

$$(z_R)_j = \varepsilon_j + \frac{\hbar^2}{2m} a_0 \frac{B_j^2}{1 - \frac{2m}{\hbar^2} \left[\sum_{i \neq j} \frac{B_i^2 \lambda_i^2}{\varepsilon_j - \varepsilon_i} + \Delta(\varepsilon_j) \right]}, \quad (9)$$

причем в (9) было принято во внимание, что λ_j^2 приближенно равняется $(\hbar^2/2m)^2$. Результат (9) может быть упрощен с учетом того обстоятельства, что знаменатель в (9) мало отличается от 1. Таким образом,

$$(z_R)_j = \varepsilon_j + \frac{\hbar^2}{2m} a_0 B_j^2. \quad (10)$$

Формула (10), полученная ранее в теории адронных и экзотических атомов [6—8], совпадает с результатом работ [6—9] с точностью порядка 10% вследствие учтенного в (9)—(10) энергетического сдвига в аргументе оптического потенциала.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тейлор Дж. Теория рассеяния. М., 1975.
- [2] Akaishi Y. et al.//Z. f. Phys. A. 1987. 328. P. 115.
- [3] Bogdanova L. N. et al.//Nucl. Phys. 1986. A464. P. 653.
- [4] Fesenko G. A., Shablov V. L.//Муон. Catal. Fusion. 1989. 4. P. 183.
- [5] Ньютон Р. Теория рассеяния волн и частиц. М., 1969.
- [6] Богданова Л. Н., Маркушин В. Е., Мележик В. С.//ЖЭТФ. 1981. 81. С. 829.
- [7] Кудрявцев А. Е., Маркушин В. Е., Шапиро И. С.//ЖЭТФ. 1978. 74. С. 432.
- [8] Caser S., Omnes R.//Phys. Lett. 1972. 39B. P. 369.
- [9] Богданова Л. Н. и др.//Ядерная физика. 1981. 34, № 5(11). С. 1191.

Поступила в редакцию
11.10.93

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1995. Т. 36, № 1

РАДИОФИЗИКА

УДК 621.517.621.373

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ АВТОСТОХАСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Д. А. Грибков, В. В. Грибкова, Ю. И. Кузнецов

(кафедра физики колебаний)

Показана принципиальная возможность восстановления сложного многочастотного внешнего воздействия на автостохастическую систему по наблюдаемой реализации одной динамической переменной системы.

Одной из важных задач радиофизики, не теряющей своей актуальности до настоящего времени, является разделение сигналов. В качестве примеров можно указать такие задачи, как выделение полезного сигнала из шумов, селектирование сигналов в каналах связи и др. Следует отметить, что разделение сигналов наиболее сложно в случае их нелинейного взаимодействия, например, когда один из сигналов представляет собой внешнее многочастотное воздействие на нелинейную систему, генерирующую хаотический процесс. Однако последние достижения в области нелинейной динамики [1, 2] предоставляют определенные возможности и в этом наиболее сложном случае.

В настоящей работе делается попытка восстановления многочастотного сигнала, действующего на автостохастическую систему. Постановка задачи состоит в следующем. Пусть имеется возможность наблюдения временной реализации одной динамической переменной автостохастической системы, испытывающей с некоторого известного нам момента времени внешнее многочастотное воздействие, которое необходимо восстановить по наблюдаемой реализации.

Авторы предлагают решить данную задачу следующим образом: 1) применяя методы, изложенные в [1], по участку реализации процесса без внешнего воздействия восстановить обыкновенные дифференциальные уравнения автостохастической системы в заданном классе; 2) используя восстановленную динамическую систему в качестве нелинейного фильтра при обработке сигнала на участке реализации с внешним воздействием, восстановить внешнее воздействие.

Забегая несколько вперед, следует отметить, что для восстановления внешнего воздействия необходима априорная информация о том, каким образом это воздействие входит или может входить в исследуемую систему.

В качестве объекта исследования была выбрана классическая система Лоренца [3], уравнения которой с учетом внешнего воздействия записываются в виде

$$\begin{aligned} \dot{X} &= -\sigma X + \sigma Y, \\ \dot{Y} &= rX - Y - XZ, \\ \dot{Z} &= -bZ + XY + f(t), \end{aligned} \quad (1)$$

где

$$f(t) = \begin{cases} 0, & 0 < t \leq t_1, \\ A \cos(p|\cos(\omega t)|) / B + \cos(\omega t), & t > t_1, \end{cases}$$

σ, r, b — параметры системы Лоренца; A, B, p, ω — параметры внешнего воздействия.

На рис. 1 представлены: спектр сигнала внешнего воздействия (а), спектр колебаний автономной системы (б) и спектр колебаний неавтономной системы (в). Эти спектры соответствуют следующим пара-

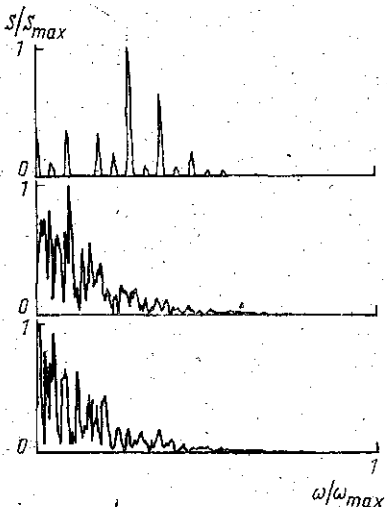


Рис. 1

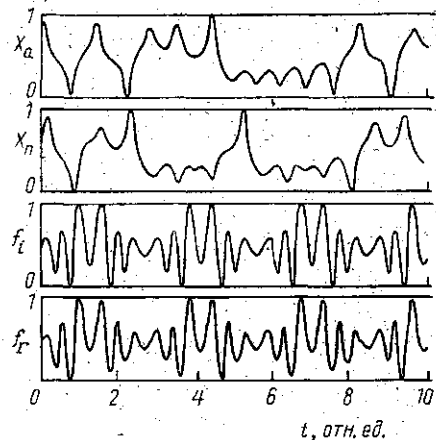


Рис. 2

метрам системы и внешнего воздействия: $\sigma=10$, $r=50$, $b=8/3$, $A=30$, $B=4$, $p=\omega=8$. Следует отметить, что сложное нелинейное неаддитивное преобразование многочастотного внешнего воздействия приводит к тому, что спектральные компоненты внешнего воздействия практически незаметны в спектре неавтономной системы и спектры автономной и неавтономной систем мало отличаются друг от друга.

В соответствии с предложенным подходом решения задачи прежде всего по временной реализации переменной $X(t)$ на интервале времени от 0 до t_1 восстанавливаем уравнения автономной системы ($f(t)=0$) в виде

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \dot{X} = y, \\ \dot{y} &= z, \\ \dot{z} &= F(x, y, z), \end{aligned} \quad (2)$$

где $x=X$, $F(x, y, z) = C_1x^2 + C_2xy + C_3xz + C_4y^2 + C_5yz + C_6x^4 + C_7x^3y$; C_i — константы, которые в конкретных случаях однозначно определяются процедурой, предложенной в работе [1].

Можно показать, что исходная неавтономная система (1) в новых переменных $x=X$, y , z будет иметь вид

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \dot{X} = y, \\ \dot{y} &= z, \\ \dot{z} &= F(x, y, z) + f(t)x^2. \end{aligned} \quad (3)$$

Используя временной ряд переменной $x=X$ неавтономной системы, начиная с момента времени t_1 выделим внешнее воздействие в виде

$$f(t) = (xz - F(x, y, z))/x^2. \quad (4)$$

Естественно, что указанная процедура возможна только в том случае, если нам априорно известно, что внешнее воздействие аддитивно входит в правую часть третьего уравнения системы Лоренца. Процедуру (4) можно интерпретировать как нелинейную фильтрацию, где в качестве нелинейного фильтра используется восстановленная динамическая система.

На рис. 2 приведены временные реализации переменной $X_a=x_a$ — автономной системы, X_n — неавтономной системы, f_i — исходного внешнего воздействия, f_r — восстановленного внешнего воздействия. Результаты, представленные на рис. 2, соответствуют тем же численным параметрам системы и внешнего воздействия, что и на рис. 1. Сравнение кривых f_i и f_r свидетельствует о хорошем соответствии восстановленного внешнего воздействия с исходным.

Таким образом, показана принципиальная возможность восстановления сложного многочастотного воздействия на автостохастическую систему по наблюдаемой реализации одной динамической переменной системы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Грибков Д. А., Грибкова В. В., Кравцов Ю. А. и др. // Радиотехн. и электроника. 1994. 39, № 2. С. 231.
- [2] Грибков Д. А., Грибкова В. В., Кравцов Ю. А. и др. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 1994. 35, № 1. С. 96.
- [3] Lorenz E. N. // J. Atmos. Sci. 1963. 20, N 2. P. 130.

Поступила в редакцию
20.05.94