

# Теоретический и прикладной научно-технический журнал


ISSN 9967-45-57

## ИЗВЕСТИЯ

Кыргызского государственного технического  
университета им. И. Раззакова

№ 30

*Комитет*  
*УС ГТУ*  
*Ф. И. И. И.*



БИШКЕК – 2013

<b>Козьмина И.С., Чайкин В.С., Матекова Г.Д.</b>	
Использование измерений напряженности электрического поля для контроля качества изоляции электрооборудования.....	94
<b>Узагалиев З.А.</b>	
Электрическое старение полимерной высоковольтной изоляции.....	98
<b>Бирисманов Э.Ж.</b>	
Тенденция развития рабочих органов подметально-уборочных машин.....	102
<b>Тургумбаев Ж.Ж., Тургунбаев М.С.</b>	
Аналитические выражения для определения силы копания грунта, содержащего каменистые включения.....	105
<b>Тургумбаев Ж.Ж., Тургунбаев М.С.</b>	
Влияние угла копания на силу разрушения грунта, содержащего каменистое включение..	109
<b>Садыкова Э.А.</b>	
Полиграфия тармагында адистерди кыргыз тилинде окутуудагы көйгөйлөр.....	113

### АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Момуналиева Н.Т.</b>	
Технология мониторинга и картографирования гетерогенного растительного покрова.....	118
<b>Саитов Н.Ж., Шаршенбаева А.К.</b>	
Облачные технологии при построении надежных автоматизированных систем управления высшим образованием.....	121
<b>Мамадалиева Ж.Б.</b>	
Интеллектуальная система управления предприятием.....	125
<b>Расим Дурмаз</b>	
Анализ автоматизированных клиент-серверных технологий.....	130
<b>Абдраупова Г.Р.</b>	
Интеллектуальная система оценки компетентности и профессионализма менеджера предприятия.....	134
<b>Абдраупова Ф.Р.</b>	
Автоматизированная система контроля прогнозирования с использованием метода анализа иерархий.....	138
<b>Кадыркулова К.К.</b>	
Программное управление взаимосвязанных систем на основе решения обратных задач динамики.....	141
<b>Такырбашев Б.К., Айдаралиев А.О., Темиркулова Н.Т., Бакенов Б.Ж., Дусолдошов Б.О.</b>	
Динамическое проектирование управляющего устройства для нелинейной системы с учетом инженерных показателей качества.....	144
✓ <b>Батырканов Ж.И., Белялов Ш.А.</b>	
Разработка экспериментальной установки получения электрической энергии за счет трения.....	151
✓ <b>Батырканов Ж.И., Кудакеева Г.М.</b>	
О семантико-фреймовой модели представления знаний в обучающих интеллектуальных системах.....	156

### ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Баткибекова М.Б., Джунушалиева Т.Ш., Борбиева Д.Б., Сыдыкова Ш.С., Жамангулова Г.А.</b>	
Экспресс-очистка природных вод севера КР от токсичных металлов, микробиологических загрязнений.....	158
<b>Джаммакеева А.Д., Кичигин А., Диденко М.</b>	
Использование растительного сырья в технологии мясных полуфабрикатов в тестовой оболочке.....	164
<b>Чераков С.Т., Баткибекова М.Б., Омурзакова А.Б.</b>	
Получение сорбента способом пиролиза из фильтрационного осадка сахарных заводов.....	169
<b>Махметов А.С.</b>	
Связь и физико-химические свойства феррита $Si_{0,12}Ni_{0,38}Zn_{0,5}Fe_2O_4$ в интервале 298,15-673 К..	172

Разработанное программное обеспечение отражает знания специалиста – инженера, его навыки и опыт, используемые в процессе выдачи пользователем – решения.

### Литература

Андрейчиков А.В., Андрейчикова А.В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике, Финансы и статистика, 2000.

Баршеналиев Ж. Автоматическое управление сложными динамическими системами и системами. – Б.: Илим, 1991. – 307 с.

50

## ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МНОГОМЕРНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ

Кадыркулова К.К.

В данной работе предлагаются методы решения задачи синтеза управлений на основе решения обратных задач динамики.

In this paper we propose methods for solving the problem of control synthesis based on solution of inverse problems of dynamics.

Во многих практических задачах электроники, робототехники ставятся задачи осуществления движения управляемых объектов по предписанным траекториям движения.

В задачах проектирования микросхем решается задача управления лазерным лучом в пространстве и времени.

В задачах робототехники ставятся задачи осуществления движения рабочей руки манипулятора по предписанной траектории.

Все эти задачи являются не традиционными для теории автоматического управления, поэтому разработка систем автоматического управления для вышеуказанных задач на сегодняшний день наталкивается на определенные трудности.

На данное время есть отдельные методы, методы решения подобных задач управления. В основном, они приспособлены для решения задач управления,

3. Глуценко В.В., Глуценко И.И. Разработка управленческого решения. Прогнозирование-планирование. Теория проектирования экспериментов. – г. Железнодорожный, Москв. обл.: ООО НПЦ «Крылья», 2000. – 400 с.

4. Романов А.Н., Одинцов Б.Е. Советующие информационные системы в экономике: Учеб.пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2000. – 487 с.

5. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование /Пер. с англ. - М.: Мир, 1991. - 224 с.

когда предписанные программы движения задаются в строго аналитической форме.

На сегодняшний день в случае, когда предписанная программа движения описывается аналитически, то здесь существуют различные методы, подходы решения ставящихся задач. Это, в частности, работы П.Д Крутько, Ж.И. Батырканова.

В данной работе предлагается решение задачи, когда математические модели заданы через передаточные функции, тогда как в работах П.Д. Крутько, Ж.И. Батырканова математические модели представлены в виде уравнений состояния.

Пусть дано дифференциально-матричное уравнение многомерных систем при нулевых начальных условиях:

$$[A(p)] \cdot [Y(t)] = [B(p)] \cdot [U(t)]. \quad (1)$$

Здесь  $[A(p)]$ ,  $[B(p)]$  – квадратная и прямоугольная матрицы операторных коэффициентов размером  $n \times n$  и  $n \times m$  соответственно;

$[Y(0)]^T = [Y_1(t) \dots Y_n(t)]$  - однострочная  $n$ -мерная матрица выходных координат;  
 $[U(t)]^T = [U_1(t) \dots U_m(t)]$  - однострочная  $m$ -мерная матрица входных воздействий.

Если  $j$ -е входное воздействие на отрезке времени  $(0-T)$  аппроксимировано в виде тригонометрического ряда Фурье:

$$U_j(t) = P_{j0} + \sum_{k=1}^{\infty} P_{jk} \cos k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} T_{jk} \sin k\omega t; \quad \omega = \frac{2\pi}{T},$$

то выход системы тоже можно представить в виде ряда Фурье, так как это линейная система и справедлив принцип суперпозиции.

В случае пренебрежения высокочастотными составляющими, выходная координата  $Y_i(t)$  представляется в виде:

$$Y_i(t) = A_{i0} + \sum_{k=1}^{\infty} A_{ik} \cos k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} B_{ik} \sin k\omega t.$$

Нахождение  $A_{ik}$ ,  $B_{ik}$  связано с решением системы алгебраических уравнений порядка  $(2n \times 2n)$

$$\begin{bmatrix} G & -T \\ T & G \end{bmatrix} Z = \begin{bmatrix} C & L \\ -L & C \end{bmatrix} Z_1; \quad (4)$$

$$Z^T = [A_{1k} A_{2k} \dots A_{nk} B_{1k} B_{2k} \dots B_{nk}]$$

$$Z_1^T = [P_{1k} P_{2k} \dots P_{mk} T_{1k} T_{2k} \dots T_{mk}]$$

а элементы  $g_{ij}$ ,  $t_{ij}$ ,  $c_{ij}$ ,  $l_{ij}$  матриц  $G$ ,  $T$ ,  $C$ ,  $L$  вычисляются по формулам:  $g_{ij} = F1_{ij}$ ;  $t_{ij} = F2_{ij}$ ;  $c_{ij} = E1_{ij}$ ;  $l_{ij} = E2_{ij}$ ; где:

$$F1_{ij} = \sum_{r=0}^{\lfloor \frac{n_{ij}-1}{2} \rfloor} (-1)^r (k\omega)^{2r} d_{n_{ij}-2r}; \quad F2_{ij} = \sum_{r=0}^{\lfloor \frac{n_{ij}-1}{2} \rfloor} (-1)^{r+1} (k\omega)^{2r+1} d_{n_{ij}-2r-1};$$

$$E1_{ij} = \sum_{r=0}^{\lfloor \frac{m_{ij}}{2} \rfloor} (-1)^r (k\omega)^{2r} b_{m_{ij}-2r}; \quad E2_{ij} = \sum_{r=0}^{\lfloor \frac{m_{ij}-1}{2} \rfloor} (-1)^{r+1} (k\omega)^{2r+1} b_{m_{ij}-2r-1};$$

где  $n_{ij}$  - порядок полинома  $a_{ij}(p)$  матрицы  $[A(p)]$ ;  $m_{ij}$  - порядок полинома  $b_{ij}(p)$  матрицы  $[B(p)]$ .

Постоянные составляющие  $A_{i0}$  в (3) находятся при решении системы алгебраических уравнений порядка  $(n \times n)$   
 $SZ_2 = DZ_3;$  (5)  
 $Z_2^T = [A_{10} A_{20} \dots A_{n0}]; Z_3^T = [P_{10} P_{20} \dots P_{m0}];$   
 а элементы матриц  $S$  и  $D$  вычисляются по формулам

$$s_{ij} = a_{ij}(p=0); \quad d_{ij} = b_{ij}(p=0).$$

Решение задачи ставится следующим образом. Пусть задано уравнение движения системы в виде (1). Необходимо синтезировать вектор  $[U(t)]$  из условия, чтобы движение выходных координат  $[Y(t)]$  проходило в окрестности траекторий  $Y_i(t) = Y_i^*(t)$   $0 \leq t \leq T$ , в соответствии с функционалом

екторий  $Y_i(t) = Y_i^*(t)$   $0 \leq t \leq T$ , в соответствии с функционалом

$$J = \int_0^T [Y_i^*(t) - Y_i(t)]^2 dt \leq \delta_i,$$

где  $Y_i^*(t)$  - желаемая траектория движения;  $\delta_i$  - допустимая величина погрешности. Для этой цели  $Y_i^*(t)$  искусственно периодизируется в соответствии с правилом

$$Y_i(t) = Y_i^*(t) \text{ при } 0 \leq t \leq \frac{T}{2} = T_1;$$

$$Y_i(t) = Y_i^*\left(\frac{T}{2}\right) - Y_i^*\left(t - \frac{T}{2}\right) \text{ при } \frac{T}{2} \leq t < T$$

и соответствующие периодические движения аппроксимируются тригонометрическим рядом Фурье.

рядом (3). Для нахождения  $[U(t)]$ , соответствующего заданный выход системы необходимо найти  $P_{j0}, P_{jk}, T_{jk}$  в (2). Видно, что задача сводится к решению систем алгебраических уравнений относительно векторов  $Z_1$  и  $Z_3$ , решения необходимо, чтобы число воздействий  $V_j(t)$  равнялось числу управляемых координат  $Y_i(t)$ .

Таким образом, решая системы (5), можно построить многообразие

законов управления  $[U(t)]$ . При этом в качестве условий доопределения выступает точность реализации функционала (6), т.е. число гармоник, участвующих в синтезе, а в качестве условия решаемости задачи – условие  $|U_j(t)| \leq U_0$ , где  $U_0$  – допустимое значение управления.

**Пример решаемой задачи.** Пусть объект управления описывается уравнением (1), матрицы которого имеют вид:

$$[A(p)] = \begin{bmatrix} p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4 & c_{21} p^2 \\ c_{12} p^2 & p^4 + t_1 p^3 + t_2 p^2 + t_3 p + t_4 \end{bmatrix};$$

$$[B(p)] = \begin{bmatrix} a_3 p + a_4 & 0 \\ 0 & t_3 p + t_4 \end{bmatrix}.$$

Элементы матриц  $G, T, c, L$  системы алгебраических уравнений (4) примут вид:

$$\begin{aligned} g_{11} &= k\omega^4 - a_2 k^2 \omega^2 + a_4; & g_{12} &= -k^2 \omega^2 c_{21}; & g_{21} &= -c_{12} k^2 \omega^2; & g_{22} &= k^4 \omega^4 - t_2 k^2 \omega^2 + t_4; \\ t_{11} &= k^3 \omega^3 - a_3 k \omega; & t_{12} &= 0; & t_{21} &= 0; & t_{22} &= t_1 k^3 \omega^3 - t_3 k \omega; & c_{11} &= a_4; & c_{22} &= t_4; \\ l_{11} &= c_{21}; & l_{12} &= l_{21} = 0; & l_{21} &= -a_3 k \omega; & l_{22} &= -t_3 k \omega. \end{aligned}$$

Подставим задачу терминального управления, когда требуется перевести систему из начального положения в ко-

нечное в соответствии с выходными траекториями. В данном случае  $A_{ik}, B_{ik}$  в (3) рассчитываются по формулам.

$$A_{i0} = \frac{S_i}{2};$$

$$A_{i1} = \frac{2m_i^3 S_i F_i}{\ell_i (\pi k)^4} (1 - \cos R_{i1} - \cos R_{i2} + \cos R_{i3} - \cos R_{i4} + \cos R_{i5} + \cos R_{i6} - \cos R_{i7});$$

$$A_{i2} = \frac{2m_i^3 S_i F_i}{\ell_i (\pi k)^4} (-\sin R_{i1} - \sin R_{i2} + \sin R_{i3} - \sin R_{i4} + \sin R_{i5} + \sin R_{i6} - \sin R_{i7});$$

$$R_{i1} = \frac{\pi k \ell_i}{m_i F_i}; \quad R_{i2} = \frac{\pi k (\ell_i + f_i)}{m_i F_i}; \quad R_{i3} = \frac{\pi k (2\ell_i + f_i)}{m_i F_i}; \quad R_{i4} = \frac{\pi k (1 - 2\ell_i - f_i)}{m_i F_i};$$

$$R_{i5} = \frac{\pi k (1 - \ell_i - f_i)}{m_i F_i}; \quad R_{i6} = \frac{\pi k (1 - \ell_i)}{m_i F_i}; \quad R_{i7} = \frac{\pi k}{m_i F_i}; \quad t_{iy} = \frac{T}{2m_i F_i}; \quad a_{im} = \frac{S_i}{F_i t_{iy}^2};$$

$$t_{i1} = t_{iy} (f_i + \ell_i) t_{iy}; \quad t_{i2} = \ell_i t_{iy}; \quad t_{i3} = (\ell_i + f_i) t_{iy}; \quad t_{i4} = 2t_{i1} + f_i t_{iy};$$

$$t_{i5} = t_{iy} (1 - 2\ell_i - f_i); \quad t_{i6} = t_{iy} (1 - \ell_i - f_i); \quad t_{i7} = t_{iy} (1 - \ell_i);$$

где  $t_{iy}$  – время позиционирования по  $i$ -ой координате;  $\Omega_{im}, a_{im}$  – максимальные значения скорости и ускорения по  $i$ -ой выходной координате;  $m_i$  – соотношение периода искусственной периодизации к  $t_{iy}$ .

**Вывод.** В данной статье рассмотрена методика синтеза для одного класса линейной многомерной системы.

#### Литература

1. Шаршеналиев Ж.Ш, Батырканов Ж.И. Синтез систем управления с заданными показателями качества. – Б.: Илим, 1991.

2. Крутько П. Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: Личные модели. - М.: Наука. 1997. - 304 с.

3. Башарин А. В. Постников Ю. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ. - Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 511 с.

4. Гориневский Д. Н. О приближенном решении обратной задачи управления нейным объектом // Изв. РАН. Технические кибернетика. 1992. №1. С. 57-75.

УДК.: 681.5.003.2

### ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ИНЖЕНЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Такырбашев Б.К., Айдралиев А.О., Темиркулова Н.Т., Бакенов Б.Ж., Джолдошов Б.Б. КГТУ им. И. Раззакова, ОАО «Северэлектр»

*В статье рассмотрены проблемы определения структуры и параметров динамического регулятора с учетом инженерных (прямых) показателей качества для нелинейного многомерного объекта управления, а также модель турбогенератора и технологическая задача решаемая турбогенератором. Приводятся результаты моделирования синтезированной замкнутой системы управления.*

*The article considers the problem of determining the structure and parameters of a dynamic controller based on engineering (direct) quality indicators for nonlinear multidimensional object management a model of the turbogenerator and technological problems are solved turbogenerator. Simulation results synthesized closed-loop control.*

**1. Постановка задачи управления.** Рассматривается нелинейный многомерный динамический объект управления, состо-

яние которого описывается нелинейным векторным дифференциальным уравнением вида

$$\dot{x}(t) = f [x(t), u(t), \xi(t), t],$$

$$x(t_0) = x^0, \quad t \in [t_0, t_k],$$

где  $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T$  – вектор переменных состояния (или фазовых координат) объекта управления;

$u(t) = [u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t)]^T$  – вектор управления;

$$f(x, u, \xi, t) = [f_1(x, u, \xi, t), f_2(x, u, \xi, t), \dots, f_n(x, u, \xi, t)]^T$$

$n$ -мерная вектор-функция, удовлетворяющая условиям Коши;

$\xi(t) = [\xi_1(t), \xi_2(t), \dots, \xi_r(t)]^T$  – вектор внешних возмущающих воздействий.

Будем считать, что объект (1) является полностью управляемым, и необходимо стабилизировать его нулевое состояние. Основными показателями качества