

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ БАГАТОКРИТЕРІЙНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Давиденко Л. В.

Луцький національний технічний університет

Запропоновано підхід до розв'язку задачі керування електроспоживанням системи водопостачання та водовідведення, який спирається на формування сукупності критеріїв з урахуванням їх важливості.

Постановка проблеми. Для підприємств комунального водопостачання та водовідведення зменшення витрат на електричну енергію є одним з джерел зниження собівартості продукції та фактором ефективного функціонування, що вимагає як модернізації обладнання та технологій водопідготування та водоочищення, так і здійснення управління режимом електроспоживання на всіх рівнях з урахуванням особливостей технологічного процесу, можливих критеріїв та обмежень [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Заходи, що стосуються керування використанням електричної енергії, мають на меті організацію раціонального режиму електроспоживання як з точки зору зниження самих витрат електроенергії на здійснення процесу водопостачання та водовідведення, так і зменшення витрат на оплату за використану електричну енергію за рахунок використання відповідної системи тарифів [1,2]. У більшість задач керування покладено поняття оптимізації, тобто пошук значень сукупності керуючих впливів, які б забезпечували максимум (мінімум) цільової функції при заданих обмеженнях. Задача керування режимом електроспоживання системи водопостачання та водовідведення (СВВ) може бути сформульована як задача оптимізації, де єдиною для всіх рівнів системи функцією цілі є мінімізація витрат на електричну енергію, що є функцією ряду факторів, кожен з яких, в свою чергу, також представляє собою окрему цільову функцію [2]. При цьому, слід враховувати особливості структурної схеми СВВ; вимоги до підтримання певних показників на різних рівнях системи; характер витрат електроенергії на кожен процес з виявленням визначальних факторів; завдання по економії електричної енергії на певний період і напрямки по його реалізації; тощо [1]. Отже, виникає задача вибору оптимального режиму електроспоживання системи водопостачання – водовідведення за декількома критеріями, набір яких може бути сформовано як для всієї системи, так і для кожного ієрархічного рівня залежно від поставленої мети [2].

З іншого боку, оптимізація режиму електроспоживання СВВ об'єднує в собі задачі оптимізації режиму роботи окремих ієрархічних рівнів (які також представляють собою складні системи) та їх структурних елементів. Тобто виникає необхідність вибору оптимізаційних критеріїв (або їх сукупності) для кожної з підсистем, які сприятимуть вирішенню задачі оптимізації на рівні надсистеми, тобто, більш високого ієрархічного рівня. При цьому необхідно враховувати можливість зміни пріоритетів оптимізаційних функцій для певного рівня СВВ.

Мета статті. Забезпечити підвищення ефективності управління режимом електроспоживання систем водопостачання та водовідведення за рахунок удосконалення механізму формування сукупності оптимізаційних критеріїв.

Основні матеріали дослідження. Сучасна СВВ є ієрархічною системою, де кожен рівень відрізняється своїм класом управлінських задач та своїм набором вихідної інформації про функціонування кожної підсистеми або структурної одиниці (насосних станцій водопостачання, станцій водопідготування, насосних станцій водовідведення, тощо). Отже, від рівня до рівня змінюються критерії якості керування режимом електроспоживання та вимоги за об'ємом, деталізацією та оперативністю вихідної інформації. Нижчим рівнем керування є локальні системи вимірювання та оперативного регулювання технологічними параметрами окремих елементів та структурних одиниць, де здійснюється неперервне оцінювання стану об'єкту керування на поточний момент часу та порівняння його з допустимими режимами роботи. До середнього рівня належать окремі ієрархічні рівні (водозабір; система подачі та розподілу води; система транспортування стічних вод; системи водоочищення). Вищим рівнем керування є вся система (підприємство) водопостачання та водовідведення. При цьому слід зауважити, що властивості та закономірності функціонування складної системи можуть відрізнятися від властивостей закономірностей її окремих елементів.

В [2] глобальний критерій керування електроспоживанням СВВ представлено у вигляді мінімізації витрат на електроенергію, а локальні як мінімізація витрат електроенергії та мінімізація оплати за використану електричну енергію при використанні одноставкового тарифу, диференційованого за зонами доби (за умови регулювання графіка електричного навантаження). Реалізація першого локального критерію забезпечуються за допомогою певних часткових критеріїв, математичне вираження яких залежить від ієрархічного рівня системи водопостачання та водовідведення та рівня розв'язку задачі керування. Другий критерій є актуальним при розгляді задачі на вищому рівні системи водопостачання та водовідведення, але це не означає, що він є таким для всіх інших ієрархічних рівнів. Крім того, для певних ієрархічних рівнів СВВ вагоме значення має забезпечення безперебійності подачі води (наприклад, для насосних станцій третього підйому) та її відведення, що вимагає розгляду локального критерію надійності водопостачання та водовідведення. Причому, критерії нижчого рівня є альтернативами реалізації критерію вищого рівня.

Постановка задачі керування режимом електроспоживання СВВ є задачею багатокритеріальної оптимізації, в якій є множина недостатньо чітко описаних альтернатив, що об'єднані єдиною функцією цілі, для досягнення якої з позицій надсистеми необхідна екстремізація всіх факторних критеріїв (цільових функцій) [2]. Складність вирішення задачі в такій постановці обумовлена також неоднозначністю щодо вибору можливих стратегій та їх кількості. Причому таке є справедливим не лише для глобального критерію, а й для локальних критеріїв також.

Нехай система водопостачання та водовідведення може бути представлена як сукупність N об'єктів $\{x^j, j = \overline{1, \dots, N}\}$ і кожному об'єкту властиві M ознак (параметрів), які виражені кількісно. Кожен з параметрів певним чином впливає на кінцеву мету оптимального керування електроспоживанням.

Спеціальним чином організована сукупність показників складових суб'єктів СВВ, які разом з кількісними та якісними значеннями дозволяють відрізнити один суб'єкт від іншого утворює інформаційне поле системи [3], яке відображає набори суб'єктів в предметній області та призначення атрибутів, об'єднаних для представлення цільового стану. Кожен суб'єкт

предметної області (насосна установка, насосна станція, ієрархічний рівень) відображається кортежем [3]:

$$Sub \equiv_{def} \langle name, St, Fn \rangle, \quad (1)$$

де *name* - назва суб'єкту предметної області; *St* - сукупність показників стану; *Fn* - сукупність показників функціонування.

Кожній точці простору станів суб'єктів системи водопостачання відповідає фіксована множина правил та аксіом, які визначають множину варіантів вибору рішень по оптимальному керуванню електроспоживанням. Очевидно, що однозначно сформулювати всі правила вибору оптимальних рішень практично не можливо, проте наявність взаємодії та взаємних залежностей між компонентами вектору вхідних параметрів та компонентами вектору стану системи, а також досвід експертів дають змогу задати варіанти вибору оптимальних розв'язків. В якості оптимального розв'язку задачі керування електроспоживанням достатньо визначити деякий функціонал, параметри якого будуть залежати від компонент вектору вхідних параметрів та компонент вектору станів об'єктів СВВ.

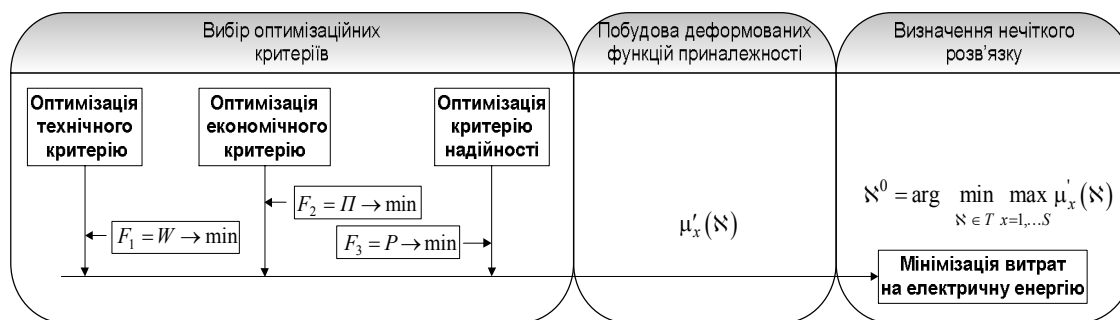


Рисунок 1 – Етапи розв'язку задачі багатокритерійного оптимізації режиму електроспоживання

Задачу, в якій нечітко описана множина альтернатив і чітко функції корисності (цільові функції), можна вважати задачею нечіткого математичного програмування (НМП) і для її розв'язку використати підхід Белмана-Заде [4], згідно якого, кожній з цільових функцій $f_x(\mathcal{N})$ вихідної багатокритерійної задачі повинна бути поставлена у відповідність нечітка цільова функція (нечітка множина):

$$X = \{\mathcal{N}, \mu_x(\mathcal{N})\}, \mathcal{N} \in T, x = \overline{1, \dots, S}, \quad (2)$$

де \mathcal{N} – нечітка множина; $\mu_x(\mathcal{N})$ – функція приналежності нечіткої множини до множини оптимальних розв'язків; T – область визначення нечіткої множини \mathcal{N} ; S – кількість критеріїв оптимізації (відповідно і цільових функцій).

Нехай $f_x(\mathcal{N}) = f_1(\mathcal{N}), f_2(\mathcal{N}), \dots, f_k(\mathcal{N})$ – вектор цільових функцій; $C = \{f_k(\mathcal{N})\}$ – множина цільових функцій, тоді будь-яке значення \mathcal{N} в області визначення $f_k(\mathcal{N})$ можна розглядати як нечітку множину на C з

вектором значень функцій приналежності $\mu_x(\mathcal{N}) = [\mu_1(\mathcal{N}), \dots, \mu_k(\mathcal{N})]$.

При врахуванні різної важливості цільових функцій виникає потреба їх "деформації":

- для критеріїв, що максимізуються:

$$\mu'_x(\mathcal{N}) = \left[\frac{\max_{\mathcal{N} \in T} f_k(\mathcal{N}) - f_k(\mathcal{N})}{\max_{\mathcal{N} \in T} f_k(\mathcal{N})} \right]^{\lambda_k}, \quad (3)$$

- для критеріїв, які мінімізуються:

$$\mu'_x(\mathcal{N}) = \left[\frac{f_k(\mathcal{N}) - \min_{\mathcal{N} \in T} f_k(\mathcal{N})}{\min_{\mathcal{N} \in T} f_k(\mathcal{N})} \right]^{\lambda_k}, \quad (4)$$

де λ_k – коефіцієнт важливості відповідної цільової функції для даного ієрархічного рівня.

Нечіткий розв'язок вихідної багатокритерійної задачі визначається як злиття нечітких альтернатив та нечітких функцій цілі та полягає у знаходженні аргументу мінімаксної композиції – максимального ступеня приналежності нечіткому розв'язку, який визначається на основі злиття нечітких локальних цілей та нечітких альтернатив і представляє собою значення показників, якими описується оптимальний стан або режим роботи об'єктів системи водопостачання з точки зору забезпечення глобального критерію оптимального керування електроспоживанням СВВ та її ієрархічних рівнів [5]:

$$\mathbb{N}^0 = \arg \min_{\mathbb{N}} \max_{x=1, \dots, S} \mu_x^i(\mathbb{N}). \quad (5)$$

Для комплексної оптимізації режиму електроспоживання системи водопостачання та водовідведення доцільно використовувати об'єктно - орієнтовану формалізацію СВВ з урахуванням оптимізаційних функцій пошуку оптимальних параметрів режиму роботи структурних елементів системи. При цьому об'єкти середовища моделюються за допомогою класів (class VODOKANAL) – моделей з об'єднаними характеристиками, властивостями і правилами існування. Принципи об'єктно-орієнтованої декомпозиції дозволяють створити субмоделі кожного ієрархічного рівня системи та об'єднати їх в моделі вищого порядку – моделі електроспоживання СВВ.

Вагому частку в структуру витрат на електричну енергію вносять перевитрати цільового продукту, які виникають як в результаті невиправданих витрат води на власні потреби системи для організації технологічного процесу, так і через витоки внаслідок аварій та невчасного обслуговування обладнання структурних елементів. Забезпечити оптимізацію режиму електроспоживання СВВ неможливо без реалізації процедури контролю за параметрами технологічного процесу окремих структурних елементів системи. З цією метою в методах class VODOKANAL необхідно передбачити процедуру контролю технологічного режиму, яка базується на постійному порівнянні реальних даних про відповідні параметри процесу для кожного ієрархічного рівня системи з розрахунковими. Виникнення значного відхилення реальних параметрів від розрахункових свідчить про наявність, так званих, розладнань технологічного процесу, які можуть бути зумовлені аварійними витокami, значними витратами води на власні потреби або непередбаченими змінами у споживанні цільового продукту, які зумовлені особливостями функціонування об'єкту.

Висновки. Видача керуючих впливів, направлених на мінімізацію затрат на перекачування цільового продукту системи водопостачання та водовідведення, повинна спиратись на багатокритерійну оптимізацію режиму електроспоживання з урахуванням ступеня важливості критеріїв, обґрунтування якого здійснюється експертами залежно від ієрархічної належності суб'єктів системи та рівня керування. Використання методів багатокритерійного вибору на основі апарату нечіткого математичного програмування, що спирається на визначення приналежності нечіткому розв'язку на основі злиття нечітких локальних цілей

та нечітких альтернатив, дає змогу отримати значення сукупності показників, якими описується оптимальний стан або режим роботи суб'єктів системи водопостачання з точки зору забезпечення глобального критерію оптимального керування електроспоживанням СВВ та її ієрархічних рівнів.

Список використаних джерел

1. Розен В. П. Комплексний підхід до задачі енергозбереження та оцінювання рівня енергоефективності водопостачального підприємства як складної системи / В. П. Розен, Л. В. Давиденко, В. А. Давиденко // Відновлювальна енергетика. - 2010.- № 1 (20).– С. 65-70.
2. Давиденко Л. В. Задача багатокритерійного керування електроспоживанням систем водопостачання та водовідведення / Л. В. Давиденко // Вісник ХНТУСГ. Вип. 86. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Харків: ХНТУСГ, 2009. – С. 97-99.
3. Розен В. П. Формування інформаційного поля для оцінювання рівня енергоефективності систем комунального водопостачання / В. П. Розен, Л. В. Давиденко, В. А. Давиденко // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. – Випуск 4/2010 (63).– С. 50-53.
4. Zadeh L. A. Decision-making in a fuzzy environment / L. A. Zadeh, R. E. Bellman // Management Science, 1970. – Vol. 17. - № 4. P. 141-164.
5. Давиденко Л. В. Математичне моделювання управління енергоспоживанням промислових об'єктів / Л. В. Давиденко, Т. І. Команда, І. О. Ткаченко // Вісник НУ "Львівська політехніка". № 421 "Електроенергетичні та електромеханічні системи". – Львів: В-во НУ "Львівська політехніка", 2001. – С.50-56.

Анотация

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Давыденко Л. В.

Предложен поход к решению задачи управления электропотреблением системы водоснабжения и водоотведения, основывающийся на формировании множества критериев с учетом их важности.

Abstract

FORMALIZATION OF TASK OF MULTICRITERION MANAGEMENT BY ELECTRO-CONSUMPTION OF THE SYSTEMS OF WATER SUPPLY AND TAKING OF WATER

L. Davydenko

An improved to the decision of task of management by electro-consumption of the water system is offered, based on forming of great number of criteria taking into account their importance.