

Донбасская государственная машиностроительная академия

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В СИНХРОННЫХ ОСЯХ С ТЕМПЕРАТУРНОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ РОТОРА

Приведены принципы построения математической модели асинхронного двигателя в системе координат, вращающейся относительно статора двигателя с синхронной скоростью. Данная система координат наиболее подходит при построении систем векторного регулирования асинхронным электроприводом на основе преобразователей частоты с широтно-импульсной модуляцией. Рассмотрена методика определения динамического значения потокосцепления в роторе, изменяющегося в процессе работы асинхронного двигателя из-за нагрева обмотки.

Наведені принципи побудови математичної моделі асинхронного двигуна в системі координат, що обертається відносно статора з синхронною швидкістю. Ця система координат найбільш сприятлива при побудові систем векторного регулювання асинхронним електроприводом на основі перетворювача частоти з широтно-імпульсною модуляцією. Розглянуто методику визначення динамічного значення потокосцеплення в роторі, що змінюється в процесі роботи асинхронного двигуна через нагрів обмотки.

Principles of the asynchronous motor mathematical model building in the coordinate system, revolving relative to motor stator with synchronous velocity are demonstrated. This coordinate system is most appropriate at building of the vector regulation asynchronous electric drive on base of the frequency converters with width-pulse modulation. Methods of the rotor interlinkage dynamic quantity determination changing in process of the working the asynchronous motor at heating windings are considered.

При построении микропроцессорной системы управления асинхронным электроприводом с преобразователем частоты с широтно-импульсной модуляцией выходного напряжения [3] задание амплитуды U_m и частоты ω_0 выходного напряжения преобразователя предпочтительно осуществлять не в виде тригонометрических функций, а в виде цифрового сигнала.

Следовательно, при моделировании асинхронного двигателя с векторным управлением целесообразнее использовать систему координат, в которой амплитуда и частота напряжения, приложенного к статорным обмоткам, присутствуют в явном виде. Такой системой координат является система $(u - v)$, которая вращается относительно статора двигателя с синхронной скоростью ($\omega_k = \omega_0$). Вычислительные операции для выявления ненаблюдаемых координат двигателя здесь также существенно упрощены из-за отсутствия в статорных и роторных переменных гармонических составляющих [2].

Построим математическую модель двигателя АИР54А4У3 с параметрами: $P_n = 120$ Вт; $f_n = 50$ Гц; $\Delta/Y = 220 / 380$ В; $I_n = 0,76 / 0,44$ А; $n = 1350$ об/мин; $\cos\phi = 0,66$; КПД = 0,63; $J = 0,0007$ кг·м²; $M_c = 0,85$ Н·м.

Необходимые для построения модели данные вычислим с помощью известной методики, изложенной в [1]. Активные сопротивления фазных обмоток статора и ротора $R_s = 27,2192$ Ом; $R_r = 3,0885$ Ом; индуктивности обмоток статора и ротора – $L_s = 0,8977$ Гн; $L_r = 0,8977$ Гн; взаимная индуктивность – $L_m = 0,8753$ Гн.

На рис.1 представлена структурная схема математической модели асинхронного двигателя в неподвижной относительно поля статора системе координат $(u - v)$.

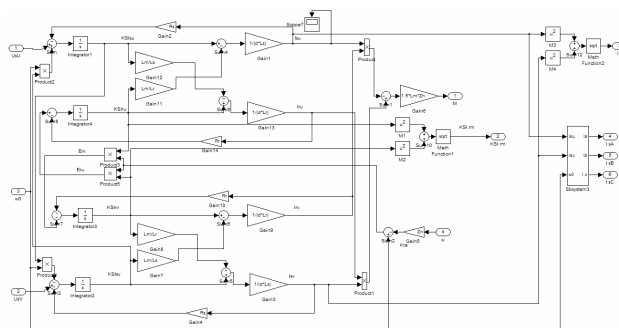


Рис.1. Структурная схема асинхронного электродвигателя в системе координат $(u - v)$

Переход от эквивалентных токов по осям u и v к фазным токам статорных можно выполнить следующим образом:

$$\begin{aligned} i_A &= i_{su}, \\ i_B &= -0,5 \cdot i_{su} + 0,866 \cdot i_{sv}, \\ i_C &= -0,5i_{su} - 0,866 \cdot i_{sv}, \\ i_{s\alpha} &= i_{su} \cos \omega_0 t - i_{sv} \sin \omega_0 t, \\ i_{s\beta} &= i_{su} \sin \omega_0 t + i_{sv} \cos \omega_0 t. \end{aligned} \quad (1)$$

Наиболее сильное влияние на работоспособность электропривода оказывает температурное изменение активного сопротивления и потокосцепления роторной обмотки. Если не учесть этого в процессе эксплуатации, то вращающаяся система координат будет ориентирована по направлению вектора потокосцеп-

ления ротора со значительной ошибкой, угловое рас- согласование более, чем в 0,087 рад (5°) приводит к потери работоспособности системы векторного управления электроприводом. Учесть это изменение путем прямой индикации текущего значения R_r не представляется возможным. Поэтому для компенса- ции температурного изменения R_r осуществляется двойное вычисление составляющих вектора потокос- сцепления ротора Ψ_r по уравнениям статорной и ро- торной цепей двигателя с дальнейшим вычислением температурной ошибки [2].

Потокосцепления ротора Ψ_{ra} , $\Psi_{r\beta}$ для холодного состояния двигателя вычислим по уравнениям[2]:

$$\Psi_{ra} = \frac{L_r}{L_m} \frac{1}{p} [U_{sa} - (\sigma T_s p + 1) R_s i_{sa}]$$

$$\Psi_{r\beta} = \frac{L_r}{L_m} \frac{1}{p} [U_{s\beta} - (\sigma T_s p + 1) R_s i_{s\beta}] \quad (2)$$

По мере нагревания роторной обмотки вследст- вие токовой нагрузки ошибка вычислений по этим выражениям нарастает, поэтому необходимо вычис- лить составляющие потокосцепления ротора на осно- ве уравнений роторной цепи в координатах (d-q), да- лее необходимо произвести перевод в систему коор- динат (u-v):

$$\Psi_{rd} = \frac{L_m}{T_r p + 1} \left(i_{sa} \cos \frac{\omega}{p} - i_{s\beta} \sin \frac{\omega}{p} \right)$$

$$\Psi_{rq} = \frac{L_m}{T_r p + 1} \left(i_{sa} \sin \frac{\omega}{p} + i_{s\beta} \cos \frac{\omega}{p} \right) \quad (3)$$

Полная структурная схема для вычисления кор- ректирующего сигнала потокосцепления ротора при- ведена на рис. 2,а результаты, полученные при моде- лировании в MATLAB, на рисунках 3 и 4.

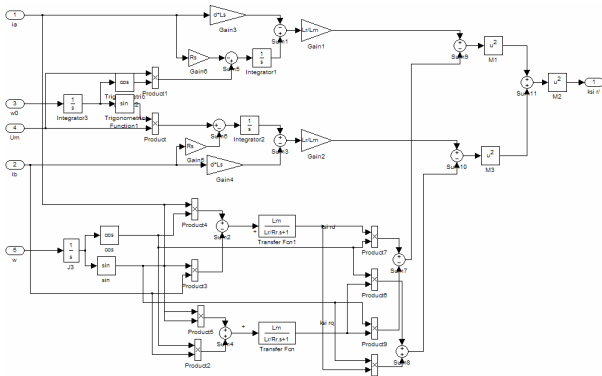


Рис.2. Полная модель для вычисления уточненного пото- косцепления ротора

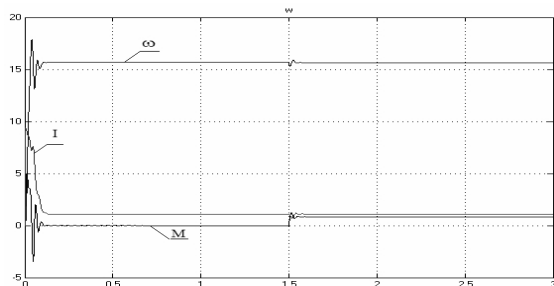


Рис.3. Графики момента, скорости и тока двигателя

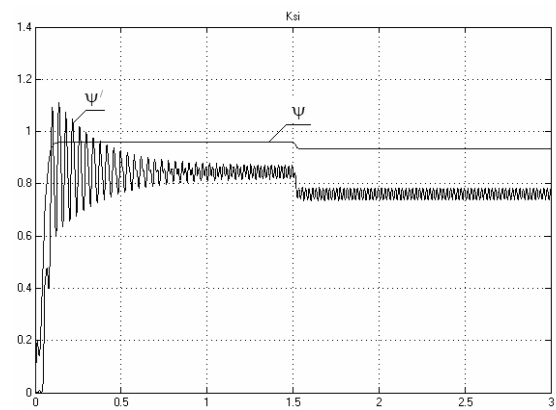


Рис.4. Графики пото- косцепления двигателя

Таким образом, была построена модель асин- хронного двигателя в системе координат (u – v) с компенсацией температурного изменения пото- косцепления ротора, которая может быть использована для построения векторной системы управления с воз- можностью более точного регулирования.

Список использованной литературы

1. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделиро- вание полупроводниковых систем: Учебное пособие / С.Г. Герман-Галкин. – СПб.: Корона принт,2001. – 320 с.
2. Козярук А.Е. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируе- мых электроприводов / А.Е. Козярук, В.В. Рудаков – СПб., 2004. –127 с.
3. Квашнин В. О. Разработка и исследование ре- гулируемого асинхронного электропривода на основе преобразователя частоты с широтно-импульсной модуляцией /В.О. Квашнин, Ю.Н. Чередник // Наук. праці Донецьк. Нац.техн. ун-ту. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ». – 2011. – Вип.11(186). – С. 174-177.

Получено 07.07.2011



Квашнин Валерий Олегович,
к.т.н., доц. каф. ЭСА
Донбасск. гос.
машиностр. акад.
г. Краматорск,84300
ул. Катеринича 1/36
тел. 06264 3-26-87



Чередник Юлия Николаевна,
асп. каф. ЭСА
Донбасск. гос.
машиностр. акад.,
г. Дружковка,
ул. Космонавтов 42/56
тел. 099 65-69-572