

В. Ф. Находов, канд. техн. наук, доц.;
Т. В. Яроцька, асп.;
А. О. Горбоненко, студ.

МЕТОДОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ТА КОРЕГУВАННЯ ВПЛИВУ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНИХ ТАРИФІВ НА КОНФІГУРАЦІЮ ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМИ УКРАЇНИ

Запропоновано методологію аналізу достатності впливу диференційованих за часом тарифів на режими споживання електричної енергії та потужності в ОЕС України. Описано алгоритм визначення основних напрямків їх подальшого корегування і модифікації.

Попит споживачів на електричну потужність та енергію в об'єднаній енергетичній системі (ОЕС) України має нерівномірний характер, що особливо негативно впливає на формування та покриття добових графіків її електричного навантаження. Водночас, структура генеруючих потужностей ОЕС не відповідає тим співвідношенням базових і пікових потужностей, які є необхідними для ефективного регулювання добових графіків навантаження енергосистеми.

Оперативне управління режимами виробництва електричної енергії в ОЕС України здійснюється, головним чином, за рахунок використання маневрених можливостей конденсаційних енергоблоків теплових електростанцій генерувальних компаній (ТЕС ГК), у більшості випадків низькоефективних, а також шляхом зміни кількості цих енергоблоків, що знаходяться в роботі протягом доби. Енергоблоки ТЕС найчастіше залишаються єдиним засобом регулювання режимів виробництва електричної енергії в об'єднаній енергосистемі у нічний період. У зв'язку з вимушеним використанням енергоблоків теплових електростанцій як маневрених потужностей енергосистема несе значні додаткові витрати. Зазначені додаткові експлуатаційні витрати генерувальних компаній можуть бути суттєво зменшені, у разі вирівнювання добових графіків навантаження енергетичної системи, яке може здійснюватися, зокрема, шляхом управління попитом споживачів на електричну потужність.

На сьогоднішній день в Україні єдиним ринковим засобом економічного управління попитом на електричну потужність є тарифи на електроенергію [1, 2], диференційовані за зонами доби (далі — диференційовані тарифи), які певною мірою залучають споживачів до «режимної» взаємодії з енергосистемою, стимулюючи їх до вирівнювання добових графіків навантаження ОЕС. Такі тарифи діють в Україні з 1995 року. Однак, не зважаючи на постійне збільшення кількості споживачів електричної енергії, що розраховуються за диференційованими тарифами, а також на зростання обсягів їх річного електроспоживання, застосування цих тарифів протягом останнього часу практично не привело до помітного покращення конфігурації добових графіків електричного навантаження енергосистеми. Тобто протягом останніх 10 років подальшого вирівнювання добових графіків навантаження енергосистеми практично не відбувалося [3, 4].

За останнє десятиліття структура споживання електричної енергії суттєво змінилася, проте підходи до формування диференційованих тарифів на електроенергію з часу їх введення у дію залишились майже незмінними. З іншого боку, за весь час існування диференційованих тарифів ґрунтовний аналіз їх впливу на конфігурацію графіка навантаження ОЕС не здійснювався. Хоча цілком очевидним є те, що для забезпечення можливості дієвого управління попитом споживачів на електричну потужність диференційовані тарифи на електроенергію повинні відповідати реальному характеру зміни електричного навантаження ОЕС.

Зазначене дозволяє стверджувати, що діючі в Україні диференційовані за періодами часу тарифи на електроенергію потребують якнайскорішого удосконалення і подальшого розвитку. Зокрема, основою для цього повинен стати періодичний аналіз результатів використання диференційованих за періодами часу тарифів на електричну енергію та їх коригування.

Аналіз результатів впливу диференційованих тарифів на конфігурацію сумарного графіка навантаження енергосистеми слід здійснювати принаймні щорічно. При цьому процес аналізу включає три основних етапи (рис. 1).

Першим етапом є аналіз достатності впливу диференційованих за періодами часу тарифів на конфігурацію графіка навантаження енергосистеми.

Метою виконання цього етапу аналізу є кількісна оцінка суттєвості впливу диференційованих за періодами часу тарифів на електричну енергію на конфігурацію сумарного графіка навантаження енергосистеми, а також відповідності встановленої тривалості та меж існуючих тарифних зон доби реальним потребам управління попиту споживачів на електричну потужність.

На цьому етапі проводиться кількісна оцінка характеру та ступеня впливу зміни попиту на електричну потужність групи споживачів, що використовують диференційовані тарифи («дифтарифних» споживачів), на нерівномірність (дисперсію) добового графіка навантаження енергосистеми.

Ступінь впливу «дифтарифних» споживачів на сумарний графік навантаження енергосистеми можна оцінити з використанням методів статистичного дисперсійного аналізу. Зокрема, при цьому може бути визначений коефіцієнт впливу попиту на електричну потужність «дифтарифних» споживачів на конфігурацію графіка навантаження енергосистеми [5]. Такий коефіцієнт характеризує частку дисперсії графіка навантаження енергосистеми, яку створює попит на потужність «дифтарифних» споживачів. При цьому, знак цього коефіцієнту визначає характер впливу цієї групи споживачів на нерівномірність навантаження ОЕС України. Значення коефіцієнтів впливу споживачів, які використовують диференційовані тарифи на електричну енергію для кількох попередніх років наведено в табл. 1

Динаміка зміни коефіцієнту впливу, наведена в табл. 1, свідчить, що «дифтарифні» споживачі знижують нерівномірність графіка навантаження енергосистеми трохи більше, ніж на 10 %. На якісному рівні можна припустити, що такий вплив на графіки навантаження енергосистеми є недостатнім. Однак, зазначений коефіцієнт не дозволяє кількісно оцінювати достатність впливу «дифтарифних» споживачів на конфігурацію графіків навантаження енергосистеми.

Зрозуміло, що для повного вирівнювання графіка навантаження енергосистеми попит на потужність «дифтарифних» споживачів повинен бути дзеркальним відображенням графіка навантаження всіх інших споживачів. Тобто, основною задачею групи споживачів, що використовують диференційовані тарифи, є протидія зміні навантаження всіх інших споживачів.

Тому з метою аналізу суттєвості впливу «дифтарифних» споживачів на сумарний графік навантаження енергосистеми можуть бути застосовані статистичні методи, згідно яких відповідні добові графіки навантаження розглядаються як статистичні вибірки. Зокрема, вплив нерівномірності попиту будь-якої групи споживачів на графік навантаження енергосистеми можна оцінити за критерієм Фішера [6]. Застосування цього критерію може бути продемонстроване на прикладі характерних графіків навантаження споживачів, які використовують диференційовані тарифи та всіх інших споживачів, що спостерігалися у 2010 році (рис. 2).

Розрахункове значення критерію Фішера для наведених графіків складає 0,0227, що значно нижче критичного значення [0,4964; 2,0144].

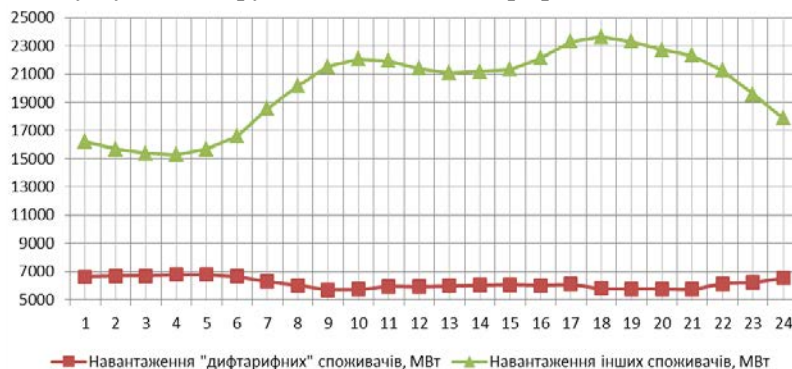


Рис. 2. Характерні графіки навантаження споживачів, що використовують диференційовані тарифи, та всіх інших споживачів



Рис. 1. Основні етапи аналізу та корегування диференційованих за періодами часу тарифів на електричну енергію

Таблиця 1
Коефіцієнти впливу зміни попиту споживачів, що використовують диференційовані тарифи на конфігурацію графіка навантаження енергосистеми

Рік	Коефіцієнт впливу
2008	-15,74 %
2009	-10,86 %
2010	-13,27 %

Отже, вплив споживачів, що використовують диференційовані тарифи, на нерівномірність сумарного графіка навантаження енергосистеми слід вважати недостатнім, тобто ця група споживачів не забезпечує необхідного зниження нерівномірності попиту на потужність всіх інших споживачів. Очевидно, що за наявних співвідношень середньої потужності зазначених груп споживачів досягнення суттєвого впливу «дифтарифних» споживачів на нерівномірність навантаження енергосистеми є неможливим.

Однак, з іншого боку важливо проаналізувати чи існуючий вплив «дифтарифних» споживачів на нерівномірність навантаження енергосистеми має потрібний характер у розрізі встановлених зон доби. З цією метою можна визначити варіації навантаження «дифтарифних» та всіх інших споживачів для кожної години доби. Для відповідних графіків навантаження, що спостерігались у 2010 році, зміна навантаження «дифтарифних» тарифи та всіх інших споживачів на протязі всієї доби є зустрічною, тобто зміна попиту «дифтарифних» споживачів в кожну годину доби протидіє зміні навантаження всіх інших споживачів.

Оцінка достатності протидії зміні навантаження зазначених груп споживачів може бути отримана шляхом розрахунку та аналізу відношення відповідних варіацій електричного навантаження (рис. 3).

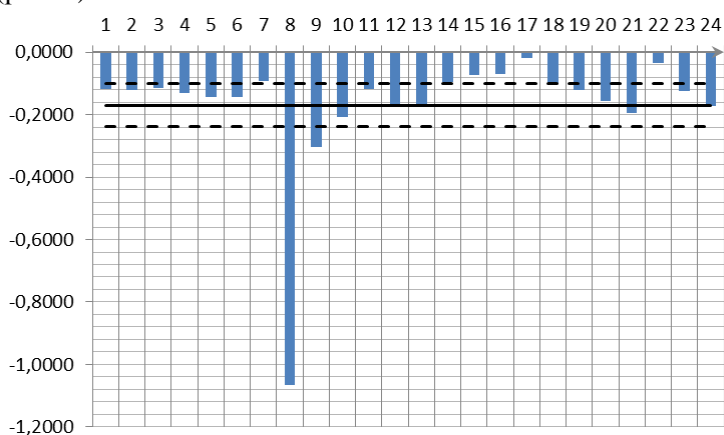


Рис. 3. Динаміка зміни відношення варіацій електричного навантаження «дифтарифних» та всіх інших споживачів

Як випливає з рис. 3, ступінь протидії зміні попиту «дифтарифних» та інших споживачів є суттєво нерівномірним протягом доби. Отже, аналіз достатності впливу «дифтарифних» споживачів на нерівномірність навантаження енергосистеми протягом доби має полягати у визначенні годин, в яких протидія цієї групи споживачів зміні навантаження енергосистеми є середньою, або суттєво відрізняється від її середньої величини. З цією метою, необхідно побудувати довірчий інтервал для зазначеної середньої величини. Побудувати такі довірчі інтервали можна використовуючи статисти-

чний критерій Стюдента [6].

Для відношень варіацій електричного навантаження «дифтарифних» та інших споживачів, наведених на рис. 3, їх середнє значення складає $-0,1694$. При рівні значимості похибки $q = 0,01$ довірчий інтервал для середньої величини відношень варіацій електричного навантаження «дифтарифних» та всіх інших споживачів визначається межами $[-0,2377; -0,1011]$. Таким чином, протягом 8-ї та 9-ї годин доби вплив «дифтарифних» споживачів на конфігурації графіка навантаження енергосистеми є вищим за середній. Одночасно протидія «дифтарифних» споживачів зміні навантаження енергосистеми є найменшою протягом 7-ї, 14—17-ї та 22-ї годин.

Отже, з метою подальшого вирівнювання графіка електричного навантаження енергосистеми саме в ці години доби (7-му, 14—17-ту та 22-гу) слід було б суттєво підсилити протидію «дифтарифних» споживачів зміні навантаження всіх інших споживачів енергосистеми. Тоді, як в усі інші години доби цю протидію в існуючих умовах можна вважати достатньою.

Другим етапом запропонованої методології аналізу та корегування диференційованих за часом тарифів є оптимізація впливу «дифтарифних» споживачів на нерівномірність графіка навантаження енергосистеми.

Метою проведення цього етапу є визначення оптимальних з точки зору вирівнювання навантаження енергосистеми значень погодинного попиту на електричну потужність «дифтарифних» споживачів.

Суть задачі оптимізації полягає в формуванні такого графіка попиту на потужність споживачів, що використовують диференційовані тарифи на електричну енергію, який забезпечував би максимально можливе вирівнювання графіка навантаження енергосистеми, за умови незмінності попиту на потужність всіх інших споживачів та існуючого діапазону регулювання навантаження «дифтарифних» споживачів.

Третім етапом є періодичне корегування диференційованих за часом тарифів, яке здійснюється на основі результатів аналізу достатності їх впливу на конфігурацію графіка навантаження енергосистеми та оптимізації протидії «дифтарифних» споживачів на зміні попиту на електричну потужність всіх інших споживачів.

Метою виконання цього етапу є визначення скоригованих меж тарифних зон доби та тарифних коефіцієнтів, які забезпечували б оптимальний вплив «дифтарифних» споживачів на конфігурацію графіка навантаження енергосистеми. При цьому скориговані межі зон доби визначаються за результати другого етапу аналізу результатів використання диференційованих тарифів. А скориговані тарифні коефіцієнти можуть встановлюватись на основі ретроспективного статистичного аналізу змін попиту споживачів, що були викликані попередніми змінами відповідних тарифних коефіцієнтів.

Висновки

1. Діючі в Україні диференційовані за періодами часу тарифи на електроенергію потребують якнайскорішого удосконалення і подальшого розвитку.

2. Основою для корегування диференційованих тарифів повинен стати періодичний аналіз результатів їх використання.

3. Аналіз суттєвості впливу «диференційованих» тарифів на конфігурацію графіка навантаження енергосистеми в цілому можна здійснювати шляхом визначення відповідних коефіцієнтів впливу, а також застосування статистичного критерію Фішера.

4. Коригування меж та тривалості встановлених зон доби слід здійснювати за результатами аналізу достатності впливу «дифтарифних» споживачів на нерівномірність графіка навантаження енергосистеми протягом доби, а також на підставі оптимізації впливу «дифтарифних» споживачів на нерівномірність навантаження енергосистеми.

5. Скориговані тарифні коефіцієнти можуть встановлюватись на основі ретроспективного статистичного аналізу змін попиту споживачів, що були викликані попередніми змінами відповідних тарифних коефіцієнтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Михайлов В. В. Тарифы и режимы электропотребления / В. В. Михайлов. — М. : Энергоатомиздат, 1986. — 216 с.
2. Папков Б.В. Электроэнергетический рынок и тарифы : учеб. пос. / Б. В. Папков. — Н. Новгород : Нижнегород. гос. техн. ун-т, 2002. — 252 с.
3. Енергоринок та тарифна політика України у сфері електроенергетики / Управління енерговикористанням : зб. доп. / Під заг. ред. д.т.н., проф. А. В. Праховника. — К. : Альянс за збереження енергії, 2001. — С. 242—357.
4. Аналіз основних причин нерівномірності попиту споживачів на електричну енергію у розрізі груп споживачів та регіонів України : заключний звіт про виконання НДР. — Київ, 2009. — 240 с.
5. Находов В. Ф. Тарифи на електричну енергію в системі управління режимами енерговикористання / В. Ф. Находов, А. І. Замулко // Наукові вісті НТУУ «КПІ». — 1999. — № 1. — С. 38—43.
6. Большев Л. Н. Таблицы математической статистики / Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. — [3-е изд.] — М. : Наука, 1983. — 474 с.

Рекомендована кафедрою електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Стаття надійшла до редакції 10.10.11

Рекомендована до друку 25.11.11

Находов Володимир Федорович — доцент, **Яроцька Тетяна Володимирівна** — аспірантка, **Горбоненко Альона Олександрівна** — магістрант.

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