

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ НА СТАБІЛЬНІСТЬ ТА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИМИ МЕРЕЖАМИ. ТЕХНОЛОГІЯ VEHICLE-TO-GRID

Стародубець І.М., студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Електротранспорт стає все більш вагомою складовою сучасної транспортної інфраструктури. Збільшення кількості електромобілів (ЕМ) сприяє зниженню викидів парникових газів та залежності від викопних палив. Однак масове впровадження ЕМ створює нові виклики для електроенергетичних мереж, пов'язані з необхідністю забезпечення стабільності та ефективного управління.

Мета роботи: Оцінити вплив масового впровадження електромобілів на стабільність електроенергетичних мереж. Дослідити наявні науково обґрунтовані стратегії управління цим навантаженням, включаючи оптимізацію процесів заряджання з використанням інтелектуальних систем.

Матеріали та результати дослідження. Для оцінки впливу було обрано Сполучені штати Америки, як флагмана у масовому впровадженні електротранспорту в світі, який вже стикається із наслідками такого попиту на електромобілі. Масове заряджання ЕМ, особливо в пікові години, може призвести до перевантаження локальних мереж, що впливає на стабільність електропостачання. За даними Управління енергетичної інформації США (EIA), у перші два місяці 2024 року споживання електроенергії електромобілями зросло на понад 50% порівняно з аналогічним періодом 2023 року, досягнувши 1,58 мільйона мегават-годин (МВт·год) [1] Ще одна проблема, спричинена безконтрольним заряджанням ЕМ — це коливання напруги та фазовий дисбаланс, що виникають через асиметричне підключення зарядних пристроїв до мережі. Зарядні пристрої електромобілів, зазвичай, працюють на однофазних лініях, що призводить до нерівномірного розподілу навантаження між фазами в трифазній системі. Такий дисбаланс негативно впливає на стабільність напруги, знижуючи її на кінцевих точках живлення, особливо в сільській місцевості з довгими лініями електропередач. Це, в свою чергу, може призводити до частих перевищень допустимих коливань напруги, особливо якщо електромобілі підключаються в години пік. [2] Підвищені втрати потужності в мережі є ще однією проблемою, що виникає через неконтрольоване заряджання ЕМ. Високе навантаження призводить до збільшення струмів у лініях, що зумовлює втрати через опір ліній та додаткові втрати в трансформаторах. [2] Така ситуація може бути ще більш критичною для країн з дуже старими електромережами, які не були розраховані на такі навантаження. Загалом, наразі є кілька підходів до вирішення даних проблем: модернізація електромереж — побудова нових кабельних ліній та трансформаторних підстанцій заміна старих; збільшення генерації — побудова нових електростанцій, в тому числі на відновлюваних джерелах енергії, та збільшення маневрових потужностей; впровадження інтелектуальних

технологій розподілу електроенергії та технологій і методів заряджання побутових електромобілів.

Одна з найбільш перспективних технологій в рамках керованого заряджання — це технологія Vehicle-to-Grid (V2G), яка дозволяє електромобілям не лише заряджатися від мережі, але й віддавати надлишкову енергію назад у мережу під час пікових навантажень. Це перетворює електромобілі в мобільні акумуляторні станції, які можуть допомогти підтримувати баланс енергетичної системи. У разі високого попиту на електроенергію V2G дозволяє використовувати заряджені електромобілі як додаткове джерело енергії, зменшуючи навантаження на основні електростанції. Однак, вона також має свої недоліки. Один з головних — це пришвидшення старіння акумуляторів в автомобілях, через інтенсивну більш експлуатацію, що скорочує термін до їх заміни. Відповідно до моделі старіння елементів батареї, операції V2G і відкладена зарядка знижують нормальний рівень SoC (State of charge). Їмність акумулятора досягла 70% початкового рівня через вісім років без V2G і через п'ять років з V2G. Іншими словами, елемент батареї зі 100% зарядом SoC мав 70% своєї ємності. [3] Така ситуація може відштовхувати споживачів від участі в застосуванні даної технології або потребувати додаткових виплат компенсацій учасникам. Менш ефективним є компромісне рішення — контрольоване заряджання, що дозволяє розподіляти процес заряджання електромобілів поза межами пікових навантажень, що значно знижує навантаження на систему під час найбільш інтенсивних періодів споживання електроенергії. За допомогою спеціального програмного забезпечення зарядні станції можуть автоматично переносити заряджання на нічні години, коли загальне споживання електроенергії знижується.

Висновки. Масове впровадження електромобілів створює серйозні виклики для електромереж, зокрема пікові навантаження, перевантаження компонентів і підвищені втрати енергії. Контрольоване заряджання та технологія Vehicle-to-Grid (V2G) допомагають знизити навантаження на мережу, оптимізувати використання інфраструктури та інтегрувати відновлювані джерела енергії. Це робить кероване заряджання ключовою технологією для забезпечення стабільності та ефективності електроенергетичних систем у майбутньому.

Перелік посилань

1. US electricity demand from EVs jumps to new highs in early 2024 [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.reuters.com/business/energy/us-electricity-demand-evs-jumps-new-highs-early-2024-maguire-2024-05-22/>
2. Nour, M., Chaves-Ávila, J. P., Magdy, G., & Sánchez-Miralles, Á. (2020). Review of positive and negative impacts of electric vehicles charging on electric power systems. *Energies*, 13(18), 4675. [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/18/4675>
3. Lehtola, T. (2025). Vehicle-to-grid applications and battery cycle aging: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 208, 115013. [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115013>