

## ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ЯК КРОК ДО ЗМЕНШЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВИКОПНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

У статті проведено аналіз структури генерації та визначено відсоткову та номінальну величину участі теплової генерації в структурі. Визначено величину генерації ТЕС, що використовується для покриття втрат в електричних мережах. Розглянуто різні організаційні та технологічні заходи зниження втрат в розподільних мережах. Опрацьовано підходи до формування інвестиційної програми з врахуванням показників SAIDI та втрат електроенергії.

**Ключові слова:** втрати електроенергії; генерація; розподільні електричні мережі; теплові електростанції, акумуляція; електроспоживання.

### Вступ

Питання забрудненого повітря в розвинених країнах світу є предметом особливої уваги як державних регуляторних органів так і з боку громадськості. Зокрема досліджуються обсяги спалення викопних сировинних джерел енергії та обсяги викидів при його спаленні. З кожним роком перелік країн, що виділяють дотації, пільги та соціальні програми населенню на придбання електричних автомобілів зростає: Австрія, Бельгія, Болгарія, Греція, Данія, Естонія, Ірландія, Іспанія та інші. В світі спостерігається тенденція до переходу на ВДЕ та відмову від подальшої експлуатації та будівництва нових теплових електростанцій.

На жаль, в Україні в умовах сьогодення процес переходу на використання електромобілів є доволі тривалим, також в найближчій перспективі не варто очікувати розвитку нормативної бази в напрямку дотацій, або певних пільг власникам електротранспорту.

Як показує практика, побудовані потужні ВДЕ працюють з використанням системи управління обмеженнями і отримують плату за участь в балансуєчому ринку, а не за фактичний відпуск електричної енергії як планувалось з самого початку. Це пов'язано з притаманним ВДЕ графіком генерації, відсутністю можливості акумуляції виробленої електроенергії та порушенням режиму напруги. Крім того, оператор системи розподілу не має можливості спрогнозувати де саме територіально будуть з'являтися джерела ВДЕ. Відповідно закласти необхідний обсяг робіт в інвестиційні програми для підготовки мереж в конкретному регіоні не є можливим.

В Законі України «Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку установок зберігання енергії» від 15.02.2022 були закладені підстави для використання акумуляторних установок в мережах ОСР. Відповідно до цього закону ОСР може використовувати акумуляторні установки у випадку необхідності забезпечення ефективної, надійної та безпечної роботи розподільних мереж. Після впровадження акумуляційних установок графік видачі потужності у вузлах з ВДЕ стане рівномірним, коливання напруги будуть в межах нормативних відхилень. Як правило, приєднання ВДЕ відбувається до найближчої точки видачі потужності з мінімальними обсягами робіт з оновлення обладнання та підстанціях. Як результат комплексності проблеми з потужними ВДЕ застосовуються обмеження видачі потужності.

У зв'язку з високою протяжністю розподільних мереж, значна частина виробленої електроенергії йде на технічні та нетехнічні втрати. Відповідно обсяги генерації враховують величину втрат електроенергії, що додатково завантажує генеруючі потужності. Тому, участь ТЕС в загальному балансі потужностей не змінилась.

Як один із варіантів зменшення використання теплових електростанцій є скорочення втрат електроенергії в мережах, впровадження акумулюючих одиниць і як наслідок залучення меншої кількості генеруючих потужностей на викопному паливі. Зрозуміло, що привести втрати електроенергії до абсолютного нуля неможливо. Але максимально знизити їх до величини аналогічної європейським країнам цілком реально. До прикладу, в США втрати електроенергії складають 6,5%, в

Німеччині 4% [1], в Фінляндії 3% [2].

**Мета та завдання** полягають у пошуку можливостей зменшення втрат в РМ шляхом використання різних заходів підвищення ефективності її експлуатації.

### Матеріали і результати досліджень

На сьогоднішній день світовий попит на електричну енергію зростає швидше за попит на первинні енергоносії. Відповідно до дослідження компанії Low Carbon Ukraine [3] попит на електроенергію в Україні до 2035 року за базовим сценарієм зросте на 6%, за найбільш оптимістичним на 26% (таблиця 1).

Таблиця 1 – результати прогнозування росту електроспоживання в Україні

Песимістичний сценарій	Базовий	Оптимістичний
Ріст реального ВВП на 18%	Ріст реального ВВП на 79%	Ріст реального ВВП на 169%
Ріст цін на е/е на 9%	Ріст цін на е/е на 40%	Ріст цін на е/е на 79%
Ріст енергоефективності на 18%	Ріст енергоефективності на 18%	Ріст енергоефективності на 18%
Споживання е/е -10%	Споживання е/е +6%	Споживання е/е +26%

В 2020 році [4] споживання склало 156 млрд 575,7 млн кВт·год, відповідно до базового сценарію росту споживання станом на 2035 рік споживання складе 165 млрд 970 млн 242 тисячі кВт·год. При цьому, якщо поглянути на динаміку показників SAIDI та ENS (рисунок 1) можна зробити невтішний висновок: темпи старіння мереж перевищують темпи їх оновлення.



Рисунок 1 – Динаміка показників SAIDI та ENS

Відповідно до звіту НКРЕКП за 2020 рік [4] технологічні втрати в розподільних мережах склали 12377,2 млн кВт·год або 10,13% від відпуску електроенергії в мережу. А в мережах ОСП втрати склали 3 млн МВт·год. Якщо провести елементарні розрахунки, поділивши річні втрати на кількість годин в рік, то ми отримаємо миттєві середні втрати. В мережах оператора системи розподілу:

$$3000000 \text{ (МВт·год)} / 8765,8 \text{ (год)} = 342 \text{ (МВт)}$$

З урахуванням росту споживання і сталим співвідношенням втрат отримуємо:

$$354 \cdot 1,06 = 375,24 \text{ (МВт)}$$

В мережах операторів систем передачі:

$$12377200000 \text{ (кВт·год)} / 8765,8 \text{ (год)} = 1411987,5 \text{ (кВт)} = 1412 \text{ (МВт)}$$

З урахуванням росту споживання і сталим співвідношенням втрат отримуємо:

$$1412 \cdot 1,06 = 1496,75 \text{ (МВт)}$$

Тобто миттєві втрати за 2035 рік складатимуть 1872 МВт. Провівши аналогічні розрахунки

отримуємо, що середня генерація складатиме 18934 МВт. За різними оцінками [5] складова саме ТЕС 25% від загальної генерації, або 4733 МВт. Із розрахунків можна зробити висновок, що фактично майже половина потужності виробленої ТЕС йде на покриття втрат в електричних мережах. Основною причиною великих втрат є протяжність розподільних мереж та клас напруги. В таблиці 1 наведена протяжність РМ станом на 2020 рік [4].

Таблиця 1 – Загальна протяжність розподільних мереж

ЛЕП, клас напруги	Довжина, км
ПЛ 110 (150) кВ	35 079
ПЛ 35 кВ	60 858
ПЛ 6 (10) кВ	267 034
ПЛ 0,4 кВ	384 245
КЛ 110 (150) – 35 кВ	712
КЛ 6 (10) кВ	41 931
КЛ 0,4 кВ	30 205

Через недостатню увагу до процесу оновлення електричних мереж вони зазнали зносу та відпрацювали свій нормативний термін і як наслідок високі втрати та аварійність.

Окрім оновлення мережевого господарства важливим моментом є оновлення схемних рішень, створення нових ТП та РП відповідно до зміни центрів навантажень. Протягом останніх років прослідковується пришвидшення темпів збільшення споживання в міській місцевості та сповільнення в сільській. Цей фактор провокує зміну поточного розподілу та ускладнення оптимізаційного регулювання.

На сьогоднішній день єдиним способом реалізації заходів з підвищення ефективності і надійності роботи електричних мереж є Інвестиційна програма (ІП). Завдяки впровадженню стимулюючого регулювання вдалось дещо збільшити обсяги фінансування інвестиційних програм. Але цього не достатньо.

Враховуючи обмежені фінансові ресурси та великі обсяги робіт з оновлення мережевого господарства варто переглянути підхід до формування інвестиційних програм. До запровадження стимулюючого тарифоутворення ОСР формували ІП та РП майбутніх періодів оперуючи основними критеріями вибору електричних мереж викладених в СОУ-Н МПЕ 40.1.20.576:2005 «Методичні вказівки з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ з повітряними лініями електропередачі».

В цій методиці виділяють чотири основні технічні стани електрообладнання:

-добрий технічний стан – стан елемента електромережі, при якому дефекти обладнання не виявлені, або відносяться до номенклатурного технічного обслуговування;

-підлягає капітальному ремонту - якщо обсяг робіт з усунення виявлених дефектів відноситься до номенклатури капітального ремонту і спрямований на збереження (відновлення) колишніх техніко-економічних характеристик об'єкта в межах засобів амортизаційних відрахувань на капітальний ремонт;

-підлягає реконструкції:

а) перевищенні обсягів робіт з усунення виявлених дефектів номенклатури обсягів робіт капітального ремонту, визначеної згідно, що провадяться за рахунок амортизаційних відрахувань на капітальний ремонт;

б) необхідності істотного поліпшення основних техніко-економічних характеристик об'єкта при проведенні різних типів робіт;

-підлягає повній заміні - якщо подальша його експлуатація технічно або економічно неможлива (недоцільна), оскільки необхідна заміна основного устаткування, стан якого не відповідає вимогам нормативно-технічної документації, або ж необхідна заміна непридатної до експлуатації будівельної частини.

Із запровадженням стимулюючого тарифоутворення НКРЕКП спонукає ОСР відійти від класичного методу відбору енергооб'єктів надавши в якості орієнтиру цільові показники SAIDI на кінець регуляторного періоду. Для міської місцевості 150 хвили на рік, для сільської 300. Крім того, постановою №375 Регулятор встановив гарантовані показники якості надання послуг користувачам, яких ОСР має дотримуватись для уникнення виплати компенсацій споживачам.

Таким чином, для визначення першочерговості участі енергооб'єктів у ІІІ потрібно проводити аналіз широкого спектру важливих факторів, що характеризують не тільки технічний стан, а також імовірнісні негативні економічні наслідки та враховувати необхідність досягнення нормованих величин SAIDI протягом регуляторного періоду.

### **Висновки**

Втрати електроенергії в Україні є досить високими. Враховуючи те, що більшість електричних мереж відпрацювали свій нормативний ресурс можливості оновити їх швидкими темпами немає. Тому при формуванні інвестиційних програм потрібно враховувати обсяги втрат на ділянках мережі та розглядати техніко економічні обґрунтування щодо заходів по зниженню втрат активної потужності.

В статті розглянуто основні причини високої втрат – велика протяжність мереж, невідповідність розміщення РП відносно центрів навантаження та замалі перетини провідників для поточного рівня навантаження. З урахуванням поточного стану електричних мереж та обсягів фінансування, що не забезпечують необхідні темпи оновлення мереж потрібно оптимізувати використання наявних ресурсів.

Оскільки зараз основним орієнтиром відбору ліній до інвестиційної програми є показник SAIDI, так як цільові значення за неотримання яких ОРС платить штрафи, втрати мають посідати друге місце в процесі відбору елементів. Враховуючи проблематику роботи ВДЕ в умовах обмежень по видачі потужності варто переглянути нормативну документацію щодо порядку приєднання ВДЕ та надати ОРС можливість досліджувати оптимальні місця їх приєднання.

### **Список використаної літератури**

1. Electric power transmission and distribution losses (% of output) - Germany | Data. (б. д.). World Bank Open Data | Data.URL: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?locations=DE>
2. Energy. (б. д.). Tilastokeskus. URL: [https://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk\\_energia\\_en.html](https://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_energia_en.html)
3. Сценарний проноз попиту на електроенергію до 2035 року. Клеменс Стіве: URL: [https://www.lowcarbonukraine.com/wp-content/uploads/2019-03-15\\_PB6\\_Aggregate\\_Demand\\_Ukr.pdf](https://www.lowcarbonukraine.com/wp-content/uploads/2019-03-15_PB6_Aggregate_Demand_Ukr.pdf)
4. Звіт про діяльність НКРЕКП за 2020 рік. URL: <https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-zatverdzhennya-zvitu-pro-rezultati-diyalnosti-natsionalnoi-komisii-shcho-zdiysnyue-derzhavne-regulyuvannya-u-sferakh-energetiki-ta-komunalnikh-poslug-u-2020-rotsi?id=61768>
5. За 8 місяців 2021 року виробили на 6,5% більше електроенергії, ніж у 2020. URL: [://kosatka.media/uk/category/elektroenergiya/analytics/za-8-mesyacev-2021-vyrabotali-na-6-5-bolshe-elektroenergi-chem-v-2020](https://kosatka.media/uk/category/elektroenergiya/analytics/za-8-mesyacev-2021-vyrabotali-na-6-5-bolshe-elektroenergi-chem-v-2020)
6. СОУ-Н МПЕ 40.1.20.576:2005 Методичні вказівки з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ з повітряними лініями електропередачі. Настанова. [Чинний від 04.04.2005]. Вид. офіц. Київ, 2010
7. У 2020 році споживання електроенергії скоротилося на 2%. Ukrinform. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3172273-u-2020-roci-spozivanna-elektroenergi- Skorotilos-na-2-ukrenergo.html>
8. Через невиконання державними шахтами поставок, ми вимушені купувати дороге імпортне вугілля – «Центренерго» URL: <https://expro.com.ua/statti/Cherez-nevikonannya-derjavnimi-shahtami-postavok-mi-vimushen-kupuvati-doroge-mporte-vugllya--centrenergo>