

В.П. Розен, д-р техн. наук, проф.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Л.В. Давиденко, канд.техн.наук, доц.
Н.В. Давиденко, аспірант
Луцький національний технічний університет

ПРОЦЕДУРА ПОБУДОВИ БАЗОВОГО РІВНЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ВОДОПОСТАЧАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ

В статті розглянуто питання удосконалення процедури побудови моделі електроспоживання об'єктів водопостачання як частини етапу енергетичного планування в системі енергоменеджменту. Обґрунтовано взаємозв'язок задачі планування витрат електроенергії із добовим водоспоживанням, на яке впливають кліматичні та соціальні чинники. Для урахування їх впливу запропоновано виконати пошук спільних рис у добових графіках витрати води з мережі за допомогою кластерного аналізу. Сформовані кластери відображають вплив сезонів року і специфіку водоспоживання в робочий та вихідний (святковий) дні та дозволяють визначити часовий період для збору даних щодо змінних, які впливають на електроспоживання. Модель електроспоживання представлено рівнянням багатofакторної регресії, область використання якого обмежується зміною сезонної витрати води та типом дня, що визначає режим роботи насосних агрегатів. Використання запропонованих принципів дозволяє враховувати параметри режиму водоподачі для даного дня та виконати побудову базового рівня електроспоживання, диференційованого до сезону року і дня тижня.

Ключові слова: система комунального водопостачання, модель електроспоживання, базовий рівень електроспоживання.

Вступ Енергетична ефективність є одним із пріоритетів в сучасних умовах. Забезпечення підвищення загальної ефективності функціонування складної виробничої системи є можливим за умови забезпечення ефективного використання енергоресурсів в усіх її структурних об'єктах. Проблема управління енерговикористанням має цілісний характер і вимагає урахування як явних, так і прихованих причинно-наслідкових зв'язків. Ключовим елементом ефективного управління енерговикористанням та забезпечення високого рівня енергоефективності, згідно [1], є підходи, спрямовані на створення системи енергетичного менеджменту; системний підхід до забезпечення енергоефективності (урахування всіх значущих аспектів і всіх взаємозв'язків між процесами); послідовне вдосконалення енергоефективності; розробка та впровадження методів вдосконалення енергоефективності, включаючи моніторинг і контроль. Система енергетичного менеджменту підприємства – це частина загальної системи управління підприємством, головним завданням якої є управління ефективністю споживання паливно-енергетичних ресурсів, а основною метою є досягнення високої енергетичної ефективності господарювання при одночасному раціональному використанні всіх його ресурсів. Відповідно до стандарту ISO 50001 енергетичний менеджмент має виконуватися у безперервному циклі, основою якого є цикл Демінга PDCA: Плануй (Plan) - Дій (Do) - Перевірйай (Check) - Коригуй (Act) [2]. Частиною планування циклу PDCA є енергетичне планування, яке передбачає проведення енергетичного аналізу для розуміння використання та споживання енергії, його оцінки, виявлення тенденцій, сезонних коливань, інших змінних чинників, від яких залежить споживання енергії. Величина енергоспоживання на будь-якому виробничому об'єкті залежить від різноманітних чинників: параметрів технологічного процесу, технічного стану технологічного та енергетичного обладнання тощо, які до того ж можуть впливати один на одного. Результатом енергетичного аналізу є інформація та дані, необхідні для встановлення базового рівня енергоспоживання (БРЕ) [3]. Розробка керуючих дій здійснюється на основі зіставлення результатів вимірювань із завданням - запланованими показниками, базовим рівнем енергоспоживання [4]. БРЕ повинен бути унормованим до змінних, що впливають на енергоспоживання; часовий період базового рівня енергоспоживання повинен бути типовим для коливань в організаційних операціях; а дані щодо визначальних змінних та фактичного енергоспоживання повинні представляти той самий часовий період, що й БРЕ [3]. Тобто, базовий рівень енергоспоживання являє собою певну математичну модель споживання палива або енергії, побудовану для окремого виробничого об'єкту, залежно від чинників, які суттєво впливають на величину витрати енергії при здійсненні відповідних технологічних процесів. Системи подачі і розподілу води належать до найбільш енергоємних об'єктів житлово-комунального

господарства країни. Під час експлуатації система комунального водопостачання (СКВ) піддається впливу багатьох чинників, тобто, формування режиму електроспоживання здійснюється під впливом внутрішніх та зовнішніх факторів, які потребують урахування під час визначення базового рівня енергоспоживання.

Мета статті Удосконалення процедур планування енергоспоживання в системі комунального водопостачання шляхом розробки принципів урахування впливу зовнішніх чинників під час побудови базового рівня енергоспоживання.

Основні матеріали дослідження Серед підсистем, що приймають участь у формування енергоефективності СКВ, найбільш значимою є підсистема насосних станцій, зокрема, підсистема насосного обладнання другого підйому [5]. Величина витрат електроенергії, що споживається насосною станцією водопостачання за деякий період залежить від багатьох взаємопов'язаних чинників, основними з яких є: обсяги піднятої з свердловин або поданої споживачеві води; напір, створюваний насосними агрегатами (НА); надлишковий напір в диктуючих точках водопровідної мережі; технічні параметри елементів насосної станції: продуктивність НА, коефіцієнт корисної дії НА тощо. Ефективність роботи насосного обладнання суттєво залежить від режимів водоспоживання [6]. Найважчим є безпосередній зв'язок завдання планування витрат електроенергії із добовим водоспоживанням. Забезпечення ефективного електроспоживання вимагає як оптимізації самого режиму електроспоживання об'єктів водопостачання, так і оптимізації технологічного процесу водопостачання. При цьому, основним принципом організації ефективного режиму водопостачання має бути такий: водоподача повинна максимально відповідати водоспоживанню. Але водоспоживання – випадковий процес. На нього впливає низка факторів - час доби, зміна укладу життя населення протягом року, у вихідні та святкові дні, сезонні відключення опалення та гарячого водопостачання, зміна температури зовнішнього повітря тощо.

Отже, соціальні та кліматичні чинники належать до збурюючих зовнішніх чинників, які визначають режим водоподачі, а отже й ефективність режиму електроспоживання насосної станції. Урахування впливу соціальних особливостей та чинників зовнішнього середовища на характер добового водоспоживання є необхідною умовою реалізації процедур-алгоритмів планування ефективних режимів водоподачі та електроспоживання для кожного з характерних днів.

Сучасні світові тенденції у галузі управління енергоефективністю відповідно стандарту ISO 50001 передбачають широке впровадження автоматизованих систем обліку енергоресурсів, управління технологічними процесами, які є складовою частиною загальної системи моніторингу, а також інформаційних систем енергоменеджменту. Наявність автоматизованих систем управління спрощує збір та обробку інформації по кожному із об'єктів системи комунального водопостачання. Впровадження системи моніторингу забезпечує можливість створення великих баз даних, що містять інформацію про параметри режимів роботи об'єктів СКВ, використання методів інтелектуального аналізу даних для вивчення постійно зростаючих об'ємів інформації та виявлення прихованих закономірностей, що визначають формування технологічних режимів об'єктів водопостачання та електроспоживання.

Основним режимним показником процесу водопостачання є добовий графік витрати води (ГВВ) з мережі [6]. Один із можливих підходів до оптимізації режиму роботи об'єктів водопостачання є попереднє створення бази даних добової витрати води з мережі в межах системи моніторингу режимів СКВ. На основі створеної бази даних можливе здійснення аналізу добового ГВВ, тобто дослідження його основних параметрів для пошуку спільних рис з урахуванням впливу зовнішніх чинників, що визначають процес водоспоживання.

Для опису добового графіка витрати води з мережі слід враховувати загальноприйняті параметри, які відображають абсолютні характеристики режиму водоподачі: середнє, максимальне (мінімальне) значення протягом доби, час, який відповідає максимальному (мініальному) значенню, тривалість періоду протягом якого має місце підвищене (понижене) значення витрати води з мережі; а також додаткові параметри, які є характеристикою нерівномірності самого графіка: дисперсія та середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт форми, коефіцієнт максимуму, коефіцієнт заповнення та коефіцієнт нерівномірності, які вважаються класичними показниками нерівномірності добових графіків, при цьому ГВВ розглядається як послідовність випадкових величин.

Разом з тим, як показали дослідження, можлива наявність великої кількості різноманітних за формою графіків з ідентичними значеннями статистичних характеристик, що вимагає їх додаткового аналізування. Природа добового графіка водоподачі дозволяє представити його у вигляді кругової часової діаграми – діаграми радарного типу. Тому, для отримання більш детальної та адекватної оцінки нерівномірності ГВВ доцільно скористатися морфометричним підходом, який є одним з інструментів дослідження різноманітності та аналізу фігур різної форми та розмірів [7].

Задача пошуку спільних рис у характері водоподачі на основі дослідження параметрів добового графіка витрати води 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. Об'єктами для проведення кластерного аналізу виступатимуть добові ГВВ. Ознаками, якими описано об'єкти класифікації, є параметри добового ГВВ [6]. 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 відобразити 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 групи, або кластери, дедалі більш високої схожості на основі заданого критерію [8]. 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 слід використовувати 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.

Аналіз річного графіка добової витрати води з мережі вказує на коливання об'ємів подачі води залежно від сезону. Тому для опису графіка витрати води з метою виявлення впливу сезонності доцільним є використання характеристик ГВВ за об'ємами водоподачі, а також класичних показників нерівномірності витрати води з мережі. Добові графіки витрати води з мережі характеризуються значною нерівномірністю та відмінністю для різних днів тижня. Тому для виявлення схожості у добових графіках важливим є врахування саме форми ГВВ та доцільним є використання морфометричних показників.

Вихідною інформацією для кластеризації є параметри ГВВ, які утворюють матрицю спостережень, кожен рядок якої містить значення m ознак одного з n об'єктів кластеризації. Формально простір ознак для класифікації є m -вимірним. Але в зв'язку з наявністю кореляції (залежності) між ознаками його слід перетворити в простір меншої розмірності, який містить лише інформативні ознаки. Для цього необхідно виконати дослідження вихідних факторів на тісноту зв'язку та позбавитись мультиколінерності. В результаті сформовано два набори інформативних класифікаційних ознак для виявлення впливу на специфіку водоподачі: 1) фактору сезонності: об'єм добової витрати води з мережі; максимальне значення добової витрати води; мінімальне значення добової витрати води; мінімальне значення витрати води протягом денних годин доби; дисперсія; 2) соціальних чинників, що зумовлені зміною ритму життя населення у робочі, вихідні та святкові дні: периметр; кут між головною віссю ДРТ та віссю абсцис; округлість; видовження; випуклість; головна вісь видовження.

Візуальний аналіз дендрограми (рис. 1, а), отриманої на першому етапі, дозволяє стверджувати: в результаті розбиття отримано п'ять класів ГВВ: 1 клас – «літо» – містить ГВВ, що відповідають періоду профілактичних робіт у системі тепlopостачання та гарячого водopостачання; 2 клас – «зима» – містить ГВВ, що відповідають опалювальному сезону; 3 клас – «весна-літо-осінь» – містить ГВВ, що відповідають весняно-літньо-осінньому періоду; 4 клас – «нерегулярні дні» – містить ГВВ різних місяців та сезонів; 5 клас – 1 січня.

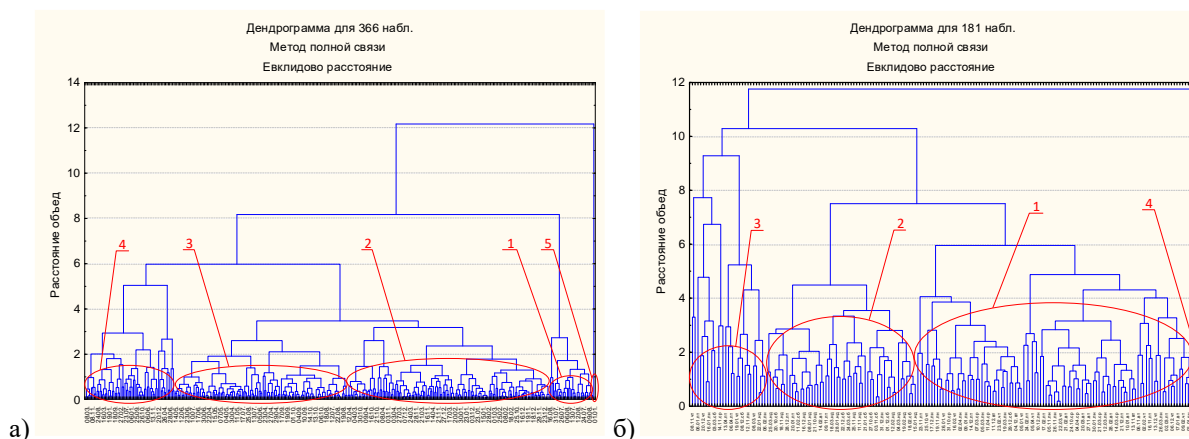


Рисунок. 1 – Дендрограми добових ГВВ для виявлення впливу: а) сезонності; б) соціальних чинників

Подальше дослідження виконувалось з урахуванням результатів, отриманих на першому етапі. Для демонстрації виявлення впливу соціальних чинників було вибрано діапазон значень добових ГВВ 2 класу, які відповідають зимовим місяцям. Аналіз результатів другого етапу (рис. 1, б) 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 – містить ГВВ, що відповідають дням різного типу. Це дозволяє

визначити їх як нерегулярні дні. Їх поява може бути зумовлена соціальними чинниками або ж аваріями та витокami води в мережі; 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 на характер ГВВ.

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 зробити 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.

Організація моніторингу на постійній основі сприятиме накопиченню бази даних щодо ГВВ та подальшому уточненню їх кластеризації за характером впливу кліматичних та соціальних чинників.

Виявлення спільних рис у ГВВ методами кластерного аналізу забезпечує можливість формування усереднених графіків витрати води для типових днів з метою їх використання для подальшого планування режиму водоподачі, визначення показників енергоефективності насосної станції та моделювання електроспоживання. Комплексний підхід до управління ефективністю електроспоживання в технологічній системі водопостачання заснований на моделі електроспоживання, якою в загальному випадку є функція $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, що відображає залежність між вхідними параметрами та вихідною змінною. Модель електроспоживання повинна бути диференційованою до збурюючих впливів, тобто адаптованою до режиму водоподачі у характерні дні: робочі, вихідні тощо. Таким чином, модель електроспоживання можна представити коротко:

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

де W - обсяг споживання електроенергії; X - множина вхідних змінних; D - показник дати, необхідний для відстеження добової динаміки витрати води з мережі; K_{ces} - ознака, що вказує на приналежність дня до сезону; $K_{дн}$ - ознака, що вказує на характер дня (1 - вихідний, 2 - робочий).

Для формалізації урахування впливу сезонності на величину електроспоживання слід визначити усереднене значення добової витрати води та межі її зміни для кожного з утворених кластерів. Як усереднене значення сезонної витрати води з мережі приймаємо вибіркове математичне сподівання добових витрат води вибірок, утворених відповідними об'єктами певного кластеру:

$$\bar{Q} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Q_j \quad (2)$$

де m - кількість об'єктів даного кластеру; Q_j - добова витрати води з мережі для j -го дня.

В якості меж зміни сезонної витрати води приймаємо:

$$\begin{aligned} Q_{\min} &= \bar{Q} - s \\ Q_{\max} &= \bar{Q} + s \end{aligned} \quad (3)$$

де s - вибіркове середньоквадратичне відхилення, визначене з урахуванням оцінки дисперсії для вибірки спостережень:

$$s^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (Q_j - \bar{Q})^2 \quad (4)$$

В якості моделі електроспоживання доцільним є використання рівняння багатofакторної регресії. Область використання отриманої моделі обмежується визначенням для кожного сезону максимальним та мінімальним значенням об'єму поданої в мережу води та режимом роботи насосних агрегатів для типового дня, який визначатиме показники енергоефективності насосної станції водоподачі:

$$\begin{aligned}
 W &= a_0^1 + a_1^1 x_1 + a_2^1 x_2 + \dots + a_n^1 x_n, & Q &\in [Q_{\min 1}, Q_{\max 1}], & K_{\text{дн}} &= 1; \\
 W &= a_0^2 + a_1^2 x_1 + a_2^2 x_2 + \dots + a_n^2 x_n, & Q &\in [Q_{\min 1}, Q_{\max 1}], & K_{\text{дн}} &= 2; \\
 W &= a_0^3 + a_1^3 x_1 + a_2^3 x_2 + \dots + a_n^3 x_n, & Q &\in [Q_{\min 2}, Q_{\max 2}], & K_{\text{дн}} &= 1; \\
 W &= a_0^4 + a_1^4 x_1 + a_2^4 x_2 + \dots + a_n^4 x_n, & Q &\in [Q_{\min 2}, Q_{\max 2}], & K_{\text{дн}} &= 2; \\
 W &= a_0^5 + a_1^5 x_1 + a_2^5 x_2 + \dots + a_n^5 x_n, & Q &\in [Q_{\min 3}, Q_{\max 3}], & K_{\text{дн}} &= 1; \\
 W &= a_0^6 + a_1^6 x_1 + a_2^6 x_2 + \dots + a_n^6 x_n, & Q &\in [Q_{\min 3}, Q_{\max 3}], & K_{\text{дн}} &= 2; \\
 W &= a_0^7 + a_1^7 x_1 + a_2^7 x_2 + \dots + a_n^7 x_n, & Q &\in [Q_{\min 5}, Q_{\max 5}]
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

де x_1, x_2, \dots, x_n – вхідні змінні - чинники, що впливають на ефективність електроспоживання (об'єм поданої в мережу води, тиск в мережі, надлишковий тиск в диктуючих точках мережі, тиск на виході НА, коефіцієнт завантаження насосного обладнання тощо); $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ – коефіцієнти рівняння, визначені на основі статистичного аналізу даних щодо вхідних змінних та вихідної змінної; Q_{\min}, Q_{\max} – мінімальне та максимальне значення водоподачі відповідно для кластерів за сезоном 1, 2, 3, 5, визначене з урахуванням усередненого значення добової витрати води з мережі для даного сезону та розкиду її значень в межах даного кластеру (нерегулярні дні виключено з розгляду, оскільки характер їх ГВВ потребує додаткового дослідження).

Отже, модель електроспоживання повинна будуватись для кожного з типових днів кожного сезону на основі даних щодо вхідних змінних, визначених з урахуванням режиму водоподачі протягом даної доби. Це дозволить визначити базовий рівень електроспоживання, характерний для конкретного часового проміжку (доби) та запланованого режиму водоподачі.

Для розпізнавання належності добового ГВВ, отриманого з системи моніторингу до певного кластеру необхідним є використання дискримінантного аналізу, суть якого полягає у визначенні правила, що дає змогу відрізнити один клас об'єктів від іншого [8]. Зазвичай, це правило є функцією від результатів спостережень над об'єктом. За результатами проведеної класифікації досліджуваних ГВВ виконується побудова дискримінантних функцій ідентифікації їх приналежності до одного з кластерів, яка відповідно, проводиться у два етапи: 1) визначення приналежності до сезону; 2) визначення приналежності до типу дня. Після ідентифікації характеру ГВВ за сезоном та типом дня визначається базовий рівень електроспоживання, який враховує особливості організації процесу водоподачі для даного типу дня.

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, яка враховуватиме параметри попередньо запланованого для даного дня режиму водоподачі. Використання запропонованої процедури сприятиме формуванню базового рівня електроспоживання для конкретного часового проміжку (доби), диференційованого до сезону року і дня тижня.

Список використаної літератури

1. European Commission Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, Seville: Institute for Prospective Technological Studies, European IPPC Bureau, 2009. 430 p. URL:<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ene.html>
2. ДСТУ ISO 50001:2014 (ISO 50001: 2011, IDT) Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. Київ, 2015. 27 с.
3. ДСТУ ISO 50004:2016 (ISO 50004: 2014, IDT) Настанова щодо впровадження, супровід та поліпшення системи енергетичного менеджменту. Київ, 2016. 38 с.
4. Системи енергоменеджменту та їх математичне забезпечення / Г.Г. Півняк, С.У. Випанасенко, О.І. Хованська та ін. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2013. 214 с.
5. Капанский А.А. Моделирование электропотребления в технологической системе водоснабжения. Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. 2016. № 2. С. 74-85
6. Розен В.П., Давиденко Н.В. Формування множини характеристик фактичного режиму водоспоживання в системах комунального водопостачання. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2015. № 3 (41). С. 85-92.
7. Коменда Т.І., Коменда Н.В. Морфометричні методи і моделі оцінки та зменшення нерівномірності навантажень систем електропостачання: монографія. Луцьк: Луцький НТУ, 2012. 112 с.
8. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка и др. Москва: Финансы и статистика, 1989. 215 с.

V. Rozen, Dr. Sc. Sciences, prof.
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
L. Davydenko, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof., N. Davydenko, postgraduate student.

Lutsk National Technical University

ENERGY BASELINE CONSTRUCTION PROCEDURE OF WATER SUPPLY FACILITIES WITH TAKING INTO CONSIDERATION THE EXTERNAL FACTORS EFFECT

The article deals with the improvement tasks of power consumption model construction procedure of water supply facilities as a part of energy planning stage in energy management system.

Interconnection of power consumption planning task with daily water consumption to which influence climatic and social factors have been substantiated. Search of similarities in daily graphs of water consumption from the network using cluster analysis, which is done in two stages, has been proposed to realize for taking into consideration of their influence.

For this based on parameters of description the daily graphs have been formed two sets of informative classification characteristics. Classical indicators of irregularity graphs description have been used to identify the influence of seasonality. Morphometric parameters have been used to detect the influence of social factors. Formed clusters reflect the seasons influence and the water consumption specificity during working and weekend (holiday) days. It allows defining the period for collecting data on values of input variables that influence over the power consumption, and the actual power consumption. Procedure of determining the average value of daily water consumption and limits of its change for each cluster has been proposed for taking into consideration of seasonality influence. The power consumption model has been presented by equation multifactor regression with taking into consideration of characteristics that indicate to accordance of the day to the season and to the character of the day. Field of model use is limited by change of seasonal water consumption and the day type that defines the operation mode of pumping units and its parameters.

Using the proposed principles allows taking into consideration the water supply mode parameters that are previously planned for this day. It also allows getting power consumption model that is differential to season and day of the week, and perform energy baseline construction for a specific period (day).

Keywords: municipal water supply system, power consumption model, energy baseline.

References

1. European Commission Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, Seville: Institute for Prospective Technological Studies, European IPPC Bureau, 2009. 430 p. URL:<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ene.html>
2. DSTU ISO 50001:2014 (ISO 50001: 2011, IDT) Conservation of energy. Energy management systems. Requirements with guidance for use. Kyiv, 2015. 27 p.
3. DSTU ISO 50004:2016 (ISO 50004: 2014, IDT) Energy management systems. Guidance for the implementation, maintenance and improvement of an energy management system. Kyiv, 2016. 38 p.
4. G. Pivnyak, S. Vypanasenko, A. Khovanskaya and others. (2013) Energy systems and their mathematical software. Dnipropetrovsk, 214 p.
5. A. Kapansky Modeling of power consumption in the technological water supply system. Bulletin P. Sukhoi GSTU. 2016. № 2. Pp. 74-85
- 6 V. Rozen, N. Davydenko Forming plural of characteristics of the real regime of water consumption in municipal water supply systems. Power engineering: economics, technique, ecology. 2015. № 3 (41). Pp. 85-92.
7. T. Komenda, N. Komenda (2012) Morphometric methods and models evaluating and decreasing irregularity loads of power supply systems: monograph, Lutsk, Lutsk NTU, 112p.
8. Jae-On Kim, Charles W. Mueller. William R. Klecka (1989) Factor, Discriminant and Cluster Analysis, Moscow, Finansy i statistika, 215 p.

В.П. Розен, д-р техн. наук, проф.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Л.В. Давыденко, канд. техн. наук, доц., **Н.В. Давыденко**

Луцкий национальный технический университет

ПРОЦЕДУРА ПОСТРОЕНИЯ БАЗОВОГО УРОВНЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

В статье рассмотрены вопросы усовершенствования процедуры построения модели электропотребления объектов водоснабжения как части этапа энергетического планирования в системе энергоменеджмента. Обосновано взаимосвязь задачи планирования расходов электроэнергии с суточным водопотреблением, на которое влияют климатические и социальные факторы. Для учета их влияния предложено выполнить поиск общих черт в суточных графиках расходы воды из сети с помощью кластерного анализа. Сформированы кластеры отражают влияние сезонов года и специфику водопотребления в рабочее и выходной (праздничный) дни и позволяют определить временной период сбора данных о переменных, влияющих на электропотребление. Модель электропотребления представлены уравнением многофакторной регрессии, область использования которого ограничивается изменением сезонной расхода воды и типом дня определяет режим работы насосных агрегатов. Использование предложенных принципов позволяет учитывать параметры режима водоподачи для данного типа дня и выполнить построение базового уровня электропотребления, дифференцированного к сезону года и дня недели.

Ключевые слова: система коммунального водоснабжения, базовый уровень электропотребления, модель электропотребления

Надійшла 22.09.2017

Received 22.09.2017

УДК 621.31

В.В. Макаренко, канд. техн. наук, доц.,

В.М. Спивак, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., доц.,

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Анализ эффективности использования синхронных выпрямителей в импульсных источниках питания

Эффективность использования синхронного выпрямителя в преобразователях переменного / постоянного тока и постоянного / постоянного тока. Моделирование выпрямителей диода Шоттки, идеальные клавиши и клавиши с использованием МОП-транзисторов. Результаты экспериментов не подтверждают безусловного преимущества синхронных выпрямителей. Предлагается использование комбинированных схем выпрямителей для повышения их эффективности.

Ключевые слова: выпрямители; синхронные; диод Шоттки; МДП-транзисторы; преобразователи; симуляция, Multisim.

Введение. В работах [1-3] отмечается, что применение синхронных выпрямителей на МДП-транзисторах позволяет повысить КПД выпрямителей как в AC/DC-, так и в DC/DC-преобразователях. В [2] даже приведена эффективность применения синхронного выпрямителя совместно с синхронным повышающим контроллером TPS43061 в паре с силовым блоком CSD86330Q3D по сравнению с