

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЗАМКНУТОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ - АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Садвакасова Ж. Д., старший преподаватель КазАТК им. М.Тынышпаева, Казахстан, Алматы, ул. Шевченко 97, e-mail: zhady_m@mail.ru

В статье приведена линеаризованная структурная схема системы ПЧ – АД. Дается математическое описание замкнутой системы управления ПЧ-АД, и программа расчета фазовой траектории системы.

Ключевые слова: Линеаризованная система, фазовая траектория, преобразователь частоты, асинхронный двигатель

Требование устойчивости переходных процессов системы автоматического управления является основным условием нормального функционирования системы управления [1]. Для нелинейных систем управления нет единого точного метода решения нелинейных уравнений, описывающие переходные процессы системы и для каждого вида нелинейности приходится изыскивать специфический частный метод [2]. Для определения устойчивости замкнутой системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ – АД) выбран метод фазового пространства [3]. Данный метод позволяет получить наглядную картину переходных процессов системы автоматического управления и по фазовым траекториям определять устойчивость системы управления. Структурная схема замкнутой системы ПЧ – АД с нелинейным статическим звеном в MATLABпредставлено на рисунке 1.

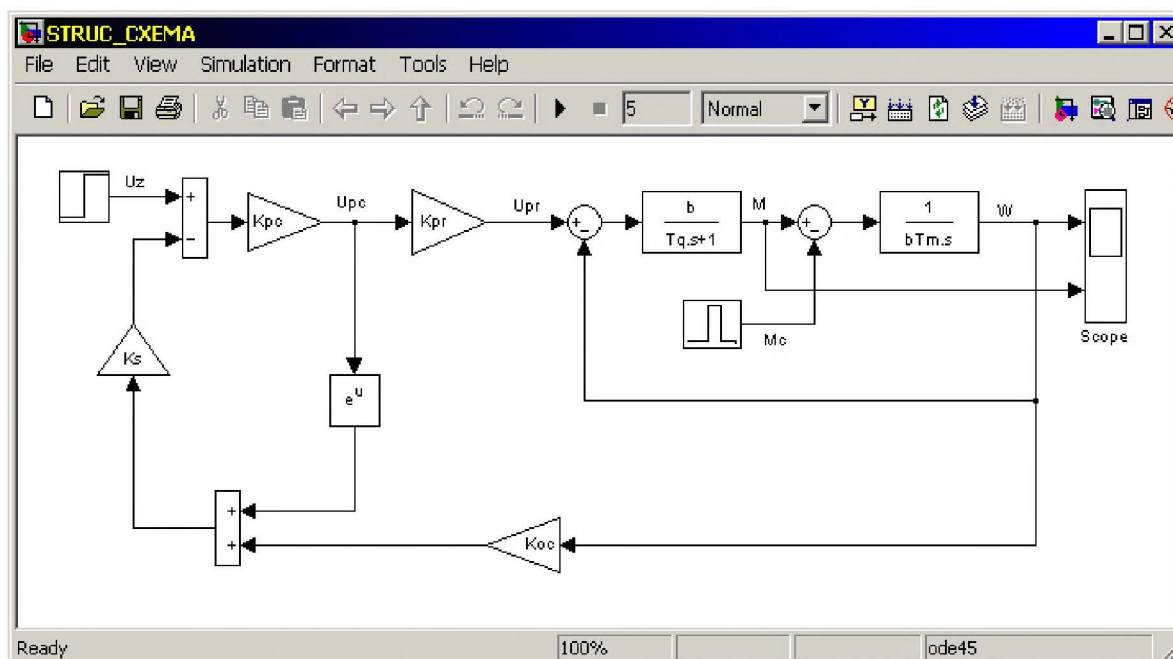


Рисунок 1- Структурная схема замкнутой системы ПЧ - АД

Структурная схема асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором состоит из двух динамических звеньев: интегрирующего звена и инерционного звена, охваченные отрицательной обратной связью [4]. Преобразователь частоты (ПЧ) представлен в структурной схеме безынерционным звеном с передаточным коэффициентом $K_{пр}$, таким же звеном представлен регулятор скорости с коэффициентом усиления $K_{рс}$. Сигнал обратной связи с выхода нелинейного звена (ω), на вход которого подается сигнал с выхода регулятора скорости, и сигнал с выхода датчика скорости суммируются. Полученный сигнал, проходя через усилитель, с коэффициентом усиления K_s , подается на вход системы.

Математическое описание нелинейной системы управления ПЧ – АД можно записать в следующем виде:

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

$$\frac{dM}{dt} = \frac{bK_{pr}}{T_q} U_{pc} - \frac{b}{T_q} \omega - \frac{1}{T_q} M, \quad (1)$$

где ω - угловая скорость двигателя;

M – электромагнитный момент асинхронного двигателя;

M_c – статический момент двигателя;

U_{pc} – напряжение с выхода регулятора скорости,

b – модуль жесткости механической характеристики АД;

T_q – электромагнитная постоянная времени цепей статора и ротора АД;

T_m – электромагнитная постоянная времени АД;

K_{pr} – передаточный коэффициент преобразователя частоты.

Уравнение замкнутого контура регулятора скорости с нелинейным звеном можно записать следующим образом:

$$U_{pc} = K_{pc}(U_z - K_s(\ell^u + K_{oc}\omega)) \quad (2)$$

или

$$U_{pc} = K_{pc}U_z - K_{pc}K_s\ell^u - K_{pc}K_sK_{oc}\omega, \quad (3)$$

здесь K_{pc} – коэффициент регулятора скорости;

K_s – коэффициент обратной связи суммирующего сигнала с выхода нелинейного звена (ℓ^u) и датчика скорости;

K_{oc} – коэффициент обратной связи по скорости системы ПЧ – АД.

Подставляя уравнение (3) во второе уравнение системы уравнений (1), после несложных преобразований, получаем следующую систему уравнений без учета задающего воздействия U_z :

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

$$\frac{dM}{dt} = -\frac{bK_{pr}K_{pc}K_s}{T_q} \ell^u - \frac{1}{T_q} (K_{pc}K_sK_{oc} + b)\omega - \frac{1}{T_q} M. \quad (4)$$

Отметим, что в системе уравнений (4), в нашем случае, $\ell^u = \exp(u_{pc})$.

Для получения фазового портрета системы уравнений (4) в MATLAB преобразуем данную систему уравнений, при $M_c = 0$, к виду:

$$\frac{dx_1}{dt} = a_1 x_2, \quad (5)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -a_2 \exp(U_{pc}) - a_3 x_1 - a_4 x_2,$$

где $a_1 = \frac{1}{bT_m}$, $a_2 = \frac{bK_{pr}K_{pc}K_s}{T_q}$, $a_3 = \frac{1}{T_q} (K_{pc}K_sK_{oc} + b)$, $a_4 = \frac{1}{T_q}$, $x_1 = \omega$, $x_2 = M$.

Численное интегрирование уравнений (5), с визуализацией результата решения уравнений на фазовую плоскость, осуществляется с помощью программы в системе MATLAB. Программа расчета фазовой траектории замкнутой системы ПЧ – АД системы представлена на рисунке 2.

```

1 function portret
2 - Y0 = [9;3];
3 - options = odeset('OutputFcn', @odephas2)
4 - [T,Y] = ode45(@system,[5 2],Y0,options);
5 - grid
6 function dy = system(t, y)
7 - Upc=0;
8 - dy = zeros(2,1);
9 - dy(1)=1.72*y(2);
10 - dy(2)=-22400*exp(Upc)-568*y(1)-20*y(2);
11 - end
12 - end
13
    
```

Рисунок 2- Программа расчета фазового портрета системы ПЧ - АД

В программе коэффициенты системы уравнений (5) рассчитаны для асинхронного двигателя 4A132S6Y3 (5,5 кВт). Кроме этого следует отметить, что в программе используется стандартная функция odephas2MATLAB, обеспечивающая построение графика компонент решения в фазовых координатах для двумерного процесса [5].

Фазовая траектория замкнутой нелинейной системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель приведена на рисунке 3.

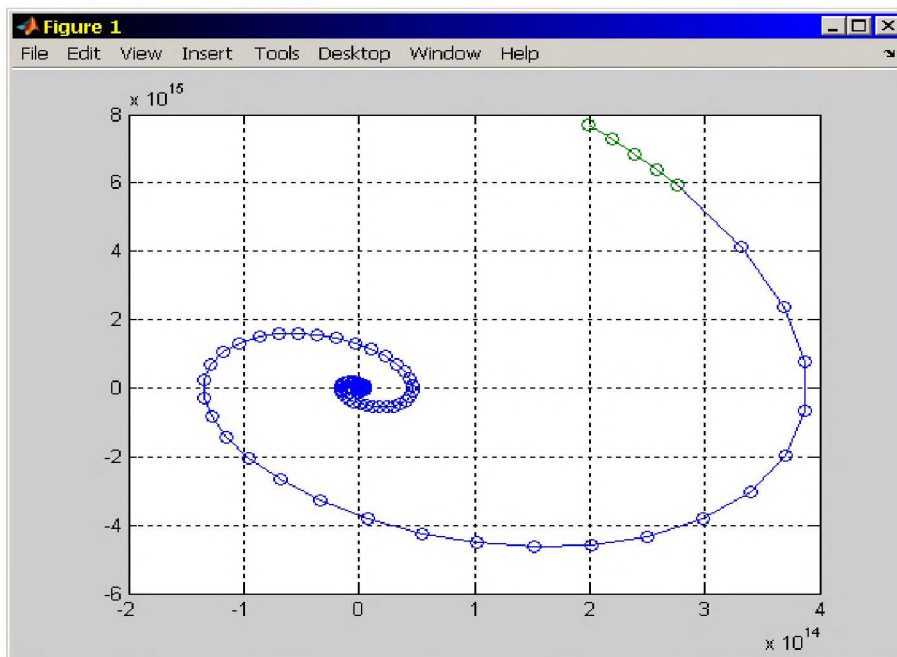


Рисунок 3- Фазовая кривая замкнутой системы ПЧ – АД

Из рисунка 3 видно, что фазовая траектория системы стремится к положению равновесия (затухающий процесс). Согласно [6] система устойчива.

Выводы.

Разработана математическая модель замкнутой системы ПЧ – АД.

Разработана программа расчета фазовой кривой динамики ПЧ – АД.
График фазовой кривой показывает что замкнутая система ПЧ – АД устойчива.

Список литературы

1. Фельдбаум А.А., Бутковский А.Г. Методы теории автоматического управления. – М.: Издательство «Наука», 1971.
2. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. Л. – М.: Издательство «Энергия», 1966.
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб: Издательство «Профессия», 2004.
4. Терехов И.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008.
5. Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. MATLAB 7. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005.
6. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: «Наука», 1988.

References

1. Feldbaum A.A., Butkovsky A.G. Methods of the theory of automatic control. – M.: Nauka publishing house, 1971.
2. A.A's ravens. Bases of the theory of automatic control. L. – M.: Energiya publishing house, 1966.
3. Besekersky VA., Popov E.P. Theory of systems of automatic control. – SPb: Professiya publishing house, 2004.
4. Terekhov I.M., Osipov O. I. Control systems of electric drives. – M.: Publishing center "Akademiya", 2008.
5. Anufriyev I.E., Smirnov A.B., Smirnova E.N. MATLAB 7. – SPb.: BHV – St. Petersburg, 2005.
6. Popov E.P. Theory of nonlinear systems of automatic control and managements. – M.: "Science", 1988.

УДК 621.39.075

УПРАВЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Касымова Айнура Есбергеновна, старший преподаватель КазАТК им. М.Тынышпаева, Казахстан, Алматы, ул. Шевченко 97, e-mail: kasymova_79@mail.ru

В статье рассматриваются замкнутая система ПЧ-АД с корректирующим нелинейным звеном. Дается математическая модель динамики переходных процессов скорости электромагнитного момента асинхронного двигателя. Приведена программа расчета оптимального управления на алгоритмическом языке MATLAB.

Ключевые слова: Корректирующее звено, Математическая модель, Переходные процессы, асинхронный двигатель

OPTIMUM CONTROL OF NONLINEAR SYSTEM THE FREQUENCY CONVERTER – THE ASYNCHRONOUS ENGINE

Darayev A. Shadkhin of Yu. Kasymov A.

In article are considered the closed system of PCh-AD with the correcting nonlinear link. The mathematical model of dynamics of transition processes of speed of the electromagnetic moment of the asynchronous engine is given. The program of calculation of optimum control is given in algorithmic language of MATLAB.

Keywords: The correcting link, Mathematical model, Transition processes, the asynchronous engine

Формирование плавно протекающих переходных процессов в электроприводе переменного тока с короткозамкнутым асинхронным двигателем является одной из основных задач уменьшения больших электромагнитных моментов двигателя, особенно в режиме его пуска [1]. Для осуществления плавно протекающих переходных процессов замкнутой системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ – АД) необходимо обеспечить систему задатчиком интенсивности с оптимальным законом управления $U(t)$, что позволит снизить потери электроэнергии системы ПЧ – АД. Структурная схема нелинейной системы ПЧ – АД в среде MATLAB представлена на рисунке 1.