

УДК 621.311

Ю. А. Веремійчук, асп.

А. І. Замулко, канд. техн. наук, доц.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Розроблено пропозиції щодо формування алгоритму проведення комплексного оцінювання методів управління електроспоживанням в умовах невизначеності. Отримано модель для оцінювання впливу економічних методів управління електроспоживанням.

Вступ

Перебудова електроенергетичної галузі з метою переведення її на ринкові відносини потребує докорінних змін, перш за все, у свідомості споживачів та енергетичної спільноти. Запропоновані перетворення мають, у першу чергу, відповідати інтересам споживачів електричної енергії, особливо це стосується забезпечення необхідного ступеня надійності постачання електроенергії, її якості і кількості за прийнятними ціновими показниками. Врахування режимних характеристик, значної нерівномірності споживання електроенергії протягом доби, у робочі і вихідні дні тижня, у різні сезони року, вирішення інших питань надійного електропостачання набуває особливого значення. Нерівномірність споживання електричної енергії є однією з головних проблем, що призводить до розладу стабільного функціонування енергетичної галузі, вимагає використання штучних (неринкових) методів управління електроспоживанням, а саме: примусового обмеження попиту на електроенергію і періодичного відключення споживачів, що завдає економічних збитків як споживачам, так і енергетичній галузі. Управління електроспоживанням необхідно розглядати як один із основних чинників та достатньо ефективний шлях поступового вирішення проблем електроенергетики, інструмент урахування тенденції некерованого росту попиту споживачів на електричну потужність і енергію та забезпечення надійного та якісного електропостачання.

Постановка проблеми

Виділяють декілька можливих варіантів організації управління попитом, у тому числі зменшення нерівності споживання електричної енергії та потужності як складових системи оцінки попиту на електричну енергію. Відповідно, науковцями пропонуються різні підходи щодо вирішення питань управління електроспоживанням [1—5]: розглядається економічна зацікавленість у створенні маневреного електричного навантаження, використання прогресивної системи тарифів на електричну енергію, використання сучасних технічних засобів, як під час генерації, передачі та обліку електроенергії, розробка та затвердження відповідних нормативно-правових документів, розвиток DSM-технологій. Перераховані підходи розглядалися в межах певного регіону, галузі, споживача з урахуванням їх особливостей та використання методів управління: економічних, технічних, адміністративно-правових, комунікативних. Пропонувалось також здійснювати комплексне управління електроспоживанням відповідно до такого розподілу, про що свідчать роботи науковців: А. В. Праховника, А. К. Шидловського, М. П. Ковалка, В. В. Михайлова, В. Ф. Находова, В. П. Розена, В. П. Калінчика, В. І. Тарадая, Є. В. Крикавського, Б. В. Папкова, В. Г. Дерзкого, В. Р. Огорокова, В. І. Гордєєва, П. І. Головкина і т. д. Слід відмітити умовний розподіл пропозицій, вдосконалень та нововведень за перерахованими категоріями управління (рис. 1). Такий розподіл і явне виділення декількох методів в дослідженні управління не може говорити про їх ефективність і результат в комплексному поєднанні.

Але оцінювання перерахованих підходів їх одночасного, комплексного використання, аналізу їх складових або об'єднаних параметрів, перевірки зворотної реакції споживачів заслуговує детальнішого дослідження і, водночас, з врахуванням специфіки:

- функціонування енергетичної галузі України;
- системи наглядових органів;
- рівня ринкових відносин.

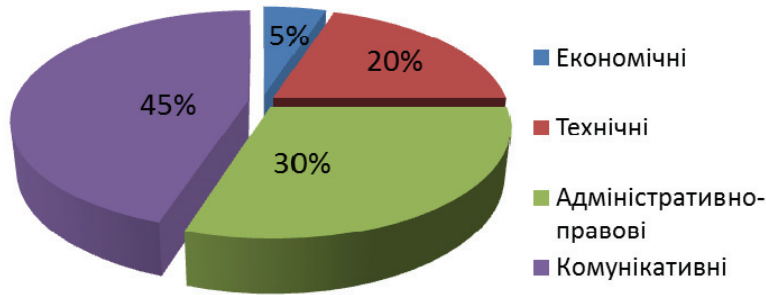


Рис. 1. Діаграма умовного розподілу пропозицій науковців щодо використання методів управління електроспоживанням

Саме тому проведення комплексної оцінки ефективності використання методів управління та формування уніфікованої моделі з урахуванням реакції споживачів є актуальною на теперішній час.

Метою роботи є оцінювання ефективності заходів з управління попитом на електричну енергію шляхом здійснення моделювання параметрів управління з використанням можливостей алгоритмів нечіткої логіки.

Виклад матеріалу дослідження

Кожний з методів управління електроспоживанням має значну кількість показників та параметрів, що їх характеризують особливо значну частку (див. рис. 1) складають економічні та технічні методи, відносні значення яких можна визначити простим порівнянням результатів за визначений період часу: кількість відпущеної електроенергії, характеристики попиту, використання встановленої потужності, кількість споживачів по групах, тариф, прибуток енергетичних підприємств, рентабельність, технічні витрати або небаланс електроенергії в мережі. Серед адміністративно-правових методів, направлених на управління електроспоживанням, існує значна їх кількість, яка регламентує поведінку споживачів та виробників і, тим самим, обмежує їх взаємовідносини, використовуючи технічні та економічні характеристики.

Взаємовідносини в електроенергетичній сфері і перехід до ринкових умов потребує вдосконалення, визначення ефективності використання методів управління електроспоживанням, основаних на всебічному аналізі і прогнозуванні ринкових факторів для прийняття обґрунтованих рішень щодо різних аспектів взаємовідносин суб'єктів ринку. Тому впровадження та розробка методів управління потребують розв'язання значної кількості задач: вибір критеріїв, використання математичного апарату, використання обмежених статистичних та експертних даних, дослідження реакції споживача, оцінка якісних та кількісних характеристик. Отже, найперспективнішим напрямком для розв'язання задач управління попитом, враховуючи існуючу невизначеність, є апарат нечітких множин і нечіткої логіки, який дозволяє оцінити вплив методів управління на групи споживачів електроенергії. Тому наведемо основні переваги використання моделі нечіткої логіки:

— методи нечіткої логіки дають можливість якісно, вербально описати предметну задачу шляхом введення понять лінгвістичних змінних зі зрозумілим для експерта змістом, які визначаються не числами, а нечіткими поняттями;

— застосування апарату нечітких множин дозволяє формалізувати гнучкіші зв'язки між параметрами кожного з досліджуваних методів управління, що в більшій мірі відповідає природі досліджуваних реальних взаємодій в електроенергетиці;

— нечіткі методи дають можливість приймати рішення в умовах неповної інформації через узагальнення та аналіз якісних значень, що є дуже важливим під час прийняття рішень в умовах невизначеності.

Для використання моделей нечіткої логіки в управлінні електроспоживанням в якості інструментів підтримки прийняття рішень є визначення факторів, які слід враховувати в процесі прогнозування. Відповідно, групи факторів мають відображати специфіку енергосистеми як на державному, так і на регіональному рівнях, взаємовідносини між суб'єктами ринку: потребу і вигоду споживачів, електропостачальних організацій та генерувальних компаній. Алгоритм використання нечітких моделей для визначення ефективності використання методів управління електроспоживанням показано на рис. 2.



Рис. 2. Алгоритм оцінювання ефективності використання методів управління електроспоживанням в умовах невизначеності

Згідно з алгоритмом проведемо оцінювання впливу методів управління на групи споживачів електроенергії і розглянемо для прикладу економічні методи управління.

В роботі [11] проведено аналіз індикаторів відповідно до методів управління і взаємодії суб'єктів електроенергетики. Тому для проведення розрахунку використаємо низку індикаторів, які опосередковано можуть відображати реакцію споживачів на застосування економічних методів управління електроспоживанням, а саме: коефіцієнт нерівномірності K_n , коефіцієнт заповнення K_z , коефіцієнт нерівномірності в нічний період доби $K_{н.п.}$. Перераховані показники прості та доступні для проведення розрахунків. В результаті проведеної роботи були отримані їх значення за період з 2007 по 2011 роки.

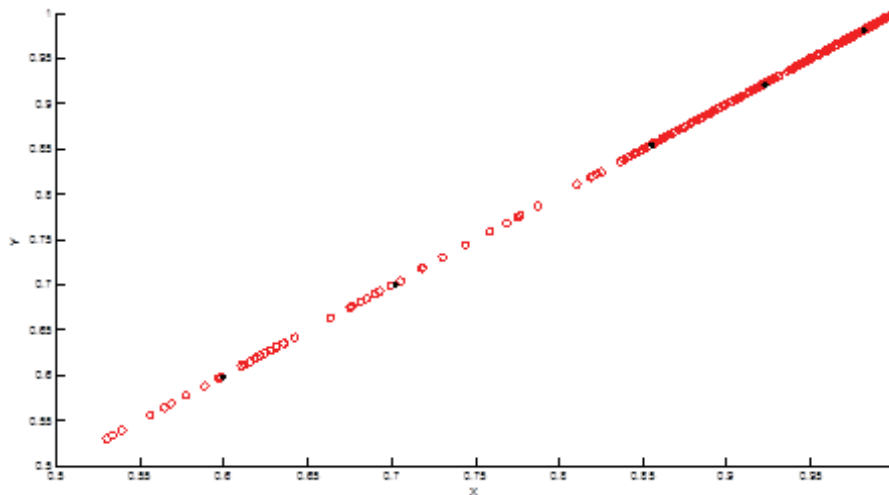
Для проведення моделювання з використанням методів нечіткої логіки потрібно дослідити та визначити шкалу для оцінювання коефіцієнтів лінгвістичними змінними.

Використовуючи значення коефіцієнтів, проведемо їх кластеризацію за алгоритмом нечітких s -середніх (рис. 3). Відповідно до отриманих даних, враховуючи центри кожного кластера, що зведені в табл. 1, перейдемо до побудови функцій належності.

Таблиця 1

Значення центрів кластерів для коефіцієнта заповнення

	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4	Кластер 5
Координати центрів	0,981	0,922	0,855	0,701	0,598

Рис. 3. Результати кластеризації значень K_3

Для побудови функцій належності використано трикутні функції належності, які аналітично задаються виразом

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq a, \quad u \geq c; \\ \frac{u-a}{b-a}, & a < u \leq b; \\ \frac{c-u}{c-b}, & b < u < c. \end{cases} \quad (1)$$

де a, b, c — числові параметри функції, які можна охарактеризувати як (a, c) — носії нечіткої множини — песимістична оцінка нечіткого числа; b — координата максимуму — оптимістична оцінка нечіткого числа.

Відповідно до алгоритму була проведена аналогічна робота щодо аналізу коефіцієнтів і сформована шкала для оцінки лінгвістичних змінних (табл. 2). Для вихідного показника «Ефективність економічних методів» пропонуємо використати п'ять терм-множин лінгвістичних змінних: «дуже низька», «низька», «середня», «висока» та «дуже висока». Ця шкала досить проста, зрозуміла і легка для оцінювання.

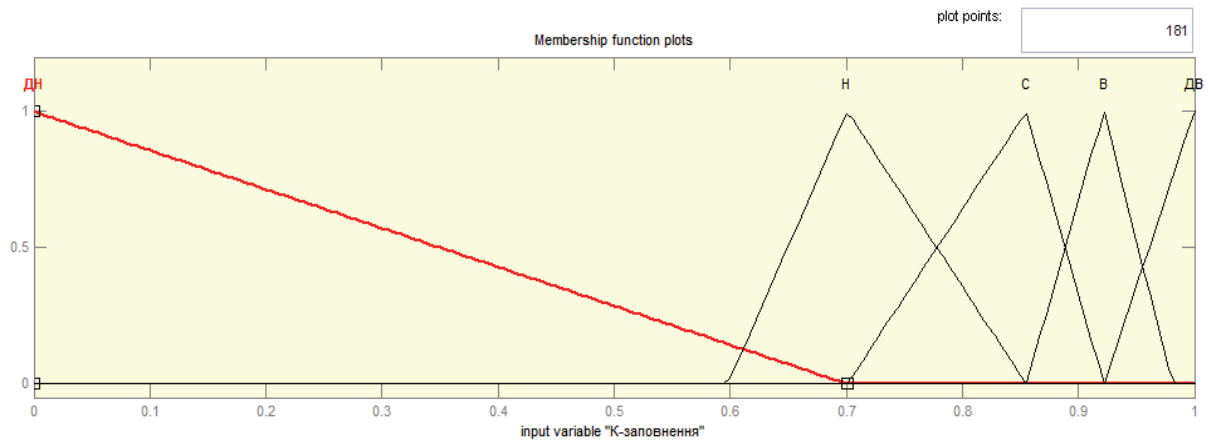
Таблиця 2

Шкала для оцінки лінгвістичних змінних

Показники для оцінки	Шкала для оцінки показників				
	ДН	Н	С	В	ДВ
X_{11} — коефіцієнт нерівномірності	0...0,437	0,28...0,73	0,437...0,854	0,73...0,964	0,854...1
X_{12} — коефіцієнт заповнення графіка навантаження	0...0,701	0,598...0,855	0,701...0,922	0,855...0,981	0,922...1
X_{13} — коефіцієнт нерівномірності в нічний період доби	0...0,616	0,240...0,783	0,616...0,887	0,783...0,973	0,887...1

Для реалізації процесу нечіткого моделювання використаємо середовище MATLAB та його спеціальний пакет розширення Fuzzy Logic Toolbox. За допомогою теорії нечітких множин та нечіткої логіки сформовано експертну базу правил, яка дозволить зробити висновок про якість використання економічних методів управління.

На рис. 4 показано приклад функції належності терм-множин вхідних змінних, що складені на основі розглянутих вище варіантів подання показників.

Рис. 4. Налаштування трикутних функцій належності для показника X_{12}

Нечіткий висновок формується за алгоритмом Мамдані. При формуванні правил для оцінювання враховувались вагові коефіцієнти, визначені за експертним методом, зокрема $W = [0,5; 1]$. Графічне зображення поверхні нечіткого висновку (рис. 5) дозволяє візуалізувати графіки залежності вихідної змінної від окремих вхідних. Відповідно до моделі можна провести оцінку використання економічних методів для управління електроспоживанням. Область, що характеризує ефективність, зображено на перетині значень X_{13} — коефіцієнта нерівномірності в нічний період доби — і X_{12} — коефіцієнта заповнення графіка навантаження в діапазоні $[0,8...1]$.

Зазначена модель у подальшому може бути удосконалена доповненням та зміною індикаторів для проведення аналізу.

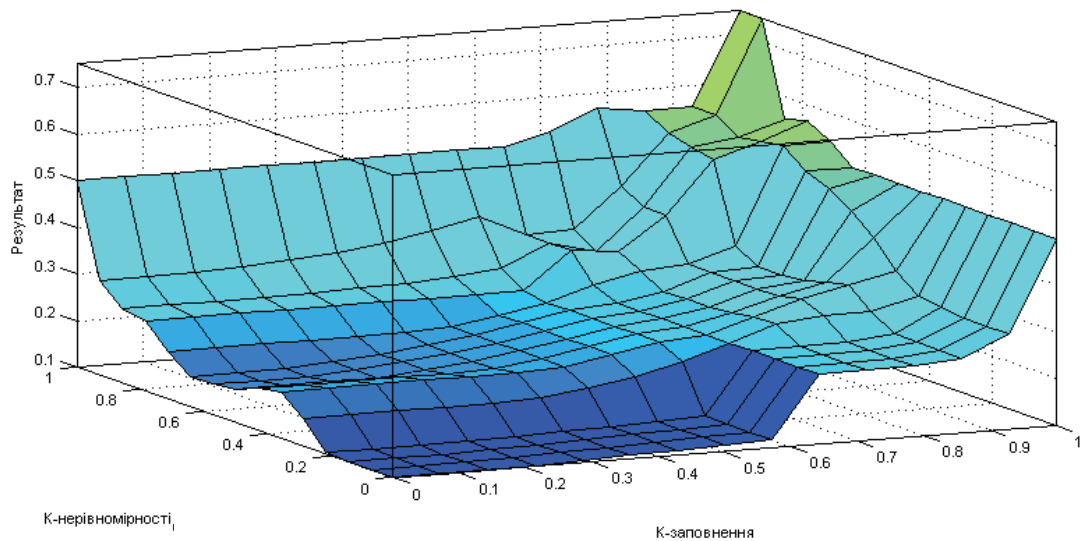


Рис. 5. Поверхня нечіткого висновку для розробленої моделі

У цьому випадку розглядався підхід до формування моделі для оцінки економічних методів управління, відповідно для проведення комплексного підходу потрібно проводити моделювання за ієрархічними рівнями, щоб отримати загальну оцінку методів управління на споживання електричної енергії.

Висновки

Запропонований підхід дозволяє створити уніфіковану модель для оцінювання та аналізу можливості та ефективності використання методів управління електроспоживання для груп споживачів електричної енергії як на рівні електропередавальної організації, так і ОЕС України. Результати такого аналізу можуть стати підґрунтям для формування національної концепції управління попитом на електричну енергію та потужність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Праховник А. В. Ефективне енерговикористання в Україні: основні проблеми та шляхи їх вирішення / А. В. Праховник, С. В. Іншеков // Управління енерговикористанням : зб. доп. ; під заг. ред. А. В. Праховника. — К. : Альянс за збереження енергії, 2001. — С. 19—35.
2. Енергоринок та тарифна політика України у сфері електроенергетики / [А. І. Замулко, С. М. Іншеков, В. Ф. Находов та ін.] // Управління енерговикористанням : зб. доп. ; під заг. ред. А. В. Праховника. — К. : Альянс за збереження енергії, 2001. — С. 242—365.
3. Згуровець О. В. Эффективные методы управления потреблением электрической энергии / О. В. Згуровець, Г. П. Костенко // Проблемы загальної енергетики. 2007. — № 16 — С. 75—80.
4. Крикавський С. Маркетинг енергозабезпечення : моногр. / С. Крикавський, Н. Косар, Л. Мороз. — Львів : Львівська політехніка, 2001. — 196 с.
5. Веремійчук Ю. А. Комплексне управління електроспоживання, засноване на маркетингових підходах / А. І. Замулко, Ю. А. Веремійчук // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики : IX-та Міжнар. наук.-практ. конф. аспірантів, магістрів, студентів. — Київ, 19—22 квітня 2011 р.
6. Нагорная В. Н. Экономика энергетики : учеб. пос. / Н. В. Нагорная // Дальневосточный государственный технический университет. — Владивосток : изд-во ДВГТУ, 2007. — 157 с.
7. Исследования методов моделирования для повышения качества электрической энергии в системах электроснабжения потребителей электроэнергии / [Л. Б. Жорняк, Т. А. Ерж, В. И. Осинская, С. О. Баранник] // Электротехника і Електромеханіка. — 2010. — № 2. — С. 63—67. — ISSN 2074-272X.
8. Мишура А. В. Оценка эластичности спроса на электроэнергию основных групп производственных потребителей в России / А. В. Мишура // Регион: экономика и социология, 2009. — № 2. — С. 110—124.
9. Эйфельд А. А. Моделирование двухставочного тарифа на электроэнергию с учетом социальной нормы потребления на примере населения г. Волгограда / А. А. Эйфельд // Управление большими системами. — Вып. 28. — С. 197—210.
10. Папков Б. В. Анализ проблем формирования внедрения дифференцированных тарифов на электроэнергию [Электронный ресурс] / Б. В. Папков // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» — № 6. — Июль, 2003 г. — Режим доступа : <http://www.esco-ecosys.narod.ru/>.
11. Веремійчук Ю. А. Аналіз індикаторів управління споживанням електричної енергії / А. І. Замулко, Ю. А. Веремійчук // Економічна безпека держави і науково-технологічні аспекти її реалізації : пр. IV Міжнар. наук.-практ. семінару. — Дніпропетровськ, НГУ. — 23—26 жовтня 2012 р.

Рекомендована кафедрою електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Стаття надійшла до редакції 2.01.2013

Рекомендована до друку 15.02.2013

Веремійчук Юрій Андрійович — аспірант, **Замулко Анатолій Ігорович** — доцент.

Кафедра електропостачання, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ