ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ
ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
ЕВРАЗИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Л.Н. ГУМИЛЕВА
GUMILYOV EURASIAN
NATIONAL UNIVERSITY

ЖАС ҒАЛЫМДАР КЕҢЕСІ

Студенттер мен жас ғалымдардың «Ғылым және білім - 2015» атты X Халықаралық ғылыми конференциясының БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ X Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2015»

PROCEEDINGS of the X International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2015»

УДК 001:37.0
ББК72+74.04
Ғ 96

Ғ96

«Ғылым және білім – 2015» атты студенттер мен жас ғалымдардың Х Халық. ғыл. конф. = Х Межд. науч. конф. студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2015» = The X International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2015». – Астана: http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie-2015/, 2015. – 7419 стр. қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-9965-31-695-1

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001:37.0
ББК 72+74.04

ISBN 978-9965-31-695-1

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 2015

УДК 681 5 9 7558

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В КЛАССЕ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СТРУКТУРНО-УСТОЙЧИВЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ

Абдрахманова Л.Г.
leila2186@mail.ru
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Бейсенби М.А. – Научный руководитель

Проблема устойчивости систем управления в условиях неопределенности занимает одно из центральных мест при создании систем автоматического управления. Поэтому проблема робастной устойчивости [1,2,3] является одной из наиболее актуальных в теории управления и представляет большой практический интерес. В общей постановке, исследование робастной устойчивости состоит в указании ограничений на изменение параметров системы управления, при которых сохраняется устойчивость СУ. Эти ограничения определяются областью устойчивости по неопределенным параметрам системы управления [1,2,3].

Реальные системы управления являются нелинейными, и одним из основных свойств нелинейных динамических систем является порождение детерминированного хаоса [4,5,6]. Хаотические системы представляют класс моделей неопределенности. Условия робастной устойчивости этих систем допускают наличие областей неустойчивости стационарных состояний управляемой системы. Общая проблема об условиях подавления или исключения из сценариев развития процесса хаотических колебаний с помощью управляющего воздействия остается по прежнему нерешенной [7,8,9].

В настоящее время общепризнано, что реальные системы управления разрабатываются и создаются в условиях существенной параметрической неопределенности, увеличение потенциала робастной устойчивости системы [10,11,12] является одним из ключевых факторов, гарантирующих системе защиту от порождения детерминированного хаоса, образуя странные аттракторы [4]. В динамических системах с линейным приближением это проявляется в виде потери устойчивости нулевого стационарного состояния системы управления.

Концепция построения системы управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости базируется на результатах теорий катастроф [13,14], где исследованы основные структурно-устойчивые отображения.

Настоящая статья посвящена построению и исследованию систем управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости динамическими объектами с неопределенными параметрами с подходом к построению систем управления в классе двухпараметрических структурно-устойчивых отображений [15,16,17], позволяющих предельно увеличить потенциал робастной устойчивости системы.

Исследование последних лет показали, что для исследования робастности линейных или нелинейных систем управления с успехом реально могут использоваться методы функций Ляпунова [18,19,20], основанные на геометрической интерпретации второго метода Ляпунова и понятий устойчивости системы в пространстве состояний. Это позволяет представить исходную динамическую систему в форме градиентной системы, а функцию Ляпунова в виде потенциальной поверхности [13] из теории катастроф.

I. Математическая модель

Рассмотрим задачу построения системы управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости в классе двухпараметрических структурно-устойчивых отображений для объектов с n входами и n выходами.

Пусть система управления задается уравнением

$$\dot{x} = Ax + Bu, \tag{1}$$

где $x(t)\in R^n$ - вектор состояния объекта управления, A, B - соответсвенно матрицы объекта с неопределенными параметрами и управления вида [15,16,17]:

$$A=\begin{Vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{Vmatrix},\ B=\begin{Vmatrix} b_{11} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & b_{nn} \end{Vmatrix}.$$

Закон управления задан в форме двухпараметрических структурно-устойчивых отображений:

$$u_i = -x_i^4 + k_i^{'} x_i^2 + k_i x_i,\ i=1,2,\dots,n. \qquad (2)$$

Запишем систему управления с n входами и n выходами (1) в развернутой форме:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -b_{11}x_1^4 + b_{11}k_1^{'}x_1^2 + (a_{11}+b_{11}k_1)x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n, \\ \dot{x}_2 = a_{21}x_1 - b_{22}x_2^4 + b_{22}k_2^{'}x_2^2 + (a_{22}+b_{22}k_2)x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n, \\ \qquad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dot{x}_n = a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \dots - b_{nn}x_n^4 + b_{nn}k_n^{'}x_n^2 + (a_{nn}+b_{nn}k_n)x_n. \end{cases} \qquad (3)$$

Стационарное состояние системы (3) определяется выражениями вида [15,16,17]:

$$x_{1S}^1 = 0, x_{2S}^1 = 0,\ x_{3S}^1 = 0,\ \dots,\ x_{nS}^1 = 0, \qquad (4)$$

$$x_{1S}^2 = 2\sqrt[3]{\frac{a_{ii}-b_{ii}k_i}{2b_{ii}}}, x_{js} = 0,\ i\neq j,\ j=1,2,\dots,n, i=1,2,\dots,n, \qquad (5)$$

$$x_{1S}^{3,4} = -\sqrt[3]{\frac{a_{ii}-b_{ii}k_i}{2b_{ii}}}, x_{js} = 0,\ i\neq j,\ j=1,2,\dots,n, i=1,2,\dots,n. \qquad (6)$$

II. Робастная устойчивость систем управления

Для исследования робастной устойчивости системы управления объектов с n входами и n выходами в стационарных состояниях (4), (5) и (6), воспользуемся предложенным методом в [15,16,17]. Метод, основанный на геометрической интерпретации основного положения метода функции Ляпунова [18]. Предполагая, что вектор скорости и вектор антиградиента по величине равны и можем воспользоваться теоремой Ляпунова об асимптотической устойчивости.

Компоненты вектора градиента от вектор-функции Ляпунова $V(x_1,\dots,x_n)=(V_1(x_1,\dots,x_n), V_2(x_1,\dots,x_n),\dots,V_n(x_1,\dots,x_n))$ имеют вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_1(x_1,\dots,x_n)}{\partial x_1} = b_{11}x_1^4 - b_{11}k_1^{'}x_1^2 - (a_{11}+b_{11}k_1)x_1, \\ \frac{\partial V_1(x_1,\dots,x_n)}{\partial x_2} = -a_{12}x_2,\dots,\frac{\partial V_1(x_1,\dots,x_n)}{\partial x_n} = -a_{1n}x_n, \\ \frac{\partial V_2(x_1,\dots,x_n)}{\partial x_1} = -a_{21}x_1, \\ \frac{\partial V_2(x_1,\dots,x_n)}{\partial x_2} = b_{22}x_2^4 - b_{22}k_2^{'}x_2^2 - (a_{22}+b_{22}k_2)x_2,\dots,\ \frac{\partial V_2(x_1,\dots,x_n)}{\partial x_n} = -a_{2n}x_n, \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \frac{\partial V_n(x_1,\dots,x_n)}{\partial x_1} = -a_{n1}x_1, \frac{\partial V_n(x_1,\dots,x_n)}{\partial x_2} = -a_{n2}x_2,\dots, \\ \frac{\partial V_n(x_1,\dots,x_n)}{\partial x_n} = b_{nn}x_n^4 - b_{nn}k_n^{'}x_n^2 - (a_{nn}+b_{nn}k_n)x_n. \end{cases} \qquad (7)$$

Разложение компонетов вектора скорости системы по координатным осям представим в виде

$$\begin{cases} \left(\dfrac{dx_1}{dt}\right)_{x_1} = -b_{11}x_1^4 + b_{11}k_1^{'}x_1^2 + (a_{11} + b_{11}k_1)x_1,\ \left(\dfrac{dx_1}{dt}\right)_{x_2} = a_{12}x_2, \ldots, \left(\dfrac{dx_1}{dt}\right)_{x_n} = a_{1n}x_n; \\ \left(\dfrac{dx_2}{dt}\right)_{x_1} = a_{21}x_1, \left(\dfrac{dx_2}{dt}\right)_{x_2} = -b_{22}x_2^4 + b_{22}k_2^{'}x_2^2 + (a_{22} + b_{22}k_2)x_2, \ldots, \left(\dfrac{dx_2}{dt}\right)_{x_n} = a_{2n}x_n, \\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots \\ \left(\dfrac{dx_n}{dt}\right)_{x_1} = a_{n1}x_1, \left(\dfrac{dx_n}{dt}\right)_{x_2} = a_{n2}x_2, \ldots, \left(\dfrac{dx_n}{dt}\right)_{x_n} = -b_{nn}x_n^4 + b_{nn}k_n^{'}x_n^2 + (a_{nn} + b_{nn}k_n)x_n. \end{cases} \tag{8}$$

Полную производную по времени от вектор-функции Ляпунова с учетом уравнения состояния (3) получим

$$\begin{gathered} \frac{dV(x_1, \ldots, x_n)}{dt} = \frac{\partial V(x)}{\partial x}\frac{dx}{dt} = -\left[b_{11}x_1^4 - b_{11}k_1^{'}x_1^2 - (a_{11} + b_{11}k_1)x_1\right]^2 - (a_{12}x_2)^2 - \\ -, \ldots, -(a_{1n}x_n)^2 - (a_{21}x_1)^2 - \left[b_{22}x_2^4 - b_{22}k_2^{'}x_2^2 - (a_{22} + b_{22}k_2)x_2\right]^2 -, \ldots, - \\ -(a_{n1}x_1)^2 - (a_{n2}x_2)^2 -, \ldots, -\left[b_{nn}x_n^4 - b_{nn}k_n^{'}x_n^2 - (a_{nn} + b_{nn}k_n)x_n\right]^2. \end{gathered} \tag{9}$$

Из (9) видно, что полная производная от вектор-функции Ляпунова с компонентами градиента (7) является знако-отрицательной функцией.

Функцию Ляпунова в скалярной форме представим в виде:

$$\begin{gathered} V(x_1, \ldots, x_n) = V_1(x_1, \ldots, x_n) +, \ldots, + V_n(x_1, \ldots, x_n) = \\ = \frac{1}{5}b_{11}x_1^5 - \frac{1}{3}b_{11}k_1^{'}x_1^5 - \frac{1}{2}\left[(a_{11} + b_{11}k_1) + a_{21}, \ldots, a_{n1}\right]x_1^2 + \frac{1}{5}b_{22}x_2^5 - \\ -\frac{1}{3}b_{22}k_2^{'}x_2^3 - \frac{1}{2}\left[a_{12} + (a_{22} + b_{22}k_2) +, \ldots, + a_{n2}\right]x_2^2 +, \ldots, + \frac{1}{5}b_{nn}x_n^5 - \\ -\frac{1}{3}b_{nn}k_n^{'}x_n^3 - \left[a_{n1} + a_{n2} +, \ldots, + (a_{nn} + b_{nn}k_n)\right]x_n^2. \end{gathered} \tag{10}$$

Функция (10) не позволяет получить условие положительной определенности функции Ляпунова. По лемме Морса [13,14], сложную функцию (10) можем заменить квадратичной формой. Функция (10) является функцией Морса и удовлетворяет в точке (4) всем условиям теоремы Морса. Опуская сложные и трудоемкие операции разложения функции (10) в окрестности стационарного состояния (4) и вычисление элементов матрицы Гессе, квадратичную форму записываем в виде:

$$\begin{gathered} V(x_1, \ldots, x_n) \approx -\frac{1}{2}\left[(a_{11} + b_{11}k_1) + a_{21} +, \ldots, + a_{n1}\right]x_1^2 - \frac{1}{2}\left[a_{12} + \right. \\ \left. + (a_{22} + b_{22}k_2) +, \ldots, + a_{n2}\right]x_2^2 -, \ldots, -\frac{1}{2}\left[a_{n1} + a_{n2} +, \ldots, + (a_{nn} + b_{nn}k_n)\right]x_n^2. \end{gathered} \tag{11}$$

Отсюда условия существования положительно определенной функции определяются системой неравенств:

$$\begin{cases} -b_{11}k_1 > a_{11} + a_{21} +, \ldots, + a_{n1} \\ -b_{22}k_2 > a_{12} + a_{22} +, \ldots, + a_{n2} \\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots \\ -b_{nn}k_n > a_{n1} + a_{n2} +, \ldots, + a_{nn} \end{cases} \tag{12}$$

Условия робастной устойчивости стационарных состояний (5) и (6) получены.

$$\begin{cases} b_{11}k_1 > a_{11} + a_{21} +, \ldots, + a_{n1}, \\ b_{22}k_2 > a_{12} + a_{22} +, \ldots, + a_{n2}, \\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots \\ b_{nn}k_n > a_{n1} + a_{n2} +, \ldots, + a_{nn}. \end{cases} \tag{13}$$

и

$$
\begin{cases}
k_1 > \dfrac{a_{11}}{b_{11}} + \dfrac{a_{21}}{6b_{11}} +, \ldots, + \dfrac{a_{n1}}{6b_{11}}, \\
k_2 > \dfrac{a_{12}}{6b_{22}} + \dfrac{a_{22}}{b_{22}} +, \ldots, + \dfrac{a_{n2}}{6b_{22}}, \\
\ldots \ \ldots \ \ldots \ \ldots \ \ldots \ \ldots \\
k_n > \dfrac{a_{n1}}{6b_{nn}} + \dfrac{a_{n2}}{6b_{nn}} +, \ldots, + \dfrac{a_{nn}}{b_{nn}}.
\end{cases} \tag{14}
$$

Таким образом, система управления, построенная в классе двухпараметрических структурно-устойчивых отображений для объектов с n входами и n выходами будет устойчивой в неограниченно широких пределах изменения неопределённых параметров и соответственно гарантирует от порождения детерминированного хаоса в системе. Стационарное состояние (4) существует, и оно устойчиво при изменениях неопределенных параметров объекта в области (5). А стационарные состояния (5) и (6) появляются при потере устойчивости состояния (4) и они одновременно не существуют. Стационарное состояние (5) является устойчивым при выполнении системы неравенств (13), а условие устойчивости стационарного состояния (6) обеспечивает система неравенств (14).

Список литературы

1. Поляк Б.Т., Щербаков П.С. Робастная устойчивость и управление. – М.: Наука. 2002 – 303с.
2. Dorato P., Vedavalli Recent Advances in Robust Control. – New York: IEEpress 1990
3. Кунцевич В.М. Управление в условиях неопределенности. Гарантированные результаты в задачах управления и идентификации. – Киев: Наука-думка, 2006 -264с.
4. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Основы Теории сложных систем – М.Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007-620 с.
5. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления с применением на языке Mathlab -СПб.: Наука 1999-467с.
6. Gregoire Nicols, Ilya Prigogine. Exploring Complexity an Introduction. - New York: W/H/Freeman&Co.,1989.
7. Лоскутов А.Ю., Рыбалко С.Д., Акиншин Л.Г. Управление динамическими системами и подавление хаоса // Дифференциальные уравнения. 1989№8. С.1143-1144.
8. Лоскутов А.Ю. Хаос и управление динамическими системами / В кн.: Нелинейная динамика и управление. Т.1. Под ред. С.В. Емельянова и С.К. Коровина. М.: физмат лит. 2001 с.163-216.
9. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Управление хаосом. Методы и приложения. Часть 1// А и Т. 2003 с3-45.
10. Бейсенби М.А., Ержанов Б.А. Системы управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости. – Астана, 2002. -164с.
11. Бейсенби М.А. Методы повышения потенциалы робастной устойчивости систем управления. –Астана, 2011. – 352 с.
12. Бейсенби М.А. Модели методы системного анализа и управления детерминированным хаосом в экономике. Астана, 2011. – 201с.
13. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. В 2-х томах. Т.1. – М.: Мир, 1984
14. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложения. – М.: Наука, 2001, №6.
15. Beisenbi M.A., Abdrakhmanova L.G., Satybaldina D.K. Research of systems with a high potential for robust stability by Lyapunov function International Conference on Control, Engineering & Information Technology (CEIT’14), Volume 6, Pages 160-167 (2014).
16. Beisenbi M.A., Abdrakhmanova L.G. The new method of research of the systems with increased potential with robust stability. Proc. of the Intl. Conf. on Advances in Electronics and Electrical Technology- AEET 2014 Copyright © Institute of Research Engineers and Doctors. All rights reserved. Thailand. ISBN: 978-981-07-8859-9 doi: 10.3850/ 978-981-07-8859-9_57, p.19-26.

17. Beisenbi M.A., Abdrakhmanova L.G. Research of dynamic properties of control systems with increased potential of robust stability in class of two-parameter structurally stable maps by Lyapunov function. International Conference on Computer, Network and Communication Engineering (ICCNCE 2013). – Published by Atlantis Press, 2013. – p.201-203.
18. Малкин И.Г. Теория устойчивости движения М.: Наука, 1966. -540с.
19. Барабашин Е.А. Введение в теорию устойчивости – М.: Наука, 1967.-225с.
20. Воронов А.А., Матросов В.М. Метод векторных функций Ляпунова в теории устойчивости – М.: Наука 1987. -312 с.

УДК 681.5.037

ҚҰРҒАТУ ҮРДІСІ ҮШІН РОБАСТЫ ОРНЫҚТЫЛЫҚ ПОТЕНЦИЯЛЫ ЖОҒАРЫЛАТЫЛҒАН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ЖЕТЕ ЗЕРТТЕУ ЖАСАУ.

АсқароваӘйгеримСапарғалиқызы
aigerima_askarova@mail.ru
Л.Н.Гумилеватындағы ЕҰУ 4 курс студенті, Астана, Қазақстан
Ғылымижетекшісі,Т.ғ.д., профессор–Бейсенби М.А.

Құрғату дегеніміз жылу көмегімен қатты немесе паста тәрізді материал құрамындағы сұйықтықтан булану арқылы ылғалдылықты кетіру үрдісі болып табылады. Құрғату үрдісінің басты мақсаты материалдың сапасын жақсарту (көлемін төмендету, төзімділігін арттыру) осыған байланысты қолдану мүмкінділігін арттыру. Химиялық өндірісте көптеген технологиялық үрдістер сұйықтық фазасында жүзеге асады, сондықтан ақтық өнімдер паста, дән немесе шаң тәріздес болады. Осы технологиялық үрдіске әрбір материалға өзіндікқұрғату үрдісі таңдалады.

Құрғату ылғалдың материал ішінде интенсивті қозғалысымен, содан соң сыртынан булану арқылы (ылғалалмасумен) сипатталады. Кептіру үрдісінің негізгі қиыншылығы ылғалдың орта аймақ сортиментінен ығысуы. Кептірудің тиімділігі үрдісті оперативті басқару мүмкіндігімен және берілген деңгейде режимді параметрлер қолдауымен анықталады[1].

Кез келген басқару жүйесінің негізінде үрдістің математикалық сипаттамасы бар. Бұл жұмыста құрғату үрдісін модельдеудің мүмкін объекті және жылумассаалмасудың қиын физикалық құбылысын математикалық сипаттау қарастырылады.

Құрғатқыш қондырғылардың есебін әдетте келесі реттілікпен жүргізеді: материалдық баланс жасау, ылғалдың буланған мөлшерін анықтау (аймақ бойынша); жылулық баланс құрастырып, керекті жылу мөлшерін анықтау, жанармай, бу, құрғатқыш агент және т.б. шығынын анықтау; жылу және массаалмастырғыштың эмпирикалық коэффициентінен құрғатқыш камераның мөлшерін анықтау, сонымен қатар құрғатқыштың керекті мөлшерін; құрғатқыш қондырғысының тиімділігін сараптайды:құрғатқыштың жетілу деңгейін жылулық агрегат ретінде энергетикалық пайдалы әсер коэффициенті(ПӘК) арқылы бағалауға болады, яғни тиімді қолданылған энергияның шығын энергияға қатынасын анықтайды; құрғату үрдісі кезінде кептіру агентінің энергия сапасының өзгеруін эксергетикалық ПӘК ескереді - тиімді қолданылған эксэргияның шығын эксэргиясына қатынасын анықтайды [2].

Құрғату үрдісі құрғату агенті және құрғатылатын материал арасындағы жылу және ылғал алмасуға негізделген. Құрғату агенті материалға қарағанда жоғары температураны иемденеді, сондықтан жылу құрғату агентінен жылуөткізгіш материалына, конвекция және сәулеленуге өтеді. Әдетте жылу объектісі отын шығынымен басқарылады, ал математикалық сипаттамасы келесі түрде көрсетіледі :

$$\mathrm{T}_0 \frac{dx_1}{dt} + x_1 = k_0 x_2 (1)$$