

## СТРАТЕГІЇ МЕНЕДЖМЕНТУ ПОПИТУ НА ЕНЕРГІЮ ДЛЯ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

**Вступ.** Зміна клімату, вичерпність викопного палива та, як наслідок, зростання цін на енергетичному ринку є рушійними силами трансформації енергетичного сектора в цілому і транспортної промисловості, в тому числі. Однак досі не вирішеними залишаються питання розвитку систем керування акумуляторами електромобілів, відсутність громадських станцій та низький запас ходу, що є перепорою для всебічного сприйняття електромобілів.

**Мета роботи:** проаналізувати тенденції на ринку електромобілів та їх вплив на стан електромереж. Розглянути критерії оптимального процесу заряджання в умовах динамічних цін.

**Основний зміст.** За інформацією Міжнародної енергетичної агенції (International Energy Agency, IEA) на ринку електромобілів спостерігається експоненціальне зростання продажів - у 2022 році обсяг перевищив 10 мільйонів. Загалом 14% усіх проданих нових автомобілів у 2022 році були електричними, порівняно з приблизно 9% у 2021 році та менше ніж 5% у 2020 році. У першому кварталі 2023 року було продано понад 2,3 мільйона електромобілів, що приблизно на 25% більше, ніж за аналогічний період минулого року. Очікується 14 мільйонів продажів до кінця 2023 року, що становитиме 35% зростання порівняно з минулим роком. У результаті на електромобілі може припадати 18% від загального обсягу продажів автомобілів за весь календарний рік [1].

Однією із головних перепон до масового використання електромобілів є брак зарядної інфраструктури. Процес заряджання на громадських або приватних зарядних станціях вимагає розвитку зарядних платформ та інфраструктури. Високе проникнення електромобілів в розподільчі мережі викликає високі капітальні інвестиції в технології розумних енергосистем. Одночасна або неузгоджена зарядка парку електромобілів значно збільшує споживання електроенергії, що викликає несподівані піки в системі і призводить до перевантаження розподільчої мережі, що призводить до погіршення якості напруги, збільшення втрат електроенергії та використання неекономічних джерел енергії. Існує два потенційних рішення для управління зростаючим попитом на заряджання електромобілів без впливу на операційну продуктивність мережі:

- Програма управління постачанням (Supply Side Control Action, SSCA) відноситься до збільшення і управління потужністю генерації системи для задоволення пікового попиту, викликаного одночасною зарядкою електромобілів. Це дорогий підхід і потребує сучасної градації мережевої інфраструктури.
- Програма управління попитом (Demand Side Control Action, DSCA), яка є альтернативним рішенням для управління попитом на зарядку електромобілів, прихована в програмі реагування на попит. Йдеться про кроки з динамічним ціноутворенням, яких вживають комунальні підприємства та споживачі, щоб впливати на споживання електроенергії задля оптимізації кінцевих рахунків.

Неузгоджена зарядка електромобілів може збільшити попит на електроенергію до 5% у години пікового навантаження [2]. Динамічна цінова політика відіграє важливу роль у вирішенні проблем пікового навантаження з невизначеністю, викликаного частою зміною ціни. Керування попитом на енергію (demand-side management, DSM) є основною частиною розумного ціноутворення для ефективного функціонування системи шляхом оптимізації використання електроенергії, а також мінімізації витрат шляхом модифікації кривої навантаження, сформованої шістьма основними методами формування навантаження: зсувом навантаження (load shifting), стратегічним збереженням (strategic conservation), піковим відсіканням (peak clipping), стратегічним зростанням (strategic growth), заповненням долини (valley filling) та гнучка форма навантаження (flexible load shape).

Програма реагування на попит (demand response, DR)— це фактично зміна споживання електроенергії кінцевим споживачем у відповідь на зміну ціни на електроенергію з часом або через стимулюючі виплати, запроваджені для зменшення споживання електроенергії під час високих

оптових ринкових цін (market-driven DSM), або коли надійність мережі знаходиться під загрозою (network-driven DSM).

Важливим завданням управління реагуванням на попит (DR) є переведення споживачів електроенергії з фіксованого тарифу на пікове та позапікове ціноутворення.

Зарядні станції електромобілів зазвичай забезпечують зарядку з фіксованою ціною, що може призвести до довгих черг на станціях. Якщо ціни будуть часто змінюватись відповідно до навантаження на зарядну станцію, це зменшить довгі черги. Real time pricing (RTP) буде заохочувати водія електромобіля їхати на віддалені зарядні станції, які будуть менш переповненими і дешевшими. Завдяки впровадженню схеми ціноутворення time-of-use (TOU) можна мінімізувати ціну подорожі електромобіля та оптимізувати роботу батареї транспортного засоба [3].

Реагування на попит можна реалізувати в інфраструктурі зарядки електромобілів за допомогою розумних систем заряджання (Smart Charging). Ці системи дозволяють комунальним компаніям контролювати процес заряджання електромобілів дистанційно або через зв'язок з автомобілем. Координуючи схеми заряджання, комунальні підприємства можуть оптимізувати час заряджання відповідно до періодів низького попиту на електроенергію або високої генерації відновлюваної енергії.

Технологія Vehicle-to-Grid дозволяє електричним транспортним засобам віддавати накопичену енергію назад у мережу, коли це необхідно. У цьому сценарії електромобілі діють як мобільні накопичувачі енергії, які можуть постачати електроенергію в періоди пікового попиту. Беручи участь у програмах реагування на попит, власники електромобілів можуть продавати надлишок електроенергії зі своїх автомобілів у мережу, отримуючи натомість фінансові стимули.

**Висновки.** Оскільки ринок електромобілів продовжує зростати необхідним є розбудова широкої мережі зарядних станцій. Одночасна та неузгоджена зарядка великої кількості електромобілів може спричинити появу піків в системі та сказатися на якості роботи електромережі, тому для зарядних станцій важливим є розробка стратегії менеджменту попиту на енергію, використовуючи практики реагування на попит з динамічною ціновою політикою.

#### **Список використаних джерел:**

1. IEA (2023), Global EV Outlook 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>, License: CC BY 4.0
2. Bitencourt, L.d.A.; Borba, B.S.; Maciel, R.S.; Fortes, M.Z.; Ferreira, V.H. Optimal EV charging and discharging control considering dynamic pricing. In Proceedings of the 2017 IEEE Manchester PowerTech, Manchester, UK, 18–22 June 2017; pp. 1–6.
3. Amin, A.; Tareen, W.U.K.; Usman, M.; Ali, H.; Bari, I.; Horan, B.; Mekhilef, S.; Asif, M.; Ahmed, S.; Mahmood, A. A Review of Optimal Charging Strategy for Electric Vehicles under Dynamic Pricing Schemes in the Distribution Charging Network. Sustainability 2020, 12, 10160. <https://doi.org/10.3390/su122310160>