

## ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

УДК 621.39.075

### ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНОГО КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ НА ЭВМ

*Джулаева Жазира Тулегеновна, ст. препод. КазАТК*

В статье представлена структурная схема замкнутой системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель ПЧ-АД с нелинейным корректирующим устройством. Дается математическое описание динамики замкнутой системы с короткозамкнутым ротором. Приводится алгоритм параметрического синтеза системы управления ПЧ-АД.

**Ключевые слова:** Структурная схема, преобразователь частоты, короткозамкнутый ротор, алгоритм.

### PARAMETRIC SYNTHESIS OF NONLINEAR CORRECTION DEVICE OF THE CLOSED-LOOP SYSTEM FREQUENCY CONVERTER – ASYNCHRONOUS MOTOR ON THE COMPUTER

*Dzhulayeva Zh. head teacher KazATK*

The block diagram of the closed system of PCh-AD is presented in article with the nonlinear correcting device. The frequency converter – the asynchronous engine with a short-circuited rotor is given the mathematical description of dynamics of the closed system. The algorithm of parametrical synthesis of a control system of PCh-AD is given.

**Keywords:** Block diagram, frequency converter, short-circuited rotor, algorithm.

Нелинейное корректирующее устройство замкнутой системы преобразователь частоты - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором аналогично звену переменной структуры. Нелинейное корректирующее устройство (НКУ) придает системе как бы свойство самонастройки по величине ошибки, возникающей в системе в процессе управления [1]. Структурная схема системы ПЧ – АД [2] с нелинейным корректирующим устройством [1] представлена на рисунке 1.

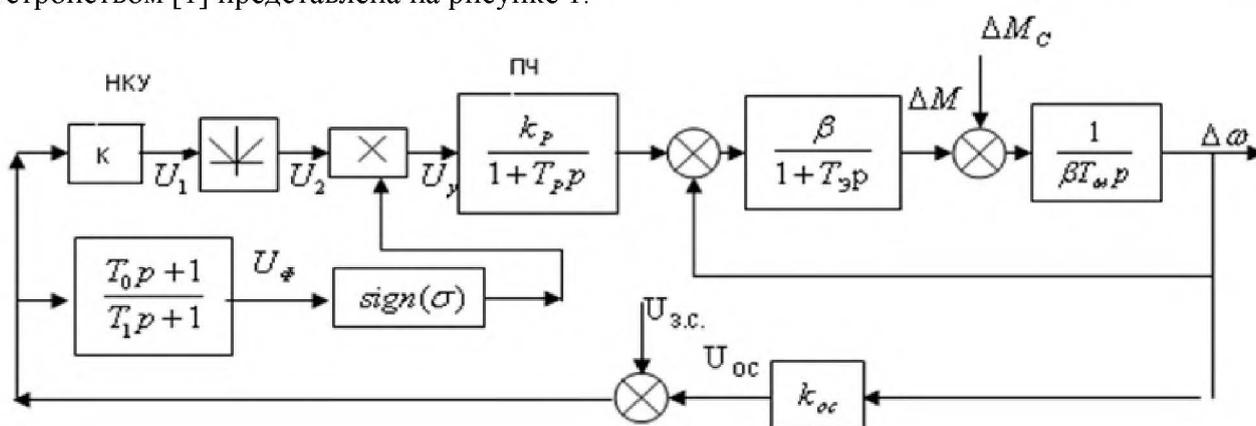


Рисунок 1- Структурная схема замкнутой системы ПЧ – АД с НКУ

На рисунке 1 верхний канал НКУ представлен пропорциональным звеном и звеном модуля, нижний канал представлен передаточной функцией (инерционно – форсирующее звено) и нелинейным звеном  $sign(\sigma)$ . Входные сигналы на выходе НКУ умножаются, в результате чего создается управляющее воздействие  $U_y(t)$ .

Для решения задачи синтеза рассмотрим математическое описание динамики замкнутой системы ПЧ – АД с нелинейным корректирующим устройством.

Математическое описание динамики системы имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 \beta T_M p \Delta \omega &= \Delta M - \Delta M_C, \\
 (T_\Sigma p + 1) \Delta M &= \beta (U_p - \Delta \omega), \\
 (T_p p + 1) U_p &= k_p U_y, \\
 (T_1 p + 1) U_\phi &= (T_0 p + 1) x, \\
 x &= U_{3.C} - U_{OC}, \quad U_{OC} = k_{OC} \Delta \omega, \\
 U_1 &= kx, \quad U_2 = |U_1|, \\
 U_3 &= sign(\sigma), \quad \sigma = U_\phi, \\
 U_y &= U_2 * U_3,
 \end{aligned} \tag{1}$$

где  $\Delta \omega$  – приращение скорости двигателя;

$\Delta M$  – приращение момента двигателя;

$\Delta U_p$  – приращение напряжения с выхода ПЧ;

$U_\phi$  – выходное напряжение линейного фильтра НКУ;

$\beta$  – модуль жесткости механической характеристики;

$T_\Sigma$  – эквивалентная электромагнитная постоянная времени цепей

статора и ротора двигателя;

$T_p$  – постоянная времени цепи управления ПЧ;

$T_M$  – электромеханическая постоянная времени двигателя;

$k_p$  – передаточный коэффициент ПЧ;

$K_{OC}$  – коэффициент обратной связи по скорости;

$\Delta U_{3.C}$  – напряжение на выходе задатчика интенсивности.

Задача синтеза параметров нелинейного корректирующего устройства заключается в определении коэффициента  $k$  (верхнего канала) и постоянных времени линейного фильтра  $T_0, T_1$  НКУ. Кроме этого осуществляется синтез коэффициента передачи преобразователя частоты  $k_p$ . Численное значение коэффициента обратной связи  $k_{OC}$  задается. Параметры асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором рассчитываются. После несложных преобразований уравнений (1), с учетом  $\Delta M_C = 0$ , получим:

$$\begin{aligned}
 \frac{dx_1}{dt} &= a_1 x_2; & \frac{dx_2}{dt} &= a_2 x_3 - a_3 x_1 - a_4 x_2; \\
 \frac{dx_3}{dt} &= a_5 * k_p * |k_1 * (u - k_{oc} * x_1)| * sign(x_4) - a_5 x_3; \\
 \frac{dx_4}{dt} &= a_6 * u - a_7 * (T_0 / T_1) x_2 - a_8 * x_1 - a_9 * x_4,
 \end{aligned} \tag{2}$$

где

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \Delta\omega, \quad x_2 = \Delta M, \quad x_3 = U_P, \quad x_4 = U_\phi, \\
 \alpha_1 &= 1/(\beta T_M), \quad \alpha_2 = \beta/T_\Theta, \quad \alpha_3 = a_2, \quad a_4 = 1/T_\Theta \\
 \alpha_4 &= 1/T_P, \quad \alpha_5 = a_4, \quad \alpha_6 = 1/T_1, \quad \alpha_7 = k_{oc}/(\beta T_M), \\
 \alpha_8 &= k_{oc}/T_1, \quad \alpha_9 = 1/T_1, \quad u = U_{3.C.},
 \end{aligned}$$

Структурная схема алгоритма параметрического синтеза нелинейной системы управления приведена на рисунке 2. Структурная схема алгоритма построена на основании [3].

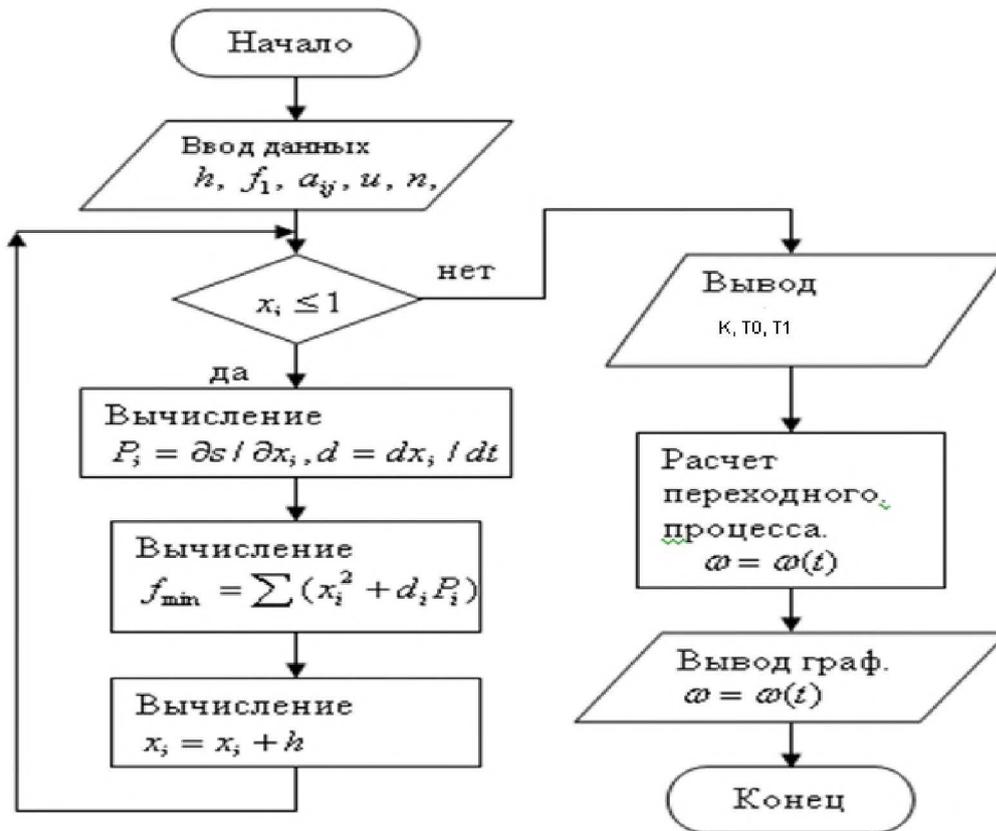


Рисунок 2- Структурная схема алгоритма параметрического синтеза замкнутой нелинейной системы ПЧ - АД

Алгоритм вычисления параметров заключается в следующем:

1. Вводятся величина шага  $h$  переменных  $x_i$ , начальное приближение функции многих переменных  $f_1$ , численные значения коэффициентов  $a_{ij}$  функции квадратичной формы, напряжение задающего сигнала  $u = U_{3.C.}$ , порядок системы дифференциальных уравнений  $n$ ;
2. Проверяется условие выполнения неравенства численного значения переменной  $x_i$ ;
3. Вычисляются частные производные  $P_i = \partial S / \partial x_i$  функции  $S$  квадратичной формы по каждой переменной  $x_i$ ;
4. Вычисляются численные значения правой части системы дифференциальных уравнений  $d_i = dx_i / dt$ ;

5. Вычисляется минимум функции  $f_{\min} \quad f = \sum X_i^2 + P_i * d_i$

6. Вычисляются новые численные значения переменных  $x_i = x_i + h$  с передачей управления анализа на проверку условия непревышения заданной верхней границы переменных  $x_i$ ;

7. В случае невыполнения условия выводятся рассчитанные значения коэффициентов  $k_p, k$  и постоянных времени  $T_0$  и  $T_1$ ;

8. Расчет переходного процесса скорости системы ПЧ – АД осуществляется методом Рунге – Кутты [4];

9. Для визуального наблюдения за качеством переходного процесса скорости, графики скорости и момента двигателя выводятся на экран дисплея.

Следует отметить, что задача синтеза параметров замкнутой системы ПЧ – АД решается в MATLAB, где одновременно с выводом на экран дисплея кривых переходного процесса скорости и момента осуществляется вывод параметров нелинейного корректирующего устройства  $k, T_0, T_1$ , передаточного коэффициента преобразователя частоты  $k_p$ . На рисунке 3 представлены графики переходного процесса угловой скорости и момента асинхронного двигателя, исходя из требований к качеству переходного процесса скорости двигателя (перерегулирование, число колебаний и время регулирования).

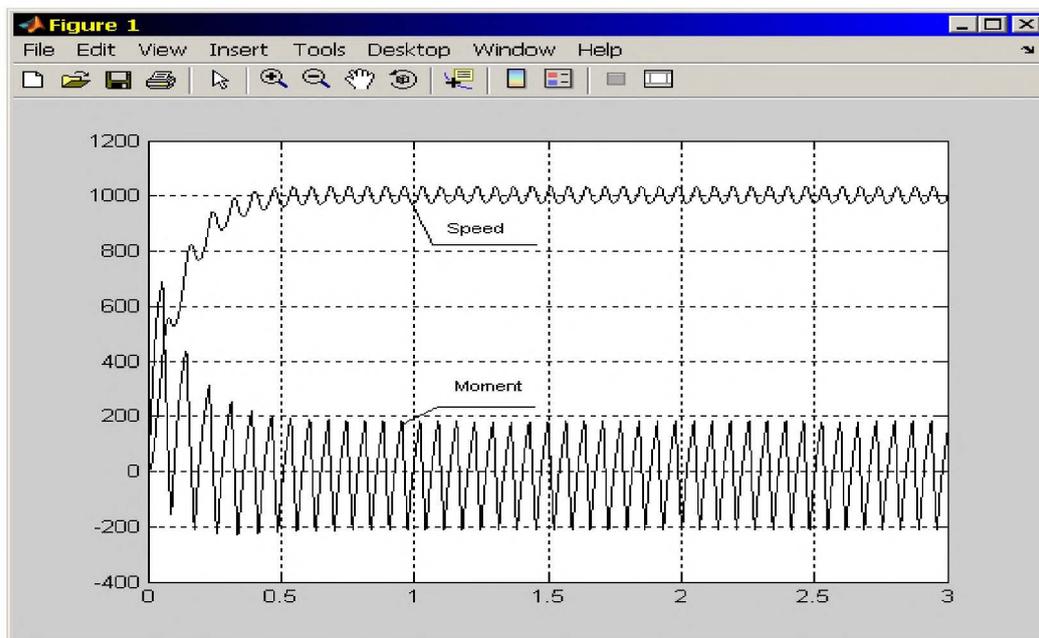


Рисунок 3- График переходного процесса скорости

Результаты выполнения программы следующие:

$$k_p = 27; k = 0,22; T_1 = 0,37; T_2 = 0,37.$$

Как видно из рисунка 3, график переходного процесса скорости выбран без перерегулирования и колебаний, что соответствует требованиям предъявляемым к нелинейным системам ПЧ – АД.

#### Выводы:

Разработана структурная схема замкнутой системы ПЧ – АД с нелинейным корректирующим устройством.

Разработана математическая модель динамики замкнутой системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

Разработан алгоритм параметрического синтеза системы управления ПЧ-АД

### Список литературы

1. Алексеев Е.Р. MATLAB 7/ Е.Р. Алексеев, О.В. Чеснокова – М.:ИТ Пресс, 2006.
2. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления / Е.П. Попов – М.: Наука, 1988.
3. Терехов В.Н. Системы управления электроприводов / В.Н. Терехов. О.И. Осипов – М.: Академия.- 2006.
4. Сагитов П.И. Параметрический синтез системы управления многодвигательного асинхронного электропривода/ П.И. Сагитов //Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2011.

УДК 517.68

### ПОСТРОЕНИЕ КОНЕЧНОМЕРНОГО РЕГУЛЯРИЗИРУЮЩЕГО ОПЕРАТОРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО ВПОЛНЕ НЕПРЕРЫВНОГО ОПЕРАТОРНОГО УРАВНЕНИЯ I-ГО РОДА В ГИЛЬБЕРТОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

*Саадабаев Аскербек Саадабаевич, д.ф.-м.н., профессор, КГУ им. Ж.Баласагына, Кыргызстан, 720033, г. Бишкек, ул. Фрунзе 547, e-mail: [caadabaev@mail.ru](mailto:caadabaev@mail.ru)  
Абдылдаева Асель Рыскулбековна, ст.преп., КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: [asabdyl\\_72@mail.ru](mailto:asabdyl_72@mail.ru)*

Цель работы – построение конечномерного регуляризирующего оператора для решения операторного уравнения первого рода в Гильбертовом пространстве. В работе исследуется нелинейное операторное уравнение и получена сходимость приближенного решения к точному решению исходного уравнения. Получена зависимость параметра  $n$  от погрешности приближения.

**Ключевые слова:** конечномерная аппроксимация, регуляризирующий оператор, вполне непрерывный оператор, функционал, точная нижняя граница, слабо компактное множество

### BUILDING A FINITE- DIMENSIONAL REGULARIZING OPERATORS FOR SOLVING LINEAR COMPLETELY CONTINUOUS OPERATOR EQUATION OF THE FIRST KIND IN HILBERT SPACE

*Saadabaev Askerbek Saadabaevich, PhD(Mathematics), Professor, Kyrgyzstan, 720033, c.Bishkek, KNU named after J. Balasagyn, e-mail: [caadabaev@mail.ru](mailto:caadabaev@mail.ru)  
Abdyldaeva Asel Ryskulbekovna, Kyrgyzstan, 720044 ,c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov, e-mail: [asabdyl\\_72@mail.ru](mailto:asabdyl_72@mail.ru)*

The purpose of the article - the construction of a finite regularizing operator for solution of operator equations of the first kind in Hilbert space . In this paper the nonlinear operator equation, and obtained convergence of the approximate solutions to the exact solution of the original equation . The dependence of the  $n$  parameter of the error of approximation .

**Keywords:** finite-dimensional approximation, regularizing operator, compact operator, functional , the greatest lower bound , weakly compact set

Рассмотрим операторное уравнение первого рода

$$Az = u + \delta Kz, \quad (1)$$