

УДК 621.311.243; 621.311.245

В.І.Будько, канд.техн.наук (Національний технічний університет України "КПІ ім. І.Сікорського", Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ)

Аналіз доцільності впровадження зарядних станцій електромобілів на основі відновлюваних джерел енергії в Україні

В роботі проведено аналіз розвитку ринку відновлюваної енергетики та електромобілів в Україні та в світі. Відмічена динаміка постійного зростання електричних потужностей об'єктів відновлюваної енергетики, а також збільшення кількості електротранспорту. Враховуючи вплив електрогенеруючих станцій відновлюваної енергетики на центральну енергосистему країни, запропоновано дослідити ефективність роботи вітроелектричних та фотоелектричних систем в автономному режимі на зарядження акумуляторних батарей електромобілів. Бібл. 14, табл. 1, рис. 14.

Ключові слова: акумуляторна батарея, фотоелектрична станція, вітроелектрична станція, швидкий метод зарядження, електромобіль.

Orcid: 0000-0002-6219-4221

Згідно [1] відновлювані джерела енергії мають різноплановий вплив на роботу електричних мереж, який змінюється в залежності від потужності, типу, місця розташування і топології мережі. Крім того, відзначається загострення проблеми забезпечення стійкості за напругою при підключенні ВДЕ до електричних мереж. Станом на сьогоднішній день дане питання залишається невирішеним.

З іншої сторони, наявність великого енергетичного потенціалу вітру (10,5 млн т н.е.) та Сонця (2,95 млн т н.е.) [2] змушує шукати нові шляхи залучення відновлюваної енергетики до загального енергобалансу країни з метою скорочення споживання імпортованих енергоносіїв та покращення екологічної ситуації.

Важливим з точки зору розвитку світового ринку є ринок електромобілів (рис. 1) [3]. Зокрема, в 2015 році загальносвітовий показник продажу склав 540 тисяч одиниць. Лідируючими в цьому напрямку країнами виступили Китай та Японія. Європа відзначилася майже дворазовим збільшенням ринку екологічного транспорту. У 2015 році загальноєвропейські продажі автомобілів з електроприводами склали 192,5 тис. одиниць. Лідируючі позиції зайняли Нідерланди, Німеччина, Франція, Швеція та Данія (рис. 2) [3].

Такі швидкі темпи приросту ставлять актуальне питання будівництва заправних станцій для електромобілів. Робота таких зарядних

станцій від централізованих мереж у нічний час сприятливо впливатиме на графік навантаження енергосистеми, однак у пікові періоди (з 8⁰⁰ до 11⁰⁰ та з 17⁰⁰ до 21⁰⁰ години доби) збільшить гостропікове споживання, що негативно відобразиться на роботі мережі в цілому.

Одним із варіантів покращення роботи централізованої енергосистеми (в ракурсі збільшення кількості зарядних станцій електромобілів) є використання в якості джерела живлення установок на основі відновлюваних джерел енергії. При цьому впровадження зарядних станцій на основі ВДЕ не впливатиме на центральну електромережу (як відмічалось вище), підвищить показник використання енергетичного потенціалу відновлюваних джерел та покращить екологічну ситуацію місцевості, де рухаються електричні транспортні засоби.

Станом на сьогоднішній день робота таких зарядних станцій на основі ВДЕ вивчена в певній мірі, що пояснюється відсутністю єдиних підходів до режимів роботи відновлюваного джерела енергії в залежності від ємності тягових акумуляторних батарей електромобілів та методу зарядження АБ при врахуванні випадкового характеру виробітку та ін. Це, в свою чергу, вимагає проведення пошукових робіт із дослідження режимів роботи акумуляторів електромобілів у складі зарядних станцій на основі відновлюваних джерел з метою встановлення раціональних режимів роботи систем даного типу.

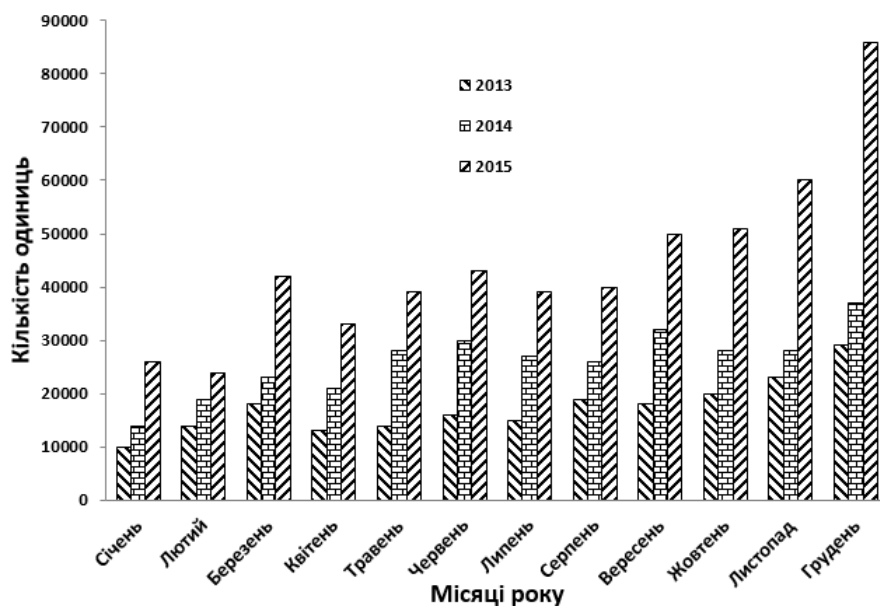


Рис. 1. Динаміка розвитку загальносвітового ринку електромобілів у 2013-2015 роках.

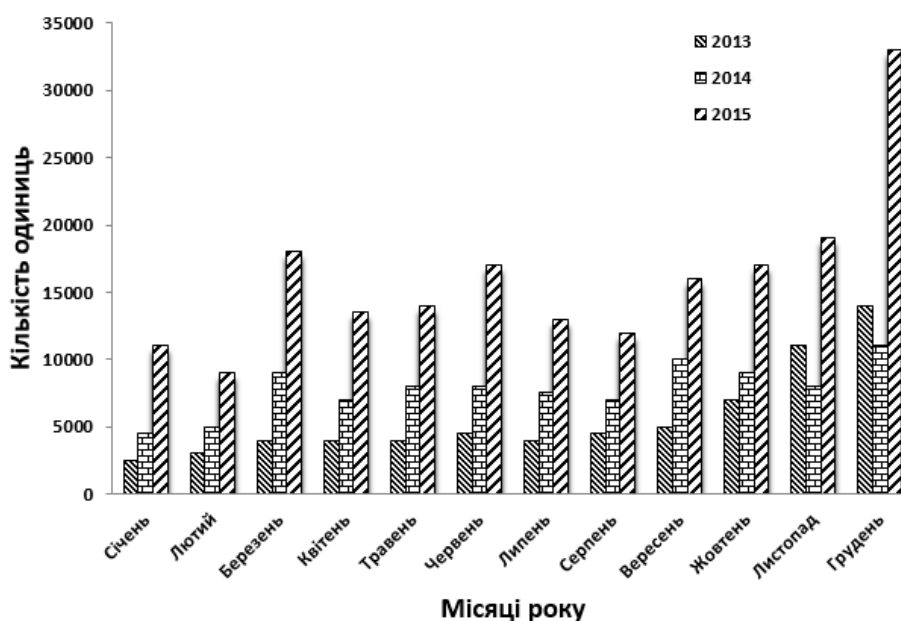


Рис. 2. Динаміка розвитку європейського ринку електромобілів у 2013-2015 роках.

Згідно аналізу сучасних літературних даних, динаміка розвитку світового ринку відновлюваної енергетики (рис. 3) та електротранспорту (рис. 4) демонструє постійне зростання.

Зокрема, сумарна встановлена потужність усіх об'єктів відновлюваної енергетики в світі на кінець 2015 року склала 785 ГВт [4], тоді як приріст реалізації електромобілів на ринку за

2015 рік склав 1,26 млн одиниць (електричних та гібридних) [5].

Розвиток відновлюваної енергетики та електротранспорту в Україні дещо відрізняється від світових тенденцій, що пояснюється економічною та суспільно-політичною ситуацією в країні. На кінець 2015 року сумарна встановлена потужність усіх об'єктів відновлюваної енергетики в Україні згідно [6] склала 1,491 ГВт (рис. 5).

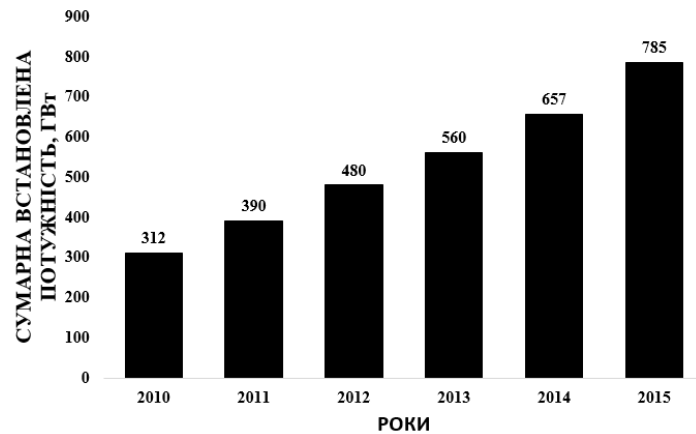


Рис. 3. Динаміка приросту сумарної встановленої ВДЕ з 2010 р. по 2015 р. у світі.

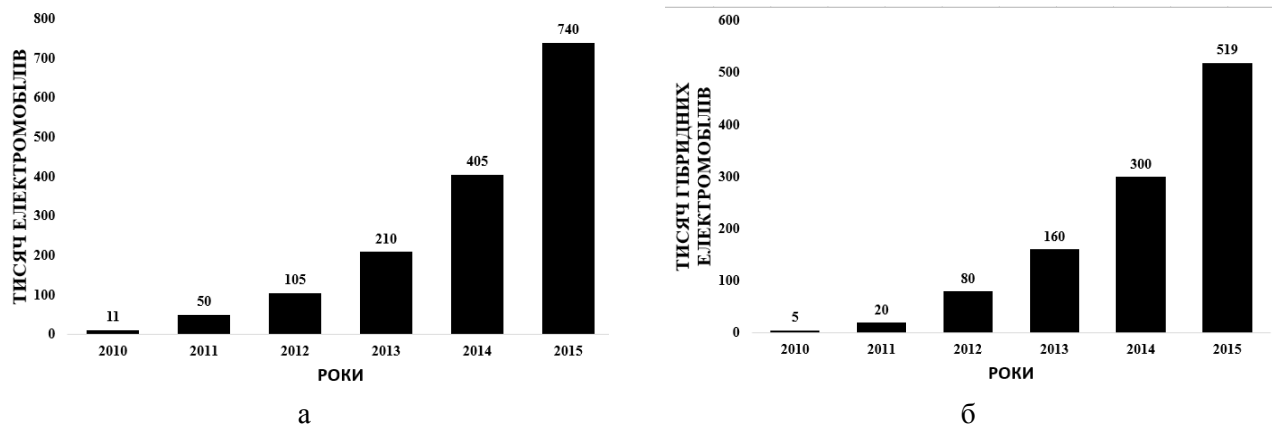


Рис. 4. Динаміка приросту електромобілів у світі з 2010 р. по 2015 р.: а – електромобілі з електроприводом (BEV); б – гібридні з електроприводом та ДВЗ (PHEV).

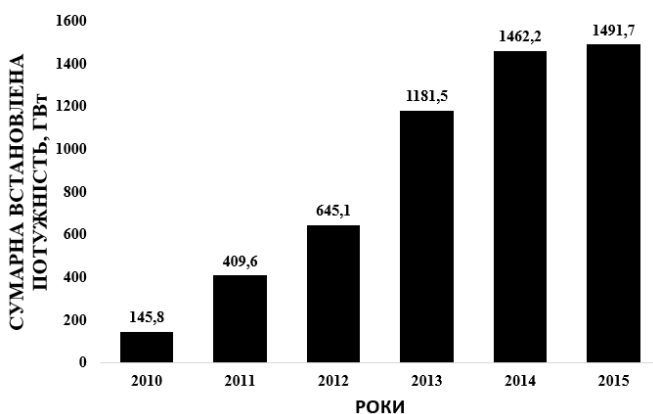


Рис. 5. Динаміка приросту сумарної встановленої потужності ВДЕ з 2010 р. по 2015 р. в Україні.

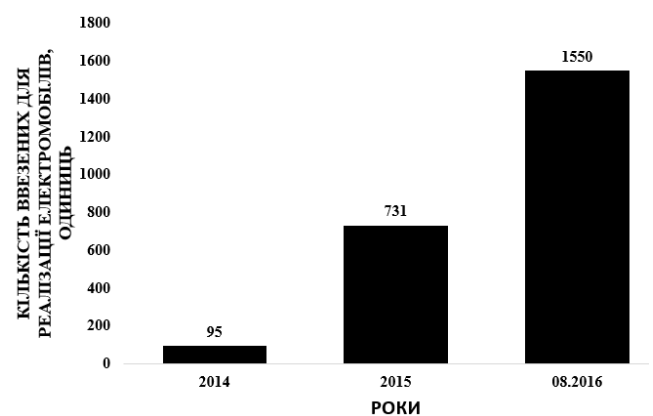


Рис. 6. Динаміка приросту електромобілів в Україні з 2014 р. по 2016 р.

Динаміку розвитку ринку електромобілів в Україні складно проаналізувати, оскільки відсутні офіційні дані з 2010 року. Однак, згідно [7] за 2014 рік в нашу країну було ввезено 95 електромобілів, у 2015 році – 731, а за 8 місяців 2016 року – 1550 одиниць (рис. 6). Такий приріст пояснюється прийнятим Законом "Про внесення змін до Закону "Про митний тариф України" щодо ввізного мита на електромобілі". Закон України №822-VIII, який був підтриманий Верховною Радою 25 листопада 2015 року, встановлює нульову ставку ввізного мита на автомобілі, оснащені електродвигуном.

Враховуючи швидкі темпи приросту об'єктів відновлюваної енергетики з однієї сторони та не менш стрімкий розвиток приросту електромобілів з іншої, на сьогоднішній день стає актуальним питання розвитку інфраструктури зарядних станцій, які зможуть заряджати акумуляторні батареї від установок на основі відновлюваних джерел енергії як класичними, так і новими методами "швидкого" заряду.

Як відомо, реалізація ефективного електромобіля стала можливою після винайдення надійного акумулятора, який міг би легко заряджатись та мав хороші енергетичні показники. Завдяки відкриттю Планте в 1859 році свинцево-кислотного акумулятора з подальшим удосконаленням завдяки роботам К.Форе, в 1881 році було отримано перший працездатний електрохімічний акумулятор, завдяки появі якого з середини 80-х років XIX століття електромобілі вступили в еру свого розвитку.

Відносно молодими, але найбільш масовими щодо використання в електромобілях є літій-іонні акумуляторні батареї різних електрохімічних систем. Це пояснюється, в першу чергу, найвищими масогабаритними параметрами (при теоретичних 295 Вт·год/кг на сьогодні досягнуто практичного показника в 190 Вт·год/кг). Підтвердженням цього є електромобілі таких брендів, як Tesla, Thander Power EV, Nissan Leaf, Renault Zoe, Volkswagen E-Golf та ін., які базуються виключно на літєвих акумуляторних батареях (табл. 1).

Крім електрохімічних акумуляторних батарей, ряд виробників у якості джерела живлення приводу електромобіля використовують паливні

елементи – електротехнічні пристрої, які дозволяють реалізовувати процес прямого перетворення енергії палива, підведеного ззовні, в електричну енергію. В найпростішому варіанті застосовують воднево-кисневі паливні елементи, де в якості палива виступає водень, а в якості окисника – повітряний кисень. Прикладами таких транспортних засобів є Mercedes-Benz B-Class F-CELL та Toyota Mirai. Станом на сьогодні ведуться розробки електромобілів на паливних елементах, де в якості палива використовується етиловий спирт. Зокрема, компанія Nissan в 2016 році представила розробку e-NV200 на твердооксидних паливних елементах, де в якості палива використовується біоетанол (етиловий спирт, отриманий з біосировини (спеціальних енергетичних культур), або відходів сільськогосподарських, лісообробних, харчових підприємств), а в якості окисника – повітряний кисень. Розробниками заявлено пробіг у 600 км на одній заправці бака (об'ємом 30 л) біоетанолом.

Окрім електрохімічних акумуляторних батарей та паливних елементів, ряд науковців розглядає можливість застосування в якості джерела живлення електроприводу електромобіля суперконденсаторів. Суперконденсатори (іоністори, СК) – це конденсатори з великою електричною ємністю, що накопичують енергію в подвійному електричному шарі на поверхні високопористої структури. До переваг СК слід віднести наступні: високу ємність (до 3200 Ф), велику потужність (до 6500 Вт/кг), низькі струми втрат, велику кількість циклів "заряд-розряд" ($1 \cdot 10^6$), широкий робочий діапазон температур (від -40°C до $+75^\circ\text{C}$), малий внутрішній опір (до 1 мОм), швидкодія (досягнення максимальної потужності) складає 10-30 мкс. Поряд із цим існує ряд недоліків, які обмежують широкомасштабне використання даних пристроїв. Зокрема, низька питома енергія (в кращих зразках до 6-10 Вт·год/кг) та висока вартість (до \$0,3 США за 1 Вт·год) накопиченої енергії, що пов'язано з малосерійним виробництвом, низька напруга одного елемента (3-6 В).

Такі параметри дозволяють розглядати СК як джерела живлення електромобіля лише за умови поєднання їх у блоках з електрохімічними акумуляторами.

Таблиця 1. Зведені показники різних типів електрохімічних акумуляторів, що використовуються на електромобілях у якості джерела живлення електроприводу

Параметр	Свинцево-кислотні	NiCd	NiMH	Li ion		
				Кобальт-літій	Літій-марганцеві	Літій-феррофосфатні
Питома енергія, Вт·год/кг	30-50	45-80	60-120	150-190	100-135	90-120
Внутрішній опір, mΩ	< 100 акумулятор. блок 12 В	100-200 акумулятор. блок 6 В	200-300 акумулятор. блок 6 В	150-300 7,2 В	25-75 на елемент	25-50 на елемент
Життєвий цикл (80% розряду)	200-300	1000	300-500 ³	500-1000	500-1000	1000-2000
Час швидкої зарядки	8-16 год	Звичайно 1 год	2-4 год	2-4 год	1 год або менше	1 год або менше
Витривалість до перезарядження	Висока	Середня	Низька	Низька. Не переносить постійної підзарядки		
Саморозрядження /місяць (при кімнатній температурі)	5%	20%	30%	Менше 10%		
Напруга в елементі (номінальна)	2 В	1,2 В	1,2 В	3,6 В	3,8 В	3,3 В
Напруга відключення при зарядженні (В/елемент, 1С)	Близько 2,4 та 2,25	–	–	4,2		3,6
Напруга відключення при розрядженні (В/елемент, 1С)	1,75	1,00		2,5-3,0		2,8
Піковий струм навантаження (кращі результати)	5С (0,2С)	20С (1С)	5С (0,5С)	> 3С (< 1С)	> 30С (< 10С)	>30С (< 10С)
Температура зарядки	від –20°C до 50°C	від 0°C до 45°C		від 0°C до 45°C		
Температура розрядження	від –20°C до 50°C	від –20°C до 65°C		від –20°C до 60°C		
Вимоги до обслуговування	3-6 місяців (підзарядка)	30-60 днів (розрядження)	60-90 днів (розрядження)	Не вимагається		
Вимоги до безпеки	Термічно стабільні	Термічно стабільні, зазвичай використовуються термозапобіжники		Обов'язковий захисний контур		
Використовуються з	кінця 1800-х	1950	1990	1991	1996	1999

Перша зарядна станція електромобілів на південному сході США (штат Теннессі) [8] була встановлена на критій автостоянці з інтегрованими в дах фотоелектричними батареями встановленою потужністю 20 кВт (рис. 7). Дана зарядна станція дозволяє проводити заряд як гібридних, так і повністю електричних транспортних засобів класичним методом зарядження.

Ще одним прикладом фотоелектричної зарядної станції на 50 кВт (рис. 8) для електротранспорту є проект, реалізований у 2011 році в США (штат Айова), що дозволяє заряджати транспорт-

ні засоби різних брендів, зокрема EXV-2, GEM, Chevy Volt та Toyota Prius [9].

Компанія Envision solar [10] випускає та реалізує зарядні станції на основі фотоелектричних батарей потужністю 3,4 кВт та 4,1 кВт (рис. 9). У складі зарядних станцій використовують буферний акумулятор, що дозволяє реалізовувати заряд електромобіля не лише у світлу пору доби, але й уночі, або у випадку відключення електроживлення в централізованій електромережі. Недоліком таких станцій є відсутність швидкого заряду електромобілів, що пояснюється невеликою потужністю даних зарядних станцій.



Рис. 7. Стоянка з фотоелектричною зарядною станцією в штаті Теннессі.



Рис. 8. Стоянка з фотоелектричною зарядною станцією біля University Services Building (США).



а)



б)



в)



г)

Рис. 9. Приклади зарядних станцій електротранспорту від фотоелектричних батарей компанії Envision solar:
а – потужністю 3,4 кВт; б – 4,1 кВт; в – цифрова зарядна станція; г – мобільна зарядна станція.

Компанія Innoventum (Швеція) в 2014 році на виставці Business of Design Week в Гонконзі (Китай) представила власну розробку Giraffe 2.0 (рис. 10), яка являє собою комплексну фото-вітроелектричну зарядну станцію електромобілів [11]. 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 даних заявника, така система дозволяє виробляти від 10000 кВт·год до 20000 кВт·год електроенергії на рік в залежності від швидкості вітру та рівня сонячної радіації. Спеціальне позиціонування фотоелектричних панелей дає стабільне виробництво енергії на чотири години довше в порівнянні з класичним монтажем фотостанцій. На рис. 11 показано виробіток електричної енергії фото- (крива 1) та вітроелектричною (крива 2) установками. Враховуючи той факт, що вітроелектроустановка дає більший виробіток електричної енергії в період осінь-зима-весна, а фотоелектрична установка в період весна-літо-осінь, приведена результуюча крива (крива 3), яка показує, що комплексне використання ВЕУ та ФЕБ дозволяє значно вирівняти графік виробітку, що підвищує показник гарантованого енергозабезпечення. Зокрема,

при середньорічній швидкості вітру 6 м/с та приходу сонячної енергії біля 1000 кВт·год на м² площі поверхні виробіток системи становить 13850 кВт·год електроенергії, за умови вартості системи 55 тис. €.



Рис. 10. Приклад комплексної зарядної станції електротранспорту Giraffe 2.0 на основі фотобатарей та вітроелектричних установок компанії Innoventum (Швеція).

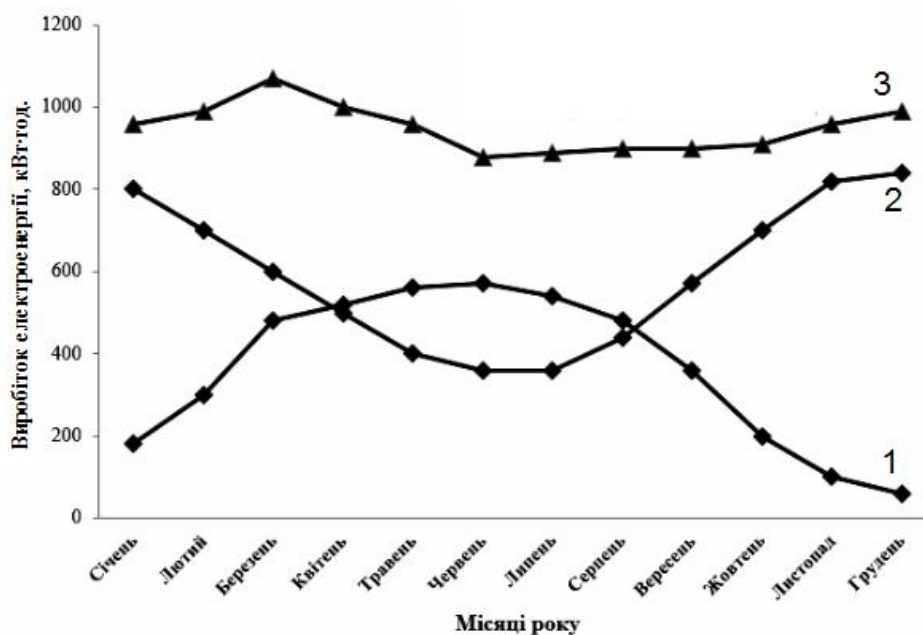


Рис. 11. Виробіток електричної енергії комплексною зарядною станцією Giraffe 2.0:

1 – електроенергія від фото станції; 2 – електроенергія від вітростанції; 3 – електроенергія станції Giraffe 2.0

Компанія XsunX (Commercial & Residential Solar Solutions, США) [12], зважаючи на зростаючий попит на електромобілі в США, вийшла на ринок із пропозицією зарядних станцій на базі фотоелектричних систем, виконаних у вигляді навісів або дахових козирків (CEO of XsunX), що дозволяють заряджати електромобілі від енергії Сонця (рис. 12). Згідно даних виробника, така система дозволяє забезпечувати до 100% потреби в електричній енергії для зарядження електромобіля.



Рис. 12. Зарядна фотоелектрична станція електротранспорту CEO компанії XsunX (США).

Компанія Tesla (США) робить акцент на поєднання сонячної енергетики та електротранспорту, підтвердженням чого є об'єднання Tesla Motors з енергетичною компанією Solar City [13]. В результаті аналізу ринку Tesla пропонує нову розробку – фотоелектричну зарядну станцію для

автомобілів власного модельного ряду (рис. 13) з метою відмови від централізованої електричної мережі, оскільки, починаючи з 2017 року, централізовані зарядні станції стануть платними, Елон Маск хоче зберегти безкоштовний проїзд через 48 штатів США безкоштовним за рахунок енергії Сонця та фотоелектричних батарей.



Рис. 13. Зарядна фотоелектрична станція електротранспорту Tesla (США).

Аналіз ринку станцій швидкого заряду CHAdeMO [14] від центральної електромережі показує динаміку швидкого зростання, що відповідає попиту на електромобілі (рис. 14). Згідно наведених даних на середину 2016 року кількість станцій швидкого заряду склала більше 12 тис. одиниць у всьому світі, з яких 4 встановлено в м. Київ.

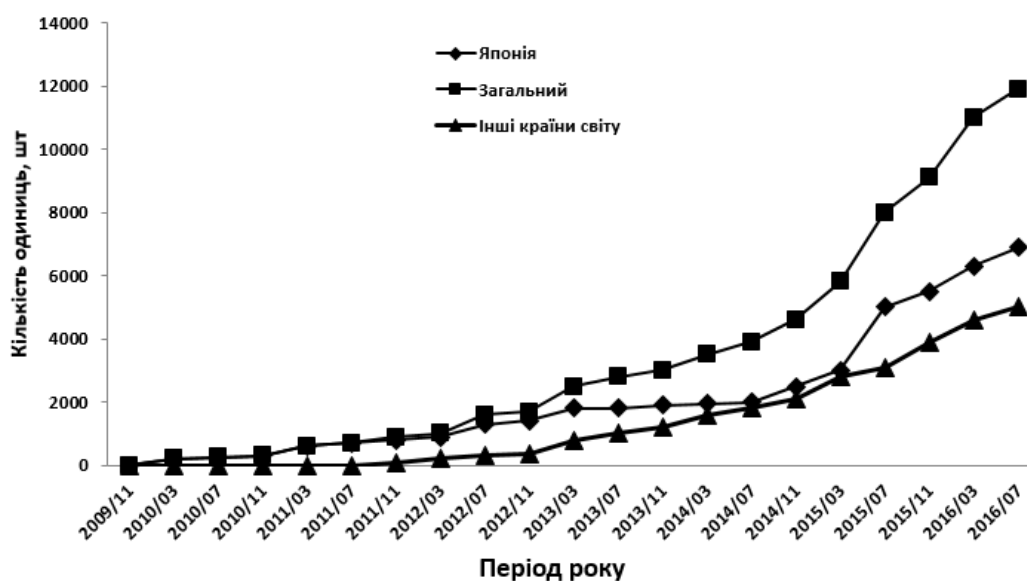


Рис. 14. Графіки зростання кількості станцій прискореного заряду електромобілів від централізованої електромережі.

Збільшення кількості зарядних станцій між містами потребує підведення електричної енергії великої потужності. Зокрема, Tesla встановлює свої зарядні станції швидкого заряду через кожні 80 км, що вимагає підведення до кожної станції відповідного електричного кабеля. В такому разі заряд від відновлюваних джерел енергії є більш доцільним.

Висновки. 1. Відновлювана енергетика України має високий електроенергетичний потенціал вітру та Сонця, проте демонструє невисокі темпи приросту, що пояснюється різноплановим впливом на роботу електричних мереж, який змінюється в залежності від потужності, типу, місця розташування та топології мережі, з одночасним загостренням проблеми забезпечення стійкості за напругою при підключенні ВДЕ до електричних мереж.

2. Постійний приріст об'єктів відновлюваної енергетики з однієї сторони та стрімкий розвиток ринку електромобілів і відповідно зарядних станцій електромобілів від центральної електромережі з іншої сторони, з урахуванням позитивного світового досвіду впровадження станцій класичного заряду на основі ВДЕ, визначає необхідність розвитку інфраструктури зарядних станцій, які зможуть заряджати акумуляторні батареї від установок на основі відновлюваних джерел енергії як класичними, так і новими методами "швидкого" заряду.

1. Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М., Троч І.В. Проблеми інтеграції відновлюваних джерел електроенергії в слабкі електричні мережі. – Технічна електродинаміка. 2012, - №3, с. 25-26.

2. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / Інститут відновлюваної енергетики НАН України. – К. : ВІОЛ-Принт, 2012. – 55 с.

3. Інтернет ресурс. Режим доступу: <http://www.ev-volumes.com/>

4. Інтернет ресурс. Режим доступу. www.ren21.net - Renewables 2016 Global Status Report

5. Інтернет ресурс. Режим доступу. <https://www.iea.org> - «Global_EV_Outlook_2016».

6. Кудря С.О., Пепелов А.В. Відновлювана енергетика у 2015 році: Стан та перспективи розвитку в Україні / С.О. Кудря, А.В. Пепелов // Відновлювана енергетика та енергоефективність XXI століття : міжнар. конф., 29 – 30 вер. 2016. : тези доп. – Київ, 2016. – С. 25 – 32.

7. Інтернет ресурс. Режим доступу. <http://news.finance.ua/ua/news/-/384511/rynok-elektromobiliv-zrostaye>

8. Інтернет ресурс. Режим доступу. <http://www.autoblog.com/>

9. Інтернет ресурс. Режим доступу. <http://www.facilities.uiowa.edu/>

10. Інтернет ресурс. Режим доступу. <http://www.envisionsolar.com>

11. Інтернет ресурс. Режим доступу. www.innoventum.se

12. Інтернет ресурс. Режим доступу. <http://xsunx.com/>

13. Інтернет ресурс. Режим доступу. <http://news.energysage.com/>

14. Інтернет ресурс. Режим доступу. <http://www.chademo.com/>

REFERENCES

1. O.V. Kyrylenko, V.V. Pavlovsky, L.M. Lukyanenko, I.V. Trach – Problems integrating renewable energy sources in weak electrical networks. - Technical electrodynamics. 2012, - №3, с. 25-26.

2. Atlas of the energy potential of renewable and alternative energy sources Ukraine / Institute of Renewable Energy National Academy of Sciences of Ukraine. - K: Viola-Print, 2012. – 55 с.

3. Internet resource. Access mode: <http://www.ev-volumes.com/>

4. Internet resource. Access mode: www.ren21.net - Renewables 2016 Global Status Report

5. Internet resource. Access mode: <https://www.iea.org> - «Global_EV_Outlook_2016».

6. S.A. Kudrya, A.V. Pepelov Renewable Energy in 2015: state and prospects of development in Ukraine / S.A. Kudrya, A.V. Pepelov // Renewable energy and energy efficiency XXI century: Intern. Conf., 29 - 30 September. 2016: Theses. - Kyiv, 2016. – С. 25 – 32.

7. Internet resource. Access mode: <http://news.finance.ua/ua/news/-/384511/rynok-elektromobiliv-zrostaye>

8. Internet resource. Access mode: <http://www.autoblog.com/>

9. Internet resource. Access mode: <http://www.facilities.uiowa.edu/>

10. Internet resource. Access mode: <http://www.envisionsolar.com>

11. Internet resource. Access mode: www.innoventum.se

12. Internet resource. Access mode: <http://xsunx.com/>

13. Internet resource. Access mode: <http://news.energysage.com/>

14. Internet resource. Access mode: <http://www.chademo.com/>

В.И.Будько, канд.техн.наук (Национальный технический университет Украины "КПИ им.И.Сикорского", Институт возобновляемой энергетики НАН Украины, Киев)

Анализ целесообразности внедрения зарядных станций электромобилей на основе возобновляемых источников энергии в Украине

В работе проведен анализ развития рынка возобновляемой энергетики и электромобилей в Украине и в мире. Отмечена динамика постоянного роста электрических мощностей объектов возобновляемой энергетики, а также увеличение количества электротранспорта. Учитывая влияние электрогенерирующих станций возобновляемой энергетики на центральную энергосистему страны, предлагается исследовать эффективность работы ветроэлектрических и фотоэлектрических систем в автономном режиме на зарядку аккумуляторных батарей электромобилей. Библ. 14, табл. 1, рис. 14.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, фотоэлектрическая станция, ветроэлектрическая станция, быстрый метод зарядки, электромобиль.

Budko V., PhD, docent (National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic institute", Institute of the renewable energy, NAS of Ukraine, Kyiv)

The feasibility of implementation of electric car charging stations based on renewable energy sources in Ukraine

The work has been devoted to the analysis of renewable energy development in Ukraine and abroad stable tendency in the electric capacity generation growth as well as production of battery driven

cars is reversed. Taking into account the impact of renewable power plants of the country national GRID it is proposed to study the efficiency of wind power plant and photovoltaic units operation autonomy mode of charging batteries for battery – vehicles. References 14, table 1, figures 14.

Keywords: battery, photovoltaic stations, wind power stations, supercharging method, electric car.

SYNOPSIS

The work deals with an analysis of with renewable energy market development in Ukraine and abroad. The analysis has revealed that in stalled capacity of renewable energy units in the world by the end of year 2015 reached 785Gw (1.491 Gw in Ukraine), while an crease in realization of electricity-driven vehicles and hybrid cars by the same time reached 4.26 million units (in Ukraine more that 2 thousand). The dynamic of constant increase of electric captives in renewable energy field and, partly curly growing interest in the electrically driven cars is evident. Taking into account the impact of power stations in the field of renewable energy on the country national GRID and the fact that necessity in additional changing stations has become evident the heavy drain on the electric system is expected. In that case charming batteries from renewable sources seems to be promising. That's it is proposes to study felicity of wind power stations and photovoltaic station in the autonomies mode of charging batteries for electric cars.

Стаття надійшла до редакції 21.11.16

Остаточна версія 06.12.16

Х МІЖНАРОДНА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ. ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА - 2017
 ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, МАТЕРІАЛИ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

7-9
листопада

ОРГАНІЗАТОР:
 Міжнародний виставковий центр

ЗА ПІДТРИМКИ:
 Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України
 Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України

Технічний партнер: **Rant Media**

МІЖНАРОДНИЙ ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР
 Україна, Київ, Броварський пр-т, 15
 М "Лівобережна"
 ☎ +38 044 201-11-66, 206-87-86
 e-mail: energo@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua, www.мвц.укр
www.tech-expo.com.ua