

РАСЧЁТ ЭДС ВОЗБУЖДЕНИЯ БЕСКОНТАКТНОЙ ЯВНОПОЛЮСНОЙ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ ОБМОТКИ РОТОРА

Клементьев А.В.

Новокаховский политехнический институт Херсонского национального технического университета
Украина, 74900, Новая Каховка Херсонской области, ул. Первомайская, 35
кафедра "Электрические машины и аппараты"

Запропоновані формулі, які зв'язують струм обмотки збудження збудника та ЕРС збудження обмотки статора безконтактної явнополюсної суміщеної синхронної машини зі змінною структурою обмотки ротора.

Предложеноны формулы, связывающие ток обмотки возбуждения возбудителя и ЭДС возбуждения обмотки статора бесконтактной явнополюсной совмещённой синхронной машины с переменной структурой обмотки ротора.

В настоящее время на этапе внедрения находятся совмещённые электрические машины с переменной (периодически изменяющейся) структурой обмотки ротора [1-4]. Машины такого типа имеют ряд неоспоримых преимуществ: существенно упрощается конструкция, уменьшаются габариты и масса, повышается технологичность в производстве, увеличивается надёжность. Такие преимущества, в частности, обусловлены тем, что обмотка ротора выполняет две функции: якорной обмотки возбудителя и обмотки возбуждения ротора. Это избавляет от необходимости укладывать на роторе две разнополюсные обмотки, что уменьшает трудоёмкость укладки, повышает использование меди и эксплуатационную надёжность.

Указанный эффект может быть реализован, например, путём выполнения обмотки ротора состоящей из отдельных самостоятельных частей КГ1÷КГ4.

В частях КГ1 - КГ4 при вращении ротора индуцируются ЭДС через поле постоянного тока I_b обмотки возбуждения возбудителя, расположенной на статоре. Если эти части соединить с переключающими устройствами П1÷П6, как показано на рис.1, то можно добиться эффекта возникновения однонаправленного тока обмотки ротора, если, например, переключать схемы соединений частей таким образом, чтобы при последовательном соединении частей КГ1 и КГ3 части КГ2 и КГ4 были соединены параллельно, и наоборот. Постоянная составляющая такого тока и будет являться током возбуждения машины I_f . В простейшем случае функции переключателей могут выполнить полупроводниковые диоды при их естественной коммутации. В этом случае кроме постоянной составляющей по обмотке ротора протекает переменная составляющая тока с частотой генерируемой в этой обмотке ЭДС i_{f1} . Остальные гармоники выражены слабо [2].

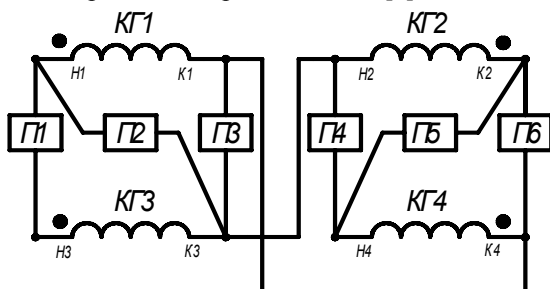


Рис. 1. Соединение самостоятельных частей обмотки ротора через переключающие устройства

В случае явнополюсных машин обмотку ротора можно представить в виде отдельных блоков (фаз). Каждый из блоков состоит из самостоятельных частей, соединённых по схеме рис.1 (рис.2, а, б). Тогда образуется вращающаяся МДС токов i_{f1} , неподвижная относительно статора, что в значительной степени уменьшает дополнительные потери в обмотке возбудителя [5, 6].

Исследование таких машин в первую очередь предполагает знание зависимости между значениями токов I_b и I_f . В работе [4] получены удовлетворительные результаты исследования этой зависимости для неявнополюсных машин:

$$I_b = \frac{\sqrt{(0,6 \cdot X_{af\delta 1} \cdot n_*)^2 + (20 \cdot \pi \cdot R_{KГ1} \cdot k_{\mu b})^2}}{\sqrt{2} \cdot X_{bf\delta 1} \cdot n_*} \cdot I_f, \quad (1)$$

где $X_{af\delta 1}$, $X_{bf\delta 1}$ - амплитудные значения собственного индуктивного сопротивления обмотки ротора и взаимного индуктивного сопротивления обмотки ротора и обмотки возбуждения возбудителя по первым гармоникам потокосцеплений без учёта насыщения магнитопровода; $k_{\mu b} \approx 1 + 2 \cdot \sqrt{k_{\mu 0} - 1}$, - коэффициент, учитывающий влияние насыщения магнитопровода машины на магнитную цепь возбудителя, $k_{\mu 0}$ - коэффициент насыщения магнитопровода машины в точке холостого хода при отсутствии поля тока обмотки возбуждения возбудителя, $R_{KГ1}$ - активное сопротивление самостоятельной части при расчётной температуре, Ом. Дальнейший анализ показал, что соотношение (1) с высокой степенью точности описывает связь токов I_b и I_f в явнополюсных машинах.

Второе слагаемое в подкоренном выражении соотношения (1) у явнополюсных машин значительно меньше первого (при относительных частотах вращения n_* , больших 0,5 и коэффициенте насыщения по воздушному зазору не более 1,4). Пренебрегая этим слагаемым и используя формулы расчёта указанных индуктивностей по [4] с учётом особенностей явнополюсных машин рассматриваемого типа, получаем следующее соотношение между токами I_b и I_f :

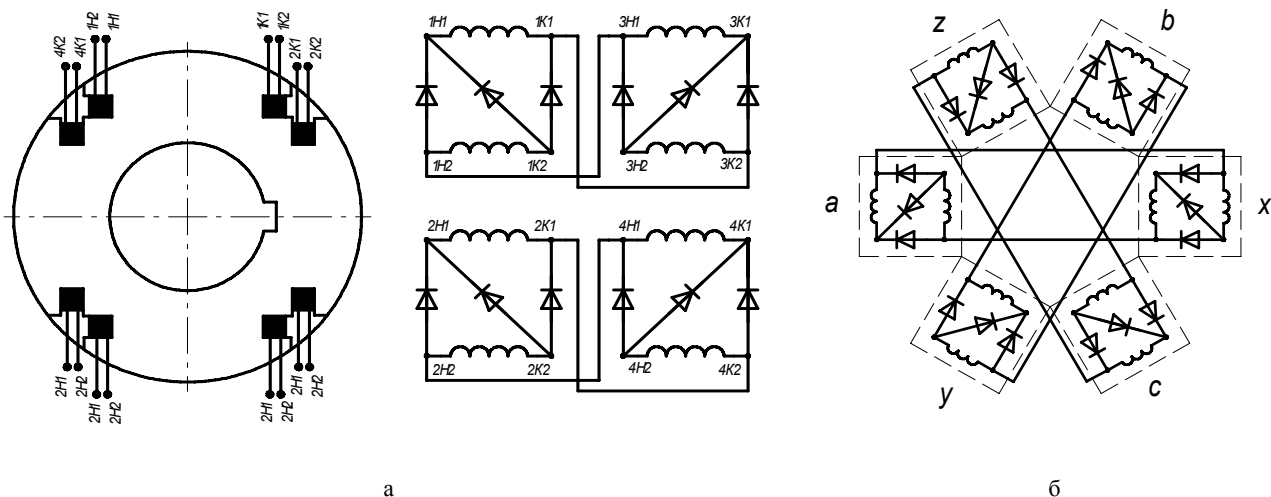


Рис. 2. Обмотка ротора с двухфазной (а) и трёхфазной (б) системами МДС токов i_{Γ}

$$I_b \cong \frac{w_f \cdot k_{fb}}{3 \cdot w_b \cdot k_b} \cdot I_f, \quad (2)$$

где w_f - число витков всей обмотки ротора, w_b - число витков обмотки возбуждения возбудителя, k_{fb} - коэффициент формы поля, имеющего полюсность возбудителя и создаваемого обмоткой ротора, k_b - коэффициент формы поля возбуждения возбудителя.

Соотношение (2) показывает, что связь между токами I_b и I_f не зависит ни от степени насыщения магнитопровода основным полем и полем возбуждения возбудителя, ни от частоты вращения ротора, т. е. ЭДС возбуждения исследуемой бесконтактной совмещённой машины прямо пропорциональна частоте вращения ротора. Кроме того, связь между токами I_b и I_f не зависит от величины воздушного зазора. Это подтвердили и результаты экспериментов, проведённых на пяти опытных образцах явнополюсных генераторов с различной геометрией, полюсностью и обмоточными данными при различных частотах вращения и напряжениях на зажимах статорной обмотки (ток I_b измерялся, а ток I_f рассчитывался).

Из зависимости (2) легко получить зависимость ЭДС возбуждения E_f от тока обмотки возбуждения возбудителя I_b :

$$E_f = \varphi(I_f) = \varphi\left(\frac{3 \cdot w_b \cdot k_b}{w_f \cdot k_{fb}} \times I_b\right). \quad (3)$$

Эта зависимость может быть установлена путем расчёта характеристики холостого хода машины. Использование зависимости (3) при расчётах по методике [4] позволяет не допускать погрешность более, чем 5% по сравнению с экспериментальными данными.

Указанные особенности обеспечивают преимущество рассматриваемых машин среди других бесконтактных машин с вращающимися выпрямителями и упрощают регулирование напряжения, например, ветрогенераторов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пат. № 2091965 Россия, МКИ Н 02 К 19/38. Бесконтактная синхронная электрическая машина / Клементьев А.В. и Бондарев В.Н. (Украина) - №94039814; Заявл. 24.10.94; Оpubл. 27.09.97, Бюл. №27. - 8 с.
- [2] Клементьев А.В., Олейников А.М. Особенности электромагнитных процессов в бесконтактном совмещённом генераторе с периодически изменяющейся структурой обмотки ротора // Электротехника. - 2000. - №3. - С. 22 - 25.
- [3] Китаев А.В., Клементьев А.В., Якимчук Г.С. Характеристики бесконтактного совмещённого синхронного генератора с периодически изменяющейся структурой обмотки ротора // Электричество. - 2004 г. - №7. - С. 34 - 38.
- [4] К методике расчета одного типа бесконтактного синхронного генератора / Клементьев А.В., Новокаховский политехнический институт. - Новая Каховка, 2003. - 16 с. - Рус. - Деп. в ГНТБ Украины 20.10.03, № 142 - Ук2003.
- [5] Патент № 50195 А, МКИ Н 02 К 19/38. Бесконтактна синхронна електрична машина // Клементьев О.В., Китаев О.В., Олейников О.М., Якимчук Г.С. (UA). - № 200117878; Заявл. 19.11.01; Оpubл. 15.10.02, Бюл. № 10. - 2 с.
- [6] Патент № 68582 А, МКИ Н 02 К 19/38. Бесконтактна синхронна електрична машина // Клементьев О.В., Китаев О.В., Якимчук Г.С. (UA). - № 2003087392; Заявл. 05.08.03; Оpubл. 16.08.04, Бюл. № 8, 2004 р. - 2 с.

Поступила 24.01.2005