

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»

**Мохаммад Ібрагім Мохаммад АльШарарі**

УДК 621.311

**АДРЕСНЕ УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ СПОЖИВАННЯ  
ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ**

Спеціальність 05.14.01 – Енергетичні системи та комплекси

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2017

Дисертаціяна правах рукопису.

Роботу виконано на кафедрі електропостачання Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник** кандидат технічних наук, доцент **Находов Володимир Федорович**, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, доцент кафедри електропостачання.

**Офіційні опоненти:** член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, старший науковий співробітник **Новосельцев Олександр Вікторович**, Інститут технічної теплофізики НАН України, м.Київ, провідний науковий співробітник відділу теплофізичних основ енергоощадних технологій, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник;

кандидат технічних наук **Білан Тетяна Романівна**, Інститут загальної енергетики НАН України, м. Київ, старший науковий співробітник відділу оптимізації розвитку паливних баз.

Захист відбудеться «12» квітня 2017 р. о 14 <sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.20 у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ-56, вул. Борщагівська, 115, корп. 22, ауд. 316.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ-56, проспект Перемоги, 37.

Автореферат розіслано “07” березня 2017 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
канд. техн. наук, доцент



А.М. Ковальчук

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Попит споживачів на електричну потужність у зв'язку зі специфікою їх діяльності має нерівномірний характер. Тому нерівномірність електричного навантаження є характерною проблемою енергетичної системи будь-якої держави.

Необхідність покриття нерівномірного навантаження неминуче пов'язана зі зниженням надійності та економічності функціонування енергетичної системи, а також з погіршенням якості електричної енергії.

Відомо, що енергетична галузь України у різні періоди свого існування тією чи іншою мірою завжди була дефіцитною, що викликало необхідність періодичного застосування адміністративних обмежень попиту споживачів на електричну енергію.

Необхідність таких обмежень до певної міри можна пояснити дефіцитом електричної енергії, а точніше, недостатністю палива на електростанціях. З іншого боку, ситуація, що склалася в енергетичній галузі України, ускладнюється ще й тим, що значна частина генеруючого обладнання електростанцій та електричних мереж вже давно вичерпала свій ресурс і є фізично зношеною.

Головним чином необхідність періодичних обмежень попиту споживачів на електроенергію викликана тією обставиною, що в об'єднаній енергетичній системі (ОЕС) України завжди був і все ще існує дефіцит електричної потужності, причиною якого є несприятлива структура генеруючих потужностей енергосистеми.

Мова йде про недостатню кількість в ОЕС маневрених енергоблоків, які були б здатними швидко виходити на робочий режим з гарячого або навіть з холодного резерву, а також у широкому діапазоні змінювати величину електричної потужності, що ними виробляється.

З цієї причини в умовах, коли попит споживачів на електроенергію швидко та суттєво змінюється у часі, енергетична система далеко не завжди здатна оперативно підтримувати баланс потужності, що генерується і споживається.

Таким чином, не зважаючи на наявність у об'єднаній енергосистемі значного потенціалу не завантажених генеруючих потужностей, надійне та якісне забезпечення попиту споживачів на електричну енергію стає все більш складним завданням для енергетичної галузі.

Найбільш очевидним шляхом вирішення питання збільшення маневрених потужностей в ОЕС України є побудова нових гідроакумуючих електростанцій (ГАЕС), спорудження та використання парогазових та газотурбінних генеруючих установок (ПГУ та ГТУ), а також модернізація існуючого обладнання гідроелектростанцій (ГЕС) з підвищенням діапазону регулювання потужності гідроагрегатів. Але цей шлях створення в українській енергосистемі оптимальної структури генеруючих потужностей потребує значних фінансових та матеріальних витрат, а також тривалого часу.

Тому вирішення цієї проблеми потрібно шукати не тільки у напрямку створення і введення в експлуатацію додаткових маневрених генеруючих потужностей «великої» енергетики. Помітного полегшення режимів виробництва і передачі електроенергії в об'єднаній енергосистемі, підвищення надійності та економічності її функціонування можна досягти також шляхом ефективного

управління попитом споживачів на електричну потужність. Таке управління на сьогоднішній день здійснюється у багатьох країнах. При цьому основним «інструментом» управління попитом споживачів на потужність є тарифи на електроенергію.

Єдиним засобом економічного управління попитом споживачів на електричну потужність в Україні є диференційовані за зонами доби тарифи на електроенергію. Проте ці тарифи на сьогоднішній день вже вичерпали свої можливості з точки зору ефективного стимулювання споживачів до подальшої зміни характеру їх попиту на потужність, а також не сприяють залученню нових, достатньо потужних споживачів до участі у вирівнюванні добових графіків електричного навантаження енергосистеми.

Проблема зниження нерівномірності попиту споживачів на електричну потужність протягом багатьох років досліджувалася вченими різних країн. Разом з тим, не дивлячись на значну кількість наукових праць та багаторічну роботу в цьому напрямку, проблема удосконалення та подальшого розвитку ринкових механізмів управління режимами споживання електричної потужності в енергосистемі, здатних ефективно залучати споживачів до участі у вирівнюванні графіків її навантаження, на сьогоднішній день є дуже актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Виконані в дисертаційній роботі дослідження відповідають пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки «Енергетика та енергоефективність» (згідно Закону України від 12.10.2010 р. № 2519 – 17 «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки»), а також пріоритетному тематичному напрямку «Способи застосування сучасного енергоменеджменту. Технології забезпечення енергобезпеки» (згідно Постанови Кабінету Міністрів України від 07.09.2011 р. № 942 «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року»).

Вибраний напрямок дослідження також пов'язаний з науково-дослідною роботою, що проводилася на кафедрі електропостачання Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Зокрема, матеріали дисертаційної роботи використано під час виконання держбюджетної НДР № 2668-п «Розвиток методологічних засад інтелектуалізації процесів генерації та розподілу електроенергії в інтегрованих системах з активним споживачем» (номер державної реєстрації 0113U002489, 2013 – 2014 рр.).

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розвиток методів управління режимами споживання електричної потужності в енергосистемі, що дозволяють ефективно залучати споживачів до участі у вирівнюванні добових графіків навантаження.

Для досягнення зазначеної мети вирішені наступні задачі:

- проаналізовано існуючі системи тарифів на електроенергію, що використовуються для управління попитом споживачів на електричну потужність;
- оцінено результати використання діючих в Україні тарифів на електроенергію як засобу управління попитом споживачів на потужність;
- визначено характер та ступінь впливу основних груп споживачів на нерівномірність добових графіків електричного навантаження енергосистеми;

- проаналізовано відповідність встановлених тарифних зон доби сучасним потребам управління попитом споживачів на електричну потужність;
- досліджено характер і ступінь протидії навантаження «дифтарифних» споживачів зміні попиту на потужність «недифтарифних» споживачів;
- розроблено методичні основи оцінки потенціалу економії витрат енергосистеми на виробництво електроенергії в результаті поступового вирівнювання добових графіків її навантаження;
- створено концепцію та методичні основи побудови та використання механізму адресного управління режимами споживання електричної потужності, що дозволяє ефективно залучати споживачів та електропередавальні організації до участі у вирівнюванні добових графіків навантаження енергосистеми.

**Об'єктом дослідження** є процеси управління попитом споживачів на електричну потужність в енергетичній системі.

**Предметом дослідження** є методи та способи управління режимами споживання електричної потужності в енергосистемі, що сприяють вирівнюванню добових графіків її навантаження.

**Методи дослідження.** Методичною основою дисертаційного дослідження є комплекс загальнонаукових і спеціальних методів, що використовуються для:

- визначення характеру та ступеню впливу основних груп споживачів на нерівномірність добових графіків електричного навантаження енергосистеми (методи математичної статистики, кореляційного та дисперсійного аналізу);
- виявлення фактичних зон доби зі статистично різним рівнем електричного навантаження енергосистеми та груп споживачів (методи теорії ймовірності і математичної статистики, зокрема, методи встановлення довірчих інтервалів, а також групування годинних навантажень з використанням статистичного критерія Стьюдента);
- дослідження характеру та ступеню протидії навантаження споживачів, що використовують диференційовані за часом тарифи на електроенергію («дифтарифних» споживачів) зміні попиту на потужність споживачів, що не використовують диференційовані тарифи («недифтарифних» споживачів) (методи математичної статистики, методи встановлення довірчих інтервалів);
- розробки методичних основ оцінки потенціалу економії витрат енергосистеми на виробництво електроенергії в результаті поступового вирівнювання добових графіків її навантаження (метод сценаріїв, методи математичної статистики, кореляційного та регресійного аналізу);
- створення концепції та методичних основ побудови і використання механізму адресного управління режимами споживання електричної потужності в енергосистемі (методи узагальнення та логічного підходу, методи моделювання графіків електричного навантаження, методи оптимального програмування).

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в наступному:

- одержав розвиток метод визначення тривалості та меж фактичних зон доби зі статистично різним рівнем електричного навантаження, що базується на групуванні погодинних значень навантаження енергосистеми та споживачів електроенергії, який дозволяє у порівнянні з існуючими методами отримувати більш об'єктивні та обґрунтовані рішення цієї задачі;

- вперше запропоновано показник та критерій, що дозволяють оцінювати характер та ступінь протидії електричного навантаження «дифтарифних» споживачів зміні попиту на потужність «недифтарифних» споживачів електроенергії у кожен годину доби;
- обґрунтовано доцільність створення альтернативних методів управління режимами електроспоживання, не пов'язаних з удосконаленням диференційованих за часом тарифів на електричну енергію, які дають змогу більш дієво впливати на характер попиту споживачів на електричну потужність;
- розроблено методичні засади оцінки потенціалу економії витрат на виробництво електроенергії в результаті поступового вирівнювання добових графіків навантаження енергосистеми, що дає змогу визначати можливий обсяг стимулювання споживачів за регулювання їх попиту на електричну потужність;
- вперше запропоновано концепцію та методичні основи створення і використання механізму адресного управління режимами споживання електричної потужності, що дозволяє ефективно залучати споживачів та електропередавальні організації до участі у вирівнюванні добових графіків навантаження енергосистеми.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у тому, що розроблені концепція та методичні основи створення механізму адресного управління режимами споживання електричної потужності являють собою принципово новий напрямок розвитку ринкових методів управління режимами споживання електричної потужності в енергосистемі, незалежний від вже існуючих в Україні інших методів такого управління та результатів їх застосування. Тому побудова і використання запропонованого в дисертаційній роботі механізму управління попитом споживачів на потужність не потребує зміни діючої системи тарифів на електричну енергію та існуючих нормативних і законодавчих документів у цій сфері.

Застосування розробленого механізму управління дає змогу створити додатковий, значно більш ефективний «інструмент» залучення споживачів та електропередавальних організацій до участі у вирівнюванні добових графіків навантаження енергосистеми, а також перейти від прогнозування цих графіків до їх планування на відповідну перспективу.

На розроблені в дисертаційній роботі концепцію та методичні основи створення механізму адресного управління режимами споживання електричної потужності в ОЕС України одержано свідоцтво про реєстрацію авторського права № 68051 (дата реєстрації 29.09.2016 р.).

Основні теоретико-методичні та практичні результати дисертаційного дослідження використовуються в навчальному процесі «Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського» на кафедрі електропостачання під час викладання дисципліни «Маркетингові дослідження в енергетиці» (акт впровадження від 01.09.2016р.).

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати та положення дисертаційної роботи автором отримано самостійно. У друкованих працях, які були опубліковані у співавторстві, здобувачеві належать наступні результати: узагальнення даних щодо структури енергетичної галузі, складу та характеристик генеруючого обладнання електростанцій і електричних мереж Йорданії, аналіз

попиту споживачів на електричну потужність, а також діючих в Йорданії тарифів на електроенергію [1]; визначення та аналіз показників нерівномірності добових графіків електричного навантаження енергосистем України та Йорданії, оцінка впливу попиту на електричну потужність основних груп споживачів на конфігурацію графіків навантаження енергосистеми [2]; аналіз способів визначення характеру та ступеню впливу груп споживачів електроенергії на нерівномірність навантаження енергосистеми, спосіб оцінки індивідуального впливу споживачів на конфігурацію графіків навантаження енергосистеми [3]; аналіз методів визначення фактичних зон доби зі статистично різним рівнем електричного навантаження енергосистеми та груп споживачів, спосіб оцінки протидії навантаження «дифтарифних» споживачів зміні попиту на потужність «недифтарифних» споживачів електроенергії у кожен годину доби [4]; визначення методики оцінки окремих складових додаткових витрат енергосистеми на покриття нерівномірного попиту споживачів на електричну потужність, розрахунок числових значень зазначених витрат, узагальнення результатів [5]; аналіз відповідності встановлених тарифних зон доби межах та тривалості фактичних зон доби зі статистично різним рівнем електричного навантаження енергосистеми та груп споживачів [7]; визначення методичних підходів до оцінки окремих складових додаткових витрат енергосистеми на покриття нерівномірного попиту споживачів на електричну потужність [8]; схема алгоритму побудови та функціонування механізму адресного управління режимами споживання електричної потужності в енергетичній системі, методичний підхід до формування «меню» профілів електричного навантаження споживачів [9].

**Апробація результатів дисертаційної роботи.** Основні положення дисертаційної роботи та її окремі результати були оприлюднені на XIV міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених та спеціалістів «Електромеханіка та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації» (м. Кременчук, 2016 р.), на III міжнародній науково-технічній та навчально-методичній конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – 2016» (Київ, 2016 р.), а також на VIII міжнародній науково-технічній конференції молодих дослідників, аспірантів та студентів «Енергетика. Екологія. Людина» (Київ, 2016 р.).

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 9 наукових праць, у тому числі 5 статей – у наукових фахових виданнях України, з яких 1 стаття – у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз даних, а також 3 тези доповідей у збірниках матеріалів конференцій. Одержано 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на науковий твір.

**Структура та обсяг дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг роботи складає 220 сторінок, у тому числі 142 сторінок основного тексту, 38 рисунків та 24 таблиць, списку використаних джерел зі 110 найменувань та 8 додатків.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовано актуальність вибраної теми дисертації, показано зв'язок роботи з науковими програмами, темами та планами, сформульовано мету,

завдання, об'єкт та предмет досліджень, наведено методи виконання досліджень, зазначено наукову новизну та практичне значення отриманих в дисертації результатів, а також особистий внесок здобувача, наведено дані щодо апробації результатів роботи та їх публікації.

У **першому розділі** проведено аналіз характеру добового попиту споживачів на електричну потужність в енергетичних системах України та Йорданії, визначено вплив нерівномірного попиту споживачів на електричну потужність на режими виробництва електроенергії в енергосистемі, здійснено огляд існуючих способів та методів покриття нерівномірних графіків електричного навантаження енергосистеми, наведено досвід окремих країн світу в області застосування економічних методів управління попитом споживачів на електричну потужність.

Підтримання необхідного балансу виробництва і споживання електричної потужності в енергосистемі головним чином забезпечують енергоблоки теплових електростанцій (ТЕС), використання яких у якості маневрених потужностей не передбачено їх конструкцією, пов'язане зі значними додатковими витратами, а також суттєво ускладнює диспетчерське управління роботою енергетичної системи.

Найбільш швидким і найменш витратним шляхом полегшення режимів виробництва та передачі електроенергії в енергосистемі, підвищення економічності та надійності її функціонування є дієве управління попитом споживачів на електричну потужність, що підтверджує досвід багатьох країн світу. Найбільш доцільним та прийнятним в ринкових умовах є застосування для такого управління економічних методів, що можуть бути реалізовані, зокрема, через систему тарифів на електричну енергію. Основним ринковим «інструментом» управління попитом споживачів на електричну потужність в Україні є диференційовані за зонами доби тарифи на електроенергію.

У **другому розділі** проведено детальне дослідження існуючих в Україні диференційованих за зонами доби тарифів на електроенергію як єдиного засобу управління режимами електроспоживання. Доведено, що ці тарифи вже вичерпали свої можливості з точки зору ефективного стимулювання споживачів до подальшої зміни характеру їх попиту на електричну потужність, не сприяють залученню нових, достатньо потужних споживачів до участі у вирівнюванні добових графіків навантаження енергосистеми.

Розроблено методичні основи, у відповідності з якими виконано додатковий, поглиблений аналіз результатів застосування існуючих в Україні диференційованих за зонами доби тарифів на електроенергію. В процесі виконання такого аналізу, зокрема, досліджено характер та ступінь впливу попиту основних груп споживачів на електричну потужність на нерівномірність добових графіків навантаження енергосистеми, проаналізовано відповідність встановлених меж та тривалості діючих тарифних зон доби сучасним потребам управління електроспоживанням, а також здійснено оцінку характеру та ступеню протидії зміни навантаження «дифтарифних» споживачів зміні попиту на потужність всіх інших, «недифтарифних» споживачів електроенергії.

Для оцінки характеру та ступеню впливу окремих споживачів електроенергії та їх груп на нерівномірність навантаження енергосистеми доцільно визначати запропоновані в дисертаційній роботі коефіцієнти індивідуального впливу (1):



$$K_{вл.мнд.i} = \frac{(D_{изм.i} - D_{факт.i})}{D_{факт.i}}, \quad (1)$$

де  $D_{факт.i}$  – дисперсія реального графіка навантаження енергосистеми у відповідний режимний день;  $D_{изм.i}$  – дисперсія штучно зміненого графіка навантаження енергосистеми, побудованого шляхом заміщення фактичного графіка навантаження  $i$ -ї групи споживачів ідеально рівним графіком, у якому всі годинні значення потужності дорівнюють фактичному середньому навантаженню цієї групи.

З метою *аналізу коректності встановлення меж та тривалості тарифних зон доби* слід застосовувати удосконалений в дисертаційній роботі метод групування годинних значень електричного навантаження енергосистеми, а також груп споживачів, що використовують та не використовують диференційовані за часом тарифи («дифтарифних» і «недифтарифних» споживачів). Годинні значення навантаження енергосистеми або зазначених груп споживачів ( $P_j$ ), визначені за відповідними їх режимними графіками, розглядаються як деякі статистичні вибірки, кожна з яких має 24 елементи.

Початковий етап групування зазначених годинних величин навантаження полягає у виконанні ітеративної процедури поступового формування з загального впорядкованого ряду значень потужності ( $P_j$ ) двох вибірок змінного об'єму, які в загальному випадку містять  $M$  та  $M+1$  елемент. Кількість елементів у цих вибірках на кожній ітерації збільшується ( $M = 1, \dots, 23$ ). На всіх ітераціях для кожної з двох сформованих вибірок визначаються їх основні статистичні характеристики: середнє значення ( $P_{ср.}$ ), а також дисперсію ( $D$ ), а також розрахункове значення критерію Стюдента ( $Tr$ ) для відповідної пари вибірок, що одержані на цій ітерації, яке для деяких  $m$ -ї та  $(m+1)$ -ї вибірок обчислюється за формулою:

$$TR = \frac{|P_{ср.m} - P_{ср.m+1}|}{\sqrt{\frac{D_m}{M} + \frac{D_{m+1}}{M+1}}}. \quad (2)$$

Якщо впорядкований ряд значень електричного навантаження, для якого виконується процедура групування, є нерівномірним, то монотонне зменшення розрахункових значень критерію Стюдента на кожній новій ітерації буде порушуватись періодичним стрибкоподібним зростанням цих значень, що дозволяє визначити, між якими значеннями впорядкованого ряду погодинного електричного навантаження існує статистично помітний розрив. Встановлення таких точок розриву дає змогу попередньо розділити весь наявний ряд значень годинного навантаження, що аналізується, (а отже і години доби, що їм відповідають) на кілька груп, у межах яких навантаження змінюється монотонно, поступово, і між якими спостерігається стрибкоподібне зростання навантаження.

Сформовані таким чином попередні групи значень електричного навантаження і годин доби, що їм відповідають, аналізуються з точки зору можливості або необхідності їх подальшого об'єднання. З цією метою для кожної пари суміжних попередніх груп за тією ж формулою (2) обчислюються розрахункові значення критерію Стюдента, які порівнюються з відповідними критичним значеннями цього критерію. За результатами такого порівняння приймається

рішення про можливість та доцільність об'єднання суміжних попередніх груп значень електричної потужності. Подібна процедура повторюється до тих пір, поки на підставі результатів статистичного тесту, що використовується, вже не буде необхідним або можливим об'єднання жодної пари суміжних між собою попередніх груп значень навантаження.

Для підвищення обґрунтованості віднесення окремих значень електричного навантаження до тієї чи іншої зони доби необхідно встановлювати чіткі межі між остаточно сформованими групами значень потужності. Необхідні для цього критичні значення навантаження визначаються за формулою:

$$P_{кр} = P_{ср.m} + T_{кр} \cdot \sqrt{\frac{D_m}{M}}, \quad (3)$$

де  $P_{ср.m}$  та  $D_m$  - відповідно середнє значення електричного навантаження і дисперсія величин навантаження, які вміщує  $m$ -та остаточно сформована група значень потужності (перша або передостання);  $M$  - кількість елементів (значень електричного навантаження), що ввійшли до  $m$ -ї групи;  $T_{кр}$  - критичне (табличне) значення критерію Стюдента при рівні значимості помилки  $p = 0,01$  та числі ступенів свободи  $k = M + 1 - 2$ .

Визначені таким чином два критичні значення потужності дозволяють з ймовірністю 99 % розділити всі годинні значення навантаження, що аналізуються, на три групи. Значення навантаження, які не перевищують меншу з критичних величин, визначених за формулою (3), а також години доби, що їм відповідають, належать до зони мінімального навантаження енергосистеми або групи споживачів, що розглядається. Величини навантаження, які перевищують більше з критичних значень, і години доби, що їм відповідають, утворюють зону максимального навантаження енергосистеми чи групи споживачів, що розглядається. Всі ж інші значення навантаження, які знаходяться в інтервалі між меншим та більшим з критичних значень потужності, і години доби, що їм відповідають, слід віднести до зони середнього електричного навантаження. Приклад визначення фактичних зон доби зі статистично різним рівнем навантаження енергосистеми з використанням даного методу наведено на рисунку 1. Результати проведеного аналізу свідчать, що межі та тривалість діючих тарифних зон доби не відповідають сучасним потребам управління електроспоживанням і потребують суттєвого коригування.

Оцінку характеру та ступеню протидії зміни навантаження «дифтарифних» споживачів зміні попиту на потужність всіх інших, «недифтарифних» споживачів електроенергії необхідно здійснювати окремо для кожної години доби, що аналізується.

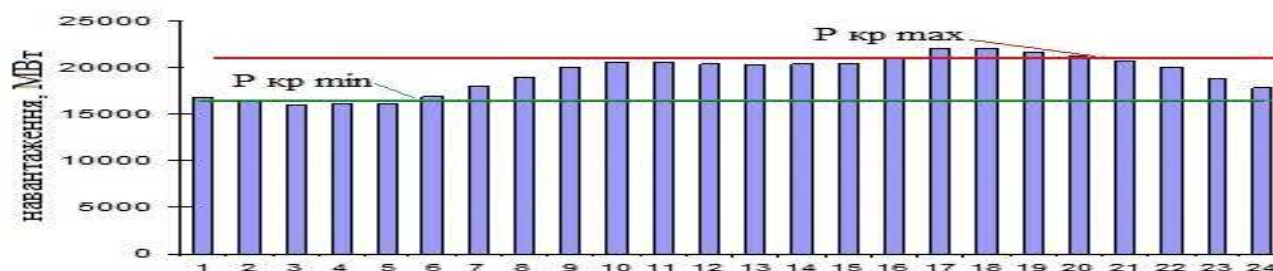


Рисунок 1 – Результати визначення фактичних зон доби зі статистично різним рівнем навантаження енергосистеми для зимового режимного графіка (21.12.2011г.)

З цією метою, розглядаючи одночасно три добові графіки навантаження (енергосистеми, а також груп «дифтарифних» та «недифтарифних» споживачів), зареєстровані протягом одного й того ж режимного дня, необхідно сформулювати вибірки значень зміни (приросту) відповідних значень електричної потужності в кожну поточну годину ( $\Delta P$ ) у порівнянні з попередньою годиною доби. Числові значення такого приросту навантаження визначаються за формулами:

$$\begin{aligned}\Delta P_{\text{эс.}j} &= P_{\text{эс.}j} - P_{\text{эс.}(j-1)}; \\ \Delta P_{\text{диф.}j} &= P_{\text{диф.}j} - P_{\text{диф.}(j-1)}; \\ \Delta P_{\text{недиф.}j} &= P_{\text{недиф.}j} - P_{\text{недиф.}(j-1)},\end{aligned}\quad (4)$$

де  $P_{\text{эс.}j}$ ,  $P_{\text{диф.}j}$  та  $P_{\text{недиф.}j}$  – електричне навантаження енергосистеми, «дифтарифних» та «недифтарифних» споживачів у  $j$ -у годину режимної доби;  $P_{\text{эс.}(j-1)}$ ,  $P_{\text{диф.}(j-1)}$  та  $P_{\text{недиф.}(j-1)}$  – відповідні значення потужності у попередню,  $(j-1)$ -у годину тієї ж режимної доби.

Характер і ступінь протидії приросту електричного навантаження «дифтарифних» споживачів зміні попиту на потужність «недифтарифних» споживачів окремо для кожної (наприклад,  $j$ -ї) години доби можна оцінювати за допомогою запропонованого в дисертаційній роботі показника: коефіцієнта протидії ( $K_{\text{прот.}}$ ), що визначається за формулою:

$$K_{\text{прот.}j} = \frac{\Delta P_{\text{диф.}j}}{\Delta P_{\text{недиф.}j}}. \quad (5)$$

Числові значення такого коефіцієнту характеризують, якою мірою (на скільки відсотків) зміна попиту на потужність «недифтарифних» споживачів у кожну годину доби компенсується приростом електричного навантаження «дифтарифних» споживачів. Знак цього коефіцієнта, одержаний в результаті розрахунку, в принципі, вже дозволяє визначати, в які години доби приріст навантаження «дифтарифних» споживачів протидіє зміні попиту на потужність всіх інших, «недифтарифних» споживачів електроенергії, а в які години така протидія відсутня.

Однак, приймаючи до уваги, що для енергетичної системи найбільш бажаним режимом виробництва електроенергії є робота з ідеально рівним графіком навантаження, остаточний знак коефіцієнтів протидії слід приймати не на основі простого алгебраїчного розрахунку їх числових значень, а на підставі додаткового аналізу результатів взаємодії приростів електричного навантаження «дифтарифних» та «недифтарифних» споживачів окремо в кожну годину доби.

Враховуючи зазначене, вплив «дифтарифних» споживачів на нерівномірність електричного навантаження енергосистеми в будь-яку годину доби слід вважати *позитивним*, якщо у взаємодії зі зміною попиту на потужність «недифтарифних» споживачів приріст навантаження «дифтарифних» споживачів сприяє наближенню загального навантаження енергосистеми у цю годину до його середньодобової величини. І навпаки, вплив «дифтарифних» споживачів слід вважати *негативним*, якщо в деяку годину доби в результаті взаємодії приростів попиту на електричну потужність «дифтарифних» та «недифтарифних» споживачів загальне навантаження енергосистеми в цю годину віддаляється від його середньодобового значення.

За результатами оцінки характеру та ступеню протидії зміни навантаження «дифтарифних» та «недифтарифних» споживачів електроенергії, виконаної в дисертаційній роботі шляхом визначення запропонованих коефіцієнтів протидії ( $K_{\text{прот.}}$ ), встановлено, що приріст попиту на потужність «дифтарифних» споживачів в окремі години доби здійснює як позитивний, так і негативний вплив на нерівномірність електричного навантаження енергосистеми (рисунок 2).

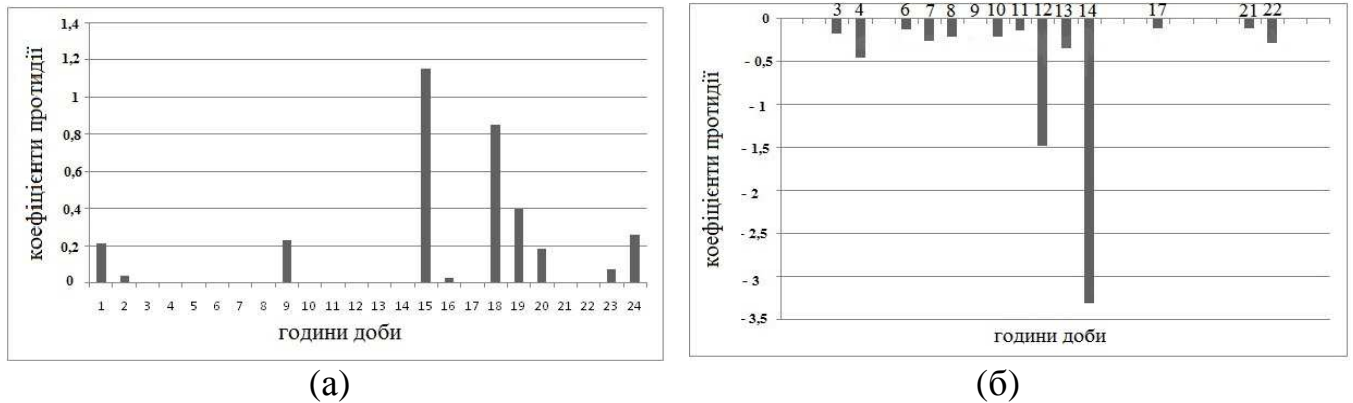


Рисунок 2 - Коефіцієнти позитивного (а) та негативного(б) впливу зміни потужності «дифтарифних» споживачів на нерівномірність навантаження енергосистеми

Таким чином, подальший розвиток ринкових механізмів управління режимами споживання електричної потужності в об'єднаній енергетичній системі найбільш доцільно здійснювати у напрямках, альтернативних простому удосконаленню існуючих диференційованих за зонами доби тарифів на електроенергію.

У *третьому розділі* запропоновано методичні засади побудови та застосування нового, більш ефективного у порівнянні з диференційованими за часом тарифами, механізму управління режимами споживання електричної потужності в енергетичній системі. Метою створення такого механізму є формування додаткових, більш дієвих стимулів до активної участі електропередавальних організацій і споживачів в управлінні режимами виробництва і передачі електричної енергії в ОЕС України.

Створення такого механізму являє собою окремий напрямок (окремий Проект) розвитку ринкових методів управління попитом споживачів на електричну потужність, незалежний від вже існуючих інших способів такого управління та досягнутих результатів їх застосування. Тобто, цей механізм не підмінює існуючу систему диференційованих за часом тарифів на електроенергію і не створює будь-яких перепон для подальшого їх використання, удосконалення та розвитку.

У якості нового, більш дієвого «інструмента» залучення споживачів до вирівнювання добових графіків навантаження енергосистеми слід встановлювати та використовувати *плату за профіль електричної потужності*, тобто за певну конфігурацію добових графіків навантаження електропередавальних організацій, окремих споживачів або їх груп. Принципова особливість такої плати полягає в тому, що вона має здійснюватись *продавцями* електроенергії її *споживачам* за надання послуги, яка полягає в тому, що споживачі формують та підтримують заздалегідь погоджену з енергосистемою конфігурацію добових графіків свого

електричного навантаження. Однією з основних переваг запропонованого механізму управління режимами споживання електричної потужності є те, що економічне стимулювання участі електропередавальних організацій і споживачів у Проекті вирівнювання добових графіків навантаження енергосистеми здійснюється *адресно*, тобто виключно по відношенню до тих з них, які заздалегідь дали згоду на участь у цьому Проекті, а також реально сприяли вирішенню поставленої задачі.

Розроблений в дисертаційній роботі загальний алгоритм функціонування запропонованого механізму залучення електропередавальних організацій і споживачів до активної участі у вирівнюванні добових графіків навантаження енергосистеми шляхом встановлення адресної плати за профіль їх електричної потужності може бути представлений у вигляді схеми (рисунок 3).

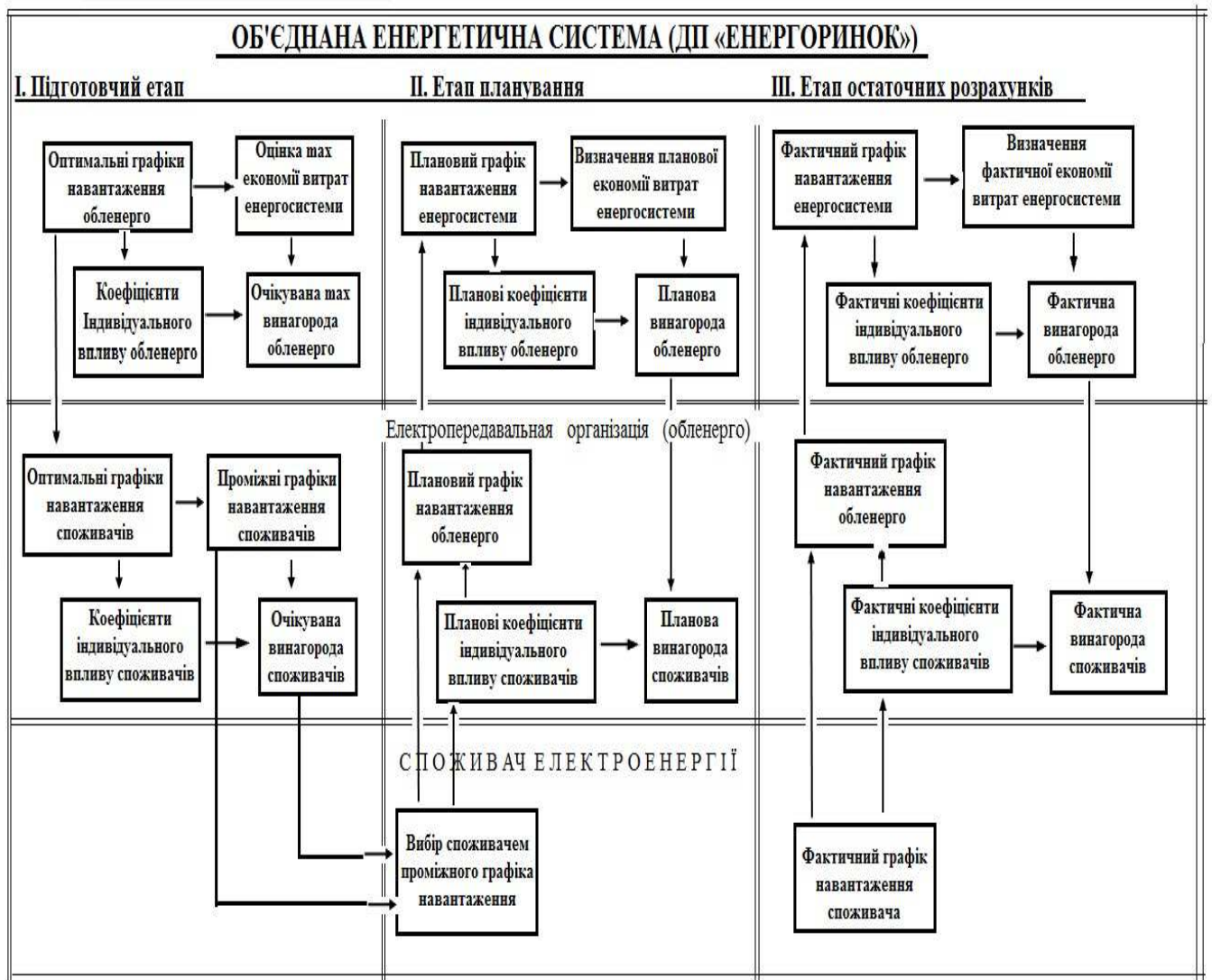


Рисунок 3 - Загальний алгоритм функціонування механізму адресного управління попитом споживачів на електричну потужність

Згідно цієї схеми функціонування механізму адресного управління попитом споживачів на електричну потужність відбувається на трьох рівнях (об'єднана енергосистема, електропередавальна організація, споживач електроенергії), і може бути розділене на три етапи (підготовчий, етап планування та етап остаточних розрахунків).

Однією з основних дій, яка має бути виконана на підготовчому етапі, є формування для всіх споживачів (або для їх груп), що дали згоду на участь у Проекті, набору можливих добових графіків їх попиту на електричну потужність (так званого «меню» профілів навантаження), які тією чи іншою мірою сприятимуть вирівнюванню графіків навантаження енергосистеми. Першим кроком формування таких «меню» є визначення оптимальних графіків навантаження: спочатку для кожної електропередавальної організації (обленерго), а далі – для кожного зі споживачів (або їх груп), що погодилися на участь у Проекті.

Для знаходження таких графіків вирішуються оптимізаційні задачі, які мають такі цільові функції та обмеження:

– для електропередавальних організацій:

$$\sum_{j=1}^{24} (P_{эс.j} - P_{эс.ср.})^2 \rightarrow \min, \\ P_{обл.ij.min} \leq P_{обл.ij} \leq P_{обл.ij.max}, \quad (6)$$

де  $P_{эс.j}$  – можливе значення електричного навантаження енергосистеми в  $j$ -у годину доби, що визначається на кожному кроці оптимізації;  $P_{эс.ср.}$  – середньодобова величина навантаження енергосистеми;  $P_{обл.ij.min}$  та  $P_{обл.ij.max}$  – відповідно мінімально і максимально можлива величина електричного навантаження  $i$ -ї обленерго в  $j$ -у годину доби (встановлюється кожною обленерго, що приймає участь у Проекті, до вирішення оптимізаційної задачі).

– для споживачів електроенергії (або їх груп):

$$\sum_{j=1}^{24} (P_{обл.j} - P_{опт.обл.j})^2 \rightarrow \min, \\ P_{нотр.ij.min} \leq P_{нотр.ij} \leq P_{нотр.ij.max}, \quad (7)$$

де  $P_{обл.j}$  – можлива величина електричного навантаження в  $j$ -у годину доби відповідної обленерго, яка приймає участь у Проекті, що визначається на кожному кроці оптимізації;  $P_{опт.обл.j}$  – навантаження цієї обленерго в  $j$ -у годину доби за встановленим для неї оптимальним добовим графіком;  $P_{нотр.ij.min}$  та  $P_{нотр.ij.max}$  – відповідно мінімально і максимально можлива величина електричного навантаження у  $j$ -у годину доби  $i$ -го споживача, приєднаного до мереж даної обленерго (встановлюється кожним споживачем, що приймає участь у Проекті, до вирішення оптимізаційної задачі).

Для кожного зі споживачів (або їх груп) перехід від існуючого до оптимального графіка їх електричного навантаження має відбуватися поступово, у кілька етапів. Для кожного з таких етапів необхідно побудувати відповідний проміжний графік навантаження. Набір таких проміжних графіків являє собою певне «меню» бажаних для енергосистеми профілів електричного навантаження споживачів, один з яких (найбільш реальний для формування та підтримання) пропонується вибрати самим споживачам.

Функціонування механізму адресного управління режимами споживання електричної потужності, що пропонується, базується на визначенні величини економії витрат на виробництво електроенергії, що виникає в енергосистемі в результаті вирівнювання добових графіків її навантаження.



Вимушене використання енергоблоків ТЕС у об'єднаній енергосистемі України в якості маневрених генеруючих потужностей пов'язане зі значними додатковими витратами на виробництво електричної енергії. Цих додаткових витрат можна уникнути або суттєво їх скоротити, якщо буде зменшуватись кількість теплових енергоблоків, задіяних у регульованій частині графіків електричного навантаження енергосистеми, чого можливо досягти, зокрема, шляхом поступового вирівнювання цих графіків.

Загальна величина економії зазначених додаткових витрат ( $\Delta Z_{\text{доп.общ.}}$ ), що виникає в цьому випадку, може бути визначена як сума таких основних складових:

$$\Delta Z_{\text{доп.общ.}} = \Delta Z_{\text{доп.пуск}} + \Delta Z_{\text{доп.реж.}} + \Delta Z_{\text{выр.}} + \Delta Z_{\text{доп.рем.}}, \quad (8)$$

де  $\Delta Z_{\text{доп.пуск}}$  – зменшення додаткових витрат ТЕС на щодобові пуски їх енергоблоків, які виводяться з роботи на нічний період;  $\Delta Z_{\text{доп.реж.}}$  – скорочення додаткових витрат на паливо, пов'язаних з енергетично неефективними режимами роботи частини енергоблоків ТЕС, що використовуються в регульованій частині графіків навантаження енергосистеми;  $\Delta Z_{\text{выр.}}$  – зменшення витрат на виробництво електроенергії в результаті заміщення частини теплових енергоблоків відповідною потужністю енергоблоків АЕС;  $\Delta Z_{\text{доп.рем.}}$  – скорочення додаткових витрат на поточні ремонти енергоблоків ТЕС, що використовуються в якості маневрених генеруючих потужностей енергосистеми.

В третьому розділі дисертаційній роботі розроблені методичні основи оцінки всіх зазначених складових економії додаткових витрат енергосистеми на виробництво електроенергії, що виникає в результаті поступового вирівнювання добових графіків її електричного навантаження.

У **четвертому розділі** продемонстровано приклад практичної реалізації методичних основ створення та застосування механізму адресного управління режимами споживання електричної потужності на всіх етапах його функціонування та на всіх рівнях ієрархічної структури енергосистеми. У прикладі зроблено припущення, що на участь у Проекті вирівнювання графіків навантаження енергосистеми дали згоду три електропередавальні організації (обленерго), а у кожній з цих областей – дві групи споживачів: промислові та населення.

На підготовчому етапі функціонування запропонованого механізму управління визначаються оптимальні добові графіки навантаження кожної обленерго, у разі формування яких забезпечується найбільш рівний (оптимальний) графік навантаження енергосистеми, якого можна досягти за участі у Проекті тільки тих електропередавальних організацій, що розглядаються, а також розраховується максимальна величина економії витрат енергосистеми на виробництво електроенергії, яка може бути одержана у разі підтримання оптимального графіка її навантаження. Визначено, що ця максимальна величина економії витрат складає 10,7 млрд. грн. на рік.

На підставі аналізу оптимальних графіків електричного навантаження енергосистеми та кожної з обленерго, що приймають участь у Проекті, розраховуються коефіцієнти індивідуального їх впливу на формування оптимального графіка енергосистеми, а також максимальний розмір винагороди цих електропередавальних організацій у разі підтримання ними визначених для них оптимальних графіків навантаження.

Далі для кожної з груп споживачів, що приймають участь у Проекті, також визначаються оптимальні графіки їх електричного навантаження, за умови формування яких можуть бути досягнуті оптимальні графіки навантаження відповідних обленерго, до мереж яких приєднані ці споживачі. На основі одержаних оптимальних графіків для кожної групи споживачів, що приймають участь у Проекті, розраховуються коефіцієнти їх індивідуального впливу на зміну графіків електричного навантаження відповідних обленерго від існуючих до оптимальних. Пропорційно цим коефіцієнтам максимальні величини винагороди обленерго розподіляються між групами споживачів, що приєднані до мереж цих електропередавальних організацій і приймають участь у Проекті.

Для кожної з груп споживачів на підготовчому етапі функціонування механізму адресного управління режимами споживання електричної потужності формується певне «меню» профілів їх навантаження, тобто набір проміжних графіків, які відображають можливі етапи переходу тієї чи іншої групи від існуючого до оптимального графіка навантаження.

Виходячи з величини максимальної винагороди, яку може отримати кожна з груп споживачів, що приймають участь у Проекті, у разі формування та підтримання ними відповідного оптимального графіка свого електричного навантаження, визначається орієнтовний розмір винагороди для цих груп споживачів за умови досягнення ними кожного з запропонованих їм проміжного профілю навантаження.

*На етапі планування* кожна з груп споживачів, що приймають участь у Проекті, має вибрати один з проміжних графіків (профілів) електричного навантаження, запропонованих їй у вигляді відповідного «меню». При цьому кожна група споживачів може вибрати як один із запропонованих їй проміжних графіків навантаження, так і запропонувати деякий «індивідуальний» графік свого навантаження, конфігурація якого знаходиться у межах між існуючим та встановленим для неї оптимальним графіком. На основі вибраних групами споживачів, що приймають участь в Проекті, проміжних «профілів» їх навантаження формуються планові графіки навантаження відповідних електропередавальних організацій, а також плановий добовий графік електричного навантаження енергетичної системи (наприклад, рисунок 4).

Для сформованого таким чином планового графіка навантаження, так само як і на підготовчому етапі, визначається величина економії витрат енергосистеми на виробництво електроенергії, яка пов'язана з запланованою зміною конфігурації добових графіків її навантаження. У прикладі, що розглядається, зазначена планова величина економії витрат енергосистеми склала 5,1 млрд. грн. на рік.

Для розрахунку величини планової винагороди кожної з обленерго, що приймає участь у Проекті, як і на підготовчому етапі, визначаються коефіцієнти індивідуального впливу відповідних електропередавальних організацій на зміну графіка навантаження енергосистеми від існуючого до планового. Пропорційно цим коефіцієнтам планова економія витрат енергосистеми розподіляється між усіма обленерго, що приймають участь у Проекті.

На основі вибраних споживачами проміжних профілів, так само як і на підготовчому етапі, розраховуються планові коефіцієнти індивідуального впливу



груп споживачів, що приймають участь у Проекті, на формування планових графіків навантаження відповідних електропередавальних організацій. Пропорційно цим коефіцієнтам планові величини винагороди кожної обленерго розподіляються між групами споживачів, що приєднані до їх мереж і приймають участь у Проекті.

На етапі остаточних розрахунків кожна група споживачів, що приймають участь у Проекті, після завершення відповідного планового періоду надає обленерго, до мереж якої вона підключена, фактичний добовий графік (профіль) свого попиту на електричну потужність. У прикладі, що розглядається, прийнято, що фактичні графіки навантаження кожної з груп споживачів, що приймають участь у Проекті, тією чи іншою мірою відрізнялися від планових.

На підставі фактичних профілів навантаження груп споживачів формуються фактичні графіки навантаження відповідних електропередавальних організацій, а також фактичний добовий графік електричного навантаження енергетичної системи (наприклад, рисунок 4). Для сформованого таким чином фактичного графіка навантаження, так само як і на етапі планування, визначається величина економії витрат енергосистеми на виробництво електроенергії, яка реально була одержана у зв'язку з підтриманням фактичних (більш рівних) добових графіків її навантаження. У прикладі, що розглядається, зазначена фактична величина економії витрат енергосистеми склала 4,1 млрд. грн. на рік.

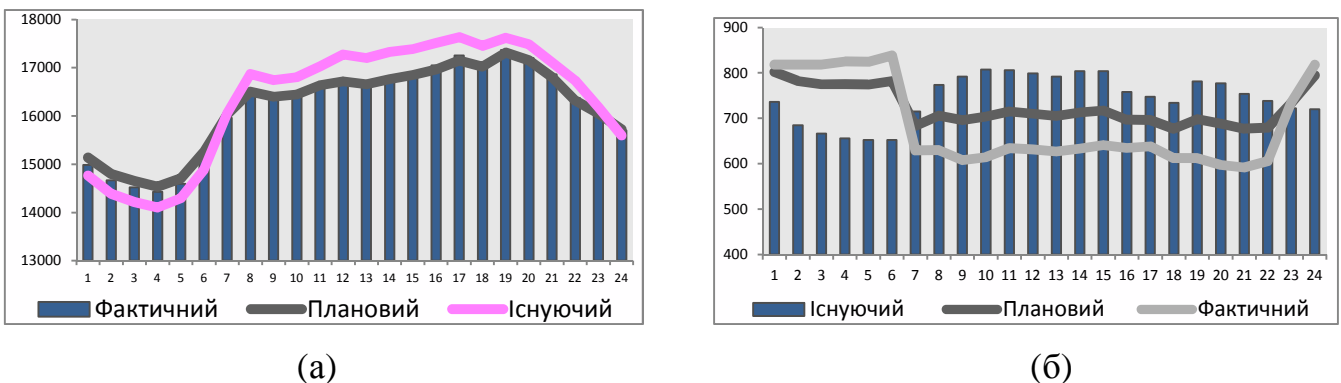


Рисунок 4 – Добові графіки електричного навантаження енергосистеми (а) та Київобленерго (б), МВт.

Для розрахунку величини фактичної винагороди кожної з обленерго, що приймає участь у Проекті, як і на етапі планування, визначаються фактичні коефіцієнти індивідуального впливу відповідних електропередавальних організацій на зміну графіка навантаження енергосистеми від того, що існував на початку функціонування Проекту, до фактично досягнутого. Пропорційно цим коефіцієнтам фактична економія витрат енергосистеми розподіляється між усіма обленерго, що приймають участь у Проекті.

На основі фактичних профілів навантаження груп споживачів, так само як і на етапі планування, розраховуються фактичні коефіцієнти індивідуального впливу груп споживачів, що приймають участь у Проекті, на формування фактичних графіків навантаження відповідних електропередавальних організацій. Пропорційно цим коефіцієнтам фактичні величини винагороди кожної обленерго розподіляються між групами споживачів, що приєднані до їх мереж і приймають участь у Проекті. Визначені таким чином фактичні значення винагороди електропередавальних

організацій і груп споживачів, яка має бути одержана ними за фактично досягнуті результати вирівнювання графіка електричного навантаження енергетичної системи, є підставою для проведення остаточних розрахунків між всіма учасниками Проекту (таблиця 1).

Таблиця 1 – Коефіцієнти індивідуального впливу і фактична винагорода груп споживачів, що приймають участь у Проекті

Обленерго	Дисперсія існуючого графіка навантаження обленерго	Групи споживачів	Дисперсія сформованого графіка навантаження обленерго в результаті зміни графіків груп споживачів	Коефіцієнти індивідуального впливу груп споживачів на зміну графіків навантаження обленерго	Величина фактичної винагороди груп споживачів, млрд. грн. на рік
Київобленерго	2716	Промислові	709	0,738	1,112
		Побутові	1474	0,457	0,694
Харківобленерго	18799	Промислові	14806	0,212	0,166
		Побутові	5201	0,723	0,566
Дніпрообленерго	16149	Промислові	21148	0,309	0,629
		Побутові	23452	0,452	0,918

У **висновках** сформульовано основні теоретичні та практичні результати проведених досліджень.

У **додатках** наведено матеріали, що не ввійшли до основного тексту, зокрема, приклади застосування розроблених у дисертаційній роботі підходів та методик, акти впровадження основних результатів роботи.

## ВИСНОВКИ

1. Найбільш швидким та найменш витратним шляхом полегшення режимів виробництва та передачі електроенергії в об'єднаній енергосистемі, а також підвищення економічності та надійності її функціонування є дієве управління попитом споживачів на електричну потужність.

2. Важливою умовою досягнення помітних результатів управління режимами електроспоживання в енергосистемі є економічна заінтересованість споживачів у регулюванні характеру свого попиту на потужність, одним з основних засобів створення якої є диференційовані за часом тарифи на електричну енергію.

3. Існуючі в Україні диференційовані за зонами доби тарифи на електроенергію на сьогоднішній день вичерпали свої можливості з точки зору дієвого стимулювання споживачів, що їх використовують, до подальшої зміни характеру їх попиту на потужність, а також не сприяють залученню нових, достатньо потужних споживачів до участі у вирівнюванні добових графіків електричного навантаження енергосистеми.

4. Подальший розвиток ринкових методів управління режимами споживання електричної потужності в ОЕС України доцільно здійснювати у напрямку, альтернативному простому удосконаленню диференційованих за часом тарифів на електроенергію.

5. Одним з можливих напрямків удосконалення ринкових методів управління попитом споживачів на електричну потужність є створення та застосування механізму адресного управління режимами споживання потужності,

який являє собою окремий Проект, незалежний від уже існуючих в Україні інших методів такого управління та від досягнутих результатів їх використання.

6. Метою створення запропонованого механізму є скорочення витрат органічного палива (природного газу, мазуту, вугілля), інших матеріальних ресурсів, а також грошових коштів на виробництво електроенергії шляхом подальшого вирівнювання добових графіків навантаження енергосистеми.

7. Однією з основних переваг розробленого механізму управління режимами споживання електричної потужності є те, що економічне стимулювання участі електропередавальних організацій і споживачів у вирівнюванні добових графіків навантаження енергосистеми пропонується здійснювати *адресно*, тобто виключно по відношенню до тих з них, які заздалегідь дали згоду на участь у цьому Проекті, а також реально сприяли вирішенню поставленої задачі.

8. Застосування запропонованого механізму адресного управління попитом споживачів на електричну потужність дозволить створити дієві стимули до активної участі електропередавальних організацій і споживачів в управлінні режимами виробництва та передачі електроенергії в ОЕС України.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Аль Шарари, М. Энергетика Иордании: современное состояние и перспективы развития [Текст] / М. Аль Шарари, В. Ф. Находов, Ю. Н. Исаенко // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2014. – № 4. – С. 83–91.

2. Находов В. Ф. Определение первоочередных направлений совершенствования дифференцированных тарифов на электрическую энергию [Текст] / В. Ф. Находов, А. И. Замулко, Мохаммад Аль Шарари, Ю. Н. Исаенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.– 2015.– №1(78). – С. 24 – 32. (Включена до міжнародної наукометричної бази даних Index Copernicus).

3. Находов В. Ф. Оценка влияния изменения спроса потребителей на электрическую мощность на неравномерность суточных графиков нагрузки энергосистемы [Текст] / В.Ф. Находов, А.И. Замулко, Мохаммад Аль Шарари, Д. А. Мединцева // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2016. – № 1. – С.31–38.

4. Находов В. Ф. Анализ длительности и границ существующих тарифных зон суток [Текст] / В. Ф. Находов, А. И. Замулко, Мохаммад Аль Шарари, Д. А. Мединцева // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2016. – № 2 – С. 88 – 97.

5. Находов В. Ф. Оценка потенциала снижения затрат энергосистемы в результате выравнивания суточных графиков ее электрической нагрузки [Текст] / В. Ф. Находов, А. И. Замулко, Мохаммад Аль Шарари, В. В. Чекамова // Вісник НТУ«ХПІ». – 2016. – № 4.(1176). – С.21–31.

6. Мохаммад Аль Шарари. Влияние спроса потребителей на неравномерность электрической нагрузки энергосистемы [Текст] // В матеріалах XIV Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених і спеціалістів «Електромеханіка та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації», м. Кременчук, 14 – 15 квітня 2016 р., Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Остроградського. – С.133–135.

7. Находов В. Ф. Анализ установленных зон суток существующих

дифференцированных тарифов на электроэнергию [Текст] / В. Ф. Находов, А. И. Замулко, Мохаммад Аль Шарари, Д. А. Мединцева. // В материалах III международной научно-технической та навчально-методической конференции «Энергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – 2016», Київ, 30 травня - 01 червня 2016 р., Київ: НТУУ «КПІ». – С. 82 – 83.

8. Находов В. Ф. Дополнительные затраты энергосистемы на покрытие неравномерных графиков электрической нагрузки [Электронне видання] / В. Ф. Находов, А. И. Замулко, Мохаммад Аль Шарари, Д. А. Мединцева // Збірка наукових праць VIII міжнар. наук.-техн. конф. молодих дослідників, аспірантів та студентів «Енергетика. Екологія. Людина», Київ, 1–3 червня 2016 р., Київ: НТУУ «КПІ». – С. 265–269.

9. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на науковий твір «Механизм целевого управления режимами потребления электрической мощности в ОЭС Украины» / В. Ф. Находов, А. И. Замулко, Мохаммад Аль Шарари. - № 68051; заявка від 04.08.2016 р.; зареєстр.29.09.2016 р.

### АНОТАЦІЯ

**Мохаммад Ібрагім Мохаммад Аль Шарари. Адресне управління режимами споживання електричної потужності в енергетичній системі. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.01 – енергетичні системи та комплекси. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2017.

Проаналізовано результати використання існуючих в Україні диференційованих за зонами доби тарифів на електроенергію. Обґрунтовано, що подальший розвиток ринкових методів управління попитом споживачів на електричну потужність в енергосистемі доцільно здійснювати у напрямках, альтернативних простому удосконаленню існуючих диференційованих тарифів.

Розроблена концепція та методичні основи побудови і використання нового, більше ефективного механізму адресного управління режимами споживання електричної потужності в енергосистемі, який дозволяє сформувати дієві стимули до активної участі електропередавальних організацій і споживачів у вирівнюванні добових графіків навантаження ОЕС України.

**Ключові слова:** об'єднана енергетична система, додаткові витрати на виробництво електроенергії, вирівнювання добових графіків навантаження енергосистеми, управління попитом споживачів на електричну потужність, диференційовані за часом тарифи на електроенергію, механізм адресного управління режимами споживання електричної потужності в енергосистемі.

### АННОТАЦИЯ

**Мохаммад Ибрагим Мохаммад Аль Шарари. Адресное управление режимами потребления электрической мощности в энергетической системе. – На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по

специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы. Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, 2017.

Показано, что наиболее быстрым и наименее затратным путем облегчения режимов производства электроэнергии в энергосистеме, повышения экономичности и надежности ее функционирования является действенное управление спросом потребителей на электрическую мощность с использованием экономических методов, которые реализуются, в частности, через систему тарифов на электрическую энергию.

Разработаны методические основы проведения, в соответствии с которыми выполнен углубленный анализ результатов применения существующих в Украине дифференцированных по зонам суток тарифов на электроэнергию.

В ходе анализа, в частности, исследован характер и степень влияния спроса на электрическую мощность основных групп потребителей на неравномерность суточных графиков нагрузки энергосистемы; проанализировано соответствие установленных границ и продолжительности действующих тарифных зон суток современным потребностям управления электропотреблением; осуществлена оценка характера и степени противодействия изменения нагрузки «дифтарифных» и «недифтарифных» потребителей электроэнергии в каждый час суток.

Доказано, что существующие дифференцированные тарифы исчерпали свои возможности с точки зрения эффективного стимулирования потребителей к дальнейшему изменению характера их спроса на электрическую мощность и не способствуют привлечению новых потребителей к участию в выравнивании суточных графиков нагрузки энергосистемы.

Обосновано, что дальнейшее развитие рыночных методов управления спросом потребителей на электрическую мощность в энергетической системе целесообразно осуществлять в направлениях, альтернативных простому совершенствованию существующих дифференцированных по зонам суток тарифов на электроэнергию.

Разработаны концепция и методические основы построения и использования нового механизма адресного управления режимами потребления электрической мощности в энергетической системе, позволяющего сформировать более действенные стимулы к активному участию электропередающих организаций и потребителей в управлении режимами производства электрической энергии в ОЭС Украины.

Показано, что создание такого механизма представляет собой отдельное направление (отдельный Проект) развития рыночных методов управления спросом потребителей на электрическую мощность, независимое от уже существующих других методов и способов такого управления и достигнутых результатов их применения.

В качестве нового, более действенного «инструмента» привлечения потребителей к выравниванию суточных графиков нагрузки энергосистемы предложено устанавливать и использовать *плату за профиль электрической мощности*, то есть за определенную конфигурацию суточных графиков нагрузки электропередающих организаций, отдельных потребителей или их групп. Эта плата должна осуществляться *продавцами* электроэнергии ее *покупателям* за формирование и поддержание ими заранее согласованной с энергосистемой конфигурации суточных графиков их электрической нагрузки.

Показано, что основным преимуществом предлагаемого механизма управления режимами потребления электрической мощности является то обстоятельство, что экономическое стимулирование осуществляется *адресно*, то есть исключительно по отношению к тем электропередающим организациям и потребителям, которые заранее дали согласие на участие в данном Проекте, а также реально способствовали выравниванию суточных графиков нагрузки энергосистемы.

Разработан общий алгоритм функционирования предлагаемого механизма управления, которое реализуется на трех уровнях (объединенная энергосистема, электропередающая организация, потребитель электроэнергии), и включает три этапа (подготовительный, этап планирования и этап окончательных расчетов).

Созданы методические основы определения экономии дополнительных затрат на производство электроэнергии, возникающей в энергосистеме в результате выравнивания суточных графиков ее нагрузки. Выполнена оценка величины этой экономии для нескольких сценариев постепенного выравнивания суточных графиков нагрузки ОЭС Украины. Продемонстрирован пример практической реализации методических основ создания и использования механизма адресного управления режимами потребления электрической мощности в объединенной энергосистеме Украины.

**Ключевые слова:** объединенная энергетическая система, дополнительные затраты на производство электроэнергии, выравнивание суточных графиков нагрузки энергосистемы, управление спросом потребителей на электрическую мощность, дифференцированные по времени тарифы на электроэнергию, механизм адресного управления режимами потребления электрической мощности в энергосистеме.

## ABSTRACT

**Mohammad Ibrahim Mohammad Alsharari. Addressed management of electric power consumption regimes in the energy system – Manuscript.**

Thesis for the PhD degree in technical sciences, specialty 05.14.01 - Energy systems and complexes. National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kiev, 2017.

The results of use of the existing in Ukraine electricity tariffs differentiated by zones are analyzed. It is proved in this Thesis that the further development of market methods of the demand side management for consumers in the power system it is advisable to carry out in alternative directions of simple perfection of existing differentiated tariffs.

The concepts and methodological foundations for construction and use of new, more effective mechanism for Addressed management of electric power consumption regimes in the energy system are designed. They allow forming effective incentives to participate actively in electricity-transmission organizations and consumers in correction of daily load schedules of the united power system of Ukraine.

**Key words:** united power system, additional cost of electric power generation, correction of daily load schedules of electric power system, electric power demand side management, differentiated electricity tariffs, the mechanism of addressed management of electric power consumption regimes in the energy system.