

УДК 621.332

*Олександр Коваленко, кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електроенергетики та електротехнологій,
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного,
м. Запоріжжя, Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В СІЛЬСЬКИХ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ НАПРУГОЮ 10 ТА 0,38 кВ

Анотація. Проблема втрат електричної енергії при її транспортуванні в мережах різних класів напруги є досить гострою. Втрати електричної енергії в розподільних мережах розділяють на технологічні та комерційні. Рівень технологічних втрат залежить від оснащеності та технічного стану елементів електричних мереж, схеми нормального режиму роботи мережі, точності та достовірності обліку електричної енергії. Контроль температури проводу в реальному часі дозволяє уточнити середньорічні втрати електричної енергії.

Ключові слова: розподільна електрична мережа, втрати електричної енергії, технологічні та комерційні втрати, температура навколишнього середовища.

Abstract. The issue of electric power losses during its transmission across networks of various voltage classes remains quite pressing. Power losses in distribution networks are classified into technical and commercial losses. The level of technical losses depends on the equipment and technical condition of the elements of the electrical networks, the configuration of the network's normal operating mode, and the accuracy and reliability of electricity metering. Real-time conductor temperature monitoring allows for more accurate estimation of average annual electricity losses.

Keywords: distribution electrical network, electricity losses, technical and commercial losses, ambient temperature.

Світовий досвід показав, що надійне і ефективне забезпечення споживачів електричною енергією високої якості можна отримати тільки від електростанцій великої потужності, що об'єднані між собою мережами різних класів напруг в енергетичну систему. В Україні для забезпечення передавання електроенергії від електростанції до споживача існує система електричних мереж, що складається із

трансформаторних підстанцій та ліній електропередавання різних класів напруги – від 0,38 до 750 кВ.

На даний час в Україні, як і в інших країнах, актуальним є питання ефективного передавання та розподілення електричної енергії, що пов'язано із необхідністю мінімізації втрат електричної енергії при транспортуванні.

Проблема втрат електричної енергії при її транспортуванні в електричних мережах різних класів напруги (живильних та розподільних) є досить гострою для електроенергетичних підприємств. За статистикою саме в розподільних електричних мережах щорічно фактичні втрати становлять близько 18-23 % від загального обсягу електроенергії, що надходить в ці мережі від об'єднаної енергосистеми. Це досить високий показник в порівнянні із мережами більш високих класів напруг. Це пояснюється значною протяжністю розподільних мереж 10 (6) та 0,38 кВ і високими робочими струмами, що протікають в них. Такий високий відсоток втрат електричної енергії істотно впливає на тарифи на електроенергію в цілому [1].

Електропостачальні підприємства на превеликий жаль не схильні до підвищення ефективності своєї виробничої діяльності, впровадження організаційних та технічних заходів зі зменшення втрат електроенергії та до впровадження енергоощадних технологій у споживачів.

Системи передавання та розподілення електричної енергії мають опосередкований негативний вплив на довкілля за рахунок значних втрат електричної енергії, що виділяються у вигляді тепла з провідників ліній електропередавання, що в свою чергу призводить до виробництва додаткової кількості електроенергії на електростанціях для компенсації цих втрат, що як відомо, супроводжується додатковим суттєвим забрудненням довкілля та значними додатковими фінансовими витратами [1].

Втрати електричної енергії в розподільних електричних мережах можна умовно поділити на технологічні та комерційні втрати [2].

До технологічних втрат можна віднести [2, 3]:

- недооблік електричної енергії;
- витрати на власні потреби електричних станцій та підстанцій;
- технічні (навантажувальні) втрати в силових трансформаторах та лініях електропередавання.

До комерційних втрат можна віднести [2, 3]:

- зафіксований але неоплачений обсяг електричної енергії, що відпущена споживачам;
- несанкціонований відбір електроенергії (крадіжки).

Згідно із проведеними дослідженнями рівень технологічних втрат електроенергії в розподільних мережах залежить від наступних факторів [2]-[4]:

- оснащеності та технічного стану окремих елементів електричних мереж;
- схеми нормального режиму роботи електричної мережі;
- точності та достовірності обліку електричної енергії в розподільних мережах.

У 2021 році в Україні обсяг загальних технологічних втрат електричної енергії при транспортуванні електричними мережами всіх класів напруги склав 17,2 млрд. кВт·год або 10,4% від загального обсягу виробленої на електростанціях електричної енергії [3, 4].

Вплив технологічних втрат на ефективність передавання електричної енергії розподільними електричними мережами нормуються відповідно до діючого галузевого нормативного документу ГНД 34.09.104-2003 [5]. Та, незважаючи на дещо завищений рівень встановленого нормативу, по ряду електропередавальних організацій фактичне значення технологічних втрат в мережах перевищує нормативне.

В результаті проведених досліджень в ряді сільських районів електричних мереж області було встановлено наступні рівні втрат електричної енергії.

На ряді підстанцій напругою 35/10 кВ, що укомплектовані застарілою комутаційною апаратурою, втрати (витрати) становлять 7...11,5% та 3...4,5 %, відповідно в зимовий та літній період року. Високий рівень втрат електроенергії в

зимовий період пояснюється значними витратами на підігрів масляних вимикачів та роботу їх приводів.

На фідерах напругою 10 кВ, що відходять від трансформаторних підставнів 35/10 кВ, втрати електричної енергії становлять 9...17% для фідерів різної конфігурації і протяжності. Ці втрати майже однакові для зимового і літнього періоду і залежать переважно від перерізу проводів, протяжності фідера та точності обліку електричної енергії.

Фактори від яких залежить рівень втрат в розподільній мережі [1]:

- структура електричної мережі (напруга, довжина ліній електропередавання, перерізи проводів, кількість трансформаторів і їх потужність та завантаженість, особливості топології та ін.);
- запланована (спожита) кількість електроенергії;
- метрологічні умови тощо.

Власне процес формування показника «втрати електроенергії» розпочинається з вимірювання (обліку) електричної енергії, що надійшла в мережу від виробника (електричної станції або енергосистеми), обсягів відпущеної електроенергії в мережі сусідніх енергопостачальних організацій, і корисною (спожитою) електричною енергією, що відпущена відповідним споживачам різної форми власності [1].

При цьому визначаються так звані фактичні або звітні втрати електроенергії, величина яких залежить не лише від точності вимірювання обсягів передавання, перетікання і споживання електроенергії, але і від правильності, своєчасності і добросовісності зняття показів лічильників, правильності і своєчасності виставлення рахунків на оплату врахованої електроенергії – від ефективності збутової діяльності, а також від своєчасних розрахунків за неї [1, 6, 7].

Як показує досвід, що вимірів тільки звітних втрат електроенергії, навіть якщо вони виконані точно і за сучасними методиками, недостатньо для розробки заходів з їх зниження. Необхідно детально знати структуру цих втрат,

технологічно обумовлену їх частину (технічні втрати та витрати на власні потреби), ділянки електричної розподільної мережі, де рівень технічних втрат є найбільшим і основні причини виникнення втрат такого рівня [1, 7].

На даний час, враховуючи наявні технічні можливості, вимірювання обсягів передавання (споживання) електроенергії виконується нерідко зі значними похибками, має місце значний небаланс (недооблік, недоврахування) електроенергії по окремих вузлах розподільної мережі і в цілому по всій мережі, які в сумі з розкраданням певних обсягів електричної енергії складають так звані комерційні втрати електроенергії, що мають досить складну структуру і закордоном називаються нетехнічними втратами – втратами, що не залежать від технічних параметрів обладнання мережі і режимів її роботи [7].

Втрати електричної енергії, що обумовлені її недообліком (метрологічні втрати), не пов'язані з фізичними процесами в елементах мережі транспортування та розподілення електричної енергії, і тому їх віднесення до технологічних втрат є умовним.

Відомі закони, що визначають теплову рівновагу між провідником, по якому протікає електричний струм, і параметрами довкілля – закон Джоуля-Ленца [6]. За цим законом у проводі, по якому протікає електричний струм, виділяється певна кількість теплоти Q [6].

Провід нагрівається струмом, що протікає по ньому, до температури, при якій кількість теплоти Q , яку отримує провід дорівнює кількості теплоти, яка віддається його поверхнею у навколишнє середовище Q' .

Втрати теплоти (охолодження) голими або ізольованими проводами та кабелями, що прокладені на повітрі відбуваються за рахунок таких фізичних явищ як:

- а) променевий теплообмін (випромінювання);
- б) теплопровідність повітря (землі);
- в) конвекція (тепловий рух повітря навколо проводу) [6].

В цей же час, із поверхні проводу (кабелю) в середовище, що його оточує виділяється (розсіюється) теплота Q' .

Але як встановлено в результаті досліджень, під час експлуатації розподільних мереж на провідники і як наслідок на рівень втрат електричної енергії, окрім електричного струму, що протікає, впливають параметри оточуючого середовища: температура повітря, швидкість вітру, вологість повітря, опади, сонячна радіація та ін. [7].

У джерелах показано, що для проводів малих перерізів вплив швидкості вітру і вологості не настільки істотні, як вплив температури оточуючого середовища на величину втрат електричної енергії, облік якої дає можливість точніше розраховувати технічні втрати в мережі [7].

Безперервний контроль температури проводу в реальному часі дозволяє уточнити середньорічні втрати електричної енергії до 8%. При цьому, як відмічається, контроль впливу швидкості вітру дозволяє уточнити середньорічні втрати всього до 0,4% максимум, що лежить в межах похибки приладів і систем обліку [7].

Висновки. Системи передавання та розподілення електричної енергії мають опосередкований негативний вплив на довкілля за рахунок значних втрат електричної енергії, що виділяються у вигляді тепла з провідників ліній електропередавання, що в свою чергу призводить до виробництва додаткової кількості електроенергії на електростанціях для компенсації цих втрат, що як відомо, супроводжується додатковим суттєвим забрудненням довкілля та значними додатковими фінансовими витратами.

Такий стан з підвищеним рівнем втрат електричної енергії при її транспортуванні потребує розгляду та аналізу кожної ланки електричної мережі з метою виявлення слабких місць із подальшим вибором ефективних заходів з щодо зменшення втрат електричної енергії. Пропонується в подальших дослідженнях звернути увагу на суттєвий вплив температури проводу та температури довкілля на рівень втрат електричної енергії.

Список використаних джерел

1. Лежнюк П. Д., Кулик В. В., Кравцов К. І. Визначення та аналіз втрат електроенергії в розподільних мережах: навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2006. 89 с.
2. Бурбело М. Й., Мельничук Л. М. Стимулювання зменшення втрат в електричних мережах : монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ, 2008. 110 с.
3. Напрямки підвищення ефективності електропостачання споживачів в умовах ринкової економіки / М. М. Черемісін та ін. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України»*. 2006. Вип. 43, т. 1. С. 3-9.
4. Кулик В. В., Писклярова А. В., Пискляров Д. С. Технологічні втрати електроенергії в розподільних мережах 10-0,38 кВ. Вінниця : ВНТУ, 2011. 180 с.
5. ГНД 34.09.104-2003 Методика складання структури балансу електроенергії в електричних мережах 0,38-150 кВ, аналізу його складових і нормування технологічних витрат електроенергії. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61081 (дата звернення 25.03.2025).
6. Коваленко О. І., Коваленко Л. Р., Мунтян В. О., Радько І. П. Основи електропостачання сільського господарства : навч. посібник Мелітополь : ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2011. 462 с.
7. Мірошник О. О. Підвищення ефективності моніторингу втрат електроенергії в розподільчих мережах : автореф. дис....канд. техн. наук : 05.14.02. Харків, 2009. 20 с.