

4. *TEOS-10*. «The international thermodynamic equation of seawater – 2010» Calculation and use thermodynamic properties. Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals and Guides № 56, UNESCO (English), – 196 p. (Website: – http://www.teos-10.org/pubs/teos-10_primer.pdf.)
5. *Воронин В.А., Тарасов С.П., Тимошенко В.И.* Гидроакустические параметрические системы. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2004. – 400 с.
6. *Загрой Н.П.* Нелинейные акустические параметры и динамика нелинейных процессов. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. – 68 с.
7. *Бабий В.И.* Аномалия барического градиента скорости звука в воде // Материалы шестой Всероссийской научной конференции «Экология 2011 – море и человек». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. – С. 144-148.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор С.П. Тарасов.

Бабий Владлен Иванович – Морской гидрофизический институт Национальной академии наук Украины; e-mail: marbab@yandex.ru; Украина, 99028, г. Севастополь, ул. Ефремова, 26, кв. 10; тел.: 380692534689; к.ф.-м.н.; с.н.с.

Babiy Vladlen Ivanovich – Marine Hydrophysical Institute of National Academy of Sciences of Ukraine; e-mail: marbab@yandex.ru; 2, Kapitanskaya street, Sevastopol, 99011, Ukraine; phone: 380692534689; cand. of phis.-math. sc.; senior scientist.

УДК 681.51

Ю.Н. Дзюба

МЕТОД СИНТЕЗА ГЕНЕРАТОРОВ «УПРАВЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ» ХАОСОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрен метод синтеза генераторов «управляющих параметров» хаосодинамических систем, позволяющий формировать в хаосодинамических системах регулярные режимы движения, необходимые для решения ряда задач управления нелинейными объектами с хаотической динамикой, в частности задач управления, передачи и обработки информации. На примере хаосодинамической системы Ресслера, применив метод аналитического конструирования агрегированных регуляторов, синтезирована обратная связь, обеспечивающая формирование в структуре модели Ресслера желаемых аттракторов с соответствующими бифуркациями.

Хаосодинамическая система; аттрактор; генератор «управляющих параметров».

Yu.N. Dzyuba

METHOD OF SYNTHESIS OF GENERATORS "CONTROL PARAMETER" CHAOTIC-DYNAMICS SYSTEMS

This article describes the method of synthesis oscillators "control parameters" of chaotic-dynamics systems. The method allows to create regular modes of motion in chaotic-dynamics systems, needed to solve problems of management of nonlinear objects with chaotic-dynamics, in particular the problems of management, transmission and processing of information. For example Ressler's chaotic-dynamics system. The synthesized feedback to create desirable attractors with the relevant bifurcations in structure of model of Ressler by means of the method of analytical designing of the aggregated regulators.

Chaotic-dynamics system; attractor; generator "control parameters".

Развитие теории динамических систем показало, что во многих сложных системах различной природы существенную роль играют диссипативные структуры, сопровождаемые хаотическими и бифуркационными явлениями. В связи с этим в

последние десятилетия в синергетике и нелинейной динамике интенсивно развиваются новые направления, связанные с проблемами предсказуемости поведения хаотических систем, управления их динамикой и возможности подавления хаоса. В большинстве работ для управления хаосом используются следующие направления: программное управление, периодически возмущающее систему; метод линеаризации отображения Пуанкаре и метод запаздывающей обратной связи. Таким образом, задачи управления хаосом еще ждут своего решения и требуют развития новых альтернативных направлений в науке управления.

В связи с этим рассмотрим применение метода синтеза генераторов «управляющих параметров» хаосодинамических систем на примере модели Ресслера, в которой при отсутствии управления возникают хаотические режимы движения.

Рассмотрим генератор динамического хаоса, который описывается следующими нелинейными дифференциальными уравнениями:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= -y - z, \\ \dot{y}(t) &= x + ay, \\ \dot{z}(t) &= b + xz - cz,\end{aligned}\quad (1)$$

здесь $\mathbf{x} = (x, y, z)$ – вектор переменных состояния, $\mathbf{\mu}^0 = (a, b, c)$ – вектор постоянных параметров.

Синтезируем генератор «управляющего параметра» $c(t)$. Для этого расширим модель (1), записав ее в следующем виде:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= y, \\ \dot{y}(t) &= -x + ay + az - b - xz + cz, \\ \dot{z}(t) &= b + xz - cz, \\ \dot{c}(t) &= u(x, y, z) = F(t),\end{aligned}\quad (2)$$

где $u(x, y, z) = F(t)$ – генератор желаемых изменений «управляющего параметра» $c(t)$ с целью формирования соответствующих структур – аттракторов в модели Ресслера.

Необходимо синтезировать обратную связь $u(x, y, z)$, обеспечивающую при произвольных начальных условиях x_0, y_0, z_0, c_0 формирование в структуре модели Ресслера желаемых аттракторов с соответствующими бифуркациями, например, свободных автоколебаний, описываемых системой Ван дер Поля. Для решения этой задачи введем, согласно методу аналитического конструирования агрегированных регуляторов (АКАР) [1, 2], следующую макропеременную:

$$\psi = a(y + z) - b - xz + cz - \mu y + x^2 y. \quad (3)$$

Производная макропеременной ψ :

$$\dot{\psi}(t) = \frac{\partial \psi}{\partial x} \dot{x}(t) + \frac{\partial \psi}{\partial y} \dot{y}(t) + \frac{\partial \psi}{\partial z} \dot{z}(t) + \frac{\partial \psi}{\partial c} \dot{c}(t), \quad (4)$$

где $\frac{\partial \psi}{\partial x} = -z + 2xy$, $\frac{\partial \psi}{\partial y} = a - \mu + x^2$, $\frac{\partial \psi}{\partial z} = a - x + c$, $\frac{\partial \psi}{\partial c} = z$.

Подставим выражения (3), (4) в функциональное уравнение

$$T\dot{\psi}(t) + \psi = 0$$

и выразим из полученного выражения u :

$$\begin{aligned}
 u = & -\frac{1}{Tz}(T\mu xz - T\mu az - T\mu ay + Tx^2 cz + Tx^2 az + Tx^2 ay + ay + az - xz + cz - \\
 & - b - \mu y + x^2 y - Tyz + 2Txy^2 + Ta^2 y + Ta^2 z - Tax + T\mu b + T\mu x - \\
 & - Tx^2 b - Tx^3 z - Txb - Tx^2 z + Tcc - Tzc^2 - Tx^3 - T\mu zc + 2Txzc).
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Очевидно, что система (2), (5), стартуя из произвольных начальных условий x_0, y_0, z_0, c_0 через время $t = (3 \div 4)T$, неизбежно выходит на многообразие $\psi = 0$ (3), движение вдоль которого описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\ddot{x}_\psi(t) - (\mu - x_\psi^2(t))\dot{x}_\psi(t) + x_\psi(t) = 0.$$

На рисунках 1 - 4 представлены результаты моделирования системы (2), (5) при следующих значениях параметров и начальных условий:

$$a = b = 0,2; \mu = 0; T = 0,01;$$

$$x_0 = 0; y_0 = 0; z_0 = 1; c_0 = 5.$$

Из рис. 1-4 видно, что система на финишном этапе своего движения выходит на режим автоколебаний, следовательно, в системе (2), (5) не возникает каких-либо хаотических режимов движения, хотя, как известно, в модели Ресслера (1) с параметрами $a = b = 0,2, c_0 = 5$ такие режимы всегда существуют.

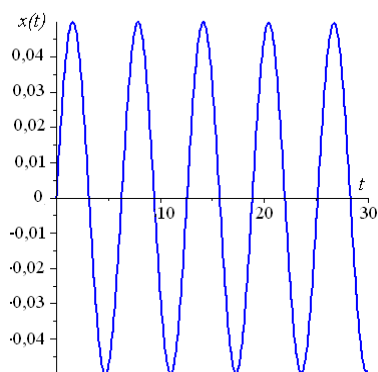


Рис. 1. Графики изменения $x(t)$

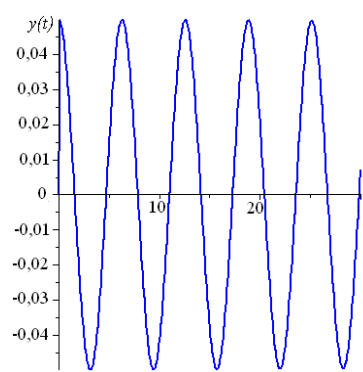


Рис. 2. Графики изменения $\dot{x}(t)$

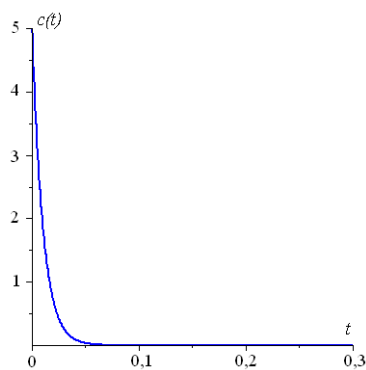


Рис. 3. Графики изменения $c(t)$

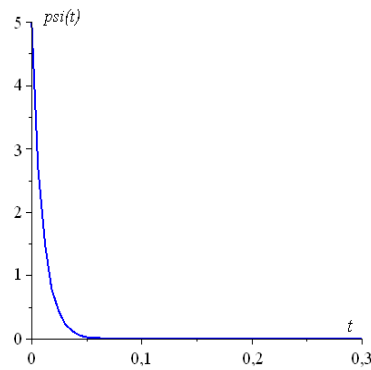
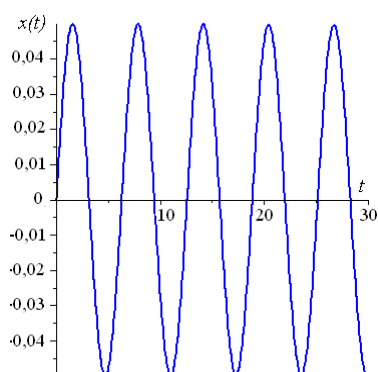
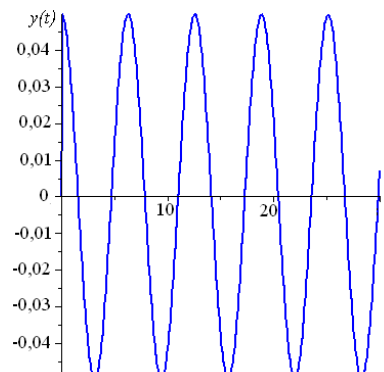
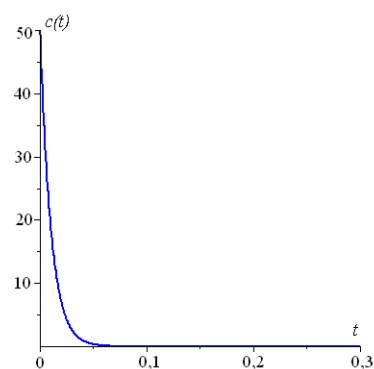
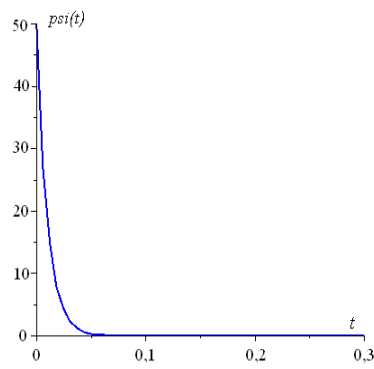


Рис. 4. Графики изменения $\psi(t)$

При большом значении параметра c получаются результаты моделирования системы (2), (5), приведенные на рис. 5–8. В этом случае были выбраны следующие параметры: $a = b = 0,2$; $\mu = 0$; $T = 0,01$ при начальных условиях $x_0 = 0$; $y_0 = 0$; $z_0 = 1$; $c_0 = 50$.

Результаты моделирования показывают, что, как и в предыдущем случае, система на финишном этапе своего движения выходит на режим автоколебаний, следовательно, в системе (2), (5) не возникает каких-либо хаотических режимов движения.

Рис. 5. Графики изменения $x(t)$ Рис. 6. Графики изменения $\dot{x}(t)$ Рис. 7. Графики изменения $c(t)$ Рис. 8. Графики изменения $\psi(t)$

Следовательно, если синтезировать генератор «управляющего параметра» $c(t)$, то модель Ресслера становится обычной системой дифференциальных уравнений, в которой отсутствуют странные аттракторы и хаос.

Таким образом, с помощью метода АКАР, можно не только определять текущее значение «управляющего параметра», но и сформировать в сложной нелинейной хаосодинамической системе типа Ресслера желаемые аттракторы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. – М.: УРСС/Комкнига, 2006.
2. Колесников А.А. и др. Современная прикладная теория управления. Ч. II. Синергетический подход в теории управления. – Москва–Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.А. Воронин.

Дзюба Юлия Николаевна – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: scp @ tti.sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, ул. Чехова, 2, офис И-43; тел.: +78634318090; кафедра синергетики и процессов управления; аспирантка.

Dzyuba Yulia Nikolaevna – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: scp@tti.sfedu.ru; 2, Chekhov street, Suite I-43, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634318090; the department of synergetics and control; postgraduate student.

УДК 519.876.5

А.Н. Долгов, М.А. Раскита

**ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ПОРТАТИВНОГО МНОГОЛУЧЕВОГО
ГИДРОЛОКАТОРА СЕКТОРНОГО ОБЗОРА ДЛЯ ПОДСЧЁТА РЫБ
В ОГРАЖДЁННЫХ РАЙОНАХ ПРИБРЕЖНЫХ МОРСКИХ ЗОН
РЫБОЛОВСТВА И ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЁМАХ**

Отмечены предпосылки создания портативного многолучевого гидролокатора секторного обзора для подсчета рыб в ограждённых районах прибрежных морских зон рыболовства и во внутренних водоёмах. В связи с высокими темпами развития аквакультуры необходим гидроакустический научный инструмент оценки численности и размерного ряда выращиваемой рыбы. Приводится описание целей и задач создания портативного многолучевого гидролокатора, перечень инновационных технических решений в разработке, технические характеристики гидролокатора и его структура.

Аквакультура; мониторинг водных биоресурсов; многолучевой гидролокатор секторного обзора; расщеплённый луч; эхосчёт; эхоинтегрирование; автоматический подсчёт одиночных рыб; гидроакустические съёмки.

A.N. Dolgov, M.A. Raskita

**THE GOALS AND OBJECTIVES OF DEVELOPMENT OF PORTABLE
MULTIBEAM SONAR INTENDED FOR FISH COUNTING IN FENCED AREA
OF COASTAL MARINE FISHING ZONES AND IN INLAND WATERS**

Preconditions of development of portable multibeam sonar intended for fish counting in fenced area of coastal marine fishing zones and in inland waters are remarked in the report. Due to the rapid evolution of aquaculture the hydroacoustic research tool for estimation of the number and size range of farmed fish is required. The goals and objectives of a portable multibeam sonar development as well as the innovation of sonar development and stages of the sonar development and its structure are described in the paper.

Aquaculture; aquatic bioresources monitoring; multibeam sonar; split beam; echocounting; echointegration; automatic fish counting; hydroacoustic survey.

Для выполнения одной из задач седьмой Всероссийской научной конференции «Экология 2013 – море и человек» – «ознакомление с современными методами и техническими средствами контроля и охраны окружающей среды», и в рамках секции «Методы и средства экологического мониторинга водных районов» вниманию читателей и слушателей конференции предлагается доклад о научном многолучевом гидролокаторе секторного обзора для мониторинга рыбных запасов в ограждённых районах прибрежных морских зон рыболовства и во внутренних водоёмах.

Известно, что задачи оценки запасов водных биоресурсов (ВБР) всегда относились к сфере государственных интересов как экономического, так и экологического характера. Исследование запасов ВБР проводилось, в основном, в масштабе