

## ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ АВТОНОМНИХ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА ОСНОВІ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОК

\*/

**В.І. Бутько**, канд. техн. наук, доцент, **С.О. Кудря** чл.-кор. НАН України, докт. техн. наук, проф., **С.В. Войтко**, докт. екон. наук, проф., **О.О. Трофименко**, канд. екон. наук, доцент

Проаналізовано об'єми виробітку електроенергії в Україні за минулий рік, а також динаміку приросту електроспоживання в порівнянні з попереднім роком. Розглянуто сучасний стан розвитку об'єктів відновлюваної енергетики України та відмічено, що суттєвий приріст фотоелектричних та вітроелектричних станцій обумовлений через найвищі коефіцієнти «зеленого тарифу», які діють на продаж екологічно чистої електроенергії. При цьому показано, що темпи збільшення потужностей вітроелектричних станцій суттєво поступаються фотоелектричним станціям. Відмічено, що вітроенергетичний потенціал України значно перевищує енергетичний потенціал сонячного випромінювання. Враховуючи швидко зростаючу динаміку приросту електромобілів на території України обґрунтована необхідність прискорення темпів використання енергетичного потенціалу вітру України через реалізацію автономних зарядних станцій електромобілів з вітроелектричними установками. Розглянута спадаюча динаміка індексу вартості вітроелектричних установок та літєвих акумуляторних батарей. Визначені основні капіталовкладення для реалізації системи автономної зарядної станції електромобіля з вітроелектричними установками та буферними акумуляторами енергії. На основі аналізу сезонного характеру зміни виробітку вітроелектричних установок, а також тарифної політики на продаж електричної енергії при заряді електромобілів встановлено, що термін окупності реалізації автономної зарядної станції даного типу може складати від 9-10 до 19-20 років. Відмічено, що показник гарантованого заряду електромобіля буде максимальним тільки за умови рівномірного розподілу швидкості вітру протягом року. Бібл. 8, рис. 4.

**Ключові слова:** вітроелектрична установка, автономна зарядна станція, електромобіль, буферна акумуляторна батарея.

<b>Перелік використаних позначень та скорочень</b>	ККД – коефіцієнт корисної дії;
ВДЕ – відновлювані джерела енергії;	АБ – акумуляторна батарея;
АЗСЕМ – автономна зарядна станція електромобілів;	ЕМ – електромобіль.
ОЕС – об'єднана енергосистема;	
ВЕУ – вітроелектрична установка;	

Виробіток електроенергії за 2018 рік в Україні склав 146,11 млрд кВт·год. У загальному обсязі виробництва електроенергії 1,9 % (2,78 млрд кВт·год) було вироблено об'єктами відновлюваної енергетики, а її частка у вартості склала 8,61 %

[1]. За останній рік суттєвих змін не сталося. Зросли тільки обсяги виробництва електроенергії на 2,7 % порівняно з 2017 роком, проте співвідношення обсягів споживання населенням і промисловістю практично не змінилося.

## Рис. 1. Динаміка приросту потужностей відновлюваних джерел енергії в Україні

Відновлювана енергетика поступово збільшує свою частку в загальному енергобалансі країни про що свідчить динаміка нарощування потужностей ВДЕ (рис. 1) [2]. Зокрема, за 2018 р. введено 813 МВт нових відновлюваних потужностей, основна частка яких припала на сонячну (716 МВт) та вітрову (68 МВт). Потужність решти видів відновлюваної енергетики, введених у 2018 році склала 29 МВт. Значні темпи приросту об'єктів сонячної енергетики пояснюються, у першу чергу, найбільшим коефіцієнтом зеленого тарифу, що робить їх найбільш економічно привабливими для інвестора. Однак, фотоелектричний потенціал енергії Сонця в 2,95 млн т н.е. значно поступається енергетичному потенціалу вітру в 15 млн т н.е. [3]. Це, у свою чергу, свідчить про недооцінку вітроенергетики, яка може суттєво збільшити виробництво чистої електричної енергії.

Одним з варіантів швидшого освоєння енергетичного потенціалу вітру та, відповідно, отримання додаткового виробітку екологічно чистої енергії є використання ВЕУ для заряду різних типів електромобілів (як повністю електричних, так і гібридів, що здатні підзаряджатись). У даній роботі розглядаються економічні питання використання енергії вітру при застосуванні в складі автономної зарядної станції електромобілів (АЗСЕМ) вітроелектричних установок.

**Метою даної роботи** є встановлення економічної доцільності розширення використання енергетичного потенціалу вітру через застосування у складі автономних зарядних станцій вітроелектричних установок, як основних генераторів електричної енергії для заряду електромобілів.

Статистика показує [4], що ринок електромобілів в Україні продовжує бути таким, що швидко зростає. Станом на 01.11.2018 року в Україні нараховується вже понад 11,5 тисяч електромобілів (рис. 2), більше 9,5 тис. чисто електричних (BEV) та більше 2 тис. підзаряджуваних гібридів (PHEV), тоді як в 2014 році було лише 95. На сьогодні в Україні вже є понад 2000 зарядних станцій, однак практично всі вони приєднані до об'єднаної енергосистеми країни (ОЕС). Зростання потужних одиничних зарядних станцій електромобілів (від 100 кВт і більше) та їх кількості може призводити до значного впливу на роботу ОЕС України.

## Рис. 2. Розподіл ринку електромобілів в Україні

Для розрахунків приймемо середнє споживання електроенергії одним електромобілем на рівні близько 80 кВт·год на день (близько 30 МВт·год на рік). Також у розрахунок будемо включати техніко-економічні характеристики станцій швидкого заряду (технології Chademo або SSC – з режимами швидкої підзарядки (100

кВт за 10–30 хвилин)). Ставимо задачу забезпечити зниження негативного впливу на роботу ОЕС шляхом створення автономних зарядних станцій електромобілів на основі вітроелектричних установок, які розміщуватимуться на основних автошляхах досить далеко від ліній електропередачі.

Встановлення АЗСЕМ на основі ВЕУ має передбачатись у місцях з наявним попитом електромобілів на підзаряд при забезпеченні умов гарантованого заряду та зручності для під'їзду електромобілів. Лише за умови максимально можливої експлуатації встановленої потужності генеруючого та перетворювального устаткування можуть бути досягнуті мінімальні терміни окупності витрат власника станції підзарядки на її проектування, монтаж і експлуатацію.

Аналіз динаміки вартості ВЕУ [5] показує, що середня вартість 1 кВт встановленої потужності станом на 2018 рік становить близько 1000 дол. США (рис. 3). Для розрахунків приймаємо вартість в 1,0 дол. США за 1 Вт встановленої потужності ВЕУ.

### Рис. 3. Динаміка індексу вартості вітроелектричних установок

Очікувано, що основний обсяг споживання енергії на АЗСЕМ буде спостерігатися у світлу пору доби, адже трафік у день набагато більший ніж у ночі. Зважаючи на це, автономна зарядна станція електромобілів на основі ВЕУ передбачає в своєму складі буферний акумулятор, який буде заряджатись у період наявності вітру. Незалежно від того, коли прибуде електромобіль на заряд, має бути достатньо енергії для його підзарядки. Згідно [3] ККД кращих вітрових коліс знаходиться у межах  $0,3 \div 0,35$ . Приймавши ККД 0,3 ВЕС встановленою потужністю 20 кВт у середньому за рік, приміром, для регіону, наприклад м. Мелітополь, Запорізької області, Україна при висоті опори 66 м можливо отримати виробіток  $50 \div 60$  МВт•год електроенергії на рік.

Для розрахунку необхідної потужності обираємо зарядну станцію на два підключення потужністю 100 кВт.

У даній статті будемо вважати, що виконуються такі попередні умови:

- 1) власні потреби АЗСЕМ (освітлення та ін.) на рівні 3 кВт•год на день;
- 2) залишковий заряд АБ ЕМ при заїзді електромобіля на зарядну станцію становить 20% від його максимального значення, тобто  $0,2 \cdot E_{\text{ЕМ, АБ}}$ , оскільки при менших залишкових значеннях заряду акумулятора електромобіль може не доїхати до зарядної станції;
- 3) ймовірність заїзду електромобілю на зарядну станцію при залишковому заряді АБ ЕМ від 80% і більше рівна 0, оскільки дозаряд електромобіля у діапазоні від  $(0,8 \div 1) E_{\text{ЕМ, АБ}}$  необхідно проводити в стаціонарному (не прискореному) режимі заряду;
- 4) надлишкова енергія буферної АБ АЗСЕМ повинна становити не менше 20% від номінального значення, тобто  $k_{3E} = 1,2$  ;
- 5) максимальне значення напруги буферної АБ ЕЗСЕМ приймаємо рівним  $\frac{B_{\text{УФ}}}{A_{\text{Б}}} = 600$  В
- 6) прийmemo для розрахунків коефіцієнт корисної дії буферної акумуляторної батареї

рівним 80% ( $\eta_{\text{АБ}}^{\text{БУФ}} = 0,8$ ), а коефіцієнт заряду акумуляторної батареї електромобіля – рівним 90% ( $\eta_{\text{АБ}}$ )

У такому випадку енергія буферної АБ для гарантованого забезпечення роботи АЗСЕМ при заряді одного ЕМ з максимальною потребою в 80 кВт·год повинна становити:

При потребі виробітку 137,83 кВт·год щодоби (або 50,37 МВт·год на рік) необхідна встановлена потужність ВЕС має складати близько 20 кВт. При цьому, на продаж для заряду ЕМ використовуватиметься 89 кВт·год на день, або 32485 кВт·год на рік. Решта (17885 кВт·год) витратиметься на власні потреби АЗСЕМ, а також це будуть втрати при перетворенні та передачі енергії від ВЕУ до кінцевого споживача.

Якщо врахувати випадковий характер виробітку електроенергії ВЕУ як протягом доби, так і в сезонному розрізі, то для літньої пори року необхідно збільшувати потужність ВЕУ, оскільки в ці місяці року спостерігаються дещо менші швидкості вітру. Тобто, для літнього періоду року встановлена потужність ВЕУ необхідна для забезпечення щоденного заряду електромобіля і власних потреб АЗСЕМ зростає в 1,5÷2 рази.

Орієнтовна вартість ВЕУ для АЗСЕМ, при рівномірному розподілі швидкості вітру (в ідеальному випадку) буде становити:

Окрім вартості ВЕУ, необхідно врахувати вартість зарядних пристроїв і акумуляторів. Згідно [6] приведена вартість пристрою швидкого заряду становить 200 \$/кВт, або 5600 грн/кВт. Відповідно, зарядну станцію на 100 кВт можна оцінювати в 20000\$, або в 560 тис. грн.

Аналіз динаміки вартості літєвих акумуляторних батарей в період з 2010 по 2017 роки включно показує стабільну динаміку зменшення вартості 1 кВт·год від 1000\$ до 209\$ відповідно (рис. 4) [7]. Якщо прийняти вартість 1 кВт·год у 209\$, або 5852 грн, то вартість буферної АБ для АЗСЕМ енергомісткістю 138 кВт·год складає 807,576 тис. грн.

Для забезпечення заряду електромобіля у 80 кВт·год та забезпечення власних потреб зарядної станції необхідна буферна акумуляторна батарея енергоємністю в 138 кВт·год.

#### **Рис. 4. Динаміка індексу вартості літєвих акумуляторних батарей**

Враховуючи основні витрати на реалізацію АЗСЕМ на основі ВЕУ з буферним акумулятором енергії, маємо загальну вартість близько 1,927 млн грн. До цього варто додати вартість землі, монтаж, налагодження і експлуатацію зарядної станції в межах 25% від капітальних вкладень. Тобто, повна реалізація АЗСЕМ на основі ВЕУ з

буферним акумулятором енергії з ро-зрахунку на гарантований заряд одного електромобіля з максимальною енергоємністю 80 кВт·год складе біля 2,5 млн грн.

При реалізації електроенергії на швидкий заряд електромобілів за нічним тарифом по 4 грн за 1 кВт·год [8] термін окупності АЗСЕМ на основі ВЕУ складе біля 19÷20 років.

Якщо реалізовувати електроенергію на станціях швидкого заряду за денним тарифом по 8 грн за 1 кВт·год швидкого заряду [8], то термін окупності станції в цілому скорочується до 9,5÷10 років, що представляє дані зарядні станції достатньо привабливою сферою інвестицій, однак за даним показником вони (АЗСЕМ на основі ВЕУ), поки що, поступаються зарядним станціям, під'єднаним до ОЕС, що пояснюється додатковими витратами на ВЕУ та буферний акумулятор. Також зазначимо, що витрати на інфраструктуру, яка потрібна для зарядних станцій на ВЕУ, приймаємо такими ж як і для традиційних АЗС (під'їзд, освітлення, розмітка, знаки, вказівники тощо).

**Висновки.** 1. Проаналізовано динаміку нарощування встановленої потужності об'єктів відновлюваної енергетики та встановлено, що динаміка використання вітроенергетичного потенціалу України значно поступається освоєнню сонячного енергопотенціалу, що пояснюється більшою інвестиційною привабливістю фотоелектричних станцій через високий «зелений тариф» на продаж електроенергії від них, однак за питомими показниками енергетичний потенціал вітру більш ніж в 5 разів перевищує фотоелектричний сонячний потенціал.

2. Проведено попередню вартісну оцінку автономної зарядної станції електромобілів на основі вітроелектричних установок і встановлено, що сумарна вартість системи може становити близько 2,5 млн грн, або 89,3 тис. дол. США (за курсом початку 2019 року).

3. Термін окупності АЗСЕМ на основі ВЕУ з буферним акумулятором енергії може коливатись від 9-10 років до 19-20 років залежно від вартості електроенергії, яка реалізовуватиметься для за-ряду електромобілів.

1. Результати роботи ринку електроенергії в 2018 році. Електронний ресурс.

2. У 2018 р. введено майже у 3 рази більше нових потужностей відновлюваної електроенергетики, ніж у 2017 році. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/news/2731>.

3. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. Підручник. Київ. Національний технічний університет України («КПІ»). 2012. 495 с.

4. Аналіз ринку електромобілів. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://irsgroup.com.ua/ecars>.

5. ВЕУPrice Index. Інтернет ресурс. Режим до-ступу: <https://about.bnef.com/blog/2h-2017-wind-turbine-price-index/>.

6. Rogozhin, Alex & Gallaher, Michael & Helfand, Gloria & McManus, Walter, 2010. "Using indirect cost multipliers to estimate the total cost of adding new technology in the automobile industry". International Journal of Production Economics. Elsevier, vol. 124(2). pages 360-368. April.

7. Lithium-ion battery pack costs worldwide between 2010 and 2018 (in U.S. dollars per kilowatt hour). Інтернет ресурс. <https://www.statista.com/statistics/883118/global-lithium-ion-battery-pack-costs/>

8. Електрика для електромобілів в Україні стає платною. Інтернет ресурс. Режим доступу: [https://auto.24tv.ua/elektryka\\_dlia\\_elektromobiliv\\_v\\_ukraini\\_staie\\_platnoiu\\_n3167](https://auto.24tv.ua/elektryka_dlia_elektromobiliv_v_ukraini_staie_platnoiu_n3167).

**Источник:** <https://patriot-nrg.com/ru/content/ekonomichni-aspekti-realizaciyi-avtonomnih-zaryadnih-stanciy-elektromobiliv-na-osnovi>