

РЕЖИМИ РОБОТИ АВТОНОМНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ЗАРЯДЖАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

А.А. Шевченко, студент, О.Ю. Гаєвський, д.ф.-м.н., проф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. З кожним роком у світі збільшується кількість електромобілів (ЕМ), тобто автомобілів з одним чи кількома тяговими електродвигунами, що живляться від встановлених на ньому акумуляторів або паливних елементів. Основні два фактори, які зупиняють українського споживача від купівлі електромобіля – це нерозвинена інфраструктура зарядних станцій та невеликий запас ходу для міжміських подорожей у наявних на ринку ЕМ. Якщо проблему невеликого запасу ходу вирішують безпосередньо автовиробники та вчені, то розвивати інфраструктуру доводиться або державі, або приватним компаніям. Незважаючи на те, що міська інфраструктура зарядних пунктів та станцій в нашій країні розвивається швидко, в країні поки не вистачає зарядних станцій на міжміських дорогах та вони практично відсутні у віддалених містах. Враховуючи майбутній зріст кількості ЕМ, необхідно подбати про те, щоб для заряджання використовувалась «зелена» електроенергія. Тому перспективним напрямом є створення фотоелектричних станцій, які призначені для заряджання ЕМ і можуть бути розташовані у місцях, віддалених від потужних ліній передач [1, 2]. Моделюванню режимів роботи такої автономної фотоелектричної зарядної станції як раз і присвячена дана робота.

Мета роботи. Метою даної роботи є визначення режимів роботи і оцінка параметрів автономної фотоелектричної зарядної станції (АФЕЗС) для невеликої кількості електромобілів. При цьому враховуються сезонні коливання рівня фотогенерації та невизначеності часу встановлення ЕМ на заряджання і стану заряду акумуляторної батареї (АБ) електромобіля.

Матеріали досліджень і результати розробки. Для моделювання процесу заряджання ЕМ була створена у MATLAB програма, яка передбачала, що можуть бути декілька режимів роботи АФЕЗС в залежності від рівня сонячної радіації і станів заряду в буферної АБ станції і заряду АБ електромобіля.

Схема зарядної станції показана на рисунку 1. Масив фотоелектричних модулів приєднаний через DC-DC конвертер з MPPT- контролером заряду до спільної шини DC. До шини зі сторони систем зберігання енергії знаходяться буферні акумуляторні батареї і акумулятор електромобіля (EV – Electric Vehicles). Обидві акумуляторні системи підключені до DC-шини через двохспрямовані DC-DC конвертери, які розраховані на роботу у двох напрямках потоку потужності (режими заряджання і розряджання).

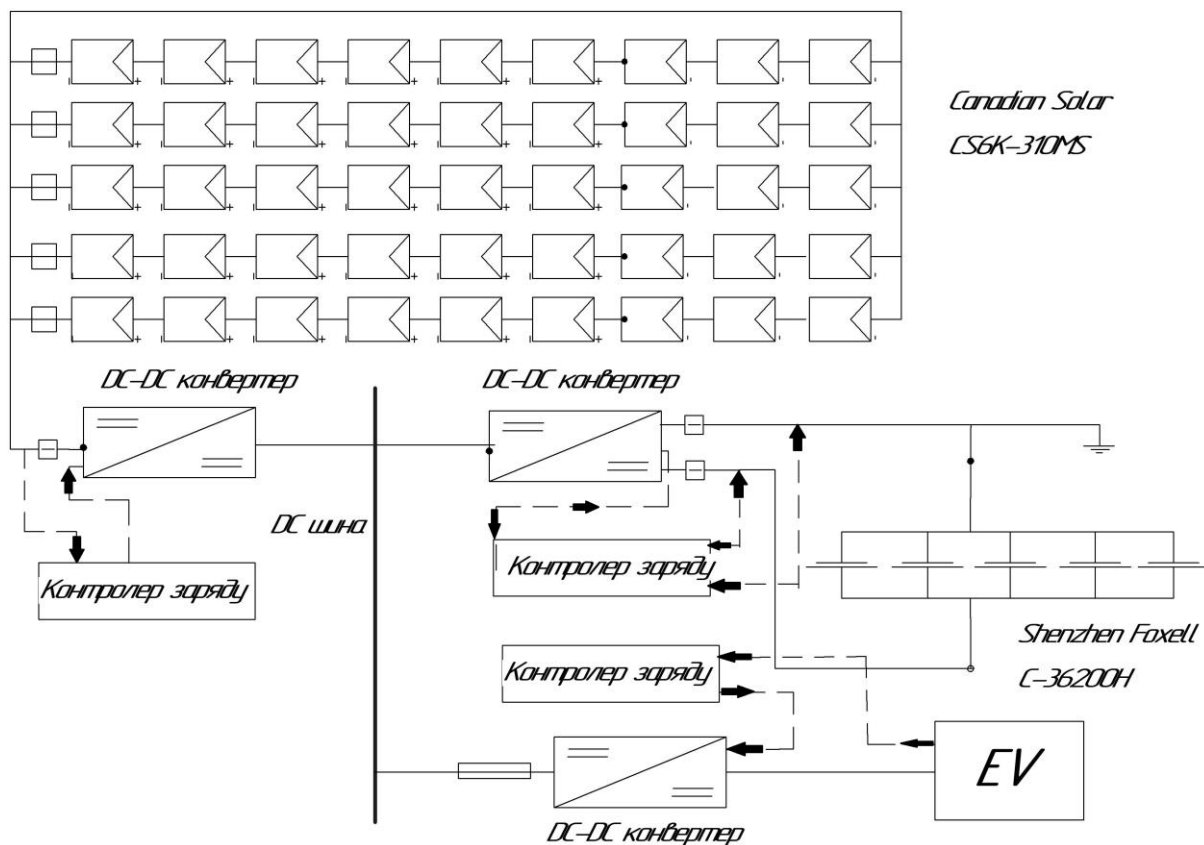


Рисунок 1 – Функціональна схема автономної фотоелектричної станції для заряджання електромобілів

Перелічимо основні режими роботи АФЕЗС, які моделювались у даної роботі:

- **Режим 1:** $P_{pv} > P_{tot}$, $S_{bat} < maxS_{bat}$, де P_{pv} – загальна потужність фотоелектричних модулів, P_{tot} – загальна потужність, яка необхідна для заряджання електромобілів, S_{bat} – стан заряду (SOC – State Of Charge) буферної АБ, $maxS_{bat}$ – стан максимального заряду буферної батареї. В цьому режимі електромобілі будуть заряджатись за рахунок електроенергії від фотомодулів, надлишкова енергія заряджає буферний акумулятор.
- **Режим 2:** $P_{pv} > P_{tot}$, $S_{bat} \geq maxS_{bat}$. В такому режимі електромобілі заряджаються від фотомодулів, буферний акумулятор заряджений повністю.
- **Режим 3:** $P_{pv} > P_{tot}$, $S_{ev}=maxS_{ev}$, $S_{bat} < maxS_{bat}$, де S_{ev} – стан заряду акумуляторів ЕМ. В цьому режимі електромобілі заряджені, буферний акумулятор заряджений не повністю, тому енергія, вироблена фотомодулями заряджає буфер.
- **Режим 4:** $P_{pv} = 0$, $S_{bat} \geq minS_{bat}$. Це режим для роботи зарядної станції вночі або часи поганої світленості. Фотогенерація відсутня або дуже мала, тому ЕМ заряджаються електроенергією з акумуляторних батарей.
- **Режим 5:** $P_{pv} = 0$, $S_{bat} < minS_{bat}$. В цьому режимі відсутні джерела енергії: фотомодулі не виробляють електроенергію, акумуляторні батареї розряджені і електромобілі не заряджаються.

В роботі моделювались режими автономної зарядної станції, яка мала обладнання з наступними характеристиками:

- пікова потужність фотомодулів АФЕЗС – 15 кВт;
- номінальна потужність кожного фотомодуля – 350 Вт;
- загальна кількість фотомодулів – 45;
- енергія АБ електромобіля – 60 кВт·год;
- ємність буферної АБ – 1 кА·год;
- напруга на клеммах буферної АБ – 36 В;
- напруга на DC-шині – 48 В;
- мінімальна допустима ємність буферної АБ – 300 А·год;
- ККД регулятора MPPT – 90%;
- ККД DC-DC конвертера – 95%;
- ККД буферного акумулятора на зарядку – 85%;
- ККД буферного акумулятора на розряд – 95%;
- ККД заряду акумулятора електромобіля – 96%.

В результаті розрахунків АФЕЗС, яка працює в Київській області, були отримані криві станів заряду АБ одного електромобіля (S_{ev}) і буферної АБ (S_{bat}). Розрахунки проводилися для чотирьох сезонів року при двох рівнях заряду АБ електромобіля в момент постановки на зарядку. На рисунку 2 показані графіки для грудня – місяця з найменшою інсоляцією. При повністю розрядженому АБ електромобіля (Рис. 2, а) фотогенерації не вистачає щоб зарядити електромобіль та відновити заряд у буферній батареї. Оптимальним варіантом заряджання ЕМ електромобіля в грудні є початковий стан АБ $S_{ev} = 0.31$, в цьому випадку АБ встигне зарядитися до 15 години, а буферний АБ буде мати стан $S_{bat} = 0.3$ в кінці дня (Рис. 2, б).

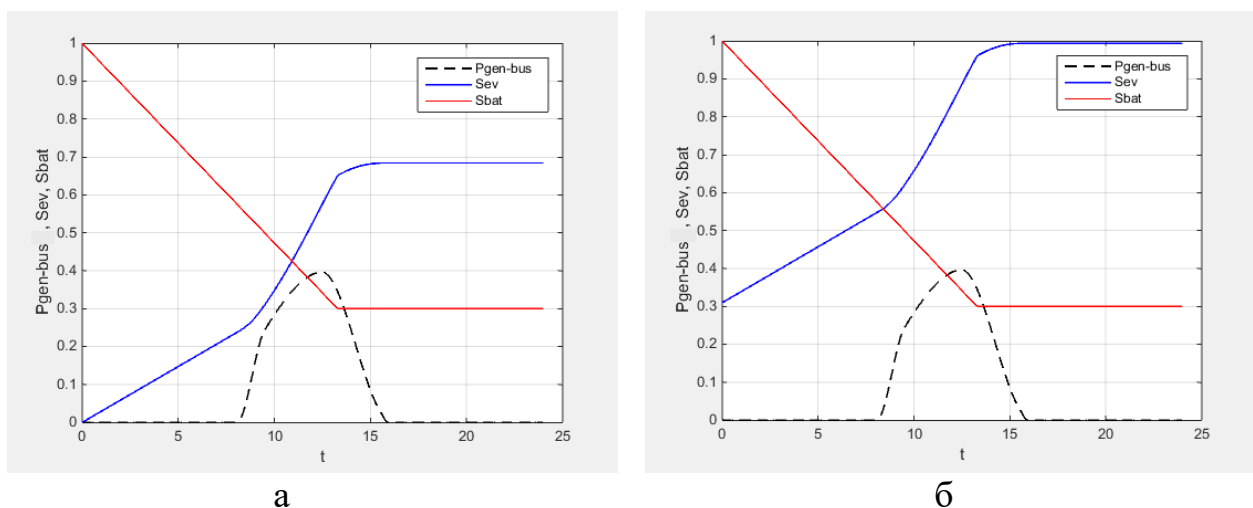


Рисунок 2 – Часові профілі потужності від фотомодулів $P_{gen-bus}/10$ (кВт) на шині DC і зарядні графіки АБ електромобіля S_{ev} і буферної АБ S_{bat} в грудні місяці в районі Києва при різних початкових зарядах АБ електромобіля:

а – $S_{ev,поч} = 0$; б $S_{ev,поч} = 0.31$

Як приклад наведемо також графіки часових профілів заряджання для сприятливих сезонів – весни (квітень) та літа (липень) (Рис. 3). З графіків видно, що навіть повністю розряджений АБ ЕМ можна зарядити вже до полудня. А влітку після заряджання ЕМ стан буферної АБ буде відновлений (до значення $C_{bat} = 1$) приблизно, коли настає пік сонячної радіації. При таких обставинах до кінця світлового дня може бути заряджений ще другий електромобіль, але за рахунок фотогенерації і буферного акумулятору.

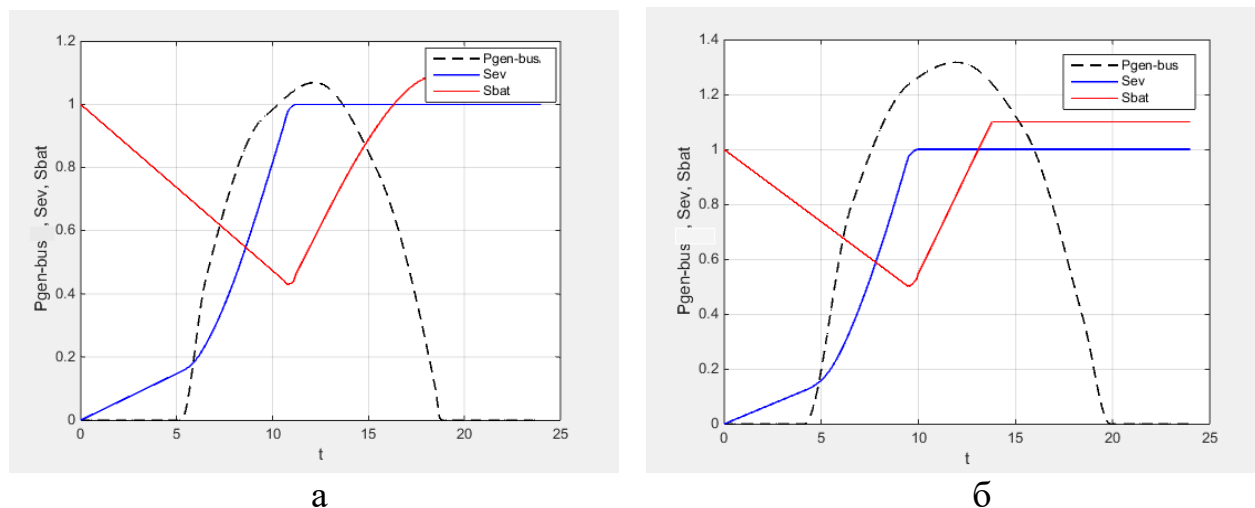


Рисунок 3 – Часові профілі потужності від фотомодулів $P_{gen-bus} / 10$ (кВт) на шині DC і зар'ядні графіки АБ електромобіля C_{ev} ($C_{ev,поч} = 0$) і буферної АБ C_{bat} в квітні (а) та липні (б) в районі Києва

Висновки. Розглянути режими роботи АФЕЗС потужністю 15 кВт, розрахованої на заряджання електромобілів з енергією акумуляторів 60 кВт·год і розташованої в Київській області. Для буферного акумулятора ємністю 1000 А·год визначені у календарному році періоди, коли можливо заряджання одного чи двох електромобілів кожний день.

Перелік посилань

1. V. Kumar, V. Ravi Teja, M. Singh and S. Mishra. PV Based Off-Grid Charging Station for Electric Vehicle // IFAC PapersOnLine. - 2019. - vol.52, N4. - p.276–281.
2. K. S. Prakash Oruganti, C. Aravind Vaithilingam, G. Rajendran and Ramasamy A. Design and Sizing of Mobile Solar Photovoltaic Power Plant to Support Rapid Charging for Electric Vehicles // Energies. - 2019. - vol.12 (3579). - p.3-22.. - doi:10.3390/en12183579.