

## ПРОБЛЕМИ ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПІД ЧАС ПЕРЕДАВАННЯ

© Бохонко І. В., 2016

У нових економічних умовах через обмеженість енергоресурсів в Україні, а також приватизації окремих енергетичних об'єктів втрати електроенергії перетворилися зі звичайного звітного показника на один з важелів керування економічною ефективністю роботи підприємств енергетичної галузі. Серед об'єктів, де спостерігаються надмірні втрати потужності та електроенергії, розподільні електричні мережі раніше не привертали особливої уваги. Важливішим у них було забезпечення необхідного рівня надійності електропостачання споживачів. До того ж ці мережі конструктивно не пристосовані до оптимального керування, оскільки не мали ні засобів телеінформації про параметри поточного режиму, ні засобів керування останніми. Рівень енергоспоживання, ощадливе використання електроенергії на сьогодні є одним з визначальних чинників в економіці будь-якої країни, а особливо країни, де наявний гострий дефіцит енергоносіїв. Підвищений рівень втрат електроенергії під час її транспортування та розподілу зумовлений низкою причин. Вирішення проблеми зниження втрат електроенергії потребує попереднього їх всебічного аналізу та структурування з метою знаходження першопричин і визначення найефективніших напрямів виходу зі ситуації, що склалася. Враховуючи сутність комерційних втрат пряме їх визначення, навіть приблизне, є неможливим або пов'язане зі значними капіталовкладеннями. З іншого боку, технологічні втрати, за відповідного інформаційного забезпечення, можуть бути визначені достатньо точно, а це дає змогу опосередковано аналізувати і комерційну складову втрат. Крім того, наявність інформації про поточні значення втрат потужності в електричних мережах надає можливість розв'язання низки інших експлуатаційних задач.

Ключові слова: електроенергія, втрати, мережі, лінії електропередач, технологічні втрати, комерційні втрати.

I. Bokhonko

Lviv Polytechnic National University,  
Management of Organizations Department

## PROBLEM OF REDUCING ENERGY LOSSES DURING TRANSMISSION

© Bokhonko I., 2016

In the new economic conditions due to limited energy resources in Ukraine, as well as the privatization of certain energy facilities have become energy losses from the normal reporting rate in one of the control levers of economic efficiency of enterprises energy sector. Among the sites where there are excessive power loss and power generation, electrical distribution network had not attracted much attention. More importantly they had to ensure the necessary

level of reliability of electricity consumers. In addition, the data network is not structurally adjusted to the optimal control as had no means teleinformation parameters of the current mode or controls last. The level of energy consumption, saving electricity today is one of the determining factors in the economy of any country. Too countries where acute shortage of energy. Elevated levels of electricity losses during transportation and distribution caused by several reasons. The solution requires reducing energy losses prior to thorough analysis and structuring in order to find the root causes and identify the most effective ways out of the situation. Given the nature of commercial losses direct their definition, even rough, it is not possible or is associated with significant investment. On the other hand, the technical losses by providing relevant information can be determined accurately enough, as it allows you to indirectly analyze and commercial component losses. In addition, the availability of information on the current values of power losses in electric networks allows solving a number of other operational tasks.

**Key words:** power losses, network, power lines, technical losses and commercial losses.

### **Постановка проблеми**

Одним із головних заходів з економії паливно-енергетичних ресурсів є зменшення втрат електроенергії на її транспортування електричними мережами. Особливе місце цього критерію оптимальності режиму роботи електричних мереж зумовлено як напруженим паливно-енергетичним балансом країни, так і тим, що певною мірою вичерпано резерви економії палива на енергогенерувальних підприємствах, а втрати не тільки можливо, а й дуже необхідно зменшувати, використовуючи економічно обгрунтовані заходи, зокрема, за рахунок оптимального керування передачею та розподілом електроенергії. Необхідною передумовою розроблення та впровадження ефективних заходів зі зменшення технологічних витрат електроенергії є структурування їхніх складових за причинами виникнення та пошук способів усунення вказаних причин.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Проблемою із зменшенням втрат під час передавання електроенергії займалися такі вітчизняні та зарубіжні вчені: Ю. С. Железко, І. А. Будзко, М. С. Левін, В. Е. Воротніцкій, В. М. Казанцев. Водночас залишається невирішеним питання, який спосіб буде найоптимальнішим для зменшення втрат.

### **Постановка цілей**

Метою цієї статті є: вивчення структури втрат електроенергії та визначення способів їхнього зменшення.

### **Виклад основного матеріалу**

Електрична енергія – один з найважливіших видів енергії. В останні два десятиліття на ринках електроенергії в усьому світі відбуваються радикальні зміни у бік лібералізації та реорганізації основ функціонування ринку. Галузь, у якій колись переважали контрольовані державою монополії, піддається масштабній приватизації та лібералізації. Сьогодні практично в усіх країнах ЄС створено вільний ринок електроенергії, а всі споживачі мають право і можливість самостійно обирати постачальника. Україна не стала винятком, і вже зараз на вітчизняному ринку електроенергії впроваджуються реформи, спрямовані на формування прозорого конкурентного ринку. Крім того, актуальність проведення реформи електроенергетики обумовлена вступом України в кінці 2010 року до Європейського енергетичного співтовариства, що потребує переходу українського ринку на конкурентні прозорі механізми проведення торгів.

Передача електроенергії від електростанції до споживачів — одне з найважливіших завдань енергетики. Електроенергія передається переважно по повітрю, лініями електропередач (ЛЕП) змінного струму, хоча спостерігається тенденція до усе ширшого вживання кабельних ліній і ліній постійного струму. Необхідність передачі електроенергії на відстань обумовлена тим, що

електроенергія виробляється великими електростанціями з потужними агрегатами, а споживається порівняно малопотужними електроприймачами, розподіленими на значній території. Тенденція до концентрації потужностей пояснюється тим, що з їх зростанням знижуються відносні витрати на спорудження електростанцій і зменшується вартість електроенергії, що виробляється. Розміщення потужних електростанцій виробляється з урахуванням низки чинників, таких, наприклад, як наявність енергоресурсів, їхній вигляд, запаси і можливості транспортування, природні умови, можливість роботи у складі єдиної енергосистеми. Часто такі електростанції виявляються істотно віддаленими від основних центрів вжитку електроенергії. Від ефективності передачі на відстань залежить робота єдиних електроенергетичних систем, що охоплюють обширні території.

Витрати енергопостачальних компаній складаються з вартості купованої енергії, витрат операційної діяльності і фінансових витрат. До витрат операційної діяльності зараховують виробничу собівартість електричної енергії (собівартість її передавання та постачання), технологічні втрати електроенергії, адміністративні витрати та інші операційні витрати, які не пов'язані безпосередньо з виробництвом електричної енергії, її передаванням та постачанням. Виробнича собівартість передавання і постачання електричної енергії, згідно з методичними рекомендаціями [1], складаються з прямих матеріальних витрат (витрат на паливо, воду, енергію, допоміжні матеріали, запасні частини), заробітної плати, відрахувань на соціальні заходи, амортизації основних засобів, витрат електричної енергії тощо (рис. 2). Оскільки складова вартості технологічних витрат має порівняно велику питому вагу, то вони виділені в окрему статтю витрат.

Під час передачі електричної енергії в кожному елементі електричної мережі виникають втрати. Отже, існують витрати електроенергії та втрати. Економіка визначає втрати як частину електроенергії, на яку її зареєстрований корисний відпуск споживачам виявився меншим від електроенергії, виробленої на своїх електростанціях і закупленої в інших її виробників. Для вивчення складових витрат у різних елементах мережі та оцінки необхідності проведення того чи іншого заходу, спрямованого на зниження витрат, виконується аналіз структури витрат електроенергії.

Втрати електроенергії в електричних мережах стали одним з важливих показників економічності роботи енергопостачальних компаній, характерним показником технічного стану електромереж, метрологічної відповідності розрахункових засобів вимірювальної техніки, ефективності функціонування енергетичного нагляду та збутової діяльності в електроенергетичній галузі [2].

Під час аналізу витрат електроенергії прийнято класифікувати їх за такими двома критеріями, як клас напруги електричної мережі та причини їхнього виникнення [2].

За першим критерієм розрізняють:

- 1) втрати електроенергії в магістральних мережах 750–220 кВ;
- 2) втрати електроенергії в замкнених мережах 110–150 кВ;
- 3) втрати електроенергії в розімкнених (радіальних) мережах 150–35 кВ;
- 4) втрати електроенергії в розподільних мережах 10(6) кВ;
- 5) втрати електроенергії в мережах 0,38 кВ.

За критерієм причин виникнення втрати електроенергії поділяються на технологічні та комерційні втрати.

Технологічні втрати електроенергії в електричних мережах – це кількість електроенергії, яка дорівнює сумі витрат електроенергії в елементах електричних мереж, що виникають у них під час передачі електроенергії, витрат електроенергії на власні потреби підстанцій і розподільчих пунктів, витрати електроенергії на плавлення ожеледі та втрати, що виникають як результат недосконалості обліку електроенергії технічними засобами [2]. Тобто, технологічні втрати електроенергії складаються з технічних, витрат на власні потреби та витрат, зумовлених недообліком електроенергії.

Поділ витрат на складові можна проводити за різними критеріями: характером витрат (постійні, змінні), класами напруги, групами елементів, виробничим підрозділами тощо. Враховуючи фізичну природу і специфіку методів визначення кількісних значень фактичних витрат, вони можуть бути розділені на чотири складові:

1) технічні втрати електроенергії, зумовлені фізичними процесами в проводах і електрообладнанні, що відбуваються під час передачі електроенергії по електричних мережах;

2) витрата електроенергії на власні потреби підстанцій, необхідний для забезпечення роботи технологічного обладнання підстанцій та життєдіяльності обслуговчого персоналу, який визначається за показаннями лічильників, встановлених на трансформаторах власних потреб підстанцій;

3) втрати електроенергії, зумовлені інструментальними похибками їхнього вимірювання (інструментальні втрати);

4) комерційні втрати, зумовлені розкраданнями електроенергії, невідповідністю показань лічильників оплаті за електроенергію побутовими споживачами та іншими причинами в сфері організації контролю за споживанням енергії.

Структура втрат електроенергії в мережах матиме такий вигляд (рис. 1).

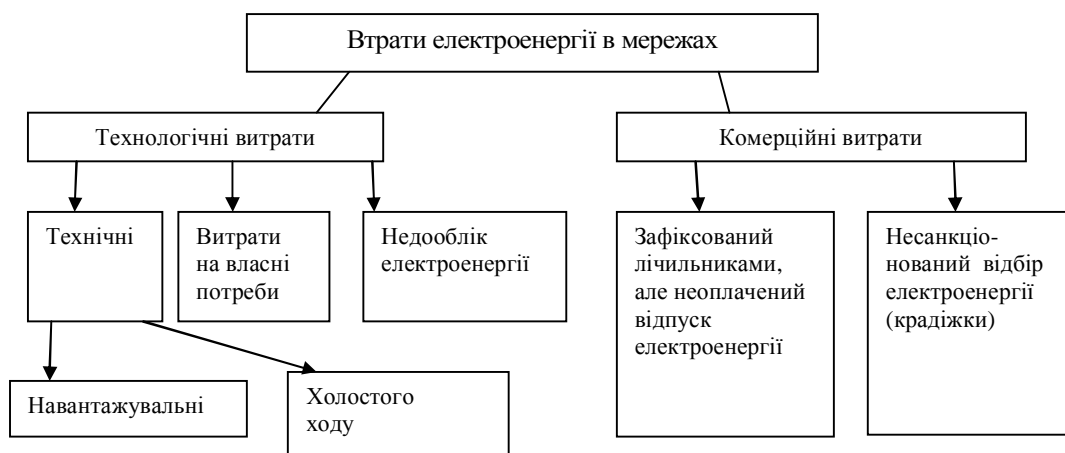


Рис. 1. Структура втрат електроенергії в розподільних мережах

Найперспективнішим рішенням проблеми зниження комерційних втрат електроенергії є розроблення, створення і широке застосування автоматизованих систем контролю і комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), щільна інтеграція цих систем з програмним і технічним забезпеченням автоматизованих систем диспетчерського керування (АСДК) з використанням надійних каналів зв'язку і передавання інформації.

Оскільки технологічні витрати виділяють окремою складовою, проаналізуємо їх на прикладі Західної електроенергетичної системи. Технологічні витрати електроенергії на її транспортування в електричних мережах регіону Західної електроенергетичної системи в 2015 році становили 2335,0 млн кВт-год. У табл. 1 та табл. 2 наведено порівняльні баланси електроенергії окремо в магістральних мережах ЗЕС та в мережах обласних енергокомпаній і ліцензіатів.

Таблиця 1

### Технологічні витрати в магістральних мережах

Показники	Дані по роках, у млн кВт-год	
	2014	2015
Віддача в мережі ОЕК	12730	11992
Віддача в мережі ПЗЕС	8510	10837
Віддача в мережі ЦЕС	0	178
Віддача на експорт	4921	3619
Технологічні витрати електроенергії (ТВЕ)	530	481
Надходження, всього	26691	27107
% ТВЕ	1,9	1,7

Джерело: [сформував автор на основі: 3–4]

## Технологічні витрати в мережах обласних енергокомпаній та ліцензіатів

Показники	Дані за роками, у млн кВт*год	
	2014	2015
Корисний відпуск абонентам	12307	12294
Господарські потреби	43	41
Технологічні витрати електроенергії	1906	1854
Надходження, всього	14256	14189
% ТВЕ	13,4	13,0

Джерело: [сформував автор на основі: 3–4]

Порівняно з 2014 роком технологічні витрати електроенергії в магістральних мережах ЗЕС знизилися на 49 млн кВт\*год, що пояснюється, зокрема:

- зменшення надходжень електроенергії від БТЕС – 585 млн кВт\*год;
- зменшення передачі електроенергії на експорт на 1302 млн кВт\*год;
- упорядкування системи обліку на підстанціях.



Рис. 2. Склад витрат діяльності електроенергетичних компаній  
Джерело: [3]

Для прикладу структури витрат операційної діяльності потрібно проаналізувати дані досліджуваних підприємств. З аналізу даних можна зробити висновки, які ж витрати домінують, які можна зменшити задля покращення роботи підприємств та отримання більшого прибутку.

З табл. 3 видно, що загальні витрати з кожним роком зростають. Основною причиною цього є зростання вартості купленої електроенергії. Технологічні витрати займають перше місце

у структурі витрат, також і виробнича собівартість має досить високі показники та найменшу частку займають адміністративні витрати. Адміністративні витрати, виробнича собівартість та інші операційні витрати є постійними витратами, і як видно з табл. 3, їхнє значення не дуже змінюється. Ці підприємства стараються нормалізувати технологічні витрати, і завдяки цьому отримують прибуток.

Таблиця 3

### Структура витрат на передавання електроенергії

Показники	ПАТ “Львівобленерго”			ПАТ “Прикарпаттяобленерго”			ПАТ “Закарпаттяобленерго”		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Вартість купованої електроенергії, млн грн	1715,6	1795,8	2090,1	606,5	609,2	772,6	524,7	537,4	620,9
Зокрема технологічні витрати, млн грн	272,6	265,96	283,2	69,1	75,5	96,1	105,5	98,9	103,1
Виробнича собівартість, млн грн	190,6	230,4	255,9	83,6	86,3	103,1	74,2	80,7	96,9
Адміністративні витрати, млн грн	60,8	64,4	60,55	54,8	60,1	55,7	23,8	23,4	25,8
Інші операційні витрати, млн грн	46,6	50,82	43,66	10,26	5,69	10,8	44,4	56,4	13,2
Разом витрат, млн грн	2013,6	2141,4	2450,2	755,16	761,29	942,2	667,1	687,9	756,8

*Джерело: [сформував автор на основі 4–23]*

За оцінками фахівців, вирішення проблеми зменшення втрат електроенергії складається зі шести етапів: збирання необхідної інформації, розрахунок втрат як показника роботи енергопостачальної компанії та перевірка достовірності цих розрахунків, виявлення місць з підвищеним значенням втрат електроенергії, вибір ефективних заходів щодо їх зниження та проведення ретроспективного аналізу роботи енергосистем щодо ефективності впроваджуваних ними заходів, прогнозування втрат в енергосистемі [24].

### Висновки

На тлі змін, що відбуваються у господарському механізмі енергетики, проблема зниження втрат електроенергії в електричних мережах не тільки не втратила своєї актуальності, а навпаки висунулася в одне із завдань забезпечення фінансової стабільності енергопостачальних організацій. Обсяг втрат електроенергії в електричних мережах – найважливіший показник економічності їхньої роботи, наочний індикатор стану системи обліку електроенергії, ефективності енергозбутової діяльності енергопостачальних організацій. Цей індикатор чітко свідчить про проблеми, які вимагають невідкладних рішень у розвитку, реконструкції й технічному переозброєнні електричних мереж, удосконаленні методів і засобів їхньої експлуатації й керування, у підвищенні точності обліку електроенергії, ефективності збору коштів за спожиту електроенергію тощо. У зв’язку з малими інвестиціями у розвиток і технічне переозброєння електричних мереж, в удосконалювання систем керування їхніми режимами, в облік електроенергії, виникла низка тенденцій, що негативно впливають на рівень втрат у мережах, адже йдеться про: застаріле обладнання, фізичне й моральне зношування засобів обліку електроенергії, невідповідність встановленого обладнання передаваній потужності. В умовах розвитку ринкових відносин в електроенергетичній галузі держава має проводити моніторинг технічного стану електричних мереж. Моніторинг повинен виступати не лише як система збору, зберігання та поширення звітної інформації, а і як одна з функцій управління, що забезпечує зворотний зв’язок для перевірки відповідності фактичних результатів

діяльності компаній поставленим цілям. Тобто оцінювання технічного стану електричних мереж може виступати одним з критеріїв ефективності роботи.

### **Перспективи подальших досліджень**

Стає усе очевиднішим, що різке загострення проблеми зниження втрат електроенергії в електричних мережах потребує активного пошуку нових способів її вирішення, нових підходів до вибору відповідних заходів, а головне, до організації роботи зі зниження втрат.

1. Галузеві методичні рекомендації з формування собівартості виробництва, передачі та постачання електричної і теплової енергії. – Л. : ОРГРЕС, 2001. – 97 с. 2. Лежнюк П. Д. Оцінка чутливості втрат потужності в електричних мережах: моногр. / Лежнюк П. Д., Лесько В. О., 2010. – 120 с. 3. Бурбело М. Й. Стимулювання зменшення втрат в мережах : монографія / М. Й. Бурбело, Л. М. Мельничук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ, 2008. 4. Фінансово-економічний річний звіт по Західній ЕС за 2014 рік. 5. Фінансово-економічний річний звіт по Західній ЕС за 2015 рік. 6. Звіт про виробничі та фінансово-економічні показники ПАТ “Львівобленерго” за 2012 рік. 7. Звіт про виробничі та фінансово-економічні показники ПАТ “Львівобленерго” за 2013 рік. 8. Звіт про виробничі та фінансово-економічні показники ПАТ “Львівобленерго” за 2014 рік. 9. Звіт про виробничі та фінансово-економічні показники ПАТ “Пикарпаттяобленерго” за 2012 рік. 10. Звіт про виробничі та фінансово-економічні показники ПАТ “Пикарпаттяобленерго” за 2013 рік. 11. Звіт про виробничі та фінансово-економічні показники ПАТ “Пикарпаттяобленерго” за 2014 рік. 12. Звіт про виробничі та фінансово-економічні показники ПАТ “Закарпаттяобленерго” за 2012 рік. 13. Звіт про виробничі та фінансово-економічні показники ПАТ “Закарпаттяобленерго” за 2013 рік. 14. Звіт про виробничі та фінансово-економічні показники ПАТ “Закарпаттяобленерго” за 2014 рік. 15. Річний фінансовий звіт ПАТ “Львівобленерго” за 2012 рік. 16. Річний фінансовий звіт ПАТ “Львівобленерго” за 2013 рік. 17. Річний фінансовий звіт ПАТ “Львівобленерго” за 2014 рік. 18. Річний фінансовий звіт ПАТ “Прикарпаттяобленерго” за 2012 рік. 19. Річний фінансовий звіт ПАТ “Прикарпаттяобленерго” за 2013 рік. 20. Річний фінансовий звіт ПАТ “Прикарпаттяобленерго” за 2014 рік. 21. Річний фінансовий звіт ПАТ “Закарпаттяобленерго” за 2012 рік. 22. Річний фінансовий звіт ПАТ “Закарпаттяобленерго” за 2013 рік. 23. Річний фінансовий звіт ПАТ “Закарпаттяобленерго” за 2014 рік. 24. Справочник по електроснабженню промислових підприємств / С. И. Вершинина, С. И. Гамазин, Ю. М. Голонов, Э. А. Киреева, А. И. Кирпа, Е. А. Конюхова, Э. Т. Сидоренко, Г. В. Стульников, А. А. Федоров ; под ред. А. А. Федорова, Г. В. Сербиновского. Кн. 2. – М. : Энергия, 1972. – 528 с.