

УДК 621.311.519.2

П. О. Черненко, к. т. н., с. н. с.;

О. В. Мартинюк, асп.

СЕРЕДНЬОСТРОКОВЕ ДВОРІВНЕВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГООБ'ЄДНАННЯ

Описано алгоритм середньострокового дворівневого прогнозування місячного електроспоживання енергооб'єктів. Створений на його основі програмний комплекс дозволяє виконувати розрахунки сумарного та галузевого місячного електроспоживання енергооб'єкта з урахуванням метеорологічних та технологічних факторів на довільний часовий інтервал із необхідною для експлуатаційних вимог точністю.

На сьогоднішній день задачі прогнозування електроспоживання об'єднаної електроенергетичної системи (ОЕС) України на різні часові інтервали вирішуються на основі однорівневої моделі із урахуванням усереднених по території України значень середньо багаторічної температури повітря. Однак, отримані таким чином результати прогнозування часто не задовольняють сучасним експлуатаційним вимогам щодо точності та надійності. Тому задачі прогнозування споживання електроенергії повинні вирішуватися як багаторівневі із урахуванням впливу технологічних, метеорологічних та астрономічних факторів [1].

В результаті проведених досліджень розроблений алгоритм дворівневого середньострокового прогнозування місячного електроспоживання ОЕС України із урахуванням метеорологічних і технологічних факторів та особливостей структури електроспоживання об'єднаної та регіональних енергосистем. На основі зазначеного алгоритму створена та інтегрована у загальний програмний комплекс експериментальна програма середньострокового прогнозування місячного електроспоживання ОЕС та регіональних енергосистем. Отримані відповідні розрахунки прогнозів електроспоживання на різні часові інтервали.

Алгоритм середньострокового прогнозування місячного електроспоживання ОЕС

Запропонований алгоритм середньострокового прогнозування місячного електроспоживання ОЕС передбачає виконання наступних етапів:

1. Отримання і попередня статистична обробка вихідної інформації із створеної бази даних (БД) [2].

— формування «карти місяця», що містить інформацію про кількість робочих/суботніх/недільних/святкових днів для кожного місяця передісторії із необхідним упередженням.

— Формування архівів електроспоживання середньомісячних робочого/суботнього-го/недільного днів кожного місяця передісторії (на даному етапі для спрощення моделі загальнодержавні святкові дні та переноси робочих днів прирівнюються до недільних).

— Формування архівів температури середньомісячних робочого/суботнього/недільного днів.

2. Розрахунок та вилучення місячного тренду електроспоживання скоригованих архівів середньомісячних робочого / суботнього / недільного днів від-повідно до рис. 1. Коефіцієнти полінома тренду розраховуються методом найменших квадратів.

3. Формування середньо багаторічних (СБР) значень електроспоживання, $P^{СБР}$, і температури, $T^{СБР}$, середньомісячних робочого / суботнього / недільного днів усередненням да-

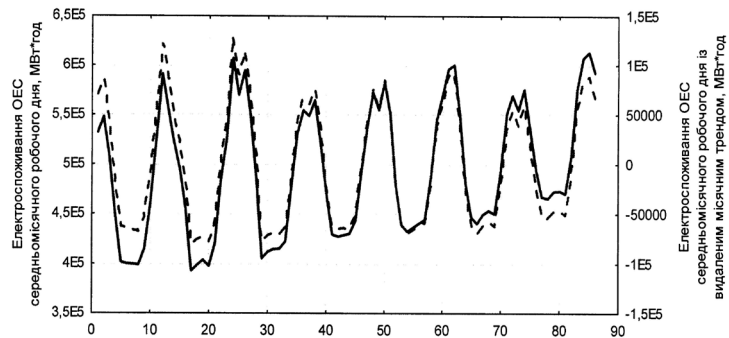


Рис. 1. Електроспоживання ОЕС середньомісячного робочого дня за період 01.02–06.08

них із відповідних архівів по однотипним місяцям за декілька (5—7) останніх років (рис. 2).

4. Приведення електроспоживання до середньобагаторічної температури:

— Формування архівів відхилень між фактичними (із вилюченим трендом), P_i , і відповідними середньобагаторічними значеннями електроспоживання для середньомісячного робочого/суботнього/недільного днів.

— Формування архівів відхилень між фактичними, T_i , й відповідними СБР значеннями температури для середньомісячних робочого/суботнього/недільного днів.

— Групування отриманих відхилень по двох, трьох або чотирьох сезонах.

— Побудова поліноміальної регресійної залежності між відхиленнями електроспоживання і температури для кожного сезону [3, 4]. Розрахунок коефіцієнтів полінома методом найменших квадратів.

$$P_i - P_i^{СБР} = \phi(T_i - T_i^{СБР}). \quad (1)$$

— Приведення електроспоживання кожного типу дня до середньобагаторічної температури

$$\bar{P}_i = P_i - \phi(T_i - T^{СБР}_i). \quad (2)$$

5. Розрахунок коефіцієнтів моделі скоригованого місячного електроспоживання.

Проведені дослідження виявили, що сезонні коливання електроспоживання середньомісячних робочого/суботнього та недільного днів, очищених від тренда та приведених до середньобагаторічної температури, задовільно описуються моделлю сезонної авторегресії й повзучого середнього (ARIMA з періодом 12) виду (1) (2). За відповідним алгоритмом виконуються розрахунки коефіцієнтів моделі (таб. 1).

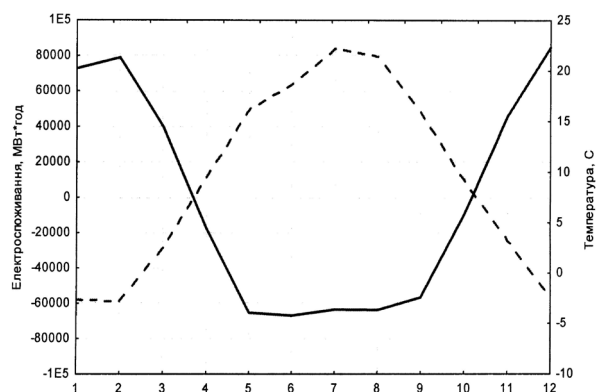


Рис. 2 Середньо багаторічні значення електроспоживання (після видалення тренду, ліва шкала) та температури (права шкала) середньомісячного робочого дня ОЕС України

Таблиця 1

Коефіцієнти моделі ARIMA виду (1.0.0)(2.0.0) для прогнозування електроспоживання середньомісячного дня кожного типу по ОЕС України, розраховані за даними 2002—2008 р.р.

Тип дня	p	Ps1	Ps2	const
Середньомісячний робочий день	0,92	0,84	0,12	82566
Середньомісячний суботній день	0,91	0,75	0,18	81461
Середньомісячний недільний + святковий день	0,92	0,85	0,09	83432

6. Прогнозування місячного електроспоживання ОЕС України.

— За допомогою моделі ARIMA прогнозуються очищені від тренда й приведені до СБР температури значення електроспоживання середньомісячних робочого/суботнього/недільного днів.

— Використовуючи розраховані коефіцієнти полінома, уточнюється прогноз електроспоживання за допомогою виділеного раніше поліноміального місячного тренду.

— За наявності прогнозу середньомісячної температури на основі формули (2) уточнюється прогноз електроспоживання.

— Використовуючи карту місяця, на який здійснюється прогноз, розраховуються прог-нозні значення місячного електроспоживання відповідно до формули: $P^N = aP^N_{work} + bP^N_{sat} + cP^N_{san}$, де a, b, c — кількість робочих, суботніх і недільних днів у відповідному місяці.

Дослідження структури електроспоживання

За даними Держенергонагляду, споживання обласних, регіональних енергосистем та ОЕС України групується по восьми укрупненим групам споживачів: промисловість, сільське господарство, населення, комунально-побутове електроспоживання, будівництво, не промислове електроспоживання, транспорт та втрати. На жаль, доступна інформація про структуру лише місячного електроспоживання енергооб'єктів, з дискретністю відповідно в один місяць, таким чином неможливо дослідити тижневі особливості електроспоживання певними групами галузей. Проте, аналізуючи особливості галузевого електроспоживання, існує можливість коригування вихідної інформації щодо сумарного місячного електроспоживання цього енергооб'єкта, що призводить до уточнення виділення річного тренду, температурної складової, та, врешті, підвищує точність прогнозування електроспоживання.

На рис. 3 зображена діаграма процентного розподілу місячного електроспоживання ОЕС України по восьми укрупнених групах споживачів.

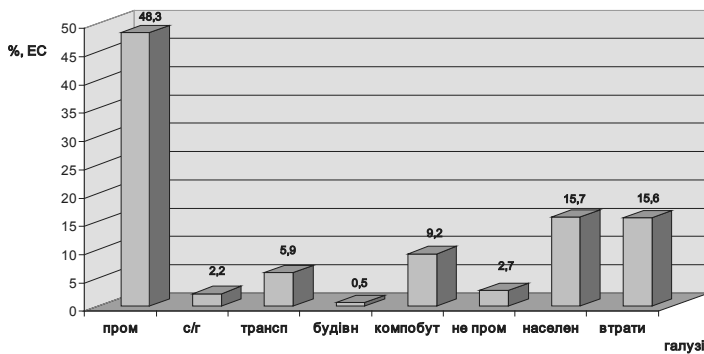


Рис. 3. Процентний розподіл місячного електроспоживання ОЕС України по галузях

Споживання електроенергії промисловістю не зазнає суттєвих сезонних коливань та слабо залежить від температури навколишнього середовища. Зокрема, збільшення електроспоживання промисловістю у зимовому сезоні складає лише 16 % проти майже 40 % приросту електроспоживання населенням. Розрахунки, проведені за описаним вище алгоритмом виявили, що відхилення поточної середньомісячної температури від середньобогаторічної на 1 °С у зимовому сезоні призводить до зміни місячного електроспоживання промисловістю на 0,2 %, комунально-побутовими споживачами — на 0,8 %, населенням — на 1,2 %. Таким чином, в енергосистемах із перевагою непромислових споживачів, математичну модель впливу метеорологічних факторів на електроспоживання слід проробляти детальніше.

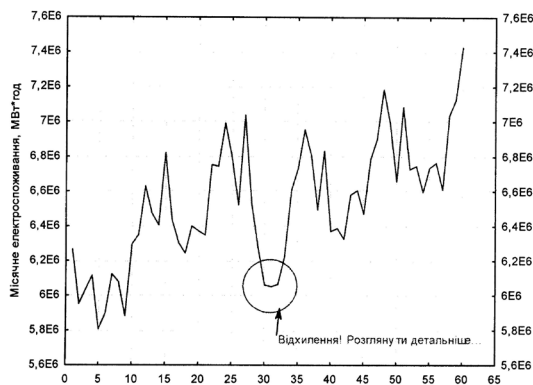


Рис. 4. Місячне електроспоживання промисловістю України за 2003—2007 рр.

На відміну від електроспоживання іншими галузями, для електроспоживання промисловістю характерні неочікувані коливання сумарної потужності, наявність не прогнозованих відхилень (рис. 4). Цей факт обумовлений наявністю в структурі промисловості близько 50 потужних енергоємних підприємств, що знаходяться на добовому контролі в Держенергонагляді, сумарною потужністю близько 25 % загальної потужності ОЕС України. Електроспоживання цими підприємствами залежить, в першу чергу, від ринкової кон'юнктури, попиту на їх продукцію — тобто, від важко прогнозованих чинників. Проте, навіть не маючи задовільного інструменту прогнозування електроспоживання промисловістю, доцільно проводити дослідження ретроспективної інформації електроспоживання цієї галузю на наявність «невмотивованих» відхилень. Зазначені відхилення необхідно виключати при побудові моделі, заміщуючи їх інтерпольованими сусідніми значеннями і відповідним чином коригувати вихідні архіви електроспоживання середньомісячного дня кожного типу досліджуваного енергооб'єкта. Оскільки, як правило, промисловість складає значний відсоток у структурі електроспоживання кожної енергосистеми, то, таким чином суттєво уточнюються параметри річного тренду та температурної складової.

Результати розрахунку прогнозування місячного електроспоживання ОЕС

На основі наведеного алгоритму в рамках єдиного програмного комплексу, що розробляється на замовлення НЕК «Укренерго», створений модуль прогнозування місячного електроспоживання ОЕС України. Можливості даного модуля дозволяють виконувати розрахунок прогнозів місячного електроспоживання кожної із восьми регіональних енергосистем та забезпечують виконання дворівневого прогнозу електроспоживання ОЕС в цілому на довільний інтервал. Також, комплексом забезпечується можливість дворівневого прогнозування місячного електроспоживання по восьми групах галузей. Крім того, відповідно до рис. 5, у користувача передбачена можливість коригування середньо багаторічної температури, що, за наявності відповідних прогнозів температури, дозволяє уточнювати розрахунки сумарного та галузевого місячного електроспоживання енергооб'єкта.



Рис. 5. Панель введення параметрів прогнозування програмного комплексу

- 1. ОЭС Украины
- 2. Юго-Западная ЭЭС
- 3. Днепропоя ЭЭС
- 4. Донбасская ЭЭС
- 5. Центральная ЭЭС
- 6. Крымская ЭЭС
- 7. Западная ЭЭС
- 8. Южная ЭЭС
- 9. Северная ЭЭС

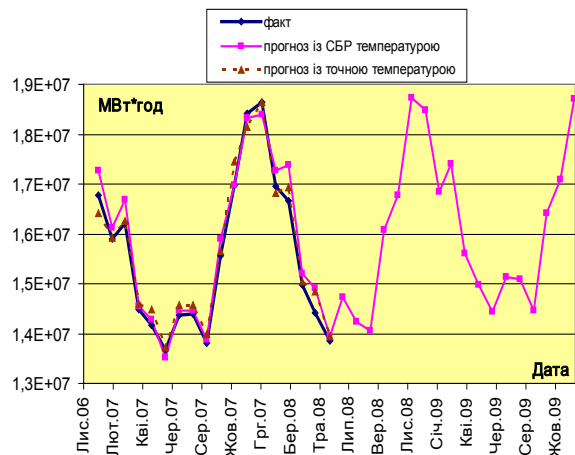


Рис. 6. Графік фактичного та прогнозованого значення місячного електроспоживання. Однорівневий прогноз

Отримані розрахунки прогнозних значень місячного електроспоживання ОЕС України у графічному вигляді подані на рис. 6—8. Прогнозування виконувалось на глибину 12—24 місяці за різної повноти метеорологічної інформації та на основі одно- і дворівневої моделі прогнозу.

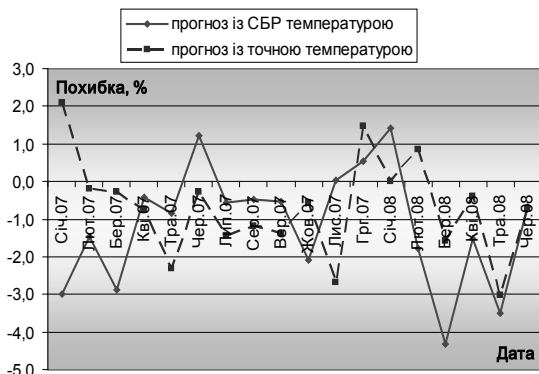


Рис. 7. Графіки похибок прогнозування місячного електроспоживання ОЕС на 2007—2008 роки. Однорівневий прогноз

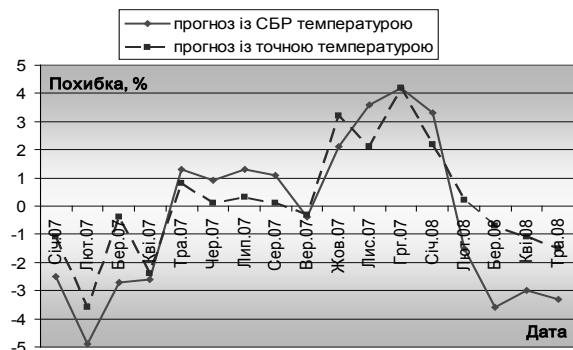


Рис. 8. Графіки похибок прогнозування місячного електроспоживання ОЕС на 2007—2008 роки. Дворівневий прогноз

Висновки

1. Дослідження галузевого електроспоживання енергооб'єкта дозволяє проводити коригування вихідних даних та уточнювати розрахунок річного тренду і метеорологічно-чутливої компоненти електроспоживання.
2. Запропонований алгоритм середньострокового дворівневого прогнозування дозволяє виконувати розрахунки сумарного та галузевого місячного електроспоживання енергооб'єкта з урахуванням метеорологічних та технологічних факторів на довільний часовий інтервал із необхідною для експлуатаційних вимог точністю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Черненко П. А. Многоуровневое взаимосвязанное прогнозирование электрических нагрузок энергообъединения / П. А. Черненко // Збірник наукових праць ІЕД НАН України. — 2000. — С. 99 — 104.
2. Черненко П. А. Обработка и анализ информации для иерархического прогнозирования электрических нагрузок / П. А. Черненко, А. И. Заславский, А. В. Мартынюк // Праці Ін-ту електродинаміки НАНУ. — 2006. — № 2(14). — С. 47 — 49.
3. Черненко П. А. Прогнозирование суммарной электрической нагрузки электроэнергетической системы в экстремальных точках суточного графика / П. А. Черненко, А. В. Мартынюк, А. И. Заславский // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». — 2007. — № 596. — С. 95—101.
4. Черненко П. О. Мартинюк О. В. Прогнозування добового графіка сумарного електричного навантаження електроенергетичної системи / П. О. Черненко, О. В. Мартинюк // Праці Ін-ту електродинаміки НАНУ. — 2007. — № 18. — С. 57—65.

Рекомендована кафедрою метрології та промислової автоматики

Надійшла до редакції 21.10.08
Рекомендована до друку 20.11.08

Черненко Павло Олексійович — старший науковий співробітник, **Мартинюк Олександр Васильович** — аспірант.

Відділ моделювання електроенергетичних систем і мереж, Інститут Електродинаміки НАНУ, м. Київ