

УДК 621.311.001.57(063)

Закладний О.О., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», zakladnyi@gmail.com

АПРОКСИМАЦІЯ АВТОКОРЕЛЯЦІЙНИХ ФУНКЦІЙ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

В аналітичному дослідженні електроспоживання важливим є обґрунтування математичної моделі випадкового процесу. Ця модель, з одного боку, повинна найбільш адекватно відображати властивості реального процесу електроспоживання, а з іншого боку - дозволяти провести дослідження цього процесу відомими теоретичними методами. Вихід варто шукати на основі компромісних рішень стосовно вибору найпростіших, але достатньо точних моделей, які найраціональнішим способом дозволять вирішити поставлені задачі.

Ймовірнісний підхід до оцінки навантажень дозволяє найвірогідніше описати процес змінювання електричного навантаження в часі, з огляду на випадковий характер цього змінювання. Застосування даного підходу повинно базуватися на достовірних статистичних даних, що дозволяє забезпечити високу точність отриманих моделей. Завдання полягає в моделюванні випадкових процесів із заданими кореляційними властивостями, оскільки інші статистичні характеристики процесу не задані.

Взаємозв'язок ординат графіка електричного навантаження характеризує автокореляційна функція (АКФ). Є дві можливості врахування АКФ під час імітаційного моделювання: 1) використання емпіричних АКФ, отриманих статистичним обробленням ансамблю вимірюваних реалізацій випадкового процесу електроспоживання; 2) застосування наближених аналітичних виразів для АКФ, отриманих апроксимацією достатнього обсягу емпіричних АКФ [1].

Як моделі АКФ, ґрунтуючись на апріорній інформації про властивості процесу електроспоживання, приймають: лінійну комбінацію скінченної кількості функцій (можлива апроксимація однією функцією); нескінченний (кінцевий) ряд деякої системи функцій (зокрема, можлива апроксимація статистичними рядами, рядами за дисперсіями похідних, ортогональними поліномами й функціями, асимптотичними рядами) [2].

Зазвичай незалежно від методу апроксимації визначаються параметри моделі, що задовольняють вибраному критерію наближення. Знання моделі АКФ і числових значень її параметрів дозволяє моделювати процес електроспоживання електропривода. Крім того, слід зазначити, що у випадку проведення великої кількості кореляційних вимірювань апроксимативний підхід дозволяє істотно скоротити обсяг збереженої інформації, оскільки замість великої кількості відліків АКФ у заданих точках можна зберігати лише вигляд моделі й числові значення її параметрів. Від кількості невідомих параметрів значною мірою залежить складність і зручність отриманої моделі для використання.

В аналізі випадкових процесів найчастіше зустрічаються загасаючі експонентні й експонентно-косинусні АКФ [3, 4]. Це свідчить про значну роль експонентних і експонентно-косинусних АКФ і призводить до необхідності вибирати як моделі саме такі функції. Так, згідно [5], подібний підхід може застосовуватися для створення інформаційно-вимірювальних комплексів, систем автоматичного керування й регулювання, систем передавання даних.

Основними перевагами апроксимативного підходу є [5]: наочність і компактність отриманого аналітичного виразу, легкість візуалізації; можливість використання аналітичного виразу для подальших аналітичних досліджень і перетворень з метою одержання узагальнених характеристик; скорочення обсягу збережених даних.

До недоліків методу слід віднести наявність методичної похибки, яка виникає під час заміни отриманих експериментальних даних або іншої функції більш простим аналітичним виразом.

Як критерій наближення є доцільним застосувати точнісіні критерії:

- мінімум квадратичної похибки апроксимації

$$\delta = \int_0^{\infty} [K_X(\tau) - K_a(\tau, \alpha_1, \dots, \alpha_n)]^2 d\tau = \min ;$$

- мінімум експонентно-зваженої апроксимації

$$\delta = \int_0^{\infty} [K_X(\tau) - K_a(\tau, \alpha_1, \dots, \alpha_n)]^2 e^{-\tau/\tau_k} d\tau = \min , \text{ де } \tau_k - \text{максимальний інтервал кореляції [1];}$$

- критерій рівномірного наближення

$$|K_X(\tau) - K_a(\tau, \alpha_1, \dots, \alpha_n)| < \varepsilon , \text{ де } \varepsilon - \text{деяка допустима мала величина.}$$

Подальшим кроком рішення задачі апроксимації АКФ параметричними моделями є складання системи рівнянь (у випадку однопараметричних моделей - рівняння) для визначення невідомих параметрів.

З урахуванням того, що вихідними даними для оброблення є масив значень ординат нормованої АКФ - $\{\rho_X(J\Delta\tau)\}_{J=0, \dots, J_{\max}}$, критерій наближення доцільніше записати у вигляді

$$\delta = \sum_{i=0}^{J_{\max}} [\rho_X(\tau_i) - \rho_a(\tau_i, \alpha_1, \dots, \alpha_n)]^2 = \min .$$

Слід зазначити, що система рівнянь із використанням методу Ньютона з аналітичним визначенням першої й другої похідних має досить складний вигляд. Для апроксимації АКФ заданого виду можна використовувати також метод Ньютона з кінцево-різницевиими похідними або метод деформованого багатогранника Нелдера й Міда. У більшості випадків для однакових параметрів АКФ всі три методи забезпечують однакові похибки апроксимації.

Таким чином для аналізування випадкових процесів електроспоживання електропривода й апроксимації АКФ його електричного навантаження, найбільш раціонально використовувати загасаючі експонентні й експонентно-косинусні вирази. Як критерій наближення найдоцільніше застосовувати мінімум квадратичної похибки апроксимації. Для визначення параметрів АКФ можна використовувати метод Ньютона або метод деформованого багатогранника Нелдера й Міда, що забезпечують у більшості випадків припустиму точність. Знання моделі АКФ і чисельних значень її параметрів дозволяє моделювати процес електроспоживання промислового електропривода.

Список посилань.

1. Денисенко Н. А. Автокорреляционные функции тока и напряжения в системах электроснабжения / Н. А. Денисенко, И. Хофман // Электричество / Ежемес. теорет и научно-практ. журнал. – 1985. – № 1. – с. 42–45.
2. Романенко А. Ф. Вопросы прикладного анализа случайных процессов / А.Ф. Романенко, Г.А. Сергеев. – М.: Сов. радио, 1968. – 256 с.
3. Мирский Г. Я. Аппаратурное определение характеристик случайных процессов / Г. Я. Мирский. – М.: Энергия, 1972. – 456 с.
4. Мидлтон Д. Введение в статистическую теорию связи / Д. Мидлтон. – М.: Сов. Радио, т.1.– 1961. – 781 с.

5. Прохоров С. А. Аппроксимативный анализ случайных процессов / С. А. Прохоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Самара: Гос. аэрокосм. ун-т, 2001. – 380 с.
УДК 621.762:678-19

Пастернак В.В., канд. техн. наук
Луцький національний технічний університет, Shyberko@ukr.net

АНАЛІЗ СТРУКТУРНО-НЕОДНОРІДНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ 3D МОДЕЛЮВАННЯ

Композити на основі структурно-неоднорідних матеріалів застосовують як конструкційні матеріали у багатьох сферах промисловості, а також як вироби спеціального призначення [1]. При отриманні таких матеріалів з гарантованими властивостями доцільно в процесі їх виготовлення контролювати параметри їхньої структури, такі як щільність прес-форми, якість контактів, пористість, розміри та вміст компонентів [2, 3]. Підвищити ефективність традиційних технологій, а також ввести безвідходне виробництво виробів широкого цільового призначення, зберігати енергію та матеріали, скорочувати трудові затрати за рахунок зменшення кількості технологічних операцій та автоматизації процесів дозволяє використання комп'ютерного та математичного моделювання на всіх етапах отримання нових матеріалів.

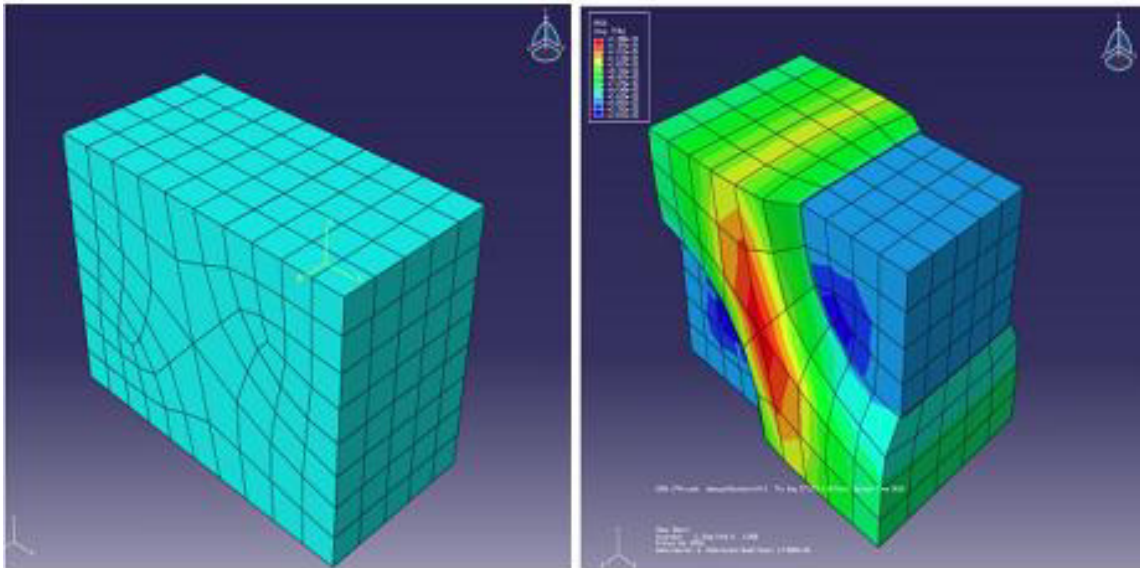


Рис. 1 – Структурна модель структурно-неоднорідного матеріалу
де: а) еталон ідеальної структури, б) топологічний еквівалент структури
за допомогою 3D моделювання

Слід відмітити, що структурна модель структурно-неоднорідного матеріалу пояснюється тим, що при збільшенні σ_B зростає міцність області міжзеренної границі, а також вона стає більш упорядкованою. Внаслідок цього зменшується спотворення поздовжньої пружної хвилі, що проходить через міжзеренні границі, і відповідно зменшується рівень нелінійних акустичних ефектів.

Список посилань

1. Гуляев К.В. Математические модели и моделирование / К.В. Гуляев, В.Н. Павлыш, В.И. Зензоров. – М.: Машиностроение, 2004. – 186 с.
2. Карнаухов А.П. Модели пористых сред. Моделирование пористых материалов / А.П. Карнаухов. – М.: Машиностроение, 2006. – 154 с.
3. Крючков Ю.Н. Структурная модель монодисперсных порошковых материалов / Ю.Н. Крючков. – М.: Металлургия. – 2007. – № 3. – С. 146 – 151.