойчив как в набегающем, так и

сбегающем краях щетки. Вероятно, это происходит за счет лучшего распределения тока в контакте при повышенной плотности тока. Особенно это характерно для поперечной цепи.

При  $\beta=1$  исключается взаимоиндуктивная связь между секциями, коммутируемыми под одной щеткой. Поэтому опытные кривые тока для различных секций очень близки по своему характеру. Некоторые различия объясняются за счет взаимоиндуктивной связи с секциями, коммутируемыми другой щеткой. Однако эта связь незначительна за счет укорочения шага обмотки.

Исследования коммутации при различной компенсации показали, что степень компенсации в значительной степени определяет характер коммутации в продольной цепи. Роль же при этом добавочных полюсов весьма незначительна. Это так и должно быть, так как в ЭМУ число витков обмотки добавочных полюсов по сравнению с компенсационной обмоткой и обмоткой якоря очень мало. Так, в исследуемых машинах число витков обмотки добавочного полюса равно 5, а число витков обмотки якоря на полюс — 87. Поэтому недокомпенсация всего на 5% практически сводит на нет роль обмотки добавочных полюсов.

На рис. 3 приведены экспериментальные кривые тока коммутации трех секций одного паза в продольной цепи при различной степени настройки компенсации ЭМУ-12А. Щеточное перекрытие  $\beta=1$ , ток якоря и обмотки добавочных полюсов равен 5 а. Обозначения кривых на рис. 3 соответствуют:

- 1 — недокомпенсации 50%,
- 2 — недокомпенсации 2%,
- 3 — единичной компенсации,
- 4 — перекомпенсации 3%,

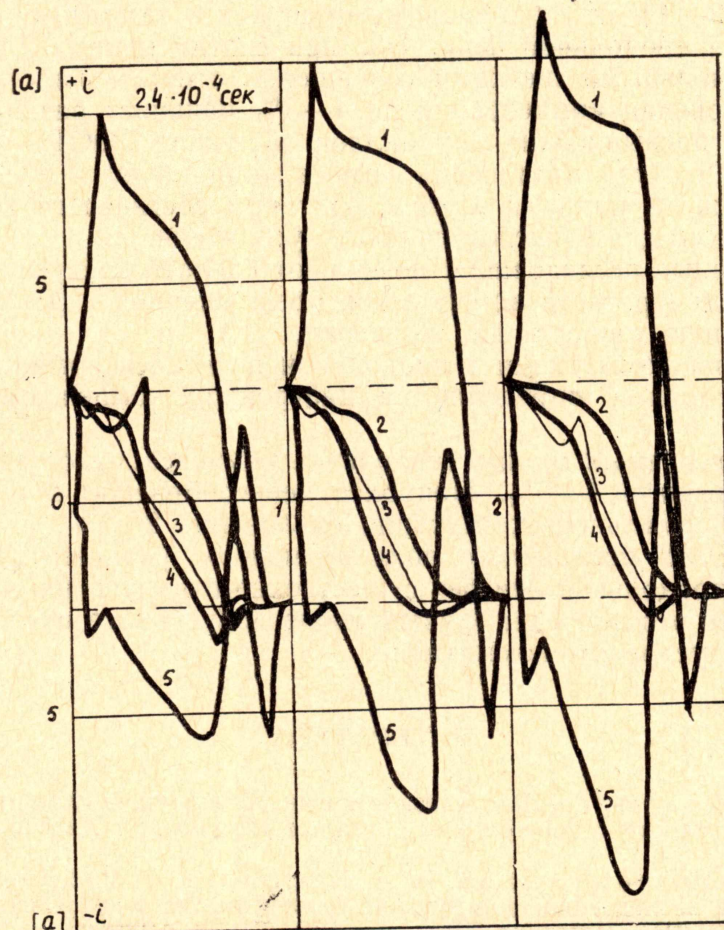


Рис. 3. Кривые тока коммутации трех секций паза при  $\beta=1$  и различной степени компенсации.

5 — перекомпенсации 20%.

Полученные кривые наглядно показывают, что условия коммутации в продольной цепи в основном определяются степенью компенсации реакции якоря, а благоприятное влияние добавочных полюсов ощущается лишь при компенсации, мало отличающейся от единичной. Поэтому удаление добавочных полюсов по продольной оси усилителя, как это было предложено в [3], не приведет к существенному ухудшению условий коммутации даже при единичной компенсации.

В том же случае, если компенсация значительно отличается от единичной, отсутствие добавочных полюсов приведет только к улучшению коммутации. Это произойдет за счет того, что поле от нескомпенсированной намагничивающей силы по продольной оси в зоне коммутации будет значительно ослаблено из-за наличия большого зазора.

При наличии добавочных полюсов, как это имело место при снятии кривых рис. 3, нескомпенсированная намагничивающая сила продольной оси создает в зоне коммутации значительное поле, что приводит к резким нарушениям условий коммутации (кривые 1, 5). По величине эта намагничивающая сила меньше намагничивающей силы по поперечной оси в 1,34 раза для кривой 1 и в 1,4 раза — для кривой 5. И несмотря на это, в поперечной цепи не наблюдается такого резкого нарушения коммутации (рис. 2). Это объясняется значительным ослаблением поля, так как зона коммутации поперечной цепи расположена под большим пазом статора. Следовательно, наличие добавочных полюсов по продольной оси при компенсации, значительно отличающейся от единичной, приводит не к улучшению, а к ухудшению условий коммутации.

Проведенные опытные исследования показали, что отклонения компенсации на 2—3% от единичной не приводят к заметному ухудшению коммутации в продольной цепи. Так, при снятии кривых 2, 3, 4 искрение под продольными щетками совершенно отсутствовало. При дальнейшем отклонении компенсации до 4—5% начинает развиваться искрение, но не превышающее 1½ баллов по шкале ГОСТ. При снятии кривых 1, 5, то есть отклонении компенсации на 50 и 20%, искрение становится уже 2 балла и хуже с подгаром сбегающего края щеток, что недопустимо для электромашинного усилителя.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Методика расчета коммутации, предложенная в [1, 2], дает удовлетворительную точность для практики.

2. Условия коммутации в продольной цепи электромашинного усилителя в основном определяются настройкой компенсации реакции якоря.

Для исследуемых машин отклонение компенсации от единичной не должно превышать 4—5%. Наиболее целесообразное с точки зрения сохранения нормальной коммутации отклонение 2—3%.

3. Для ЭМУ поперечного поля возможно удаление добавочных полюсов по продольной оси без существенного нарушения коммутации. Одновременно это приведет к увеличению допустимого отклонения компенсации по условиям коммутации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. И. Костылев. Исследование электромашинного усилителя поперечного поля при работе с переменным сигналом управления. Диссертация, Томск, 1966.

2. А. И. Скороспешкин, Б. И. Костылев, Г. Г. Константинов. Аналитическое исследование коммутации коллекторных электрических машин с применением ЭЦВМ. Известия ТПИ, том 166, Томск, 1966.

3. А. И. Скороспешкин. Некоторые вопросы коммутации электромашинных усилителей с поперечным полем. Известия ТПИ, том 117, Томск, 1963.