обчислювальний експеримент, який показує ефективність моделі Хокні в порівнянні з двома іншими.

1 *Kumar V., Grama A., Gupta A., Karypis G.* Introduction to Parallel Computing.Second Edition. Addison Wesley, 2003. 856 c.

2 *Корнеев В.В.* Параллельные вычислительные системы. М.: Нолидж, 1999. 320 с.

3 Список TOP500 наиболее мощных компьютеров мира. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.parallel.ru/

4 *Гергель В.П., Стронгин Р.Г.* Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. Учебное пособие: Изд. 2-е, доп-е. Н.Новгород:изд-во ННГУ, 2003.

5 *Богачев К.Ю.* Основы параллельного программирования. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. 342 с.

Поступила 24.02.2011р.

УДК 621.37:621.391

Г.В. Соколовська, Л.М. Щербак, НАУ, м. Київ
С.В. Марценко, Тернопільський НТУ ім.І. Пулюя

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАВАД В ЗАДАЧАХ ПЕРЕДАЧІ ТА ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

The article deals with the classification of interference, which operate in the radio systems, mathematical models of noise and their characteristics in correlation theory.

Вступ. Дослідження дії завад при функціонуванні технічних систем є традиційним науково-технічним напрямом в теорії сигналів і систем. У зв’язку з підвищенням рівня інформатизації досліджень науково-технічна проблематика дії завад при розв’язанні задач передачі та обробки сигналів є актуальною і в поточний час.

Слід відмітити, що результати наукових праць по аналізу дії завад мають різноплановий характер. Так, поділ на інформаційні сигнали і завади є умовним і визначається постановкою задачі. Процеси теплових, дробових і фліккер-шумів, які виникають в радіоелектронних системах в одних роботах є основними об’єктами досліджень як інформаційні сигнали, а в інших – завадами. Наводиться така класифікація завад: до природних земних відносять імпульсні атмосферні розряди, сейсмічні та геофізичні збурення, гідроакустичні шумові поля, електромагнітне випромінювання різних земних об’єктів, явищ; до неземних – космічне випромінювання сонця, зірок та інших космічних об’єктів; до індустріальних – випромінювання, як

 © Г.В. Соколовська, Л.М. Щербак, С.В. Марценко

електромагнітне, так і вібраційне, акустичне, оптичне в широкому діапазоні частот енергетичного, радіоелектронного обладнання, механічних комплексів та інше.

Спроба узагальнити дії завад на технічні системи, на наш погляд, знайшла вдале втілення при розв’язанні задач електромагнітного сумісництва функціонування сукупності радіолокаційних, радіотехнічних систем зв’язку, інших радіоелектронних систем, наприклад, на надводних військових кораблях, тобто в місцях компактного розташування таких систем при одночасній їх роботі. Такий випадок роботи систем може служити конкретним прикладом, коли для однієї системи сигнал є інформаційним, а для інших – завадою.

У даній роботі обґрунтовується основний об’єкт математичного моделювання – модель завади у класі випадкових процесів. Відомо, що при математичному моделюванні використовується іменована відомим російським вченим О.А. Самарським тріада «модель-алгоритм-програма» [2, 10]. На першому етапі обґрунтовується математична модель для даного випадку завади, а на наступних етапах розробляються алгоритми, створюється відповідне програмне забезпечення для проведення обчислювального експерименту на засобах цифрової техніки. Математичне моделювання має певні переваги у порівнянні з проведенням натурного експерименту, але має і відповідні обмеження.

Постановка задачі. Обґрунтувати конструктивні методи задання математичних моделей діючих завад в технічних системах, визначити їх основні характеристики у рамках кореляційної теорії і навести приклади конкретних моделей.

На основі аналізу відомих результатів дослідження завад у роботі пропонується розглядати на множині фізичних механізмів формування завад двох узагальнених джерел створення:

- послідовності гармонічних коливань з випадковими параметрами, а саме випадкових амплітуд і фаз;
- послідовності імпульсів з випадковими параметрами, а саме випадковими тривалістю, інтенсивністю та періодом слідування імпульсів на часовому інтервалі спостереження.

Вважається, що завада формується в обмеженій просторовій області, а сам процес формування і накопичення завади є сумою послідовностей вказаних компонент, тобто формування завади відбувається в просторовій області, де виконується принцип суперпозиції.

Фізична природа формування завад є стохастичною, випадковою і згідно класифікації А.М. Колмогорова можливі три варіанти:

- завада може бути описана детермінованими моделями, які однозначно визначаються початковими умовами, але самі початкові умови є випадковими;
- завада як функція часу є випадковою, тобто описується випадковим процесом або випадковим полем;

- часова динаміка завади описується різними комбінаціями, в більшості випадків адитивною або мультиплікативною сумішшю детермінованих сигналів і випадкових процесів.

Наведені варіанти випадковості завад по суті визначають як самі завади, так і їх можливі більш складні форми – комбінації завад.

Основні результати. Більш детально зупинимось на математичних моделях завад.

1. Загальною моделлю сукупності випадкових гармонічних коливань є спектральне зображення випадкового процесу $\xi(\omega,t)$, $t\in\Omega$, $t\in T$ у виді комплекснозначного гармонізовного випадкового процесу [3]

$$\xi(\omega,t)=\int_{-\infty}^{\infty}e^{i2\pi ft}dZ(\omega,f),\ \omega\in\Omega,\ t\in T. \qquad (1)$$

Випадковий процес (1) іменується також гармонізовним процесом по Лоєву. В роботі [3] наведені результати, які узагальнюють дослідження відомих вчених Слуцького Е.Е., Колмогорова А.М, Хінчіна А.Я., Крамера Г. по гармонічному розкладу випадкових процесів.

Інтегральне стохастичне зображення гармонізовного випадкового процесу (1) можна представити у виді відповідної межі (границі) у середньоквадратичному ймовірнісному сенсі (l.i.m) суми наступних компонент, кожна з яких описується виразом

$$e^{i2\pi f_j t}\left|\Delta_j z\left(\omega,f_j\right)\right|e^{i\arg\Delta_j z\left(\omega,f_j\right)}=\left|\Delta_j z\left(\omega,f_j\right)\right|e^{i\left[2\pi f_j t+\arg\Delta_j z\left(\omega,f_j\right)\right]},$$

тобто маємо суму комплексних гармонічних коливань з випадковими функціями амплітуд і фаз аргумента f [9].

На основі кореляційної функції $F(f_1,f_2)$ комплекснозначної випадкової функції $Z(\omega,f)$ аргумента *f*, який має фізичну інтерпретацію частоти

$$F(f_1,f_2)=M\left\{Z(\omega,f_1)Z^*(\omega,f_2)\right\}$$

визначається кореляційна функція $R(t_1,t_2)$ гармонізовного процесу (1) у виді

$$R(t_1,t_2)=M\left\{\xi(\omega,t_1)\xi^*(\omega,t_1)\right\}=\int_{-\infty}^{\infty}e^{i2\pi(f_1t_1-f_2t_2)}d_{f_1}d_{f_2}F(f_1,f_2)\text{'}$$

де $\xi^*(\omega,t)$ – комплексно спряжений випадковий процес до процесу $\xi(\omega,t)$.

Зупинимось на практичних питаннях використання моделі (1) при дослідженнях завад [6, 8, 9].

У класі гармонізовних випадкових процесів найбільш досліджуваними є наступні моделі.

1.1. *Стаціонарні випадкові процеси.* Дійсний стаціонарний гармонізовний випадковий процес, як частинний випадок має наступний вид [1, 3, 8]

$$\xi(\omega,t)=\int_0^{\infty}\cos(2\pi ft)\,d\eta_C(\omega,f)+\int_0^{\infty}\sin(2\pi ft)\,d\eta_S(\omega,f),\ t\in R, \qquad (2)$$

де відповідно випадкові функції $\eta_c(\omega,f)$ і $\eta_s(\omega,f)$ – є функціями з ортогональними приростами.

Зупинимось на дискретному випадку зображення (2). Вважається, що стаціонарний випадковий процес $\xi(\omega,t)$ з дискретним часом заданий на еквідістантній часовій гратці

$$\kappa\Delta t=\kappa h\in\{0,h,2h,...\},h>0, \qquad (3)$$

де $h-$крок часової гратки, а сам процес у виді $\xi(\omega,\kappa h)$, $\kappa\in N$ будемо іменувати стаціонарною випадковою послідовністю.

З урахуванням виразів (1) і (2) дійсна стаціонарна випадкова послідовність має вид [1, 3]

$$\xi(\omega,\kappa h)=\int_0^{1/2h}\cos(2\pi f\kappa h)d\eta_c(\omega,f)+\int_0^{1/2h}\sin(2\pi f\kappa h)d\eta_s(\omega,f), \qquad (4)$$

де $\eta_c(\omega,f),\ \eta_s(\omega,f),\ f\in[0,\ 1/2h]$ – дійсні випадкові функції з ортогональними приростами.

Кореляційна функція стаціонарної послідовності (4) визначається виразом

$$R(\kappa h)=\int_0^{1/2h}\cos(2\pi f\kappa h)dG(f),$$

де спектральна функція $G(f)$ є неспадною, неперервною зліва функцією, для якої має місце

$$G(0)=0;\ G\left(\frac{1}{2\pi}\right)=D\{\xi(\omega,t)\}=R(0)=\sigma^2.$$

1.2. Розглянемо нестаціонарний гармонізовний випадковий процес як математичну модель завади з періодичними характеристиками, яка формується фізичним механізмом з періодичними характеристиками створення випадкових гармонічних коливань [7, 8].

Гармонізовний випадковий процес $\{\xi(\omega,t),\omega\in\Omega,t\in R\}$ *виду (1) називається періодично з періодом* $T_0>0$ *корельованим*, якщо його кореляційна функція задовольняє умові

$$M\left\{\xi(\omega,t_1)\xi^*(\omega,t_2)\right\}=R(t_1,t_2)=R(t_1+T_0,t_2+T_0). \qquad (5)$$

Для характеристики кореляційного зв'язку значень періодично корельованого процесу $\xi(\omega,t)$ введемо нову функцію

$$B(t,\tau)=R(t+\tau,t),$$

для якої умова (5) приймає вид

$$B(t,\tau)=R(t+T_0,\tau)\cdot$$

Періодичну по аргументу *t* функцію $B(t,\tau)$ розкладемо в ряд Фур'є

$$B(t,\tau)=\sum_{\kappa=-\infty}^{\infty} B_\kappa(\tau)e^{i2\pi\frac{\kappa}{T_0}t},$$

де коефіцієнти

$$B_\kappa(\tau)=\frac{1}{T_0}\int_{-T_0/2}^{T_0/2} B(t,\tau)e^{-i2\pi\frac{\kappa}{T_0}t}.$$

Аналіз структури періодично корельованого процесу $\xi(\omega,t)$ дав можливість обґрунтувати важливий для практичних задач результат розкладу процесу $\xi(\omega,t)$ на послідовність стаціонарних і стаціонарно зв'язаних компонент у виді [8]

$$\xi(\omega,t)=\sum_{\kappa=-\infty}^{\infty}\zeta_\kappa(\omega,t)e^{i2\pi\frac{\kappa}{T_0}}=\sum_{\kappa=-\infty}^{\infty}e^{i2\pi\frac{\kappa}{T_0}t}\int_{-1/2T_0}^{1/2T_0}e^{i2\pi ft}dZ_\kappa(\omega,f).$$

Послідовність випадкових процесів $\{\zeta_\kappa(\omega,t)\}$ як компонент розкладу періодично корельованого процесу $\xi(\omega,t)$ є стаціонарними і стаціонарно зв'язаними процесами, які детально були розглянуті в пункті 1.1.

Таким чином, загальною математичною моделлю завад з гармонічними компонентами є нестаціонарний гармонізовний випадковий процес виду (1). Наведені конкретні приклади гармонізовних моделей завад – це стаціонарні? періодично корельовані випадкові процеси. Найбільш важливою властивістю структури періодично корельованого процесу є те, що така модель дає можливість використати потужний апарат досліджень стаціонарних процесів для дослідження нестаціонарних завад з різними фізичними механізмами формування гармонічних коливань [8, 9].

Перейдемо до другого напряму досліджень моделей завад в часовій області.

2. Конструктивний метод створення моделей завад на основі використання випадкового процесу типу білого шуму відомий в задачах аналізу дії завад як метод:

- формуючого лінійного фільтра;
- породжуючого процесу;
- обновляючого процесу;
- стохастичних інтегральних зображень.

Аналізуючи використання вказаних методів при створенні моделей завад, можна зробити висновок, що метод стохастичних інтегральних зображень по суті узагальнив результати вказаних інших методів і обґрунтував клас лінійних випадкових процесів.

Лінійним випадковим процесом називається процес виду

$$\xi(\omega,t)=\int_0^\infty \varphi(\tau,t)d\eta(\omega,\tau), \tag{6}$$

де $\varphi(\tau,t)$ – невипадкова функція двох аргументів, фізична інтерпретація якої є імпульсна перехідна функція лінійного фільтра у загальному випадку з залежними від часу параметрами, а випадковий процес $\eta(\omega,\tau)$ є процесом з незалежними (некорельованими) приростами.

Похідна процесу $\eta'(\omega,\tau)=\zeta(\omega,\tau)$ є процесом білого шуму. Тому наступний вираз [5]

$$\xi(\omega,t)=\int_0^\infty \varphi(\tau,t)\zeta(\omega,\tau)d\tau \tag{7}$$

більш чітко розкриває фізичну інтерпретацію методу стохастичних інтегральних зображень випадкових процесів як лінійну фільтрацію процесу білого шуму $\zeta(\omega,t)$.

Більш детально розглянемо лінійний випадковий процес з дискретним часом, або лінійну випадкову послідовність, яка задана на еквідістантній часовій гратці (3), тобто

$$\{0,h,2h,...\}.$$

Лінійна випадкова послідовність як частинний випадок (6) описується виразом

$$\xi(\omega,\kappa h)=\sum_{n=0}^{\infty}\varphi(nh,\kappa h)\zeta(\omega,nh), \tag{8}$$

де $\zeta(\omega,nh)$ – породжуючий стаціонарний білий шум з дискретним часом з параметрами $M\{\zeta(\omega,nh)\}=m$, $D\{\zeta(\omega,nh)\}=\sigma^2$, а $\varphi(nh,\kappa h)$ – двомірна імпульсна перехідна функція формуючого лінійного дискретного фільтра зі змінними в часі параметрами.

Лінійна випадкова послідовність (8) є стаціонарною, якщо $\varphi(nh,\kappa h)\equiv\varphi((\kappa-n)h)$, тобто маємо формуючий дискретний фільтр з постійними в часі параметрами і відповідно отримуємо [1, 5]

$$\xi(\omega,\kappa h)=\sum_{n=0}^{\infty}\varphi[(\kappa-n)h]\zeta(\omega,nh)$$

з наступними характеристиками

$$M\{\xi(\omega,\kappa h)\} = m\sum_{n=0}^{\infty}\varphi(nh) = const$$

$$D\{\xi(\omega,\kappa h)\} = \sigma^2\sum_{n=0}^{\infty}\varphi^2(nh) = const$$

$$R[nh,\kappa h] = R[nh,(n+m)h] \equiv R[mh] = \sigma^2\sum_{n=0}^{\infty}\varphi[(n+m)h]\varphi[nh].$$

Зупинимось на практичних питаннях використання лінійних випадкових процесів як моделей завад.

2.1. Лінійні стаціонарні процеси використані в якості моделей типових завад в радіоелектронних, радіофізичних, гідроакустичних системах, таких як теплові, дробові, віброакустичні, гідроакустичні шуми, RC- і RLC-шуми, фліккер-шуми [4,…,9].

2.2. Використання конструктивного зображення лінійного випадкового процесу по суті є алгоритмом формування реалізацій такого процесу, що дає можливість проводити обчислювальні експерименти розв'язання задач дії завад в технічних системах [4, 5].

2.3. У класі нестаціонарних лінійних випадкових процесів найбільш досліджуваними є періодичні лінійні процеси, які можуть служити моделями шумових завад з періодичними характеристиками [7].

Висновки. В роботі обґрунтовано використання двох конструктивних моделей завад, які діють в технічних системах, а саме: гармонізовні випадкові процеси для фізичних механізмів формування завад на основі випадкових гармонізовних коливань; лінійні випадкові процеси для фізичних механізмів формування завад на основі імпульсів з випадковими параметрами. Визначені їх характеристики у рамках кореляційної теорії. Інтегральні стохастичні зображення гармонізовних і лінійних випадкових процесів слугують основою для розробки алгоритмів формування реалізацій досліджуваних завад при обчислювальному експерименті розв'язку задач дії завад в технічних системах.

Обґрунтування використання запропонованих моделей дає можливість проводити дослідження різних моделей базуючись на загальній методології, проводити подальшу класифікацію конкретних моделей в класі гармонізовних і лінійних випадкових процесів.

1. *Бабак В.П*. Теорія ймовірностей, випадкові процеси та математична статистика / *В.П. Бабак, Б.Г. Марченко, М.Є. Фриз*. – К.: Техніка, 2004. – 288 с.

2. *Ермаков С.М.* Курс статистического моделирования / *С.М. Ермаков, Г.А. Михайлов.* – М.: Наука, 1976. – 320 с.

3. *Лоэв М.* Теория вероятностей / *М. Лоэв; [пер. с англ. Б.А. Севастьянова*]. – М.: Изд-во иностр. лит., 1962. – 720 с.

4. *Марченко Б.Г.* Метод стохастических интегральных представлений и его приложение в радиотехнике / *Б.Г. Марченко*. – К.: Наукова думка, 1973. – 191 с.

5. *Марченко Б.Г.* Линейные случайные процессы и их приложения / *Б.Г. Марченко, Л.Н. Щербак*. – К.: Наукова думка, 1975. – 144 с.
6. *Марченко Б.Г.* Вибродиагностика подшипниковых узлов электрических машин / *Б.Г. Марченко, М.В. Мыслович*. – К.: Наукова думка, 1992. – 196 с.
7. *Марченко Б.Г.* Лінійні періодичні процеси / *Б.Г. Марченко* // Праці Ін-ту електродинаміки НАНУ. – К.: ІЕД НАНУ, 1999. – с.172-185; 1999. – с. 172-185.
8. *Мыслович М.В*. Периодически коррелированные случайные процессы в задачах обработки акустической информации / *М.В. Мыслович, Н.В. Приймак, Л.Н. Щербак*. – К.: Об-во ’’Знание’’ УССР,1980. – 28 с.
9. *Рытов С.М.* Введение в статистическую радиофизику. Ч.2. Случайные поля / *С.М. Рытов, Ю.А. Кравцов, В.И. Татарский*. – М.: Наука, 1978. – 420 с.
10. *Самарский А.А*. Современная прикладная математика и вычислительный эксперимент / *А.А. Самарский* // Коммунист. – 1983. – № 8. – С. 31-42.

Поступила 31.01.2011р.

УДК 519.8

А.М. Богданов, д.т.н., ИССЗИ НТУУ «КПИ», г. Киев
В.В. Мохор, д.т.н., ИССЗИ НТУУ «КПИ», г. Киев

О МОДЕЛИРОВАНИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА

Предлагается использование процессного подхода при разработке моделей систем управления информационной безопасностью.

Пропонується використання процессного підходу при розробці моделей систем управління інформаційною безпекою.

Designing of the models information security management systems are proposed to perform on the base of process approach.

Ключові слова: моделювання, системи управління інформаційною безпекою, процессний підхід.

При анализе международного стандарта построения систем управления информационной безопасностью (СУИБ) ISO 27001:2005 [1] как «лучшей на сегодняшний день мировой практики построения СУИБ» обращает на себя внимание подход, который положен в его основу. Как, впрочем, и в основу некоторых других популярных в настоящее время международных стандартов управления качеством в различных сферах. Например, стандарта ISO 9001:2008 [2] управления качеством производимых товаров и услуг.

© А.М. Богданов, В.В. Мохор