

Y. I. Shadkhin, Zh. Zh. Toigozhinova

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

IDENTIFICATION OF TRANSFER FUNCTION OF CLOSED NONLINEAR FREQUENCY CONVERTER SYSTEM - INDUCTION MOTOR BY USING MATLAB

Abstract. The article deals with the problem of determining the transfer function of a closed system of non-linear frequency converter - induction motor using MATLAB. Given a structural model of the system diagram and timetable of the transition process speed and torque of the induction motor. Give a mathematical description of the transfer functions of the system of algebraic equations in symbolic form and education program of the transfer function of the closed nonlinear system and a timetable for the transition of the engine speed of the process to validate the calculation program.

Key words: frequency converter, induction motor, nonlinear systems, transfer function.

УДК 62-83:681.3

Ю. И. Шадхин, Ж. Ж. Тойгожинова

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ЗАМКНУТОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ПОМОЩЬЮ MATLAB

Аннотация. Рассматривается задача определения передаточной функции замкнутой нелинейной системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель с помощью MATLAB. Приводится структурная схема модели системы и график переходного процесса скорости и момента асинхронного двигателя. Дается математическое описание передаточных функций системы алгебраическими уравнениями в символьном виде и программа образования передаточной функции замкнутой нелинейной системы, а также график переходного процесса скорости двигателя для утверждения правильности расчета программы.

Ключевые слова: преобразователь частоты, асинхронный двигатель, нелинейная система, передаточная функция.

Одной из необходимых задач анализа и синтеза замкнутой нелинейной системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ – АД) является задача определения передаточной функции системы. Структурная схема замкнутой нелинейной системы ПЧ – АД в среде MATLAB представлена на рисунке 1.

Структурная схема АД является линеаризованной [1, 5]. Регулятор системы ПЧ – АД состоит из множительного звена, на вход которого подаются сигналы с сумматора и релейного звена с безгистерезисной характеристикой. Сигнал с выхода множительного звена подается на первый вход сумматора регулятора. На второй вход сумматора подается сигнал ошибки системы. Введение в регулятор нелинейных звеньев обеспечивает качественные характеристики переходных процессов скорости и момента двигателя [2, 4]. В структурной схеме системы асинхронный двигатель

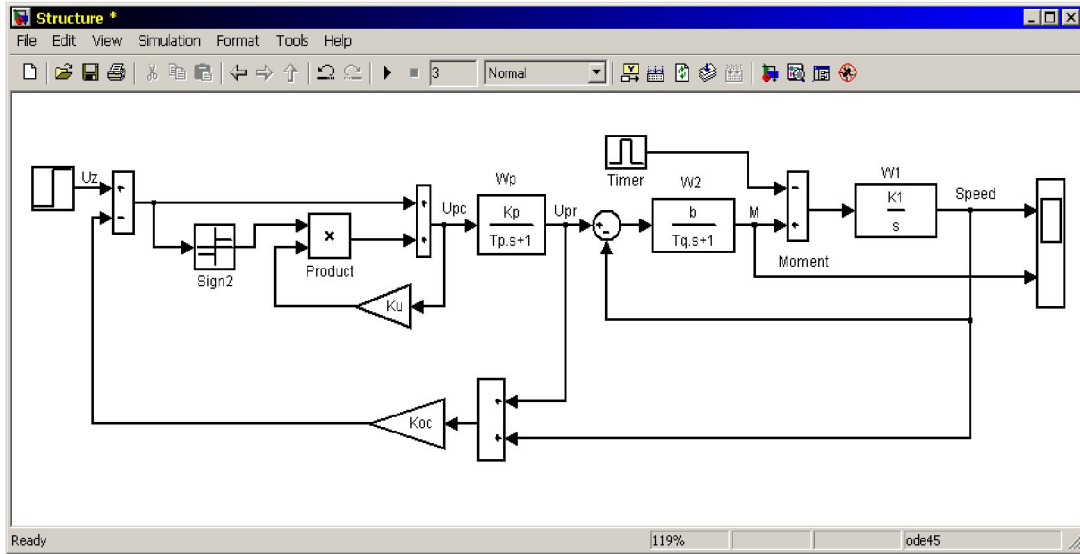


Рисунок 1 – Структурная схема нелинейной системы ПЧ – АД

представлен двумя динамическими звеньями с передаточными функциями: $W_1 = K_1 / s$ – передаточная функция первого динамического звена асинхронного двигателя; $W_2 = b / (Tq*s + 1)$ – передаточная функция второго звена двигателя. Передаточные функции звеньев двигателей охвачены единичной обратной связью. В передаточных функциях двигателя приняты следующие обозначения: $K_1 = 1/b * Tm$ – коэффициент интегрирующего звена; b – жесткость механической характеристики; Tm – электромеханическая постоянная времени двигателя; Tq – эквивалентная электромагнитная постоянная времени цепи статора и ротора асинхронного двигателя.

Переходные процессы скорости и момента асинхронного двигателя, с параметрами двигателя АКЗ, преобразователя частоты и регулятора скорости приведены на рисунке 2.

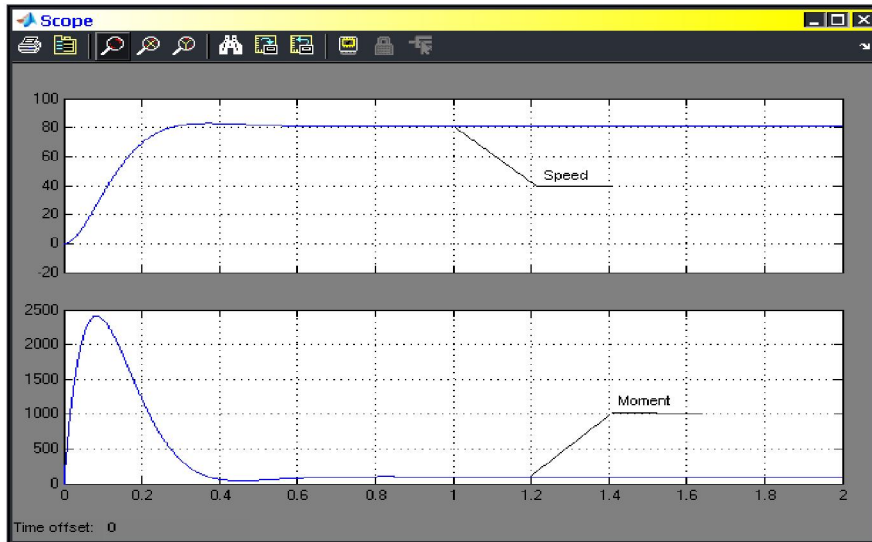


Рисунок 2 – Переходных процессов скорости и момента асинхронного двигателя

Из рисунка 2 видно, что переходной процесс скорости асинхронного двигателя получается без перерегулирования и колебаний

Передаточная функция преобразователя частоты, с коэффициентом передачи Kp и постоянной времени Tp , имеет вид

$$W_p = Kp / (T_p s + 1), \quad (1)$$

здесь W_p – передаточная функция преобразователя частоты.

Определение передаточной функции нелинейной системы ПЧ – АД осуществляется с помощью символьных вычислений в MATLAB по передаточным функциям системы. Для составления программы определения передаточной функции замкнутой системы ПЧ – АД необходимо получить систему алгебраических уравнений в символьном виде. Алгебраическое уравнение асинхронного двигателя в символьном виде можно записать следующим образом:

$$x_1 - W_D * x_2 = 0, \quad (2)$$

здесь $x_1 = \omega$ – угловая скорость АД, $x_2 = M$ – электромагнитный момент АД.

Алгебраическое уравнение ПЧ в символьном виде запишется:

$$x_2 - W_p * x_3 = 0, \quad (3)$$

где $x_3 = u_{PR}$ – напряжение на входе преобразователя частоты.

Уравнение напряжения на выходе регулятора скорости в символьном виде можно записать следующим уравнением

$$x_3 = (u - k_{OC}(x_1 + x_2)) + y, \quad (4)$$

где $x_3 = u_{PC}$ – напряжение на выходе регулятора скорости; k_{OC} – коэффициент усиления на выходе сумматора.

В уравнении (5) переменную y в символьном виде запишется

$$y = k_U x_3 * \text{sign}(u - k_{OC}(x_1 + x_2)), \quad (5)$$

здесь k_U – коэффициент обратной связи множительного звена регулятора.

Подставляем уравнение (6) в уравнение (5) и, после несложных преобразований, получаем следующее уравнение в символьном виде

$$k_{OC} x_1 + k_{OC} x_2 + (1 - k_U (\text{sign}(u - k_{OC} x_1 - k_{OC} x_2))) = 0 \quad (6)$$

Программа определения передаточной функции замкнутой нелинейной системы ПЧ – АД, с учетом уравнений (2), (3) и (6) и функций MATLAB [3], представлена на рисунке 3.

```

1 - syms w1 w2 wd wp
2 - clc
3 - f1=sym('x1-wd*x2');
4 - f2=sym('x2-wp*x3');
5 - f3=sym('ks*x1+ks*x2+(1-ku*sign(a-ks*x1-ks*x2))*x3-u');
6 - [x1,x2,x3]=solve(f1,f2,f3);
7 - k1=0.2; b=25; ks=0.1; kp=rand*100;
8 - ku=0.2; Tp=0.001; Tq=0.05;
9 - w1=tf([k1],[1 0]);
10 - w2=tf([b],[Tq 1]);
11 - w3=w1*w2;
12 - wd=feedback(w3,[1]);
13 - wp=tf([kp],[Tp 1]);
14 - a=20; u=20;
15 - x(1)=x1;
16 - R=eval(x1);
17 - G=minreal(R)
18 - p=pole(G)
19 - step(G,1)
20 - grid
21

```

Рисунок 3 – Программа образования передаточной функции системы ПЧ - АД

В результате счета программы, полученная передаточная функция замкнутой нелинейной системы ПЧ – АД имеет вид:

```
Transfer function:
                2.375e008
-----
s^3 + 1.29e004 s^2 + 2.576e005 s + 2.475e006
```

Отметим, что с помощью функции `step(G,1)` (19 – строка программы) на дисплей ПК выводится график переходного процесса скорости асинхронного двигателя. График переходного процесса скорости АД показан на рисунке 4.

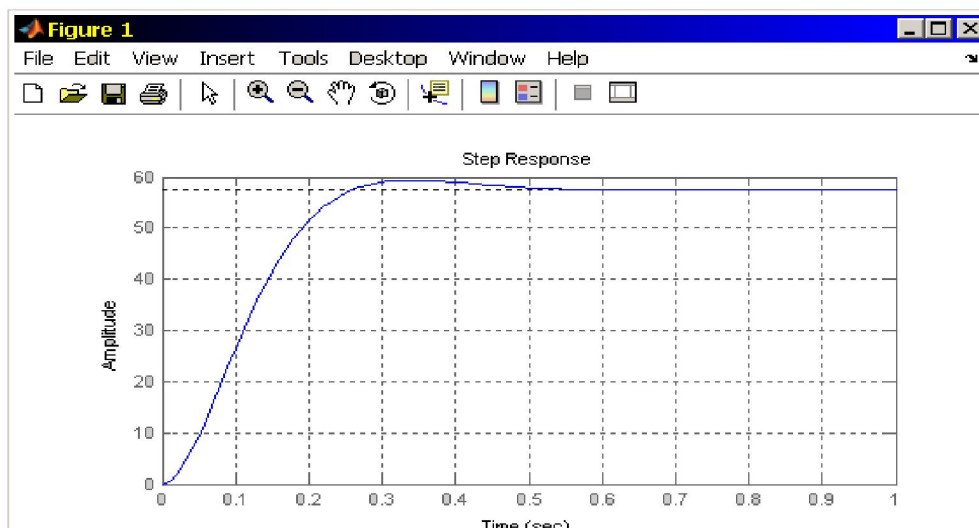


Рисунок 4 – Переходной процесс скорости асинхронного двигателя

Сравнивая кривую переходного процесса скорости асинхронного двигателя, приведенную на рисунке 2, с кривой переходного процесса скорости двигателя (рисунок 4), можно отметить, что графики скоростей двигателя идентичны и что программа определения передаточной функции замкнутой нелинейной системы ПЧ – АД соответствует истине.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 304 с.
- [2] Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 256 с.
- [3] Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. MATLAB 7. – М.: ИТ Пресс, 2006. – 464 с.
- [4] Герман–Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0. – СПб.: КОРОНА принт, 2007. – 369 с.
- [5] Бесекинский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб.: Профессия, 2004. – 752 с.

REFERENCES

- [1] Terekhov I.M. Osipov O.I. M.: Publishing center "Akademy", 2008. 304 p.
- [2] Popov E.P. Theory of nonlinear automatic control systems and management. M.: Nauka, 1988. 255 p.
- [3] Alekseev E.R., Chesnokov O.V. MATLAB 7. M.: IT Press, 2006. 464 p.
- [4] German – Galkin S.G. Kompiuternoe modelirovanie poluprovodnikovyykh system v MATLAB 6.0. SPb.: KORONA print, 2007. 369 p.
- [5] Besekersky V.A., Popov E.P. Teoriya sistem avtomaticheskogo upravlenia. SPb.: Professiya, 2004. 752 p.

Ю. И. Шадхин, Ж. Ж. Тойгожинова

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

**МАТЛАВ БАҒДАРЛАМАСЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН ЖИІЛІКТІ ТҮРЛЕНДІРГІШ –
АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ТҰЙЫҚТАЛҒАН БЕЙСЫЗЫҚТЫ ЖҮЙЕСІНІҢ
БЕРІЛІС ФУНКЦИЯСЫН АНЫҚТАУ**

Аннотация. Мақалада MATLAB бағдарламасының көмегімен асинхронды қозғалтқыш – жиілікті түрлендіргіштің бейсызықты тұйықталған жүйенің беріліс функциясы анықталған. Тұйықталған жүйе моделінің құрылымдық сұлбасы және асинхронды қозғалтқыштың моменті мен жылдамдығы бойынша өтпелі процестері келтірілген. Жүйенің символдық түрдегі алгебралық теңдеуімен беріліс функциясының математикалық жазылуы және тұйықталған бейсызықты жүйенің беріліс функциясының бағдарламаға түрленуі көрсетілген. Сонымен қатар бағдаламаның есептеулері дұрыстығын дәлелдейтін қозғалтқыш жылдамдығы бойынша өтпелі процестің сызбасы берілген.

Түйін сөздер: жиілікті түрлендіргіш, асинхронды қозғалтқыш, бейсызықты жүйе, беріліс функция.