
Використання зарядних станцій для електромобілів, як спосіб балансування енергосистеми

Валентин Олегович Давидов

Кафедра програмних і комп'ютерно-інтегрованих технологій, Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна
ORCID 0000-0003-3099-7596

Євгеній Борисович Стафідов

Кафедра програмних і комп'ютерно-інтегрованих технологій, Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна
ORCID 0009-0000-4222-9223

Для цитування цієї статті:

Давидов Валентин Олегович, Стафідов Євгеній Борисович. Використання зарядних станцій для електромобілів, як спосіб балансування енергосистеми. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 2, No. 6, 2023, pp. 73-81. doi: 10.46299/j.isjea.20230206.09

Надійшла до редакції: 01 листопада 2023 р.; **Схвалено:** 30 листопада 2023 р.;

Опубліковано: 01 грудня 2023 р.

Анотація: У статті розглядаються сучасні проблеми використання електромобілів для балансування електричного навантаження енергетичних систем. Наведено основні причини розбалансування енергетичної системи і способи нейтралізації цього розбалансування. Розглядається складний динамічний і нелінійний характер зміни навантаження в енергетичній системі, способи мінімізації пікових навантажень та спадів споживання електричної енергії. Способи реалізації утворившихся надлишків виробленої енергії та динамічної зміни навантаження енергогенеруючих потужностей. Проаналізовані причини та наслідки обмеженого доступу до використання деяких традиційних методів стабілізації навантаження в енергетичній системі. Розглядаються впливові фактори та запропоновані рішення для полегшення вирішення та мінімізації впливу цих проблем на якість електричного струму в мережі. Ключові аспекти, від яких залежить якість і стабільність електричного навантаження, включають до себе вартість електричної енергії і саме електричного транспорту, розвинулись інфраструктури заряджання електричного транспорту, існуючу соціальну нерівність і матеріальну спроможність потенційних покупців електричних автомобілів, можливості державної підтримки та технологічні інновації в даній сфері. Висвітлюються нові способи накопичення енергії, покращення екологічної складової виробництва та збереження електричної енергії та виробництва електромобілів, головним з яких є методи утилізації і переробки літій-іонних акумуляторів. Також розглядається можливість керування потужністю заряджання та розряджання електромобілів, як спосіб для уникнення перевантажень енергосистеми країни. Дані рекомендації щодо розгляду цієї проблеми з точки зору системного аналізу та врахування як можна більшого числа чинників, що впливають на баланс енергетичної системи країни і, як наслідок комплексне вирішення розглянутої проблеми.

Ключові слова: Електромобілі, енергетичні системи, інфраструктура заряджання, соціальна нерівність, державна підтримка, технологічні інновації, транспорт, енергія..

1. Вступ

Балансування енергосистеми – це процес урівноваження попиту та пропозиції електроенергії в реальному часі, щоб забезпечити надійне та стабільне функціонування енергетичної мережі [1]. Цей процес є критично важливим для підтримання стабільності та надійності електропостачання в мережі та має вирішальне значення для забезпечення безперебійної роботи національних і регіональних енергосистем.

В енергосистемі повинні підтримуватися певні параметри, такі як частота і напруга, щоб забезпечити стабільне електропостачання. Варіації в них можуть призвести до збоїв у роботі, відмови обладнання та переривань у подачі електроенергії [2,3].

Споживання електроенергії змінюється протягом доби та залежно від сезону. Балансування енергосистеми дає змогу ефективно керувати цими змінами та гарантувати, що завжди є достатня кількість електроенергії для задоволення потреби. Балансування енергосистеми зменшує ризик перевантажень та аварій, що сприяє підвищенню надійності енергопостачання.

2. Об'єкт і предмет дослідження

Балансування енергосистеми, що складається з диспетчерських джерел енергії, у принципі являє собою формалізоване завдання. З одного боку, є великі статистичні дані про добову і сезонну зміну навантаження, а також про вплив на нього різних чинників: свято, погодні явища, різні події в соціальній сфері. З іншого боку, є керовані джерела енергії, поведінку яких легко спрогнозувати.

Якщо ж до енергосистеми включаються поновлювані джерела енергії (ВДЕ), такі як сонячні та вітрові установки, то завдання балансування фактично перетворюється з формалізованого на завдання боротьби з випадковим процесом. Підключивши до енергосистеми ВДЕ потужністю 1 МВт, ми не можемо бути впевнені, що в наступний момент часу ця потужність збережеться. Вона може як збільшитися, так і зменшитися, що миттєво вплине на частоту в мережі [4, 5].

Спрощено кажучи, в системі парова турбіна – генератор турбіна весь час намагається розкрутитися швидше, а генератор її гальмує. У збалансованій енергосистемі частота підтримується в межах $50 \pm 0,1$ Гц. Будь-яке некероване джерело енергії порушує цей баланс.

Якщо в енергосистемі різко утворився дефіцит енергії, частота прагне вниз. Протягом 15 с відбувається таке. Регулятори теплових станцій намагаються підвищити генеруючу потужність. Підключаються генератори, що перебувають у "гарячому резерві". Розкручуються турбіни ГЕС. Запускаються дизель генератори. Якщо частота не повернулася до номінального значення, через 15 с спрацьовує перший рівень захисту АЧР1, який відключає від загальної мережі окремих споживачів (переважно побутовий сектор). Якщо частота не може повернутися до номінального значення, через 30 с спрацьовує другий рівень захисту АЧР2 і від мережі вимикаються всі споживачі, крім критично важливих.

Якщо в енергосистемі різко утворився надлишок енергії, частота прагне вгору. Турбіни теплоелектростанцій починають розгін. На те щоб припинити/зменшити подачу перегрітої пари потрібен час. Якщо цього часу немає, генератор підключається до великих резисторів, що знаходяться у водних басейнах. Тим самим створюється тимчасове навантаження, що гальмує турбіну. При цьому вода в басейні може закипіти і випарується, але це дає час перенаправити потоки перегрітої пари в атмосферу і зупинити турбіну. Якщо ж зупинити турбіну не вдається, то відбувається її руйнування. Лопатки з легкістю пробивають корпус турбіни, корпус енергоблоку і розлітаються на кілька кілометрів навколо.

При плавних змінах навантаження в енергосистемі вона встигає перерозподілити генеруючі потужності та відновити баланс.

3. Мета та задачі дослідження

Парадокс ситуації в тому, що ВДЕ підключають до енергосистеми, щоб зменшити частку "шкідливих" "не екологічних" ТЕС, а балансування здійснюється саме за рахунок цих ТЕС. І чим більша частка ВДЕ, тим більше потрібно ТЕС для балансування.

Тому сьогодні питанню пошуку нових способів накопичення енергії приділяють особливу увагу [6,7]. Одна з ідей пропонує використовувати для балансування енергосистеми приватні електромобілі [8-12]. Це може бути інноваційним рішенням, але воно також тягне за собою низку соціальних проблем і викликів, які потрібно враховувати.

Незважаючи на потенційні переваги електромобілів для балансування енергосистеми, існують серйозні не завжди очевидні проблеми, що можуть обмежувати їхнє використання. До того ж ці проблеми тісно переплетені і необхідне їх комплексне вирішення.

4. Аналіз літератури

Електромобілі часто коштують дорожче, ніж традиційні автомобілі з внутрішнім згорянням. Це створює бар'єр для доступу до них, особливо для людей з низькими доходами. Обмежений доступ до електромобілів може збільшувати нерівність між різними групами населення. Ті, хто не можуть собі дозволити електромобіль, залишаються залежними від більш забруднюючих видів транспорту. Цю проблему можна вирішити за рахунок державних субсидій і пільг для купівлі електромобілів, але вони можуть бути обмежені або недоступні для певних категорій населення. Важливо, щоб ці заходи були спрямовані на підтримку груп з низькими доходами. Держава, промисловість і неурядові організації можуть співпрацювати для розробки програм та ініціатив, спрямованих на збільшення доступності та рівності у використанні електромобілів.

Недостатня кількість зарядних станцій та їх нерівномірний розподіл можуть обмежувати доступ до електромобілів. Це особливо важливо для тих, хто живе в регіонах з обмеженою інфраструктурою. Обмежене використання електромобілів може сповільнити перехід до більш екологічно чистих транспортних засобів, залишаючи суспільство більш вразливим перед змінами клімату та забрудненням повітря. Очевидне рішення – інвестиції в розвиток інфраструктури зарядних станцій та їх рівномірний розподіл по всій країні [13].

Технічні труднощі, такі як обмежена ємність батарей і діапазон поїздки, можуть робити електромобілі менш доступними і такими, що задовольняють потреби різних груп користувачів. Тут необхідно активно впроваджувати технологічні інновації. Розвивати нові технології та моделі електромобілів з більш доступними цінами і розширеним діапазоном поїздки.

Також для ширшого використання електромобілів необхідний комплекс заходів, спрямований на підвищення обізнаності та освіти про переваги електромобілів і доступні опції фінансування.

Проблема доступності та рівності у використанні електромобілів для балансування енергосистеми являє собою серйозну перешкоду на шляху до створення більш стійкої та чистої енергетичної інфраструктури. Її розв'язання вимагає спільних зусиль урядів, галузі та громадянського суспільства, щоб забезпечити доступність переваги електромобілів для всіх, а не тільки для деяких привілейованих груп населення [14].

5. Аналіз та пошук рішень проблеми

Один зі способів сприяння популяризації електромобілів та їхнього використання для балансування енергосистеми - надання субсидій та пільг. Однак проблеми, пов'язані з цінами та субсидіями, можуть спричинити різноманітні соціальні та економічні наслідки .

Електромобілі, хоча і є екологічно чистими та економічно ефективними в довгостроковій перспективі, зазвичай мають вищу початкову вартість порівняно з автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння. Ціни на електромобілі варіюються залежно від моделі, марки, країни і навіть регіону. Це робить складним для покупців розуміння та порівняння доступних на ринку варіантів, особливо для осіб з обмеженими фінансовими ресурсами. Високі початкові інвестиції та неоднорідність цін можуть створити нерівності в доступі до екологічно чистого транспорту. Громадяни з низькими доходами можуть залишитися за бортом, не маючи доступу до вигідних сторін електромобілів.

Держави можуть продовжувати надавати субсидії та пільги для купівлі електромобілів, однак важливо зробити їх більш ефективними та цілеспрямованими, так щоб вони досягали цільових груп населення з обмеженими ресурсами. Замість субсидій можна розглянути інші методи стимулювання, такі як податкові пільги, зниження цін на електроенергію для зарядки, оренда електромобілів та інші програми.

З іншого боку, підтримка субсидій може стати фінансовим навантаженням для державних бюджетів. Більше того, залежність від субсидій може зробити ринок електромобілів вельми нестабільним і непередбачуваним.

Надмірне субсидування електромобілів може призвести до потенційного перерозподілу екологічних вигод. Наприклад, субсидії можуть стимулювати масове виробництво літій-іонних батарей, що спричиняє екологічні проблеми, пов'язані з видобутком та утилізацією літію та інших рідкісних ресурсів.

Крім витрат на розвиток інфраструктури у вигляді зарядних станцій варто також зазначити, що обслуговування і ремонт електромобіля може бути дорожчим через специфічні вимоги до заміни батареї та обслуговування електричної системи [15]. І тут також стають актуальними освітні програми та інформаційна кампанія про переваги електромобілів і субсидії, що може допомогти потенційним покупцям зробити усвідомлений вибір.

Електромобілі можуть служити як споживачами електроенергії, так і джерелами зворотного передавання, що може допомогти згладжувати пікові навантаження і підвищувати ефективність енергосистеми. Однак інтеграція електромобілів в енергосистему також створює деякі проблеми, пов'язані з якістю і надійністю енергопостачання.

Тимчасове вимкнення електромобілів для балансування енергосистеми може створювати незадоволеність серед власників, особливо якщо це відбувається в незручний час або в екстремальних умовах. Електромобілі потребують якісної електроенергії для зарядки, і нерівномірні флуктуації напруги та часті перебої можуть вплинути на їхню працездатність. Це також може погіршити якість електропостачання для інших споживачів. Не всі електромобілі підходять для використання в якості ресурсу для балансування енергосистеми. Технічні обмеження, такі як максимальна потужність зарядки, тип батареї та можливості управління зарядом можуть створювати обмеження.

Усе це також вимагає розвитку мережевої інфраструктури для управління навантаженням і якістю електроенергії, що дасть змогу зменшити негативні наслідки для власників електромобілів та інших споживачів.

З іншого боку, необхідне розроблення стандартів і регулювань для інтеграції електромобілів в енергосистему, що допоможе забезпечити безпеку і надійність таких систем.

Під час розв'язання цієї проблеми також як в інших випадках стає актуальним проведення освітніх програм та інформування власників електромобілів про те, як їхня участь може впливати на якість енергосистеми, що може допомогти створити розуміння та підтримку з боку власників.

Сучасні електромобілі обладнані передовими системами збору даних і зв'язку, які дають змогу збирати інформацію про місцезнаходження, стан батареї, режими водіння та інші параметри. Ці дані можуть бути використані для балансування енергосистеми, управління зарядкою і розрядкою електромобілів та інших цілей. Однак використання таких даних

порушує питання про приватність, безпеку і контроль над інформацією власників електромобілів.

Розглянемо основні моменти.

Електромобілі безперервно збирають і передають дані про свою роботу і переміщення. Ці дані можуть містити в собі інформацію про місцезнаходження, час зарядки, пройдену відстань, швидкість та інші параметри. Порушення приватності даних власників електромобілів може викликати почуття занепокоєння і невдоволення серед споживачів, особливо якщо дані використовуються без їхнього відома або згоди.

Власники електромобілів можуть не завжди мати повний контроль над тим, як і коли їхні дані використовуються. Угоди та дозволи, надані власниками під час купівлі автомобіля, можуть бути не повністю зрозумілими або такими, що обмежують можливості контролю за даними. Витоки та зломи даних з електромобілів можуть створювати ризики для безпеки та конфіденційності особистих даних власників.

Зберігання та передача даних з електромобілів може бути схильне до ризику злому і витоку інформації. Це може викликати загрози для приватності та безпеки власників. Неправильне використання даних, включно з їхнім продажем третім сторонам або використанням для реклами та маркетингу без згоди, може викликати негативні реакції та призвести до втрати довіри.

Коли дані з електромобілів об'єднуються з іншими даними, такими як соціальні медіа, платіжні системи та інші джерела, це може створювати можливість для детального профілювання та відстеження власників. Необхідно розробити і впровадити відповідні регуляторні заходи, щоб захистити дані власників і забезпечити їхній контроль над інформацією.

Для вирішення описаних проблем також необхідний комплекс заходів.

Виробники електромобілів повинні розробляти чіткі та зрозумілі політики збору та використання даних і надавати власникам можливість контролювати доступ до своєї інформації.

Необхідно приділити особливу увагу захисту даних від зломів і витоків, включно з шифруванням та іншими технічними заходами безпеки.

Держави можуть розробляти і впроваджувати законодавчі заходи і нормативні вимоги, щоб забезпечити приватність і безпеку даних власників електромобілів.

Власники електромобілів мають бути освіченими та поінформованими про те, як їхні дані використовуються і як вони можуть контролювати цей процес.

Виробники і держави можуть розробляти добровільні програми для власників, надаючи їм можливість згоди на використання своїх даних з метою балансування енергосистеми і отримання натомість якихось вигод або винагород.

Екологічні питання. Залежність від електромобілів може сприяти додатковій експлуатації літій-іонних акумуляторів, що може спричинити екологічні проблеми пов'язані з видобутком та утилізацією літію та інших ресурсів, а також призвести до збільшення обсягів відходів.

Тут можна виділити такі проблеми.

Одним з основних аспектів екологічної проблеми в електромобілях є виробництво літій-іонних батарей. Видобуток рідкісних металів і матеріалів для батарей, а також енерговитрати на виробництво можуть створювати негативні екологічні наслідки, включно із забрудненням водних і ґрунтових ресурсів.

Коли батареї електромобілів виходять з ладу, їхня утилізація та переробка є складним завданням, що може спричинити екологічні проблеми, пов'язані з відходами та витратами енергії на утилізацію.

Екологічні переваги електромобілів залежать від джерел генерації електроенергії. Якщо електроенергія виробляється в результаті спалювання вугілля або інших джерел з високими викидами парникових газів, переваги можуть зменшитися. Залежно від джерел електроенергії, використання електромобілів може знижувати викиди парникових газів і вкладати свою

частку в боротьбу зі зміною клімату. Однак якщо електроенергія виробляється з неекологічних джерел, переваги можуть бути обмежені.

Розвиток інфраструктури зарядних станцій для електромобілів також вимагає енерговитрат і може чинити вплив на навколишнє середовище, наприклад, внаслідок земельних робіт та енерговитрат на будівництво.

Екологічний слід електромобіля також залежить від його циклу життя, включно з виробництвом, експлуатацією та утилізацією. Кожен етап може мати екологічні наслідки. Екологічні питання можуть вплинути на громадську думку та споживчі вподобання, включно з підтримкою або спротивом електромобілям.

Комплекс заходів для розв'язання описаних проблем може містити в собі таке.

Розвиток екологічно чистіших технологій батарей, що допоможе знизити екологічні наслідки і підвищити стійкість циклу життя батарей.

Перехід до екологічно чистої генерації електроенергії. Підтримка і розвиток ВДЕ, що може поліпшити екологічні характеристики електроенергії і, отже, екологічні переваги електромобілів.

Розробка методів утилізації та переробки батарей і компонентів електромобілів.

Освітні програми та інформування про екологічні аспекти електромобілів, що може підвищити усвідомленість і сприяти екологічно більш відповідальному використанню.

Електромобілі мають стати частиною стійких міських планів, включно зі схемами громадського транспорту, спільним використанням транспорту та іншими інноваційними методами зниження впливу на навколишнє середовище.

Регулювання та законодавство. З розвитком електромобільної індустрії та змінами в енергетичній екосистемі стає нагальним завданням забезпечення ефективного та збалансованого регулювання і законодавства, щоб сприяти інтеграції електромобілів у систему енергопостачання. Це охоплює заходи зі стимулювання використання електромобілів, управління зарядкою і розрядкою, а також забезпечення безпеки і приватності даних.

До основних проблем тут можна віднести таке.

Однією з ключових проблем є відсутність узгоджених нормативних рамок у різних країнах і регіонах. Електромобілі та їхня роль у балансуванні енергосистеми регулюються по-різному залежно від місця розташування. Неузгоджені нормативи та складнощі в сертифікації сповільнюють розвиток ринку електромобілів і впровадження нових технологій.

Сертифікація електромобілів і відповідність стандартам безпеки та емісій можуть бути складними і витратними процесами. Неузгоджені процедури сертифікації можуть уповільнити впровадження нових технологій і моделей електромобілів.

Розробка мережевої інфраструктури для зарядки електромобілів також вимагає регулювання і стандартизації, щоб забезпечити безпеку і доступність зарядних станцій. Відсутність ефективних механізмів управління зарядкою і розрядкою електромобілів може ускладнювати балансування енергосистеми і призводити до підвищених експлуатаційних витрат.

Збір, зберігання і використання даних, пов'язаних з електромобілями, порушує питання приватності та безпеки. Регулювання в цій галузі має враховувати інтереси власників. Несанкціонований доступ до даних електромобілів і витіки інформації можуть спричинити загрози для безпеки та приватності власників.

Питання оподаткування, субсидій та інших економічних заходів підтримки електромобілів також потребують чіткого регулювання. Відмінності в податкових стимулах і субсидіях між регіонами можуть створювати нерівноправність у доступі до екологічно чистого транспорту.

Фіскальна політика, пов'язана з електромобілями, може мати економічні наслідки, включно з впливом на бюджети держав та індустрію автомобілебудування.

Розглянемо комплекс заходів, спрямованих на вирішення описаних проблем.

Насамперед необхідна гармонізація нормативів. Розроблення міжнародних стандартів та узгоджених нормативів може сприяти спрощенню регулювання та стимулюванню світового ринку електромобілів.

Процедури сертифікації мають бути прозорішими та доступнішими, щоб полегшити впровадження нових технологій в автомобільній індустрії.

Регулювання та стандартизація мережевої інфраструктури для зарядки електромобілів мають забезпечувати її безпеку та доступність.

Закони про захист даних повинні враховувати особливості збору та використання даних електромобілів, щоб забезпечити приватність власників.

Фіскальна політика має сприяти стимулюванню використання електромобілів у рамках всієї системи енергопостачання, враховуючи екологічні та економічні аспекти.

Технічні обмеження. Не всі електромобілі підходять для ефективного балансування енергосистеми, і це може створювати обмеження для участі певних груп автомобілів або їхніх власників. Існує низка технічних обмежень, які можуть ускладнити їхню інтеграцію в мережу. Технічні аспекти можуть вплинути на використання електромобілів для балансування енергосистеми. Розглянемо ці аспекти.

Одним з основних технічних обмежень є ємність батарей електромобілів. Батареї обмежені місткістю, що обмежує кількість енергії, яку вони можуть зберігати і постачати в мережу для балансування. Обмежена ємність батарей та інші технічні параметри можуть обмежити здатність електромобілів вкладати енергію в мережу для балансування.

Для ефективного балансування енергосистеми необхідна розвинена інфраструктура зарядних станцій, здатних забезпечувати швидке заряджання електромобілів. Відсутність такої інфраструктури може створювати обмеження.

Керування потужністю зарядки і розрядки електромобілів має бути точним і координуваним, щоб уникнути перевантажень і погіршення якості енергосистеми. Неузгоджене або неефективне управління потужністю може призвести до перевантажень і зниження надійності енергосистеми.

Інтенсивне використання електромобілів для балансування може прискорити знос батарей і збільшити витрати на заміну та утилізацію.

Стандартизація технічних аспектів, як-от типи роз'ємів для зарядних станцій і протоколи управління, може бути складним завданням, і їхня відсутність може створювати проблеми із сумісністю та взаємодією між різними системами.

Виробництво батарей для електромобілів є складним і ресурсоємним процесом. Також важливо враховувати довговічність батарей, щоб мінімізувати заміну та утилізацію.

Комплекс заходів щодо вирішення цих проблем такий.

Необхідні дослідження та інновації в галузі батарей і зберігання енергії, які дадуть змогу збільшити ємність батарей і термін їхньої служби.

6. Висновки

Як і при розв'язанні інших проблем тут також потрібні інвестиції в розвиток інфраструктури зарядних станцій і стандартизація роз'ємів і протоколів, що допоможе поліпшити доступність і зручність зарядки.

Розвиток системного управління потужністю, включно з мережевими технологіями та алгоритмами, можуть сприяти ефективнішому балансуванню енергосистеми.

Просування стандартизації технічних параметрів і стандартів важливе для забезпечення сумісності та взаємодії різних систем.

Також свій внесок тут можуть зробити різні освітні програми та інформування про ефективне використання електромобілів у балансуванні енергосистеми, що допоможе сприяти зниженню технічних обмежень.

Як видно, розв'язання наведених проблем потребує балансування інтересів між державою, індустрією та громадянами. Необхідно розробити стійку та справедливую систему, яка враховує різноманітні потреби та інтереси всіх зацікавлених сторін. Недостатньо розробити супер акумулятор або надзвичайно ефективний метод зарядки/розрядки електромобіля. Це показовий приклад сучасної складної проблеми, що має вирішуватися на всіх рівнях усіма учасниками в процесу. І навряд чи оптимальне рішення задовольнить усіх, але можливо воно дасть змогу розв'язати або принаймні полегшити завдання балансування енергосистеми.

Список літератури:

- 1) Кузнєцов, М., & Лисенко, О. (2019). Характер балансування потужності в локальній енергосистемі з відновлюваними джерелами енергії. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 9(1). Retrieved із <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/178>.
- 2) Karimi M., Mokhlis H., Naidu K., Uddin S., Bakar A.H.A. Photovoltaic penetration issues and impacts in distribution network - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. № 53. С. 594–605. 10.1016/j.rser.2015.08.042.
- 3) de Quevedo P.M., Allahdadian J., Contreras J., Chicco G. Islanding in distribution systems considering wind power and storage. *Sustainable Energy, Grids and Networks*. 2016. №51. С. 56-66. 10.1016/j.segan.2015.12.002.
- 4) IRENA (2019). Renewable capacity statistics. [Electronic resource]. Available: <https://www.irena.org/publications/2019/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2019> . Дата звернення: 15.11.2021.
- 5) С. О. Кудря, та ін. Відновлювані джерела енергії, моногр., С. О. Кудря, Ред. Київ, Україна: ІВЕ НАН України, 2020, 392 с. ISBN 978-966-999-077-8.
- 6) Кулик М.М. Можливості використання великих накопичувачів електроенергії для стабілізації частоти в об'єднаних енергосистемах з потужними сонячними електростанціями / М.М. Кулик, О.В. Згуровець // Відновлювана енергетика. — 2018. — № 3. — С. 6–14.
- 7) Holger C. Hesse Lithium-Ion Battery Storage for the Grid — A Review of Stationary Battery Storage System Design Tailored for Applications in Modern Power Grids / Holger C. Hesse, M. Schimpe, D. Kucevic, A. Jossen // *Energies*. — 2017. — № 10, 2107. p. 1 — 42.
- 8) Санатов Д. В. Тенденции развития технологий Smart Grid / Д. В. Санатов, руководитель проектного направления Фонд «ЦСР «Северо-Запад» [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://www.slideshare.net/skukraine/huawei-smart-grid-rus/>
- 9) INAKI G. Management of Electric Vehicle Battery Charging in Distribution Networks : дис. канд. техн. наук / INAKI GRAU UNDA – Cardiff, 2012. – 164 с.
- 10) NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 3.0. [Концепция и дорожная карта по стандартам взаимодействия для Smart Grid] / NIST – Национальный институт технологий и стандартизации, США; Государственный коммерческий департамент США [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <https://nist.gov/sites/default/files/documents/smartgrid/NIST-SP-1108r3.pdf>
- 11) NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 3.0. [Концепция и дорожная карта по стандартам взаимодействия для Smart Grid] / NIST – Национальный институт технологий и стандартизации, США; Государственный коммерческий департамент США [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <https://nist.gov/sites/default/files/documents/smartgrid/NIST-SP-1108r3.pdf>
- 12) Bush S. F. Smart Grid: Communication-Enabled Intelligence for the Electric Power Grid / Stephen F. Bush. – Хобокен: Wiley-IEEE Press, 2013. – 576 с.
- 13) Петрик І. Балансування енергосистеми: в пошуках оптимальних рішень / І. Петрик, С. Зубарев // Українська енергетика: веб-сайт. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/balansuvannia-enerhosystemy-v-poshukakh-optymalnykh-rishen>

14) Боришкевич В. Від яких електромобілів і як можна заживити будинок під час відключень світла. Бізнес України: веб-сайт. URL: <https://thepage.ua/ua/auto/yak-elektromobili-mozhna-vikoristovuvati-pid-chas-blekautu>

15) Аргун Щ.В., Гнатов А.В., Ульянец О.А. Екологічний та енергоефективний електромобільний транспорт та його інфраструктура. Вісник ЖДТУ. 2016. №2(77). С.18-26.

Using charging stations for electric vehicles as a way of balancing the energy system

Valentin Davydov

Department of Software and Computer-Integrated Technologies, Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine

ORCID 0000-0003-3099-7596

Yevhenii Stafidov

Department of Software and Computer-Integrated Technologies, Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine

ORCID 0009-0000-4222-9223

Abstract: The article discusses the current problems of using electric vehicles to balance the electric load of power systems. The main reasons for the imbalance of the power system and ways to neutralise this imbalance are presented. The complex dynamic and nonlinear nature of load changes in the power system, ways to minimise peak loads and power consumption downturns are considered. Ways to sell the resulting surplus energy and dynamic load changes of power generating capacities. The reasons and consequences of limited access to the use of some traditional methods of load stabilisation in the power system are analysed. The influencing factors and proposed solutions to facilitate the solution and minimise the impact of these problems on the quality of electricity in the grid are considered. The key aspects that affect the quality and stability of the electric load include the cost of electricity and electric vehicles, the development of electric vehicle charging infrastructure, existing social inequality and the financial capacity of potential buyers of electric vehicles, government support and technological innovations in this area. The article highlights new ways of energy storage, improving the environmental component of electricity generation and storage, and the production of electric vehicles, the main of which are methods of utilisation and recycling of lithium-ion batteries. The possibility of controlling the charging and discharging power of electric vehicles is also considered as a way to avoid overloading the country's energy system. Recommendations are made to consider this problem from the point of view of system analysis and to take into account as many factors as possible that affect the balance of the country's energy system and, as a result, to provide a comprehensive solution to the problem under consideration.

Keywords: Electric vehicles, energy systems, charging infrastructure, social inequality, government support, technological innovation, transport, energy.
