ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОСЦИЛЛЯТОРА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ФАЗОЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Д. А. Крылосова[2], Е. П. Селезнев[1,2], Н. В. Станкевич[3]

[1]Саратовский филиал ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН

[2]Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского

[3]Саратовский государственный технический университет им. ГагаринаЮ.А.

E-mail: krylosovadarina@gmail.com

В работе исследуются вынужденные колебания линейного осциллятора [1,2]:

$$\ddot{x} + 2\alpha\dot{x} + \omega_0^2 x = A\sin(\omega t + \varphi), \quad (1)$$

где x, $\dot{x}$ –динамические переменные, α - коэффициент диссипации, ω_0 - собственная частота колебаний контура, A, ω и φ – амплитуда, частота и фаза внешнего воздействия, в котором осуществляется управление фазой внешнего воздействия. Усложнение динамики такой системы традиционно наблюдается при добавлении нелинейных слагаемых, в результате котороголинейное уравнение (1) преобразуется в нелинейное. Рассмотрим особенности системы при усложнении внешнего сигнала, т.е. когда фаза или частота внешнего воздействия от динамической переменной.

Пусть фаза внешнего воздействия зависит от переменной следующим видом:

$$\varphi(x) = k_1 x + k_2 x^2 + k_3 x^3, \quad (2)$$

где k_1, k_2, k_3 - постоянны коэффициент, $x(t)$ - динамическая переменная уравнения (1).

После перехода к безразмерному времени $\tau = \omega_0 t$ уравнение (1) принимает вид

$$\ddot{x} + 2\alpha\dot{x} + x = A\sin(p\tau + k_1 x + k_2 x^2 + k_3 x^3), \quad (3)$$

где $p = \omega/\omega_0$ - нормированная частота внешнего воздействия. Уравнение (3) содержит нелинейность типа *sin(kx)*. При k_2=0, k_3=0 зависимость фазы от переменной будет линейная. В [3] было показано, что даже при линейной зависимости в системе возможно появление сложных периодических и хаотических колебаний. В данной работе исследуется характер вынужденных колебаний для случая нелинейной зависимости фазы от динамической переменной

На рис. 1 представлена карты динамических режимов на плоскости параметров (p, A) при различных значениях параметров k_1, k_2 и k_3. Качественно динамика системы не изменяется, однако наблюдаются изменения в структуре плоскости управляющих параметров. Из рисунков видно, что в случае линейной зависимости фазы воздействия структура плоскости управляющих параметров напоминает аналогичную для осциллятора Тода и его радиотехнического аналога – нелинейного колебательного контура [4–7].Ведение нелинейной зависимости значительно усложняет форму существования областей сложных периодических и хаотических колебаний.

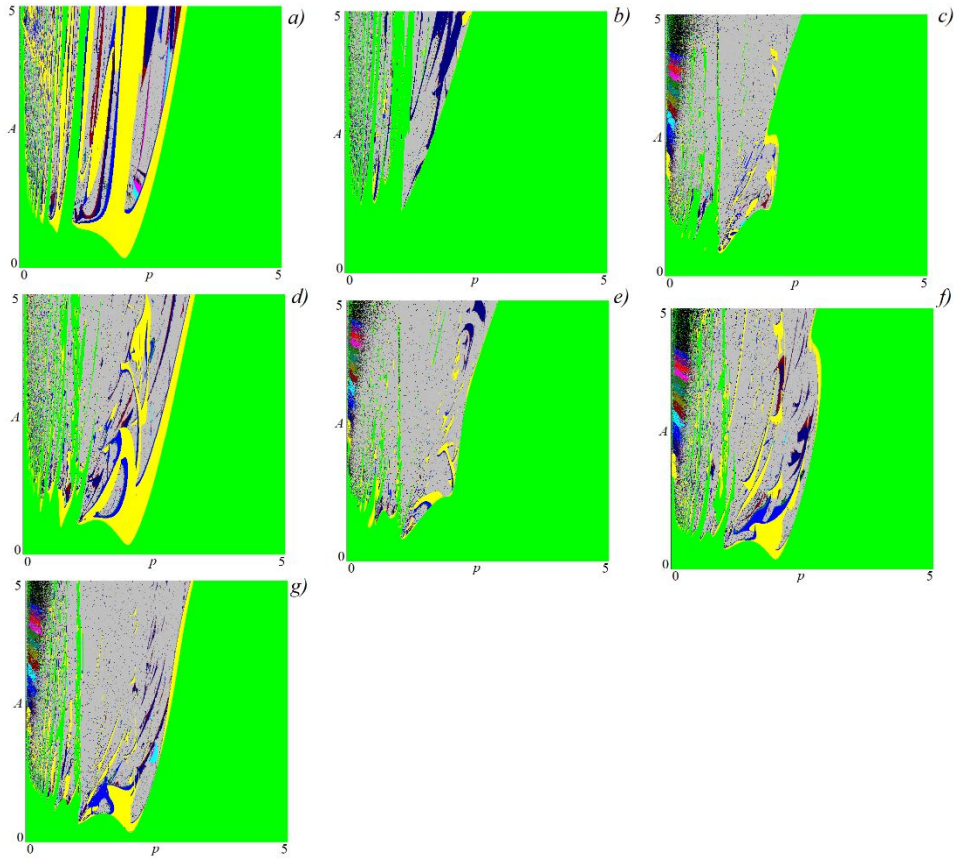

Рис. 1. Карты динамических режимов для случаев различной зависимости фазы от динамической переменной. a) k_1=1, k_2=0, k_3=0; b) k_1=0, k_2=1, k_3=0; c) k_1=0, k_2=0, k_3=1; d) k_1=1, k_2=1, k_3=0; e) k_1=0, k_2=1, k_3=1; f) k_1=1, k_2=0, k_3=1; g) k_1=1, k_2=1, k_3=1.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 17-12-01008.

Библиографический список

1. *Рабинович М.И., Трубецков Д.И.* Введение в теорию колебаний и волн. – М.: Наука, 1984.
2. *Гоноровский И.С.* Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь. 1986.
3. *СелезневЕ. П., СтанкевичН.* В. Хаотическая динамика в неавтономном осцилляторе с управляемой фазой внешнего воздействия. // Письма в ЖТФ. 2019. Т. 45, вып.2. С.59-62
4. *Kurz Th., Lauterborn W.* Bifurcation structure of the Toda oscillator.// Phys.Rev.A. – 1988. Vol.37, №3. – P.1029–1031.
5. *Астахов В.В., Безручко Б.П., Селезнев Е.П.* Исследование динамики нелинейного колебательного контура при гармоническом воздействии. // Радиотехника и электроника. – 1987. – Т.32, №12. – С.2558–2566.
6. *Bezruchko B.P., Prokhorov M.D., Seleznev E.P.* Multiparameter model of a dissipative nonlinear oscillator in the form of one-dimensional map. // Chaos, Solitons, Fractals. 1995. Vol.5, №11. P.2095-2107.
7. *Селезнев Е.П., Захаревич А.М.* Структура пространства управляющих параметров неавтономного кусочно–линейного осциллятора. // ЖТФ. 2006. Т. 76, вып. 4. с.133-135.