

ЗАСТОСУВАННЯ ЕФЕКТУ СТОХАСТИЧНОГО РЕЗОНАНСУ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ РАДІОСИГНАЛІВ

Журавський А.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Харченко О.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки
61166, Харків, пр. Науки, 14, кафедра МІРЕС, тел. 702-14-84
e-mail: artem.zhuravskiy@nure.ua

The main and most difficult problem of receiving signals is the problem of noise immunity, that is, the task of finding the best methods of receiving radiosignals in the presence of interference.

Analysis of radiosignals extraction with the help of stochastic resonance effect are given. As an object of research, linear frequency modulated and phase-code-manipulated signals are considered. The amplitude spectrum of the radiosignal and the process at the output of the stochastic resonator is calculated, the possibility of amplifying the signal and reducing noise at the stochastic resonator output is shown.

It has been shown that the stochastic resonance effect provides the standing out of the radiosignal against the background white Gaussian noise.

У ряді програм радіотехніки і радіолокації необхідно вирішувати задачу виявлення сигналів у складній обстановці із перешкодами. Основною і найбільш складною проблемою прийому сигналів є проблема завадостійкості, тобто задача відшукування найкращих способів прийому радіосигналів при наявності перешкод. Це пояснюється збільшенням кількості перешкод і підвищенням вимог до якості відтворення сигналів.

Разом з тим, дослідження, проведені в кінці ХХ століття, привели до парадоксальних висновків. Наявність шуму на вході нелінійних систем, що володіють ефектом так званого стохастичного резонансу (СР), дозволяє виділити слабкий (в порівнянні з шумом) сигнал з адитивною суміші з білим шумом. В даний час це явище є фундаментальним і виявлено в різних областях науки, від біології, хімії до соціології.

Рівняння СР має вигляд [1]

$$dy / dt = y(t) - y(t)^3 + s(t) + \xi(t),$$

где $\xi(t)$ – білий гаусів шум; $s(t)$ – процес на вході стохастичного резонатора; $y(t)$ – процес на виході стохастичного резонатора.

Рівняння СР є рівнянням Абеля 1-го порядку і не має аналітичного рішення.

Вироблено чисельне моделювання відгуку при впливі на вхід системи адитивної суміші гармонійного сигналу і білого шуму. Частота гармонійного сигналу дорівнює $f = 0.125$ Гц, відношення сигнал / шум на вході $SNR = 3$ дБ.

Амплітудний спектр відгуку наведено на рис.1.

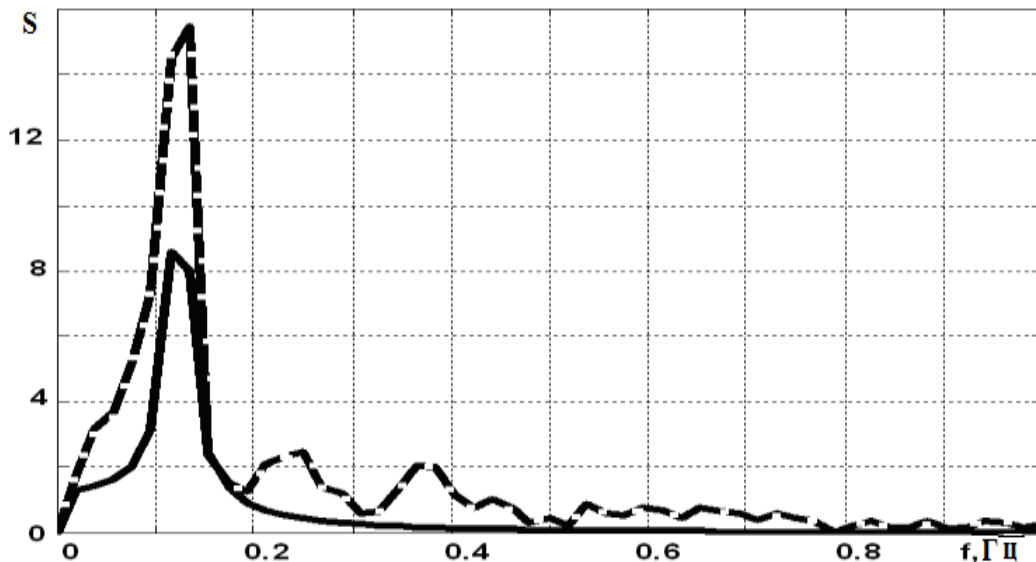


Рис. 1. Амплітудний спектр вхідного сигналу (суцільна лінія) і вихідний сигнал (пунктир)

Рис. 1 показав, що в результаті обробки вдається значно зменшити шумову компоненту коливання. Крім того, вихідна потужність шуму падає, частота гармонійних коливань не змінюється. Таким чином, забезпечується ефективно придушення шуму.

У роботі показані фільтруючі властивості ефекту СР [2].

Розглянуто застосування ефекту СР для виділення лінійно-частотно модульованих (ЛЧМ) і фазово-кодово маніпульованих (ФКМ) сигналів з адитивною сумішшю з білим шумом. Як правило, в якості ФКМ сигналів використовуються сигнали з кодом Баркера, так як в їх кореляційних функціях реалізується найменший рівень бокових пелюсток, що забезпечує стійкість зв'язку, радіолокації і т.д. Розглянемо сигнал Баркера для кількості позицій $N = 13$.

Проведено порівняння фільтрації на основі ефекту СР і фільтрації лінійної. Отримано залежності відносини сигнал / шум на виході стохастичного резонатора від дисперсії вхідного шуму.

Порівняння результатів обробки ЛЧМ і ФКМ сигналів за допомогою стохастичного резонатора і узгодженого фільтра показали, що стохастичного резонатора забезпечує краще виділення сигналу. Але в цьому випадку посилення сигналу не відбувається.

Перелік посилань:

V. S. Anishchenko, A. B. Neiman, F. Moss, L. Schimansky-Geier. Stochastic resonance: noise-enhanced order // Uspekhi Fizicheskikh Nauk, Russian Academy of Sciences. 1999, 42(1), p.7-34.

В.М. Карташов, О. И. Харченко, В. И. Чумаков Использование эффекта стохастического резонанса для анализа спектров акустического излучения малых беспилотных летательных аппаратов // Радиотехника. - 2019. - Вып. 197. - С. 100-106.