

**ПОПЕРЕЧНАЯ РЕАКЦИЯ ЯКОРЯ,
РЕАКЦИЯ КОММУТАЦИОННЫХ И ВИХРЕВЫХ ТОКОВ
В ЭМУ ПОПЕРЕЧНОГО ПОЛЯ**

А. И. СКОРОСПЕШКИН, Б. И. КОСТЫЛЕВ, Г. Г. КОНСТАНТИНОВ

(Представлена семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники)

В методах по определению реакции коммутационных и вихревых токов в ЭМУ поперечного поля [1, 2, 4, 5], за исключением [6], не учитывается влияние поперечной реакции якоря, хотя это влияние весьма существенно.

В настоящей статье предлагается методика определения результирующей реакции от тока поперечной цепи, а также отдельных ее составляющих с учетом своеобразного действия поперечной реакции якоря при различном сигнале управления.

В общем случае при работе электромашиного усилителя поперечного поля на холостом ходу уравнение н. с., действующих по продольной оси, записывается в следующем виде:

$$F_d = F_y - F_k - F_c - F_{ря} \mp F_{ад}, \quad (1)$$

где

F_y — н. с. обмоток управления,

F_k — н. с. коммутационных токов поперечной цепи при замедленной коммутации,

F_c — н. с. от вихревых токов и гистерезиса,

$F_{ря}$ — н. с., эквивалентная поперечной реакции якоря при насыщении поперечным потоком путей продольного потока,

$F_{ад}$ — н. с. продольной реакции якоря, обусловленная смещением поперечных щеток с нейтрали.

Величиной н. с. $F_{ря}$ в уравнении (1) можно пренебречь только при линейном рассмотрении режимов работы усилителя.

Однако реальная характеристика холостого хода первого каскада усилителя нелинейна (рис. 1) и имеет два перегиба: вогнутость за счет увеличения магнитной проницаемости стали при малых индукциях и выпуклость — за счет насыщения.

Проведенные исследования по предлагаемой ниже методике на ряде серийных усилителей типа ЭМУ-12А, ЭМУ-12ПМ и усилителей с гладким якорем показали, что при рассмотрении работы ЭМУ п/п с различным сигналом управления нельзя пренебрегать величиной и своеобразным характером действия н. с. поперечной реакции якоря.

На рис. 2 приведена в относительных единицах зависимость н. с. $F_{ря}$ от токов управления и поперечной цепи для серийного ЭМУ-12А, рассчитанная по методике [6].

Из анализа данной зависимости следует, что:

1. при работе ЭМУ поперечного поля с различным сигналом управления н. с. поперечной реакции якоря может действовать как намагни-

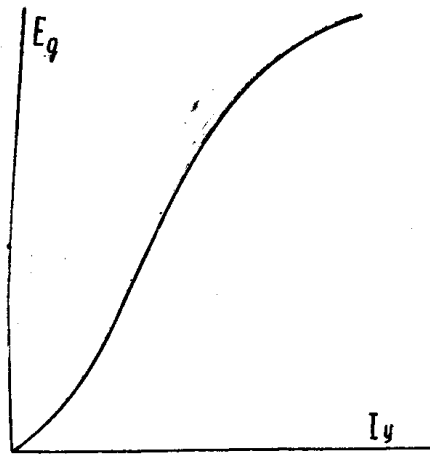


Рис. 1. Характеристика холостого хода первой ступени ЭМУ-12А

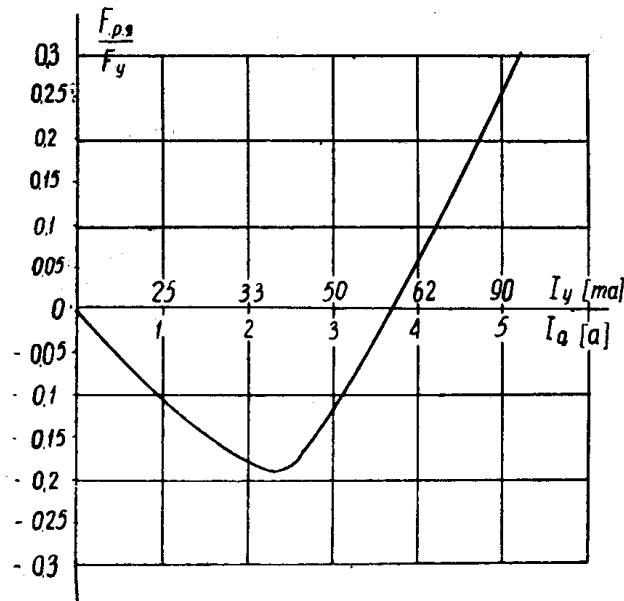


Рис. 2. Зависимость н. с. $F_{р\gamma}$ от тока поперечной цепи I_q и тока управления i_y

чивающим образом, вследствие вогнутости характеристики холостого хода в начальной части, так и размагничивающим образом при насыщении стали;

2) при работе усилителя с мало изменяющимся сигналом управления (например, в схемах автоматического поддержания скорости, напряжения и т. д.) возможен режим, при котором величина и действие н. с. поперечной реакции якоря будут минимальными.

Сложный характер зависимости н. с. коммутационных, вихревых токов и поперечной реакции якоря от тока поперечной цепи, своеобразное действие н. с. поперечной реакции якоря при различном сигнале управления ставят задачу по разделению и определению каждой из этих составляющих с тем, чтобы уже при проектировании можно было оценить влияние каждой из них на н. с. управления.

При опытном определении отдельных составляющих реакции от тока поперечной цепи можно исходить из различия направления их дей-

ствия на н. с. управления при питании поперечной цепи якоря от постороннего источника и изменении полярности поля управления.

При изменении полярности поля управления и сохранении направления тока поперечной цепи за счет питания ее от постороннего источника остаются одинаковыми по величине и направлению следующие составляющие реакции от этого тока:

1. н. с. коммутационных токов, так как ток поперечной цепи сохраняет свою величину и направление;
2. н. с. от вихревых токов и гистерезиса, так как в обоих случаях один поперечный ток, один поперечный поток и, следовательно, одинаковы потери в стали от поперечного потока;
3. н. с. продольной реакции якоря, так как в обоих случаях одно положение щеток и тот же поперечный ток.

В отличие от остальных н. с., составляющих реакцию поперечного тока, н. с. $F_{ря}$, эквивалентная поперечной реакции якоря при насыщении поперечным потоком путей продольного потока, действует всегда размагничивающим образом на н. с. управления. Она будет одинаковой по величине, так как в обоих случаях один ток в поперечной цепи и практически одно насыщение, но изменит свой знак с изменением полярности поля управления.

Уравнение (1), отражающее баланс н. с. по продольной оси, при изменении полярности поля управления запишется в следующем виде:

$$F_d = -F_y - F_k - F_c + F_{ря} \mp F_{ad}. \quad (2)$$

Из уравнений (1) и (2) можно определить н. с. $F_{ря}$ и сумму н. с. $F_{\Sigma} = F_k + F_c \mp F_{ad}$.

Для того, чтобы разделить н. с. F_k и F_c , необходимо с помощью поперечной подмагничивающей обмотки создать поток по поперечной оси, равный потоку поперечной цепи якоря. Равенство этих потоков можно контролировать с помощью вольтметра, включенного на продольные щетки ЭМУ.

В усилителях с гладким якорем для создания потока по поперечной оси используется поперечная подмагничивающая обмотка, применяемая для токовой разгрузки поперечной цепи. Подобная обмотка применяется и в других типах серийных усилителей (например, в ЭМУ-12ПМ).

Что касается н. с. F_{ad} , то ею можно с достаточной точностью пренебречь, выставив щетки на нейтраль.

Уравнения баланса н. с. в продольной оси для этого случая примут вид:

$$F_d = F_y - F_{ря} - F_c, \quad (3)$$

$$F_d = -F_y + F_{ря} - F_c. \quad (4)$$

Из уравнений (3) и (4) определяются н. с. F_c и $F_{ря}$.

Н. с. F_k определяется теперь как разность н. с. $F_{\Sigma} = F_k + F_c \mp F_{ad}$ и н. с. F_c .

По предложенному методу были определены отдельные составляющие и результирующая реакция поперечного тока на ряде серийных усилителей и усилителей с гладким якорем. На рис. 3 и 4 приведены экспериментальные (сплошные) и расчетные (пунктирные) кривые н. с. $F_{ря}$, F_k и F_c в функции тока поперечной цепи I_q при номинальном токе управления для серийного усилителя типа ЭМУ-12А и усилителя с гладким якорем со следующими данными:

ЭМУ-12А $P_H=1,2$ кВт, $U_3=115$ в, $I_3=10,4$ а, $I_q=3,7$ а, $i_y=50$ ма, $n=2950$ об/мин. Усилитель не имеет подмагничивающей обмотки по поперечной оси;

ЭМУ с гладким якорем $P_H=0,7$ кВт, $U_3=50$ в, $I_3=14$ а, $I_q=8,25$ а.

$i_y = 129$ ма, $n = 2950$ об/мин. Усилитель имеет подмагничивающую обмотку по поперечной оси.

Кривые построены в относительных единицах. За единицу н. с. принята н. с. управления при номинальном напряжении холостого хода, за единицу тока принят ток в поперечной цепи якоря при номинальном напряжении усилителя.

Как видно из кривых рис. 3 и 4, в серийном ЭМУ результирующая н. с. реакции от тока поперечной цепи F_{pq} при номинальном его зна-

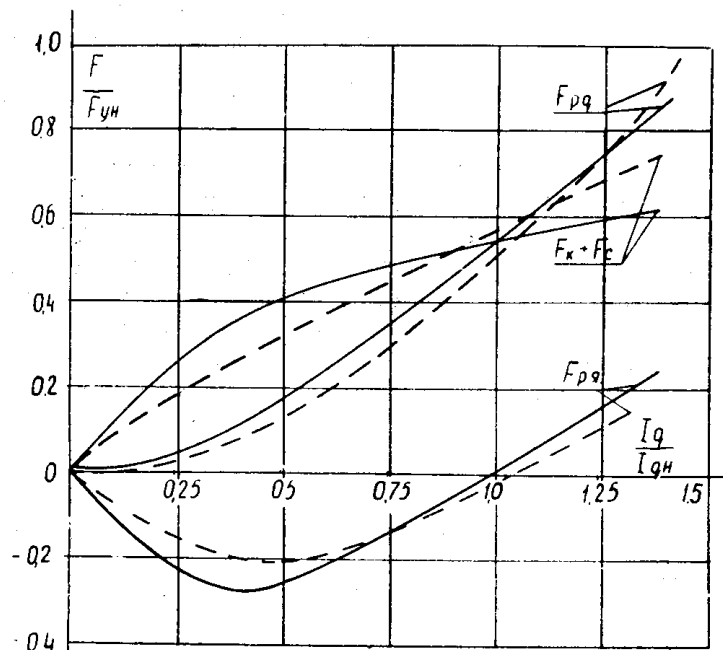


Рис. 3. Экспериментальные (сплошные) и расчетные (пунктирные) кривые н. с. $F_{p,q}$, $F_{p,y}$, F_k и F_c в функции от тока поперечной цепи при номинальном сигнале управления для серийного усилителя типа ЭМУ-12А

чении составляет примерно половину н. с. управления. При этом почти все размагничивающее действие приходится на долю н. с. F_k и F_c , значение же н. с. $F_{p,y}$ приблизительно равно нулю. Такой характер изменения н. с. $F_{p,y}$ полностью подтверждает вышеприведенные теоретические выводы о своеобразии действия н. с. $F_{p,y}$ при работе усилителя с различным сигналом управления. В усилителе с гладким якорем результирующая н. с. реакции от поперечного тока составляет лишь около 20 проц. н. с. управления, что объясняется значительной величиной воздушного зазора. На долю н. с. $F_{p,y}$, F_k и F_c приходится примерно по 30 проц. от результирующей реакции тока поперечной цепи.

Расчет отдельных составляющих от реакции тока поперечной цепи, проведенный по методике [6, 7, 8, 10], как видно из рис. 3 и 4, дает удовлетворительную сходимость с экспериментом.

Выводы

1. Предложенный метод позволяет разделить и с достаточной точностью определить каждую составляющую реакции от тока поперечной цепи в усилителях с гладким якорем и в серийных усилителях.

2. При выборе режима работы ЭМУ поперечного поля необходимо учитывать своеобразное действие поперечной реакции якоря на н. с. управления. Н. с. $F_{p,y}$ при определенных значениях тока управления

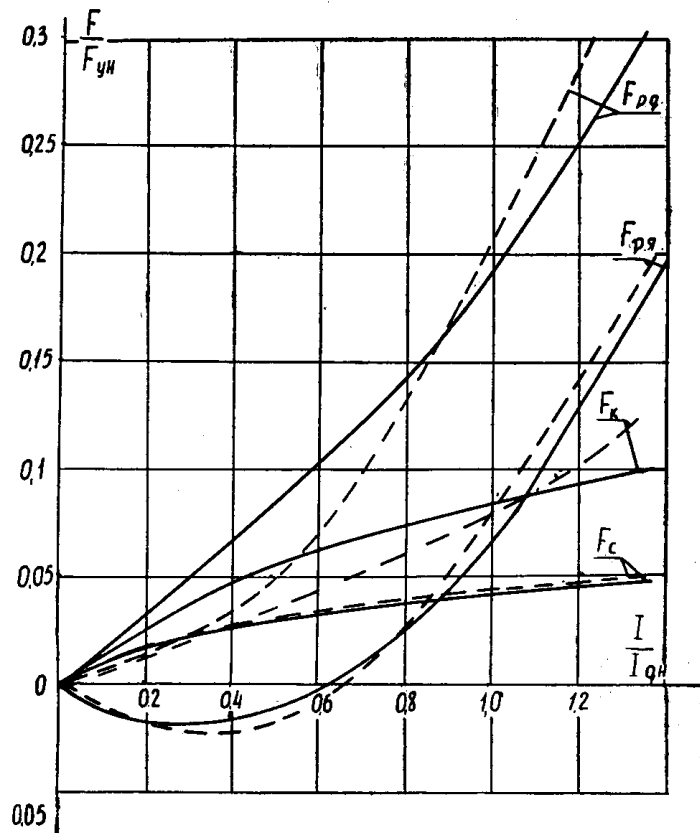


Рис. 4. Экспериментальные (сплошные) и расчетные (пунктирные) кривые н. с. $F_{r,q}$, $F_{r,y}$, F_x и F_c в функции от тока поперечной цепи при номинальном сигнале управления для ЭМУ поперечного поля с гладким якорем

может действовать как размагничивающим, так и намагничивающим образом.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. И. Алябьев. Опытное определение коммутационной реакции в электромашинных усилителях с поперечным полем и в машинах постоянного тока, «Электричество», № 2, 1952.
2. С. Ф. Березниковский. Реакция тока поперечной цепи якоря электромашинного усилителя, «Электричество», № 12, 1956.
3. Loocke G. Messung der Bürstenkurzschne ströme einer Gleichstrommaschine mit Hilfe des Halleffentes, E u M, N 14, 1955.
4. В. И. Радин. Реакция коммутационных токов в электромашинных усилителях с поперечным полем, «Электричество», № 9, 1957.
5. А. И. Скороспешкин. Коммутация электромашинных усилителей с поперечным полем. Диссертация, Томск, 1960.
6. А. В. Башарин. Учет поперечной реакции якоря и реакции коммутирующих секций в электромашинных усилителях. Вестник электропромышленности, № 2, 1958.
7. Ф. А. Горяинов. Электромашинные усилители, ГЭИ, 1962.
8. Я. С. Эпштейн. Особенности проектирования амплитуды, «Электричество», № 12, 1945.
9. Н. М. Якименко. Электромашинный усилитель как элемент регулирующей системы, «Электричество», № 9, 1948.
10. Н. М. Немченко. Новый способ расчета реакции добавочных коммутационных токов, Труды Кубанского с/х института, вып. 2, 1955.