

**Восстановление структуры связей в ансамбле осцилляторов
по записям колебаний через моделирование фазовой динамики**

Е. В. Навроцкая, Д. А. Смирнов, Б. П. Безручко

Саратовский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН
Россия, 410019 Саратов, ул. Зелёная, 38

E-mail: sidakev@gmail.com, smirnovda@yandex.ru, bezruchkobp@gmail.com

Автор для переписки Навроцкая Елена Владимировна, sidakev@gmail.com

Поступила в редакцию 4.08.2018, принята к публикации 15.10.18

Тема. В работе исследуется применимость известного метода выявления связи между двумя осцилляторами, основанного на экспериментальном моделировании фазовой динамики по временным рядам фаз в случаях, когда имеется несколько пиков в спектре мощности сигнала. Задача выявления структуры связей в ансамблях (наличия, направлений и интенсивности взаимодействий между элементами) по экспериментальным записям их колебаний актуальна для систем различной природы и приложений. При ее решении применительно к системе двух осцилляторов метод реконструкции моделей фазовой динамики по временным рядам доказал свою эффективность при условии, что в спектре мощности сигнала имеется единственный пик. **Цель.** Исследование условий применимости указанного метода в менее благоприятных случаях, когда имеется несколько пиков в спектре мощности и ширина этих пиков значительна. **Методы.** В качестве тестовой системы в численном эксперименте рассмотрен ансамбль из трех осцилляторов ван дер Поля: два взаимодействующих осциллятора, подвергались одновременному воздействию со стороны третьего. С помощью исследуемого метода по временным реализациям фаз осцилляторов оценивалось наличие связи между ними. Численный эксперимент проводился при различных значениях параметров осцилляторов. **Результаты.** Продемонстрирована возможность ложных выводов о структуре связей в рассматриваемой системе и предложен диагностический критерий возможных ошибок, основанный на оценке автокорреляционной функции остатков модели фазовой динамики. Для получения надежных оценок связи в проблемных ситуациях апробирована предварительная фильтрация сигналов.

Ключевые слова: фазовая динамика, выявление связей, ансамбль осцилляторов.

Образец цитирования: Навроцкая Е.В., Смирнов Д.А., Безручко Б.П. Восстановление структуры связей в ансамбле осцилляторов по записям колебаний через моделирование фазовой динамики // Изв. вузов. ПНД. 2019. Т. 27, No 1. С. 41–52.

<https://doi.org/10.18500/0869-6632-2019-27-1-41-52>

Финансовая поддержка. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант No 14-12- 00291).

**The reconstruction of the couplings structure in the ensemble
of oscillators according to the time series via phase dynamics modeling**

E. V. Navrotskaya, D. A. Smirnov, B. P. Bezruchko

Saratov Branch of the Institute of Radio Engineering & Electronics of Russian Academy of Sciences
38, Green str., 410019 Saratov, Russia

E-mail: sidakev@gmail.com, smirnovda@yandex.ru, bezruchkobp@gmail.com
Correspondence should be addressed to Navrotskaya Elena V., sidakev@gmail.com

Received 4.08.2018, accepted for publication 15.10.18

Topic. In this paper, we investigate the applicability of the known method for detecting the couplings between two oscillators, based on experimental phase dynamics modeling by phases time series in cases where there are several peaks in the signal power spectrum. The problem of revealing the structure of couplings in ensembles (presence, directions and intensity of interactions between elements) by experimental recordings of their oscillations is relevant for systems of different nature and applications. In its solution for the system of two oscillators, the method of reconstruction of phase dynamics models by time series has shown its efficiency provided that there is a single peak in the signal power spectrum. **Aim.** The investigation of the conditions for the applicability of this method in less favorable cases when there are several peaks in the power spectrum and the width of these peaks is significant. **Methods.** An ensemble of three Van der Pol oscillators is considered as a test system in the numerical experiment: two coupled oscillators were exposed to the simultaneous influence from the third one. Using the investigated method, the presence of a couplings between the oscillators was estimated from the time series of the oscillator phases. The numerical experiment was carried out at different values of oscillator parameters. **Results.** The possibility of false conclusions about the structure of couplings in such system is demonstrated. The diagnostic criterion of possible errors based on the estimation of the autocorrelation function of the phase dynamics model residues is proposed. To obtain reliable estimates of interactions in problem situations, pre-filtering of signals was tested.

Key words: phase dynamics, identification of couplings, ensemble of oscillators.

Reference: Navrotskaya E.V., Smirnov D.A., Bezruchko B.P. The reconstruction of the couplings structure in the ensemble of oscillators according to the time series via phase dynamics modeling. *Izvestiya VUZ, Applied Nonlinear Dynamics*, 2019, vol. 27, no. 1, pp. 41–52.
<https://doi.org/10.18500/0869-6632-2019-27-1-41-52>

Acknowledgements. This research is supported by the Russian Science Foundation (grant No. 14-12-00291).