

ДИНАМИКА МАЛОМЕРНЫХ АНСАМБЛЕЙ СВЯЗАННЫХ КОНТАКТОВ ДЖОЗЕФСОНА

А.П. Кузнецов^{1,2}, И.Р. Сатаев¹, Ю.В. Седова¹

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

²Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

E-mail: sedovayv@yandex.ru

Эффект Джозефсона находит широкое применение как для генерации, так и приема сигналов очень высокой частоты [1,2]. Обычно рассматривается случай контактов, идентичных по критическим токам. Случай двух неидентичных контактов изучен в [3]. В [4] рассмотрены большие ансамбли контактов, которые объединены в группы с одинаковым критическим током. В настоящем докладе рассмотрены ансамбли из трех и четырех неидентичных контактов. С точки зрения теории синхронизации в таких ансамблях станет типичным феноменом возможность инвариантных торов разной размерности.

При определенных предположениях контакты описываются фазовыми уравнениями типа уравнения Адлера [1]. В безразмерной форме можно получить [4]

$$\begin{aligned}\dot{\varphi}_n &= I - I_n \sin \varphi_n - \varepsilon \dot{Q}, \\ \ddot{Q} + \gamma \dot{Q} + \omega_0^2 Q &= I - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (1 + \xi_n) \sin \varphi_n.\end{aligned}\quad (1)$$

Здесь I – внешний ток, \dot{Q} – ток через параллельную RLC – нагрузку, $\xi_n > -1$ – параметр неидентичности по критическим токам, случай $\xi_n = 0$ отвечает идентичным контактам. Далее использованы значения $\varepsilon=0.5$, $\gamma=1$, $\omega_0^2 = 1.2$.

Исследуем численно плоскость параметров неидентичности (ξ_1, ξ_2) . Для этого будем использовать метод карт ляпуновских показателей, когда в каждой точке плоскости параметров вычисляется спектр показателей Ляпунова. Затем каждая точка плоскости окрашивается в свой цвет, чтобы визуализировать периодические режимы Р, квазипериодические режимы, отвечающие 2-торам Т2 и 3-торам Т3, а также хаосу. На рис.1а показана ляпуновская карта для $I = 0.8$. Устройство плоскости параметров в области двухчастотных торов Т2 в этом случае включает языки различных резонансных периодических режимов и в качественном плане аналогично случаю двух контактов [3]. Обозначение eq отвечает устойчивому состоянию равновесия (своего рода эффект гибели колебаний).

Для $I = 1.1$ картина заметно меняется (рис.1б). Особенно это относится к области в левой нижней части рисунка. Эта область теперь представлена в основном трехмерными торами. В ее же центре располагается остров периодического режима. Можно видеть характерные полосы двухчастотных режимов, расходящиеся веером от области периодического режима. Еще один интересный фрагмент в увеличенном виде показан на рис.1в. Он может характеризоваться как резонансная паутина Арнольда. Можно видеть множество тонких полос (паутину) двухчастотных режимов, которые пересекаясь, дают множест-

во мелкомасштабных островах периодических режимов.

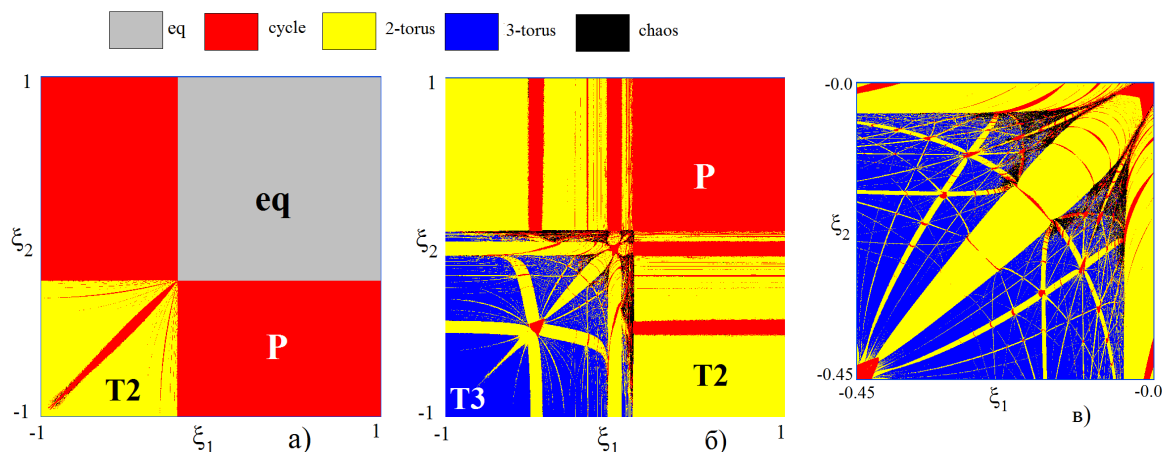


Рис.1. Плоскость параметров неидентичности контактов, а) $I=0.8$, б) $I=1.1$.
Справа – увеличенный фрагмент рис.б)

Можно построить своего рода расширенные фазовые портреты, использующие не только фазовые переменные, но и переменную Q . Примеры для 2-тора, 3-тора и хаоса даны на рис.2. В докладе также приводится пример сложного резонансного 3-тора, очень близко расположенного к точке с хаосом.

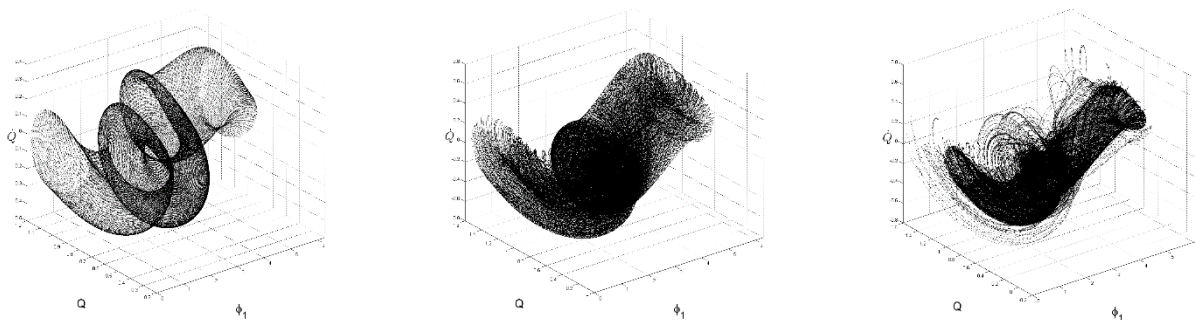


Рис.2

В докладе также обсуждается случай четырех неидентичных контактов, представлена соответствующая ляпуновская карта. В этом случае визуализируется резонансная паутина Арнольда на базе 4-торов. На пересечении полос трехчастотных режимов теперь лежат острова 2-торов. Этим полос оказывается больше, по сравнению с рис1б. Соответственно хаос теперь наблюдается гораздо чаще – в окрестности областей перекрытия полос.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 14-02-00085, 16-02-00135).

Библиографический список

1. Пиковский А., Розенблюм М., Куртс Ю. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление. М.: Техносфера. 2003.
2. Wiesenfeld K., Colet P., Strogatz S.H. // Phys. Rev. Lett. 1996. Vol. 76, № 3. P. 404.
3. Valkering T.P., Hooijer C.L.A., Kroon M.F. // Physica D. 2009. Vol. 135. P. 137.
4. Vlasov V., Pikovsky A. // Phys. Rev. 2013. Vol. 88. P. 2013.