

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОБАЛАНСУ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ З ВІТРО-СОНЯЧНИМИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ

В.В. Каплун,

*Київський національний університет
технологій та дизайну, Київ*

Сучасні тенденції розвитку комбінованих систем електроживлення (КСЕ) передбачають використання різних класів джерел електроенергії – традиційних та поновлюваних [1]. Використання у КСЕ поновлюваних джерел електроенергії в комплексі з централізованою енергосистемою, електростанціями з двигунами внутрішнього згорання і ін. обумовлене очікуваним економічним ефектом внаслідок заміщення у загальному енергобалансі електроенергії з централізованої мережі та органічних палив для двигунів внутрішнього згорання. Нестабільність роботи КСЕ у часі викликана стохастичним характером надходження первинної енергії вітру та Сонця, що накладає суттєві обмеження на вирішення оптимізаційної задачі [1].

При спільному використанні вітроенергетичної установки і сонячної електростанції у КСЕ використовуються акумуляторні батареї. Умову оптимального використання вітроенергетичної і фотоелектричної установок можна записати виразом:

$$S_{W0} + S_{A0} \geq S_{W1} + S_{A1} + S_{P1}, \quad (1)$$

де: S_{W0} – вартість вітроенергетичної установки без використання сонячної електростанції; S_{A0} – вартість акумуляторів без використання фотоелектричної установки; S_{W1} – вартість електричної установки при спільному вико-

ристанні з фотоелектричною установкою; S_{A1} – вартість акумуляторів при спільному використанні з фотоелектричною установкою; S_{P1} – вартість фотоелектричної установки.

На основі викладеного можна записати баланс енергії при спільному використанні вітроенергетичної і фотоелектричної установок:

$$(N_W t_W + N_P t_P + (N_W + N_P) t_{WP} - N_H (t_W + t_P + t_{WP}) - N_N t_A) \eta \geq N_H t_C, \quad (2)$$

де N_W, N_P, N_i – відповідно потужності вітрогенератора, фотоелектричної установки та приєднаного навантаження, кВт; t_W, t_P, t_{WP} – тривалість часу генерації вітрогенератора, фотоелектричної станції та їх сумісної роботи відповідно, год.; $x_1^*, \dots, y^* = f(a_0, x_1^*, \dots, x_i^*, \dots, x_s^*), \dots, x_s^*$ – тривалість періоду, який співпадає з періодом роботи акумуляторів та загального часу споживання заданої потужності, год.; η – коефіцієнт корисної дії вітро-сонячної електростанції КСЕ.

Для прогнозу енергетичного балансу КСЕ треба мати дані про t_W, t_P, t_{WP} . Такі дані можна отримати з метеорологічних довідників, які дають усереднені показники природного енергетичного потенціалу вітру та Сонця і цим самим вносять значні похибки до розрахунків, що при реалізації проектів призводить до зниження енергоефективності подібних систем.

Звідси стає очевидним, що в даній задачі дуже важливо мати прогнози в реальному часі, по крайній мірі, наступних часових параметрів:

- момент t_{ap} переходу вітро-сонячної системи електроживлення з активного стану в пасивний у зв'язку зі змі-

нами метеорологічних показників (сила вітру, хмарність тощо);

- момент t_{pa} переходу вітро-сонячної системи електроживлення із пасивного стану в активний, але вже внаслідок протилежних змін метеорологічних показників;
- тривалість періоду часу $[t_{ap}, t_{pa}]$ між вказаними моментами переходів з одного стану в інший.

Звичайно, згадані моменти не наступають миттєво. Для цього існують певні передумови, які необхідно ув'язати системно і зміна яких "в ансамблі" може спричинити настання того чи іншого явища (моменту t_{ap} чи t_{pa}). Оскільки такі явища не мають вираженої циклічності, для дослідження рівнів досконалості КСЕ на етапі проектного моделювання, нами пропонується використати метод, запропонований в [2]. Для застосування такого підходу для кожного конкретного регіону повинні бути проведені попередні метеорологічні спостереження, тривалість яких зумовлена конкретними вимогами проекту, але кількість настання вказаних моментів t_{pa}, t_{pa} повинна бути достатньою для проведення аналітичного моделювання.

Задачу прогнозування моменту настання "рідкісної події" сформулюємо наступним чином [2]. Нехай за результатами моніторингу деякої системи на інтервалі спостереження $T = [t_0, t_k]$ n раз мало місце настання події $\xi_i, i = 1, 2, \dots, n$, яка нас цікавить. Очевидно, що весь інтервал T , можна розбити на n ділянок:

$T = [t_0, t_{s_1}, \dots, t_{s_{i-1}}, t_{s_i}, \dots, t_{s_{n-1}}, t_{s_n}]$, де t_{s_i} – момент настання i -ї події. Таке розбиття впливає із зазначеного

припущення, що на одному інтервалі $[t_{s_{l-1}}, t_{s_l}]$ лише один раз могло мати місце настання події ξ_j . Крім цього, кожен інтервал $[t_{s_{j-1}}, t_{s_j}]$ розбитий на l більш дрібних інтервалів $\Delta t' = [t'_{j-1}, t'_j] = const, j = 1, 2, \dots, l$; у його вузлах і виконуються контрольні заміри параметрів об'єкта. Таким чином, у розглянутій задачі задано n моментів настання події $\xi_i, i = 1, 2, \dots, n$. Прогнозу підлягає $(n + 1)$ -й момент. Під подією ξ_i тут мається на увазі момент t_{ap} чи момент t_{pa} .

Поставлену задачу можна вирішувати за допомогою регресійного рівняння моделі виду:

$$y_f = f \{ x_{1(0)}, x_{1(-1)}, \dots, x_{1(-\tau_1)}, \\ x_{2(0)}, x_{2(-1)}, \dots, x_{2(-\tau_2)}, \\ x_{m(0)}, x_{m(-1)}, \dots, x_{m(-\tau_m)}, \theta \}, \quad (3)$$

де y – вихідна (прогнозна) величина, $x_i, i = 1, 2, \dots, m$ – аргументи, τ_1, \dots, τ_m – запізнення кожного з аргументів, θ – вектор параметрів, що повинні оцінюватися.

Якісна відмінність такого підходу від традиційних прогнозуючих процедур полягає в тому, що серед аргументів функції $f(x_i)$ відсутні значення запізнень вихідної величини y , а вихідна величина – це час від останнього спостереження (контрольного заміру) до моменту настання рідкісної події. Причому на інтервалі $\Delta t' = [t'_{j-1}, t'_j]$ настання події $y \leq \Delta t'$, а на інтервалі "ненастання" (передування) – $y > \Delta t'$.

Прогнозування рідкісної події представляється у вигляді процедури конструювання первинного інформаційного базису за екстремумами автокореляційної функції. Синтез рівняння (3) – навчання моделі. Для цього застосовуємо відомий метод МГУА [2]. Нарощування складності моделі відбувається до досягнення мінімуму критерію селекції чи до моменту стабілізації такого критерію [3]. Нехай, після реалізації алгоритму МГУА одержана модель типу (3):

$$y^* = f(a_0, x_1^*, \dots, x_i^*, \dots, x_s^*) \quad (4)$$

де серед аргументів x_i^* є й аргументи із запізненнями.

Прогноз $\xi_{(n+i)}$ базується на $(n+1)$ -му спостереженні інтервалу $[t_{s_n}, t_{s_{n+1}}]$. При тривалості інтервалу, рівного максимальному запізненню, що ввійшло в остаточне рівняння (4), обчислюється значення y . Якщо $y > \Delta t'$, проводиться наступний контрольний замір. Така процедура проводиться до тих пір, поки вихідна величина стане меншою, ніж тривалість інтервалу $\Delta t'$. Значення y в цьому випадку і буде періодом часу, по закінченні якого настане подія $\xi_{(n+i)}$, починаючи від останнього моменту спостереження.

Застосовуючи описану процедуру, можна не тільки коректно вибирати технічні характеристики майбутньої вітро-сонячної електростанції для КСЕ, а і ефективно впливати на техніко-економічні показники всього проекту. Це стає можливим за рахунок наявності коректних прогнозів часових параметрів t_{ap} , t_{pa} й інтервалів $[t_{ap}, t_{pa}]$.

Таким чином, включивши у алгоритм управління КСЕ апробований інструментарій для прогнозування вказаних часових параметрів, можна практично в режимі реального

часу управляти електроспоживанням шляхом планування енергетичних балансів традиційних і поновлюваних джерел локальної електроенергетичної системи як підсистеми зовнішньої мережі, підвищуючи при цьому енергоефективність всієї системи.

Література

1. Каплун В.В. Автономні системи електроживлення сільсько-господарських споживачів з різномірними джерелами електроенергії// Автореферат дис. на здобуття наук. ступ. докт. техн. наук. – К.: –2008. – 32 с.
2. Ивахненко А.Г., Осипенко В.В. Прогнозирование редких событий по алгоритму МГУА // Автоматика. – 1985. – № 5. – С. 8–12.
3. Степашко В.С. Теоретичні аспекти МГУА як методу індуктивного моделювання // Управляющие системы и машины. – 2003. – № 2. – С. 31–44.