

БАКЛИЦЬКИЙ ВЛАДИСЛАВ МИКОЛАЙОВИЧ ✉ – аспірант кафедри передачі електричної енергії, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5210-5563>; e-mail: baklytskyi.vladyslav@gmail.com.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАННЯ ПОКРАЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

В роботі наведено основні умови функціонування українських електричних мереж, серед яких відзначається: необхідність дотримання вимог євроінтеграції; функціонування в умовах дефіциту генеруючих потужностей та ринкових відносин; зміна характеру електроспоживання; зношеність електромережевого обладнання. Вказані завдання, які спричинені умовами функціонування та потребують вирішення для надійного функціонування електричних мереж та подальшої діяльності України, як члена Європейського співтовариства. До основних завдань, які наводяться в роботі відносяться: покращення надійності електропостачання; потреба в підвищенні рівня інформатизації, автоматизації та енергоефективності. Зазначено, що на шляху до вирішення поставлених завдань виконуються роботи з реконструювання електричних мереж, основою фінансування яких є інвестиційні програми. Висвітлено та проаналізовано питання покращення енергоефективності процесу трансформації електричної енергії за чинних умов функціонування українських електричних мереж. За результатами проведеного аналізу встановлено, що питання покращення енергоефективності процесу трансформації електричної енергії актуальне під час реконструювання електричних мереж. Вказано, що аналіз енергоефективності трансформації електричної енергії може виконуватись на основі техніко-економічної моделі витрат на трансформацію електричної енергії та наведені параметри, які впливають на величину витрат. Зазначено, що об'єднавши параметри, які входять до складу техніко-економічної моделі витрат на трансформацію електричної енергії в окремі складові спостерігається конкуруючий ефект між складовими за умови перегляду потужності силового трансформатора. В роботі звернено увагу на доцільність формування узагальнюючих розрахункових методів для врахування економічної складової під час перегляду номінальної потужності силових трансформаторів.

Ключові слова: втрати; електрична енергія; електричні мережі; енергоефективність; техніко-економічна модель; реконструкція; трансформація.

Постановка проблеми. Функціонування українських електричних мереж (ЕМ) відбувається під дією організаційних заходів реалізованих органами державної влади через необхідність покращення показників надійності, енергоефективності та інформативності.

Основними чинниками, які зумовили потребу в покращенні наведених показників являються:

- значні обсягами руйнування мережевої інфраструктури внаслідок військових дій;
- потреба в дотриманні вимог, які викладені в чинній нормативній документації Європейського союзу (ЄС).

Відповідно до прийнятих державними органами розпорядчих документів в рамках формування організаційних заходів, в ЕМ запроваджуються заходи з реконструювання до складу яких входить перегляд силового обладнання підстанцій. До основного обладнання підстанцій відносяться силові трансформатори, потужність яких, у більшості випадків, прийнята у відповідності до застарілих стратегій розвитку ЕМ. Також, значна частка силових трансформаторів має термін експлуатації, який значно перевищує показник 25 років.

Спираючись на вищенаведене, постає необхідність в дослідженні питання покращення показників енергоефективності процесу трансформації електричної енергії за нинішніх умов експлуатації Українських ЕМ.

Аналіз публікацій. Показники, які характеризують стан ЕМ наводяться в рамках формування планів перспективного розвитку операторами системи розподілу (ОСР) та наводяться за

результатами звітів роботи державних органів, які здійснюють свою діяльність у сфері енергетики [1].

Аналізу стану українських ЕМ присвячена значна кількість публікацій, які висвітлюють основні впливи на мережі, серед яких відзначаються:

- впливи спричинені впровадженням об'єктів розподіленої генерації;
- зміни в структурі споживання електричної енергії; запровадження стимулюючого торфоутворення;
- впливи зношеності електромережевого обладнання [2–3].

Питання оптимізації потужності силових трансформаторів висвітлюється в роботі [4], для формування оптимальної шкали наростання потужності трансформаторів з вищою напругою 6–10 кВ.

В існуючих публікаціях не висвітлюється результати покращення показників енергоефективності процесу трансформації електричної енергії шляхом оптимізації потужності силових трансформаторів в рамках реконструювання ЕМ.

Мета статті. Дослідити умови функціонування Українських електричних мереж відповідно до чинних організаційних заходів та безпосередніх впливів для обґрунтування актуальності питання покращення показників енергоефективності процесу трансформації електричної енергії за чинних умов експлуатації.

Основні умови функціонування українських розподільчих мереж. До основних умов функціонування Українських ЕМ слід віднести:

© В. М. Баклицький, 2024



Ця робота ліцензується відповідно до *Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)*
Конфлікт інтересів: Автор заявив про відсутність конфлікту

- необхідність дотримання вимог євроінтеграції;
- функціонування в умовах дефіциту генеруючих потужностей внаслідок військових дій;
- функціонування в умовах ринкових відносин та зміни характеру електроспоживання з врахуванням зношеного електромережевого обладнання.

Функціонування електричних мереж з врахуванням вимог законодавства Європейського Союзу (ЄС). Розвиток українського електроенергетичного сектору відбувається відповідно до настанов ЄС. Це формує вплив на функціонування ЕМ шляхом дотримання вимог директив та регламентів. Одним з останніх рішень в рамках діяльності України, як країни-члена енергетичного співтовариства, було рішення приведення чинного законодавства в енергетичній сфері у відповідність до вимог 4-го енергопакету ЄС [5].

Основними впровадженнями, які мають безпосередній вплив на українські ЕМ та прийняті в рамках дотримання вимог 4-го енергопакету є децентралізація електричних мереж з врахуванням «зеленого» курсу та підвищення рівня енергоефективності [5].

Основою децентралізації ЕМ є впровадження генеруючих установок, які приєднуються до системи розподілу електричної енергії.

Активне впровадження об'єктів розподіленої генерації в Україні бере початок в 2015 році, передумовою цього є ратифікація Паризької кліматичної угоди [3]. Після ратифікації угоди спостерігається стрімкий зріст обсягів генерованої потужності з установок, які використовують відновлювальні джерела енергії [3].

Основними генераційними установками, які активно впроваджуються та використовують відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) є вітроелектростанції (ВЕС) і сонячні (СЕС) електростанції, динаміка встановленої потужності яких зростає. Підтвердженням цього є дані ДП «Держстат», які наведені в табл. 1 [6].

Таблиця 1 – Встановлена потужність СЕС та ВЕС

Рік, за який наводяться дані	Встановлена потужність, МВт	
	СЕС	ВЕС
2015	359,1	289,5
2016	457,97	300,4
2017	758,4	328,4
2018	1224,8	389
2019	3555,4	1025
2020	5362,6	1111,2
2021	6365,3	1529

Впровадження об'єктів розподіленої генерації планується виконувати з подальшим нарощенням обсягів генерації з генеруючих установок, які використовують ВДЕ. Урядовці зазначають, що прийнята стратегія впровадження об'єктів розподіленої генерації відповідає нагальним потребам

у відбудові ЕМ, які постраждали внаслідок військової агресії, проте, в рамках відновлення, перевага повинна надаватися установкам, що забезпечують гарантований обсяг електричної енергії за наявності палива. Наведена вимога пов'язана з нестабільною роботою СЕС та ВЕС під час електропостачання через значні відхилення планових та фактичних обсягів генерованої потужності [3].

Відповідно до чинного законодавства, діяльність об'єктів розподіленої генерації виконується за моделями:

- виробник електричної енергії
- споживач електричної енергії;
- виробник електричної енергії
- активний споживач.

Найбільш поширеною моделлю, за якої провадиться діяльність є активний споживач електричної енергії. За даною моделлю генерація електричної енергії здійснюється насамперед для задоволення власних потреб, а надлишки електричної енергії збуваються за механізмом самовиробництва або за «зеленим» тарифом [7].

Відповідно прийнятій концепції переходу до децентралізованої системи електропостачання впровадження об'єктів розподіленої генерації виконується наряду з покращенням інформатизації та автоматизації електричних мереж, що повинно покращити оперативну здатність та прогнозування обсягів генерованої електричної енергії.

В цілому, за результатами застосування об'єктів розподіленої генерації прогнозується:

- зменшення обсягу мережевих обмежень, які викликані дефіцитом генеруючих потужностей;
- покращення рівня технологічних та комерційних втрат в ЕМ;
- покращення показників інформативності та автоматизації.

Покращення показників енергоефективності ЕМ виконується здійсненням стимулювання заснованого на основі оцінки потенціалу енергоефективності. Оцінка потенціалу виконується шляхом розроблення переліку економічно ефективних заходів покликаних покращити показники енергоефективності та шляхом планування їх впровадження. Розроблені заходи є пріоритетними для реалізації фінансування в рамках інвестиційних програм розвитку відповідно до можливості технічної реалізації та економічної доцільності [8].

Одним з прикладів економічно-ефективних заходів є запровадження обладнання з високим коефіцієнтом корисної дії, параметри якого регламентуються вимогами щодо екодизайну. Існуючим показником енергоефективності, який характеризує Українські ЕМ є обсяг технологічних втрат електричної енергії (ТВЕ).

Відповідно до показників наведених в табл. 2 розподільчі електричні мережі (РЕМ) характеризуються значною часткою втрат від загального показника відпущеної електричної енергії в мережу [9].

Таблиця 2 – Технологічні втрати електричної енергії в розподільчих мережах

Рік, за який наводяться дані	Відпуск електроенергії в мережу, млн. кВт·год	ТВЕ в розподільчих електромережах	
		млн. кВт·год	%
2019	141329	16434	11,63
2020	136196	15451	11,34
2021	143991	16247	11,28
2022	104529	13428	12,85
2023	98045	12665	12,92

За результатами оцінки діяльності РЕМ в рамках звіту діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) за 2023 рік більшість ОСР працювали в межах нормованих значень втрат активної потужності. Проте, для ряду ОСР оптимізація рівня технологічних втрат електричної енергії є актуальною [1].

Функціонування електричних мереж в умовах ринкових відносин. Функціонування ЕМ в умовах ринкових відносин потребує значного рівня інформатизації задля обґрунтування цін на розподіл електричної енергії та визначення обсягів коштів на придбання електричної енергії для покривання втрат [10].

Під час діяльності з розподілу електричної енергії постає потреба в врахуванні кон'юнктури ринку електричної енергії та інтересів учасників ринку [10].

Таким чином, виникає необхідність в значному рівні оперативної здатності та забезпеченні високого рівня енергоефективності процесу передачі електричної енергії, який включає і трансформацію електричної енергії.

Функціонування електричних мереж в умовах зміни характеру електроспоживання. Розбудова Українських ЕМ виконувалась відповідно до нормативів та стандартів, які були прийняті за часів Радянського Союзу [4]. Тодішні стратегії розбудови були орієнтовані на створення надійної централізованої енергосистеми та стрімке зростання енергоспоживання в промисловому секторі, що за нинішніх умов не відповідає дійсності.

Для сьогодення є характерним зростання енергоспоживання в побутовому секторі та спад в промисловому, підтвердженням цього є тенденція, яка відслідковується в розрізі обсягів електричної енергії яка постачається побутовим та непобутовим споживачам [11].

Дані електропостачання відповідно до інформації ДП «Держстат» наведено в табл. 3.

Відповідно даних наведених в табл. 3 обсяги постачання електроенергії для непобутових споживачів в період з 2019 по 2021 рік в середньому скоротилися на 8 %, в той час як такий самий показник для побутових споживачів зріс на 10 %.

В умовах зростання показників споживання електроенергії побутовими споживачами (табл. 3) виникає потреба в розбудові ЕМ.

Таблиця 3 – Дані електропостачання побутових та непобутових споживачів

Часовий проміжок	Постачання електроенергії побутовим споживачам, тис. кВт·год	Постачання електроенергії непобутовим споживачам тис. кВт·год
I півріччя 2019	15855105,3	35881230,7
II півріччя 2019	16347585,1	32927552,6
I півріччя 2020	17656228,7	32077236,5
II півріччя 2020	17114236,08	26354915,8
I півріччя 2021	18528206,29	28906041,8

Окрім вищенаведеного, зміна характеру електроспоживання відбувається через поступову децентралізацію мереж та перегляд концепції силового електрообладнання відповідно до поставлених вимог щодо енергоефективності [3].

З вищенаведеного слідує, що функціонування ЕМ в умовах зміни характеру електроспоживання призводить до того, що значна частка існуючого обладнання функціонує без забезпечення оптимальних показників щодо економічності, надійності та інформативності в процесі експлуатації.

Функціонування електричних мереж в умовах зношеного електромережевого обладнання. Значна частка обладнання ЕМ мають термін напрацювання, який виходить за межі нормованого терміну експлуатації.

Відповідно до аналітичних даних НЕК «Укренерго» більша частина повітряних ліній з номінальними напругою 35–110 кВ має термін експлуатації, який перевищує 40 років [12].

Для силових трансформаторів термін експлуатації часто перевищує позначку в 25 років [3].

За таких показників, слід звернути увагу, що експлуатація зношеного електромережевого обладнання приводить до частих аварійних відключень, низького рівня інформатизації, зростання технологічних втрат та витрат на обслуговування.

Вирішення наведеної проблематики. Для вирішення вищенаведених проблем, які виникли за чинних умов функціонування РЕМ, ОСР провадять планову діяльність з реконструкції ЕМ.

За даними звіту НКРЕКП за 2023 рік фінансування енергоефективних заходів в ЕМ складають близько 78 % від загального обсягу коштів, які виділяються згідно інвестиційних програм [1].

За даними АТ «Українські розподільчі мережі» активно відбувається діяльність з оновлення обладнання автоматизації та телемеханіки на високовольтних підстанціях. Стан впровадження новітнього обладнання характеризується показником 63 % від загальної кількості підстанцій [13].

У підсумку, можна стверджувати, що ЕМ знаходяться в перехідному стані, за якого відбувається

реконструювання відповідно до чинних умов експлуатації задля покращення параметрів:

- надійності електропостачання;
- інформатизації;
- автоматизації;
- енергоефективності.

Питання покращення енергоефективності процесу трансформації електричної енергії. Для багатьох підстанцій зміна характеру енергоспоживання та впровадження об'єктів розподіленої генерації призводить до зміни навантажень на силові трансформатори.

Енергоефективність трансформації електричної енергії може характеризуватися вартісними показниками витрат на трансформацію електричної енергії та технологічними втратами, які залежать від величини навантаження на силовий трансформатор [14].

Питання енергоефективності трансформації електричної енергії виникає в процесі перегляду силового обладнання трансформаторних підстанцій в рамках реконструювання ЕМ під час прийняття рішення щодо потужності силового трансформатора та полягає в виборі марки силового трансформатора, за якого показники технологічних втрат та витрат під час трансформації електричної енергії будуть мати найменше значення.

На даний час, вибір потужності силового трансформатора ґрунтується на прийнятті коефіцієнту завантаження при якому силовий трансформатор буде працювати без виходу із ладу та скорочення терміну експлуатації за певних експлуатаційних умов. Наведена умова вибору задовольняє роботу силового трансформатора з технічної точки зору, проте не дозволяє приймати оптимальні рішення з економічної точки зору. Також, така методика вибору потужності силового трансформатора може задовольняти роботу трансформатора з низьким коефіцієнтом завантаження, що за часту зустрічається в ЕМ 110 кВ при нинішніх умовах експлуатації.

Визначення потужності силового трансформатора для мінімізації показників витрат на трансформацію електричної енергії потребує задання початковими параметрами, які впливають на відповідний показник. Задання початкових параметрів можливо виконати на основі техніко-економічної моделі дисконтованих витрат на трансформацію електричної енергії, до складу якої входять технічні і економічні показники, а також техніко-економічні та експлуатаційні параметри [15].

До технічних показників відносяться:

- втрати холостого ходу;
- втрати під навантаженням;

До економічних показників відносяться:

- вартісні показники силових трансформаторів з врахуванням витрат на встановлення;
- коефіцієнт ефективності інвестицій, який приймається за нормою відсоткової ставки Національного банку України з врахуванням темпів інфляції;

- коефіцієнт щорічних відрахувань на амортизацію, ремонт і обслуговування;

До техніко-економічних параметрів відносяться:

- вартісні показники витрат під навантаженням;

- вартісні показники витрат холостого ходу;

До експлуатаційних параметрів відносяться:

- річний час напруження силового трансформатора;

- час максимальних втрат;

- показник максимальної завантаженості силового трансформатора;

Вищевказані експлуатаційні параметри можуть бути знайдені на основі показників графіків навантаження споживаної потужності, яка протікає через силовий трансформатор, за наявності належного рівня інформатизації.

Врахування технічних параметрів може виконуватись відповідно до вимог з експлуатації енергоефективного обладнання.

Економічні та техніко-економічні параметри приймаються відповідно до чинних ринкових умов.

Поєднання наведених параметрів в техніко-економічній моделі дисконтованих витрат можна розділити на складові, які формують конкуруючий ефект та впливають на загальний рівень витрат при перегляді номінальної потужності трансформатора.

Техніко-економічну модель можна представити у вигляді наступних складових:

- витрати на амортизацію ремонт та обслуговування; витрати на втрати холостого ходу;
- витрати на втрати під навантаженням.

Під час аналізу застосовуваної потужності трансформатора складові приймають більше або менше значення, задача оптимізації показників енергоефективності полягає в пошуку комбінації складових за якої витрати на трансформацію електричної енергії та величина втрат будуть мати найменше значення.

За наявності всіх початкових даних підбір потужності силового трансформатора з врахуванням економічної складової за певних експлуатаційних умов може виконуватись на основі методу систематизованого підбору з наміченого ряду обладнання, шляхом порівняння величини витрат на трансформацію електричної енергії, проте в такому разі виникає питання оцінки прийнятого рішення на предмет наявності оптимального варіанту потужності серед наміченого ряду трансформаторів [15]. Окрім наведеного, під час оцінки показників витрат на трансформацію електричної енергії необхідно враховувати можливе коливання параметрів, що призводить до проведення повторних розрахунків в повному обсязі. Таким чином, для врахування економічної складової під час перегляду номінальної потужності силових трансформаторів доцільним є формування узагальнюючих розрахункових методів, які дозволять враховувати діючі експлуатаційні показники силових трансформаторів на підстанціях.

Висновок. В роботі наведено основні умови функціонування Українських ЕМ, які є визначальними для їхнього подальшого розвитку. За наведених умов функціонування ЕМ перед ОСР постає ряд завдань, які потребують вирішення для надійного функціонування ЕМ та подальшої діяльності України, як члена Європейського співтовариства.

За результатами дослідження слідує, що до основних проблем, які потребують вирішення слід віднести:

- необхідність в покращенні надійності електропостачання;
- потребу в підвищенні рівнів інформатизації, автоматизації та енергоефективності.

І як слідує з представлених досліджень, на шляху до вирішення існуючих проблем актуальним є врахування експлуатаційних показників силових трансформаторів на підстанціях під час реконструкції ЕМ. Такий підхід дозволить зменшити витрати та втрати під час трансформації електричної енергії і відповідає нагальній потребі перегляду силового обладнання підстанцій.

Список літератури

1. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. ЗВІТ про результати діяльності НКРЕКП у 2023 році. 2023. 26 с. URL: https://www.nerc.gov.ua/storage/app/sites/1/Docs/Byuletyn_do_richnogo_zvitu/broshura_do_richnogo_zvitu_nkrekp-2023.pdf.
2. Довгалюк О. М., Кравчук Д. Є., Сиромятнікова Т. В. Аналіз особливостей роботи розподільних електричних мереж України. *Енергоефективність та енергетична безпека електроенергетичних систем (EEES-2022)*: збірник наукових праць VI Міжнародної науково-технічної конференції, м. Харків, Україна, 20–23 груд. 2022 р. С. 31–32.
3. Вплив розосередженого генерування на надійність роботи електричних мереж / П. Д. Лежнюк та ін. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*. Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. 2018. № 45(1321). С. 25–31. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2018.45.04>.
4. Черемісін М. М., Мороз О. М., Черкашина В. В. Економічні розрахунки в інженерній діяльності на прикладах задач електроенергетики: підручник. Харків: ТОВ «В справі», 2018. 227 с.
5. Комітет Верховної Ради України з питань енергетики та житлово-комунальних послуг. Рекомендації комітетських слухань на тему: Впровадження Україною Четвертого Енергопакету ЄС «Чиста енергія для усіх європейців». Київ, 2023. URL: <https://kompek.rada.gov.ua/uploads/documents/31110.pdf>.
6. Державна служба статистики України. Встановлена електрична потужність у розрізі генерації (Держстат). 2021. URL: <https://map.ua-energy.org/uk/resources/1cbdf64e-fcc8-47fa-9777-b456014e5497/>.
7. Про схвалення Стратегії розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року і затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2024 - 2026 роках: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.07.2024 № 713-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/713-2024-p#Text>.
8. Про енергетичну ефективність: Закон України від 21.10.2021 № 1818-IX: станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>.
9. Державна служба статистики України. 7.1.2. Технологічні витрати електричної енергії в розподільчих електромережах, %. Київ: Державна служба статистики України, 2020. URL https://www.ukrstat.gov.ua/csr_prezent/2020/ukr/st_rozv/metadeta/07/07.htm.
10. Тимчук С. О., Черемісін М. М., Черкашина В. В. Вдосконалення методів достовірності вихідної інформації на прикладах

прогнозних задач в електроенергетиці: монографія. Харків: «Факт», 2020. 192 с.

11. Державна служба статистики України. Ціни на електроенергію для споживачів. Київ: Державна служба статистики України, 2021. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/energ/ser_cin_el_energ/ser_cin_el_energ_u/arh_sc_elen2018_u.htm.
12. НЕК «Укренерго». Довжина та терміни експлуатації повітряних електроліній у розрізі електроенергетичних систем. 2021. URL: <https://map.ua-energy.org/uk/resources/dbb0c63d-f714-458a-80bf-cc0f97ecb34b/>.
13. Голіздра О. Розбудова Smart Grid - шлях до підвищення стійкості енергосистеми України. *Укрінформ - актуальні новини України та світу*. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3863598-rozbudova-smart-grid-slah-do-pidvisenna-stijkosti-energosistemi-ukraini.html>.
14. Baklytskyi V., Cherkashyna V. Advisability of optimizing the nominal power scale of 110 kilovolt transformers. *2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, Kharkiv, Ukraine, 2–6 October 2023. P. 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1109/khpiweek61412.2023.10312971>.
15. Черкашина В. В., Бакицький В. М. Формування і аналіз техніко-економічної моделі трансформації електричної енергії з застосуванням критеріального методу. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*. Серія: *Енергетика: надійність та енергоефективність*. 2022. № 1 (4). С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.20998/2224-0349.2022.01.04>.

References

1. National Commission for State Regulation of Energy and Public Utilities, “ZVIT pro rezultaty diialnosti NKREKP u 2023 rotsi [NCREPU performance report in 2023]”, 2023. [Online]. Available: https://www.nerc.gov.ua/storage/app/sites/1/Docs/Byuletyn_do_richnogo_zvitu/broshura_do_richnogo_zvitu_nkrekp-2023.pdf (in Ukrainian)
2. O. M. Dovhaliuk, D. Ye. Kravchuk, and T. V. Syromiatnikova, “Analiz osoblyvosti roboty rozpodilnykh elektrichnykh merezh Ukrainy [Analysing the peculiarities of the Ukrainian electricity distribution networks]”, in *Energy efficiency and energy security of electric power systems (EEES-2022)*, Kharkiv, Ukraine, Dec. 20–23, 2022, pp. 31–32. (in Ukrainian)
3. P. Lezhniuk, V. Komar, S. Kravchuk, and I. Kotylko, “Influence of dispersed generation on reliability of electrical networks”, *Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series: New Solutions in Modern Technologies*, no. 45(1321), pp. 25–31, Dec. 2018, doi: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2018.45.04> (in Ukrainian)
4. M. M. Cheremisin, O. M. Moroz, and V. V. Cherkashyna, *Ekonomichni rozrakhunky v inzhenernii diialnosti na prykladakh zadach elektroenerhetyky [Economic calculations in engineering activity on the examples of electric power industry problems]*. Kharkiv: TOV «V spravi», 2018. (in Ukrainian)
5. Committee of the Verkhovna Rada of Ukraine on Energy, Housing and Utilities Services, “Rekomendatsii komitetskykh slukhan na temu: Vprovadzhenia Ukrainoiu Chetvertoho Enerhopaketu YeS «Chysta enerhiia dlia usikh yevropeitsiv» [Recommendations of the committee hearings on the topic: Implementation of the EU Fourth Energy Package ‘Clean Energy for All Europeans’ by Ukraine]”, Kyiv, Nov. 2023. [Online]. Available: <https://kompek.rada.gov.ua/uploads/documents/31110.pdf> (in Ukrainian)
6. State Statistics Service of Ukraine, “Installed electricity production capacity by power plant types (Statistics Service)”, Sep. 2021. [Online]. Available: <https://map.ua-energy.org/uk/resources/1cbdf64e-fcc8-47fa-9777-b456014e5497/> (in Ukrainian)
7. Ukraine, Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024, Jul. 18). *Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine no. 713-r, Pro skhvalessnia Stratehii rozvytku rozpodilenoї heneratsii na period do 2035 roku i zatverdzhennia operatsiinoho planu zakhodiv z yii realizatsii u 2024 - 2026 rokakh [On approval of the Distributed Generation Development Strategy for the period up to 2035 and approval of the operational plan for its implementation in 2024-2026]*. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/713-2024-p#Text> (in Ukrainian)

8. Ukraine, Verkhovna Rada of Ukraine. (2021, Oct. 21). *Law of Ukraine no. 1818-IX, Pro enerhetychnu efektyvnist [About energy efficiency]*. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text> (in Ukrainian)
9. State Statistics Service of Ukraine, “7.1.2. Tekhnolohichni vytraty elektrychnoi enerhii v rozpodilchykh elektromerezhakh, % [7.1.2. Technological consumption of electricity in distribution grids, %]”, State Statistics Service of Ukraine, Kyiv, 2020. [Online]. Available: https://www.ukrstat.gov.ua/csr_prezent/2020/ukr/st_rozv/metadata/07/07.htm (in Ukrainian)
10. S. O. Tymchuk, M. M. Cheremisin, and V. V. Cherkashyna, *Vdoskonalennia metodiv dostoverizatsii vykhidnoi informatsii na prykladakh prohnoznykh zadach v elektroenerhetytsi [Improvement of methods for verification of initial information on the examples of forecasting tasks in the electric power industry]*. Kharkiv: «Fakt», 2020. (in Ukrainian)
11. State Statistics Service of Ukraine, “Tsiny na elektroenerhiiu dlia spozhyvachiv [Electricity prices for consumers]”, State Statistics Service of Ukraine, Kyiv, Sep. 2021. [Online]. Available: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/energ/ser_cin_el_energ/ser_cin_el_energ_u/arh_sc_elen2018_u.htm (in Ukrainian)
12. NPC Ukrenergo, “Length and service life of overhead power transmission lines by power systems”, 2021. [Online]. Available: <https://map.ua-energy.org/uk/resources/dbb0c63d-f714-458a-80bf-cc0f97ecb34b/> (in Ukrainian)
13. O. Holizdra. “Rozbudova Smart Grid - shliakh do pidvyshchennia stiikosti enerhosystemy Ukrainy [Smart Grid development is a way to increase the resilience of Ukraine's energy system].” *Ukrinform - Ukrainian National News Agency*. [Online]. Available: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3863598-rozbudova-smart-grid-slah-do-pidvisenna-stiikosti-energosistemi-ukraini.html> (in Ukrainian)
14. V. Baklytskyi and V. Cherkashyna, “Advisability of optimizing the nominal power scale of 110 kilovolt transformers”, in *2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, Kharkiv, Ukraine, Oct. 2–6, 2023, pp. 1–4, doi: <https://doi.org/10.1109/khpiweek61412.2023.10312971>
15. V. V. Cherkashyna and V. M. Baklytskyi, “Formation and analysis technical-economic model of transformation electricity with applying criterion method”, *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Energy: Reliability and Energy Efficiency*, no. 1 (4), pp. 73–78, Jul. 2022. Accessed: Dec. 19, 2024, doi: <https://doi.org/10.20998/2224-0349.2022.01.04> (in Ukrainian)

Надійшла (received) 23.10.2024

UDC 621.311

VLADYSLAV BAKLYTSKYI ✉ – PhD Student of the Department of Electric Power Transmission, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”; Kharkiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5210-5563>; e-mail: baklytskyi.vladyslav@gmail.com.

THE RELEVANCE OF THE ISSUE OF INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE ELECTRICITY CONVERSION PROCESS IN THE CURRENT CONDITIONS OF OPERATION OF THE ELECTRICITY DISTRIBUTION NETWORKS OF UKRAINE

The work sets out the basic conditions for the functioning of Ukrainian electric networks, including: the need to comply with the requirements of European integration; functioning in conditions of a deficit in generating capacity and market relations; changing the nature of electricity consumption; wear and tear of electric network equipment. The tasks that are associated with the conditions for functioning and require solutions for the reliable functioning of electric networks and further activities of Ukraine as a member of the European Union are indicated. The main tasks set out in the work include: improving the reliability of electricity supply; the need to increase the level of informatization, automation and energy efficiency. It is noted that on the way to solving the set tasks, the implementation of work on the reconstruction of electric networks is carried out, the basis for financing which is investment programs. The issue of improving the energy efficiency of the process of transforming electric energy under the current conditions of the functioning of the Ukrainian electric networks is revealed and analyzed. Based on the results of the analysis, it is established that the issue of improving the energy efficiency of the process of transforming electric energy is relevant at the time of reconstructing electric networks. It is indicated that the analysis of the energy efficiency of transforming electric energy can be carried out on the basis of a technical and economic model of the costs of transforming electric energy and the parameters that affect the size of the costs. It is noted that in the case of presenting the parameters included in the technical and economic models of costs for the transformation of electrical energy in the form of separate components, a competing effect is observed between the components. It is noted that the advisability of the formulation of general calculation methods for calculating the economic component during the review of the nominal power of transformers.

Keywords: losses; electricity; distribution networks; energy efficiency; technical and economic model; reconstruction; transformation.