

УДК 621.22-226

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОФАЗНЫХ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С ДРОБНЫМИ ЗУБЦОВЫМИ ОБМОТКАМИ

С. В. Пантелеев, А. Б. Менжинский, А. Н. Малашин

Военная академия Республики Беларусь, г. Минск

В Республике Беларусь и зарубежных странах в качестве перспективной рассматривается синхронная электрическая машина с дробными зубцовыми обмотками, которая имеет ряд достоинств, таких как высокая удельная мощность и крутящий момент, малая длина лобовых частей обмотки, уменьшенная высота ярма магнитопровода статора и ротора. Однако электрические машины такого класса имеют ряд нерешенных проблем, которые ограничивают возможные области их применения в генераторном режиме работы.

Из общей теории электромеханического преобразования энергии известно, что для обеспечения непрерывного преобразования энергии в электрической машине необходимо, чтобы действие электромагнитных сил (электромагнитного момента) не зависело от положения ротора [1]. Выполнение такого условия обеспечивает наибольшую электромагнитную мощность электрического генератора (двигателя) и преобразование механической энергии в электрическую (и обратно) с наилучшими энергетическими показателями [2].

В генераторном режиме работы электрической машины ток в обмотке статора взаимодействует с магнитным полем возбуждения (постоянных магнитов), обуславливая действие электромагнитной силы. То есть на каждый активный проводник обмотки статора, находящийся под полюсами электрического генератора, воздействует электромагнитная сила, закон изменения которой определяется распределением индукции магнитного поля возбуждения в воздушном зазоре и функцией изменения тока в проводнике [1]. Рассмотрим закон изменения электромагнитных сил, действующих в трехфазном синхронном электрическом генераторе с дробными зубцовыми обмотками (СЭГ с ДЗО), при его работе на активный выпрямитель напряжения (АВН). Схема электрической силовой цепи такой системы представлена на рис. 1.

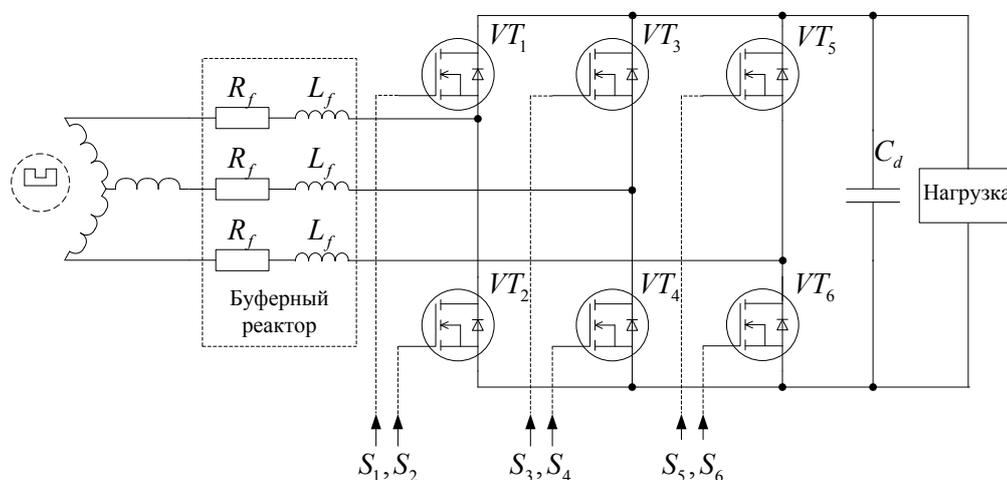


Рис. 1. Схема электрической силовой цепи системы
«трехфазный СЭГ с ДЗО – АВН»

На рис. 1 в каждый момент времени к нагрузке прикладываются линейные напряжения и в обмотке генератора протекают линейные токи, закон изменения которых аналогичен закону изменения напряжения (ЭДС). Подобие законов изменения напряжения (ЭДС) и токов применимо для данной схемы, поскольку одной из функций АВН является поддержание коэффициента мощности, близким к единице. Анализ гармонического состава ЭДС, индуцированной в трехфазном СЭГ с ДЗО несинусоидальным распределением вращающегося магнитного поля, показывает следующее. Функция фазной ЭДС является полигармонической, кроме первой гармоники она содержит высшие гармоники третьего, пятого и седьмого порядка. При этом третья гармоника является преобладающей из высших гармоник. Ее амплитуда составляет 12 % от первой. Однако функция линейной ЭДС является синусоидальной, как показано на рис. 2. За счет пространственного сдвига двух фаз на 120 электрических градусов амплитуда третьей гармоники ЭДС стремится к нулю.

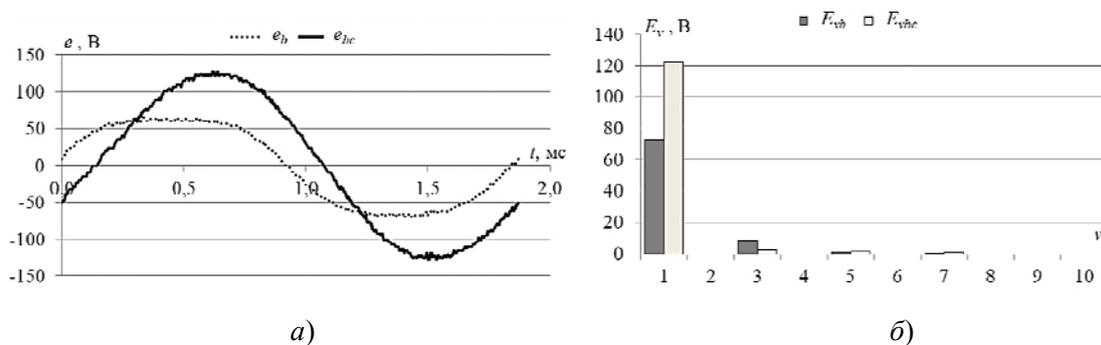


Рис. 2. Диаграммы ЭДС холостого хода трехфазного СЭГ с ДЗО:
а – временная; б – спектр временных гармоник

Считая, что активный проводник с током имеет протяженность вдоль оси машины, равную единице длины, и располагается в магнитном поле с радиальной составляющей индукции, определим электромагнитную силу, которая действует на этот проводник. Функции изменения индукции магнитного поля возбуждения B_r , линейного тока i_{ab} в обмотках и электромагнитной силы $F_{em.ab}$ имеют вид, представленный на рис. 3.

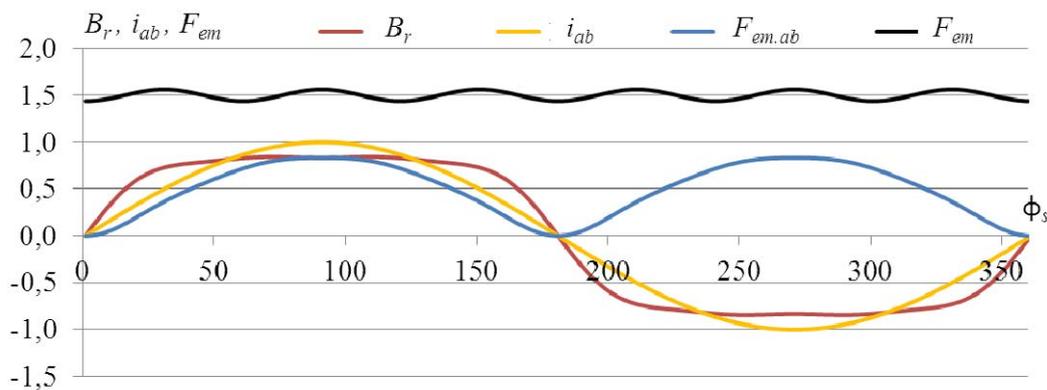


Рис. 3. Функции изменения индукции магнитного поля ПМ, линейного тока в обмотках и электромагнитной силы трехфазного СЭГ с ДЗО

Из рис. 3 видно, что в трехфазном СЭГ с ДЗО результирующая электромагнитная сила F_{em} существенно зависит от положения ротора, что обуславливает динамический электромагнитный момент. Таким образом, не в полной мере выполняется условие обеспечения непрерывного преобразования энергии в электрической машине.

Достижение постоянства электромагнитных сил и момента при изменении угла поворота ротора в СЭГ с ДЗО, работающего на АВН, представляется возможным, если обеспечить индуктирование в обмотках генератора трапецеидальных линейных ЭДС, близких к распределению в воздушном зазоре индукции магнитного поля возбуждения. Обеспечение полигармонического закона изменения линейных ЭДС электрических генераторов представляется возможным путем использования многофазных обмоток, число фаз которых является нечетным числом и больше трех.

Литература

1. Фираго, Б. И. Теория электропривода : учеб. пособие / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик. – Изд. 2-е. – Минск : Техноперспектива, 2007. – 585 с.
2. Копылов, И. П. Математическое моделирование электрических машин : учебник / И. П. Копылов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2001. – 327 с.

УДК 621.311.24:621.311.25:621.311.26

АДАПТИВНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНОГО СИЛОВОГО ФИЛЬТРА

Р. Е. Первененок, А. Л. Сицко

Военная академия Республики Беларусь, г. Минск

Ухудшение качества электрической энергии, вызванное увеличением уровня высших гармоник тока и напряжения, становится серьезной проблемой для систем электроснабжения. Источником высших гармоник тока и напряжения является электрическая нагрузка с нелинейной вольт-амперной характеристикой, к числу которых относятся многие современные энергосберегающие устройства.

Качество электрической энергии оказывает отрицательное влияние на систему электроснабжения, так как при несоответствии показателей требованиям приводит к износу электрооборудования и нарушению работы специальной вычислительной техники.

Анализ литературы [1], посвященной вопросу повышения качества электрической энергии, показал, что широкое распространение получили такие устройства повышения качества электрической энергии, как пассивные, активные и гибридные (активно-пассивные) фильтры. Пассивные фильтры являются наиболее экономически выгодными устройствами, так как требуют небольших затрат для их производства, но имеют ряд недостатков, связанных с возможностью возникновения резонанса в параллельном колебательном контуре, образуемого пассивным фильтром и системой электроснабжения на частотах, близких частотам высших гармоник. Гибридные фильтры имеют существенный недостаток, заключающийся в том, что выходной ток (или напряжение), выдаваемый в противофазе с высшей гармонической составляющей сетевого тока (напряжения), не совпадает с ней по форме (в силу специфики работы инвертора), в результате чего в спектре сетевого тока (напряжения) появляются дополнительные гармонические составляющие. Кроме того, активная часть гибридного фильтра отличается повышенной сложностью алгоритмов управления и большими аппаратными затратами, необходимыми для ее реализации. В связи с этим