

УДК 519.21

Микола Хвостівський, к.т.н., доцент, Лілія Хвостівська  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### ЗМІНО-ПЕРІОДИЧНИЙ КОРЕЛЬОВАНИЙ ВИПАДКОВИЙ ПРОЦЕС

У роботі дано розвиток теорії періодично корельованих випадкових процесів як моделей стохастичних сигналів із властивістю змінної періодичності, яка проявляється через динамічні показники фази.

Ключові слова: математична модель, процес, змінна фаза.

### Mykola Hvostivskyy, Liliya Hvostivska CHANGE-PERIODICALLY CORRELATED STOCHASTIC PROCESSES

In this paper the development of the theory of periodically correlated stochastic processes as models of stochastic signals with variable periodicity characteristic that manifests itself through dynamic indicators phase.

Key words: mathematical model, process, variable phase.

Сигнали, які генерує жива чи не жива циклічна система в енергетичній теорії стохастичних сигналів описують за допомогою періодично корельованих випадкових процесів при умові їх належності так званого класу  $\pi^T$  [1] виразом:

$$\xi(t) = \sum_{k \in \mathbf{Z}} \xi_k(t) e^{i \frac{2\pi k}{T} t}, \quad t \in \mathbf{R}, \quad k \in \mathbf{Z} \quad (1)$$

де  $\xi_k(t)$  - випадкова складова сигналу у вигляді стаціонарних та стаціонарно-пов'язаних процесів (стаціонарні компоненти),

$e^{i \frac{2\pi k t}{T}}$  - періодична складова сигналу з періодом  $T$ ;

$k$  - номер стаціонарної компоненти.

Таке подання прив'язане до чітко визначеного періоду  $T$  (тривалості одного циклу) сигналу, проте будь-яка циклічна система змінює свій стан, який супроводжує зміну періоду за рахунок зміни фази  $\varphi$  як показника часового зсуву  $T + \varphi$ . Оскільки фаза впродовж усього циклу роботи системи змінює свої показники, тому фазу подано як функцію  $\varphi(t)$ , яка залежить від часу.

На рис.1. подано приклад зміни фазово-часової структури експериментально зареєстрованого пульсового сигналу судини людини методом фотоплетизмографії.

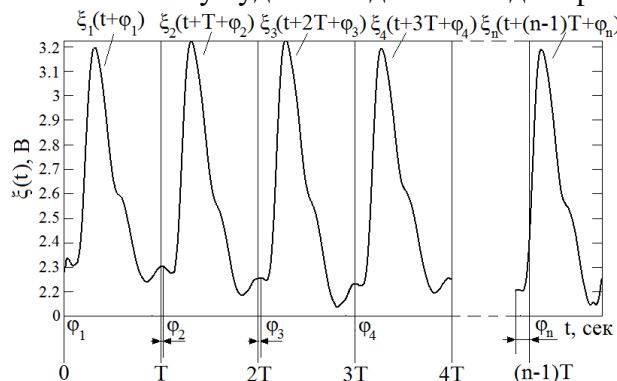


Рис. 1. Фазово-часова структура реалізації пульсового сигналу

Аналізом цієї структури (рис.1) встановлено, що при кожному  $n$ -ому серцевому циклі, який рівний періоду сигналу  $T$ , відмічається змінна фаз  $\varphi_1$ – $\varphi_{10}$  складових  $\xi_1(t)$ – $\xi_{10}(t)$  із суцільної реалізації пульсового сигналу  $\xi(t)$  від  $t$ , які її утворюють:

$$\varphi_1 \neq \varphi_2 \neq \dots \neq \varphi_n = \text{var} , \quad (2)$$

де  $n$  – номер циклу (періоду).

Використовуючи запропонований підхід та результати аналізу вище наведеної структури сигналу (рис.1) вираз (1) подано у новому вигляді:

$$\xi(t) = \sum_{k \in \mathbf{Z}} \xi(t + kT + \varphi(t)) e^{i \frac{2\pi k}{T + \varphi(t)} t} , \quad t \in \mathbf{R} , \quad k \in \mathbf{Z} \quad (3)$$

де  $\varphi(t)$  – функція змінної фази.

У такому поданні (3) компоненти формуються не з кроком  $2\pi/T$ , а формуються в залежності від значення фазової функції  $2\pi/(T + \varphi(t))$ , яка вносить динамічну складову (рис.2).

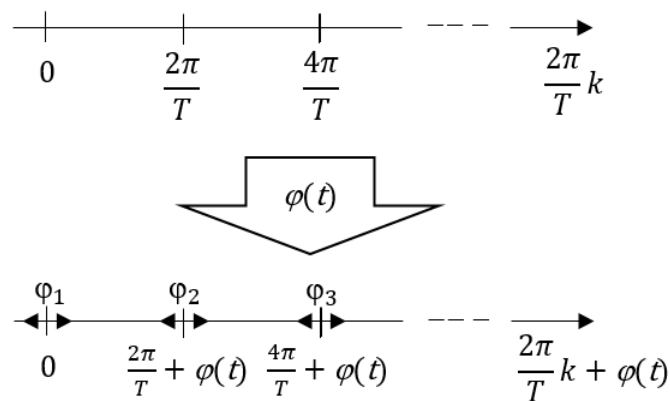


Рис. 2. Формування динамічної шкали компонент із урахуванням фазової функції

Подання сигналів через вираз (3) у вигляді змінно-періодично корельованого випадкового процесу уможливіє розвиток відомих методів статистичного аналізу (синфазного, компонентного) для обчислення статистичних оцінок їхніх ймовірнісних характеристик (інформативних ознак), як показників стану динамічної живої чи неживої системи.

### Література

1. Драган, Я.П. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів [Текст] / Драган Я.П. – Львів: Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем, – 1997. – XVI+333с.