

ISSN 1991-3494

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# Х А Б А Р Ш Ы С Ы

---

---

## ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## THE BULLETIN

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ИЗДАЕТСЯ С 1944 ГОДА  
PUBLISHED SINCE 1944

2

---

---

АЛМАТЫ  
АЛМАТЫ  
ALMATY

2015

НАУРЫЗ  
МАРТ  
MARCH

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі

**М. Ж. Жұрынов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы :

биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Айтхожина Н.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байпақов К.М.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байтулин И.О.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Берсімбаев Р.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Газалиев А.М.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Дүйсенбеков З.Д.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Елешев Р.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; фил. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Нысанбаев А.Н.**; экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА академигі **Сатубалдин С.С.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбжанов Х.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішева З.С.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Абсадықов Б.Н.** (бас редактордың орынбасары); а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Баймұқанов Д.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Байтанаев Б.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Давлетов А.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; геогр. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Медеу А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мырхалықов Ж.У.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Огарь Н.П.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Таткеева Г.Г.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Үмбетаев И.**

Р е д а к ц и я к е ñ е с і :

Ресей ҒА академигі **Велихов Е.П.** (Ресей); Әзірбайжан ҰҒА академигі **Гашимзаде Ф.** (Әзірбайжан); Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Джрбашян Р.Т.** (Армения); Ресей ҒА академигі **Лаверов Н.П.** (Ресей); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Москаленко С.** (Молдова); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Рудик В.** (Молдова); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Сагян А.С.** (Армения); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Тодераш И.** (Молдова); Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Якубова М.М.** (Тәжікстан); Молдова Республикасының ҰҒА корр. мүшесі **Лупашку Ф.** (Молдова); техн. ғ. докторы, профессор **Абиев Р.Ш.** (Ресей); техн. ғ. докторы, профессор **Аврамов К.В.** (Украина); мед. ғ. докторы, профессор **Юрген Аппель** (Германия); мед. ғ. докторы, профессор **Иозеф Банас** (Польша); техн. ғ. докторы, профессор **Гарабаджиу** (Ресей); доктор PhD, профессор **Ивахненко О.П.** (Ұлыбритания); хим. ғ. докторы, профессор **Изабелла Новак** (Польша); хим. ғ. докторы, профессор **Полещук О.Х.** (Ресей); хим. ғ. докторы, профессор **Поняев А.И.** (Ресей); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); техн. ғ. докторы, профессор **Хрипунов Г.С.** (Украина)

Главный редактор

академик НАН РК

**М. Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.А. Айтхожина**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **К.М. Байпаков**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **И.О. Байтулин**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Р.И. Берсимбаев**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **А.М. Газалиев**; доктор с.-х. наук, проф., академик НАН РК **З.Д. Дюсенбеков**; доктор сельскохоз. наук, проф., академик НАН РК **Р.Е. Елешев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор фил. наук, проф., академик НАН РК **А.Н. Нысанбаев**; доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **С.С. Сатубалдин**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Х.М. Абжанов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **З.С. Абишева**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Н. Абсадыков** (заместитель главного редактора); доктор с.-х. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Д.А. Баймуканов**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.А. Байтанаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Е. Давлетов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор геогр. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А. Медеу**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.У. Мырхалыков**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.П. Огарь**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Г.Г. Таткеева**; доктор сельскохоз. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И. Умбетаев**

Редакционный совет:

академик РАН **Е.П. Велихов** (Россия); академик НАН Азербайджанской Республики **Ф. Гашимзаде** (Азербайджан); академик НАН Украины **В.В. Гончарук** (Украина); академик НАН Республики Армения **Р.Т. Джрбашян** (Армения); академик РАН **Н.П. Лаверов** (Россия); академик НАН Республики Молдова **С. Москаленко** (Молдова); академик НАН Республики Молдова **В. Рудик** (Молдова); академик НАН Республики Армения **А.С. Сагиян** (Армения); академик НАН Республики Молдова **И. Тодераш** (Молдова); академик НАН Республики Таджикистан **М.М. Якубова** (Таджикистан); член-корреспондент НАН Республики Молдова **Ф. Лупашку** (Молдова); д.т.н., профессор **Р.Ш. Абиев** (Россия); д.т.н., профессор **К.В. Аврамов** (Украина); д.м.н., профессор **Юрген Аппель** (Германия); д.м.н., профессор **Иозеф Банас** (Польша); д.т.н., профессор **А.В. Гарабаджиу** (Россия); доктор PhD, профессор **О.П. Ивахненко** (Великобритания); д.х.н., профессор **Изабелла Новак** (Польша); д.х.н., профессор **О.Х. Полещук** (Россия); д.х.н., профессор **А.И. Поняев** (Россия); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); д.т.н., профессор **Г.С. Хрипунов** (Украина)

«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан». ISSN 1991-3494

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5551-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

**M. Zh. Zhurinov**,  
academician of NAS RK

Editorial board:

**N.A. Aitkhozhina**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **K.M. Baipakov**, dr. hist. sc., prof., academician of NAS RK; **I.O. Baitulin**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **R.I. Bersimbayev**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **A.M. Gazaliyev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **Z.D. Dyusenbekov**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **R.Ye. Yeleshev**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **T.Sh. Kalmenov**, dr. phys. math. sc., prof., academician of NAS RK; **A.N. Nysanbayev**, dr. phil. sc., prof., academician of NAS RK; **S.S. Satubaldin**, dr. econ. sc., prof., academician of NAS RK; **Kh.M. Abzhanov**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Z.S. Abisheva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.N. Absadykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **D.A. Baimukanov**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.A. Baytanayev**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A.Ye. Davletov**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A. Medeu**, dr. geogr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.U. Myrkhalykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **N.P. Ogar**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **G.G. Tatkeeva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **I. Umbetayev**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

**E.P. Velikhov**, RAS academician (Russia); **F. Gashimzade**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **R.T. Dzhrbashian**, NAS Armenia academician (Armenia); **N.P. Laverov**, RAS academician (Russia); **S.Moskalenko**, NAS Moldova academician (Moldova); **V. Rudic**, NAS Moldova academician (Moldova); **A.S. Sagiyan**, NAS Armenia academician (Armenia); **I. Toderas**, NAS Moldova academician (Moldova); **M. Yakubova**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **F. Lupaşcu**, NAS Moldova corr. member (Moldova); **R.Sh. Abiyev**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **K.V. Avramov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine); **Jürgen Appel**, dr.med.sc., prof. (Germany); **Joseph Banas**, dr.med.sc., prof. (Poland); **A.V. Garabadzhiu**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **O.P. Ivakhnenko**, PhD, prof. (UK); **Isabella Nowak**, dr.chem.sc., prof. (Poland); **O.Kh. Poleshchuk**, chem.sc., prof. (Russia); **A.I. Ponyaev**, dr.chem.sc., prof. (Russia); **Mohd Hassan Selamat**, prof. (Malaysia); **G.S. Khripunov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine)

**Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**  
**ISSN 1991-3494**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5551-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,  
<http://nauka-nanrk.kz/>, <http://bulletin-science.kz>

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

## 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.

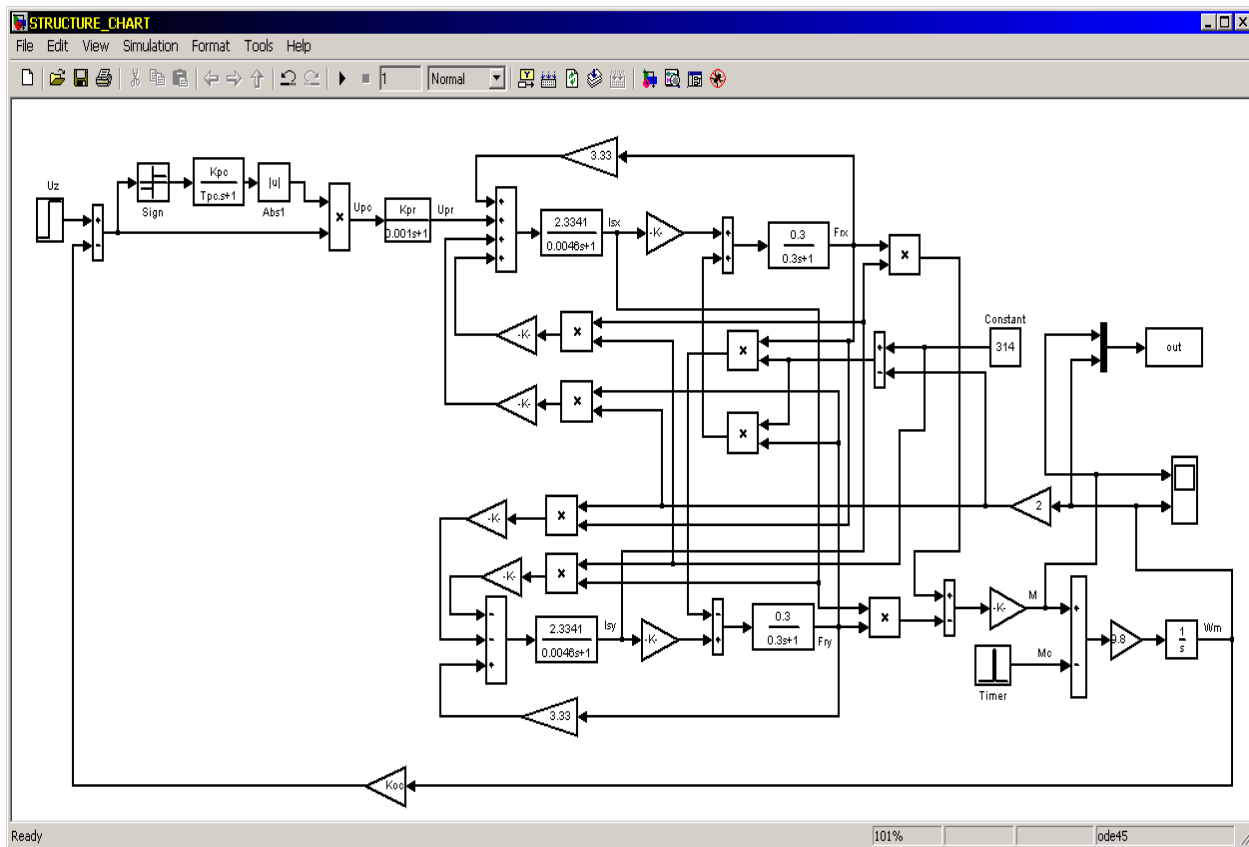


Рисунок 1 – Структурная схема замкнутой системы ПЧ – АД

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 преобразователь 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  $|u|$ ; аperiодическое звено с передаточной функцией  $W(p) = K_{PC}/(T_{PC}p + 1)$ ; 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 подлежат определению. Математическое описание асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (АКЗ) во вращающейся системе координат, можно записать следующей системой дифференциальных уравнений в операторной форме [2]:

$$\begin{aligned}
U_1 &= r(1 + T'_S s)i_{Sx} - \omega_1 L'_S i_{Sy} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{Rx} - k_R p \omega_m \psi_{Ry}, \\
0 &= r(1 + T'_S s)i_{Sy} - \omega_1 L'_S i_{Sx} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{Ry} - k_R p \omega_m \psi_{Rx}, \\
0 &= -k_R R_R i_{Sx} + \frac{1}{T_R} \psi_{Rx} + s \psi_{Rx} - (\omega_1 - p \omega_m) \psi_{Ry}, \\
0 &= -k_R R_R i_{Sy} + \frac{1}{T_R} \psi_{Ry} + s \psi_{Ry} - (\omega_1 - p \omega_m) \psi_{Rx}, \\
m &= 1.5 p k_R (\psi_{Rx} i_{Sy} - \psi_{Ry} i_{Sx}), \quad Js \omega_m = M - M_H,
\end{aligned} \tag{1}$$

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:

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

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:

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

В процессе синтеза параметров системы управления, с применением ЭВМ, для обеспечения устойчивости замкнутой системы ПЧ – АД необходимо выбрать параметры  $K_{PR}$ ,  $K_{PC}$ ,  $T_{PC}$  и  $K_{OC}$  таким образом, чтобы выполнялось условие устойчивости системы, т.е. производная функции  $V$  имела знак противоположный знаку функции Ляпунова [5]. Для выполнения условия устойчивости замкнутой системы ПЧ – АД параметры  $K_{PR}$ ,  $K_{PC}$ ,  $T_{PC}$  и  $K_{OC}$  задаются случайными числами, обеспечивая устойчивость движения и поиск указанных параметров системы. Программа определения численных значений параметров  $K_{PR}$ ,  $K_{PC}$ ,  $T_{PC}$  и  $K_{OC}$  в системе MATLAB, основанная на [6] с одновременным выводом графиков переходных процессов скорости и электромагнитного момента двигателя, представлена на рисунке 2.

```

1 function met
2 function f=myfun(x)
3 - f=x(1)^2+x(2)^2+x(3)^2+x(4)^2+x(5)^2+x(6)^2+x(7)^2;end
4 - Kpr=rand*10; Kpc=rand; Koc=rand; Tpc=rand*0.5;
5 function [c,ceq]=mycon(x)
6 - c=[]; ceq(1)=2*x(1)*(0.217*x(4)-314*x(2)+2*x(2)*x(5)-3.33*x(1))+...
7 2*x(2)*(0.217*x(3)+314*x(1)-2*x(1)*x(5)-3.33*x(2))+...
8 2*x(3)*(506.52*x(6)+1686.72*x(2)+997.85*x(1)*x(5)+311.5*x(4)-217.39*x(3))+...
9 2*x(4)*(1686.72*x(1)-997.85*x(2)*x(5)-311.5*x(3)-217.39*x(4))+...
10 2*x(5)*(28.9*x(2)*x(4)-28.9*x(1)*x(3))+2*x(6)*(1000*Kpr*(-Koc*x(5))*...
11 abs(x(7))-1000*x(6))+...
12 2*x(7)*((Kpc/Tpc)*sign(-Koc*x(5))-(1/Tpc)*x(7));end
13 - [x,f,flag]=fmincon(@myfun,[1 1 1 1 1 1],[],[],[],[],[],[],@mycon)
14 - x0=[0;0;0;0;0;0;0;0]; interval=[0 5]; [T,X]=ode45(@system,interval,x0);
15 - plot(T,X(:,5)*1.5,'b-',T,X(:,8)*10,'r-');grid
16 function dx=system(t,x)
17 - dx=zeros(8,1); u=50;
18 - dx(1)=0.217*x(4)-314*x(2)+2*x(2)*x(5)-3.33*x(1);
19 - dx(2)=0.217*x(3)+314*x(1)-2*x(1)*x(5)-3.33*x(2);
20 - dx(3)=506.52*x(6)+1686.72*x(2)+997.85*x(1)*x(5)+311.5*x(4)-217.39*x(3);
21 - dx(4)=1686.72*x(1)-997.85*x(2)*x(5)-311.5*x(3)-217.39*x(4);
22 - dx(5)=(28.9*x(2)*x(4)-28.9*x(1)*x(3));
23 - dx(6)=1000*Kpr*(u-Koc*x(5))*abs(x(7))-1000*x(6);
24 - dx(7)=((Kpc/Tpc)*sign(u-Koc*x(5))-(1/Tpc)*x(7));
25 - dx(8)=2.95*((x(2)*dx(4)+x(4)*dx(2))-(x(1)*dx(3)+x(3)*dx(1)));end;
26 - disp('Kpr=');disp(Kpr);disp('Koc=');disp(Koc);disp('Kpc=');disp(Kpc);
27 - disp('Tpc=');disp(Tpc);disp('flag=');disp(flag);
28 - end
    
```

Рисунок 2 – Программа расчета параметров системы управления замкнутой системы ПЧ – АД



В программе расчета параметров системы управления в строках 2÷13 минимизируется функция Ляпунова среди всех векторов  $x$ , удовлетворяющие ограничению вида равенства  $dV/dt = 0$ . В строке 4 программы задаются определяемые параметры в виде случайных чисел. В строках 14÷25 методом Рунге – Кутты (по заданию функции *ode45* MATLAB) решается система дифференциальных уравнений динамики замкнутого асинхронного электропривода. Графики переходных процессов скорости и электромагнитного момента асинхронного двигателя, с наилучшими качественными характеристиками переходных процессов, показаны на рисунке 3. В программе строка 15 обеспечивает вывод на дисплей компьютера графики переходных процессов скорости и электромагнитного момента асинхронного двигателя.

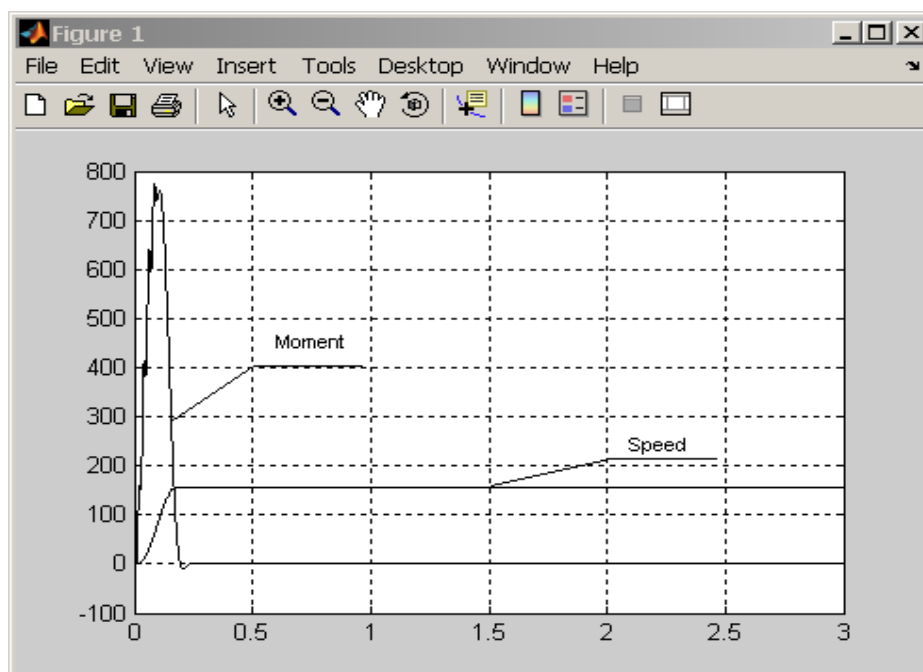


Рисунок 3 –Переходные процессы скорости и электромагнитного момента асинхронного двигателя

Как видно из рисунка 3, график переходного процесса скорости асинхронного двигателя выбран без перегулирования и колебаний, т.е. оптимальный переходной процесс скорости двигателя. Результаты счета параметров системы управления, при выбранном графике переходных процессов скорости двигателя, имеют следующие численные значения:

$$K_{pr} = 7,6 \quad K_{oc} = 0,13 \quad K_{pc} = 0,6 \quad T_{pc} = 0,05.$$

Следует отметить, что запуск программы синтеза параметров замкнутой системы ПЧ – АД на счет осуществляется до тех пор, пока не будет получен график переходного процесса скорости двигателя с требуемыми качественными характеристиками переходного процесса скорости асинхронного двигателя.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отделение, 1982. – 392 с.
- [2] Герман – Галкин С.Г. MATLAB & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА – Век, 2008. – 368 с.
- [3] Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 304 с.
- [4] Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат лит., 1988. – 256 с.
- [5] Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб.: Издательство «Профессия», 2004. – 752 с.
- [6] Ануфриев И.Е., Смирнов А.В., Смирнова Е.Н. MATLAB 7. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 1104 с.

## REFERENCES

- [1] Basharin A.V., Novikov V.A., Sokolovskiy G.G. Management electromechanics. – L.: Energoizdat. Leningr. separation, 1982. 392 p.
- [2] Herman – Galkin S.G. of MATLAB & Simulink. Planning of the mekhatronnykh systems on the personal COMPUTER. – SPb.: KORONA, 2008. 368 p.
- [3] Terekhov I.M. Osipov O. I. M.: Publishing center "Akademy", 2008. 304 p.
- [4] Popov E.P. Theory of nonlinear automatic control systems and management. - M.: "Nauka", 1988. 255 p.
- [5] Besekersky V.A., Popov E.P. M.: Profession Publishing house, 2004. 752 p.
- [6] Anufriev I.E. Smirnov A.B. Smirnova E.N. BHV – Petersburg, 2005. 1104 p.

## АСИНХРОНДЫ ЭЛЕКТР ЖЕТЕКТІ АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН СИНТЕЗДЕУ

Ю. И. Шадхин, Ж. Ж. Тойғожина

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** жиілікті түрлендіргіш, асинхронды қозғалтқыш, бейсызықты фильтр, Ляпунов функциясы, параметрлердің синтезі.

**Аннотация.** Мақалада асинхронды электр жетектің тұйықталған автоматты басқару жүйесінің параметрлерін синтездеу мүмкіндіктері қарастырылған. Берілген жылдамдық бойынша кері байланыстан тұратын жиілікті түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш жүйесінің құрылымдық сұлбасында қалаулы басқару процесін алу үшін асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу сапасы ретінде бейсызықты түзету еңгізілген. Жиілікті түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыштың тұйықталған жүйесінің динамикасы асинхронды қозғалтқыштың белгілі санды параметрлерінен, жиілік түрлендіргіш пен жүйенің бейсызықты түзеткішінің белгісіз параметрлерінен тұратын бейсызықты дифференциалды теңдеулермен жазылады. Бұл жүйенің белгісіз параметрлерін синтездеу Ляпунов функциясының көмегімен және оның уақыт бойынша туындысымен орындалады. Белгісіз параметрлерді синтездеу бағдарламасында Ляпунов функциясы көптеген айнымалы функция ретінде көрсетілген. Ляпунов функциясының туындысы айнымалының тәуелсіздігіне тең түрдегі шектеуге ұқсас көрсетілген. MATLAB бағдарламасындағы асинхронды қозғалтқыштың электромагнит моментінің және жылдамдықтың өтпелі процесінің графиктерімен, қозғалтқыштың өтпелі процестерінің сипаттамаларына қойылған талап бойынша бейсызықты жүйені түзету мен жиілікті түрлендіргіштің есептелінген параметрлері таңдалады. Жиілікті түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыштың тұйықталған жүйесінің есептелген белгісіз параметрлерінің және қозғалтқыштың электромагниттік моментінің, жылдамдығының өтпелі процесінің графигі ЭЕМ дисплейіндегі экранда шығуы синтездеу мақсатын орындауды жеңілдету үшін «оператор – ЭЕМ» диалогты жұмыс режимінде орындалады.

Поступила 20.03.2015 г.

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

[bulletin-science.kz](http://bulletin-science.kz)

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т. А. Апендиев*  
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 14.04.2015.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
18,9 п.л. Тираж 2000. Заказ 2.