

ISSN 0136—3603

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

12
1984

ИЗДАНИЕ НОВОЧЕРКАССКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ

Опубликовано:

[Толкунов В.П., Бельдягина Г.Ф., Шевченко В.В. Теоретические и экспериментальные исследования особенностей коммутации машин постоянного тока с многоходовой обмоткой / Известия высших учебных заведений. Электромеханика (ISSN 0136-3360), № 12. - Москва: Издание Новочеркасского ордена Трудового красного знамени Политехнического института имени Серго Орджоникидзе, 1984. - С. 98-100].

УДК 621.313.226

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОММУТАЦИИ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА С МНОГОХОДОВЫМИ ОБМОТКАМИ

В. П. Толкунов, Г. Ф. Бельдягина, В. В. Шевченко

КАК ИЗВЕСТНО, в настоящее время основным способом увеличения мощности машин постоянного тока предельного исполнения является применение многоходовых петлевых или лягушечьих обмоток, что позволяет уменьшить в m раз (m —число ходов) разность потенциалов между соседними коллекторными пластинами [1, 2].

Применение многоходовых обмоток, как показала многолетняя практика эксплуатации машин постоянного тока, обуславливает ряд специфических явлений, ухудшающих коммутацию этих машин. В наибольшей мере это связано с резким усилением высших гармоник z/mr -го порядка (z —число пазов, r —число пар полюсов) в кривой ЭДС и тока якоря. Однако причины ухудшения коммутации в связи с указанными обстоятельствами и до сих пор не являются выясненными окончательно.

На кафедре "Электрические машины и аппараты" Украинского заочного политехнического института на протяжении ряда лет проводились исследования, цель которых:

выяснить основные причины, обуславливающие вредное влияние высших гармонических z/mr -го порядка на рабочие свойства машины;

найти способы устранения влияния высших гармонических на рабочие свойства машины.

В результате было установлено:

в отношении основных факторов, определяющих коммутационную способность машины,—величины реактивной ЭДС e_r и демпфирующей способности—многоходовые обмотки практически эквивалентны одноходовым;

степень неблагоприятного влияния на коммутацию поля главных полюсов при применении многоходовых обмоток, характеризуемая величиной $e_{гм}$, возрастает. При этом, как следует из [3], величина $e_{гм}$ находится в прямой зависимости от числа ходов m ($e_{гм}$ —максимальная величина ЭДС, наводимой полем главных полюсов в коммутируемом контуре):

$$e_{гм} = E_s \frac{0,7K_z}{\alpha_l [1 + 0,75K_m(1 - N_c)(1 - \alpha_l)]},$$

где $K_m = \tau/\delta$, τ —полюсное деление; δ —воздушный зазор под главным полюсом; K_z —коэффициент, учитывающий насыщение зубцового слоя:

$$K_z = (F_\delta + F_z)/F_\delta;$$

F_δ и F_z —соответственно намагничивающие силы воздушного зазора и зубцов; E_s —средняя величина ЭДС, наводимой в секции якоря; α_l —расчетный коэффициент полюсного перекрытия, равный:

$$(b_o + 2\delta)/\tau,$$

b_p — полюсная дуга; N_e — коэффициент межполюсного перекрытия, показывающий какая часть нейтральной зоны занята комммутирующими секциями

$$N_e = b_k / b_{Ne},$$

где b_k — ширина зоны коммутации;

$$b_{Ne} = (1 - \alpha_i) \tau;$$

основным фактором ухудшения коммутации при применении многоходовых обмоток является наложение на постоянную составляющую тока переменной составляющей. Это обстоятельство приводит к смещению границ изменения тока за период коммутации, что, в свою очередь, приводит к небалансу ЭДС, наводящихся в комммутируемых секциях под отдельными дополнительными полюсами.

Поясним это на примере. Пусть при коммутации одной параллельной ветви высокочастотная составляющая тока i_f на граничных точках коммутационного периода T совпадает по фазе с током i_a (i_a — ток параллельной ветви). Если, к примеру, ток $i_f = 20$ А, а ток $i_a = 100$ А, то суммарное изменение тока за период коммутации составляет 240 А. В то же время под другим щеточным болтом токи i_f и i_a в рассматриваемых точках могут находиться в противофазе. В этом случае суммарное изменение тока за период коммутации составит всего 160 А. Как известно, величина реактивной ЭДС e_r будет пропорциональна суммарному изменению тока и поэтому указанный небаланс приводит к небалансу реактивных ЭДС, что, в свою очередь, приводит к небалансу реактивной ЭДС e_r и ЭДС вращения e_b , а значит, и к искрению машины. Этот фактор является основным фактором ухудшения коммутации машин постоянного тока с многоходовыми несимметричными обмотками.

Рассмотрим возможные способы устранения рассмотренных явлений:

Соответствующий подбор щеточного перекрытия. Так, например, в результате исследований было установлено, что для двухходовой несимметричной обмотки при щеточном перекрытии, равном два паза, высшие гармонические z/m -го порядка в кривой $i_s = f(t)$ практически исчезают. Это значение несколько больше, чем обычно применяемое в машинах $\beta_i = 1,4 \dots 1,7$ от u_n . Но при таком перекрытии вредное влияние поля главных полюсов будет проявляться в еще большей степени, поэтому одновременно с увеличением щеточного перекрытия в многоходовых обмотках необходимо несколько уменьшить величину полюсной дуги машины.

Применение якоря с немагнитным активным слоем. При равномерном распределении обмотки по окружности якоря высшие гармонические z/m -го порядка не будут резонировать и все вредные явления, связанные с ними, исчезают.

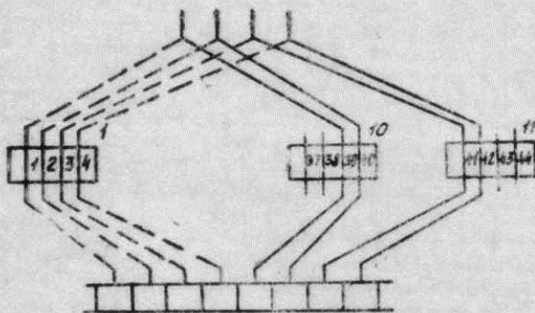


Рис. 2. Электрическая схема четырехходовой симметричной обмотки. $Y_1 = 9$ (1—10), $Y'_1 = 10$ (1—11)

Схему замещения обмотки якоря машин постоянного тока, в том числе и многоходовой, можно представить так, как изображено на рис. 1 [3]. Из этой схемы явно видно, что в отношении явления распределения токов все параллельные ветви находятся в совершенно одинаковых условиях, и распределение токов не зависит от того, к какому ходу обмотки принадлежат параллельные ветви. Поэтому логично применять в качестве многоходовой обмотки симметричную двухходовую обмотку. Нами на физической модели П101 были проведены эксперименты, относящиеся к исследованию распределения потенциала между коллекторными пластинами, принад-

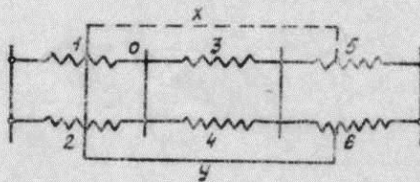


Рис. 1. Упрощенная схема замещения m -ходовой обмотки якоря и подключения уравнивающих соединений (сплошная линия — для несимметричных, пунктир — для симметричных)

Немаловажную роль в образовании высших гармонических z/m -го порядка играет поле добавочных полюсов. Данные исследования показывают, что при определенной конфигурации магнитопровода добавочных полюсов высшие гармонические практически гасятся.

Проанализированные нами вредные явления, возникающие в несимметричных обмотках, невольно могут навести на вопрос: если несимметричные обмотки применяют только для установки уравнивателей второго рода, то так ли уж необходимо идти на сознательное ухудшение рабочих свойств машины, чтобы осуществить непосредственную электрическую связь между ходами

лежащими к различным ходам обмотки. Эти эксперименты показали, что напряжение между первой и второй и между второй и третьей пластинами примерно одинаково (рис. 2).

Значит, можно сделать заключение, что потенциальные многоугольники, принадлежащие к различным ходам, не претерпевают взаимного сдвига при отсутствии жесткой электрической связи между ними. Это обстоятельство наблюдалось и при искусственно созданной электрической и магнитной асимметрии. Таким образом, на повестке дня—проектирование и испытание крупных машин постоянного тока с двухходовой симметричной петлевой или лягушечьей обмоткой. Как показали данные эксперимента, в симметричной многоходовой обмотке полностью отсутствуют высшие гармонические z/mr -го порядка и все связанные с ними вредные явления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ипатов П. М. Многоходовые обмотки якорей электрических машин постоянного тока.—М.: Л.: Наука, 1965. 62 с.
2. Фетисов В. В. О напряжении между смежными коллекторными пластинами в машине постоянного тока с двухходовыми петлевыми обмотками.—Изв. вузов СССР. Электромеханика, 1960, № 6, с. 48—65.
3. Толкунов В. П. Исследование обмоток якоря машин постоянного тока с целью повышения качества их работы.—Автореф. дис. ... докт техн. наук—Харьков, 1968. 38 с.

Рукопись поступила
после доработки 21. 11. 83.