

РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

УДК 62-50.681.5. 677.21

Сидиков Исамидин Хакимович, д.т.н., профессор,
Ташкентский государственный технический
университет им. И. Каримова,
Халматов Давронбек Абдалимович, к.т.н., доцент,
Ташкентский институт текстильной и легкой
промышленности,
Хушназарова Дилноза Рахмановна, докторант,
Ташкентский государственный технический
университет им. Ислама Каримова,
Мойдунов Тайрь Толонович, к.т.н., доцент,
Ошский технологический университет,
Саримсаков Адилкан Азимжанович к.т.н., доцент,
Ошский технологический университет
E-mail: isiddikov54@gmail, tayr.moydunov@vail.ru

СИНТЕЗ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В работе приведены возможности применения методов синергетического подхода, для синтеза закона управления нелинейными динамическими объектами. Предлагаемая методика подтверждена примерами цифрового моделирования и показана эффективность предложенного подхода к задачам синтеза нелинейной системы управления динамическими объектами, обеспечивающая устойчивость системы управления и компенсировать неизмеряемых и внешних возмущений.

Ключевые слова: робастное управление, нелинейное управление, синергетическая теория управления

Сидиков Исамидин Хакимович, т.и.д, профессор,
Ислам Каримов атын. Ташкент мамлекеттик
техникалык университети
Халматов Давронбек Абдалимович, т.и.к., доцент,
Ташкент текстиль жана жеңил өнөр жай институту,
Хушназарова Дилноза Рахмановна, докторант,
Ислам Каримов атын. Ташкент мамлекеттик
техникалык университети,
Мойдунов Тайрь Толонович, т.и.к., доцент,
Ош технологиялык университети,
Саримсаков Адилкан Азимжанович т.и.к., доцент,
Ош технологиялык университети

СЫЗЫКТУУ ЭМЕС ДИНАМИКАЛЫК ОБЪЕКТТЕРДИН СИНЕРГИЯЛЫК БАШКАРУУ ЗАКОНДОРУНУН СИНТЕЗИ

Документте сызыктуу эмес динамикалык объекттер үчүн башкаруу мыйзамын синтездөө үчүн синергетикалык ыкмаларды колдонуу мүмкүнчүлүктөрү берилген.

Сунушталган методология санариптик моделдөөнүн мисалдары менен ырасталган жана динамикалык объектилерди башкаруунун сызыктуу эмес системасын синтездөө маселелерине сунушталган ыкманын натыйжалуулугу, башкаруу тутумунун туруктуулугун камсыз кылуу жана өлчөөсүз жана тышкы бузулууларды компенсациялоо көрсөтүлгөн.

Негизги сөздөр: бекем башкаруу, сызыктуу эмес башкаруу, синергетикалык башкаруу теориясы.

Sidikov Isamidin Khakimovich, doctor of technical sciences, professor, Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Khalmatov Davronbek Abdalimovich, candidate of technical sciences, associate professor, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Khushnazarova Dilnoza Rakhmanovna, doctoral student, Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Tair Tolonovich Moidunov, candidate of technical sciences, associate professor, Osh Technological University,
Adilkan Azimzhanovich Sarimsakov, candidate of technical sciences, associate professor, Osh Technological University

SYNTHESIS OF SYNERGIC CONTROL LAWS OF NONLINEAR DYNAMIC OBJECTS

Given in the work the facilities of applying the methods of the synergistic approach for the synthesis of the law of control of nonlinear dynamic plants. The suggested methodology has confirmed examples of digital simulation and has shown an efficient proposed approach to tasks synthesis of a nonlinear system of control with dynamical plants, procuring asymptotic sustainability of the control system and recouping unmeasured and internal disturbance.

Key words: robust control, nonlinear control, synergistic control theory.

Введение. Для реально действующих динамических объектов характерно структурная и параметрическая неопределенность, которые существенно ухудшает качество систем управления. Для решения задачи повышения качества систем управления в настоящее время широкое применение нашли методы адаптивного и робастного управления. Для придания свойства адаптации системам управления последнее время предлагается гибридного применения методов адаптивного управления с современными методами интеллектуального управления, таких как нейронные сети нечеткая логика и генетические алгоритмы [1-3].

Другим направлением создания высокоэффективных систем управления динамическими объектами при наличии различных видов неопределенностей является синергетический метод теории управления (СТУ), особенности которых заключается возможности получения нелинейного закона управления в аналитической форме, а также формирования нового механизма закона управления [4-6].

Применения СТУ позволяет обеспечить нечувствительность нелинейной динамической системы к внешним и параметрическим возмущениям и придает

адаптации к системам за счёт применения нелинейных интеграторов, компенсирующих возмущения.

Следует отметить, что синергетическая система управления, основывающаяся на принципе адаптации, не требует применения наблюдателей состояния и возмущений предназначенные оценки этих возмущений.

Метод решения. Для компенсации различных внешних и внутренних возмущений, являющие наихудшим возмущениям влияющие на динамические свойств управляемой системы наиболее удобным является применения принципа адаптации с интегратором, заключающий в построении гарантирующих регуляторов.

Рассмотрим случай, когда наихудшие возмущения представляется в виде $M_i^{\text{sup}}(t) = M_{i0} \text{sign} \mu(t)$ изменяющийся случайным образом, из $M_{i0} = \text{const}$ на заданном интервале. Компенсация измеряемых возмущений обеспечивается регулятором с интегрирующим свойством, который управления с астатизмом обеспечивает устойчивость системы управления сложных динамических объектов. Применение принципа адаптации с интегратором СТУ позволяет компенсировать возмущениями воздействий, за счет ввода контур управления интеграторов и отметить, что аналитическое конструирование агрегированных регуляторов (АКАР) не позволяет компенсировать гармонических возмущений, но обеспечить уравнение состояние существенное ослабления влияние возмущения с тремя интеграторами [7-10].

Динамическая модель возмущения представлена в виде:

$$\dot{z}(t) = z_{i+1}(t), \quad \dot{z}_{n+1}(t) = \Phi_i(z) \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где z_i - переменные состояния возмущения, $\Phi_i(z)$ - функция от переменных состояния объекта, обеспечивающая свойство инвариантности системы. Сущность синтеза синергетического закона управления заключается для рассматриваемый систему в следующем. Пусть динамическая модель электропривода предназначенный для регулирования движения исполнительного органа описывается в виде:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= x_2; \\ \dot{x}_2(t) &= \frac{k_m x_3 - M_c - j(t)x_2}{J(t)}; \\ \dot{x}_3(t) &= \frac{u - k_e x_2 - R x_3}{L}, \end{aligned} \quad (2)$$

где x_1 - угол поворота вала электропривода, x_2 - скорость вращения вала электропривода, x_3 - ток в якорной цепи электропривода, u - управление, $J(t)$ - приведённый момент инерции электропривода, M_c - момент сопротивления, k_m , k_e , L , R - параметры электропривода.

Динамическая модель электропривода (2) характеризует скорость вращения электропривода и приводит к углу поворота исполнительного механизма. Параметрическая неопределённость представляет собой изменения приведённого момента инерции $J(t)$ во времени. В качестве внешних возмущений берется изменение момента сопротивления M_c . Основной задачей управления электроприводом заключает в поддержание желаемой скорости вращения электропривода, вышеприведенные указанных возмущений. Для решения поставленной задачи, предложено следующие варианты, которые основаны на изменения $J(t)$. На первом варианте момент инерции $J(t)$ изменяется линейно и описывается уравнением вида $J_1 = J_0 + at$, а во втором момент инерции изменяется в виде гармонической функции $J_2 = b \sin \sigma_0 t$. При этом момент сопротивления $M_c = \text{const}$.

Для решения поставленной задачи строим одну модель возмущений с максимальным исполнением. Для каждого вида возмущений используя АКАР

синтезируем синергетического регулятора, предназначенного для компенсации различных видов возмущений исполнения.

Для компенсации возмущений вида $J_1 = J_0 + at + b \sin \sigma_0 t$ и с учетом этого принципа интегрированной адаптации. Сформируется расширенная модель системы с учетом возмущений. В расширенной модели момент инерции $J(t)$ считается постоянным $J(t) = J_0$, тогда $\dot{J}(t) = 0$. Тогда динамическая модель электропривода имеет вид с последовательно включенным интегратором:

$$\begin{aligned} \dot{z}_i(t) &= z_{i+1}, i = 1, 2 \\ \dot{z}_3(t) &= \alpha(x_2 - x_2^0), \end{aligned} \quad (3)$$

где $z_1 = \hat{M}_c z$ - выходная переменная характеризующая состояния системы (3), α - постоянный коэффициент. Совмещая (2) и (3), получим расширенную систему уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{x}_2(t) &= \frac{k_m x_3 - z_1}{J_0}; \quad \dot{x}_3(t) = \frac{u - k_e x_2 - R x_3}{L}; \quad \dot{z}_1(t) = z_2; \\ \dot{z}_2(t) &= z_3; \\ \dot{z}_3(t) &= \beta(x_2 - x_2^0). \end{aligned} \quad (4)$$

Полученную модель будем использовать для решения задачи синтеза синергетического закона управления $u = u(x, z)$, позволяющий компенсировать неизмеряемых возмущений $J_1 = J_0 + at + b \sin \sigma_0 t$ и $M_c = \text{const} \neq 0$ и обеспечивающая выполняются. Для этого используя метода АКАР вводим макропеременную:

$$\Psi = x_2 - x_2^0 + \gamma_1 z_1 + \gamma_2 z_2 + \gamma_3 z_3, \quad (5)$$

где γ_i - постоянные коэффициенты.

Функциональное уравнение метода АКАР с учетом макропеременную получим в виде

$$\ddot{\Psi}(t) + \lambda_1 \dot{\Psi}(t) + \lambda_2 \Psi(t) = 0, \quad (6)$$

и решая функциональное уравнение совместно с (4) и (5), находим закон управления:

$$\begin{aligned} u(x, z) &= k_e x_2 + R x_3 + \frac{L J}{k_m} = \left[\frac{1}{J_0} (1 - \lambda_1 \gamma_1 J_0) z_2 - (\gamma_1 - \lambda_1 \gamma_2) z_3 - \beta (\gamma_2 - \lambda_1 \gamma_3) (x_2 - x_2^0) - \right. \\ &\left. - \frac{1}{J_0} (\gamma_3 \beta + \lambda_1) (k_m x_3 - z_1) - \lambda_2 (x_2 - x_2^0 + \gamma_1 z_1 + \gamma_2 z_2 + \gamma_3 z_3) \right]. \end{aligned} \quad (7)$$

При условии выполнения асимптотической устойчивости $\gamma_j > 0, j = 1, 2$ значения γ_j влияет на характер переходного процесса. Динамика системы на пересечении многообразий $\Psi = 0$ и $\dot{\Psi}(t) = 0$ описывается системой уравнения следующего вида:

$$\begin{aligned} \dot{z}_1(t) &= z_2; \\ \dot{z}_2(t) &= z_3; \\ \dot{z}_3(t) &= \beta (-\gamma_1 z_1 - \gamma_2 z_2 - \gamma_3 z_3). \end{aligned} \quad (8)$$

Для определения значения корней желаемого характеристического уравнения составим уравнения вида:

$$A_0(p) = (p - p_0)^3 = p^3 - 3p_0 p^2 + 3p_0^2 p - p_0^3 = 0,$$

здесь $p_0 < 0$ - требуемый корень обеспечивающая асимптотическую устойчивость.

Вычислить характеристического уравнения определим его корни на основе которого определяются:

$$\gamma_1 = -\frac{p_0^3}{\beta}, \quad \gamma_2 = \frac{3p_0^3}{\beta}, \quad \gamma_3 = -\frac{3p_0}{\beta}. \quad (9)$$

Асимптотическая устойчивость разработанной системы (2) с синергетическим управлением (7) обеспечивается вычислениям γ_i по формуле (9) при условии $\gamma_i > 0, j=1, 2$.

Для проверки достоверности результатов проводим вычислительный эксперимент при измеряемых возмущений момента инерции вида (рис.1, 2).

$$J(t) = \begin{cases} J_0 + at + b \sin \sigma_0 t, & t > 4; \\ J_0, & t \leq 4; \end{cases} \quad (10)$$

$$J(t) = \begin{cases} at + b \sigma_0 t, & t > 4; \\ 0, & t \leq 4. \end{cases} \quad (11)$$

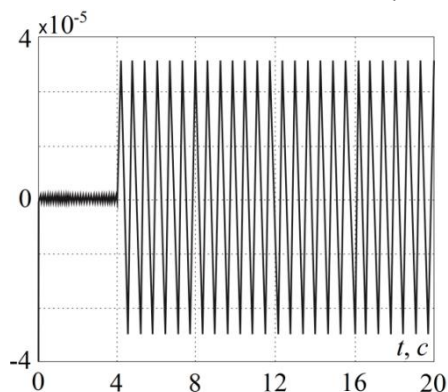


Рис 1. График изменения ошибки

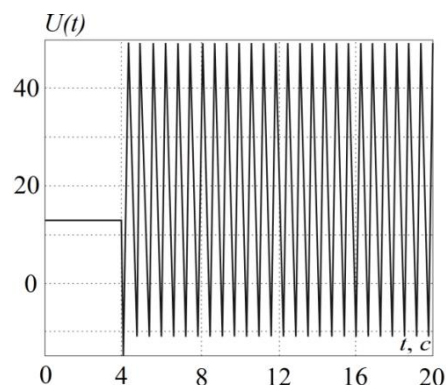


Рис.2. График изменения управления

$$\varepsilon(t) = x_2(t) - x_2^0.$$

Графики переходного процесса показали, что синтезированный синергетический закон управления (6) обеспечивает выполнение условий технологического инварианта $x_2 = x_2^0 = \text{const}$.

Результаты моделирования с синтезированным законом управления (7) при неизменяемых возмущениях $M_c = M_{c0} = \text{const}$. Показан, что закон управления обеспечивает выполнение технологического инварианта $x_2 = x_2^0 = \text{const}$ (рис.3, 4).

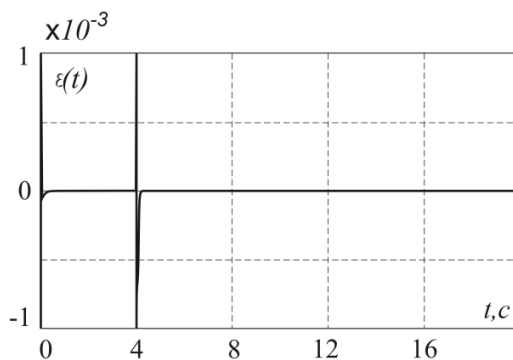


Рис.3. График изменения ошибки

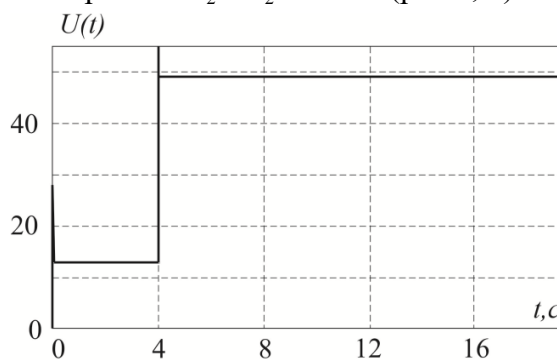


Рис.4. График изменения управления

$$\varepsilon(t) = x_2(t) - x_2^0.$$

Пусть динамика объекта описывается системой уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= x_2; \\ \dot{x}_2(t) &= x_3; \end{aligned} \quad (12)$$

$$\dot{x}_3(t) = -cx_1 - bx_2 - ax_3 + mx_1^2;$$

здесь $x_1(t), x_2(t), x_3(t)$ - вектор состояния: $a > 0; b > 0; c > 0; m > 0$, при этом $ab < c$.

С учетом возмущений систему с управление система уравнение записывается так:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1(t) &= x_2; \\ \dot{x}_2(t) &= x_3;\end{aligned}\quad (13)$$

$$\dot{x}_3(t) = -cx_1 - bx_2 - ax_3 + mx_1^2 + \Delta f + d(t) + U,$$

здесь Δf - параметрическая неопределённость объекта, $d(t)$ - не измеряемое внешнее возмущение.

Имеющее ограничения вида:

$$|\Delta f| \leq \alpha, |d(t)| \leq \beta$$

где $\alpha > 0$; $\beta > 0$. Требуется выполнения системой (13) обеспечения выполнения условий вида:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|E(t)\| = \lim_{t \rightarrow \infty} \|X(t) - X_d(t)\| = 0,$$

где $X_d(t)$ - желаемая траектория вектор состояния переменных. Синтезируем синергетического закона управления $U = U(X, Z)$, который обеспечивает компенсацию параметрических и внешних возмущений. Тогда расширенная модель с учетом модель возмущений имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}\dot{z}_1(t) &= z_2; \\ \dot{z}_2(t) &= z_3; \\ \dot{z}_3(t) &= x + \gamma_1 x_2 - \gamma_2 x_1,\end{aligned}\quad (14)$$

где γ_1, γ_2 - постоянные коэффициенты. Объединяя (13) и (14), получим расширенную систему уравнения:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1(t) &= x_2; \\ \dot{x}_2(t) &= x_3; \\ \dot{x}_3(t) &= -cx_1 - bx_2 - ax_3 + mx_1^2; \\ \dot{z}_1(t) &= z_2; \\ \dot{z}_2(t) &= z_3; \\ \dot{z}_3(t) &= x + \gamma_1 x_2 - \gamma_2 x_1,\end{aligned}\quad (15)$$

$$\text{Введём макропеременную } \Psi = x_3 + \gamma_1 x_2 + \gamma_2 x_1 + \beta_1 z_1 + \beta_2 z_2 + \beta_3 z_3, \quad (16)$$

здесь β_i - постоянные коэффициенты.

Уравнение аттрактора представим в виде

$$T\dot{\Psi}(t) + \Psi = 0. \quad (17)$$

Решая уравнения аттрактора совместно с (16) и (15), определим закон управления, обеспечивающий асимптотический устойчивостью системы:

$$\begin{aligned}U(X, z) &= -\gamma_2 x_2 + \gamma_1 x_3 + cx_1 + bx_2 + ax_3 - mx_1^2 - z_1 - \beta_1 z_2 - \beta_2 z_3 - \\ &- \beta_3 (x_3 + \gamma_1 x_2 + \gamma_2 x_1) + \frac{1}{T} (x_3 + \gamma_1 x_2 + \gamma_2 x_1 + \beta_1 z_1 + \beta_2 z_2 + \beta_3 z_3).\end{aligned}\quad (18)$$

При этом динамика системы (15) описывается следующей системой уравнения:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1(t) &= x_2; \\ \dot{x}_2(t) &= -\gamma_1 x_2 - \gamma_2 - x_1 - \beta_1 z_1 - \beta_2 z_2 - \beta_3 z_3; \\ \dot{x}_3(t) &= -cx_1 - bx_2 - ax_3 + mx_1^2; \\ \dot{z}_1(t) &= z_2; \\ \dot{z}_2(t) &= z_3; \\ \dot{z}_3(t) &= -\beta_1 z_1 - \beta_2 z_2 - \beta_3 z_3.\end{aligned}\quad (19)$$

Для определения неизвестных коэффициентов γ_i , обеспечивающие асимптотическую устойчивость системы составим характеристическое уравнение вида:

$$A_0(p) = \det(pE - A) = p^5 + (\beta_3 + \gamma_1)p^4 + (\beta_2 + \gamma_1\beta_3\gamma_2)p^3 + (\beta_1 + \gamma_1\beta_2 + \gamma_2\beta_3)p^2 + (\gamma_1\beta_2 + \gamma_2\beta_3)p + \gamma_2\beta_1 = 0. \quad (20)$$

Характеристическое уравнение обеспечивающее асимптотическую устойчивость

$$A_0(p) = (p - p_0)^5 = p^5 + 5p_0p^4 + 10p_0^2p^3 + 10p_0^3p^2 + 5p_0^4p + p_0^5 = 0,$$

здесь $p_0 < 0$ - требуемый корень.

Для определения неизвестных коэффициентов этого уравнения (20) они приравниваются к коэффициентам при одинаковых степенях p :

$$\gamma_1 = 2p_0, \quad \gamma_2 = p_0^2, \quad \beta_1 = p_0^3, \quad \beta_2 = 3p_0^3, \quad \beta_3 = 3p_0. \quad (21)$$

Выбирая $T > 0$ и определим коэффициенты γ_i, β_i - обеспечивающая асимптотическую устойчивость системы (15).

Результаты исследований. Для проверки достоверности подхода проведен вычислительный эксперимент. Результаты моделирования системы с синтезированным законом управления осуществлялось при неизменяемых возмущениях:

$$\Delta f = 0.5 \sin(\pi x_1) \sin(2\pi x_2) \sin(3\pi x_3); \quad d(t) = 0.2 \cos(t). \quad (22)$$

При этом взяли приведенный на рисунке параметры объекта: $a=1.2; b=2.92; c=6; m=1$; параметры закона управления: $T=1; p_0=-4$. Из рисунков видно, что объект неуправляем:

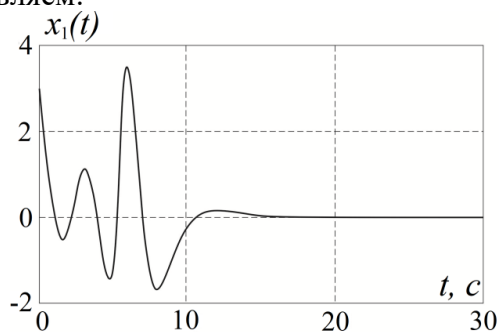


Рис.5. График изменения $x_1(t)$

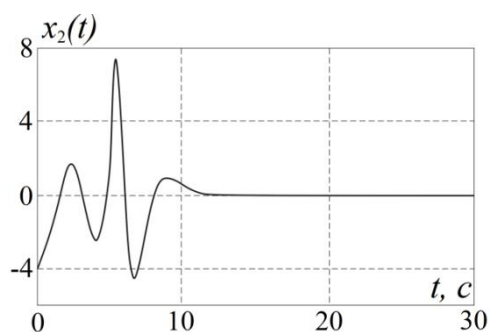


Рис.6. График изменения $x_2(t)$

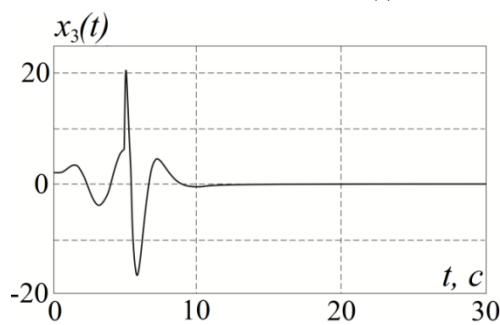


Рис.7. График изменения $x_3(t)$

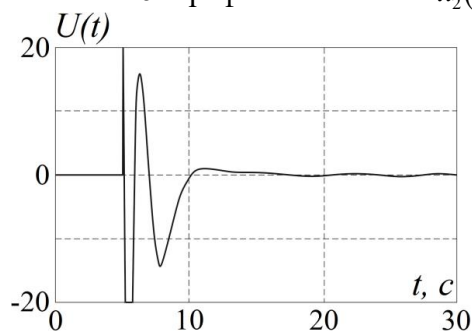


Рис.8. График изменения

управления

Сравнения результатов произведен анализ задачи исследование с объектом при адаптивном законе управления, обеспечивающий скользящий режим. Тогда закон управления имеет вид:

$$U = -c_2 e_3 - c_1 e_2 + \ddot{x}_d(t) - \mu \Phi \Theta \quad (23)$$

здесь $e_1 = x_2(t) - x_d(t), e_2 = \dot{x}_2(t) - \dot{x}_d(t), e_3 = \ddot{x}_2(t) - \ddot{x}_d(t)$ - элементы вектора ошибки;

$\Theta = \hat{c}|x_1| + \hat{b}|x_2| + \hat{a}|x_3| + \hat{m}|x_1^2| + \hat{\alpha} + \hat{\beta}s = e_3 + c_2 e_2 + c_1 e_1$ - фазовая траектория скольжения;

$\Phi = (1 - \exp(-\hat{\lambda}s))(1 + \exp(-\hat{\lambda}s))^{-1}$; c_1, c_2, μ - положительные константы. Синергетический закон управления (23) в этом случае выглядит так:

$$\begin{aligned}
\dot{\hat{\lambda}}(t) &= -\lambda \Phi(\hat{\lambda}), & \hat{\lambda}_s(0) &= \hat{\lambda}_0; \\
\dot{\hat{c}}(t) &= |s| |x_1|, & \hat{c}(0) &= \hat{c}_0; \\
\dot{\hat{b}}(t) &= |s| |x_2|, & \hat{b}(0) &= \hat{b}_0; \\
\dot{\hat{a}}(t) &= |s| |x_3|, & \hat{a}(0) &= \hat{a}_0; \\
\dot{\hat{m}}(t) &= |s| |x^2|, & \hat{m}(0) &= \hat{m}_0; \\
\dot{\hat{\alpha}}(t) &= \dot{\hat{\beta}}(t) = |s|, & \hat{\alpha}(0) &= \hat{\alpha}_0, \hat{\beta}(0) = \hat{\beta}_0,
\end{aligned} \tag{24}$$

где $\hat{\lambda}_0, \hat{c}_0, \hat{b}_0, \hat{a}_0, \hat{m}_0, \hat{\alpha}_0, \hat{\beta}_0$ - начальные значения параметров, Q - положительная константа. Найдены параметры закона управления:

$$c_1 = 10; c_2 = 6; \mu = 1.1; \hat{\lambda}_0 = 0.5; \hat{c}_0 = 9; \hat{b}_0 = 7; \hat{a}_0 = 5; \hat{m}_0 = 3; \hat{\alpha}_0 = 1; \hat{\beta}_0 = 11.$$

Результаты моделирования системы управления с синергетическим законом управления (23), (24) где показали, что качества предложенного совпадает с предложенной системой. В отличие от классических законов управления структура системы синергетического управления имеет простой вид, из – за наличие только одной нелинейной составляющей. Кроме того, в отличие от известной системы, где содержит семь динамических компонентов, синергетическая система управления имеет всего три динамических компонента. Вследствие этого предложенном синергетического закона управления возникает высоко частотные изменения амплитуды управления, что является существенным преимуществом применения синергетического закона для управления нелинейным объектом.

Выводы:

1. В работе для синтеза синергетических законов управления нелинейными динамическими системами, обеспечивающий инвариантности к внешним возмущениям предложен принцип интегральной адаптации.

2. Сущность предлагаемого подхода заключается в использовании расширенной модели объекта с учетом возмущений благодаря выключения интеграторов, обеспечивающие компенсации влияния возмущений, в отличия от известных, где используется отдельные модели для каждого возмущения.

3. Предлагаемая методика подтверждена примерами цифрового моделирования и показана эффективность предложенного подхода к задачам синтеза нелинейной системы управления динамическими объектами, обеспечивающая устойчивость системы управления и компенсировать неизмеряемых и внешних возмущений.

Литература:

1. Колесников А.А., Колесников Ал.А., Кузьменко А.А. Методы АКАР и бэкстепинг в задачах синтеза нелинейных систем управления // Мехатроника, автоматизация, управление. -2016.-Т. 17.-№7. - С. 435-445.
2. Fradkov A.L., Evans R.J. Control of chaos: methods and applications in engineering //Ann. Rev. Control. - 2005. - Vol. 29. - Pp. 33-56.
3. Dadras S., Momeni H.R. Control uncertain Genesio-Tesi chaotic system: Adaptive sliding mode approach // Chaos, Solitons and Fractals. - 2009. - Vol. 42. - Pp. 3140-3146.
4. Хакимович, S.I., Махамаджоновна, U.D. Fuzzy-logical control models of nonlinear dynamic objects // Advances in Science, Technology and Engineering Systems, 2020. 5(4), pp. 419-423
5. Siddikov, I.X., Sherboboyeva, G.B., Rustamova, M.B. Synthesis of a terminal control system for discrete nonlinear objects with PWM modulation // Journal of Physics: Conference Series. 2020. 1691(1) 012040
6. Cecati, F., Zhu, R., Liserre, M., Wang, X. Nonlinear Modular State-Space Modeling of

- Power-Electronics-Based Power Systems // IEEE Transactions on Power Electronics, 2022. 37(5), pp. 6102-6115
7. Z.E.Iskandarov, D.A.Khalmatov, U.O.Khujanazarov. Synthesis of the neural electromechanical object control // Chemical technology. Control and management. International scientific and technical journal. 2022, №4-5 (106-107). pp.152-156
 8. Yunusova S.T., Halmatov D.A., Atajonov M.O., Huzanazarov U.O. Formalization of the cotton drying process based on heat and mass transfer equations//IIUM Engineering Journal, Vol. 21, No. 2, 2020. pp.256-265. <https://doi.org/10.31436/iiumej.v21i2.1456>
 9. Sidikov, I., Khalmatov, D., Alimova, G. Algorithm for the synthesis of a predictive control system for the tape pulling process//E3S Web of Conferences, 2023, 389, 01083. pp.1-8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338901083>
 - 10.Siddikov I.X., Umurzakova D.M. Synthesis of Adaptive Control Systems of a Multidimensional Discrete Dynamic Object with a Forecasting Models // International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019. 9012033
-

УДК 004.89

Халилов Дурбек Аминович, к.ф-м.н., профессор
кафедры информационных технологий, Ферганский
филиал, Ташкенский университет информационных
технологий им. Мухаммада аль-Хорезми,
Аттокуров Урмат Тологонович, к.т.н., профессор
кафедры Информатика,
Ошский технологический университет им. М.М.
Адышева

МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ТЕКСТА

Настоящая статья посвящена проблемам разработки методов реализации и составления программных средств для обнаружения и распознавания изображений и текстов. Предложены алгоритмы и программы на языке Python с использованием приложения Open CV.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейронные сети, распознавание изображения и текста.

Халилов Дурбек Аминович, ф-м.и.к.,
Фергана филиалынын маалыматтык технологиялар
кафедрасынын профессору, Мухаммад аль-Хорезми
атын. Ташкент маалымат технологиялар университети,
Аттокуров Урмат Төлөгөнович, т.и.к., информатика
кафедрасынын профессору,
М.М. Адышев атындагы Ош технологиялык
университети,
E-mail:durbekamintatuff@umail.uz, urmat_at@mail.ru

СҮРӨТТӨРДҮ ЖАНА ТЕКСТИ ТААНУУ ҮЧҮН ПРОГРАММАЛЫК КАРАЖАТТАРДЫ ИШТЕП ЧЫГУУНУН УСУЛДАРЫ