

П.О. Черненко, докт. техн. наук, В.В. Сичова

## АНАЛІТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СУМАРНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМИ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЙОГО КОРОТКОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ

Незважаючи на велику кількість публікацій, які присвячені розробці математичних моделей (ММ), алгоритмів та програм короткострокового прогнозування (КСП) сумарного електричного навантаження (СЕН) в енергосистемах України, ця проблема вирішується з великими сподіваннями на появу інструментарія, який задовольняв би потребам практики за точністю та стабільністю результатів прогнозування. Причина відсутності такого програмного забезпечення в даний час комплексна: неповнота і невисока точність вихідної інформації про фактори, які впливають на СЕН, неадекватне реальному процесу моделювання факторів, які впливають на СЕН, відсутність моделей, які враховують нестационарність зміни в часі складу споживачів електроенергії, відсутність інформації про закономірності зміни в часі СЕН на внутрішньодобових й тижневих інтервалах часу, відсутність коректної оцінки точності результатів прогнозування та адаптивної їх корекції при впливі додаткових зовнішніх факторів, які не враховуються в даній ММ. В напрямку вирішення деяких аспектів цієї комплексної проблеми спрямована дане дослідження, а саме більш адекватного реальному процесу моделювання температури повітря і астрономічних факторів (сходу й заходу Сонця, світлової тривалості дня) визначенню детермінованих і статистичних характеристик технологічної (базової) складової для більш ефективного вибору оператора прогнозування.

В роботі застосовується адитивна ММ, яка складається з базової, температурної й астрономічної складових. На відміну від ММ, наведеної в [1], так як в даних, за якими проводилась апробація ММ, відсутні енергоємні підприємства, то це складова не моделювалась. Відсутність залишкової складової пояснюється, тим що складно виділити її із похибки моделювання. Перед виділенням окремих складових СЕН проводиться достовіризація даних для кожної години добового графіка згідно раніше розробленого алгоритму. При моделюванні температурної складової для кожної години доби спочатку формалізовано визначаються межі «зони нечутливості»: верхня, коли при підвищенні температури збільшується навантаження і нижня, навпаки, коли при зниженні температури знижується навантаження. В межах «зони нечутливості» знаходяться навантаження, які нечутливі до зміни температури повітря. Залежності навантаження від температури знаходяться при різниці між реальними значеннями СЕН і температури від їх граничних значень. Розрахунки виконуються за допомогою множинної нелінійної регресії з оптимізацією степені полінома за критерієм мінімуму середньої відносної похибки (МАРЕ). Апробація отриманих залежностей проводилась за даними Київенерго за період 01.06.2015-31.08.2020. Похибки моделювання знаходяться в межах 1%. Астрономічна складова, яка визначалась на даному інтервалі досліджень, присутня о 21 і 22 годинах, її значення коливається в межах 45-70 МВт.

Після проведення вище описаних операцій залишається технологічна складова СЕН, що має певну циклічність в своїх змінах. Для вибору оптимального оператора прогнозування технологічної складової потрібно провести її ретельний аналіз із визначенням статистичних та детермінованих характеристик вибірок та виявити закономірності зміни значення СЕН впродовж доби. Для цього можна використати розрахунок небалансу між спадом (23-5 год) та набором (6-9 год) навантаження, як стабілізуючий критерій, сталі значення якого є характерним для кожного типу дня. Найбільш стабільними днями виявилися із робочих – понеділок, із вихідних – субота. При аналізі потрібно ретельно виявляти причини нестабільності небалансів, які є здебільшого випадковими змінами значення СЕН і можуть призвести до викривлення ММ. З метою їх усунення проводяться апроксимації даних за допомогою поліноміальної регресії шляхом вибору оптимальної степені. Значення похибок апроксимації коливаються в діапазоні  $0,5 \div 1\%$  для вихідних днів та  $1 \div 2\%$  для робочих днів. При цьому дисперсії вибірок зменшуються в середньому вдвічі.

**Висновки.** Удосконалений алгоритм визначення температурної й астрономічної складових, а також виявлення закономірностей зміни навантаження та внутрішньодобових і тижневих інтервалів часу створюють передумови для підвищення точності й стабільності результатів КСП СЕН.

### Література

1. Черненко П. О., Мартинюк О.В., Декомпозиція добового графіка електричного навантаження енергосистеми та моделювання його складових під час короткострокового прогнозування. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2017. № 6. С. 86-94.