

АНАЛИЗ СУЩЕСТВОВАНИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ В КУСОЧНО-ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ МЕТОДОВ

¹М.К. Арабов¹, MArabov@kpfu.ru

УДК 517.927

DOI: 10.33184/uomsh1t-2023-09-28

Данная статья рассматривает анализ существования предельных циклов в двухмерных кусочно-линейных динамических системах второго порядка. В статье описывается ключевое понятие теории динамических систем - предельный цикл, который является периодическим решением, к которому сходятся все остальные решения системы.

Ключевые слова: анализ, предельные циклы, кусочно-линейные динамические системы, компьютерные методы.

Analysis of the Existence of Limit Cycles in Piecewise-Linear Dynamic Systems Using Computer Methods

This article examines the analysis of the existence of limit cycles in two-dimensional piecewise-linear dynamic systems of the second order. The article describes the key concept of the theory of dynamic systems - a limit cycle, which is a periodic solution to which all other solutions of the system converge.

Keywords: analysis, limit cycles, piecewise-linear dynamic systems, computer methods.

В данной статье рассматривается анализ существования предельных циклов в двухмерных кусочно-линейных динамических системах второго порядка. Следует отметить, что предельные циклы имеют широкое применение в различных областях науки и техники. В физике, они используются для моделирования колебаний в электрических цепях и механических системах. В биологии, предельные циклы могут быть использованы для моделирования популяционных циклов в экосистемах, а также для изучения взаимодействия хищников и

¹Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства КФУ (ПРИОРИТЕТ-2030).

¹Арабов Муллошараф Курбонович, к.ф.-м.н., старший преподаватель, КФУ (Казань, Россия); Arabov Mullosharaf Kurbonovich (Kazan Federal University, Kazan, Russia)

жертв в природе. В теории управления, предельные циклы могут быть использованы для управления динамическими системами[1-4], например, в автоматическом управлении для стабилизации системы и поддержания ее работоспособности. В экономике, предельные циклы могут использоваться для моделирования циклических изменений, таких как бизнес-циклы и циклы конъюнктуры, а также для прогнозирования изменений на рынке акций или товаров.

Ранее было изучено существование предельных циклов в различных кусочно-линейных динамических системах второго порядка[1,2,4]. В рамках данной работы мы рассмотрим следующие системы:

$$\dot{X} = \begin{cases} AX + \varphi(X), & \text{если } X \in \Omega^- \\ BX + \varphi(X), & \text{если } X \in \Omega^+ \end{cases} \quad (1)$$

где матрицы A и B являются постоянными, а вектор-функция $\varphi(X)$ ограничена и может содержать кусочно-линейные слагаемые и $\Omega^- = \{(x, y) : x \leq 0 (y \leq 0)\}$, $\Omega^+ = \{(x, y) : x \geq 0 (y \geq 0)\}$.

Компьютерные исследования показали, что у системы (1) существуют предельные циклы. Интерес представляется исследовать эти предельные циклы с помощью аналитических методов.

Литература

1. *P. Cardin and J. Torregrosa*, Limit cycles in planar piecewise linear differential systems with nonregular separation line, Phys. D, 2016, 337, 67-82
2. *Мухамадиев М.Г.* Предельные циклы кусочно-линейных дифференциальных уравнений второго порядка/Э.М.Мухамадиев, И.Д.Нуров, М.Ш. Халилова//Уфимский математический журнал. 2014. Т. 6. № 1. С. 84-93.
3. *Yumagulov M.G* Perturbation theory methods in problem of parametric resonance for linear periodic hamiltonian systems //M.G. Yumagulov, L.S. Ibragimova, A.S. Belova Ufa Mathematical Journal. 2021. Т. 13. № 3. С. 174-190.
4. *Arabov M.K.* Existence tests for limiting cycles of second order differential equations /М.К. Arabov, Е.М. Mukhamadiev, I.D. Nurov, K.I. Sobirov// Ufa Mathematical Journal. 2017. V. 9. N 4. Pp. 3-11.