

МОДЕЛЬ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ КРАЇНИ

В. О. Суворов, В. В. Зубак¹

¹Національний університет «Одеська політехніка»

Анотація. Дослідження фокусується на вирішенні проблем оцінки ефективності сучасних електроенергетичних систем країн різної конфігурації. З огляду на зростання інтересу споживачів у впливі на графік електропостачання, дослідження розділене на дві основні частини. По-перше, створена модель для оцінки ефективності експлуатації електроенергетичної системи. По-друге, розроблений метод аналізу ефективності енергосистеми, базований на моделі зміни показників якості енергосистеми.

Представлена модель враховує такі характеристики енергосистеми, як ймовірність безвідмовної роботи мережі, нормоване значення частоти електроенергії, обсяг споживаної електроенергії та електроенергії, що постачається. Очікується, що ця модель забезпечить більш точну оцінку ефективності енергосистеми в нормальних умовах роботи. Також розроблений метод аналізу ефективності експлуатації енергосистеми, що базується на моделі зміни показників якості енергосистеми. Особливістю цього методу полягає в введенні нового узагальненого показника ефективності енергосистеми, який визначається методом згортки часткових показників, а саме: обсяг поставки електроенергії, якість поставки та ефективність поставки електроенергії. Достовірність моделі підтверджена розрахунками добового графіка постачання та навантаження.

Ключові слова: електроенергетична система, ефективність постачання електроенергії, оцінка ефективності системи електропостачання, показники електроенергії, графік навантаження, споживаче управління, якість поставки електроенергії.

Вступ

У світі, де росте потреба в енергії, стрімкі зміни клімату та дефіцит традиційних ресурсів, виникає необхідність у нових підходах до енергетичних систем. Вирішення цих задач вимагає від професіоналів та спеціалістів даної галузі ефективного управління енергією для забезпечення сталого та стабільного майбутнього для всесвітньої спільноти.

Оцінка ефективності енергосистеми відіграє ключову роль у досягненні амбіційних енергетичних цілей. Вона дозволяє проводити науковий аналіз енергетичних комплексів, визначати ефективні та неефективні рішення, а також розробляти стратегії зменшення енерговитрат, оптимізації використання ресурсів та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

Знання про методи оцінки ефективності енергосистеми є важливими для фахівців у галузі енергетики, дослідників і представників урядових та комерційних структур, які займаються розробкою стратегій енергетичної політики.

Проведення аналізу та порівняння різних методів оцінки ефективності допомагає виявити оптимальні рішення для створення більш стійкої, ефективної та екологічно безпечної енергосис-

теми у майбутньому. Це важливий крок у напрямку розвитку сталої енергетики, яка враховує потреби сучасності.

1. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Оцінка ефективності енергосистеми — це складний процес, який включає в себе використання різноманітних методів та інструментів. Ці засоби дозволяють систематично вивчати, аналізувати та вимірювати різні аспекти функціонування енергетичної системи та всіх її компонентів. Вони виступають як ключові інструменти для визначення рівня ефективності системи, виявлення можливих проблем, проведення порівняльного аналізу різних режимів роботи та розробки стратегій для оптимізації всього енергетичного комплексу. Такий підхід допомагає не лише забезпечити належний рівень продуктивності, а й розвивати енергетичні системи, що враховують ефективне використання ресурсів та сталість у довгостроковій перспективі.

Впровадження систем накопичення електроенергії визначається як один з найбільш перспективних шляхів для підвищення ефективності енергосистеми. Окрім того, така ініціатива вирішує інші важливі завдання, забезпечуючи додаткові послуги, такі як регулювання напруги та частоти. Це не лише сприяє збереженню енергії,

а й дозволяє більш гнучко вирішувати потреби електромережі в режимі реального часу. Такий підхід сприяє розвитку енергетики, що враховує велику кількість відновлюваних джерел енергії та забезпечує стійкість системи у варіабельних умовах [1].

В роботі [2] представлено новаторський підхід щодо оцінки можливостей енергопостачання розподільчих систем. У цьому підході потужність джерела електропостачання розглядається як ключовий параметр, а різні вимоги користувачів до надійності розглядаються як основні обмеження. Згідно з результатами моделювання, такий метод може сприяти підвищенню економічної ефективності розподільчих систем, одночасно збільшуючи їх потужність електропостачання. Важливо відзначити, що послаблення обмежень на рівні надійності може значно покращити функціональні можливості джерела електричної енергії.

Крім того, виявлено, що збільшення потужності розподіленого виробництва суттєво підвищує рівень надійності, особливо при збільшенні навантаження на систему [3].

У дослідженні [4] розроблено модель для визначення ефективності системи електропостачання, яка включає аналіз структури системи та оцінку кожного її компонента згідно обраних критеріїв таких як кількість переробленої енергії в одиницю часу та рентабельність переробки електроенергії.

В роботах [5, 6] розроблено нову модель, що дозволяє оцінити результативність та показник бюджетного профіциту для систем із кількома станами при взаємодії між пошкодженням та обслуговуванням. В цьому підході вивчається вплив змін продуктивності систем із кількома станами на їх ефективність.

Виробництво та споживання базуються на розвитку та ефективному використанні енергії, а також на показнику споживання енергії на кожному особу [7].

У ситуації нерівноваги між попитом та генерацією енергії, а також зростаючого навантаження на навколишнє середовище, інтегрована енергетична система стає необхідною для вдосконалення задоволення зростаючого попиту на енергію [8]. Ця інтегрована енергетична система має важливе значення для підвищення ефективності використання енергії, зменшення викидів вуглецю та забезпечення створення екологічно чистої енергії.

Для оцінки ефективності дії електростанцій, в [9] було введено показник, що базується на властивостях показників продуктивності, визначених з аналізу доцільності та термодинамічної

ефективності. Показник ефективності роботи електростанції в рамках енергетичної системи було розроблено, використовуючи можливість обмеження та комбінування різних видів енергії з урахуванням їх різного впливу, що було запозичено з аналізу термодинаміки. Крім того, властивість послідовності та збалансованості розглянутих варіантів була взята з аналізу доцільності.

У роботі [10] представлений метод аналізу ефективності, який дозволяє ефективно розподіляти характеристики гнучкості між різними електростанціями. У випадку виявлення дисбалансу між системним попитом та потужністю, що генерується енергогенеруючими установками, використовується концепція маржинальної вартості енергії, що допомагає забезпечити баланс системного попиту для відповідного аналізу.

В сучасних умовах електроенергетичного ринку зростає зацікавленість споживачів до активного впливу на добовий графік електропостачання, створюючи умови для виробників електроенергії. Цей процес, відомий як споживче управління, включає в себе зсув годин споживання електроенергії, встановлення пікових тарифів, угоди щодо обмеження чи збільшення навантаження у певні періоди.

Зазвичай такі умови формуються шляхом укладання спеціальних контрактів або угод між споживачами та виробниками електроенергії. Ці угоди сприяють забезпеченню необхідного обсягу електроенергії для вирішення потреб споживачів та збереження стабільності електропостачання.

Оцінка ефективності експлуатації енергосистеми за використанням існуючих методів, які враховують споживче управління та контракти, стає неможливою. Тому виникає необхідність в створенні нових методів оцінки різних конфігурацій та режимів роботи електроенергетичних систем.

2. Мета та задачі дослідження

Мета статті полягає в підвищенні ефективності електроенергетичної системи шляхом удосконалення методу оцінки ефективності її експлуатації в нормальному режимі роботи, з урахуванням впливу збурень, що виникають внаслідок різних показників, таких як об'єм, якість та ефективність поставки електроенергії.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

1) створити моніторингову модель для визначення показників експлуатації електроенергетичної системи, яка включає в себе моделі оцін-

ки об'єму, якості та ефективності поставки електроенергії;

2) розробити метод аналізу ефективності електроенергетичної системи на базі моделі згортки різних за походженням показників експлуатації системи;

3) проаналізувати отримані дані.

3. Моніторингова модель оцінки ефективності системи

Для визначення показника ефективності експлуатації енергосистеми важливо зробити наступні припущення.

З урахуванням переважання теплових електростанцій в енергосистемі України, вплив коефіцієнта саморегулювання від гідроелектростанцій є незначним і може бути прийнятим рівним нулю.

Коефіцієнт регулюючого ефекту навантаження при повній потужності, позначений як k_n , може значно змінюватися протягом доби внаслідок зміни характеру навантаження та залежить від напруги та від частоти. Тому особливу увагу приділяють експериментальному визначенню значення k_n . Для енергосистеми з невеликою потужністю до 100 МВт, значення k_n прийнято рівним 2 [11].

Моніторингова модель визначає узагальнений показник, який формується методом згортки наступних частинних показників:

- показник об'єму поставки електроенергії (C_n);
- показник якості поставки електроенергії (C_f);
- показник ефективності поставки електроенергії (C_{ef}).

Показники C_n , C_f , C_{ef} моніторингової моделі належать до одного класу, який відображає ефективність електроенергії. Такі показники піддаються узагальненню в показник C_r за допомогою методу ідеальної точки. Метод ідеальної точки використовується в задачах багатокритеріальної оптимізації [11].

Для вирішення багатокритеріальної задачі оптимальності за допомогою методу ідеальної точки, спочатку визначаються координати ідеальної точки та її метрика, яка дозволяє виміряти відстань до оптимальної точки. З метою визначення координат ідеальної точки вирішуються окремі однокритеріальні задачі для кожного з показників оптимізації. Якщо ідеальна точка знаходиться у множині допустимих рішень, то вважається, що задачу вирішено.

Для вирішення проблеми з нестачею електроенергії висувається ідея залучення її на умовах позики з відсотками у іншу організацію з пере-

дачі електроенергії, використовуючи принципи банківської системи.

Показник об'єму поставки електроенергії розраховується за наступною формулою

$$C_n = \frac{P_m \cdot V_{c.e}}{V_{п.е}}, \quad (1)$$

де P_m – ймовірність безвідмовної роботи мережі;

$V_{c.e}$ – об'єм споживаної електроенергії, МВА·год;

$V_{п.е}$ – об'єм електроенергії, що постачається, МВА·год.

Показник якості поставки електроенергії визначається як

$$C_f = \frac{\omega_\phi}{\omega_n}, \quad (2)$$

де ω_n – нормоване значення частоти електроенергії, Гц;

ω_ϕ – фактичне значення частоти, Гц.

Для оцінки ефективності поставки та споживання електроенергії вводиться коефіцієнт ефективності, який визначається за формулою

$$C_{ef} = \frac{V_{c.e}}{V_{п.е} + V_6 + (V_6 \cdot C)}, \quad (3)$$

де $V_{c.e}$ – об'єм споживаної електроенергії на прийнятому інтервалі часу, МВА·год;

$V_{п.е}$ – об'єм електроенергії, що постачається електропередавальною організацією, МВА·год;

V_6 – об'єм електроенергії, який береться в борг за банківською системою у іншій електропередавальній організації, МВА·год;

C – відсоток, який вводиться за користування електроенергією.

Загальний показник моніторингової моделі – показник ефективності електропостачання формується на основі частинних показників C_n , C_f , C_{ef} за методом ідеальної точки та визначається як

$$C_r = \sqrt{\sum_{i=1}^n (C_i - C_{ид.i})^2}, i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

де C_i – значення частинних показників;

$C_{ид}$ – значення частинних показників в ідеальній точці – фіктивній точці в n -вимірному просторі, в якій значення частинних показників досягають екстремуму.

4. Метод для моніторингу та оцінки ефективності системи

Для визначення часткових показників, зазначених у формулах (1, 2, 3), розглядається ілюстративний приклад добового графіка постачання та споживання загальної електричної енергії, наведений на рисунку 1.

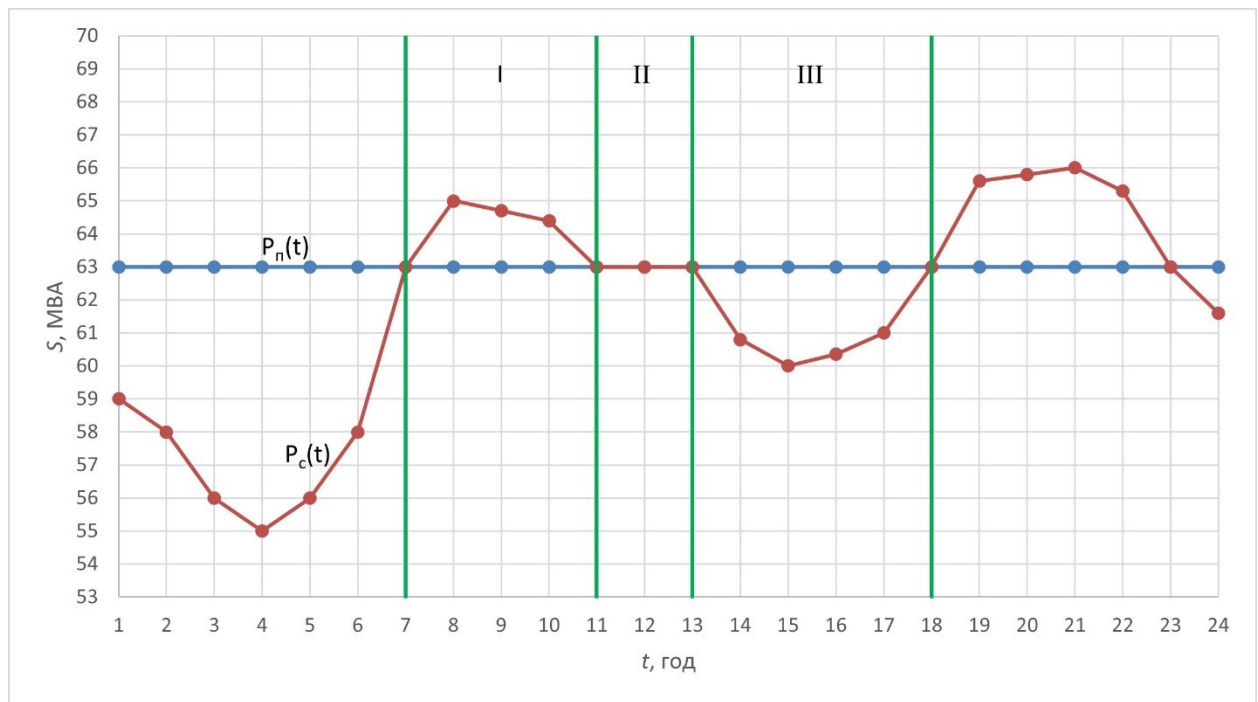


Рис. 1. Добовий графік постачання та споживання загальної електричної енергії енергопостачальної системи

Графік електропостачання та споживання повної електричної енергії розділяється на три часові інтервали:

Інтервал I: з 7:00 до 11:00;

Інтервал II: з 11:00 до 13:00;

Інтервал III: з 13:00 до 18:00.

Згідно з графіком на рисунку 1 (**інтервал I**), об'єм споживаної електроенергії перевищує об'єм, що постачається. Виникає нестача електроенергії для споживача, що свідчить про неефективне постачання електроенергії.

На **інтервалі II** об'єм електроенергії, що постачається дорівнює об'єму електроенергії, що споживається. Даний випадок є ідеальним з точки зору ефективності електропостачання.

Згідно з графіком на рисунку 1 (**інтервал III**) об'єм електроенергії, що постачається перевищує об'єм електроенергії, який споживається. Так як споживач не використовує в повному обсязі поставлений йому об'єм електроенергії, утворюється надлишок, який характеризує неефективне постачання.

Розрахунок показника об'єму поставки електроенергії за формулою (1).

На інтервалі I:

Об'єм електроенергії, що постачається знаходиться за формулою

$$V_{п.е}^I = S_{п.е}^I (t_{11} - t_7), \text{ МВА} \cdot \text{год.} \quad (5)$$

Об'єм споживаної електроенергії розраховується за формулою

$$V_{с.е}^I = \sum_{i=7}^{11} \left(\frac{S_{с.е.i}^I + S_{с.е.i+1}^I}{2} (t_{i+1} - t_i) \right), \text{ МВА} \cdot \text{год.} \quad (6)$$

На інтервалі II:

Об'єми електроенергії, що постачаються та споживаються, знаходяться за формулою

$$V_{п.е}^{II} = V_{с.е}^{II} = S_{п.е}^{II} (t_{13} - t_{11}), \text{ МВА} \cdot \text{год.} \quad (7)$$

На інтервалі III:

Об'єм електроенергії, що постачається знаходиться за формулою

$$V_{п.е}^{III} = S_{п.е}^{III} (t_{18} - t_{13}), \text{ МВА} \cdot \text{год.} \quad (8)$$

Об'єм споживаної електроенергії розраховується так:

$$V_{с.е}^{III} = \sum_{i=13}^{18} \left(\frac{S_{с.е.i}^{III} + S_{с.е.i+1}^{III}}{2} (t_{i+1} - t_i) \right), \text{ МВА} \cdot \text{год.} \quad (9)$$

Розрахунок показника якості поставки електроенергії на інтервалах I-III проводиться за формулою (2), згідно з якою знаходиться відношення фактичного значення частоти до нормованого.

Розрахунок показника ефективності поставки електроенергії за формулою (3).

Об'єм електроенергії, який позичається, визначається так:

$$V_{\sigma}^I = V_{с.е}^I - V_{п.е}^I \text{ МВА} \cdot \text{год.} \quad (10)$$

Відсоток (C) за позичення електроенергії вводиться за тарифами електропередавальної організації, що дає в борг певний об'єм електроенергії.

На інтервалі II:

Об'єми електроенергії, що постачається та споживається, знаходяться за формулою (7).

Так як на інтервалі II об'єм електроенергії, який споживається дорівнює об'єму електроенергії, яку може передати електропередавальна організація, то немає необхідності брати об'єм електроенергії в борг.

На інтервалі III:

Об'єм електроенергії, що постачається, знаходиться за формулою (8).

Об'єм споживаної електроенергії розраховується за формулою (9).

Так як на інтервалі III об'єм електроенергії, який споживається дорівнює об'єму електроенергії, яку може передати електропередавальна організація, то немає необхідності брати електроенергію в борг за банківською системою.

5. Результати дослідження

Ефективність постачання електроенергії оцінюється за узагальненим показником ефективності електропостачання (C_r).

Для визначення ефективності системи розраховуються частині показники (C_n , C_f , C_{ef}), на основі яких виконується згортка в C_r .

Згідно з графіком на рисунку 1 повна потужність, яку постачає електропередавальна організація на протязі доби становить $S_n = 63$ МВА.

Для інтервалу I об'єм електроенергії, що постачається $V_{п.е}$ становить 252 МВА·год.

Об'єм споживаної електроенергії $V_{с.е}$ становить 257,162 МВА·год.

Ймовірність безвідмовної роботи вузла енергосистеми P_m становить 0,496.

Тоді, за формулою (1) показник об'єму поставки електроенергії становить $C_n = 0,506$.

Для визначення показника якості поставки електроенергії (C_f) розраховується фактичне значення частоти, яке складає $\omega_f = 48,968$ Гц.

Показник якості поставки електроенергії за формулою (2) складає $C_f = 0,979$.

Показник ефективності енергопостачання з урахуванням банківського відсотку 10 % та кількістю електроенергії, що береться в борг, 5,162 МВА·год за формулою (3) складає $C_{ef} = 0,978$.

Загальний показник ефективності електропостачання на інтервалі I за формулою (4) становить $C_r = 0,537$.

Результати розрахунків узагальненого показника ефективності поставки електроенергії на інтервалах I – III наводяться в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунків ефективності поставки електроенергії

Розрахункові значення	Інтервали		
	I	II	III
S_n , МВА	63	63	63
$S_{сп}$, МВА	65	63	60
$V_{п.е}$ МВА·год	252	126	315
$V_{с.е}$ МВА·год	257,162	126	304,588
ω_f , Гц	48,968	50	51,429
ω_n , Гц	50	50	50
V_b МВА·год	5,162	0	0
C_n , в. о.	0,506	0,496	0,48
C_f , в. о.	0,979	1	1,029
C_{ef} , в. о.	0,978	1	0,967
C_r , в. о.	0,537	0,504	0,582

На інтервалі I показник об'єму поставки електроенергії свідчить про неефективне постачання електроенергії. Показник якості поставки електроенергії свідчить про відхилення частоти від нормованої на 2,1 %. Показник ефективності поставки та споживання електроенергії показує неефективність поставки, так як виникає необхідність брати електроенергію в борг у іншої електропередавальної організації за банківською системою під відсоток.

На інтервалі II розглянуто «ідеальний» випадок поставки та споживання електричної енергії. Показник якості поставки електроенергії свідчить про те, що не має відхилень напруги і електроенергія постачається та споживається за однаковою частотою. Показник ефективності поставки та споживання електроенергії дорівнює 1 та вказує на те, що поставка та споживання електроенергії є максимально ефективною.

На інтервалі III показник об'єму поставки електроенергії свідчить про «неефективне» постачання електроенергії. Показник якості поставки електроенергії свідчить про відхилення частоти від нормованої на 2,9%. Показник ефективності поставки та споживання електроенергії показує, що поставка та споживання електроенергії є неефективним, так як утворюється надлишок електроенергії, який не споживається.

6. Висновки

1. Для оцінки ефективності постачання та використання електроенергії розроблено метод та моніторингову модель оцінки ефективності системи. Це дозволяє оцінити ефективність функціонування електроенергетичної системи в нормальному режимі за допомогою єдиного по-

казника, що ґрунтується на згортці різноманітних показників у єдиний загальний показник.

Серед показників постачання та споживання електроенергії вводяться такі: показник обсягу постачання та споживання електроенергії, показник якості постачання та споживання електроенергії та показник ефективності постачання та споживання електроенергії.

2. Порівнюючи класичний спосіб визначення ефективності електропостачання із методом, який пропонується в даній роботі, можна визначити, що у певних ситуаціях отримані дані є неадекватними. Так, наприклад на інтервалі I, ефективність поставки електроенергії за звичайним методом складає $C_{\text{ef}} = 1,13 > 1$, що не дає можливість адекватно оцінити енергосистему.

3. Порівнюючи узагальнені показники C_r , отримані при розрахунку ефективності поставки електроенергії на інтервалах I-III, можна зробити висновок, що «ідеальним» узагальненим показником є значення на інтервалі II.

Список використаної літератури

1. Кириленко, О., Блінов, І., Парус, Є. і Трач, І. (2021). Оцінка ефективності використання систем накопичення електроенергії в електричних мережах. *Технічна електродинаміка*. № 4, 44-54.

<https://doi.org/10.15407/techned2021.04.044>.

2. Бодунов В. М. (2015). Принципи оцінювання потужності джерел розподіленого генерування в системах електропостачання. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. № 3.

3. Бодунов В. М. (2013). Урахування острівних режимів під час вибору потужності джерел розподіленої генерації. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. № 6, 82—83.

4. Акімов, О. І., Кукушкін, Д. О., Попадін, А. І., Прищеп, А. В. (2016). Оцінка ефективності систем електропостачання електрифікованих залізниць. *Системи обробки інформації*. №7, 12-14. http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2016_7_4.

5. Попадченко, С. А. (2015). Порівняльна оцінка ефективності передавання електроенергії повітряними лініями. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. № 164, 27-30.

6. Hongyan Dui, Yaohui Lu, Zhanfei Gao, Liudong Xing. (2023). Performance efficiency and cost analysis of multi-state systems with successive damage and maintenance in multiple shock events. *Reliability Engineering & System Safety*, № 238. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109403>.

7. Marco Francesconi, Marco Antonelli, Umberto Desideri. (2023). Assessment of the optical

efficiency in solar collectors: Experimental method for a concentrating solar power. *Thermal Science and Engineering Progress*, № 40.

<https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.101740>

8. Rami S. El-Emam, Ibrahim Dincer. (2018). Investigation and assessment of a novel solar-driven integrated energy system. *Energy Conversion and Management*. № 158, 246-255.

<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.12.062>.

9. David S. Timmons, Khalil Elahee, Ming Lin. (2022). Energy efficiency and conservation values in a variable renewable electricity system. *Energy Strategy Reviews*. № 43.

<https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100935>.

10. Yifu Zhang, Jorge Cortés. (2021). Model predictive control for transient frequency regulation of power networks, *Automatica*. № 123.

<https://doi.org/10.1016/j.automatica.2020.109335>.

11. Волошин О.Ф., Мащенко С.О. (2018). Моделі та методи прийняття рішень: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.

http://csc.knu.ua/media/study/asp/decision_theory_mashchenko/book/book3.pdf.

References

1. Kyrylenko, O., Blinov, I., Parus, Y. & Trach, I. (2021). Evaluation of the efficiency of energy storage systems in electrical networks. *Technical Electrodynamics*. № 4, 44-54.

<https://doi.org/10.15407/techned2021.04.044>.

2. Bodynov V. M. (2015). Principles of assessing the capacity of distributed generation sources in power systems. *Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute*. № 3.

3. Bodynov V. M. (2013). Consideration of islanding modes during the selection of distributed generation source capacity. *Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute*. № 6, 82-83.

4. Akimov, O. I., Kukushkin, D. O., Popadin, A. I., Pryshchepa, A. V. (2016). Evaluation of the efficiency of electrified railway power supply systems. *Information Processing Systems*. № 7, 12-14.

http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2016_7_4.

5. Popadchenko, S. A. (2015). Comparative evaluation of the efficiency of electricity transmission through overhead lines. *Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petro Vasylenko*. 164, 27-30.

6. Hongyan Dui, Yaohui Lu, Zhanfei Gao, Liudong Xing. (2023). Performance efficiency and cost analysis of multi-state systems with successive damage and maintenance in multiple shock events. *Reliability Engineering & System Safety*, № 238. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109403>.

7. Marco Francesconi, Marco Antonelli, Umberto Desideri. (2023). Assessment of the optical efficiency in solar collectors: Experimental method for a concentrating solar power. Thermal Science and Engineering Progress, № 40.
<https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.101740>

8. Rami S. El-Emam, Ibrahim Dincer. (2018). Investigation and assessment of a novel solar-driven integrated energy system. Energy Conversion and Management. № 158, 246-255.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.12.062>

9. David S. Timmons, Khalil Elahee, Ming Lin. (2022). Energy efficiency and conservation values in a variable renewable electricity system. Energy Strategy Reviews. № 43.

<https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100935>.

10. Yifu Zhang, Jorge Cortés. (2021). Model predictive control for transient frequency regulation of power networks, Automatica. № 123.
<https://doi.org/10.1016/j.automata.2020.109335>.

11. Voloshyn O.F., Mashchenko S.O. (2018). Models and Decision-Making Methods: a textbook for students of higher education institutions.
http://csc.knu.ua/media/study/asp/decision_theory_mashchenko/book/book3.pdf.

MODEL FOR MONITORING AND EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM OF THE COUNTRY

V. O. Suvorov, V. V. Zubak¹

¹ Odessa Polytechnic National University

Abstract. *The research focuses on addressing the challenges of evaluating the effectiveness of modern power systems in countries with different configurations. Given the growing interest of consumers in the impact on the electricity supply schedule, the research is divided into two main parts. Firstly, a model has been developed to assess the operational efficiency of the power system. Secondly, a method for analyzing the efficiency of the energy system has been developed, based on a model of changes in energy system quality indicators.*

The presented model takes into account energy system characteristics such as the probability of network failure, normalized frequency of electricity, and the volume of consumed and supplied electrical energy. It is expected that this model will provide a more accurate assessment of the efficiency of the energy system under normal operating conditions. Additionally, a method for analyzing the operational efficiency of the energy system has been developed, based on a model of changes in energy system quality indicators. The uniqueness of this method lies in the introduction of a new comprehensive indicator of energy system efficiency, determined by the convolution method of partial indicators, namely: the volume of electricity supply, supply quality, and electricity supply efficiency. The reliability of the model is confirmed by calculations of the daily schedule of supply and load

Keywords: *electric power system, electricity supply efficiency, evaluation of power supply system efficiency, electricity indicators, load schedule, consumer management, electricity supply quality.*

Отримано 09.10.2023



Суворов Владислав Олегович, Національний університет «Одеська політехніка», аспірант кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту. Просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна, E-mail: suvorov@op.edu.ua, тел. +38-063-593-94-91

Suvorov Vladyslav, Odessa Polytechnic National University, PhD Student of the Department of Electricity and Energy Management. Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0003-2842-887X



Зубак Віктор Валерійович, Національний університет «Одеська політехніка», аспірант кафедри програмних і комп'ютерно-інтегрованих технологій. Просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна, E-mail: zubak.8971127@stud.op.edu.ua, тел. +38-095-216-12-49

Zubak Viktor, Odessa Polytechnic National University, PhD Student of the Department of Computer Technologies of Automation. Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-6981-645X