BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSN 1991-3494
Volume 2, Number 354 (2015), 27 – 32

SELF-REACTANCE SYNTHESIS OF SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL ASYNCHRONOUS DRIVE

Y. I. Shadkhin, J. J. Toygozhinova

Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: janar_tj@mail.ru

Key words: frequency converter, induction motor, nonlinear filter, Lyapunov function, synthesis of parameters.

Abstract. In the article possibility of the synthesis parameters of closed loop system of automatic control of asynchronous electric drives are considered.

In the given structural diagram of the Frequency Converter - Induction motor system with speed feedback nonlinear correction as speed control of induction motor to achieve the desired properties of control processes was introduced. The dynamics of the closed-loop Frequency Converter - Induction Motor system is described by a system of nonlinear differential equations with known numerical values of the parameters of the induction motor and the unknown parameters of the Frequency Converter and the nonlinear correction system. Synthesis of unknown parameters of closed-loop Frequency Converter - Induction Motor system is realized by using Lyapunov function and its time derivative. In synthesis program, unknown parameters of closed-loop Frequency Converter - Induction Motor system Lyapunov function is represented as function of many variables. The derivative of the Lyapunov function is represented as a constraint in the form of equality to the independent variables. In accordance with the graphs of transient processes of speed and electromagnetic torque of induction motor in MATLAB with the required qualitative characteristics of transient processes of motor calculated parameters of the Frequency Converter and nonlinear correction system are selected. Calculated unknown parameters of closed-loop Frequency Converter - Induction Motor system and graphics of transient processes of speed and electromagnetic torque of the motor display onscreen of the computer is carried out simultaneously to facilitate the solution of the synthesis problem in “operator – computer” dialog operation mode.

УДК 331.41/43

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Ю. И. Шадхин, Ж. Ж. Тойгожинова

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: преобразователь частоты, асинхронный двигатель, нелинейный фильтр, функция Ляпунова, синтез параметров.

Аннотация. В статье приводится нелинейная система управления асинхронным электроприводом, математическое описание системой ПЧ – АД с обратной связью по скорости и программа синтеза параметров системы управления в MATLAB.

Синтез параметров системы управления асинхронным электроприводом наиболее эффективен в диалоговом режиме использования ЭВМ, когда оператор, получив от ЭВМ промежуточные результаты счета, анализирует полученную информацию и направляет дальнейшую деятельность ЭВМ [1]. В связи с этим создание программы синтеза параметров системы управления асинхронным электроприводом, учитывающая диалоговый режим оператор – ЭВМ, является одной из

востребоваемых задач проектирования систем управления электроприводами. Структурная схема замкнутой системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором во вращающейся системе координат [2] и с нелинейным регулятором скорости показана на рисунке 1.

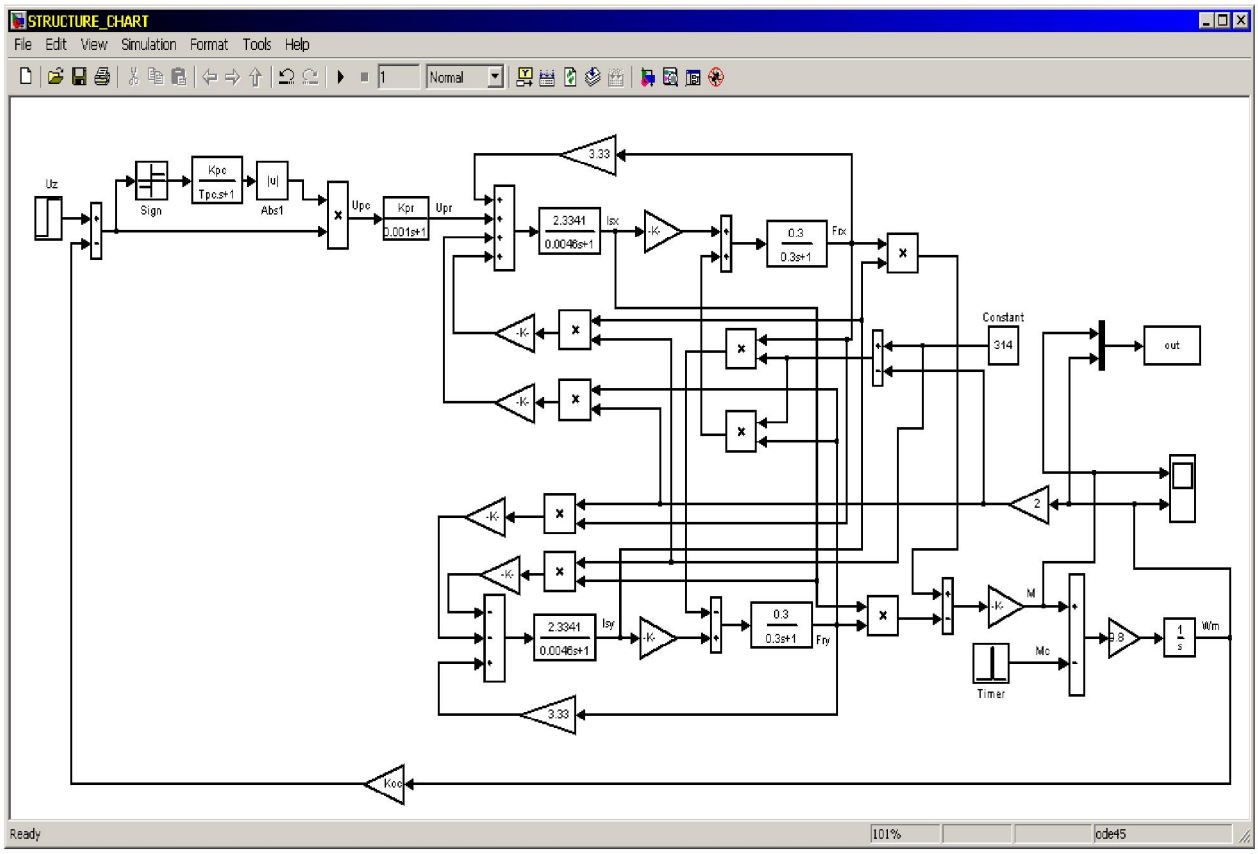

Рисунок 1 – Структурная схема замкнутой системы ПЧ – АД

На рисунке 1 структурная схема асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором АКЗ 20НР (15 kW) построена с паспортными данными и параметрами системы [2]. В структурной схеме преобразователь частоты (ПЧ) представлен инерционным звеном $K_{PR}/(T_{PR}p+1)$, где $T_{PR}=0{,}001$ согласно [3]. Регулятор скорости замкнутой системы переобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ – АД) представлен нелинейным фильтром с амплитудным ослаблением [4]. Нелинейный фильтр обеспечивает ослабление амплитуды с ростом частоты без изменения фазы, что позволяет увеличить область устойчивости системы. Нелинейный фильтр состоит из следующих звеньев: множительное звено (блок умножения), звено с нелинейной характеристикой $|u|$; апериодическое звено с передаточной функцией $W(\text{p}) = K_{PC}/(T_{PC}p+1)$; звено с нелинейной характеристикой $sign(x)$. Неизвестными параметрами (подлежащие синтезу) являются численные значения параметров нелинейного фильтра, т.е. численное значение коэффициента K_{PC}, постоянной времени T_{PC}. Коэффициент передачи преобразователя частоты K_{PR} и коэффициент обратной связи K_{OC} системы также полежат определению. Математическое описание асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (АКЗ) во вращающейся системе координат, можно записать следующей системой дифференциальных уравнений в операторной форме [2]:

$$
\begin{aligned}
U_1 &= r(1+T_S^{'}s)i_{Sx} - \omega_1 L_S^{'} i_{Sy} - \frac{k_R}{T_R}\psi_{Rx} - k_R p\omega_m \psi_{Ry},\\
0 &= r(1+T_S^{'}s)i_{Sy} - \omega_1 L_S^{'} i_{Sx} - \frac{k_R}{T_R}\psi_{Ry} - k_R p\omega_m \psi_{Rx},\\
0 &= -k_R R_R i_{Sx} + \frac{1}{T_R}\psi_{Rx} + s\psi_{Rx} - (\omega_1 - p\omega_m)\psi_{Ry},\\
0 &= -k_R R_R i_{Sy} + \frac{1}{T_R}\psi_{Ry} + s\psi_{Ry} - (\omega_1 - p\omega_m)\psi_{Rx},\\
m &= 1.5pk_R(\psi_{Rx} i_{Sy} - \psi_{Ry} i_{Sx}), \quad Js\omega_m = M - M_H,
\end{aligned}
\tag{1}
$$

где $r = (R_S + k_R^2 R_R)$, $L_S^{'} = (L_S - \frac{L_m^2}{L_R})$, $k_R = \frac{L_m}{L_R}$, $T_R = \frac{L_R}{R_R}$.

После несложных преобразований и замены переменных система уравнений (1), с учетом уравнений преобразователя частоты и нелинейного фильтра, с численными значениями известных и неизвестных коэффициентов принимает следующий вид:

$$
\begin{aligned}
\frac{dx_1}{dt} &= 0{,}217x_4 - 314x_2 + 2x_2x_5 - 3{,}33x_1,\\
\frac{dx_2}{dt} &= 0{,}217x_3 + 314x_1 - 2x_1x_5 - 3{,}33x_2,\\
\frac{dx_3}{dt} &= 506{,}52x_6 + 1686{,}72x_2 + 997{,}85x_1x_5 + 311{,}5x_4 - 217{,}39x_3,\\
\frac{dx_4}{dt} &= 1686{,}72x_1 - 997{,}85x_2x_5 - 311{,}5x_3 - 217{,}39x_4,\\
\frac{dx_5}{dt} &= 28{,}9x_2x_4 - 28{,}9x_1x_3 - 9{,}8M_H,\\
\frac{dx_6}{dt} &= 1000k_{PR}(u - k_{OC}x_5)\cdot abs(x_7) - 1000x_6,\\
\frac{dx_7}{dt} &= (k_{PC}/T_{PC})\cdot sign(u - k_{OC}x_5) - (1/T_{PC})x_7,
\end{aligned}
\tag{2}
$$

здесь $x_1 = \psi_{Ry}$, $x_2 = \psi_{Rx}$, $x_3 = i_{Sx}$, $x_4 = i_{Sy}$, $x_5 = \omega_m$, $x_6 = u_{PR}$, $x_7 = u_{PC}$.

Синтез параметров замкнутой системы ПЧ – АД: K_{PR}, K_{PC}, T_{PC} и K_{OC} рассматривается с помощью функции Ляпунова и её производной по времени.

Функция Ляпунова имеет следующий вид:

$$V = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_5^2 + x_6^2 + x_7^2. \tag{3}$$

Производная функции V, с учетом правых частей уравнений (2), запишется в виде:

$$
\begin{aligned}
\frac{dV}{dt} &= 2x_1(0{,}217x_4 - 314x_2 + 2x_2x_5 - 3{,}33x_1) + 2x_2(0{,}217x_3 + 314x_1 - 2x_1x_5 - 3{,}33x_2) +\\
&2x_3(506{,}52x_6 + 1686{,}72x_2 + 997{,}85x_1x_5 + 311{,}5x_4 - 217{,}39x_3) + 2x_4(1686.72x_1 -\\
&997{,}85x_2x_5 - 311{,}5x_3 - 217{,}39x_4) + 2x_5(28{,}9x_2x_4 - 28{,}9x_1x_3) + 2x_6(1000k_{PR}(u - k_{OC}x_5)\times\\
&\cdot\ abs(x_7) - 1000x_6) + 2x_7((k_{PC}/T_{PC})\cdot sign(u - k_{OC}x_5) - (1/T_{PC})x_7).
\end{aligned}
\tag{4}
$$