

Отсюда получим  $K_2(\eta) = \frac{\pi A^2}{2} [\delta(\omega) + \delta(-\omega)] + \sigma^2 / (2\alpha)$ .

Определяем плотность вероятности

$$W(\eta) = \frac{C}{\frac{\pi A^2}{2} [\delta(\omega) + \delta(-\omega)] + \sigma^2 / (2\alpha)} \exp \left\{ 2 \int_0^\eta \frac{z - z^3}{\frac{\pi A^2}{2} [\delta(\omega) + \delta(-\omega)] + \sigma^2 / (2\alpha)} dz \right\} =$$

$$= \frac{C \exp \{ 2[\eta^2 / 2 - \eta^4 / 4] / \sigma^2 / (2\alpha) \}}{\sigma^2 / (2\alpha)}.$$

Постоянная интегрирования  $C$  определяется из условия нормировки.

#### Выводы

При обработке с помощью рассмотренных нелинейных устройств коротких реализаций случайного процесса, являющегося аддитивной смесью гармонического сигнала и нормального шума, выявлены следующие особенности:

- отношение сигнал/шум на выходе является функцией частоты входного гармонического сигнала и отношения сигнал/шум на входе;
- данное нелинейное устройство работает как низкочастотный фильтр;
- в спектре выходного сигнала можно наблюдать слабые вторую или третью гармоники.

#### Литература

1. Анищенко В.С., Нейман В.Б., Мосс Ф., Шиманский-Гайер Л. Стохастический резонанс как индуцированный шумом эффект увеличения степени порядка // Успехи физических наук. – Т. 169, 1999. – № 1, – С. 7– 37.
2. Геращенко О.В. Стохастический резонанс в асимметричной бистабильной системе // Письма в ЖТФ. – Т. 29, 2003. – вып.6. – С. 82– 86.
3. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям: Пер. с англ. – 2-е изд. переработанное и доп. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. – 703 с.
4. Мидлтон Д. Введение в статистическую теорию связи: Пер. с англ. / Под ред. Б.Р. Левина. – М.: Советское радио, т. 1, 1961. – 791с.
5. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Сов. Радио, 1969. – 752 с.
6. Горяинов В.Т., Журавлев А.Г., Тихонов В.И. Примеры и задачи по статистической технике / Под ред. В.И. Тихонова. – М.: Сов. радио, 1970. – 597 с.

Надійшла 25.2.2010 р.

УДК 622.271.001: 621.311.1

А.А. ШИЯН, Ю.А.ШУЛЛЄ

Вінницький національний технічний університет

## СЦЕНАРІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМИ НАВАНТАЖЕННЯМИ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

*Запропоновано алгоритм ідентифікації сценаріїв поведінки електричних навантажень окремих електротехнічних комплексів (окремих підприємств), агрегації декількох сценаріїв в єдину модель прогнозування поведінки та оптимізації управління електричними навантаженнями електротехнічних комплексів.*

*It is offered authentication algorithm for scenarios of the electric loadings conduct at the separate electrical engineering complexes (separate enterprises), aggregation of a few scenarios in the unique model of conduct prognostication and management optimization of the electric loadings at the electrical engineering complexes.*

Ключові слова: електротехнічний комплекс.

#### Вступ

Задача оптимізації електричних навантажень стає все більш актуальною внаслідок стрімкого зростання кількості споживачів електричної енергії. Сьогодні це не тільки промислові підприємства та комунально-побутові споживачі, тенденції розвитку автомобільного транспорту свідчать, що незабаром до цього переліку додадуться вже і станції зарядки акумуляторів електромобілів або автомобілів на комбінованих двигунах.

Внаслідок цього задача оптимізації управління електричними навантаженнями електротехнічних комплексів з урахуванням різних характерних умов їх функціонування є актуальною як в науковому, так і в практичному планах.

Сьогодні певним стандартом для рішення задач визначення та прогнозування електричних

навантажень є підходи, які розвивалися в 1980-1990 роках [1-3]. За використання цих підходів основна увага приділяється дослідженню залежності величини електроспоживання від стадії технологічного циклу, від використаних технічних виробничих, оброблювальних та добувних комплексів, від пори току та інших конкретних параметрів ендогенного та екзогенного походження. Ці підходи зарекомендували себе як вельми ефективні, але умовами їх застосування є наявність повної інформації про перебіг технологічного процесу та умови електроспоживання на даному підприємстві.

В умовах сучасного розвитку економіки України, однак, управління електричними навантаженнями електротехнічних комплексів здійснюється за наступних обставин. По-перше, підприємство, яке споживає електроенергію, не завжди має можливість надати необхідну для управління інформацію про свою діяльність. Це призводить до того, що здійснювати управління електричним навантаженням доводиться в умовах недостатньої та неповної інформації. По-друге, сьогодні доводиться узгоджувати між собою електроспоживання багатьох споживачів. Причому кожен із споживачів не надає всієї інформації щодо своїх потреб. Сучасні системи управління та прогнозування виявилися не готовими до рішення таких задач, які вимагають застосування нових методів та математичних моделей. У відповідності із цим, зростає значущість прогнозування споживання електроенергії, що виводить дану проблему на щабель оперативного керування енергосистемою.

### Основний розділ

Сучасне підприємство часто не в стані адекватно спрогнозувати свою діяльність навіть протягом однієї доби. Коли мова йде про декілька підприємств – задачі ускладнюються ще більше. Проте, все ж таки, певний прогноз діяльності підприємства може бути здійснений в рамках так званого сценарного підходу [4]. Наприклад, можна виділити сценарії недозавантаження, перезавантаження, середнього завантаження підприємства тощо. Слід підкреслити, що вищий менеджмент підприємства, який і розробляє такі сценарії, на меті має саме економічну діяльність підприємства, тому ці сценарії не можуть бути застосовані для управління та прогнозування електричних навантажень електротехнічних комплексів без суттєвого доопрацювання.

Таким чином, виникає задача щодо ідентифікації сценаріїв поведінки електричних навантажень окремих електротехнічних комплексів (окремих підприємств), агрегації декількох сценаріїв в єдину модель прогнозування поведінки та оптимізації управління електричних навантажень електротехнічних комплексів.

Пропонується спосіб класифікації сценаріїв електроспоживання окремих підприємств – цей спосіб залежить вже лише від самого диспетчерського пункту чи енергорозподільчого підприємства. Опишемо цей спосіб у вигляді певного алгоритму.

Етап 1. Вибираємо сукупність параметрів, які будемо використовувати в якості класифікаційних ознак при класифікації сценаріїв електричного навантаження окремого підприємства. Так як в якості об'єкту, який потрібно аналізувати, виступає часовий ряд (тобто сукупність величини електричного навантаження даного підприємства в певні моменти часу). Цей ряд є стохастичним, бо величина електричного навантаження електротехнічного комплексу залежить від великої кількості випадкових параметрів.

Етап 2. Стохастичний часовий ряд може бути охарактеризовано різним набором числових характеристик. В загальному випадку він може бути охарактеризовано таким кортежем:

$$K_{\tau} = \{P(\xi), K_{\xi}(\tau), \langle \xi \rangle_{\tau}, \max_{\tau} \xi, \min_{\tau} \xi, \Delta_{\tau}, \sigma, H, D\} \quad (1)$$

де  $\xi$  позначено числове значення електричного навантаження в момент часу  $\tau$ ;  
 $P(\xi)$  – відповідна щільність ймовірності (розподіл ймовірності);  
 $K_{\xi}(\tau)$  – автокореляційна функція для даного часового ряду;  
 $\langle \xi \rangle_{\tau}$  – середнє значення електричного навантаження;  
 $\max_{\tau} \xi$  та  $\min_{\tau} \xi$  – відповідно максимальне та мінімальне значення;  
 $\sigma^2$  – дисперсія;  
 $H$  – показник Херста;  
 $D$  – фрактальна розмірність для даного числового ряду [5].

Величина  $\Delta_{\tau}$  є розмахом коливань електричного навантаження і обчислюється за формулою

$$\Delta_{\tau} = \max_{\tau} \xi - \min_{\tau} \xi \quad (2)$$

Етап 3. Класифікаційними ознаками для кортежу (1) можуть виступати такі характеристики.

1. Параметри розподілу  $P(\xi)$ . Якщо відомо, до якого класу належить ця функція (наприклад, коли є відповідні теоретичні моделі), то можна вирішувати задачу ідентифікації параметрів, і, відповідно, будувати класифікацію, спираючись на відомі їх числові значення. Якщо ж клас функцій, до якого належить  $P(\xi)$ , є невідомим, то можна використовувати декілька перших моментів експериментально визначеної щільності ймовірності (найчастіше – їх комбінації: середнього значення, дисперсії, ексцентриситету та ексцесу).

2. Характеристики автокореляційної функції  $K_{\xi}(\tau)$ . Можна використовувати, наприклад, час збереження кореляцій (час, протягом якого ця функція зберігає свій знак), вигляд функції (наприклад, кількість зміни її знаків тощо).

3. Середнє значення  $\langle \xi \rangle_{\tau}$ .

4. Значення дисперсії  $\sigma^2$ .

5. Значення  $\max_{\tau} \xi$ ,  $\min_{\tau} \xi$  та  $\Delta_{\tau}$ .

6. Значення показника Херста  $H$ . Тут важливим буде знак комплексу  $(H-1/2)$ : якщо він додатний, то випадковий процес зберігає існуючу тенденцію, коли від'ємний – то змінює тенденцію, а якщо цей комплекс

дорівнює нулю – то процес є дифузійним (марківським) [5].

7. Фрактальна розмірність  $D$ . Часто значення фрактальної розмірності зв'язують із кількістю незалежних перемінних, які формують стохастичний часовий ряд [5].

Як правило, область змінності поділяють на 3-5 інтервалів, а коли область змінності обіймає за числовою величиною параметрів кілька порядків, то використовують логарифмічні шкали для класифікації.

По закінченню цього етапу буде отримано декілька класифікацій сценаріїв електроспоживання окремих підприємств, які будуть відрізнятися як за використаними характеристиками, так і за способом завдання цих сценаріїв.

Етап 4а. Будуємо, якщо можливо, математичні моделі для кожного із сценаріїв. Цю задачу потрібно виділити окремо внаслідок високого рівня її складності. Як правило, побудова ефективних математичних моделей займає роки, і тому зараз цей етап розглядатися не буде.

Етап 4. Розробляємо методи, алгоритми та технології для ідентифікації параметрів, які характеризують вибрані нами класифікації сценаріїв. На цьому етапі кількість різних класифікацій сценаріїв може бути зменшена внаслідок того, що методи, алгоритми та технології ідентифікації потрібних для них параметрів або не можуть бути застосовані, або ж не можуть надати необхідної точності.

Етап 5. Апробація розроблених методів, алгоритмів та технологій для практичних ситуацій. На цьому етапі будуть виявлені умови, які є потрібними для можливості застосування тієї чи іншої класифікації сценаріїв. Можна очікувати, що на цьому етапі будуть виділені галузі, для яких використання певної класифікації сценаріїв буде більш ефективним.

За наведеним вище алгоритмом буде розроблена класифікація стандартних сценаріїв електронавантаження окремих підприємств, тобто тих, які найбільш часто зустрічаються.

Не менший інтерес має розробка класифікації сценаріїв, які рідко зустрічаються, але важливість яких є вкрай великою. Цьому напрямку дослідження присвячена окрема робота [6]. Задача про агрегацію сценаріїв буде розглянута в окремій роботі.

Описаний вище алгоритм управління електроспоживанням окремих підприємств спирається на статистичні моделі, і вимагає для свого застосування досить великого часу спостереження. Крім того, характерні часові проміжки для зміни цього алгоритму є також досить великі. Внаслідок цих причин цей алгоритм доцільно використовувати в якості «фонового», тобто такого, на фоні якого відбуваються досить швидкі зміни.

Для того, щоб провести класифікацію швидких змін (поняття «швидкість» тут використовується у порівнянні із вищенаведеним алгоритмом), потрібно застосувати інші схеми ідентифікації сценаріїв.

Для цих задач доцільним є застосування нейронних сіток, які допускають тренування із застосуванням експертної інформації та дозволяють швидко тиражувати (розповсюджувати) накопичений досвід. Цьому напрямку дослідження буде присвячена окрема робота

#### **Висновок**

В роботі було запропоновано алгоритм ідентифікації сценаріїв поведінки електричних навантажень окремих електротехнічних комплексів (окремих підприємств), агрегації декількох сценаріїв в єдину модель прогнозування поведінки та оптимізації управління електричних навантажень електротехнічних комплексів.

#### **Література**

1. Гордеев В.И., Васильев И.Е., Щуцкий В.И. Управление электропотребление и его прогнозирование. – Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета, 1991. – 104 с. ISBN 5-7507-0171-9.
2. Рогальський Б.С. Методи визначення і прогнозування електричних навантажень промислових підприємств: монографія. – Видавництво «Вінниця», 1996. – 96 с. ISBN 966-527-029-X.
3. Рогальський Б.С., Войтюк Ю.П. Контроль електроспоживання гірничих машин і технологічних властивостей гірських порід: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 80 с. ISBN 978-966-641-298-3.
4. Курносов Ю.В., Конотопов П. Ю. Аналитика: методология, технология и организация информационно-аналитической работы. – М.: РУСАКИ, 2004. – 512 с. – ISBN 5-93347-151-8.
5. Федер Е. Фракталы. – М.: Мир, 1991. – 254 с. ISBN 5-03-001712-7.
6. Шиян А.А., Шулле Ю.А. Метод оцінювання та ідентифікації характеристик і високоамплітудних відхилень електричних навантажень електротехнічних комплексів // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2010. – № 1.

Надійшла 21.2.2010 р.