

Благодаров К.Е.

Научный руководитель – Матрунчик Ю.Н., старший преподаватель

В рамках работы рассматривается математическая модель сервопривода узла непрерывной резки «Flying Saw» (рус. «летающая пила»). Математическая модель позволяет эффективно перенастраивать технологический узел резки профильного металла, а также за счёт уточнённого анализа улучшить результаты модернизации оборудования.

Модель включает в себя такие компоненты как, синхронный двигатель постоянными магнитами, АС-DC-АС преобразователь (частотный преобразователь напряжения), контроллер векторного управления. В целом вышеописанное образует каскадную САУ с двумя обратными отрицательными связями по току и по скорости. В качестве регуляторов САУ, выбраны ПИ-регуляторы.

Модель синхронного двигателя с постоянными магнитами состоит из механической и электрической систем, Альфа-Бета-Нуль преобразования, Прямого-Квадратурного преобразования.

В СДПМ основное магнитное поле создается постоянными магнитами. Эти магниты расположены на роторе. Результирующий магнитный поток является постоянным во времени, при условии, что токи статора не влияют (реакция якоря отсутствует). В действительности ток состояния порождает собственное магнитное поле, воздействующее на исходное, которое называется реакцией якоря. Электрическая система описывается уравнениями напряжений в dq -осях и уравнением электромагнитного момента [1]

$$v_d = R i_d + \frac{d\lambda_d}{dt} - \omega_r \lambda_q$$

$$v_q = R i_q + \frac{d\lambda_q}{dt} - \omega_r \lambda_d$$

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{P}{2} (\lambda_m i_q + (L_d - L_q) i_d i_q)$$

где $\lambda_q = L_q i_q$ и $\lambda_d = L_d i_d + \lambda_m$, λ_m – потокосцепление постоянного магнита.

Уравнения электрической системы в форме состояния пространства

$$\frac{di_d}{dt} = \frac{1}{L_d} (-R_d i_d + L_q \omega_e i_q + v_d)$$

$$\frac{di_q}{dt} = \frac{1}{L_d} (-R_q i_q - L_d \omega_e i_d - \omega_e \lambda_m + v_q)$$

Математическая модель уравнений напряжения и электромагнитного двигателя в среде Simulink представлена на рисунках 1 и 2 соответственно.

Механическую систему описывает уравнение угловой скорости на валу [1].

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{1}{J} (T_e - T_L - B\omega_e)$$

Модель последнего изображена на рисунке 3.

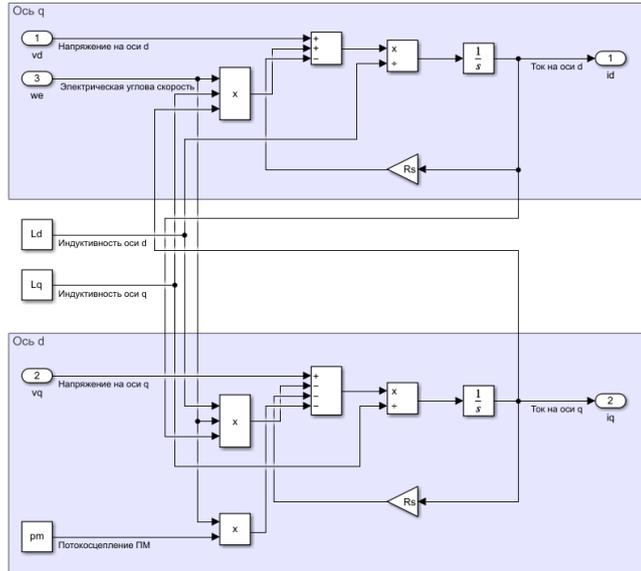


Рис.1. Модель электрической системы синхронного двигателя с постоянными магнитами

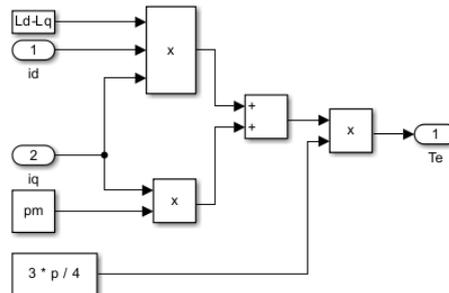


Рис.2. Модель уравнения электромагнитного момента синхронного двигателя с постоянными магнитами

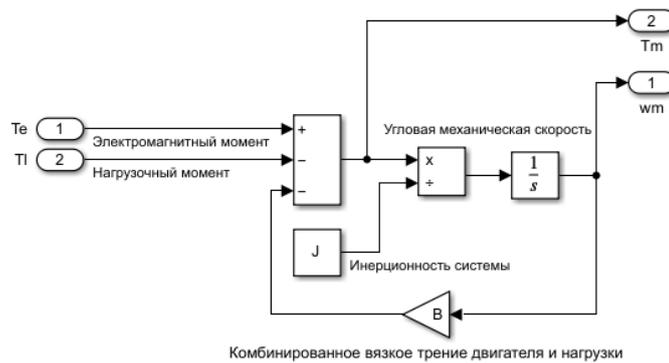


Рис.3. Модель уравнения момента на валу синхронного двигателя с постоянными магнитами

Таким образом модель двигателя представлена следующим образом (рис. 4). Здесь проинтегрировав скорость вращения, получен угол поворота вала.

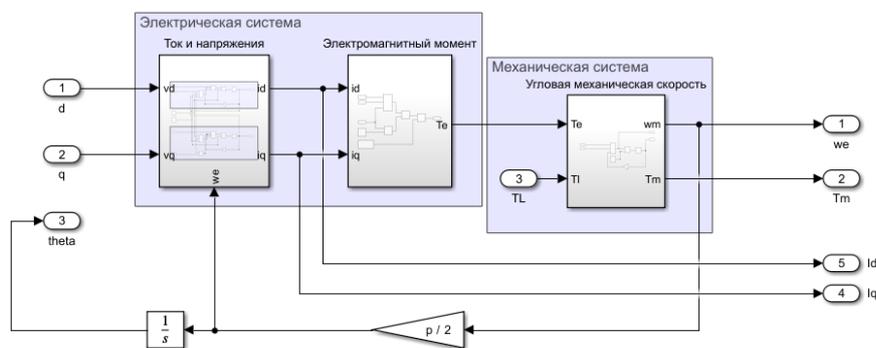


Рис.4. Синхронный двигатель с постоянными магнитами

Прямое квадратурное преобразование в матричной [1]:

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = C_P \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix}$$

Альфа-Бета-Нуль преобразование в матричной форме [1]:

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \\ i_0 \end{bmatrix} = k_1 \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ k_2 & k_2 & k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = C_T \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}$$

Модель IGBT модуля частотного преобразователя показана на рисунке 5.

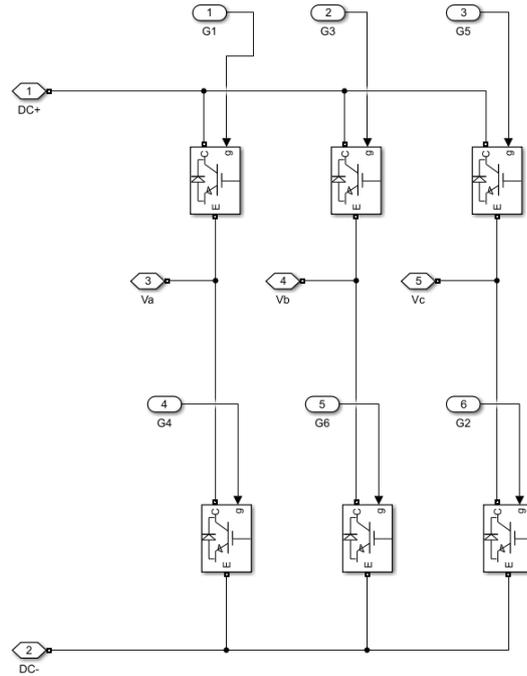


Рис.5. IGBT модуль

Управляющие сигналы подаются с контроллера векторного управления [2], который показан на рисунке 6.

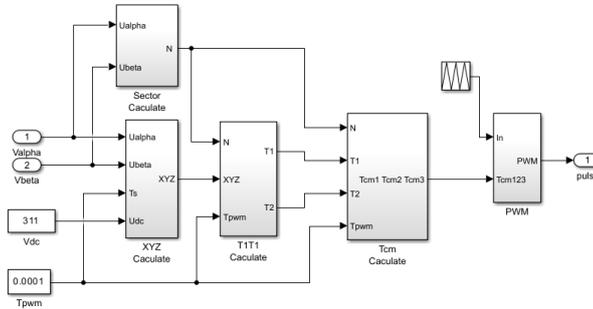


Рис.6. IGBT модуль

Полная модель сервопривода показана на рисунке 7.

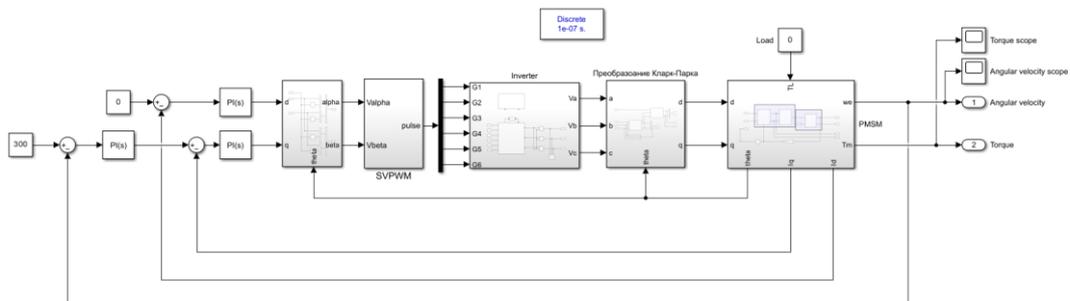


Рис.7. Математическая модель сервопривода

Переходная характеристика скорости на валу показана на рисунке 8.

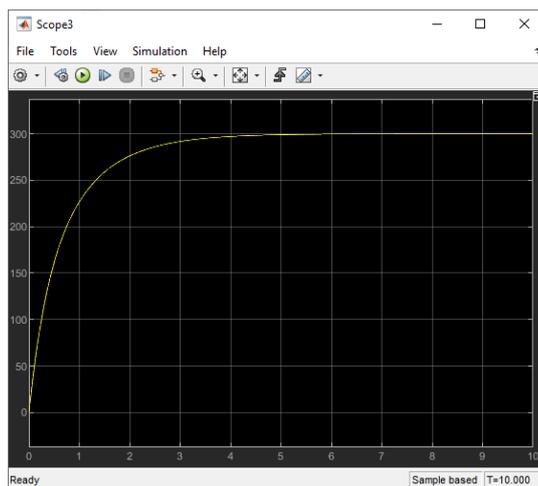


Рис.8. Переходная характеристика

Коэффициенты ПИ-регулятора подобраны экспериментально, для достижения наилучших показателей качества переходной характеристики.

Литература

1. Modeling of Permanent Magnet Motor Drive [Journal] / auth. Krishnan R. and Pillay Pragasan // IEEE transactions on industrial electronics. – 1988. – pp. 537-541.
2. Simulation of PMSM Vector Control System Based on Matlab/Simulink [Conference] / auth. LIU Ting-ting [и др.] // International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation. – Beijing : IEEE Computer Society, 2009. – pp. 343-346

УДК 004.942

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИБКОГО ОБУЧАЮЩЕГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РОБОТА

Матькова К.Ю.

Научный руководитель – Матрунчик Ю.Н., старший преподаватель

Мягкая робототехника – это направление робототехники, специализирующееся на создании роботов из мягких материалов, схожих с тканями живых организмов. Данная область предполагает междисциплинарный подход, что, в свою очередь, вызывает трудности при разработке проектов из-за отсутствия базовых систематизированных знаний и методологий в области проектирования и исследования мягкой робототехники. Важным начальным этапом является создание математической модели. Основными движениями модели являются: