

УДК 621.345

## ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Отримано 4 квіт. 2022; рекомендовано до публікації 6 черв. 2022  
Доступно онлайн 30 черв. 2022

**В. Б. Павлов<sup>1</sup>, В. І. Будько<sup>2</sup>, М. О. Будько<sup>3</sup>,  
Г. Л. Карпчук<sup>4</sup>**

Автор для кореспонденції: Василь Будько  
e-mail: solar\_budko@ukr.net

*Розглянуто особливості реалізації зарядних станцій електромобілів з використанням вітроелектричних та фотоелектричних енергоустановок та буферних акумуляторів енергії. Умови базуються на врахуванні довжини пробігу електромобіля, енергозабезпеченості станції відновлюваними джерелами енергії, нормованого часу зарядження електромобіля, критичного часу очікування на виконання заявки з обслуговування та площі під встановлення обладнання й устаткування станції. На основі прийнятих умов запропоновано рекомендації з організації зарядних станцій електромобілів з використанням енергії вітру та сонячного випромінювання, яка передбачає на стадії проектування зарядних станцій електромобілів від ВДЕ враховувати специфіку станції, її місце встановлення, визначення необхідної енергоємності буферної акумуляторної батареї, визначення необхідної потужності генерувального устаткування на основі ВДЕ, вибір обладнання та устаткування, необхідного для реалізації зарядних станцій електромобілів з використанням ВДЕ, розробку технічної пропозиції для її розгляду та затвердження органами місцевого самоврядування.*

**Ключові слова:** вітроелектрична установка, фотоелектрична установка, акумуляторна батарея, електромобіль, зарядна станція

## THE PROBLEM OF OPTIMIZATION OF HYBRID ENERGY SYSTEM ACCORDING TO THE LEVEL OF DISPERSION OF GENERATED POWER

Received 4 Apr. 2022; accepted 6 June 2022.  
Available online 30 June 2022

**V. Pavlov<sup>1</sup>, V. Budko<sup>2</sup>, M. Budko<sup>3</sup>, H. Karpchuk<sup>4</sup>**

Author for correspondence: Vasyl Budko  
e-mail: solar\_budko@ukr.net

*The conditions of formation of a network of filling stations of electric vehicles with the use of wind and photoelectric power plants and buffer batteries are proposed. The conditions are based on considering the length of the electric vehicle, the energy supply of the station with renewable energy sources, the normalized charging time of the electric vehicle, the critical waiting time for the execution of the service request and the area under the installation of the plant's equipment and equipment. On the basis of the accepted conditions, the methodology of organization of charging stations of electric vehicles using wind energy and solar radiation is proposed, which assumes at the stage of designing of charging stations of electric vehicles from RES to take into account the specifics of the station, its location, determination of the required*

<sup>1</sup> д-р. техн. наук, Інститут електродинаміки НАН України, м. Київ, Інститут відновлюваної енергетики НАН України м. Київ <https://orcid.org/0000-0003-0565-265X>

<sup>2</sup> д-р техн. наук, зав. каф. ВДЕ, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Інститут відновлюваної енергетики НАН України м. Київ <https://orcid.org/0000-0002-6219-4221>

<sup>3</sup> канд. техн. наук, доцент каф. ВДЕ, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» м. Київ, Інститут відновлюваної енергетики НАН України м. Київ <https://orcid.org/0000-0003-0928-1657>

<sup>4</sup> аспірант каф. ВДЕ, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» м. Київ <https://orcid.org/0000-0001-7062-2727>

<sup>1</sup> DScTech Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv <https://orcid.org/0000-0003-0565-265X>

<sup>2</sup> DScTech, Head of the Department of the Renewable Energy Source, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv <https://orcid.org/0000-0002-6219-4221>

<sup>3</sup> CScTech, assistant professor of the Department of Renewable Energy Source, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv <https://orcid.org/0000-0003-0928-1657>

energy capacity of the buffer battery, to determine the necessary equipment on the basis of RES, choice of equipment and equipment necessary for the implementation of electric vehicle charging stations with use RES, development of a technical proposal for its consideration and approval by local authorities.

<sup>4</sup> PhD student in Department of Renewable Energy Sources National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" Kyiv <https://orcid.org/0000-0001-7062-2727>

**Keywords:** wind power installation, photovoltaic installation, battery, electric vehicle, charging station

#### Перелік використаних скорочень та позначень:

ВДЕ – відновлювані джерела енергії

АБ – акумуляторна батарея

ОЕС – об'єднана енергосистема

ЗС – зарядна станція

ЕМ – електромобіль

ЗСЕМ – зарядна станція електромобіля

**Вступ.** Використання енергії відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) сьогодні є одним із пріоритетних напрямів розвитку світової енергетики. Основною перевагою відновлюваних джерел енергії є їх невичерпність та екологічна чистота, що сприяє поліпшенню екологічного стану і не призводить до зміни енергетичного балансу на планеті [1]. Більшість проєктів відновлюваної електрогенерації, що реалізуються в Україні, передбачають приєднання до централізованої мережі для передачі електроенергії споживачам. Через різноплановий вплив ВДЕ на роботу електричних мереж та недостатню регульовальну потужність об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України збільшується кількість випадків обмеження потужності введених в експлуатацію вітроелектричних та фотоелектричних станцій.

тем електроживлення на основі ВДЕ, як заходу по збереженню темпів введення в експлуатацію об'єктів на основі ВДЕ та зменшення впливу на ОЕС.

Важливим з точки зору розвитку світової енергетики є ринок електромобілів (ЕМ). Зокрема, у 2019 році загальносвітовий показник продажу склав 2,1 млн одиниць [5]. Провідними країнами в цьому напрямку виступили Китай та Японія. В Європі майже вдвічі збільшився ринок екологічного транспорту. Однак розширення ринку ЕМ стримується слабким розвитком інфраструктури станцій прискореного заряду. З огляду на темпи збільшення кількості електромобілів постає питання створення мережі зарядних станцій (ЗС). Робота таких зарядних станцій від централізованих мереж в нічний час сприятливо впливатиме на графік навантаження енергосистеми, однак в пікові періоди (з 8:00 до 11:00 та з 17:00 до 21:00) збільшить гостропікове споживання, що негативно вплине на роботу мережі в цілому.

Наявність великого енергопотенціалу України, який, за оцінками Інституту відновлюваної енергетики НАН України, становить 2173 млрд кВт·год на рік для вітру, та 99 млрд кВт·год на рік для сонячного випромінювання [3], змушує шукати нові шляхи залучення відновлюваної енергетики до загального енергобалансу країни. Зважаючи на це, актуальним є розширення варіантів застосування автономних сис-

Аналіз сучасних літературних даних щодо розвитку світового ринку відновлюваної енергетики (табл. 1) [9] та електротранспорту і РС до нього [5] свідчить, що він стабільно зростає.

Табл. 1. Сучасний стан використання відновлюваних джерел енергії та електротранспорту в Україні та світі

Table 1. Current state of use of renewable energy sources and electric transport in Ukraine and the world

| Територія поширення | Показник           |          | Роки |      |      |      |       | $K_{сеп}$<br>Усереднений за |
|---------------------|--------------------|----------|------|------|------|------|-------|-----------------------------|
|                     |                    |          | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019  |                             |
| Світ                | $N_{EM}$ , млн од. | EV       | 0,72 | 1,18 | 1,93 | 3,27 | 4,79  | 1,6                         |
|                     |                    | PHEV     | 0,52 | 0,82 | 1,21 | 1,83 | 2,38  | 1,47                        |
|                     | $N_{ЗС}$ , млн од. | Класичні | 1,45 | 2,28 | 3,46 | 5,06 | 7,1   | 1,49                        |
|                     |                    | Швидкі   | 0,03 | 0,07 | 0,11 | 0,14 | 0,2   | 1,65                        |
|                     | $P_{ВДЕ}$ , ГВт    |          | 1849 | 2011 | 2179 | 2387 | 2588  | 1,09                        |
| Україна             | $N_{EM}$ , од.     |          | 731  | 1709 | 4406 | 9706 | 17406 | 2,23                        |
|                     | $P_{ВДЕ}$ , ГВт    |          | 0,99 | 1,12 | 1,37 | 2,12 | 6,78  | 1,77                        |

Враховуючи швидкі темпи збільшення кількості об'єктів відновлюваної енергетики, з одного боку, та не менш стрімкий приріст електромобілів – з іншого, сьогодні постає питання розвитку інфраструктури ЗС, які заряджатимуть акумуляторні батареї (АБ) від установок на основі відновлюваних джерел енергії як класичними методами, так і методами «швидкого» зарядження [10].

Перша ЗС електромобілів на основі ВДЕ (південний схід США, штат Теннессі) була розміщена на критій автостоянці з інтегрованими в дах фотоелектричними батареями встановленою потужністю 20 кВт. Ця ЗС дозволяє проводити зарядку як гібридних, так і повністю електричних транспортних засобів класичним методом зарядження.

Ще одним прикладом фотоелектричної ЗС на 50 кВт для електротранспорту є проєкт, реалізований в 2011 році (США, штат Айова), що дозволяє заряджати транспортні засоби різних брендів, зокрема EXV-2, GEM, Chevy Volt та Toyota Prius .

Компанія Innoventum (Швеція) в 2014 році на виставці Business of Design Week в Гонконзі (Китай) представила власну розробку Giraffe 2.0, що являє собою комплексну фото-вітроелектричну ЗС електромобілів. Для опори вітроустановки висотою 12 м використані матеріали з дерева, а фотоелектрична система, що складається з 24 фотопанелей, виконана у формі навісу для зарядки двох електромобілів. Згідно з даними заявника ця система дозволяє виробляти від 10 000 до 20 000 кВт-год електроенергії на рік в залежності від швидкості вітру та рівня сонячної радіації. Завдяки спеціальному позиціонуванню фотоелектричних панелей енергія стабільно виробляється на чотири години довше, ніж в разі класичного монтажу фотоелектростанцій.

При цьому з проаналізованих джерел виконано узагальнені підходи та особливостей реалізації зарядних станцій електромобілів з використанням енергії вітру та сонячного випромінювання.

**Постановка завдання.** Визначити основні критерії при формуванні мереж станцій прискореної зарядки електромобілів з використанням енергії вітру і сонячного випромінювання та розробити рекомендації щодо реалізації мереж ЗС.

**Виклад основного матеріалу.** Розвиток мереж може реалізовуватись на базі існуючих заправних станцій традиційних автомобілів з ДВЗ, або як нові ЗС, які враховуватимуть специфіку потреби в електричній енергії для зарядження електромобіля. В обох випадках їх реалізація може відбуватись за трьома варіантами.

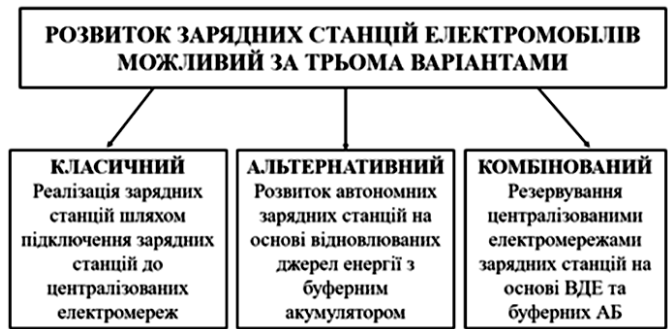


Рис. 1. Варіанти розвитку зарядних станцій електромобілів

Fig. 1. Options for the development of charging stations for electric vehicles

**За першим варіантом** (класичним) реалізація ЗС полягає в приєднанні станцій класичного та швидкого заряду до централізованих ліній електропередачі (ЛЕП). Станом на сьогоднішній день практично всі ЗС в Україні та світі реалізуються за цією схемою через її простоту та найменшу собівартість, яка визначається власне вартістю зарядного пристрою, лічильника електроенергії та комутуючих з'єднань з мережею.

**За другим варіантом** (альтернативним) реалізація ЗС полягає у використанні буферних акумуляторів енергії при електроживленні від вітроелектричних, фотоелектричних чи комплексних вітро-сонячних енергоустановок. Цей підхід на сьогодні перебуває на етапі вивчення для оцінки можливості його широкого застосування. В разі розвитку мережі за цим варіантом необхідне вирішення завдань, які полягають у визначенні критеріальних умов реалізації ЗС на основі ВДЕ, математичному описі та моделюванні роботи ЗС на основі ВДЕ, оцінці надходження енергії відновлюваного джерела та наявності площ під встановлення зарядних станцій, оцінці оптимальної ємності буферного акумулятора енергії та розробленні рекомендацій щодо реалізації таких ЗС.

**За третім варіантом** (комбінованим) реалізація ЗС полягає у використанні буферних акумуляторів енергії в разі електроживлення від вітроелектричних, фотоелектричних, комплексних вітро-сонячних енергоустановок за умови резервування таких систем централізованою електричною мережею. Цей варіант також перебуває на етапі вивчення для оцінки можливості його широкого застосування. В разі розвитку мережі за цим варіантом окрім завдань, які притаманні альтернативному варіанту, необхідне вирішення завдань, які полягають в оцінці наявної потужності та стану електричної мережі, узгодженні роботи системи «відновлюване джерело електроенергії – зарядна станція – електрична мережа», оптимізації структури ЗС з урахуванням можли-

вості застосування буферного акумулятора енергії.

$$E_n < E_c + E_b, \tag{2}$$

Деякі завдання альтернативного варіанту реалізації зарядних станцій електромобілів (ЗСЕМ) розглянуті в роботах [7, 8]. Однак визначення умов формування мережі ЗСЕМ та рекомендацій щодо їх реалізації на основі ВДЕ та буферних акумуляторів енергії не розглядалось.

Зважаючи на вищевикладене, умови, що визначають будову мережі ЗСЕМ з буферними акумуляторами енергії і з використанням ВЕУ та ФЕУ як первинних генераторів електроенергії, такі:

$$\left\{ \begin{array}{l} l_{оп} \langle l_{кп} \rangle \\ E_n \langle \sum_{i=1}^n E_i \rangle \\ \tau_3 \langle \tau_{норм} \rangle \\ \tau_{об} \langle \tau_{кр} \rangle \\ S_{ЗСЕМ} \langle S_{кр} \rangle \end{array} \right.$$

де:  $l_{оп}$ ,  $l_{кп}$  – базова та критична довжина пробігу електромобіля, км;  $E_n$  – потреба в енергії ЗСЕМ, кВт·год/день;  $E_i$  – енергія, що надходить від відновлюваного джерела, кВт·год/день;  $\tau_3$  – час швидкого заряджання електромобіля, год;  $\tau_{норм}$  – нормований час заряджання електромобіля, год;  $\tau_{об}$  – час обслуговування електромобіля, год;  $\tau_{кр}$  – критичний час очікування на виконання заявки з обслуговування електромобіля, год;  $S_{ЗСЕМ}$  – площа ЗСЕМ, м<sup>2</sup>;  $S_{кр}$  – критична площа ЗСЕМ, м<sup>2</sup>.

Розглянемо особливі умови реалізації мережі ЗСЕМ з використанням енергії сонячного випромінювання та вітру на ділянках автомобільних доріг поблизу міста Мелітополь Запорізької області.

Для ефективної реалізації ЗСЕМ з використанням ВЕУ та ФЕБ необхідне проведення оцінки надходження енергії вітру та сонячного випромінювання. Визначається їх співвідношення, яке дозволить реалізувати ефективне заряджання електромобілів в межах року. В такому разі:

де:  $E_c = \int_0^t E_{св} \cdot dt$  – енергія що надходить від Сонця у вигляді сонячного випромінювання, кВт·год;

$E_b = \int_0^t E_b \cdot dt$  – енергія що надходить від вітру, кВт·год. Використовуючи експериментальні дані швидкості вітру та інтенсивності сонячного випромінювання для вибраної місцевості, за допомогою програмного середовища Matlab промодельовано кількість днів, коли відновлювані джерела не виробляють необхідної для заряджання одного електромобіля енергії, в залежності від вкладу сонячного випромінювання в загальну енергію, та встановлено, що для мінімізації цього показника необхідно розподілити енергію Сонця і вітру як 1 до 1 (рис. 2). Використовуючи алгоритми розрахунку виробітку електричної енергії ВЕУ та ФЕУ [1], враховуючи результат моделювання (рис. 2), максимальну потужність акумуляторної батареї (АБ) що становить 100 кВт, та максимальну потребу в енергії для зарядження одного ЕМ в 133,6 кВт·год [8], співвідношення потужностей генераторів електроенергії для умов міста Мелітополь Запорізької області має становити:

$$P_{ВЕУ} : P_{ФЕУ} = 4 : 1. \tag{3}$$

Тобто потужність комбінованої ЗС (ВЕУ + ФЕУ) за умови зарядження одного ЕМ кожен день протягом року становитиме  $P_{комб} = 125 \text{ кВт}$ . При цьому 9 днів протягом року зарядка ЕМ буде неможлива через недостатнє надходження енергії відновлюваних джерел. Дану проблему можна вирішити збільшення потужності генераторів енергії, але виникає надлишковий виробіток електроенергії. Слід відмітити, що специфіка місцевості впливає на співвідношення потужностей генерувального устаткування, оскільки для різних територій характерні свої значення швидкості вітру та інтенсивності сонячного випромінювання.

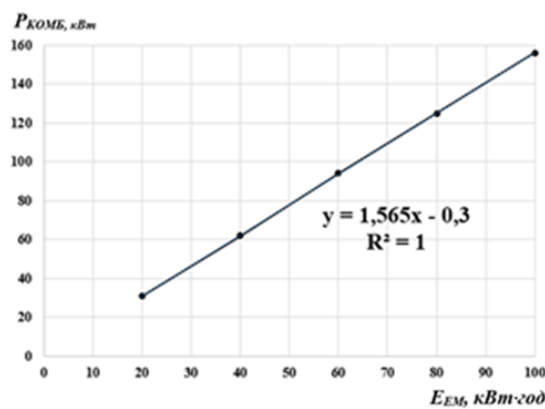
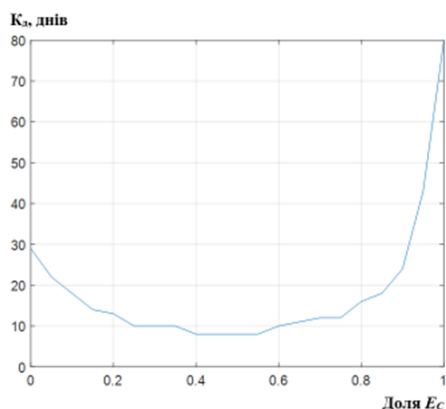


Рис. 3. Залежність необхідної потужності генераторів енергії від потреби в енергії на зарядку електромобіля  
 Fig. 3. Dependence of the required power of energy generators on the energy demand for the charge of the electric car



Зважаючи на ймовірність заїзду ЕМ на ЗС з різним залишковим зарядом АБ та, відповідно, різною потребою в енергії, проаналізовано залежність необхідної потужності генераторів енергії ( $P_{комб}$ ) від потреби в енергії на заряд ЕМ (рис.3), яка виглядає прямо пропорційно.

Станції прискореного заряджання передбачають тривалість заряджання до 80 % номінального значення ємності бортової тягової АБ за час в межах  $(0,1 \div 0,5)$  год струмами до  $(1 \div 4) C_{ном}$ . Разом з цим нормований струм заряджання АБ залежно від типу та ємності становить від 8 год і більше, що пояснюється малими значеннями нормованих струмів зарядки  $(0,1 \div 1)C_{ном}$ , які визначаються технічними умовами до експлуатації АБ. Зростання ринку електромобілів повинне враховуватись і визначати кількість каналів, що забезпечуватимуть раціональний час обслуговування, і має бути менше критичного.

Критична величина площі під реалізацію ЗСЕМ визначається втратами енергії при її передачі від генеруючого устаткування до буферного акумулятору енергії та економічними затратами на використання ділянки під реалізацію станції. Джерела генерації повинні бути рівномірно розташовані відносно центра накопичення енергії, що дозволить звести до мінімуму втрати. В ідеальному варіанті розташування генерувального обладнання має реалізовуватись в межах вписаного кола за умови, що центр накопичення енергії відповідає центру даного кола. При цьому радіус станції обмежується критичною величиною площі:  $R_{ЗСЕМ} \leq f(S_{кр})$ .

Враховання зазначених вище умов дозволяє реалізувати та розвивати ефективну мережу ЗСЕМ з використанням вітро- та фотоелектричних установок як первинних генераторів електричної енергії, що в свою чергу дозволить розширити можливості застосування електротранспорту та енергії вітру і сонячного випромінювання на території України.

### **Рекомендації щодо організації зарядних станцій електромобілів з використанням відновлюваних джерел енергії**

Реалізація ЗСЕМ з використанням відновлюваних джерел енергії як первинних генераторів електричної енергії повинна спиратись на принципи, що визначатимуть максимальну ефективність реалізації таких систем. На основі результатів попередніх досліджень та висновків, отриманих при дослідженні можливостей реалізації зарядних станцій ЗСЕМ від відновлюваних джерел енергії, створено рекомендації щодо їх реалізації в умовах України. Розглянемо детальніше їх ключові позиції.

#### **1. Вибір місця розташування.**

Проводиться аналіз та визначаються найдоцільніші місця встановлення ЗСЕМ з максимально зручними під'їзними шляхами, аналізується зручність транспортної інфраструктури. Враховуються особливості місця розташування при виборі генеруючого устаткування. Зокрема, для міської застосовувати фотоелектроустанови у складі ЗСЕМ, тоді як на міжміських трасах можливе застосування вітрових, сонячних та комплексних вітро-сонячних енергоустановок.

#### **2. Визначення специфіки зарядної станції.**

Для визначення специфіки зарядної станції необхідне проведення детального аналізу трафіку електричних транспортних засобів на даних ділянках автомобільних доріг за добу, за тиждень, за місяць та протягом року, а також аналізу типу потенційних споживачів, тобто типів електричних транспортних засобів (електроцикли, легкові електромобілі, гібридні підзаряджувані транспортні засоби, електробуси, електротягачі). За наявності статичних даних щодо трафіку ЕМ протягом року необхідне врахування приросту по місяцях та розробка прогнозу на короткострокову (в межах 5 років) та довгострокову (10 років) перспективу з метою прогнозування збільшення потужності ЗС для задоволення збільшеного попиту. На основі аналізу трафіку ЕМ встановлюється кількість необхідних точок одночасного підключення до зарядного пристрою.

#### **3. Визначення необхідної потужності генерувального устаткування та енергоємності буферної акумуляторної батареї.**

На основі аналізу прийнятого варіанта первинного джерела електричної енергії з використанням реальних даних знаходження енергії відновлюваного джерела для певної місцевості встановлюється необхідна потужність генерувального устаткування. В межах населених пунктів розглядаються найоптимальніші варіанти досягнення необхідної розрахункової потужності фотоелектричної станції. За умови розташування ЗСЕМ на міжміських дорогах, в результаті аналізу реальних даних з інтенсивності сонячної радіації та швидкості вітру, визначається потужність вітрової, сонячної чи комплексної вітро-сонячної енергоустановки залежно від вибраної схеми ЗС.

Статистичний аналіз потенційних споживачів ЗСЕМ з урахуванням специфіки проведення швидкого заряджання та врахування власних витрат з використанням відомого алгоритму [8] дозволяє встановити необхідну енергоємність буферної АБ ЗС.

#### **4. Вибір обладнання та устаткування, необхідного для реалізації ЗСЕМ з використанням ВДЕ.**

На основі розрахунків усіх компонентів системи

ЗСЕМ проводиться вибір обладнання з урахуванням його техніко-економічних показників та гарантійних термінів експлуатації.

Оскільки для розвитку мережі ЗСЕМ в районі міста Мелітополь доцільне комплексне використання енергії вітру та сонячного випромінювання, то вибір фотоелектричних модулів необхідно проводити з монокристалічного кремнію, який має високий ККД, кращі показники виробітку електроенергії в географічних зонах з переважальним прямим сонячним випромінюванням (в порівнянні з полі- чи аморфним кремнієм). При виборі вітроелектричних установок слід враховувати, що для даної географічної зони з підвищеною турбулентністю, для якої характерні пориви вітру до 40–50 м/с, необхідне використання ВЕУ I-II класу підкласів А та В, згідно зі стандартом [13]. Вибір буферного акумулятора енергії необхідно проводити з урахуванням факторів можливого повного розрядження АБ, частих недозарядок через непостійність ВДЕ, максимально можливого ресурсу роботи та високого ККД. Станом на сьогоднішній день найраціональнішим вважається використання літій-титанових та літій-залізофосфатних АБ.

### **5. Розробка технічної пропозиції для її розгляду та затвердження органами місцевого самоврядування.**

Після проведення технічних розрахунків та аналізу раціональних варіантів реалізації ЗСЕМ готується технічна пропозиція реалізації проекту та подається для розгляду органами місцевого самоврядування. Для підсилення позитивних сторін реалізації ЗСЕМ з використанням ВДЕ відмічаються екологічні переваги таких систем та відсутність впливу на місцеві електричні мережі.

**Висновки.** Обґрунтовано умови створення мережі ЗСЕМ з використанням вітроелектричних та фотоелектричних установок, що визначаються довжиною пробігу електромобіля, енергозабезпеченістю станції від відновлюваних джерел, нормованим часом зарядження електромобіля, критичними часом очікування на виконання заявки з обслуговування та площею під встановлення енергогенерувального устаткування.

Проаналізовано можливість забезпечення енергією ЗС для умов міста Мелітополь Запорізької області та встановлено, що для заряджання одного електромобіля необхідне співвідношення генераторів електроенергії при комбінованому застосуванні ВЕУ та ФЕУ як 4 до 1, що дозволяє реалізовувати швидку зарядку без надлишкової енергії. При цьому протягом 9 днів упродовж року станція не зможе зарядити електромобіль із заданим співвідношенням потужностей.

Збільшення потужності дає змогу вирішити дану проблему, але тоді необхідні пошуки варіантів застосування надлишкового виробітку електроенергії.

Розроблено рекомендації по організації зарядних станцій електромобілів з використанням відновлюваних джерел енергії, яка передбачає на стадії проектування зарядних станцій електромобілів від ВДЕ враховувати специфіку станції, її місце встановлення, визначення необхідної енергоємності буферної акумуляторної батареї, визначення необхідної потужності генеруючого устаткування на основі ВДЕ, вибір обладнання та устаткування необхідного для реалізації ЗСЕМ з використанням ВДЕ, розробку технічної пропозиції для її розгляду та затвердження органами місцевого самоврядування.

### **ПОСИЛАННЯ**

1. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії : Підручник / С. О. Кудря. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 492 с.
2. Кириленко О. В., Павловський В. В., Лук'яненко Л. М., Трач І. В. Проблеми інтеграції відновлюваних джерел електроенергії в слабкі електричні мережі. / О. В. Кириленко, В. В. Павловський, Л. М. Лук'яненко, І. В. Трач // Технічна електродинаміка. 2012, № 3, с. 25–26.
3. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / Інститут відновлюваної енергетики НАН України. – К.: ВІОЛ-Принт, 2012. – 55 с.
4. Cost-competitive renewable power generation: Potential across South East Europe. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.irena.org/publications/2017/Jan/Cost-competitive-renewable-power-generation-Potential-across-South-East-Europe>
5. Global EV Outlook 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>.
6. Бутько В. І. Аналіз доцільності впровадження зарядних станцій електромобілів на основі відновлюваних джерел енергії в Україні / В. І. Бутько // Відновлювана енергетика. – 2016. – № 4. – С. 32–41.
7. Павлов В. Б. Зарядження електромобілів від відновлюваних джерел / В. Б. Павлов, В. І. Бутько // Технічна електродинаміка. – 2017. – № 6. – С. 32–35. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2017.06.032>
8. Павлов В. Б. Особливості роботи автономних зарядних станцій електромобілів з використанням вітроелектричних установок та буферних акумуляторів енергії / В. Б. Павлов, С. О. Кудря, В. І. Бутько, В. М. Кириленко, В. Ю. Іванчук // Технічна електродинаміка. – 2019. – № 4. – С. 70–76.
9. Global Overview. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ren21.net/gsr-2020/chapters/>

## chapter\_01/chapter\_01/

10. Будько В. І. Концепція зарядження акумуляторної батареї електромобіля від фотоелектричної станції / В. І. Будько, С. О. Кудря, В. Б. Павлов // Відновлювана енергетика. – 2014. – № 1. – С. 14–21.
11. Україна. Атлас автомобільних шляхів, 40 планів міст, нові назви населених пунктів. Київ, 2016. 176 с.
12. За 2018 год в Украине куплено больше электромобилей, чем за все предыдущие годы. Интернет ресурс. Режим доступу: <https://ecotechnica.com.ua/transport/3828-za-2018-god-v-ukraine-kupleno-bolshe-elektromobilej-chem-za-vse-predydushchie-gody.html>
13. International standard IEC 61400-1 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://dlbargh.ir/mbayat/46.pdf>

## REFERENCES:

1. Kudria S. O. Alternative and renewable energy sources: Textbook / S. O. Kudria. - K.: NTUU "KPI", 2012. – 492 p. (Ukr)
2. Kirilenko O. V., Pavlovsky V. V., Lukyanenko L. M., Trach I. V. Problems of integration of renewable energy sources into weak electric grids. / O. V. Kirilenko, V. V. Pavlovsky, L. M. Lukyanenko, I. V. Trach // Technical electrodynamic. 2012, No 3, p. 25–26. (Ukr)
3. Atlas of Energy Potential of Renewable and Alternative Energy Sources of Ukraine / Institute for Renewable Energy of NAS of Ukraine. - K.: VIOL-Print, 2019. – 55 p. (Ukr)
4. Cost-competitive renewable power generation: Potential across South East Europe [Online]. Available: <https://www.irena.org/publications/2017/Jan/Cost-competitive-renewable-power-generation-Potential-across-South-East-Europe> (Eng)
5. Global EV Outlook 2020. [Online]. Available: : <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020> (Eng)
6. Budko V.I. Analysis of the feasibility of introducing electric vehicle charging stations based on renewable energy in Ukraine / V.I. Budko // Renewable Energy. 2016. № 4. P. 32–41. (Ukr)
7. Pavlov V. B., Budko V. I. Charging electric vehicles from renewable energy sources. Tekhnichna elektrodynamika. No 6, 2017, p. 32 – 35. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2017.06.032> (Ukr)
8. Pavlov V. B. Features of operation of autonomous charging stations of electric vehicles with the use of wind power plants and buffer batteries of energy / V. B. Pavlov, S. O. Kudrya, V. I. Budko, V. M. Kirilenko, V. Yu. Ivanchuk // Technical electrodynamic. 2019. № 4. P. 70–76. (Ukr)
9. Global Overview. [Online]. Available: [https://www.ren21.net/gsr-2020/chapters/chapter\\_01/chapter\\_01/](https://www.ren21.net/gsr-2020/chapters/chapter_01/chapter_01/) (Eng)
10. Budko V. I. The concept of charging the battery of an electric vehicle from a photoelectric station / V. I. Budko, S. O. Kudrya, V. B. Pavlov // Renewable Energy. 2014. № 1. P.14–21. (Ukr)
11. Ukraine. Highway atlas, 40 city plans, new names of settlements. Kyiv, 2016. 176 p. (Ukr)
12. In 2018, more electric vehicles were bought in Ukraine than in all previous years. [Online]. Available: <https://ecotechnica.com.ua/transport/3828-za-2018-god-v-ukraine-kupleno-bolshe-elektromobilej-chem-za-vse-predydushchie-gody.html> (Rus)
13. International standard IEC 61400-1. [Online]. Available: <http://dlbargh.ir/mbayat/46.pdf>