

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВЫПРЯМИТЕЛЯ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ДЛЯ ГРУППОВОГО ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Введение. В последние годы наблюдается повышенный интерес к созданию и исследованию асинхронных частотно-регулируемых приводов (ЧРП). Одним из перспективным является двухзвенный преобразователь частоты с автономным инвертором напряжения (АИН-ШИМ). В качестве входного звена используется общий рекуперативный выпрямитель с n -инверторами АИН-ШИМ. Каждый привод в многодвигательном электроприемнике (например кран) запитывается от отдельного инвертора. Рекуперативный выпрямитель, работающий в 4-х квадрантах механической характеристики, получил название 4q-S преобразователь. Включение управляемых ключей преобразователя осуществляется синхронно с соответствующими диодами, т.е. преобразователь становится «прозрачным» и обмен энергией происходит в зависимости от разности напряжения питающей сети и конденсатора. Использование в качестве входного звена активного выпрямителя с коррекцией коэффициента мощности требует повышения напряжения в звене выпрямления на 30-50% выше по сравнению с использованием 4q-S преобразователя в режиме «прозрачного», а также установку реактора $\approx 30\% U_{кз}$ трансформатора, что, несмотря на коррекцию коэффициента мощности, вызывает дополнительные капиталовложения и эксплуатационные расходы.

Постановка задач исследования. Возникает необходимость в аналитическом и численном исследовании работы 4q-S преобразователя в режиме «прозрачного» для устранения указанного выше недостатка.

Материалы исследования. Источником питания для 4q-S преобразователя является трехфазный источник симметричной системы синусоидальных напряжений. Питающая сеть задается активным сопротивлением ($R_s=R_a=R_b=R_c$) и индуктивностью ($L_s=L_a=L_b=L_c$). Дополнительно вносятся в состав эквивалентного активного фазного сопротивления питающей сети активные сопротивления открытых диодов VD1 - VD6, или IGBT транзисторов $R_{он} = 10^{-3}$ Ом. Для снижения потерь и обеспечения надежной работы ключей используются снаберы (snubbers). В качестве снабера применяется цепь, состоящая из последовательно включенных сопротивления ($R_s=10^3$ Ом) и конденсатора ($C_s=10^{-5}$ Ф). Емкость конденсатора в звене постоянного тока составляет 20×10^3 мкФ. В связи с тем, что рассматриваются процессы энергообмена питающая сеть- «прозрачный» преобразователь, АИН и двигатель заменены источником тока в режиме потребления или в режиме генерации. Высокочастотные пульсации тока не учитываем. Максимальный ток источника тока (I_{max}), определим из перегрузочной способности инвертора.

За базисные условия принимаем

$$S_B = S_{ПЧ}, U_B = U_{дф}.$$

где $S_{ПЧ}$ - мощность преобразователя частоты,

$U_{дф}$ - действующее фазное напряжение.

Сопротивления питающей сети были приведены к базисным условиям.

Условно положительное направление тока соответствует режиму работы схемы как выпрямителя и отображают процесс преобразования энергии сети переменного тока в энергию постоянного тока на выходе. Условно отрицательное направление тока соответствует режиму работы схемы при рекуперации и отображают процесс передачи постоянного тока в питающую сеть.

Трехфазный мостовой рекуперативный выпрямитель формирует на своем выходе пульсирующее ЕДС. Данное ЕДС по своему текущему значению и форме соответствует выпрямленному напряжению трехфазной мостовой схеме неуправляемого выпрямителя во внекоммутационном интервале $e_d(t)$, рис. 1[1]. Ток в данной схеме протекает через два ключа, один из которых относится к анодной другой к катодной группе. В коммутационном интервале, рекуперативный выпрямитель формирует на своем выходе резкий скачок ЭДС $e_{dcom}(t)$, который характеризуется углом β , рис. 1. Ток во время коммутации проходит через три ключа. Особый интерес представляет коммутация IGBT транзисторов.

При заданных параметрах питающей сети угол коммутации зависит от тока нагрузки. При рекуперативном торможении угол коммутации уменьшается в 2,5-3 раза по сравнению с тем же током в выпрямительном режиме.

Из-за наличия в «прозрачном» преобразователе диодов, IGBT-транзисторов схема имеет переменную структуру. Аналитическое решение полученной системы уравнений вызывает затруднения. Поэтому используем следующие допущения: величина выходной емкости конденсатора в звене выпрямления достаточно велика и переменной составляющей напряжения можно пренебречь. Конденсатор заменен источником противо-ЭДС (U_n), пульсациями пренебрегаем. Нагрузка заменена активным сопротивлением [2].

Таким образом, были получены системы дифференциальных уравнений. Решены эти системы классическим методом.

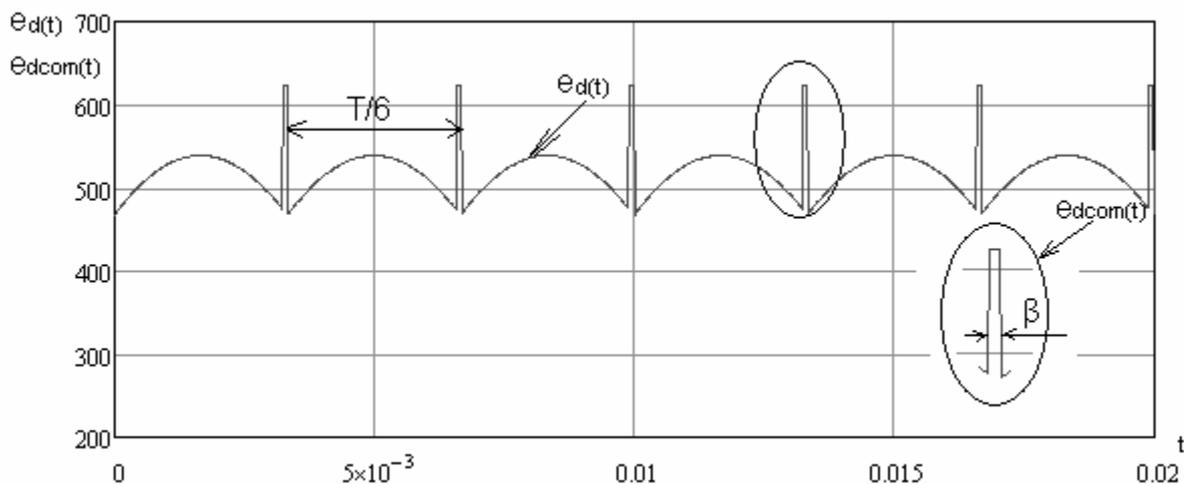


Рис. 1 Выходное напряжения 4q-S преобразователя в режиме «прозрачного».

Параллельно было выполнено численное моделирование в MatLab/Simulink. Напряжение противо-ЭДС (U_n) варьировалось от минимального значения 466.7 В (при выпрямлении) до максимального 538.8 В (при рекуперации) во внекоммутационном интервале [2].

Среднее напряжение в звене выпрямления:

$$U_{dcp} = 2.34 \cdot U_{дф} = 2.34 \cdot 220 = 514.8 В$$

Если $U_n < U_{dcp}$ то идет процесс потребления электроэнергии, если $U_n > U_{dcp}$ то идет процесс отдачи электроэнергии в питающую сеть.

При моделировании использовался шаг интегрирования $5 \cdot 10^{-6}$ секунд, численный метод решения ode 23s(stif/ Mod. Rosenbrok).

На рис. 2 показан график тока полученный численным моделированием и аналитически для $U_n = 528.5 В$ (при рекуперации).

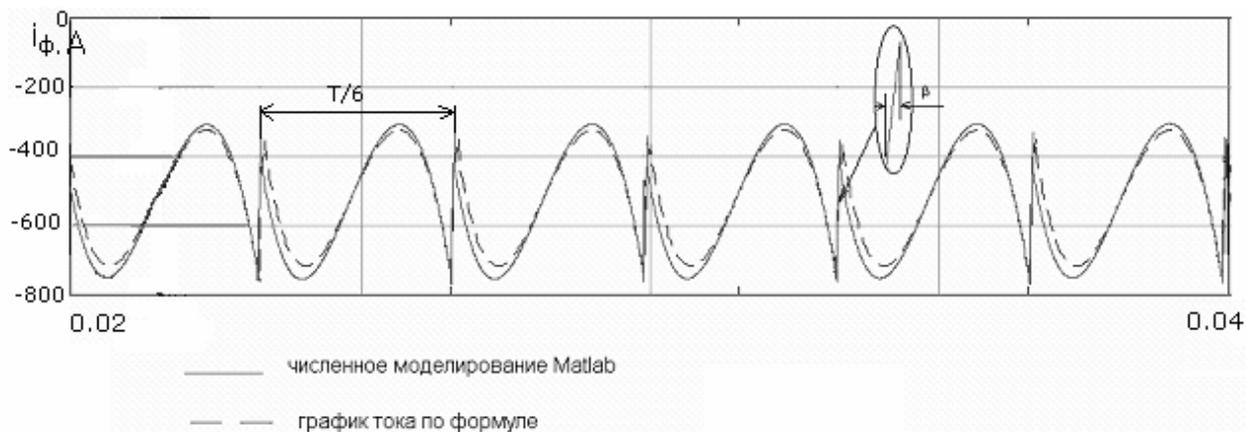


Рис. 2 График тока после «прозрачного» преобразователя (i_ϕ) полученного численным моделированием и по формуле.

Вывод. Таким образом, можно сделать вывод, что погрешность модели не превышает 5%. Так как модель работает с достаточно низкой погрешностью, то может быть использована для более сложных расчетов заменив противо-ЭДС емкостью конденсатора в звене выпрямления, а сопротивления источником тока в режиме потребления или генерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков А.В., Пивняк Г.Г. Современные частотно-регулируемые асинхронные электроприводы с широтно-импульсной модуляцией.- Днепропетровск. 2006. - 421стр.
2. Андриенко П.Д., Немыкина О.В. Анализ электромагнитных процессов выпрямительно-инверторного преобразователя на математической модели //Техн. електродинаміка Тем. вип. Силова електроніка та енергоєфективність Ч.1 2004.- С.122-125.