

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЗАМКНУТОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ПЧ – АД МЕТОДОМ ФАЗОВЫХ ТРАЕКТОРИЙ

Мельничук В., аспирант КГТУ им. И.Раззакова Алматинский университет - Энергетики и связи
melnichuc@mail.ru

В статье рассматривается методика получения математического описания динамики переходных процессов замкнутой нелинейной системы. Преобразователь частоты - асинхронный двигатель, обеспечивающий возможность создания программы расчета фазовой траектории в координатах системы в среде MATLAB

Ключевые слова: устойчивости системы, фазовые траектории, визуализации

STUDY STABILITY OF THE CLOSED NONLINEAR SYSTEM INVERTER - INDUCTION MOTOR BY METHOD OF PHASE TRAJECTORY

V. Melnychuk PhD student KSTU. I.Razzakova Almaty University of Energy and Communications
melnichuc@mail.ru

The article discusses a technique to obtain a mathematical description of the dynamics of transients closed nonlinear system inverter induction motor that provides the ability to create a program for calculating the phase trajectory in the coordinates system in MATLAB

Keywords: stability of the system, phase trajectory visualization

Введение. Одной из основных задач исследования динамики переходных процессов нелинейных систем автоматического управления является задача определения устойчивости системы. К одному из общеизвестных методов исследования устойчивости нелинейных систем управления можно отнести метод фазовых траекторий [1]. В основном этот метод используется для исследования устойчивости нелинейных систем, переходные процессы которых описываются дифференциальным уравнением второго порядка или системой двух дифференциальных уравнений первого порядка. Однако в настоящее время с помощью системы MATLAB имеется возможность исследовать устойчивость системы автоматического управления, описываемой дифференциальным уравнением третьего порядка или системой трёх дифференциальных уравнений первого порядка. Для решения задачи определения устойчивости замкнутой системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ – АД), прежде всего необходимо получить математическое описание динамики переходных процессов системы. Это описание создается на основе структурной схемы, представленной на рис. 1 в среде MATLAB.

Цель и методы. Представленная структурная схема (рис. 1) замкнутой системы ПЧ – АД состоит из структурной схемы асинхронного двигателя [2], преобразователя частоты и регулятора скорости системы. Структурная схема разомкнутой системы ПЧ – АД состоит из двух динамических звеньев с передаточными функциями W_1 и W_2 , охваченных единичной обратной связью (асинхронный двигатель), и преобразователя частоты с передаточной функцией PF . Преобразователь частоты системы представлен на рис. 1 инерционным звеном. В качестве регулятора скорости (РС) выбрано интегро – дифференцирующее звено для улучшения качественных характеристик переходных процессов скорости и момента асинхронного двигателя. В обратной связи системы ПЧ – АД введено нелинейное звено (НЗ), входным сигналом которого является суммирующий сигнал U , состоящий из напряжения датчика скорости с коэффициентом усиления K_C и напряжения U_{PC} с выхода регулятора скорости.

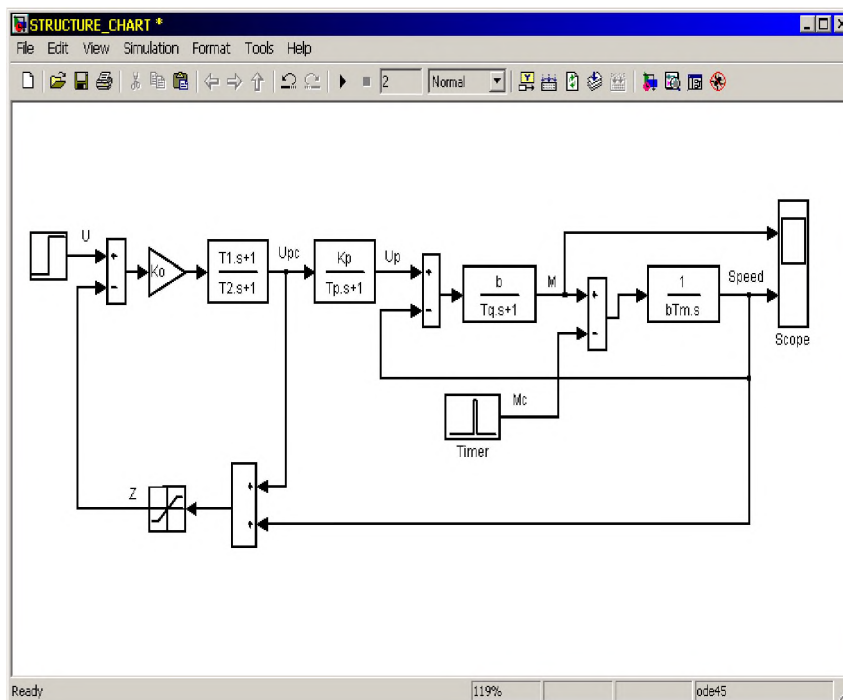


Рис. 1. Структурная схема замкнутой системы ПЧ - АД

Математическое описание замкнутой нелинейной системы ПЧ – АД осуществляется на основе передаточных функций системы при допущении, что передаточная функция преобразователя частоты рассматривается как пропорциональное звено с целью уменьшения количества дифференциальных уравнений системы до трех уравнений. В этом случае математическое описание системы ПЧ – АД будет иметь следующий вид:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{bT_m}M - \frac{1}{bT_m}M_C, \tag{1}$$

$$\frac{dM}{dt} = \frac{bK_P}{T_q}u_{PC} - \frac{b}{T_q}\omega - \frac{b}{T_q}M,$$

- где ω – частота вращения вала асинхронного двигателя АД;
- M – электромагнитный момент АД;
- u_{PC} – напряжение на выходе регулятора скорости (РС);
- b – жесткость механической характеристики АД;
- k_P – коэффициент передачи преобразователя частоты;
- T_q – электромагнитная постоянная времени АД;
- T_m – электромеханическая постоянная времени АД;
- T_P – постоянная времени преобразователя частоты;
- T_1, T_2 – постоянные времени регулятора скорости.

Однако для удобства решения поставленной задачи методом фазовой траектории приведем уравнения (1) к виду:

$$\frac{d\omega}{dt} = y, \tag{2}$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{k_p}{T_q T_m} u_{PC} - \frac{1}{T_q} y - \frac{1}{T_q T_m} \omega.$$

Дифференциальное уравнение регулятора скорости запишется в виде:

$$\frac{du_{PC}}{dt} = \frac{k_0}{T_2} u - \frac{k_0 T_1}{T_2} \frac{dz}{dt} - \frac{k_0}{T_2} z - \frac{1}{T_2} u_{PC}, \quad (3)$$

где K_0 – коэффициент усиления интегро - дифференцирующего звена регулятора скорости (РС).

Так как нелинейное звено замкнутой системы ПЧ – АД является нелинейным звеном типа ограничение, то характеристика этого звена выражается следующими уравнениями [3]:

$$z = \begin{cases} kx \text{ npu} & \|x\| \leq x_c; \\ z_c \text{ sign}(x) \text{ npu} & |x| > x_c. \end{cases} \quad (4)$$

Производная z уравнений (4) при условии $x = U_{PC} + \omega$ имеет вид:

$$z' = \begin{cases} k(du_{PC}/dt + d\omega/dt) \text{ npu} & |u_{PC} + \omega| \leq x_c; \\ 0 & |u_{PC} + \omega| > x_c. \end{cases} \quad (5)$$

Систему уравнений (2) и уравнения (3), с учетом уравнений (4) и (5), после замены переменных можно представить в следующем виде:

$$\frac{dy_1}{dt} = y_2;$$

$$\frac{dy_2}{dt} = a_1 k_p y_3 - a_2 y_2 - a_3 y_1; \quad (6)$$

$$\frac{dy_3}{dt} = a_4 u - a_5 p_z - a_6 z - a_7 y_3,$$

$$\text{здесь } a_1 = \frac{k_p}{T_q T_m}, \quad a_2 = \frac{1}{T_q}, \quad a_3 = \frac{1}{T_q T_m}, \quad a_4 = \frac{k_0}{T_2}, \quad a_5 = \frac{k_0 T_1}{T_2}, \quad a_6 = \frac{k_0}{T_2}, \quad a_7 = \frac{1}{T_2},$$

$$y_1 = \omega, \quad y_2 = M, \quad y_3 = u_{pc}, \quad p_z = dz/dt.$$

Программа расчета фазовой траектории осуществляется на основе уравнений (4), (5) и (6) на алгоритмическом языке системы MATLAB [3] и имеет следующий вид:

```
function portret
y0 = [0;0;0];
options = odeset('OutputFcn', @odephas3)
[T,Y] = ode45(@systm,[0 1],y0,options);
grid on
function dy = systm(t, y)
u=10; K0=5; T1=0.2; T2=0.02;
Tq=0.016; Tm=0.2; Kp=20;
Zc=5; Xc=1;
dy = zeros(3,1);
dy(1)=y(2);
X=(y(3)+y(1));
if abs(X)<=Xc z=tan(45)*X;end
if abs(X)>Xc z=Zc*sign(X);end
dy(2)=(Kp/(Tq*Tm))*y(3)-(1/Tq)*y(2)-(1/(Tq*Tm))*y(1);
if abs(X)<=Xc Pz=(1/(1+((tan(45)*K0*T1)/T2)))*...
((K0/T2)*u-(K0/T2)*z-(1/T2)*y(3));end
if abs(X)>Xc Pz=0;end
dy(3)=(K0/T2)*u-((K0*T1)/T2)*Pz-(K0/T2)*z-
(1/T2)*y(3);
```

end
end

В программе для визуализации решения дифференциальных уравнений (6) используется стандартная функция MATLAB *odephas3*, с помощью которой осуществляется построение графика фазовой траектории. Фазовая траектория системы представлена на рис. 2.

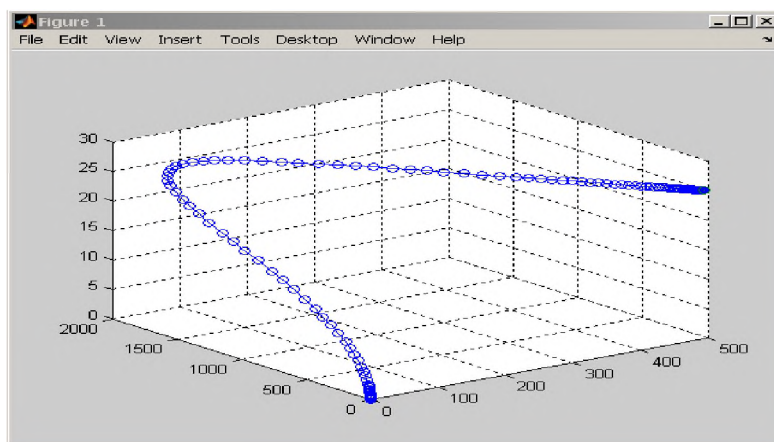


Рис. 2 Фазовая траектория замкнутой системы ПЧ – АД

Из рис. 2 видно, что фазовая траектория стремится к равновесному состоянию нелинейной системы ПЧ – АД, т.е. в точку $[0, 0, 0]$ по всем координатам системы. Согласно [4] замкнутая система ПЧ – АД устойчива.

Выводы

1. Программа расчета фазовой траектории замкнутых нелинейных систем управления позволяет определять устойчивость систем управления описываемых дифференциальными уравнениями третьего порядка.
2. Программа расчета фазовой траектории систем управления может быть использована со многими нелинейностями с условием их математического описания известными уравнениями.

Список литературы

1. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука, Гл. ред. физ. – мат. лит., 1988. – 256 с.
2. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Издат. центр «Академия», 2008. – 304 с.
3. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. MATLAB 7. – М.: НТ Пресс, 2006. - 464 с.
4. Теория автоматического управления. Ч. II. Под ред. А.В. Нетушила. – М.: «Высшая школа», 1972. – 432 с.

References

1. Popov EP The theory of nonlinear systems of automatic control and management. - M.: Science, Ch. Ed. nat. - Mat. lit., 1988. - 256.
2. Terekhov V. Osipov, OI Control system actuators. - M.: Izdat. center "Academy", 2008. - 304 p.
3. Alekseev ER, Chesnokov O. MATLAB 7. - M.: NT Press, 2006. - 464 p.
4. Automatic Control Theory. Part II. Ed. AV Netushila. - M.: "High School", 1972. - 432 p.

УДК.: 658.52.011.56: 667.6

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ СМЕШИВАНИЯ КРАСОК

Акылбеков Адилет Акылбекович, КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail: adiletakylbekov@gmail.com

Кошова Бибигуль Бейшенбековна, к.т.н., доцент, КГТУ им.И.Раззакова, 720044, г.Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail: bibigul200472@mail.ru.

Цель - разработка АСУТП смешивания красок на базе ПЛК S7-300 фирмы Siemens и программного обеспечения Step 7 v 5.4 на нижнем уровне, WinCC Flexible - 2008 на верхнем уровне автоматизации. Лакосмешивающая машина широко применяется на сегодняшний день в лакокрасочной, автомобильной, текстильной промышленности.