

П. Д. Лежнюк, д-р техн. наук, проф.;

Ю. А. Шулле

ВИЗНАЧЕННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ В УМОВАХ РИЗИКУ ТА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Запропоновано і реалізовано визначення та оперативне, короткострокове і середньострокове прогнозування екстремальних навантажень електротехнічних комплексів в умовах ризику та невизначеності з використанням методу Д. Е. Кнута та фрактальних множин.

Вступ

Дослідженню підлягають актуальні задачі побудови адекватних моделей визначення і прогнозування екстремальних навантажень електротехнічних комплексів підприємств та адміністративно-житлових утворень. Для них характерні режими нормального і екстремального функціонування з наявністю структурних і параметричних ризиків і невизначеності. Достатньо перспективним є використання методу Д. Е. Кнута [1]. Для уточнення поведінки об'єкта в критичних ситуаціях запропоновано використати результати напрацювань з фрактальних множин та фрактальної геометрії [2—4]. Дослідження з цього напрямку не знайшли широкого розповсюдження в прогнозуванні електричних навантажень [5].

Мета роботи запропонувати визначення та оперативне, короткострокове і середньострокове прогнозування екстремальних навантажень електротехнічних комплексів, що функціонують в умовах ризику і невизначеності.

Основний результат

На своєму рівні задачі удосконалення методик визначення і прогнозування екстремальних навантажень електротехнічних комплексів промислових підприємств і адміністративно-житлових утворень є достатньо актуальними з точки зору використання результатів спостережень. Одним з недоліків існуючого положення щодо прийняття рішень є технологічний розкид, тобто розсіювання параметрів електротехнічних комплексів, що веде до зниження точності визначення і прогнозування електричних навантажень.

Послідовно розглянемо ситуації використання двоальтернативних гіпотез H_0 , H_1 , потім, багатоальтернативних гіпотез. Під статистичною гіпотезою будемо розуміти припущення про закономірності, яким підкоряється наш випадковий процес, наприклад, випадковий потік повідомлень про стан електротехнічного комплексу, що надходить на вхід центру комутації повідомлень (ЦКП). Статистично гіпотезу будемо означати H (Hypothesis — припущення) [1].

Розглянемо такі наші пропозиції: статистичні критерії розпізнавання гіпотез достатньо різноманітні за своїм призначенням, проте з позицій сьогодення, з використанням нових інформаційних технологій їх можливо об'єднати на основі загальної алгоритмічної моделі, на основі якої вони будуються. Сутність алгоритмічної моделі включає таке:

1. Виходячи з теоретичних міркувань, що впливають із природи досліджуваних процесів, висуємо основну H_0 та альтернативну H_1 гіпотези.

2. Прийmemo рівень значимості α , чим «автоматично» встановимо ймовірність похибки 1-го роду. З табличних стандартних значень рівнів значимості виберемо $\alpha = 0,05$, хоча в модель введемо усі рівні значимості, що дорівнюють 0,01; 0,05; 0,1.

3. Вибираємо статистику, що характеризується детермінованою функцією $U = \cos \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n)$, яку використаємо в якості міри розбіжності між гіпотезою H_0 , яку перевіряємо, і реальними даними спостережень (x_1, x_2, \dots, x_n) . Тепер за неформалізованого підходу можна використати стандартні таблиці розподілень найбільш вживаних статистик визначення критичних значень, що відповідають заданому рівню значимості α . Ця робота якісно виконана у існуючих методиках [6]. У нашо-

му випадку таблиці розподілень введемо у відповідні моделі і ця частина досліджень буде автоматизована. Підкреслимо, що ця робота проводиться для малих статистичних вибірок.

4. За допомогою формули, що задає функцію статистики $U = \cos \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n)$, за конкретними даними спостережень малої вибірки (x_1, x_2, \dots, x_n) обчислимо вибіркове (розрахункове) значення статистики U .

5. У відповідності до альтернативної гіпотези H_1 виберемо вид критичних меж області $\Omega_{кр}$. За рівнем значимості α та за допомогою таблиць розподілення статистики U визначимо границі цього проміжку (верхнього $U_{в}(\alpha)$, нижнього $U_{н}(\alpha)$, або $U_{н}(\alpha/2)$ та $U_{в}(\alpha/2)$).

6. Ухвалимо рішення про прийняття або відхилення гіпотези, що перевіряється. Якщо розрахункове значення U потрапило у проміжок $\Omega_{пр}$, то гіпотеза H_0 приймається. Якщо ж U потрапило у критичний проміжок $\Omega_{кр}$, то гіпотеза H_0 відхиляється за рівнем значимості α , як та, що суперечить реальним даним спостережень.

7. Якщо альтернативна гіпотеза H_1 характеризується ймовірністю похибки 2-го роду β і може бути простою (характеризуватися одним числом) чи складною (вказавши інтервал можливих значень), то будемо обчислювати як ймовірність β похибки 2-го роду, так і потужність критерію $(1 - \beta)$.

8. Таку саму роботу проведемо відносно основної гіпотези H_0 , що характеризується ймовірністю похибки 1-го роду α , може бути простою чи складною, будемо обчислювати як ймовірність α похибки 1-го роду, так і потужність критерію $(1 - \alpha)$.

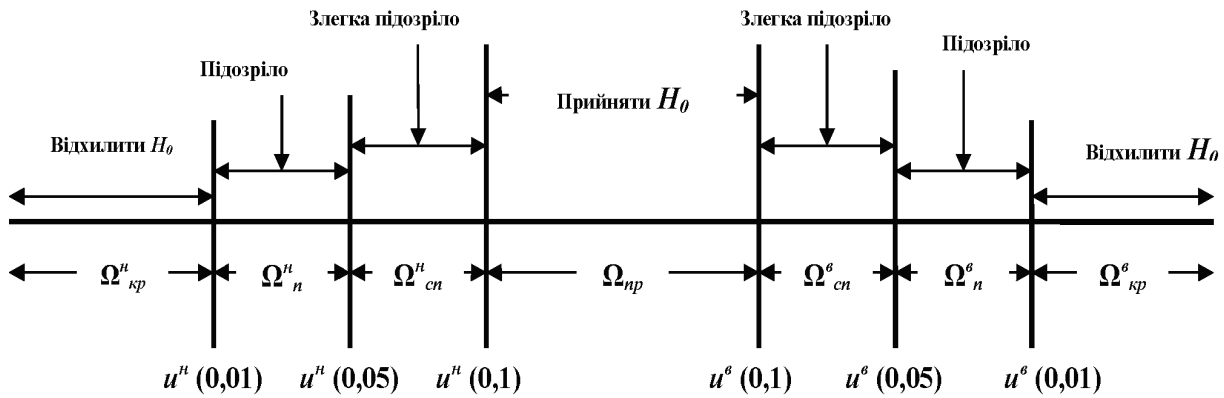
Зважаючи на результати напрацювань Б. С. Рогальського [6] та П. Д. Лежнюка [7] на терені визначення і прогнозування електричних навантажень електротехнічних комплексів промислових підприємств, побудуємо новий підхід. Задача розробки нових моделей визначення і прогнозування електричних навантажень електротехнічних комплексів промислових підприємств і адміністративно-житлових утворень стає актуальною у таких випадках: проектування нових промислових підприємств, зміни зовнішнього ринкового середовища, попиту, кон'юнктури, конкуренції, зміни регіональних та державних потреб у кінцевій продукції, процесів глобалізації. Саме тут доречно використати результати напрацювань з фрактальних множин [2—4], які дадуть можливість гнучко реагувати на зміну вхідних факторів. Пропонується нова методика автоматизації підтримки прийнятих рішень (ППР), оснований на використанні багатоальтернативних процедур перевірки статистичних гіпотез за Д. Е. Кнотом [1], а також використання розробок з фрактальних множин [2—4]. Використання запропонованої методики дозволить підвищити точність, якість, ефективність ППР.

У попередньому алгоритмі (1—8) змінено вимоги до пунктів 5 та 6. Наприклад, у випадку коли для гіпотези H_0 «загрозливі» великі значення статистики U за малих вибірок, коли їх кількість може зменшитись до двох вимірних значень, а за відсутності вимірювань їх можуть вказати експерти. Це якраз характеризує слово «загрозливі» і в цьому випадку замість критичного значення $U(\alpha)$ цієї статистики будемо обчислювати оцінку ймовірності $\alpha^* = P(U \geq u | H_0)$. Якщо $\alpha^* \leq \alpha$ — гіпотезу H_0 будемо відхиляти, а для $\alpha^* > \alpha$ — приймати. Якщо для гіпотези H_0 «загрозливі» малі значення статистики U , то замість критичного значення $U_{н}(\alpha)$ будемо знаходити ймовірність $\alpha^* = P(U \leq u | H_0)$, тобто ймовірність того, що статистика U буде не більше розрахункового значення u за умови, що справедлива гіпотеза H_0 . Якщо $\alpha^* \leq \alpha$ гіпотеза H_0 відхиляється, а для $\alpha^* > \alpha$ приймається. Ймовірність оцінки α^* повніше характеризує ризик помилкового відхилення гіпотези H_0 . Заради цієї повноти розробляємо нову методику, яка дозволила підвищити якість підтримки прийнятих рішень в умовах ризику і невизначеності.

Дещо розтлумачимо отриманий результат. Фактично результат отримали методом індукції: рух від простого до складного, від прикладу реалізації до узагальнення досліджуваного підходу. Цей підхід більше узагальнимо під час розв'язання задач прогнозування електричних навантажень та задач розпізнавання образів в прогнозуванні.

Повернемось до розробки моделі багатоальтернативного розпізнавання заключного етапу перевірки гіпотез, який використаємо для підвищення ефективності ППР в умовах невизначеності. За таблицями розподілення в існуючому класичному варіанті або комп'ютерними таблицями розподілення статистики U визначимо нижні ($U_{н}(0,01)$; $U_{н}(0,05)$; $U_{н}(0,1)$) та верхні ($U_{в}(0,01)$; $U_{в}(0,05)$; $U_{в}(0,1)$) критичні значення цієї статистики порядку 0,01; 0,05; 0,1. Ці значення ділять проміжок можливих значень статистики U на сім проміжків (областей), що не перетинаються. Вказані проміжки відображені на рисунку і характеризують:

- нижню $\Omega_{кр}^H$, верхню $\Omega_{кр}^B$ критичні області;
- нижню $\Omega_{п}^H$, верхню $\Omega_{п}^B$ області «підозрілих» значень статистики U ;
- нижню $\Omega_{тп}^H$, верхню $\Omega_{тп}^B$ області «трохи підозрілих» значень статистики U ;
- область $\Omega_{пр}$ прийняття гіпотези.



Заключний етап перевірки статистичної гіпотези
за Д. Е. Кнотом з корекцією в умовах ризику та невизначеності

Якщо розрахункове значення u статистики U попадає в область $\Omega_{пр}$, то гіпотеза H_0 приймається.

В тому випадку, коли u попадає в критичні $\Omega_{кр}^H$, або $\Omega_{кр}^B$ гіпотеза H_0 — відкидається. Якщо ж u попадає в область «підозрілих» $(\Omega_{п}^H, \Omega_{п}^B)$, або «трохи підозрілих» $(\Omega_{тп}^H, \Omega_{тп}^B)$ значень, то будемо виконувати повторні перевірки H_0 , що основані на використанні нових даних спостережень досліджуваного випадкового об'єкта. У разі двох «підозрілих» або «трохи підозрілих» наслідків з трьох гіпотезу H_0 будемо відхиляти. Тут же буде працювати алгоритм фрактальних множин в прискореному режимі опитування [2, 3].

В розглянутому варіанті дослідження за Д. Е. Кнотом [1] замість критичних значень статистики U інколи будемо використовувати оцінки ймовірностей $\alpha^* = P(U \geq u | H_0)$.

Таким чином, для малих статистичних вибірок отримано новий результат порівняно з відомими, який полягає в тому, що замість двоальтернативної гіпотези: прийняти H_0 , відхилити H_0 , будемо оперувати чотирма гіпотезами: прийняти H_0 , злегка підозріло, підозріло, відхилити H_0 . Отриманий результат вплине на точність та якість прийнятих рішень під час розробки моделі визначення і прогнозування електричних навантажень електротехнічних комплексів. З отриманого результату випливає необхідність створення інтелектуальної автоматизованої системи підтримки прийнятих рішень (ППР) з внутрішнім алгоритмом навчання. Зазначимо, що визначальні моменти корекції у внутрішньому алгоритмі навчання надає показник Херста [2, 4].

Висновок

Запропоноване і реалізоване визначення та оперативне, короткострокове і середньострокове прогнозування екстремальних навантажень електротехнічних комплексів в умовах ризику та невизначеності, які диктуються чотириальтернативними значеннями показників Д. Е. Кнута і показниками Херста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кнут Д. Э. Искусство программирования. Том 2. Получисленные методы: пер. с англ. / Д. Э. Кнут. — М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2007. — 832 с. — ISBN 978-5-8459-0081-4.
2. Шиян А. А. Метод оцінювання та ідентифікації характеристик і високоамплітудних відхилень електричних навантажень електротехнічних комплексів / А. А. Шиян, Ю. А. Шулле // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. — 2010. — № 1. — С. 215—217.
3. Шиян А. А. Сценарії оптимізації та прогнозування управління електричними навантаженнями електротехнічних комплексів / А. А. Шиян, Ю. А. Шулле // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. — 2010.

—№ 2. — С. 122—124.

4. Кветний Р. Н. Интерполяція самоподібними множинами : моног. / Р. Н. Кветний, К. Ю. Кострова, І. В. Богач. — Вінниця : Універсум—Вінниця, 2005. — 100 с. — ISBN 966-641-149-0.

5. Макоклюєв Б. И. Взаимосвязь точного прогнозирования и неравномерности графиков электропотребления / Б. И. Макоклюев, В. Ф. Еч // Электрические станции. — 2005. —№ 5. — С. 49—54.

6. Рогальський Б. С. Методи визначення і прогнозування електричних навантажень промислових підприємств : моног. / Б. С. Рогальський. — Вінниця : ВДТУ, 1996. — 96 с. — ISBN 966-227-029-x.

7. Лежнюк П. Д. Оцінка якості оптимального керування критеріальним методом : моног. / П. Д. Лежнюк, В. О. Комар. — Вінниця : Універсум—Вінниця, 2006. — 108 с. — ISBN 966-641-201-2.

Рекомендована кафедрою електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Стаття надійшла до редакції 23.06.11

Рекомендована до друку 24.06.11

Лежнюк Петро Дем'янович — завідувач кафедри електричних станцій та систем, *Шуллє Юлія Андріївна* — асистент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту.

Вінницький національний технічний університет