

Розен В.П., д.т.н., професор.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Давиденко Л.В., к.т.н., доцент,
Давиденко Н.В., аспірант,
Луцький національний технічний університет

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ВОДОПОСТАЧАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ

Ключовим елементом ефективного управління енерговикористанням та забезпечення високого рівня енергоефективності є підходи, спрямовані на створення системи менеджменту. Відповідно до стандарту ISO 50001 енергетичний менеджмент має виконуватися у безперервному циклі, основою якого є цикл Демінга PDCA: Плануй (Plan) - Виконуй (Do) - Перевірй (Check) - Дій (Act) [1]. Частиною планування циклу PDCA є енергетичне планування, яке передбачає проведення енергетичного аналізу з метою розуміння використання та споживання енергії, виявлення тенденцій, сезонних коливань, чинників, від яких залежить споживання енергії. Результатом енергетичного аналізу є інформація та дані, необхідні для встановлення базового рівня енергоспоживання (БРЕ) [2]. Причому, БРЕ повинен бути унормованим до змінних, що впливають на енергоспоживання; часовий період базового рівня енергоспоживання повинен бути типовим для коливань в операціях; дані щодо визначальних змінних та фактичного енергоспоживання повинні представляти той самий часовий період, що й БРЕ. Загалом моделлю БРЕ є функція $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, що відображає залежність між вхідними та вихідною змінними.

Серед підсистем, що приймають участь у формуванні енергоефективності систем комунального водопостачання, найбільш значимою є підсистема насосних станцій. Величина витрат електроенергії, що споживається насосною станцією водопостачання за деякий період залежить від багатьох взаємопов'язаних чинників: об'єму піднятої або поданої споживачеві води; напору, створюваного насосними агрегатами (НА); надлишкового напору в диктуючих точках мережі; технічних параметрів елементів насосної станції: продуктивністю НА, ККД НА тощо. Ефективність роботи насосного обладнання залежить від режимів водоспоживання [3]. Найявним є безпосередній зв'язок завдання планування витрат електроенергії із добовим водоспоживанням, на характер якого впливають пора року, температура повітря, державні та релігійні свята тощо. Соціальні та кліматичні чинники належать до збурюючих чинників, які визначають режим водоподачі та ефективність режиму електроспоживання насосної станції.

Основним режимним показником процесу водопостачання є добовий графік необхідної витрати води (ГВВ) з мережі [3]. Задача пошуку спільних рис у характері водоподачі на основі дослідження параметрів добового ГВВ може бути розв'язана шляхом формування класів ГВВ, що мають однакові властивості, з використанням теорії розпізнавання образів. Зважаючи на відсутність інформації щодо можливих класів доцільним є використання процедур автоматичної класифікації «без учителя», до якої належить кластерний аналіз, що дозволяє виявити в даних раніше невідомі закономірності і представити їх у зручній формі. Об'єктами для проведення кластерного аналізу виступатимуть добові ГВВ. Ознаками, якими описано об'єкти класифікації, є параметри ГВВ [3]. Кластером подібних ГВВ - сімейством графіків характерного дня – є група графіків витрати води з мережі, що мають подібні риси. Утворені кластери повинні бути диференційованим відповідно до сезонів року і відображати специфіку водоспоживання в робочий, вихідний та святковий дні.

Для виконання кластерного аналізу вибрано ієрархічний агломеративний метод, який дозволяє будувати дерево класифікації n об'єктів за допомогою ієрархічного об'єднання їх у кластери на основі заданого критерію [4]. Результатом процедури є побудова дендрограми, яка

у формі дерева об'єднання відображає структуру зв'язків між об'єктами. Оскільки одночасне врахування великої кількості різних класифікаційних ознак, які використовуються для опису ГВВ, ускладнює інтерпретацію отриманих результатів, то виявлення прихованих закономірностей у добових графіках витрати води з мережі виконувалось у два етапи: 1 - виявлення впливу сезонності; 2 - виявлення впливу соціальних чинників.

На першому етапі в результаті розбиття отримано п'ять класів ГВВ: 1 клас – містить ГВВ, що відповідають періоду профілактичних робіт у системі тепlopостачання та гарячого водopостачання; 2 клас – містить ГВВ, що відповідають опалювальному сезону; 3 клас – містить ГВВ, що відповідають весняно-літньо-осінньому періоду; 4 клас – «нерегулярні дні» – містить ГВВ різних місяців та сезонів; 5 клас – 1 січня.

Подальше дослідження виконувалось з урахуванням результатів, отриманих на першому етапі. Для виявлення впливу соціальних чинників було вибрано діапазон значень добових ГВВ 2 класу. Аналіз результатів дозволяє стверджувати про наявність впливу соціального фактору, зумовленого зміною ритму життя населення у вихідні та святкові дні, на характер витрати води з мережі. В результаті розбиття виділено чотири класи ГВВ: 1 клас – утворюють добові ГВВ, що відповідають вихідним та святковим дням; 2 клас – утворюють добові ГВВ, що відповідають робочим дням; 3 клас – «нерегулярні дні» - містить ГВВ, що відповідають дням різного типу; 4 клас - 1 січня.

Як на першому етапі класифікації, так і на другому ГВВ, що відповідає першому січня виділено окремим класом, що лише підтверджує вплив соціальних чинників.

Незважаючи на те, що кластерний аналіз має певні недоліки, зокрема, склад і кількість кластерів залежить від методів об'єднання і оцінки дистанційних коефіцієнтів, аналіз отриманих результатів розбиття дозволив отримати такі висновки: чітко проглядається тенденція об'єднання в один кластер добових ГВВ, характерних для певної пори року, що підтверджує вплив сезонності на характер витрати води з мережі; чітко проглядається тенденція об'єднання в один кластер добових ГВВ, що відповідають певному типу дня тижня: вихідний (або святковий) чи робочий; характерним є наявність кластеру «Нерегулярні дні», який об'єднує різні дні різних сезонів та різні дні тижня, наявність якого може бути обумовлена соціальними чинниками (релігійними святами та підготовкою до них населення); погодними умовами (посуха, спека); аварійними ситуаціями в мережі тощо.

Таким чином, модель електроспоживання, яка повинна бути адаптованою до режиму водopодачі у характерні дні, можна представити кортежем:

$$W = \langle X, D, K_{сез}, K_{дн} \rangle \quad (1)$$

де X – множина вхідних змінних; D – показник дати, необхідний для відстеження добової динаміки витрати води з мережі; $K_{сез}$ - ознака, що вказує на приналежність дня до сезону; $K_{дн}$ - ознака, що вказує на характер дня (вихідний, робочий).

Висновки. Використання процедур кластерного аналізу дозволяє виявити приховані закономірності у ГВВ, зумовлені кліматичними та соціальними чинниками. Їх врахування забезпечує можливість визначення часового періоду для збору даних щодо визначальних чинників та фактичного електроспоживання та дозволяє виконати побудову моделі електроспоживання для формування БРЕ, диференційованого до сезону року і дня тижня.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ ISO 50001:2014 - Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. – К.: Мінекономрозвитку України, 2015. – 27 с.
2. ДСТУ ISO 50004:2016 Настава щодо впровадження, супровід та поліпшення системи енергетичного менеджменту. – К.: ДП «УкрНДНЦ, 2016. – 38 с.
3. Розен В.П., Давиденко Н.В. Формування множини характеристик фактичного режиму водоспоживання в системах комунального водopостачання // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2015. - № 3 (41). - С. 85-92.
4. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / [Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка и др.]. — М. : Финансы и статистика, 1989. — 215 с.