

УДК 621.313

В. О. Квашнин, канд. техн. наук,

Ю. Н. Чередник

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

Аннотация. 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.

В. О. Квашнин, канд. техн. наук,

Ю. М. Чередник

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА В СИНХРОННИХ ОСЯХ З ТЕМПЕРАТУРНОЮ КОМПЕНСАЦІЄЮ ЗМІНИ ПОТОКОЗЧЕПЛЕННЯ РОТОРА

Анотація. 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 потокозчеплення в роторі, що змінюється в процесі роботи асинхронного двигуна через нагрів обмотки.

V. O. Kvashnin, PhD,

J. N. Cherednik

CONSTRUCT A MATHEMATICAL MODEL OF ASYNCHRONOUS SYNCHRONOUS MOTOR AXES WITH TEMPERATURE COMPENSATION CHANGES THE ROTOR FLUX LINKAGE

Abstract. 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;

$\cos\varphi = 0,66$; 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 $(u - v)$.

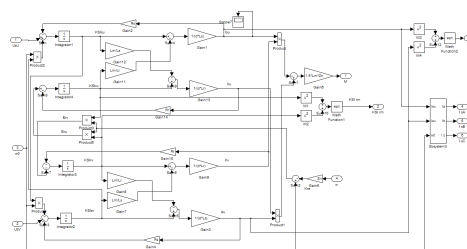


Рис.1. Структурная схема асинхронного электродвигателя в системе координат $(u - v)$

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

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

Наиболее сильное влияние на работоспособность электропривода оказывает температурное изменение активного сопротивления и потокоцепления роторной обмотки. Если не учесть этого в процессе эксплуатации, то вращающаяся система координат будет ориентирована по направлению вектора потокоцепления ротора со значительной ошибкой, угловое расхождение более, чем в $0,087$ рад (5°) приводит к потере работоспособности системы векторного управления электроприводом. Учесть это изменение путем прямой индикации текущего значения R_r не представляется возможным. Поэтому для компенсации температурного изменения R_r осуществляется двойное вычисление составляющих вектора потокоцепления ротора Ψ_r по уравнениям статорной и роторной цепей двигателя с дальнейшим вычислением температурной ошибки [2].

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

$$\begin{aligned} \Psi_{r\alpha} &= \frac{L_r}{L_m} \frac{1}{p} [U_{\alpha\alpha} - (\sigma T_s p + 1) R_s i_{\alpha\alpha}], \\ \Psi_{r\beta} &= \frac{L_r}{L_m} \frac{1}{p} [U_{\beta\beta} - (\sigma T_s p + 1) R_s i_{\beta\beta}]. \end{aligned} \quad (2)$$

По мере нагревания роторной обмотки вследствие токовой нагрузки ошибка вычислений по этим выражениям нарастает, поэтому необходимо вычислить составляющие потокоцепления ротора на основе уравнений роторной цепи в координатах (d-q), далее необходимо произвести перевод в систему координат (u-v):

$$\begin{aligned} \Psi_{rd} &= \frac{L_m}{T_r p + 1} \left(i_{\alpha\alpha} \cos \frac{\omega}{p} - i_{\beta\beta} \sin \frac{\omega}{p} \right), \\ \Psi_{rq} &= \frac{L_m}{T_r p + 1} \left(i_{\alpha\alpha} \sin \frac{\omega}{p} + i_{\beta\beta} \cos \frac{\omega}{p} \right). \end{aligned} \quad (3)$$

Полная структурная схема для вычисления корректирующего сигнала потокоцепления ротора приведена на рис. 2,а результаты, полученные при моделировании в MATLAB, на рисунках 3 и 4.

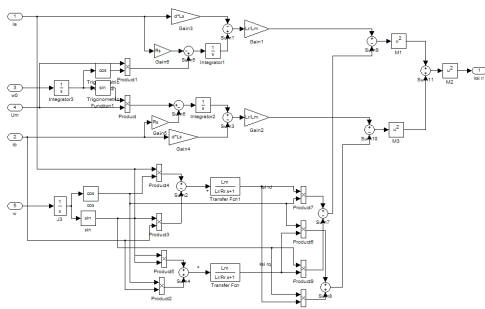


Рис.2. Полная модель для вычисления уточненного потокоцепления ротора

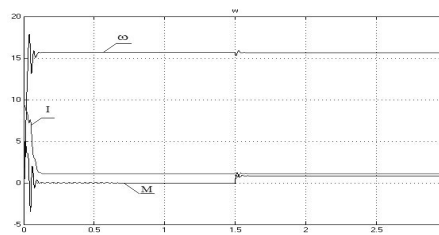


Рис.3. Графики момента, скорости и тока двигателя

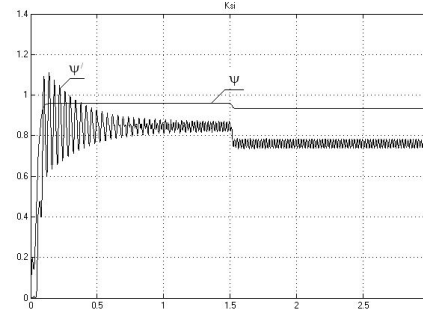


Рис.4. Графики потокоцепления двигателя

Таким образом, была построена модель асинхронного двигателя в системе координат ($u - v$) с компенсацией температурного изменения потокоцепления ротора, которая может быть использована для построения векторной системы управления с возможностью более точного регулирования.

Список использованной литературы

1. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем: Учебное пособие / С.Г. Герман-Галкин. – СПб.: Корона принт, 2001. – 320 с.
2. Козярук А.Е. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов / А.Е. Козярук, В.В. Рудаков – СПб., 2004. – 127 с.
3. Квашнин В. О. Разработка и исследование регулируемого 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

