

ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ ЯК МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ОБ'ЄКТ ПРАВОВІДНОСИН У СИСТЕМІ SMART GRIDS: ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД І ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Ольга РОЗГОН, ORCID 0000-0001-6739-3927, Researcher ID G-4601-2018¹

1к.ю.н., доцент, провідний науковий співробітник Науково-дослідного інституту правового забезпечення інноваційного розвитку НАПрН України, Харків, Україна

Автор-кореспондент – Ольга Розгон, електронна пошта rozghon.o@ndipzir.org.ua

Анотація. Наукова робота підготовлена в межах виконання фундаментальної теми «Теоретико-правові засади інноваційного розвитку енергетичної системи України», РК УкрНТЕІ 0124U005149, 2026 р. У статті досліджується трансформація правового регулювання електромобільності в умовах цифровізації енергетичних систем України та Європейського Союзу. Електромобіль розглядається як елемент енергетичної інфраструктури, що поєднує функції споживання, накопичення та відпуску електроенергії в межах концепції Smart Grids. Обґрунтовано роль технологій Vehicle-to-Grid (V2G) та механізмів регулювання попиту у забезпеченні балансування енергосистеми та інтеграції відновлюваних джерел енергії. Досліджено правовий статус агрегатора як цифрового посередника, що забезпечує участь розподілених енергетичних ресурсів у ринку електроенергії. Проаналізовано нормативно-правові підходи Європейського Союзу, зокрема Directive (EU) 2019/944, Directive (EU) 2022/2555 та Regulation (EU) 2024/2847, що формують комплексне регулювання енергетичних, цифрових і кібербезпекових відносин. Встановлено, що цифровізація енергетичної та транспортної інфраструктури супроводжується зростанням кіберризиків у критичній інфраструктурі та системах обробки даних. Зроблено висновок щодо необхідності гармонізації законодавства України з правом Європейського Союзу для розвитку електромобільності, впровадження Smart Grids та підвищення енергетичної стійкості.

Ключові слова: Smart Grids, Vehicle-to-Grid, агрегатор, електромобільність, енергетичне право, acquis ЄС, кібербезпека, регулювання попиту, Україна.

Авторський внесок

Автор виконав роботу самостійно.

Заява про розкриття інформації

Автор не має жодних конкуруючих фінансових, професійних чи особистих інтересів з боку інших сторін.

ВСТУП

Сучасна трансформація енергетичних систем під впливом цифровізації та декарбонізації зумовлює фундаментальні зміни у правовому регулюванні енергетичних і транспортних відносин. Слід зазначити, що перехід до моделей «розумних мереж» (Smart Grids), розвиток відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та впровадження цифрових технологій формують нову архітектуру енергетичних систем, у межах якої традиційний поділ між виробництвом, споживанням і накопиченням електроенергії поступово втрачає чіткість.

Енергетична трансформація в ЄС здійснюється в межах узгодженої правової та інституційної моделі, яка забезпечує координацію кліматичної, енергетичної та інноваційної політики держав-членів (EU Governance of the Energy Union, 2018).

У цьому контексті Smart Grids розглядаються як об'єкт правового регулювання у національному праві України та праві ЄС, зокрема у сфері стандартизації. Вони *функціонують* як енергетичні системи, що забезпечують двосторонній обмін електроенергією та даними між учасниками ринку, інтеграцію розподілених енергетичних ресурсів і підвищення гнучкості енергосистеми (European Commission, 2020a; CEER, 2019).

Особливої уваги потребує *розвиток міських енергетичних систем*, що характеризуються високим рівнем навантаження та інтеграцією відновлюваних джерел енергії. Як зазначається у наукових дослідженнях, сучасні міста потребують комплексного підходу до енергетичного управління з урахуванням нестабільності генерації з ВДЕ та зростання попиту на електроенергію (Pandiyana et al., 2023).

Електромобіль дедалі частіше розглядається як елемент енергетичної інфраструктури, здатний брати участь у балансуванні енергосистеми через технології Vehicle-to-Grid (V2G).

У цьому контексті *мультифункціональний об'єкт правовідносин* у межах цього дослідження розглядається як об'єкт, який унаслідок технологічної та інституційної трансформації енергетичних систем одночасно виконує функції споживання, накопичення та передачі енергії та набуває різного правового статусу залежно від режиму використання.

Слід також підкреслити, що важливу роль у функціонуванні таких систем відіграють *цифрові платформи управління енергоспоживанням та агрегатори*, які забезпечують участь розподілених енергетичних ресурсів у ринках електроенергії та механізмах регулювання попиту. Це трансформує традиційну *модель енергетичного ринку*, формуючи нові правові конструкції активного споживача та гнучких енергетичних систем.

Варто підкреслити, що *цифровізація енергетичної та транспортної інфраструктур* супроводжується зростанням залежності від інформаційно-комунікаційних технологій, що актуалізує питання правового режиму кібербезпеки, захисту персональних даних і стійкості критичної інфраструктури.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю комплексного аналізу нормативно-правового регулювання електромобільності та цифровізації енергетичних систем у ЄС та Україні, визначення правової природи *електромобіля* як мультифункціонального об'єкта правовідносин, а також обґрунтування ролі агрегатора як ключового цифрового посередника в інтеграції електромобільної інфраструктури в «розумні мережі».

Метою статті є комплексний аналіз розвитку нормативно-правової бази України та ЄС у сфері цифровізації енергетики, обґрунтування правової природи електромобіля як мультифункціонального об'єкта правовідносин, визначення правового статусу агрегатора як цифрового посередника, що забезпечує системну інтеграцію мобільної інфраструктури в «розумні мережі», а також формування пропозицій щодо вдосконалення національного законодавства.

У цьому дослідженні *обґрунтовано*, що електромобіль доцільно визначати як мультифункціональний об'єкт правовідносин у контексті інтеграції енергетичних, цифрових і транспортних систем.

ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД

Ураховуючи актуальність досліджуваної проблематики, *аналіз останніх досліджень і публікацій за обраною темою* свідчить про зміщення наукового фокусу в сучасних дослідженнях у сфері енергетичних систем у бік трансформації електромобіля в активний компонент «розумних мереж» (Smart Grids) та його функціонального розширення як розподіленого енергетичного ресурсу (Distributed Energy Resource, DER). Фундаментальні засади цього напряму закладені

у працях Kempton & Tomic (2005), де обґрунтовано концепцію Vehicle-to-Grid (V2G). Авторами визначено роль електромобіля як засобу двонаправленого енергообміну та інструменту стабілізації енергосистеми, що сформувало теоретичний базис для подальшої розробки механізмів гнучкості мереж.

Подальший розвиток зазначеної концепції зумовив інтеграцію електромобілів у структуру віртуальних електростанцій (Virtual Power Plants, VPP) та систем розподілених енергетичних ресурсів. Зокрема, варто відзначити, що у дослідженні Inci et al. (2022) концепція V2G розглядається як фундаментальний інструмент формування VPP для підвищення операційної гнучкості енергосистеми. Цей підхід отримав подальший розвиток у роботах Ru et al. (2025), де акцентовано на *ролі V2G-технологій* у динамічному балансуванні навантаження та забезпеченні безшовної інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Окремий науковий напрям присвячено моделям регулювання попиту (Demand Response) та механізмам енергоефективності в умовах цифровізації енергетичних систем. У працях Assad et al. (2022) та Reka et al. (2021) представлено алгоритмічний інструментарій оптимізації енергоспоживання, що базується на методах машинного навчання. Варто підкреслити, що запропоновані авторами оптимізаційні моделі спрямовані на *гармонізацію взаємодії відновлюваних джерел енергії та електромобілів* у межах «розумних мереж», де регулювання попиту виступає ключовим чинником забезпечення системної стійкості. Паралельно доцільно зауважити, що у зазначених працях акцентується увага як на алгоритмах Demand Response (DR), так і на оптимізаційних моделях енергоспоживання, що забезпечують адаптацію навантаження до змінного характеру генерації ВДЕ.

Слід звернути увагу, що значна увага в сучасній науковій літературі приділяється концепціям інтелектуального енергоменеджменту на основі IoT та хмарних обчислень. Зокрема, Saleem et al. (2023) розглядають інтеграцію систем управління енергією з цифровими платформами як ключову умову реалізації стратегій управління попитом (Demand Side Management, DSM) у межах Smart Grids як технологічної та інституційної основи енергетичної трансформації. Зазначений підхід, як слушно підкреслюється, забезпечує підвищення енергоефективності та оптимізацію навантаження в енергосистемах.

Водночас варто зауважити, що попри концептуальне розрізнення, у практиці функціонування енергетичних ринків ЄС *регулювання попиту* (Demand Response) та *управління попитом* (Demand Side Management) формують функціонально взаємодоповнюючу систему інструментів, що поєднує ринкові стимули та заходи енергоефективності. Такий підхід узгоджується з нормативною логікою ЄС, закріпленою у Directive (EU) 2019/944, а також Directive 2012/27/EU та Directive (EU) 2023/1791.

Узагальнюючі огляди свідчать, що сучасні моделі *керування попитом* характеризуються зростаючою роллю електромобілів як активних елементів Demand Response систем у рамках інтегрованих енергетичних ринків (Kakkar et al., 2024).

Окремо доцільно відзначити, що у проєктних підходах ЄС до політики енергоефективності після 2030 року акцент зміщується на *інтеграцію цифрових інструментів управління попитом* та поведінкових механізмів енергозбереження (European Commission, 2026a).

Важливим напрямом досліджень є цифрова та кібернетична стійкість енергетичних систем. У дослідженні Naseem et al. (2026) проаналізовано кіберризики V2G-інфраструктури, що підкреслює необхідність впровадження захищених архітектур для безпечної реалізації механізмів DR та DSM у критичній енергетичній інфраструктурі.

Варто підкреслити, що європейський науковий і нормативний підхід у цій сфері формується у взаємодії наукових досліджень і нормативно-правових актів ЄС. У сучасних дослідженнях (Muqtadir et al., 2025; Todorean et al., 2025) підкреслюється зростаюча роль Demand Response як ключового механізму забезпечення стабільності енергосистем у контексті інтеграції ВДЕ.

Таким чином, сучасна наукова література формує міждисциплінарний підхід, у межах якого *електромобіль* розглядається як елемент одночасно енергетичної, цифрової та транспортної систем.

МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

У дослідженні використано систему загальнонаукових і спеціально-юридичних методів пізнання.

Зокрема, слід зазначити, що у процесі аналізу нормативно-правового регулювання України та Європейського Союзу у сфері електромобільності, цифровізації енергетичних систем і розвитку «розумних мереж» застосовано метод системного аналізу, що дозволив дослідити взаємозв'язок між енергетичними, транспортними та цифровими правовідносинами.

Доцільно підкреслити, що для визначення *правової природи електромобіля* як мультифункціонального елемента енергетичної системи, а також обґрунтування статусу агрегатора як цифрового посередника використано формально-юридичний метод, який забезпечив тлумачення норм національного та європейського законодавства.

Варто звернути увагу, що під час дослідження технологій Smart Grids, Vehicle-to-Grid (V2G) та механізмів регулювання попиту (Demand Response) застосовано метод порівняльно-правового аналізу, що дозволив виявити спільні та відмінні підходи у праві України та ЄС щодо інтеграції розподілених енергетичних ресурсів.

Зауважимо, що функціональна роль V2G залежить від контексту його застосування: у випадку участі в ринкових механізмах балансування воно набуває ознак Demand Response, тоді як у випадку оптимізації зарядного навантаження в межах локальних енергетичних систем — ознак Demand Side Management. Це дозволяє розглядати V2G як гібридний інструмент, який поєднує ознаки ринкової гнучкості та заходів оптимізації енергоспоживання.

Окремо відзначимо, що для аналізу кіберризиків, пов'язаних із цифровізацією енергетичної та транспортної інфраструктури, використано методи логічного та функціонального аналізу, що дали змогу оцінити особливості правового регулювання кібербезпеки критичної інфраструктури.

З метою забезпечення логічної послідовності дослідження слід підкреслити, що для структурування наукового матеріалу застосовано системно-структурний метод, який забезпечив цілісність та узгодженість викладення результатів дослідження.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Глобальні тенденції декарбонізації, зростання попиту на чисту енергію та підвищення вартості викопних ресурсів зумовлюють трансформацію систем виробництва та розподілу енергії в напрямі орієнтації на споживача. *Джерела генерації та системи розподілу електроенергії* поступово переходять від *невідновлюваних до відновлюваних*, від централізованих до децентралізованих і локалізованих, а також від традиційних мережевих систем до Smart Grids.

«*Розумні мережі*» мають потенціал трансформувати електроенергетичну галузь за умови їх ефективної комерціалізації, забезпечуючи розширення можливостей споживачів у частині регулювання енергоспоживання (Kempton & Tomic, 2005).

Зокрема, варто відзначити, що перехід до *відновлюваних джерел енергії* (ВДЕ), підтримуваний технологіями Smart Grids, сприяє не лише екологічній сталості, але й зміцненню енергетичної безпеки та зменшенню залежності від викопного палива (Zvarych & Kharkovskiy, 2025).

Суттєвим є те, що перспективні підходи Європейської Комісії до регулювання відновлюваної енергетики після 2030 року передбачають подальшу лібералізацію ринку ВДЕ та посилення ролі децентралізованих енергетичних систем (European Commission, 2026b).

У цьому контексті слід звернути увагу, що зростає *роль електромобіля як елемента енергетичної системи*. Взаємозв'язок електрифікації транспорту та розвитку ВДЕ полягає у здатності *електромобілів виступати мобільними накопичувачами енергії*, що дозволяє згладжувати коливання генерації та підвищувати гнучкість енергосистеми (Ru et al., 2025). Відтак, *електромобіль трансформується з пасивного споживача у мультифункціональний об'єкт енергетичних правовідносин*, поєднуючи функції споживання, накопичення та повернення електроенергії до мережі.

Ключовим є те, що у цій трансформації визначальну роль відіграють технології *Vehicle-to-Grid (V2G) та Vehicle-to-Home (V2H)*, що забезпечують двонаправлений обмін електроенергією. Слід уточнити, що V2G дозволяє використовувати акумулятори електромобілів як розподілений ресурс гнучкості енергосистеми, тоді як V2H орієнтована на локальну оптимізацію енергоспоживання домогосподарств, забезпечуючи енергетичну автономність і можливість цінового арбітражу.

Слід зауважити, що *розвиток зарядної інфраструктури та інтеграція електромобілів* в енергетичні системи пов'язані з подоланням комплексу технічних, економічних і правових бар'єрів. Зокрема, варто підкреслити, що нормативне підґрунтя такого розвитку в Україні формують, зокрема, Концепція впровадження «розумних мереж» до 2035 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.10.2022 № 908-р) та Стратегія розвитку розподіленої генерації до 2035 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.07.2024 № 713-р). Водночас доцільно наголосити, що *правовий режим технологій V2G* у національному законодавстві залишається нормативно невизначеним, що обмежує їх практичну імплементацію.

Окремо підкреслюємо, що *цифровізація енергетичних систем*, що базується на обміні даними та автоматизованому управлінні, супроводжується зростанням *кіберризиків*, які набувають системного характеру для критичної інфраструктури. Варто відзначити, що Smart Grids трансформують традиційні електроенергетичні системи у динамічні мережі, здатні до складного управління енергоспоживанням, що підвищує залежність від цифрових платформ.

У цьому контексті слід зазначити, що участь України в європейських цифрових програмах розвитку створює передумови для гармонізації національних підходів до цифрової трансформації енергетичного сектору з політиками ЄС.

Важливу роль у *цифровій трансформації енергетичного сектору* відіграє інфраструктура розширеного вимірювання (AMI), яка забезпечує двосторонній зв'язок між *постачальниками та споживачами* (Saleem et al., 2023). Відтак, можна стверджувати, що синергія Smart Grids та AMI створює передумови для впровадження керованого заряджання та двостороннього обміну енергією, що сприяє балансуванню попиту і пропозиції.

Крім того, доцільно відзначити, що *впровадження цифрових технологій* у логістичних та енергетичних системах сприяє формуванню інтегрованих платформ управління потоками ресурсів, що підвищує ефективність взаємодії учасників енергетичного ринку (Haikova et al., 2023).

Ринкова інтеграція електромобілів здійснюється через агрегатора, який виконує функцію організаційного та фінансового посередника між власниками електромобілів і операторами енергетичного ринку. Варто підкреслити, що *агрегатори об'єднують електромобілі у віртуальні електростанції (Virtual Power Plant, VPP)*, забезпечуючи їх участь у ринках балансування та допоміжних послуг. При цьому слід зазначити, що правовий статус агрегатора закріплено у Directive (EU) 2019/944 Європейського Парламенту і Ради від 5 червня 2019 року про спільні правила внутрішнього ринку електроенергії.

Слід звернути увагу, що функціонування V2G-систем передбачає *інтеграцію* транспортних засобів, зарядної інфраструктури (Electric Vehicle Supply Equipment, EVSE) та цифрових платформ управління, що забезпечують обмін даними та енергією (Inci et al., 2022). Таким чином, така модель формує нову економічну роль електромобіля як активу, здатного генерувати дохід у межах динамічних енергетичних ринків (Prokopenko & Vălk, 2024).

Окремо доцільно підкреслити, що *важливим напрямом оптимізації енергоспоживання* є використання моделей Model Predictive Control (MPC) у поєднанні з динамічним ціноутворенням (Time-of-Use, TOU), що дозволяє автоматично переносити споживання на періоди нижчих тарифів (Rezaei & Dagdougui, 2020).

Варто зазначити, що в Україні правове регулювання електромобільності формується під впливом acquis ЄС. Зокрема, це знаходить відображення у Законі України «Про ринок електричної енергії» від 13.04.2017 № 2019-VIII та Законі України «Про деякі питання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами, та внесення змін до деяких законів України щодо подолання паливної залежності і розвитку електрзарядної інфраструктури та електричних транспортних засобів» від 24.02.2023 № 2956-IX, які визначають правові засади розвитку електромобільності.

Суттєвим є те, що Закон України «Про енергетичну ефективність» від 21.10.2021 № 1818-IX імплементує положення Directive 2012/27/EU (у редакції Directive (EU) 2023/1791) та формує нормативну основу для розвитку моделей управління попитом.

Доцільно наголосити, що у праві ЄС розрізняються два взаємопов'язані, але не тотожні *підходи до оптимізації енергоспоживання*: Demand Response (DR) та Demand Side Management (DSM). Варто зауважити, що розмежування цих підходів впливає із системного аналізу енергетичного acquis ЄС, зокрема Directive (EU) 2019/944 та Directive 2012/27/EU.

Слід підкреслити, що *регулювання попиту* (Demand Response) спрямоване на зміну поведінки споживачів у відповідь на ринкові сигнали, включаючи цінові стимули та участь у балансуючих ринках. Натомість варто зазначити, що *управління попитом* (Demand Side Management) охоплює ширший комплекс політико-правових заходів, спрямованих на довгострокове зниження енергоспоживання та підвищення енергоефективності.

У практиці функціонування ринку доцільно відзначити, що межа між DR та DSM має функціональний характер, оскільки окремі інструменти можуть одночасно сприяти як гнучкості ринку, так і досягненню цілей енергоефективності, особливо у контексті інтеграції розподілених енергетичних ресурсів (DER), включаючи електромобілі.

Суттєвим є те, що *електромобіль у цій моделі* виступає не лише транспортним засобом, а й елементом розподіленої енергетичної системи, що вимагає формування комплексного правового режиму участі в енергетичних ринках. Такий підхід відповідає концепції sector coupling, що формується у праві ЄС (European Commission, 2020b).

Окремо слід звернути увагу, що інтеграція електромобілів у такі системи актуалізує питання кібербезпеки та захисту даних. Відповідні вимоги встановлюються Directive (EU) 2022/2555 (NIS2) та Regulation (EU) 2024/2847, які закріплюють підходи до управління кіберризиками та принцип «secure by design».

Regulation (EU) 2024/2847 (Cyber Resilience Act), що встановлює горизонтальні вимоги кібербезпеки до цифрових продуктів, включаючи компоненти енергетичної та транспортної інфраструктури.

Варто відзначити, що дослідження кіберзагроз у мережевих та автономних транспортних системах підкреслюють зростання ризиків, пов'язаних із інтеграцією цифрових транспортних платформ у критичну інфраструктуру (Tsifa, 2024).

На національному рівні слід зазначити, що ці питання регулюються Законом України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» від 05.10.2017 № 2163-VIII.

Особливої уваги потребує те, що правовий режим захисту персональних і телематичних даних здійснюється у контексті застосування Regulation (EU) 2016/679 (GDPR) та Directive 2002/58/EC (ePrivacy Directive). Варто підкреслити, що принципи «privacy by design and by default» і «secure by design» формують основу комплексного підходу до кіберстійкості енергетичних систем.

Таким чином, *електромобільність* набуває ознак міжсекторального правового явища, що поєднує енергетичне, транспортне та цифрове регулювання. DR і DSM у поєднанні з DER

формують багаторівневу систему управління попитом, яка забезпечує гнучкість, енергоефективність і інтеграцію ВДЕ.

Узагальнюючи викладене, доцільно зазначити, що інтеграція електромобільності в енергетичні системи вимагає узгодженого розвитку ринкових механізмів, політик енергоефективності та кібербезпеки в межах єдиної регуляторної моделі.

ВИСНОВКИ

За результатами проведеного дослідження слід зазначити, що поставлену мету статті досягнуто шляхом комплексного аналізу нормативно-правового регулювання України та Європейського Союзу у сфері енергетики, а також визначення правової природи електромобіля як мультифункціонального об'єкта правовідносин і ролі агрегатора як цифрового посередника в інтеграції електромобільної інфраструктури в «розумні мережі».

Інтеграція електромобілів як елементів електромобільності в енергетичні системи трансформують *правову природу електромобіля* як об'єкта правовідносин, який набуває ознак елемента енергетичної інфраструктури та здатний виконувати функції споживання, накопичення і відпуску електроенергії до мережі, що забезпечується розвитком технологій Smart Grids та Vehicle-to-Grid (V2G).

Правовий режим у Європейському Союзі, зокрема Directive (EU) 2019/944 як складова пакета «Чиста енергія для всіх європейців», Directive (EU) 2022/2555 та Regulation (EU) 2024/2847, формує комплексний підхід до розвитку цифровізованих енергетичних систем, що поєднує ринкові механізми, вимоги кібербезпеки та стандарти захисту персональних даних. З огляду на це, така нормативна модель створює системну основу для інтеграції електромобільності в європейський енергетичний і цифровий простір.

Для України ключовими *напрямами вдосконалення законодавства* є нормативне закріплення правового статусу агрегатора, розвиток правового режиму технологій Vehicle-to-Grid (V2G), а також гармонізація вимог у сфері кібербезпеки та захисту персональних даних відповідно до acquis ЄС.

Узагальнюючи викладене, реалізація зазначених підходів формує правові передумови для інтеграції України до європейського енергетичного та цифрового простору та забезпечує подальший розвиток електромобільності.

REFERENCES

- Assad, U., et al. (2022). Smart grid, demand response and optimization: A critical review of computational methods. *Energies*, 15(6), 2003. <https://doi.org/10.3390/en15062003>
- Council of European Energy Regulators (CEER). (2019). *CEER Report on Smart Grid Regulatory Frameworks*. Retrieved from <https://www.ceer.eu/documents/104400/-/-/smart-grids-report>
- European Commission. (2020a). D8.11 – Final report on standardisation aspects of Smart Grids and related technologies. *Publications Office of the European Union*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5d8f0f2c1>
- European Commission. (2020b). Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration (COM(2020) 299 final). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0299>
- European Commission. (2026a). Post-2030 energy efficiency framework – public consultation. Retrieved from https://energy.ec.europa.eu/news/post-2030-energy-efficiency-framework-public-consultation-2026-03-20_en
- European Commission. (2026b). Renewable energy – legal framework after 2030. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/17453-Renewable-energy-legal-framework-after-2030_en
- European Union. (2018). Governance of the Energy Union. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/governance-of-the-energy-union.html>

- Haikova, T. V., Zahorianskyi, V. H., & Leontovych, A. O. (2023). Implementation of digital technologies in supply chain management. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, 7(38), 222–228. [in Ukrainian]
- İnci, M., Savrun, M. M., & Zelik, İ. (2022). Integrating electric vehicles as virtual power plants: A comprehensive review on vehicle-to-grid concepts, interface topologies, marketing and future prospects. *Journal of Energy Storage*, 55, 105579. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105579>
- Kakkar, R., Agrawal, S., & Tanwar, S. (2024). A systematic survey on demand response management schemes for electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 203, 114748. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114748>
- Kempton, W., & Tomic, J. (2005). Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy. *Journal of Power Sources*, 144(1), 280–294. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2004.12.022>
- Muqtadir, A., et al. (2025). Demand response potential forecasting: A systematic review of methods, challenges, and future directions. *Energies*, 18(19), 5217. <https://doi.org/10.3390/en18195217>
- Naseem, H., et al. (2026). Smart charging and vehicle-to-grid integration of electric vehicles: Technical insights, cybersecurity risks, and mobility-oriented control strategies. *Applied Sciences*, 16(4), 1748. <https://doi.org/10.3390/app16041748>
- Pandiyan, P., Saravanan, S., Usha, K., Kannadasan, R., Alsharif, M. H., & Kim, M. K. (2023). Technological advancements toward smart energy management in smart cities. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4350031>
- Prokopenko, O., & Vălk, K. (Eds.). (2024). Smart machines and technologies at the service of mankind. Teadmus OÜ. Retrieved from https://conference.euas.eu/2024/wp-content/uploads/2024/12/Monograph_2024.pdf
- Reka, S. S., et al. (2021). Real-time demand response modeling for residential consumers in smart grid considering renewable energy with deep learning approach. *IEEE Access*, 9, 56551–56562. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3071993>
- Rezaei, E., & Dagdougui, H. (2020). Optimal real-time energy management in apartment building integrating microgrid with multizone HVAC control. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(11), 6848–6856. <https://doi.org/10.1109/tii.2020.2972803>
- Ru, J., Gillott, M., & Shipman, R. (2025). Vehicle-to-grid (V2G) research: A decade of progress, achievements, and future directions. *Energies*, 18(23), 6148. <https://doi.org/10.3390/en18236148>
- Saleem, M. U., Shakir, M., Usman, M. R., Bajwa, M. H. T., Shabbir, N., Ghahfarokhi, P. S., & Daniel, K. (2023). Integrating smart energy management system with Internet of Things and cloud computing for efficient demand-side management in smart grids. *Energies*, 16, 4835.
- Todorean, L., et al. (2025). Demand response optimization for smart grid integrated buildings: Review of technology enablers, landscape and innovation challenges. *Energy and Buildings*, 326, 115067. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.115067>
- Tsiafa, S. M. (2024). Threats and vulnerabilities of cybersecurity in networked and autonomous transport systems. *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Taurida National University. Series: Technical Sciences*, 35(74), 6(2), 222–227. [in Ukrainian]
- Zvarych, R., & Kharkovskiy, B. (2025). Smart integration of Ukraine's energy system into the EU electricity market: Challenges and prospects. *Journal of European Economy*, 24(2), 246–273. <https://doi.org/10.35774/jee2025.02.246> [in Ukrainian]

ELECTRIC VEHICLE AS A MULTIFUNCTIONAL OBJECT OF LEGAL RELATIONS WITHIN SMART GRIDS: EUROPEAN EXPERIENCE AND PROSPECTS FOR UKRAINE

Olha ROZGHON, ORCID 000-0001-6739-3927, Researcher ID G-4601-2018¹

¹*PhD in Law, Associate Professor, Leading Researcher of the Scientific and Research Institute of Providing Legal Framework for the Innovative Development of the NALS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

Abstract. The article examines the transformation of the legal nature of electric vehicles as a multifunctional object of legal relations within Smart Grids under the conditions of digitalization of energy systems and the integration of Ukraine into the European energy space. It is substantiated that, in modern energy systems, electric vehicles perform not only a transport function but also act as elements of electricity consumption, storage, and supply, which necessitates a comprehensive legal regulation of their participation in energy markets. It is demonstrated that the development of electric mobility in combination with Smart Grids technologies, Vehicle-to-Grid (V2G), and demand response mechanisms creates new challenges for the legal regulation of energy and digital relations, particularly in the areas of cybersecurity and personal data protection.

It is established that there is a fragmented and insufficiently defined regulatory framework governing the legal status of aggregators and V2G mechanisms in Ukrainian law, which hinders their full integration into energy markets. It is emphasized that current Ukrainian legislation requires harmonization with the EU acquis, particularly regarding the development of charging infrastructure and the implementation of cyber-resilience standards. It is concluded that the implementation of European approaches creates legal prerequisites for the integration of electric mobility into energy systems and for enhancing Ukraine's energy resilience.

Keywords: Smart Grids, Vehicle-to-Grid, aggregator, electromobility, energy law, EU acquis, cybersecurity, demand response, Ukraine.

ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ ЯК МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ОБ'ЄКТ ПРАВОВІДНОСИН У СИСТЕМІ SMART GRIDS: ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД І ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Анотація. У статті досліджується трансформація правової природи електромобіля як мультифункціонального об'єкта правовідносин у системі Smart Grids в умовах цифровізації енергетики та інтеграції України до європейського енергетичного простору. Обґрунтовано, що електромобіль у сучасних енергетичних системах виконує не лише транспортну функцію, але й виступає елементом споживання, накопичення та постачання електроенергії, що зумовлює необхідність комплексного правового регулювання його участі в енергетичних ринках. Доведено, що розвиток електромобільності у поєднанні з технологіями Smart Grids, Vehicle-to-Grid (V2G) та механізмами регулювання попиту формує нові виклики для правового регулювання енергетичних і цифрових відносин, зокрема у сфері кібербезпеки та захисту персональних даних.

Встановлено фрагментарність та недостатню нормативну визначеність правового статусу агрегатора та механізмів V2G у національному праві України, що ускладнює їх повноцінну інтеграцію в енергетичні ринки. Наголошується, що чинне законодавство України потребує гармонізації з *acquis* ЄС, зокрема щодо розвитку зарядної інфраструктури та впровадження стандартів кіберстійкості. Зроблено висновок, що імплементація європейських підходів створює правові передумови для інтеграції електромобільності в енергетичні системи та підвищення енергетичної стійкості України.

Ключові слова: Smart Grids, Vehicle-to-Grid, агрегатор, електромобільність, енергетичне право, *acquis* ЄС, кібербезпека, регулювання попиту, Україна.

Дата подачі автором: 14.04.2026

Дата прийняття після рецензування: 27.04.2026

Дата публікації: 18.05.2026

Цитувати цю статтю слід: Розгон О. Електромобіль як мультифункціональний об'єкт правовідносин у системі smart grids: європейський досвід і перспективи для України. *Право та інноваційне суспільство*. 2026. Вип. 1 (26). С. 30–38. [https://doi.org/10.37772/2309-9275-2026-1\(26\)-3](https://doi.org/10.37772/2309-9275-2026-1(26)-3).