

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"

Підвищення ефективності енергозабезпечення кінцевого споживача шляхом саморегулювання

1. ВЕРЕМІЙЧУК Юрій Андрійович – к.т.н., асистент кафедри електропостачання Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут".
2. ГОНЧАРЕНКО Ігор Станіславович – аспірант Інституту електродинаміки НАН України.
3. ЛИСЕНКО Оксана Миколаївна – науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України.
4. ЧЕРКАШИНА Галина Ігорівна – к.т.н., старший викладач кафедри електричних станцій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Реферат

Київ – 2016

Мета роботи – підвищення енергоефективності генерації, транспортування, розподілу і споживання електричної та/або теплової енергії шляхом ефективного управління оптимальними режимами енерговикористання самими кінцевими споживачами (підприємства промисловості, підприємства житлово-комунальної сфери, індивідуально-побутові споживачі тощо).

Наукова новизна.

1. Запропоновано проведення оцінювання методів управління електроспоживанням на базі використання теорії нечітких множин, що дає змогу сформулювати моделі оцінки регулювання навантаженням для створення механізмів впливу електропередавальних організацій на рівень нерівномірності споживання електричної енергії.

2. Вдосконалено метод формування груп споживачів за критерієм оцінки режимів електроспоживання, що дає можливість підвищити рівень ефективності управління режимами електроспоживання в умовах поліваріантності тарифних систем.

3. Визначені тип (електричні водяні нагрівачі ємнісного типу) та необхідні характеристики (об'єм, параметри електричного теплоаккумулятора, його встановлена потужність) побутових споживачів-регуляторів для обґрунтування можливості управління ними при процесах вирівнювання графіків електричного навантаження систем електропостачання побутового сектору.

4. Удосконалений пріоритетно-кроковий метод для реалізації можливості управління споживачами-регуляторами у побутовому секторі.

5. Розроблена методика визначення плати за послуги регулювання побутовим споживачам-регуляторам, як складова тарифу на електричну енергію.

6. На основі моделювання теплового стану приміщень будівлі, створено алгоритм ефективного погодозалежного управління теплоспоживанням будівлі (з врахуванням робочого, неробочого часу та святкових і вихідних днів).

7. Розроблено моделі та методи реалізації комплексного підходу в розв'язанні задачі оптимізації місць встановлення та необхідної потужності розосередженої генерації, що дає змогу ефективно та безпечно інтегрувати ці потужності в електричні мережі для кінцевого споживання.

8. Запропоновано методику врахування стохастичного характеру роботи джерел розосередженої генерації на базі відновлюваних джерел енергії при довго- та середньостроковому прогнозуванні їхньої генерації в структурі енергосистем, що дає змогу знизити величину необхідного резерву потужності та спрощує ведення режиму при проходженні точок добового мінімуму та максимуму навантаження.

Практична значимість. Обґрунтовано метод формування груп споживачів за критерієм оцінки режимів електроспоживання, що дає можливість підвищити рівень ефективності управління режимами електроспоживання в умовах поліваріантності тарифних систем. Розроблено систему оцінювання методів управління електроспоживанням на базі використання теорії нечітких множин, що дає змогу сформулювати моделі оцінки регулювання навантаженням для створення механізмів впливу електропередавальних організацій на рівень нерівномірності споживання електричної енергії. Удосконалено пріоритетно-кроковий метод для реалізації можливості управління споживачами-регуляторами у побутовому секторі.

На основі моделювання теплового стану приміщень будівлі, створено алгоритм ефективного погодозалежного управління теплоспоживанням будівлі (з врахуванням робочого, неробочого часу та святкових і вихідних днів), використання

якого на практиці дозволило зекономити до 15% теплової енергії. За результатами теоретичних розрахунків та експериментальних досліджень визначені тип (електричні водяні нагрівачі ємнісного типу) та необхідні характеристики (встановлена потужність) побутових споживачів-регуляторів для обґрунтування можливості управління ними при процесах вирівнювання графіків електричного навантаження систем електропостачання побутового сектору. Розроблена методика визначення плати за послуги регулювання, як складова тарифу на електричну енергію, побутовим споживачам-регуляторам. Удосконалено спосіб електропостачання побутових споживачів за рахунок введення додаткового їх підключення до розподільчих мереж. Запропоновані заходи щодо вирівнювання графіків навантаження споживачами електроенергії, реалізовані в нормативному документі Міненерговугілля України «Методичні вказівки з аналізу технологічних втрат електричної енергії та вибору заходів щодо їх зниження» (СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-96:2014, наказ Міненерговугілля України від 24.02.2014р. №217).

Практичну цінність підтверджено відповідними актами впровадження, наданими Державною інспекцією України з енергетичного нагляду за режимами споживання енергетичної і теплової енергії, АК «Харківобленерго» (м. Харків), Управлінням паливно-енергетичного комплексу обласної державної адміністрації Харківської області (м. Харків), ТОВ «Прогноз Україна» (м. Київ), ТОВ «Завод енергетичного обладнання «ДАН» (м. Київ), ТОВ «РБСА» (м. Київ).

Теоретичні та експериментальні результати роботи впроваджені також у навчальному процесі кафедри електропостачання НТУУ «КПІ», кафедри електричних станцій НТУ «ХПІ».

У вступі обґрунтовується актуальність теми наукової роботи.

У першому розділі наведено аналіз використання методів управління електроспоживання, шляхів та можливостей зменшення нерівномірності споживання електричної енергії, враховуючи процес реформування галузі, а також розглянуто нові підходи до генерування електричної енергії, зокрема, розосереджені джерела електроенергії. Визначено проблеми, які можуть виникнути за умов активного впровадження розосередженої генерації в електричній мережі, проаналізовано світовий досвід розв'язання задачі пошуку місць встановлення та потужності розосередженої генерації на базі відновлювальних джерел енергії.

На основі огляду вітчизняних та закордонних літературних джерел, що присвячені питанням управління режимами енерговикористання, проаналізовано ряд методів та заходів, які використовуються для управління режимами електро- та теплоспоживанням. Визначено, що проведення оцінювання ефективності використання методів управління і дослідження їх характеристик з урахуванням взаємозв'язків між суб'єктами електро- та теплоенергетики є невід'ємними складовими в реалізації процесу комплексного управління режимами енерговикористання.

Розглянуто сучасні проблеми теплозабезпечення кінцевих споживачів. Встановлено, що найбільше втрачається теплоти в будівлях, в яких знаходяться основні резерви економії первинного палива. Розроблені ефективні організаційні, нормативно-технічні та інженерні заходи щодо підвищення енергоефективності будівель та реалізації енергозбереження в них.

Основний зміст роботи виконаний відповідно до прийнятих Україною зобов'язань послідовної імплементації енергетичного законодавства ЄС, а саме директив: EPBD (Energy Performance of Buildings Directive 2010/31/EU) - директива

щодо енергетичних характеристик будівель; EED (The Energy Efficiency Directive 2012/27/EU) – директива з енергетичної ефективності; Ecodesign (Ecodesign of Energy Using Products Directive 2009/125/EC) – директива з екологічного проектування продукції, яка пов'язана з енергоспоживанням; Energylabel (Energy Labeling Directive 2010/30/EU) – директива щодо маркування продукції класом енергетичної ефективності.

В якості ефективних шляхів реалізації вказаних директив розглядалися найсучасніші вимоги європейських стандартів (EN 16001) і серій міжнародних стандартів з енергетичного менеджменту ISO:500XX.

У другому розділі проведено оцінювання та аналіз споживачів електричної енергії із врахуванням досвіду та існуючих підходів щодо сегментування ринку електричної енергії. Розроблено процедури та моделі оцінювання споживачів роздрібногo ринку електричної енергії з метою формування сегментів для управління електроспоживанням на регіональному рівні з урахуванням особливостей та впливових чинників. Досліджено існуючий рівень нерівномірності споживання електричної енергії та потенційно можливі зміни в умовах ринкових перетворень і запропоновано процедуру організації стимулювання споживачів до вирівнювання графіка електричних навантажень (ГЕН) в енергетичній системі за допомогою тарифів на електричну енергію (рис. 1). Сформовані групи споживачів за їх режимом споживання електричної енергії з використанням методів кластерного аналізу, дає змогу сформулювати підходи щодо використання методів управління електроспоживанням за даним розподілом. Для проведення дослідження використовувалися дані вимірювань електричного навантаження у режимні дні з 2008 по 2012 роки. Для аналізу визначалися наступні показники: коефіцієнт нерівномірності (K_n), коефіцієнт заповнення (K_3), дисперсія навантаження (D), коефіцієнт внеску ($K_{вн}$), коефіцієнт впливу ($K_{впл}$) та морфометричні параметри. Приклад отриманих результатів по формуванню груп споживачів наведений на рис. 2.

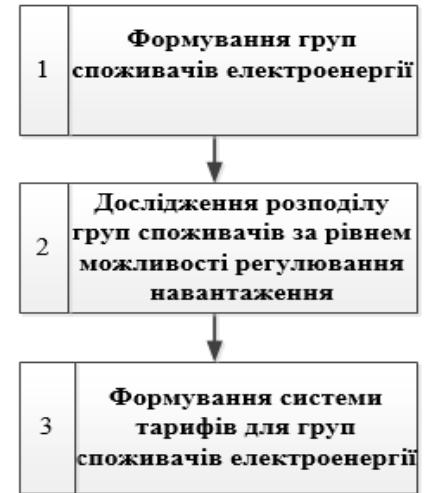


Рис. 1. Процедура організації стимулювання споживачів електричної енергії

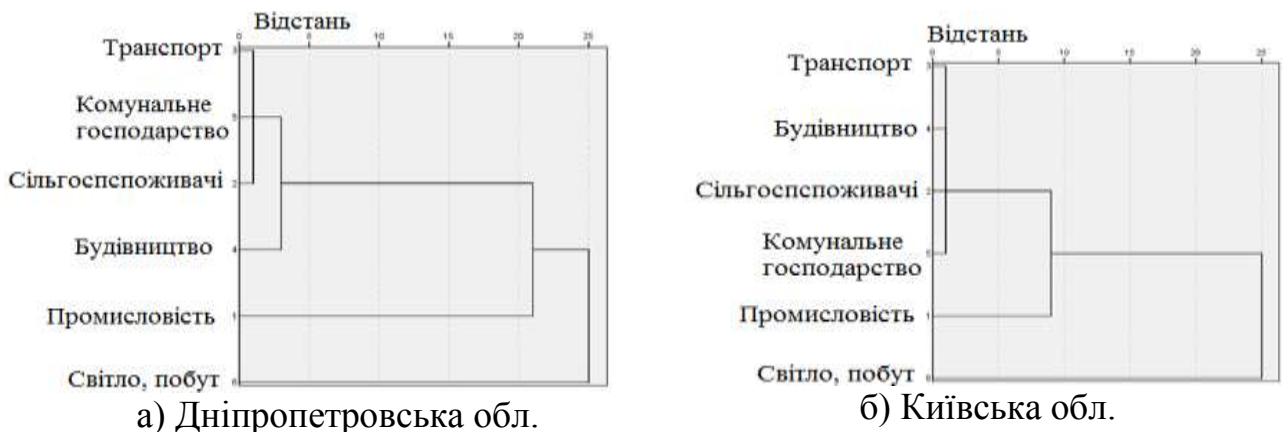


Рис. 2. Дендрограми кластеризації груп споживачів з використання характеристик ГЕН

Для зменшення невизначеності в процесі формування проектів рішень щодо

впровадження методів управління та оцінки їх ефективності у розрізі груп споживачів здійснено моделювання з використанням методів нечіткої логіки. Такий підхід надав можливість зробити висновок про потенціал регулювання навантаження у регіонах, що досліджувались. Графічне зображення поверхні нечіткого висновку (рис. 3) дає можливість візуалізувати графіки залежності вихідної змінної від окремих вхідних. Відповідно до досліджень можна провести оцінку потенціалу регулювання навантаження по кожному з регіонів та в цілому по ОЕС України. Встановлено, що значний резерв регулювання електроспоживанням в добовому циклі потребує посилення в стимулюванні споживачів до вирівнювання графіку навантаження енергосистеми. Тому запропоновано використання різних тарифних меню для груп споживачів електричної енергії. В роботі представлено ступінчасті структури для встановлення тарифів для груп споживачів відповідно до рівня управління електроспоживанням.

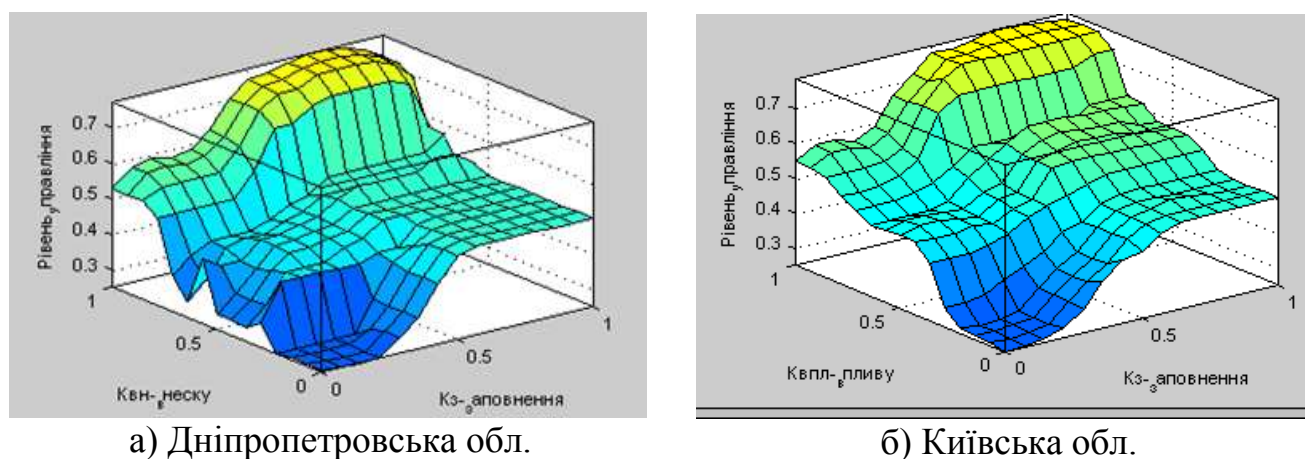


Рис. 3. Поверхня нечіткого висновку для розробленої моделі режимів навантаження

Таким чином, наведені вище методичні підходи до формування груп споживачів та визначення рівня регулювання навантаженням, розроблені з метою формування відповідних тарифних систем, які дають можливість підвищити рівень ефективності управлінні електроспоживанням.

Розроблено й апробовано процедуру використання методів управління електроспоживанням та принципів комплексної системи оцінювання в дослідженні тарифних систем, зокрема тарифів, диференційованих за періодами часу. Для опитування була сформована анкета, в якій об'єктом дослідження є реакція споживача на зміни показників тарифної системи. В результаті отримані дані щодо відношення промислових підприємств до зміни графіка навантаження за рахунок зміни цінових ставок в диференційованих тарифів за періодами часу доби.

Загальна схема проведення оцінювання представлена на рис. 4.

Формування матриць за результатами опитування, здійснювалось за двома періодами року – зима, літо, та за періодами доби споживання електричної енергії відповідно до варіантів диференційованих тарифів – (піковий, напівпіковий, нічний). За результатами опитування, виконано багатоваріантні розрахунки щодо використання комунікативних методів управління та досліджено реакцію споживачів електричної енергії на використання економічних стимулів в

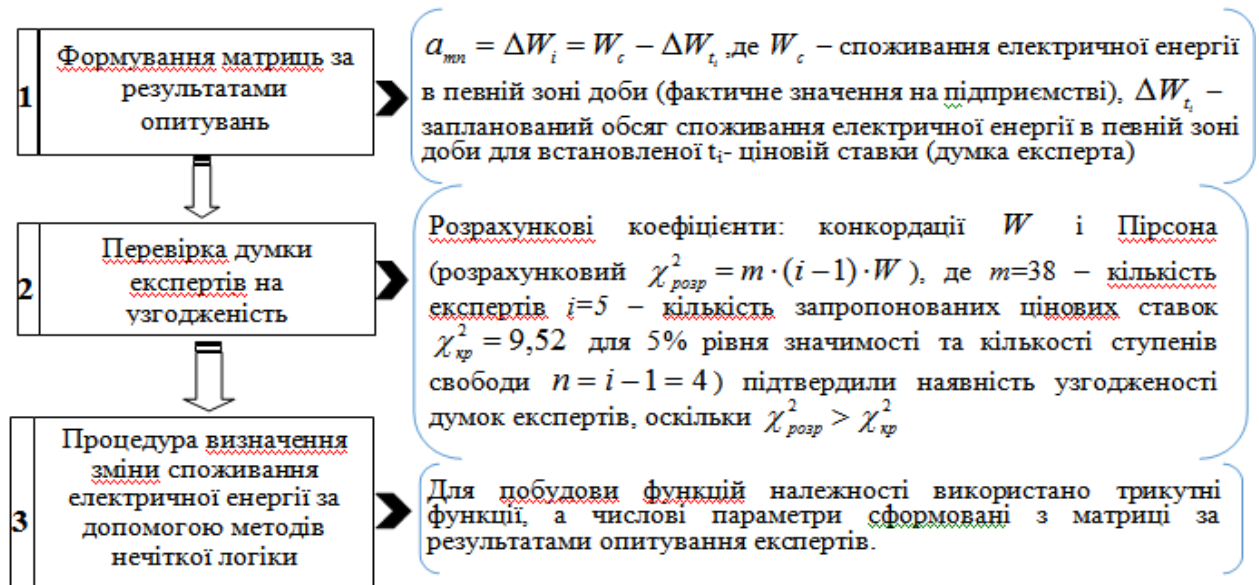


Рис. 4. Схема проведення оцінювання за результатами використання комунікативних методів

формуванні диференційованих тарифів за періодами часу доби в 12 областях України на 38 підприємствах. На рис. 5 відображено можливі зміни конфігурації в добових ГЕН системи в зимовий період в залежності від коефіцієнтів тарифних систем.

У третьому розділі визначений ресурс управління електроспоживанням, для чого розглянуті споживачі-регулятори (СР) у побутовому секторі, а саме електричні водяні нагрівачі емнісного типу (ЕВН ЄТ), які, виходячи з принципу роботи, призначені для частих комутацій та мають здатність до непрямого акумулювання електричної енергії у вигляді теплової енергії води. Ресурс цих електроприймачів у побуті є значним і має тенденцію до зростання. Відповідно до статистичних даних по Україні кількість продажу ЕВН ЄТ в період з 2000-2014 рр. зростає з 100 тис. шт. до 1 млн. шт. щорічно. Це зумовлено тим, що із 450 міст в Україні в 400 містах, включаючи деякі обласні центри, відсутнє гаряче водопостачання. На кінець 2014 р. встановлена сумарна потужність всієї кількості ЕВН ЄТ в Україні складає 5500 МВт, що відповідає рівню потенціалу ГЕС України і дає можливість сприймати ЕВН ЄТ, як ресурс для регулювання режимів ОЕС України.

В країні використовуються ЕВН ЄТ об'ємом від 30 літрів до 300 літрів води, що відповідає потребам від 2 до 6 мешканців оселі, тобто наявні всі характеристики для управління електроспоживанням.

Для реалізації можливості управління побутовими споживачами-регуляторами виконано розробку методу управління електричним навантаженням споживачів у побуті (на основі пріоритетно-крокового методу) для вирівнювання ГЕН та зменшення втрат електричної енергії в елементах систем електропостачання.

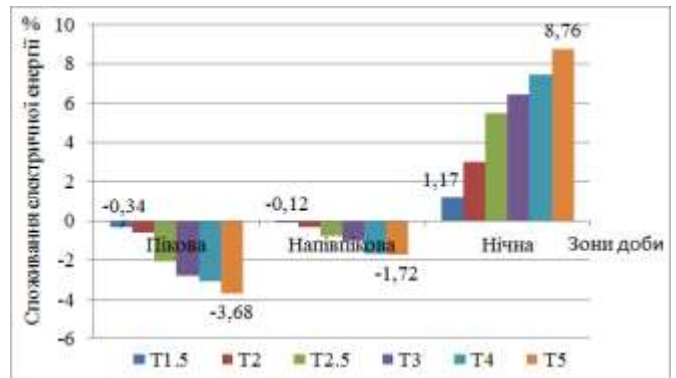


Рис. 5. Можливі зміни конфігурації в добових ГЕН системи в зимовий період

Відмінністю побутового електроспоживання є елемент ймовірності включення електроприймачів, що обумовлено людським фактором. У таких умовах доцільно враховувати кореляційні моменти групового графіка навантаження та ГЕН електроприймача. Для спрощення здійснено перехід до понять дисперсії та сформульовано наступну умову:

$$\sum_{r=1}^n (DP_{\text{ГЕН}} + Dp_r(t_{\text{ГЕН}r})) \rightarrow \min,$$

що є умовою вирішення задачі вирівнювання ГЕН у побуті. Для пошуку мінімуму розвинуто пріоритетно-кроковий метод та загальний підхід реалізовано поетапно за схемою:

Зміст етапу	Дисперсія ГЕН кожного зі СР, які беруть участь у процесі вирівнювання	Пріоритетний ряд ГЕН СР за умови зменшення значень дисперсії, тобто за умови виконання умови $DP_i > DP_{i+1}$, де i – порядковий номер ГЕН СР у пріоритетному ряду. Пріоритетний ряд будується на обраному інтервалі часу	Момент включення СР у груповий ГЕН на обраному інтервалі часу за умови виконання.
Графічне зображення	<p>Р, кВт</p> <p>ЕВН ЕТ1 ЕВН ЕТ2 ЕВН ЕТ3 ЕВН ЕТ4 ЕВН ЕТ5</p> <p>■ СР, кВт</p>	<p>Р, кВт</p> <p>ЕВН ЕТ5 ЕВН ЕТ4 ЕВН ЕТ2 ЕВН ЕТ1 ЕВН ЕТ3</p> <p>■ СР, кВт</p>	<p>Р, кВт</p> <p>0 1 2 3 4 5 6</p> <p>t, год</p>

Для отримання можливості залучення споживачів-регуляторів побутових користувачів ЕЕ до управління режимами енергетичної системи розроблено методику визначення плати за послуги «регулювання», як складової роздрібних тарифів для побутових споживачів на електричну енергію з урахуванням ефекту від системного регулювання.

Перенесення часу роботи електроприймачів на час позапікового споживання передбачає відмову на його включення у визначених проміжках часу. Таким чином, критерієм оцінки дискомфорту кінцевого споживача є вартість однієї відмови на включення у відповідній позапіковій зоні («пік» або «напівпік»), C_{Bi} . Плата за послуги «регулювання» $П_p$, визначається

$$П_p = \sum n_i \cdot C_{Bi},$$

де n_i – кількість відмов на включення у відповідній зоні позапікового споживання («пік» або «напівпік»).

Технічна реалізація управління побутовими споживачами-регуляторами можлива за рахунок розроблених системи та способу електропостачання, де споживачі-регулятори підключаються до джерела живлення, який через вимикач з прийомним пристроєм підключається на будь-яку з фаз на розподільчій установці трансформаторної підстанції

При використанні ресурсу побутових споживачів-регуляторів загальний ефект для енергосистеми України складається із:

1) зниження $D_{бр}^{сп}$ ТЕС (згідно даних на 04.05.2013 р., взятих з офіційного сайту ОРЕ України), з урахуванням загальної потужності побутових споживачів-регуляторів (4950 МВт), дає ефект 2417,843 тис. грн./добу, або 0,5 грн./кВт (табл. 1).

Табл. 1. Техніко-економічний ефект від зниження плати за маневреність

$K_{з\text{ГЕН}}$	0,824 (факт 04.05.13)	0,841	0,858	0,867	0,88 (з урахуванням потужності побутових СР)
$D_{\text{мн}}^{\text{оп}}$ (грн/добу)	8300716	7495896	6551133	6304060	5882873
$\Delta D_{\text{мн}}^{\text{оп}}$ (грн)	–	804820	1749583	1996656	2417843
$\Delta D_{\text{мн}}^{\text{оп}}$ (%)	–	9,70	21,08	24,05	29,13

2) збільшення частки генерації електричної енергії АЕС (згідно даних періоду з 01.05.2013 по 10.05.2013 взятих з офіційного сайту ОРЕ України). Збільшення коефіцієнту заповнення ГЕН до 0,88 дає змогу збільшити частку покриття АЕС з 46 до 49,9 %, що за умови меншої вартості ЕЕ від АЕС дає ефект у розмірі 4780,6 тис. грн./добу, або 0,97 грн./кВт.

У четвертому розділі наведені результати експериментальних досліджень ефективного управління теплоспоживанням кінцевим споживачем, тобто будівлями, за рахунок використання індивідуальних теплових пунктів (ІТП).

Разом з проблемами електроспоживання, які вже зазначались раніше, існує ряд проблем і теплоспоживання. Більшість будівель, особливо старої забудови, мають систему тепlopостачання елеваторного типу без будь-яких засобів погодозалежного регулювання, а це доволі часто призводить до значної перевитрати теплоти, особливо на початку та в кінці опалювального періоду при доволі високих температурах зовнішнього повітря. Одним з найбільш ефективних заходів з економії енергоресурсів, разом з використанням енергоефективних технологій при виробництві і розподілі теплоти, впровадженням систем обліку, є автоматичне погодозалежне регулювання теплоспоживанням за рахунок широкого використання сучасних автоматизованих ІТП. З'являється можливість регулювати температуру теплоносія в системі опалення будівлі в залежності від температури зовнішнього повітря, збільшувати або зменшувати витрату теплової енергії по годинах доби за власними потребами споживачів.

Комплексно можна вирішувати проблеми електро- та енергоспоживання на установці ІТП з електрокотлами (розробка Інституту технічної теплофізики НАН України (ІТТФ НАН України)), що зображена на рис. 6. Тобто в денні години використовувати теплоту із зовнішньої тепломережі, а в нічні (з 23:00 до 7:00) – теплоту тільки від електрокотлів з нічним пільговим тарифом на електроенергію. Таким чином частково вирішується проблема недозавантаженості в нічний час системи електрозабезпечення.

Результати експериментальних досліджень ефективного погодозалежного управління теплоспоживанням кінцевим споживачем при використанні оригінального ІТП з гідравлічною стрілкою (рис. 7), що розроблений ІТТФ НАН України, наведено на рис. 8, 9.

Попередньо було проведено цільове енергетичне обстеження досліджуваної будівлі (на прикладі корпусу ІТТФ НАН України). Встановлено, що питомі тепловитрати на опалення будівлі в середньому знаходяться в межах

140 (кВт·год.)/(рік·м²). Даний корпус представляє собою триповерхову будівлю адміністративного призначення, що має нерегульовану систему тепlopостачання елеваторного типу.

Для визначення ефективного з точки зору енергозбереження режиму регулювання, за якого в робочий час в приміщенні дотримуються всі температурні вимоги санітарно-гігієнічних норм, було розроблено алгоритм ефективного погодозалежного регулювання теплоспоживанням будівлі споживачем на основі удосконаленої моделі з зосередженими параметрами.

Регулювання параметрів теплоносія в ІТП здійснювалося за розробленим алгоритмом, а саме за температурою зовнішнього повітря та за добово-тижневим графіком регулювання, при якому задавалися часові інтервали для денного графіка та для нічного. Для нічного графіку задавалася температура позитивного зміщення зовнішнього повітря $t_{зм}$ в інтервалі від 3°C до 9°C.

На основі експериментальних даних отримані параметри тепlopостачання для найефективнішого режиму роботи ІТП, за якого триходовий клапан виконує функцію підмішування в залежності від погодних умов, насос розташований в подавальному трубопроводі. Дата на графіках (рис. 8, 9) в червоній рамці по осі абсцис відповідає вихідним дням з нічним графіком регулювання. В залежності від температури зовнішнього повітря (крива 4 рис. 8) відбувається регулювання температури теплоносія, який подається в систему опалення (крива 2 рис. 3), за допомогою регулятора температури, шляхом підмішування теплоносія із зворотного трубопроводу (крива 3 рис. 8) до теплоносія, що надходить із зовнішньої тепломережі (крива 1 рис. 8). При цьому фіксувались температури в двох контрольних приміщеннях, а саме в приміщенні з частковою термомодернізацією зовнішньої огорожувальної конструкції (без утеплення, але із заміною старого вікна на однокамерне металопластикове вікно) (крива 5 рис. 8) та в приміщенні без термомодернізації (крива 6 рис. 8). На рис. 9 показані графічні залежності витрати теплоносія (шкала ліворуч), де крива 1 – витрата теплоносія до ІТП, а крива 2 – після підмішування в ІТП, та теплової енергії (шкала праворуч), де крива 3 – витрати теплової енергії до ІТП, крива 4 – після підмішування в ІТП. У вихідні дні відбувається зменшення витрат теплової енергії шляхом пониження температури теплоносія, в результаті запрограмованого



Рис. 6. Фрагмент ІТП з електричними котлами



Рис. 7. Фрагмент ІТП з гідравлічною стрілкою



Рис. 8. Залежності температур теплоносія та зовнішнього повітря

алгоритму управління ІТП. Відповідно, це призводить до зниження температури в приміщенні від 18,9 °С до 17,2 °С (крива 6 рис. 8), що цілком прийнятно, оскільки в цей час відсутні працівники на робочих місцях. Різкі стрибки на рис. 8-9 відповідають переходам з денного графіка регулювання на нічний і навпаки.

Таким чином, як показав аналіз результатів експериментальних досліджень, після впровадження ІТП, питомі тепловитрати на опалення будівлі в середньому зменшились з 140 до 123 (кВт·год.)/(рік·м²). Встановлено, що за рахунок використання ІТП та регулювання теплоспоживання кінцевим споживачем, середня економія теплової енергії в опалюваний період досягає 15 %.



Рис. 9. Залежності витрат теплоносія та теплової енергії

середня економія теплової енергії в

ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано необхідність розподілу груп споживачів електричної енергії на рівнях ОЕС України, обласних ЕО та їх районних підрозділів на підставі розробленого інтегрального показника, що дозволяє підвищити ефективність використання методів управління електроспоживанням.

2. Доведено, апробовано та запропоновано для практичної реалізації систему оцінювання стану використання методів управління електроспоживанням, для забезпечення здійснення відповідних функцій та задач органів виконавчої влади, шляхом реалізації комплексного оцінювання ефективності управління режимами електроспоживання в умовах невизначеності вихідної інформації.

3. Виконана оцінка потенційного економічного ефекту від вирівнювання ГЕН в ОЕС України за рахунок побутового сектору, яка у порівнянні з витратами на систему керування побутовим електроспоживанням дала відповідь щодо доцільності впровадження такої системи.

4. Визначені тип (електричні водонагрівачі ємнісного типу) та необхідні характеристики (об'єм робочого баку теплоаккумулятора) побутових СР для обґрунтування можливості управління ними при процесах вирівнювання ГЕН та симетрування режимів систем електропостачання побуту. Виявлено, що у вищенаведених процесах можуть брати участь ЕВН ЄТ, які наразі випускаються вітчизняною промисловістю.

5. На основі аналізу існуючих методів вирівнювання ГЕН визначено, що найбільш ефективним з них для умов споживання побутового сектору є пріоритетно-кроковий метод, який був удосконалений та пристосований до умов побуту. На основі цього отримана можливість управління споживачами-регуляторами в цьому секторі.

6. Удосконалено спосіб електропостачання побутових споживачів та запропоновані засоби для його реалізації, що дало можливість втілити розроблені вище методи на реальному об'єкті 9-ти поверховому житловому будинку.

7. Проведена оцінка заохочуючих заходів для регулювання рівнів електроспоживання в часі. Виявлено, що найбільш ефективним заохочувальним заходом регулювання побутового електроспоживання є матеріальні стимули. На

основі цього розроблена методика визначення плати за послуги регулювання побутовим споживачам-регуляторам.

8. Проведено цільове енергетичне обстеження досліджуваної будівлі та здійснено розрахунок її теплоспоживання.

9. Розроблено алгоритм ефективного управління теплоспоживанням адміністративної будівлі в нічний час та в вихідні дні.

10. Розроблено два індивідуальних теплових пунктів (із використанням гідравлічної стрілки та з використанням електричних котлів і нічного пільгового тарифу електроспоживання).

11. Проведені експериментальні дослідження ефективного управління теплоспоживанням кінцевим споживачем за рахунок використання індивідуального теплового пункту.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

1. Для електроенергетики: реалізація методів управління з використання економічних стимулів в формуванні диференційованих тарифів за періодами часу дає можливість зміни конфігурації в добових ГЕН системи в залежності від коефіцієнтів тарифних систем. Зазначене дозволяє створити передумови для формування нових варіантів диференційованих тарифів за періодами часу, що забезпечать зменшення споживання електричної енергії в піковій та напівпіковій зоні доби до 3,6% і 1,7 % відповідно.

2. Для теплоенергетики: ефективне управління теплоспоживанням кінцевим споживачем дозволяє економити до 15% споживання теплоти в громадських будівлях та в будівлях соціально-бюджетної сфери, що в свою чергу призводить до економії первинного палива в котельні на рівні 20%.

Результати роботи впроваджені: в Державній інспекції України з енергетичного нагляду за режимами споживання енергетичної і теплової енергії, в АК «Харківобленерго» (м. Харків), в Управлінні паливно-енергетичного комплексу обласної державної адміністрації Харківської області (м. Харків), в ТОВ «Прогноз Україна» (м. Київ), в ТОВ «Завод енергетичного обладнання «ДАН» (м. Київ), в ТОВ «РБСА» (м. Київ).

Результати досліджень за темою роботи викладено у 60 наукових працях, з яких 29 в періодичних спеціалізованих фахових виданнях (з них 10 – у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз і 2 – у іноземних виданнях), отримано 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на науковий твір та 2 патенти на корисну модель. Роботи авторів процитовано в 14 наукових журналах, h-індекс = 2.

(підпис)

/ Ю. А. Веремійчук/

(підпис)

/ І. С. Гончаренко/

(підпис)

/ О. М. Лисенко/

(підпис)

/ Г. І. Черкашина/