

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТОКА ИСТОЧНИКА ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ НАПРЯЖЕНИЯ ЗВЕНА ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ В СИСТЕМЕ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ

В работах [1-3] рассматривается применение составной схемы преобразователя частоты (ПЧ) на основе автономного инвертора напряжения (АИН) и импульсного преобразователя повышающего типа (ИП), обладающего двусторонней проводимостью для обеспечения режима рекуперации энергии электропривода в аккумуляторную батарею (АБ). Одним из достоинств работы такой схемы является возможность регулирования напряжения в звене постоянного тока ПЧ (на входе АИН) с помощью ИП. В этом случае повышение энергетической эффективности электропривода возможно за счет комбинированного формирования напряжения на статоре [3] синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ) или асинхронного двигателя (АД).

При использовании электропривода с векторной системой управления [3] к регулированию напряжения в звене постоянного тока ПЧ с ИП предъявляются жесткие требования по быстродействию. Рассмотренная в [3] двухканальная структура системы с регулированием активных величин двигателя в первом канале и реактивных величин во втором канале имеет общий внутренний контур регулирования напряжения в звене постоянного тока ПЧ. Для такой структуры применение канала компенсации статизма [3, 4] позволяет увеличить быстродействие в переходной функции момента на скоростях вращения близких к номинальной.

При этом в работе [3] доказано, что канал компенсации статизма не должен обеспечивать условия полной или частичной инвариантности. Статизм системы регулирования напряжения звена постоянного тока ПЧ компенсируется за счет внешних контуров регулирования активной и реактивной составляющей тока статора. Недостатком предложенного метода компенсации статизма [3, 4] является использование датчика тока непосредственно на входе АИН. Это приводит к увеличению монтажной индуктивности на входе АИН, что недопустимо.

Поскольку датчик тока на входе АИН использовался для идентификации тока источника в канале компенсации статизма по активной мощности звена постоянного тока ПЧ, то в формировании канала компенсации статизма можно применить информацию о потребляемой активной мощности двигателя из системы векторного управления.

Цель работы: идентификация тока источника для компенсации статизма в регулировании выходного напряжения ИП без датчика тока на входе АИН в системе векторного управления двигателя переменного тока.

Результаты работы. В соответствии с балансом мощностей ИП [4] датчик тока на входе АИН позволяет рассчитать значение активной составляющей тока АБ, с помощью которого формируется канал компенсации статизма по формуле:

$$I_{AB(a)} \approx I_d \frac{U_d}{U_{AB}}, \quad (1)$$

где I_d – ток на входе АИН; U_d – напряжение постоянного тока ПЧ; U_{AB} – напряжение АБ.

Вместо выражения (1) предлагается использование информации об активной мощности, потребляемой АД, из системы векторного управления, которая отличается от мощности в звене постоянного тока на КПД АИН, значение которого не менее 98%:

$$I_{AB(a)} \approx \frac{P_{1АД}}{U_{AB}}, \quad (2)$$

где $p_{1АД} = 1.5 U_{sm}^* I_{SAm}^*$ – активная мощность, потребляемая АД; U_{sm}^* – заданное значение амплитуды фазного напряжения статора двигателя; I_{SAm}^* – заданное значение амплитуды активной составляющей тока статора двигателя.

На рис.1 представлена структура системы автоматического регулирования напряжения в звене постоянного тока ПЧ с использованием предложенного канала компенсации статизма (2). На ней узел блокирования импульсов (УБИ) осуществляет раздельное управление транзисторами ИП в зависимости от режима работы электропривода. Регулирование внутреннего контура регулирования тока АБ осуществляется с помощью релейного элемента (РРТ), формирующего амплитуду пульсаций тока АБ. Во внешнем контуре регулирования выходного напряжения ИП (входного напряжения АИН) используется пропорциональный регулятор (РН). При этом ошибка в регулировании данной величины уменьшается за счет использования канала компенсации статизма (2), формирующегося из системы векторного управления двигателем переменного тока. Задание контура регулирования выходного напряжения ИП формируется внешними контурами векторной системы управления в соответствии с заданным значением напряжения на статоре двигателя переменного тока.

На рис.2 представлены переходные процессы регулирования момента в области номинального значения частоты вращения ротора (напряжение в звене постоянного тока в области номинальных значений) для двух вариантов выполнения каналов компенсации статизма, определяющихся выражениями (1-2).

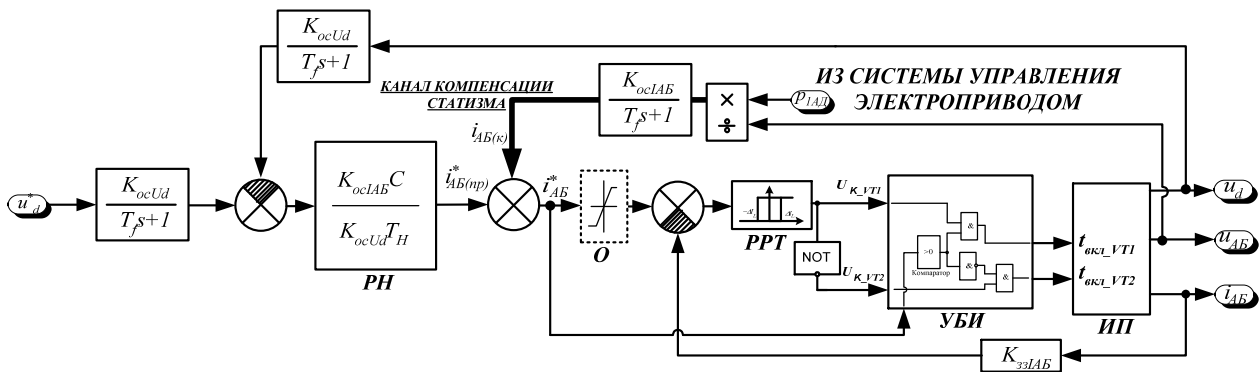


Рис.1 Структурная схема системы регулирования напряжения в звене постоянного тока ПЧ

На рисунке [4]: РН – регулятор напряжения; РРТ – релейный регулятор тока; УБИ – узел блокирования импульсов (раздельное управление транзисторами ИП); О – ограничитель.

При этом исследовался электропривод со следующими параметрами: ЭДС АБ $E_{AB}=130$ В; внутреннее сопротивление АБ $R_{AB}=0.07$ Ом; внутреннее активное сопротивление, индуктивность и емкость импульсного преобразователя $R_{ИП}=0.035$ Ом, $L=2.5$ мГн, $C=2$ мФ; допустимые пульсации тока АБ $\Delta I_{AB}=10$ А; постоянная времени регулятора напряжения в звене постоянного тока ПЧ $T_H=1.5$ мс; частота ШИМ в автономном инверторе напряжения $f_{\mu}=4$ кГц (векторная ШИМ); АД ВРП180М8 с $P_{НОМ}=15$ кВт, частотой вращения ротора $n_{НОМ}=722$ об/мин, постоянной времени рассеивания статора $(\sigma T_s)=9.6$ мс, активным сопротивлением статора $R_s=0.45$ Ом.

Поскольку АД вместе с СРН характеризуются существенными нелинейностями, аналитический синтез системы векторного управления затруднителен. В этом случае можно воспользоваться описанием переходных функций момента, полученных путем моделирования системы.

Полученная переходная функция момента с каналом компенсации статизма (2) в сравнении с использованием канала компенсации статизма (1) характеризуется уменьшенным временем первого согласования (рис.2) при одинаковом перерегулировании. Объясняется это использованием в канале компенсации статизма заданных значений соответствующих величин, создающих упреждающий канал компенсации статизма.

Выводы: использование канала компенсации статизма в виде идентифицированного значения тока источника по сигналу активной мощности АД, позволяет исключить датчик тока на входе АИН в системе управления, а также несколько повысить быстродействие контура регулирования момента при комбинированном формировании напряжения статора; предложенная структура также может быть использована в электроприводе с СДПМ.

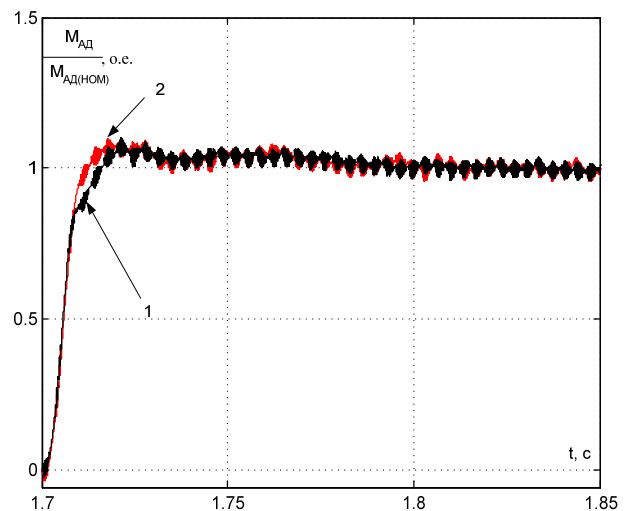


Рис.2. Результаты моделирования реакции системы векторного управления на скачкообразное изменение сигнала задания момента АД:

- 1 – компенсация статизма с использованием тока I_d (1) без учета коммутационных процессов в ключах АИН;
- 2- компенсация статизма (2) с использованием активной мощности АД

Литература

1. Matsumoto S. (TOYOTA MOTOR CORPORATION), *Advancement of hybrid vehicle technology*/ S. Matsumoto. 11th European Conference on Power Electronics and Application EPE, Dresden, 2005.
2. Olszewski M. Annual Progress Report for the Power Electronics and Electric Machinery Program/ M. Olszewski // OAK ridge national laboratory, Tennessee, U.S. Department of energy. – November, 2005. – P.182.
3. Шавелкин А.А. Повышение быстродействия при регулировании момента в частотно-регулируемом тяговом асинхронном электроприводе с питанием от аккумуляторной батареи / А.А. Шавелкин, Д.Н. Мирошник / *Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Тем. вип. «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика»*.- Кременчук: КрНУ.- Вип. 3/2012 (19). - С.302-304.
4. Шавелкин А.А. Компенсация статизма при регулировании выходной напряжения импульсного преобразователя, что повышает напряжение джелеза/ А.А. Шавелкин, Д.Н. Мирошник// *Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал*. – Кременчук: КНУ. - 2011. – Випуск 3/2011(15). – С. 36-40.