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 X Халық. ғыл. конф. = X 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

шығынын оптималды басқарылуы зерттелді. Қозғалтқыштың сызықтық моделін қорытылып шығарылған беріліс функциясымен (10) сипаттауға болады [5,7].

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. - К.: «Радіоаматор», 2008. - 972 с.
2. Аранович Б.И., Лячек Ю.Т., Олейников В.А., Файнштейн А.А.. Автоматическое управление газотурбинными установками. – Л.: «Недра», 1974. – 248 с
3. Барбашин Е.А. Введение в теорию устойчивости – М.: Наука, 1967. 225 с.
4. Гостев В.И., Баранов С.С., Чаузов А.Н. Синтез регулятора для системы управления ГТД с приводным топливным насосом. – Харьков.: «ХАИ», 2005. – 107-111 с.
5. Бейсенби М.А. Методы повышения потенциала робастной устойчивости систем управления. – Астана, 2011. – 352 с.
6. Siljak D.D. Parameter space methods for robust control design: a guided tour\\ IEEE Tr. On Autom. Control. – 1989. - 34. №7-P.674-688.
7. Бейсенби М.А., Кульниязова К.С. Исследование робастной устойчивости линейных систем управления. Вестник ЕНУ имени Л.Н. Гумилева: Научный журнал Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Астана, 2010 - №2 (75) – с. 113-119.
8. Постон Г., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложения. – М.: Мир, 1980.
9. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. Т.1. – М.:Мир, 1981.
10. Малкин И.Г. Теория устойчивости движения – М.: Наука, 1966., 540 с.

УДК 681 5 9 7558

ИССЛЕДОВАНИЕ РОБАСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИЙ А.М. ЛЯПУНОВА

СкаковаАйнаЖанузаковна
skakovaaina@yahoo.com
Докторант 1-курса специальности 6D070200 – «Автоматизация и управления»
факультета информационных технологий ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан
Научный руководитель – д.т.н, профессор Бейсенби М.А.

Предлагается подход к исследованию робастной устойчивости динамических систем управления с одним входом и одним выходом [1, 2]。 Исследование робастной устойчивости систем управления базируется на построении функций А.М. Ляпунова. В работе излагается метод построения функций А.М. Ляпунова на основе геометрической интерпретации теорем Ляпунова об асимптотической устойчивости [3, 4, 5].

Пусть замкнутая стационарная система управления описывается уравнением состояния

$$\frac{dx}{dt} = Ax + bu, x \in R^n, u \in R^1 \qquad (1)$$

где

$$A = \begin{Vmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & \cdots & a_1 \end{Vmatrix}, \quad b = \begin{Vmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{Vmatrix}, \quad x = \begin{Vmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{Vmatrix}.$$

Закон управления задается в виде скалярной функции:

$$u(t) = -k^T x(t) \qquad (2)$$

где $k^T = \|k_1 \quad k_2, \quad \cdots, \quad k_n\|$ – матрица коэффициентов управления размерности 1×n. Тогда систему (1) в развернутой форме представим в виде:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= x_3 \\ \vdots \\ \dot{x}_{n-1} &= x_n \\ \dot{x}_n &= -(a_n + k_1)x_1 - (a_{n-1} + k_2)x_2 - \ldots - (a_1 + k_n)x_n \end{cases} \qquad (3)$$

В качестве инструмента исследования устойчивости системы (3) используем основные положения прямого метода Ляпунова [4,5], для асимптотической устойчивости состояния равновесия системы необходимо и достаточно, чтобы существовала положительная функция Ляпунова $V(x)$ такая, чтополная производная по времени, вдоль решения дифференциального уравнения состояния (3) является отрицательно определенной функцией, т.е.

$$\dot{V}(x) = \frac{\partial V(x)}{\partial x}\frac{dx}{dt} < 0 \qquad (4)$$

Полная производная по времени от функции Ляпунова (4) с учетом уравнения состояния (3) определяется как скалярное произведение вектора градиента $\frac{\partial V(x)}{\partial x}$ от функции Ляпунова на вектор скорости $\frac{dx}{dt}$. Вектор градиента от функции Ляпунова всегда направлен в сторону наибольшего роста функций, т.е. от начала координат в сторону наибольшего роста функции Ляпунова.

При исследовании устойчивости системы началу координат соответствует заданные вектора движений или стационарные состояния системы.Уравнения состояния системы (1) или (3) составляются всегда в отклонениях Δxот стационарного состояния $X_S (x = \Delta x = X - X_S)$.

Поэтому уравнения состояния (1) или (3) выражают скорость изменения вектора отклоненийx и можем предположить, что вектор скорости отклонений направлен, в устойчивой системе, к началу координат. Отсюда, если функция Ляпунова $V(x)$задается в виде вектор-функции$V(V_1(x), V_2(x), ..., V_n(x))$, а из геометрической интерпретации теоремы А.М.Ляпунова выберем антиградиенты от компонентов функций Ляпунова равными компонентам вектора скорости, [4]:

Введем вектор градиента от компонентов вектор-функций Ляпунова в виде:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_1(x_1,...,x_n)}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial V_1(x_1,...,x_n)}{\partial x_2} = -x_2, \frac{\partial V_1(x_1,...,x_n)}{\partial x_3} = 0, ..., \frac{\partial V_1(x_1,...,x_n)}{\partial x_n} = 0 \\ \frac{\partial V_2(x_1,...,x_n)}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial V_2(x_1,...,x_n)}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial V_2(x_1,...,x_n)}{\partial x_3} = -x_3, ..., \frac{\partial V_2(x_1,...,x_n)}{\partial x_n} = 0 \\ \cdots \\ \frac{\partial V_n(x_1,...,x_n)}{\partial x_1} = (a_n + k_1)x_1, \frac{\partial V_n(x_1,...,x_n)}{\partial x_2} = (a_{n-1} + k_2)x_2, ..., \frac{\partial V_n(x_1,...,x_n)}{\partial x_n} = (a_1 + k_n)x_n \end{cases} \qquad (5)$$

Введем проекций компонентов вектора скорости на координатные оси следующим образом:

$$
\begin{cases}
\left(\frac{dx_1}{dt}\right)_{x_1} = 0, \left(\frac{dx_1}{dt}\right)_{x_2} = x_2, \left(\frac{dx_1}{dt}\right)_{x3} = 0, ..., \left(\frac{dx_1}{dt}\right)_{x_n} = 0 \\
\left(\frac{dx_2}{dt}\right)_{x_1} = 0, \left(\frac{dx_2}{dt}\right)_{x_2} = 0, \left(\frac{dx_2}{dt}\right)_{x3} = x_3, ..., \left(\frac{dx_2}{dt}\right)_{x_n} = 0 \\
\dots \\
\left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_1} = -(a_n + k_1)x_1, \left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_2} = -(a_{n-1} + k_2)x_2, \left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x3} = -(a_{n-2} + k_3)x_3, ..., \left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_n} = -(a_1 + k_n)x
\end{cases} \quad (6)
$$

Тогда из (4) с учетом (5) и (6) получим для полной производной по времени от компонентов вектор-функций Ляпунова.

$$
\begin{cases}
\frac{dV_1(x)}{dt} = -x_2^2 \\
\frac{dV_2(x)}{dt} = -x_3^2 \\
\dots \\
\frac{dV_2(x)}{dt} = -x_n^2 \\
\frac{dV_n(x)}{dt} = -[(a_n + k_1)x_1 + (a_{n-1} + k_2)x_2 + ... + (a_1 + k_n)x_n]^2
\end{cases}
$$

Из этого выражения следует, что полная производная по времени от компонентов вектор-функции Ляпунова всегда будет знакоотрицательной функцией.

Также для полной производной по времени от функции Ляпунова $V(x) = V_1(x) + V_2(x) + ... + V_n(x)$ в скалярной форме получим

$$
\frac{dV(x)}{dt} = -x_2^2 - x_3^2 - ... - [(a_n + k_1)x_1 + (a_{n-1} + k_2)x_2 + ... + (a_1 + k_n)x_n]^2 \quad (6)
$$

Функцию Ляпунова из (5) можем получить в форме вектор-функции [5] с компонентами:

$$
\begin{aligned}
&V_1(x) = (0, -\frac{1}{2}x_2^2, 0, ..., 0) \\
&V_2(x) = (0, 0, -\frac{1}{2}x_3^2, ..., 0) \\
&\dots \\
&V_{n-1}(x) = (0, 0, 0, ..., -\frac{1}{2}x_n^2) \\
&V_n(x) = (\frac{1}{2}(a_n + k_1)x_1^2, \frac{1}{2}(a_{n-1} + k_2)x_2^2, ..., \frac{1}{2}(a_1 + k_n)
\end{aligned}
$$

Здесь компоненты вектора-функции Ляпунова $V_i (i = 1, ..., n)$ построены по компонентам вектора градиента:

$$
\frac{\partial V_1}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial V_1}{\partial x_2} = -x_2, \frac{\partial V_1}{\partial x_3} = 0, ..., \frac{\partial V_1}{\partial x_n} = 0
$$

$$\frac{\partial V_2}{\partial x_1}=0,\frac{\partial V_2}{\partial x_2}=0,\frac{\partial V_2}{\partial x_3}=-x_3,...,\frac{\partial V_1}{\partial x_n}=0$$

$$\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

$$\frac{\partial V_{n-1}}{\partial x_1}=0,\frac{\partial V_{n-1}}{\partial x_2}=0,\frac{\partial V_{n-1}}{\partial x_3}=0,...,\frac{\partial V_{n-1}}{\partial x_n}=-x_n$$

$$\frac{\partial V_n}{\partial x_1}=(a_n+k_1)x_1,\frac{\partial V_n}{\partial x_2}=(a_{n-1}+k_2)x_2,\frac{\partial V_n}{\partial x_3}=(a_{n-2}+k_3)x_n,...,\frac{\partial V_n}{\partial x_n}=(a_1+k_n)x_n$$

Функцию Ляпунова в скалярной форме можно представить в виде

$$V(x)=\frac{1}{2}(a_n+k_1)x_1^2+\frac{1}{2}(a_{n-1}+k_2-1)x_2^2+\frac{1}{2}(a_{n-2}+k_3-1)x_3^2+...+ \\ +\frac{1}{2}(a_1+k_n-1)x_n^2 \qquad (7)$$

Условие положительной определенности функций (2.7) с учетом отрицательной определенности квадратичной формы (2.5), т.е. устойчивости системы (2.3) получим в виде

$$\begin{cases} a_n+k_1>0 \\ a_{n-1}+k_2-1>0 \\ a_{n-2}+k_3-1>0 \\ \dots \\ a_1+k_n-1>0 \end{cases} \qquad (8)$$

Обычно в системах управления точное математическое описание часто недоступно. В реальных задачах неизбежно присутствует неопределённость, а система управления должна быть работоспособной при выполнении ограничений (8) и при наличии неопределенности в параметрах.

$$G=((g_{ij})), \qquad g_{ij}=g_{ij}^0+\Delta_{ij}, \qquad \left|\Delta_{ij}\right|<\gamma m_{ij}, \; i=1,...,n$$

где номинальная матрица $G_0=g_{ij}^0$ сверхустойчива $g_{ij}=a_{ij}-b_jk_j$ – элементы матрицы замкнутой системы $G_0=((g_{ij}^0))$ – номинальное значение элементов матрицы номинальной системы (1), $\Delta=((\Delta_{ij})),\left|\Delta\right|<m_{ij}$ –неопределенность, матрица $m=((m_{ij}))$ задает масштабы изменения элементов g_{ij} матрицыG, а $\gamma>0$ – размах неопределенности.

Систему задаем антиградиентом некоторой потенциальной функции $\dot{x}=\Delta_{\text{x}}V$, полученной ранее в виде функций Ляпунова, т.е.

$$\begin{cases} \dot{x}_1=-(a_n+k_1)x_1 \\ \dot{x}_2=-(a_{n-1}+k_2-1)x_2 \\ \dot{x}_3=-(a_{n-2}+k_3-1)x_3 \\ \dots \\ \dot{x}_n=-(a_1+k_n-1)x_n \end{cases} \qquad (9)$$

Сверхустойчивость номинальной системы (9) определяется выражением (4).

$$\delta(G_0) = \min(-g_{ij}^0 - \sum_{j\neq 1} g_{ij}^0) = \min((a_n + k_1), \min(a_{n-i} + k_i - 1)) \geq 0, i = (2,...,n) \qquad (10)$$

Потребуем, чтобы условие сверх устойчивости сохранялось для всех матриц семейства:

$$-\left(g_{ii}^0 + \Delta_{ii}\right) - \sum_{j\neq i}\left|g_{ij}^0 + \Delta_{ij}\right| \geq 0, i = 1,...,n$$

Ясно, что это неравенство будет выполнено для всех допустимых Δ_{ii} тогда и только тогда, когда

$$a_n^0 + k_1^0 - \gamma m_{11} > 0$$
$$a_{n-1}^0 + k_2^0 - 1 - \gamma m_{22} > 0$$
$$\ldots$$
$$a_1^0 + k_n^0 - 1 - \gamma m_{nn} > 0$$

т.е. при

$$\gamma < \gamma^* = \min(\frac{a_n^0 + k_1^0}{m_{11}}, \min\frac{a_{n-1}^0 + k_i^0 - 1}{m_{ii}}), i = 1,..,n-1$$

Таким образом, мы в явном виде находим радиус робастной устойчивости интервального семейства.

Список использованных источников

1. Барбашин Е.А. Введение в теорию устойчивости – М.: Наука, 1967. 225с.
2. Малкин И.Г. теория устойчивости движения – 2-е изд. – М.: Наука, 1996. 540с.
3. Siljak D.D. Parameter space methods for robust control design: a guided tour\\ IEEE Tr. On Autom. Control. – 1989. - 34. №7-P.674-688/
4. Поляк Б.Т., Щербаков П.С. Робастная устойчивость и управление – М.: Наука, 2002. – 303с.
5. Бейсенби М.А., Кульниязова К.С. Исследование робастной устойчивости систем управления с прямым методом А.М. Ляпунова. Тезисы докладов 11-ой международной межвузовской конференции по математике и механике, посвященной 10-летию Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (25-26 мая, г. Астана).

УДК 685.5:620.91:621.484

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ПО ИЗУЧЕНИЮ СИСТЕМ СБОРА ДАННЫХ КОМПАНИИ NATIONALINSTRUMENTS

Ташибаева Айнұр Ерланқызы

ainur_16611@mail.ru

Магистрант 1 курса Алматинского университета энергетики и связи, Алматы, Казахстан

Научный руководитель – профессор, к.т.н. Хан С.Г.

Системы сбора данных играют большую роль в развитии автоматизированных систем управления. Системы сбора данных позволяют повысить оперативность сбора информации; оптимизировать трудозатраты на поддержание процессов сбора отчетности; исключить работу по проверке вводимых данных на наличие ошибок и по их устранению; оптимизировать процесс создания новых форм за счет его автоматизации и сокращают объем ручных операций.