

ДИНАМИКА СВЯЗАННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ С СОСТОЯНИЕМ РАВНОВЕСИЯ

А. П. Кузнецов^{1,3}, Н. В. Станкевич^{1,2}

¹Саратовский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова
РАН

Россия, 410019 Саратов, ул. Зеленая, д. 38

²Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

Россия, 410054 Саратов, ул. Политехническая, 77

³Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н.Г. Чернышевского

Россия, 410012 Саратов, ул. Астраханская, 83

E-mail: apkuz@rambler.ru, stankevichnv@mail.ru

Поступила в редакцию 10.03.2018, после доработки 10.04.2018

Предмет исследования. В последнее время интерес вызывают задачи о синхронизации систем, способных демонстрировать квазипериодические колебания. В частности, это могут быть генераторы квазипериодических колебаний, допускающие радиофизическую реализацию. В настоящей работе рассматривается динамика двух связанных генераторов квазипериодических колебаний с одним состоянием равновесия. **Новизна.** Отличие от уже изученного случая связанных модифицированных генераторов Анищенко–Астахова состоит в привлечении двухпараметрического анализа и анализа в существенно более широком диапазоне изменения параметров, а также более низкой размерности уравнений отдельного генератора. **Методы исследования.** Используется метод карт Ляпуновских показателей, который выявляет области различного типа динамики, вплоть до четырехчастотных колебаний. Исследованы бифуркационные механизмы возникновения полной синхронизации. **Полученные результаты.** Продемонстрирована возможность синхронной квазипериодичности, когда фазы генераторов захвачены, но динамика системы является в целом квазипериодической. Выявлена возможность эффекта «гибели колебаний», возникающего за счет диссипативного характера связи. Продемонстрирована возможность эффекта широкополосной квазипериодичности. Его особенность состоит в том, что возникают двухчастотные колебания в определенном диапазоне изменения параметра связи и широком диапазоне частотной расстройки. Представлены бифуркационные механизмы данного эффекта. Показано, что для него характерно определенное вырождение, которое снимается при введении неидентичности по управляющим параметрам отдельных генераторов. Представлен бифуркационный анализ для этого случая. Двухпараметрический анализ позволил выявить на плоскости параметров точки квазипериодических бифуркаций коразмерности два QSNF (Quasi-periodic saddle-node fan), ассоциирующиеся с синхронизацией многочастотных торов. Эти точки являются острями языков двухчастотных режимов, имеющие порог по величине коэффициента связи. В их окрестности наблюдаются также трех- и четырехчастотные квазипериодические режимы. **Выводы.** Синхронизация квазипериодических

генераторов обладает рядом новых моментов, которые устанавливаются при двухпараметрическом анализе в широком диапазоне изменения параметров.

Ключевые слова: квазипериодические колебания, связанные генераторы, синхронизация.

DOI: 10.18500/0869-6632-2018-26-2-41-58

Образец цитирования: Кузнецов А.П., Станкевич Н.В. Динамика связанных генераторов квазипериодических колебаний с состоянием равновесия // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2018. Т. 26, No 2. С.41–58. DOI: 10.18500/0869-6632-2018--26-2-41-58

DYNAMICS OF COUPLED GENERATORS OF QUASI-PERIODIC OSCILLATIONS WITH EQUILIBRIUM STATE

A. P. Kuznetsov^{1,3}, N. V. Stankevich^{1,2}

¹Kotelnikov Institute of Radio-Engineering and Electronics of RAS, Saratov Branch
38, Zelenaya, 410019 Saratov, Russia

²Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
77, Politechnicheskaya, 410054 Saratov, Russia

³Saratov State University

83, Astrakhanskaya, 410012 Saratov, Russia

E-mail: apkuz@rambler.ru, stankevichnv@mail.ru

Received 10.03.2018, revised 10.04.2018

Subject of the study. Recently, the problems of synchronization of systems demonstrating quasi-periodic oscillations arouse interest. In particular, it can be generators of quasi-periodic oscillations that allow a radiophysical realization. In this paper we consider the dynamics of two coupled oscillators of quasi-periodic oscillations with a single equilibrium state. Novelty. The difference from the already studied case of coupled modified Anishchenko–Astakhov generators consists in engaging of two-parameter analysis and analysis in a much wider range of parameter changes, as well as a more dimensionless equation for an individual generator. Methods. The method of charts of Lyapunov exponents is used, which reveals areas of various types of dynamics, up to four-frequency oscillations. The bifurcation mechanisms of complete synchronization are investigated. Results. The possibility of synchronous quasi-periodicity is demonstrated, when the phases of the generators are locked, but the dynamics of the system is generally quasi-periodic. The possibility of the effect of «death of oscillations» arising due to the dissipative character of coupling is revealed. The possibility of the effect of broadband quasi-periodicity is demonstrated. Its peculiarity consists in the fact that two-frequency oscillations arise in a certain range of variation of the coupling parameter and a wide range of frequency mismatch. The bifurcation mechanisms of this effect are presented. It is shown that a certain degeneracy is characteristic for it, which is removed when nonidentity is introduced along the control parameters of individual generators. A bifurcation analysis is presented for this case. Two-parameter analysis allowed us to identify points of quasi-periodic bifurcations of codimension two QSNF (Quasi-periodic saddle-node fan) on the parameter plane, associated with the synchronization of multi-frequency tori. These points are the tips of the tongues of the two-frequency regimes, which have a threshold for the coupling coefficient. In

their vicinity, three- and four-frequency quasi-periodic regimes are also observed.
Discussion. Synchronization of quasi-periodic generators has a number of new moments that are established in two-parameter analysis in a wide range of parametric changes.

Keywords: quasi-periodic oscillations, coupled generators, synchronization.

DOI: 10.18500/0869-6632-2018-26-2-41-58

References: Kuznetsov A.P., Stankevich N.V. Dynamics of coupled generators of quasi-periodic oscillations with equilibrium state. *Izvestiya VUZ, Applied Nonlinear Dynamics*, 2018, vol. 26, iss. 2, pp. 41–58. DOI: 10.18500/0869-6632-2018-26-2-41-58