

ВПЛИВ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Буславець О. А.¹, Лежнюк П. Д.²

¹Міністерство енергетики та вугільної промисловості,
²Вінницький національний технічний університет

Запропоновано підхід, що дозволяє на етапі передпроектних пошуків враховувати вплив відновлюваних джерел енергії на ефективність роботи енергопостачальних компаній, за допомогою обліку в оціночному тарифі додаткових втрат електроенергії, а також зміни її якості.

Постановка проблеми. Розвиток відновлюваної енергетики є безповоротним, актуальним, безальтернативним процесом в Україні. З одного боку, в країні не вистачає викопних первинних енергоносіїв, що зумовлює її енергетичну залежність від інших країн. З іншого – Україна має значний енергетичний потенціал для розвитку відновлюваних джерел [1].

Основним джерелом електроенергії в Україні є "традиційні" станції (АЕС, ТЕС, потужні ГЕС). Однак, гостро постала проблема економії енергетичних ресурсів та запровадження сучасних енергозберігаючих технологій, які б зменшили негативний екологічний вплив таких станцій за рахунок відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та новітніх систем керування енергоспоживанням з використанням *Smart Grid* технологій.

Переважає більшість відновлюваних джерел експлуатуються в розподільних мережах, певним чином впливаючи на їх режими та режими електроспоживання. У випадку генерування, узгодженого з навантаженням електричних мереж (ЕМ), ефективність їх експлуатації підвищується, а якість електроенергії покращується. Проте зі збільшенням встановленої потужності ВДЕ видача електроенергії може супроводжуватися негативним впливом на режими розподільних електричних мереж [2]. Пояснюється це обмеженою пропускну здатністю останніх.

Для підвищення ефективності експлуатації ВДЕ необхідною умовою є проектування з урахуванням їх впливу на функціонування енергопостачальних компаній. Ліквідація недоліків проекту, що закладені на етапі видачі технічних умов на приєднання ВДЕ певної встановленої потужності потребує надмірних капіталовкладень. Тому вони, зазвичай, не усуваються. Отже, актуальною проблемою є розроблення засобів оцінювання впливу ВДЕ на ефективність експлуатації електричних мереж на стадії передпроектних досліджень.

В даній роботі пропонується математична модель показника ефективності та алгоритм оцінювання якості приєднання ВДЕ до електричної мережі з урахуванням їх впливу на втрати потужності та якість електричної енергії.

Необхідність стимулювання розвитку ВДЕ в Україні та механізми їх підтримки. Останнім часом

в Україні ведуться спори щодо необхідності застосування "зеленого" тарифу для ВДЕ. Згідно з законом "Про електроенергетику" держава гарантує викуп електроенергії ВДЕ за "зеленим тарифом" до 2030 р. (ст. 17-1), а також гарантує стабільність умов інвестиційної діяльності в області відновлюваної енергетики (ст. 18). Крім того, Україна має міжнародні зобов'язання, такі як: підписання у 1992 році конвенції з клімату; підписання Енергетичної Хартії, яка захищає права міжнародних інвесторів у відновлювані джерела; намагання щодо вступу до Європейського Союзу. Зниження "зеленого" тарифу може привести до того, що зменшиться інвестиційна привабливість відновлюваної енергетики, особливо для іноземних інвесторів.

Стимулювання розвитку відновлюваної енергетики дає позитивні моменти на загальнодержавному рівні. Зменшення екологічного навантаження енергетичної галузі, розвиток вітчизняних підприємств, що виготовляють комплектуючі для ВДЕ та силову електротехнічне обладнання, нові робочі місця та позитивний імідж на міжнародній арені сприяють сталому розвитку країни.

На сьогодні в світі використовують два основних напрямки стимулювання розвитку ВДЕ:

1. *Базовані на ціні.* Системи з фіксованою ціною, в яких уряд встановлює ціни на електроенергію від ВДЕ (або премію, що додається до ринкової ціни на електроенергію). Основна перевага фіксованих закупівельних тарифів (ФЗТ) полягає в тому, що системи є простими і часто стимулюють краще планування [3, 4].

2. *Базовані на кількості.* Це системи з використанням квот або зелених сертифікатів (ТЗС), конкурсних торгів, тендерів і аукціонів, на яких уряд встановлює необхідну кількість електроенергії від відновлюваних джерел енергії і надає можливість ринку визначити її ціну.

Кожна країна вибирає свій шлях розвитку ВДЕ і на цей вибір впливає багато чинників: державна політика, економічний і технологічний розвиток, рівень доходності країни тощо. Перший напрямок добре зарекомендував себе в Німеччині, Іспанії та Данії. В багатьох країнах середнього рівня доходності (Великобританія, Швеція, Польща, Італія, Румунія та ін.)

запровадили системи, базовані на кількості. В Україні відновлювана енергетика повинна і буде розвиватись не дивлячись на низку існуючих проблем. На сьогодні застосовують "зелений" тариф, пільги в оподаткуванні та пільговий режим приєднання до електричної мережі, що є достатнім для початкового розвитку відновлюваних джерел. Однак, потрібно вирішити ще багато питань, і в законодавчій, і в економічній, і в технічній сфері, створивши конкурентні умови існування традиційної та відновлюваної енергетики.

Робота у напрямку стимулювання генерування електроенергії на відновлювальних джерелах призвела до прийняття достатньо збалансованого закону про введення "зеленого" тарифу для таких джерел. Зазначений документ дозволив забезпечити рентабельність розбудови ВДЕ на рівні 15-25%. Це, в свою чергу, дозволило прискорити розвиток відновлюваної енергетики в Україні.

Вплив відновлюваних джерел енергії на оптовий тариф на електроенергію. З розвитком відновлюваних джерел енергії природно виникає питання щодо їх впливу на ціну електроенергії для споживачів, оскільки собівартість виробленої на них електроенергії більша ніж на АЕС і ТЕС, особливо, приймаючи до уваги, що відпускна ціна електроенергії для ВДЕ формується на основі "зеленого" тарифу. Однак ряд авторів стверджують, що реалізація "зеленого" тарифу може суттєво вплинути на оптовий тариф на електроенергію і, таким чином, на ціну електроенергії для споживачів.

Для перевірки зазначених тверджень було проведено дослідження за такими прогнозними даними. Щодо темпів зміни коефіцієнтів "зеленого" тарифу використано нову редакцію Закону України від 01.04.2013 року; щодо темпів зростання електроспоживання – нову редакцію Енергетичної стратегії України та щорічні звіти НЕК "Укренерго"; щодо темпів зростання виробництва електроенергії відновлюваними джерелами – результати досліджень Інституту відновлюваної енергетики НАН України та звіти НЕК "Укренерго".

У розрахунковій моделі для оцінювання впливу генерування ВДЕ на оптовий ринок враховано ряд особливостей розвитку ВДЕ, а також ситуацію, що склалася у державі. Згідно прогнозів з урахуванням поточної ситуації в Україні можна стверджувати, що через низку факторів, які знижують інвестиційну привабливість ВДЕ, розвиток даного сектора до 2020 року практично припиниться. Імовірно зменшиться питома вага ВДЕ прямого перетворення сонячної енергії. Далі за рахунок врегулювання ситуації почнеться нова хвиля розвитку ВДЕ з дещо іншою структурою генерувальних потужностей [5]. Темпи розвитку електроспоживання імовірно будуть дещо відрізнятися від наведених у Енергетичній стратегії України у бік зменшення.

Результати моделювання впливу ВДЕ на ціни оптового ринку електроенергії наведено на рис. 1. З нього видно, що вплив є незначним, особливо з урахуванням скоригованого прогнозу розвитку.

За результатами досліджень, можна стверджувати, що на сьогодні різниця вартості виробленої елект-

роенергії на ВДЕ та традиційних джерелах не може суттєво впливати на оптову ціну електроенергії на ринку порівняно з іншими чинниками, наприклад інфляцією. В наслідок запровадження "зеленого" тарифу, як способу стимулювання розбудови ВДЕ, оптова ціна електроенергії за попередніми базовими прогнозами може збільшуватися поступово і неістотно – до 25-30% станом на 2030 рік. З урахуванням ситуації в Україні та в галузі відновлюваної енергетики зокрема, слід очікувати значно менших темпів зростання потужностей ВДЕ, за рахунок чого реальний вплив ВДЕ на оптові ціни електроенергії не перевищить 7-10% станом на 2030 рік.

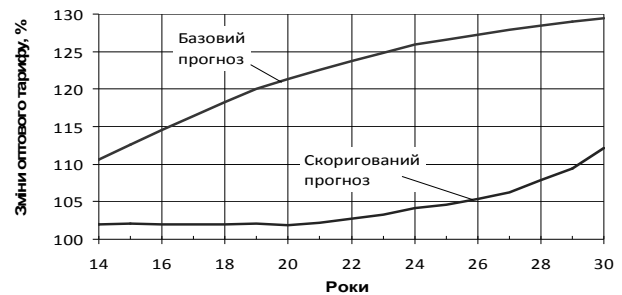


Рисунок 1 – Зростання оптового тарифу на електроенергію за рахунок "зеленого" тарифу

Якщо ж, згідно стратегії розвитку, частка ВДЕ зросте до 20% від загального споживання в енергобалансі України, вплив відновлюваної енергетики на оптовий тариф буде суттєвий. Крім того, деякі відновлювані джерела будуть мати негативний вплив на режими роботи електричних мереж. Цей аспект необхідно враховувати вже сьогодні для розроблення ефективних технічних рішень щодо їх проектування та експлуатації.

Оцінювання впливу ВДЕ на функціонування розподільних електричних мереж. У випадку якщо генерування ВДЕ узгоджене з сумісним навантаженням, режим розподільної мережі покращується, втрати зменшуються. Проте зі збільшенням потужності генерування відновлювані джерела можуть негативно впливати на режим розподільної мережі, враховуючи значний вплив навколишнього середовища та невідповідність графіків генерування з графіками споживання.

На стадії передпроектних розрахунків виникає необхідність визначати не тільки місце підключення, але і значення встановленої потужності ВДЕ з урахуванням його впливу на режим роботи електромереж.

Оскільки загальним критерієм економічної ефективності в електроенергетиці є рентабельність капіталовкладень R , то в якості показника ефективності інвестицій в розбудову ВДЕ доцільно прийняти

$$R = \frac{H - B}{K} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де H – надходження від функціонування ВДЕ;

B – видатки, що включають щорічні витрати на експлуатацію, ремонт і амортизацію ВДЕ;

K – капіталовкладення у спорудження ВДЕ.

Надходження від ВДЕ можна оцінити за виразом

$$H = C_{ВДЕ} \cdot E,$$

де $C_{ВДЕ}$ – середньозважений тариф для ВДЕ даного типу, що визначається, в основному, "зеленим" тарифом;

E – обсяг електроенергії, виробленої ВДЕ за розрахунковий період T .

З метою стимулювання власників ВДЕ застосовувати заходи щодо зменшення негативного впливу відновлюваних джерел на електричну мережу, пропонується на стадії передпроектних розрахунків враховувати в оціночному тарифі для ВДЕ $C_{ВДЕ}$ економічні втрати енергопостачальних компаній, пов'язані з недоотриманням прибутку через втрати енергії та погіршення її якості внаслідок генерування відновлюваних джерел. З урахуванням цих складових вираз для оціночного тарифу $C_{ВДЕ}$ набуде вигляду

$$C_{ВДЕ} = C_{ЗЕЛ} - (\Delta E_{ВДЕ*} + 0,25 \cdot E_{НЯ*}) \cdot \text{цОР}, \quad (2)$$

де $C_{ЗЕЛ}$ – "зелений" тариф для ВДЕ;

$\Delta E_{ВДЕ*}$ – відносні втрати електроенергії в електричній мережі, зумовлені транспортуванням електроенергії ВДЕ;

$E_{НЯ*}$ – обсяг електроенергії, що відпущена споживачам з недотриманням показників якості, приведений до 1 кВт·год електроенергії, виробленої ВДЕ;

цОР – оптовий тариф енергоринку.

Відносні втрати електроенергії в електричній мережі $\Delta E_{ВДЕ*}$ можуть бути визначені через втрати потужності в електричній мережі $\Delta P_{ВДЕ_j}$, зумовлені протіканням потужності P_j від ВДЕ

$$\Delta E_{ВДЕ*} = \sum_{j=1}^T \frac{\Delta P_{ВДЕ_j}}{P_j}. \quad (3)$$

Розрахунок складової витрат від неякісної електроенергії пропонується виконувати за таким алгоритмом.

1. Визначається загальна кількість відпущеної споживачам електроенергії E протягом розрахункового періоду T . Джерела електроенергії працюють за заданими (типовими) графіками навантаження.

$$E = \sum_{j=1}^T P_j \cdot \Delta t. \quad (4)$$

2. Для кожного інтервалу Δt заданого графіка навантаження розраховуються усталені режими елек-

тричної мережі та контролюються показники якості електроенергії (ПЯЕ). Якщо якість електроенергії (ЯЕ) не відповідає нормам, фіксується кількість неякісної електроенергії, поставленої споживачу, $E_{НЯ_j}$, а її вартість має бути скомпенсована.

$$E_{НЯ_j} = \sum_{k=1}^m P_{НЯ_jk} \cdot \Delta t, \quad (5)$$

де m – кількість споживачів, для яких порушено норми якості електроенергії протягом заданого інтервалу Δt ;

$P_{НЯ_jk}$ – потужність k -го споживача на інтервалі Δt .

3. Визначається обсяг електроенергії $E_{НЯ_j}$, приведений до 1 кВт·год електроенергії E_j , що вироблена ВДЕ, протягом аналогічного інтервалу за виразом

$$E_{НЯ*} = \sum_{j=1}^T \frac{E_{НЯ_j}}{E_j}. \quad (6)$$

Використовуючи (3) – (6) під час передпроектних розрахунків щодо приєднання нового ВДЕ до електромережі, виконується перерахунок усталеного режиму, визначаються втрати потужності в мережі та обсяг неякісної електроенергії $E_{НЯ}$. За результатами розрахунків можна уточнити тариф для ВДЕ згідно (2) і рентабельність капіталовкладень.

Приклад результатів оцінювання впливу потужності ВДЕ, що приєднана у заданому місці електричної мережі 10 кВ, на ефективність експлуатації останньої подано на рис. 2 – 4.

Таким чином, на стадії передпроектних розрахунків можна оцінювати вплив ВДЕ на ефективність електропостачання і уточнювати, на цій підставі, доцільні потужності та місця їх приєднання.

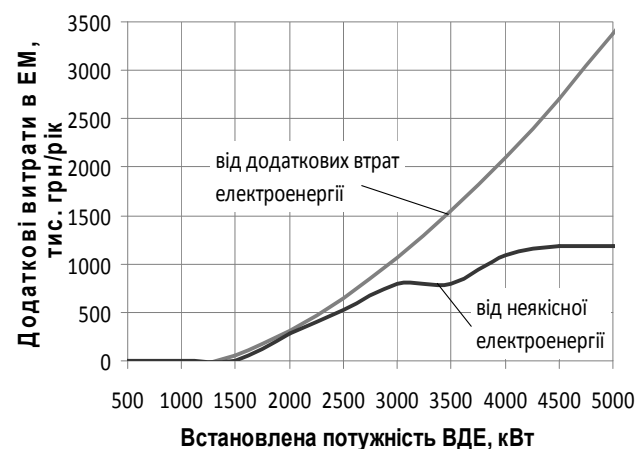


Рисунок 2 – Додаткові річні експлуатаційні витрати в електромережах, пов'язані з транспортуванням електроенергії ВДЕ

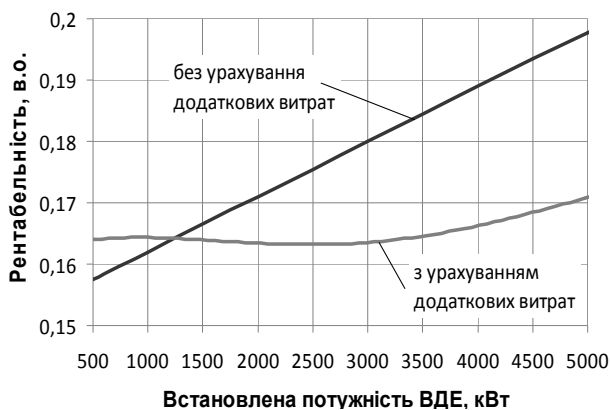


Рисунок 3 – Рентабельність капіталовкладень в розвиток ВДЕ з урахуванням додаткових витрат енергопостачальних компаній

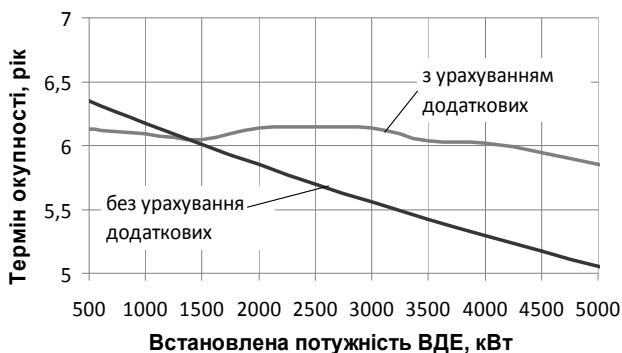


Рисунок 4 – Термін окупності ВДЕ з урахуванням додаткових витрат енергопостачальних компаній

Висновки

1. Різниця вартості виробленої електроенергії на ВДЕ та традиційних джерелах не може суттєво впливати на оптову ціну електроенергії на ринку порівняно з іншими чинниками, наприклад інфляцією. Внаслідок запровадження "зеленого" тарифу, як способу стимулювання розбудови ВДЕ, оптова ціна електроенергії за попередніми базовими прогнозами може збільшуватися поступово і неістотно – до 7–30% станом на 2030 рік. Збереження "зеленого" тарифу дозволить забезпечити рівень рентабельності відновлювальних джерел енергії, що відповідає рентабельності енергетичних підприємств у розвинених країнах і становить 15–25%. Таким чином буде підтримано інвестиційну привабливість вказаного напрямку енергетики України.

2. Врахування додаткових витрат енергопостачальних компаній під час проведення перед проектних розрахунків з приєднання ВДЕ дозволить приймати обґрунтовані рішення. Це дозволить створити конкурентні умови в межах чинного законодавства, що регламентує функціонування ВДЕ в енергосистемі України.

Список використаних джерел

1. Малі ГЕС в локальних електричних системах з розосередженим генеруванням / О. А. Ковальчук, О. В. Нікіторович, П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик // Гідроенергетика України. – 2011. – № 1. – С. 54–58.

2. Лежнюк П. Д. Вплив відновлюваних джерел енергії на функціонування розподільних електричних мереж / П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, В. В. Кулик // Енергетика та електрифікація. – 2015. – № 1. – С. 8–12.

3. Шафер Оливер. Механизмы поддержки возобновляемой электроэнергетики / Оливер Шафер // Возобновляемая энергия. Ежеквартальный информационный бюллетень, август 2005. С. 2 – 5.

4. Стимулювання відновлюваної енергетики в Україні за допомогою "зеленого" тарифу. Посібник для інвесторів. Міжнародна фінансова корпорація, 2013. Режим доступу : http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/a8094c004f047e0cb9f0fb3eac88a2f8/GT_Guide_19032013_UKR.pdf?MOD=AJPERES

5. Кулик В. В. Щодо впливу відновлюваних джерел енергії на зростання оптової ціни на електроенергію / В. В. Кулик, П. Д. Лежнюк, О. В. Нікіторович // Матер. XV міжнарод. наук.-практ. конф. "Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті". – Київ, 2014.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Буславец О. А., Лежнюк П. Д.

В работе предложен подход, позволяющий на этапе предпроектных изысканий учитывать влияние возобновляемых источников энергии на эффективность работы энергоснабжающих компаний, посредством учета в оценочном тарифе дополнительных потерь электроэнергии, а также изменения ее качества.

Abstract

IMPACT ASSESSMENT FOR ENERGY RENEWABLE SOURCES OF ELECTRIC NETWORKS

O. Buslavets, P. Lezhniuk

The paper considers the approach, enabling to take into account at the stage of preliminary survey the impact of renewable sources of energy on the efficiency of the utility companies by the account additional losses of electric energy and worsening of its quality in the evaluation tariff.