MGR INŻ. MATEUSZ WIŚLAŃSKI

Uniwersytet Szczeciński
Wydział Zarządzania i Ekonomiki Usług
e-mail: mateuszwislanski@gmail.com

POJAZDY ELEKTRYCZNE JAKO ROZPROSZONE MAGAZYNY ENERGII – POTENCJAŁ MAGAZYNOWANIA ENERGII W KONTEKŚCIE ROZWOJU ELEKTROMOBILNOŚCI

Słowa kluczowe: elektromobilność, *vehcile to grid*, *smart grid*, zarządzanie energią, magazynowanie energii

Abstrakt. W artykule podniesiono kwestie wyzwań, stojących przed sektorem energetycznym w kontekście rozwoju elektromobilności. Wobec perspektywy ekspansji rynku pojazdów elektrycznych pojawia się oczywista kwestia konieczności budowy nowych mocy wytwórczych oraz zwiększenia elastyczności systemu energetycznego, które pozwolą na relatywnie płynną integrację samochodów elektrycznych w polskiej rzeczywistości energetycznej. Utworzenie zrównoważonego systemu elektroenergetycznego nie zależy jednak jedynie od zwiększenia mocy produkcyjnych. Istotnym czynnikiem jest magazynowanie energii, co stanowi wyzwanie dla każdej ze światowych gospodarek. Obecnie większość energii magazynowana jest w systemach hydroenergetycznych, a te charakteryzują się dużymi ograniczeniami. Względnie dużym potencjałem wykazują się elektrochemiczne technologie magazynowania energii, które cechuje prostota odzysku energii oraz względnie małe obostrzenia techniczne. Do tej pory systemy te, z uwagi na małą wydajność, nie znalazły szerokiego zastosowania w energetyce. Rosnące problemy, związane z magazynowaniem energii, wynikające z bardzo szybkiego rozwoju elektromobilności oraz wzrostu wykorzystania odnawialnych źródeł energii na świecie, spowodowały jednak intensyfikację badań, a co za tym idzie – wzrost wydajności tych magazynów. Powyższe rozważania skłaniają do refleksji nad możliwością wykorzystania magazynów energii do optymalizacji integracji pojazdów elektrycznych w polskiej rzeczywistości energetycznej. W artykule zawarto analizę:

1. Wielkoskalowego rozlokowania magazynów energii jako elementów optymalizacji obciążeń sieci w tym:
 - oddawania energii do sieci podczas godzin wysokiego zapotrzebowania,
 - nocnego i wieczornego ładowania – odbioru nadpodaży energii,
 - generacji energii z OZE – magazynowania energii poprzez pojazdy elektryczne.
2. Wpływu koordynacji ładowania na kształtowanie się cen energii.
3. Redukcji nakładów inwestycyjnych poprzez wykorzystanie rozproszonych magazynów energii.

4. *Car-sharing*¹ i leasingu samochodów elektrycznych jako część infrastruktury energetycznej kraju.

Electric vehicles as a distributed energy storage systems
– the potential of an energy storage in the electromobility context

Keywords: electromobility, vehicle to grid, smart grid, energy management, energy storage

Abstract. This paper presents the challenges that Polish and global energy sector faces in terms of a future electromobility development. As a result of global electric vehicles market growth, there is an obvious need to increase the power generation capabilities along with improving grid's flexibility in order to allow a smooth transition from internal combustion engine cars to electric ones. Creating a balanced electric power system relies not only on increasing the power generation capabilities but as well on important factor of energy storage. Energy storage is one of the biggest challenges for global economics. Nowadays most of the energy is stored in hydroelectric systems (dams, pumped storage, run-of-the-river) which are characterized by major technical and legal restrictions. On the other hand there are chemical storage systems which are fairly easy to use and have less restrictions, however till today they had poor performance therefore did not find its way into the grid applications. However recent development in electric vehicles market brought a rapid technology development in terms of chemical energy storage systems. The above mentioned facts brings to reflect on the usage of energy storage systems in order to integrate electric vehicles in energy sector seamlessly. In the following paper the special emphasis has been put on:

Mass-scale energy storage systems deployment as a grid load optimization system including: vehicle to Grid in peak hours,

- night charging – oversupply elimination,
- renewable energy storage using electric vehicles. EVs charging scheduling – influence on price formation,
- limiting the investment needs through the distributed energy storage systems,
- car-sharing and car lease as a part of grid infrastructure.

Wprowadzenie

Wraz ze wzrostem rynku samochodów elektrycznych oraz ogólnym rozwojem technologii zachodzi potrzeba odpowiedniej reakcji rynków energii, w celu zapewnienia stosownej podaży. Aktualny stan infrastruktury oraz możliwości wytwórcze polskiej energetyki są ograniczone, przez co transformacja rynku automotive wymagać będzie wielu zabiegów, które pozwolą na integrację pojazdów elektrycznych,

¹ *Car-sharing* – system współużytkowania samochodów osobowych, udostępnianych użytkownikom za opłatą przez operatorów floty.

obciążającą sieć w jak najmniejszym stopniu. Aktualnie na świecie rozwija się wiele koncepcji, które mają służyć ułatwieniu integracji elektromobilności. Dzięki temu możemy zaobserwować jak tworzą się nowe rynki oraz nowe technologie, które umożliwiają popularyzację pojazdów elektrycznych. Biorąc pod uwagę wymogi unijne, dotyczące pojazdów spalinowych, energetyki oraz stały wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym, można wyciągnąć wniosek, że powolna transformacja rynku samochodowego jest nieunikniona. Wraz z ewolucją rynku samochodowego, będzie musiał również ewoluować sektor energetyczny. Celem artykułu jest analiza rozwijających się koncepcji z zakresu energetyki oraz przemysłu samochodowego, w szczególności koncepcji *Vehicle to Grid*² (dalej V2G) oraz jej pochodnych związanych z magazynowaniem i zarządzaniem energią. Za główną hipotezę pracy przyjęto, że wykorzystanie analizowanych koncepcji może ułatwić integrację pojazdów elektrycznych oraz ograniczyć potrzeby inwestycyjne z obszaru infrastruktury energetycznej.

1. *Vehicle to grid* – Potencjał wykorzystania pojazdów elektrycznych jako magazynów energii w celu stabilizacji sieci energetycznej

Aby zrozumieć sens wprowadzania takich technologii jak V2G należy najpierw uzmysłowić sobie czym są w istocie systemy konwersji oraz magazynowania energii. Pierwszym elementem systemu są elektrownie oraz wszelkiego rodzaju generatory mocy dostarczające energię do gospodarstw domowych, przedsiębiorstw, organizacji pożytku publicznego oraz wielu innych. Drugi z elementów systemu to samochody, które mogą generować oraz magazynować duże ilości energii. Skala oraz potencjał ilości magazynowanej energii zostały przeanalizowane na podstawie danych dotyczących floty samochodów lekkich w Stanach Zjednoczonych. Jest tam użytkowanych około 263,6 mln konwencjonalnych samochodów (Number of vehicles registered in US from 1990 to 2015, www.statista.com). Przy założeniu średniej mocy jednego pojazdu na poziomie 111 kW można otrzymać 29 193 GW możliwej wytwarzanej mocy, co w porównaniu z możliwościami wytwórczymi na poziomie 1084 GW w 2015 roku (Existing Capacity by Energy Source, www.eia.gov) stanowi 27-krotność możliwości wytwórczych całego systemu energetycznego Stanów Zjednoczonych (Kempton, 2004). Przytoczony powyżej przykład daje wyobrażenie, jak duży potencjał charakteryzuje samochody osobowe, w kwestii magazynowania,

² *Vehicle to Grid* (V2G) system umożliwiający przepływ energii z samochodu elektrycznego do sieci elektroenergetycznej.

oraz wytwarzania energii. Należy jednak zaznaczyć, iż osiągnięcie wyniku w okolicach stu procent rynkowego udziału pojazdów elektrycznych nie będzie możliwe przez kolejne dziesięciolecia, z uwagi na koszt zakupu, oraz ograniczenia zasięgu, w porównaniu do pojazdów spalinowych. Ponadto, czynnikiem decydującym o powodzeniu systemów V2G, będzie miał dobór odpowiednich modeli biznesowych oraz rynków energii takich jak: *peak power*³, *operating reserves*⁴ czy *spinning reserves*⁵. Dodatkowo należy wspomnieć, że bez względu na model biznesowy czy rozwój technologii, systemy V2G znajdują swoje ekonomiczne uzasadnienie tylko i wyłącznie przy masowej partycypacji użytkowników pojazdów elektrycznych, a ta zależy w głównej mierze od świadomości kierowców.

2. Wykorzystanie samochodów elektrycznych jako źródła wsparcia sieci w okresach dużego przeciążenia

Wykorzystanie pojazdów elektrycznych do wsparcia elektrowni wymaga zdefiniowania okresów, w których dodatkowa energia musiałaby zostać dostarczona do sieci, aby użytkownicy systemów V2G mogli w odpowiednim czasie udostępnić swoje rezerwy.

Na wykresie 1 przedstawiono znaczące fluktuacje obciążenia sieci, których maksymalne poziomy zwykle przypadają na godziny 16.00–17.00. Aby sprostać zapotrzebowaniu w momentach szczytu, potrzebne jest dostarczenie dodatkowych mocy przez uruchomienie elektrowni szczytowych. Są to najczęściej systemy oparte na paliwach gazowych, paliwie diesla czy też paliwach lotniczych. W celu uzupełnienia niedoboru mocy, wytworzenie energii musi nastąpić relatywnie szybko, przez co cena energii w przypadku elektrowni szczytowych jest znacznie wyższa. Oczywiście jest, że użytkownik końcowy musi również zapłacić za wybudowanie tych mocy, a także za ich utrzymanie, nawet w momentach, gdy nie są wykorzystywane.

³ *Peak power* – rynek energii wynikający z wypełnienia zapotrzebowania w momentach dużego popytu.

⁴ *Operating reserve* – typ rezerwy wynikający ze zwiększonej zdolności produkcyjnej, wykorzystywany w przypadku zakłóceń normalnej generacji energii.

⁵ *Spinning reserve* – typ zapasu generacji wynikający z technicznych możliwości urządzeń wytwarzających energię.

Rysunek 1. Typowy profil obciążenia sieci dla zimy i lata w ujęciu tygodniowym

Źródło: Mapels (2010).

Rysunek 2. Roczna charakterystyka obciążenia sieci

Źródło: Mapels (2010).

Z danych zaprezentowanych na wykresie 2 można wnioskować, że najwyższe obciążenie sieci występuje jedynie przez niewielką część roku. Mimo tego wszystkie usługi i infrastruktura muszą pozostawać w stanie gotowości, aby sprostać

obciążeniu w godzinach szczytu. Wiąże się to ze wspomnianymi wcześniej kosztami, którymi obciążony jest użytkownik końcowy. Aby odpowiedzieć na pytanie, czy stosowanie systemu V2G dla odciążenia sieci w godzinach szczytu ma ekonomiczne uzasadnienie, należy w dużym uproszczeniu porównać koszt magazynowania energii w samochodzie elektrycznym z kosztem energii pochodzącej z elektrowni szczytowych. W analizie w pracy *The use of Plug-in Hybrid Electric Vehicles for peak shaving* Benjamin Andrew Maples skupia się na dostępności energii oraz potencjalnych zyskach dla użytkownika końcowego, w odniesieniu do różnych scenariuszy ładowania oraz dostępnej infrastruktury ładującej. Wyniki pracy wykazują, że dla pewnych scenariuszy system V2G jest opłacalnym rozwiązaniem dla obydwu stron – użytkownika systemu V2G i operatora sieci.

Tabela 1. Parametry wykorzystane do obliczeń w symulacji

Wartość	Niska	Średnia	Wysoka
Bieżące nakłady inwestycyjne \$/MW	648	685	1 000 000
Wielkość elektrowni (MW)	1	160	250
Odsetki kredytu	0,05	0,0078	0,1
Okres kredytowania (lata)	10	15	25
Koszt paliwa (\$/mmbtu)	3	3,95	6
Wydajność cieplna (mmbtu/MWh)	6,8	10,788	11
Zmienne koszty operacyjne i utrzymania (\$/MWh)	2,11	3,65	7,28
Stałe koszty operacyjne i utrzymania (\$/kWh)	10,77	12,38	16,39
Pojemność baterii pojazdu kWh	4,9	16,6	24
Minimalny stan naładowania baterii	0,1	0,3	0,5
Zużycie energii pojazdu (Wh/mi)	280	300	420
Wydajność baterii	0,9	0,95	1
Wydajność ładowania i rozładowania	0,9	0,95	1
Koszt energii poza godzinami szczytu (c/kWh)	2,684	5	20
Napięcie (V)	110	240	480
Natężenie (A)	15	32	400

Źródło: Mapels (2010).

Na podstawie danych z tabeli 1 przeprowadzono symulację, której wyznacznik opłacalności zdefiniowano jako roczny zysk użytkownika pojazdu elektrycznego. Cena energii, za którą potencjalnie elektrownia może zapłacić użytkownikom, to suma kosztów unikniętych (stałych i zmiennych) w przypadku inwestycji w elektrownię szczytową, opartą na paliwach kopalnych. Dla parametrów z powyższej tabeli przeprowadzono obliczenia teoretycznych zysków dla klienta końcowego. Dla podstawowego scenariusza wykazano zyski na poziomie 630–660 USD rocznie, natomiast analiza dla pesymistycznego przypadku wykazała stratę w wysokości

60 USD rocznie. Najbardziej optymistyczne przypadki dają wyniki pomiędzy 1350–1500 USD rocznie. W poniższych tabelach przedstawiono potencjalne korzyści dla konsumentów (Mapels, 2010).

Tabela 2. Wyniki analizy opłacalności systemu V2G (dla scenariusza: podstawowego, pesymistycznego i optymistycznego)

Scenariusz podstawowy				
Współczynnik wykorzystania mocy	0,10%	0,50%	1%	5%
Koszty zmienne (\$/MWh)	46,000	46,000	46,000	46,000
Koszty stałe (\$/MWh)	10,273	2,055	1,027	205,000
Całkowity koszt (\$/MWh)	10,319	2,101	1,074	252,000
Maksymalny rabat dla konsumenta €/kWh	1,026	205	102	20
Roczny zysk konsumenta \$	656	654	651	627
Scenariusz pesymistyczny				
Współczynnik wykorzystania mocy	0,10%	0,50%	1%	5%
Koszty zmienne (\$/MWh)	23,000	23,000	23,000	23,000
Koszty stałe (\$/MWh)	6,419	1,284	642,000	128,000
Całkowity koszt (\$/MWh)	6,441	1,306	664,000	151,000
Maksymalny rabat dla konsumenta €/kWh	619	106	42	–10
Roczny zysk konsumenta \$	81	69	54	–62
Scenariusz optymistyczny				
Współczynnik wykorzystania mocy	0,10%	0,50%	1%	5%
Koszty zmienne (\$/MWh)	73,000	73,000	73,000	73,000
Koszty stałe (\$/MWh)	19,974	3,995	1,997	399,000
Całkowity koszt (\$/MWh)	20,047	4,068	2,071	473,000
Maksymalny rabat dla konsumenta €/kWh	2,002	404	204	45
Roczny zysk konsumenta \$	1,374	1,306	1,375	1,501

Źródło: Mapels (2010).

Wyniki przeprowadzonej symulacji Monte Carlo pokazują, że potencjalny roczny zysk z tytułu uczestniczenia w systemie V2G to 330 USD z odchyleniem standardowym wynoszącym 112 USD (Mapels, 2010). Jako podsumowanie analizy należy stwierdzić, że opłacalność systemu V2G dla łagodzenia obciążeń sieci jest zależna od scenariusza ładowania, dostępności i parametrów infrastruktury. To właśnie wydajność infrastruktury odgrywa kluczową rolę w realizacji zysków przez użytkownika końcowego. W prostej linii można pokusić się o stwierdzenie, że im krótszy czas ładowania i rozładowania, tym większy zysk może być zrealizowany. W czysto teoretycznych rozważaniach, wykorzystanie systemów V2G dla celów pokrycia zapotrzebowania w godzinach szczytu jest możliwe i opłacalne. Rozważając bardzo uproszczony przypadek należałoby uwzględnić wyższe straty przy ładowaniu

i rozładowywaniu pojazdu na poziomie około 25%. Uwzględniając taką wydajność systemu z 10 kWh, otrzymuje się 7,5 kWh magazynowanej w baterii. W momencie wystąpienia dużego zapotrzebowania na energię można oddać do sieci 5,625 kWh (maksymalne rozładowanie baterii, co jest daleko nierealnym scenariuszem). Po przekazaniu energii do sieci, należy znów naładować samochód do stanu sprzed operacji V2G, czyli znów należy wydatkować 10kWh, aby osiągnąć zmagazynowanie na poziomie 7,5 kWh. W ostatecznym rachunku, przy wydatkowaniu 20 kWh, sieć zasilono o 5,6 kWh, a stan samochodu został przywrócony do poziomu sprzed realizacji usługi, tj. 7,5kWh. Zakładając średnią cenę około 12 centów/kWh (*electric power monthly*) (www.eia.gov), wyłączając Alaskę i Hawaje, otrzymano 13,13 kWh energii w cenie 2,4 USD, co daje wynik 0,183 USD za kWh. Jako koszt odniesienia przyjęto koszt generacji z elektrowni szczytowych, wahający się pomiędzy 0,165 USD a 0,218 USD za kWh (*lazards leveled cost of storage analysis*) (www.lazard.com). Biorąc pod uwagę średni koszt generacji elektrowni wspierających na poziomie 19 centów za kWh, w całym cyklu życia takiej elektrowni, można stwierdzić, że magazynowanie energii poprzez samochody mogłoby być alternatywą dla produkcji dodatkowych mocy. W większości przypadków cena za 1 kWh będzie niższa niż średni koszt generacji z elektrowni szczytowych. Analizując jednak wyniki pracy Willetta Kemptona – *Vehicle-to-Grid Power: Battery, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles as Resources for Distributed Electric Power in California* możemy jednoznacznie stwierdzić, że wspieranie w momentach dużego obciążenia sieci jest najmniej opłacalnym modelem dla użytkownika końcowego. Znacznie większe zyski użytkownicy mogą czerpać z udziału w innych rynkach energii, przez świadczenie usług z zakresu rynku rezerw czy też regulacji częstotliwości.

Tabela 3. Potencjalne zyski netto użytkownika pojazdu elektrycznego w USD zysk netto (przychód – koszt)

	Rynek mocy szczytowej	Obrót rezerwami operacyjnymi	Usługi regulacyjne
Bateria – pełna funkcjonalność	267	720	3162
	510 – 243	775 – 55	4479 – 1317
Bateria – samochód miejski	75	311	2573
	230 – 155	349 – 38	4479 – 1906
Ogniwo paliwowe – H2	–50 (strata) do 1226	2430 do 2685	–2984 (strata) do 811
	2200 – 974 do 2250	3342 – 657 do 912	2567 – 1756 do 5551
Hybryda, benzyna	322	1581	–759 (strata)
	1500 – 1178	2279 – 698	2567 – 3326

Źródło: Kempton (2001).

3. Odbiór nadpodaży energii przez pojazdy elektryczne w taryfach nocnych, koordynacja ładowania, oraz kształtowanie się cen energii

Przytoczone powyżej symulacje skłaniają do refleksji nad optymalnym czasem ładowania samochodów elektrycznych oraz kiedy zakumulowana energia jest dostępna na rynku do świadczenia usług systemu V2G. Podczas analizy danych o dostępności pojazdów w ciągu doby, można zauważyć, że wartości maksymalne osiągane są między godziną 0:00 a 4:00 w nocy, dla wszystkich scenariuszy ładowania (ładowanie w gospodarstwie domowym, oportunistyczne – zawsze kiedy samochód jest zaparkowany w przestrzeni publicznej oraz mieszane: w gospodarstwie domowym oraz oportunistyczne).

Rysunek 3. Dostępność energii dla pesymistycznego scenariusza oportunistycznego ładowania

Źródło: Mapels (2010).

W nocnych okresach podaż energii na rynku jest bardzo duża, przy stosunkowo niskim zapotrzebowaniu odbiorców końcowych. Z tego powodu korzystne byłoby projektowanie popytu w tych okresach, w celu ustabilizowania systemu energetycznego. Poprzez analogię można przeanalizować zwyczaje społeczeństwa związane z ładowaniem urządzeń mobilnych, gdzie widoczny jest wyraźny trend ładowania

Rysunek 4. Dostępność energii dla pesymistycznego scenariusza ładowania opartego na domowych systemach ładowania

Źródło: Mapels (2010).

urządzeń przez całą noc. Takie zachowania użytkowników będą w efekcie prowadziły do zanikania różnic w cenach energii za dnia i w nocy oraz występowania nowych okresów wysokiego zapotrzebowania. Należy zwrócić uwagę, że po przekroczeniu pewnego progu popytu, rynek zacznie mocno ewoluować, a luka w popycie będzie wypełniać się samoistnie. Pomimo wielu pozytywnych stron ładowania w nocy, pojawiają się analizy dowodzące, że ładowanie pojazdów w okresach nocnych prowadzi do większego zanieczyszczenia środowiska z uwagi na nocne przesunięcie miks energetyczny w stronę węgla, z powodu mniejszego udziału OZE. Rozwój rynku pojazdów elektrycznych będzie z pewnością prowadził do wzrostu cen energii, nawet jeżeli udział taniej energii będzie rósł. W konsekwencji prowadzi to będzie do utworzenia taryf dla elektromobilności oraz nałożenia kolejnych obciążeń fiskalnych energii dla pojazdów elektrycznych. Infrastruktura, nie tylko w Polsce, ale także w czołowych gospodarkach świata nie jest gotowa na obsługę znaczącej liczby pojazdów elektrycznych, dlatego operatorzy muszą zwrócić uwagę nie tylko na budowę nowych mocy, ale także na inteligentne zarządzanie energią. To właśnie kluczowy element, który pozwoli na dalszy rozwój elektromobilności oraz na pogodzenie interesów kierowców i producentów energii w kwestii systemu V2G. W kontekście samochodów elektrycznych rozwijane będą nowe koncepcje

*Smart Grid*⁶ oraz inne technologie pozwalające na koordynację ładowania floty, takie jak np. *Pause on Demand* (PoD). *Pause on Demand* to koncept polegający na zarządzaniu ładowaniem pojazdów, które w jak najmniejszym stopniu obciąża sieć. W najprostszym ujęciu, podczas przeciążenia sieci samochody przestają się ładować. Rozwiązanie takie, co prawda nie wprowadzi nowych mocy do sieci, ale pozwoli na znaczne jej odciążenie. Pomimo wielu badań dowodzących skuteczności systemu V2G do łagodzenia obciążeń sieci, wliczając kolejne elementy pomijane przez wiele analiz (takie jak choćby amortyzacja nośników energii), jej opłacalność stoi pod znakiem zapytania. Przy aktualnym stanie techniki bateryjnej, system V2G nie pozwoli na ograniczenie inwestycji w sektorze energetycznym.

4. Generacja energii z OZE – magazynowanie energii z wykorzystaniem pojazdów elektrycznych w formie wynajmu krótkoterminowego – *car-sharing*

Wykorzystanie pojazdów elektrycznych do magazynowania ma się zgoła inaczej przy odnawialnych źródłach energii, gdzie generacja prądu odbywa się praktycznie bez kosztów bieżących. Systemy OZE charakteryzują się dużą zależnością od warunków pogodowych, z tego powodu w jednych okresach są narażone na duże przestoje, natomiast w innych – generacja energii jest tak duża, że występują problemy z jej odbiorem (Wirth, 2017). Z tego właśnie powodu nieodłącznym elementem tych systemów są magazyny energii. Przy aktualnym stanie energetyki, inwestycje w dedykowane magazyny energii nie mają ekonomicznego uzasadnienia, z uwagi na zbyt małe wahania cen energii na rynku hurtowym lub u klienta końcowego (Wirth, 2017). Rozwój farm solarnych i wiatrowych w Europie powoduje spadki cen energii. Z drugiej strony eliminowana jest najtańsza energetyka węglowa i nuklearna, co powoduje wzrost cen energii. W konsekwencji, przy utrzymaniu tego trendu powstaje nisza, która pozwoli na użytkowanie wyspecjalizowanych magazynów energii. Obecnie wykorzystanie samochodów elektrycznych jako magazynów energii pochodzącej z instalacji energetyki odnawialnej, wydaje się być ciekawą alternatywą dla dedykowanych magazynów energii, przy czym należy zaznaczyć, że musiałby nastąpić gwałtowny wzrost liczby pojazdów elektrycznych, aby takie gospodarowanie energią było możliwe. Ciekawą koncepcją, umożliwiającą integrację do systemu V2G znaczącej liczby samochodów, jest krótkoterminowy wynajem

⁶ *Smart Grid* – inteligentna sieć energetyczna.

samochodów (tzw. *car-sharing*). Aktualnie w kraju i na świecie można zauważyć gwałtowny wzrost tego rodzaju usług. W większości przypadków wypożyczalnie tego typu oparte są na samochodach spalinowych, z uwagi na znaczącą różnicę w cenach pomiędzy samochodami konwencjonalnymi a elektrycznymi. W przyszłości, wraz z rozwojem rynku, można spodziewać się, że usługi tego typu świadczone będą z użyciem pojazdów elektrycznych. Przemawia za tym wiele czynników, choćby związany zt kosztem przejechanego kilometra, który jest wielokrotnie mniejszy w przypadku samochodów elektrycznych. Dobowy czas użytkowania prywatnych samochodów oscyluje w granicach 5%, w przypadku samochodów z wypożyczalni czas ten będzie znacznie dłuższy. Nawet w przypadku osiągnięcia 50-procentowego poziomu dobowego wykorzystania, pozostaje duży margines do świadczenia usług energetycznych poprzez taką flotę.

Podsumowanie

Wraz z implementacją nowych technologii otwierane są zupełnie nowe rynki. Samochody elektryczne wprowadzają rewolucję, nie tylko na rynku *automotive*, ale i na wielu innych polach, takich jak energetyka, inżynieria materiałowa czy rynki surowcowe (ropa, lit, miedź). Coraz więcej państw deklaruje prawne usankcjonowanie konwersji na samochody elektryczne, a coraz większa liczba producentów rozszerza swoją ofertę o takie samochody. Wraz ze wzrostem rynku, tworzony jest duży potencjał magazynowania energii. Obecnie wykorzystanie systemów V2G może jedynie w minimalny sposób przyczynić się do ułatwienia implementacji pojazdów elektrycznych w naszej rzeczywistości energetycznej. Aktualny stan techniki nie pozwala na wydajne wdrożenie koncepcji, dlatego niezbędny jest duży rozwój technologiczny, który otworzy nowe możliwości. W kwestiach energetyki będą musiały zaistnieć znaczące zmiany, aby transformacja była możliwa. Kluczem do rozwiązania problemów energetycznych jest inteligentne zarządzanie energią oraz jej magazynowanie. W przyszłości samochody elektryczne mogą odegrać znaczącą rolę w równoważeniu rynku energetycznego oraz stanowić alternatywę dla konwencjonalnych technologii, takich jak elektrownie szczytowe.

Literatura

- International Electrotechnical Commission (2011). *Electrical Energy Storage*. Pobrane z: <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-energystorage-LR-en.pdf> (1.06.2017).
- Karkowski, P. (2009). *Toksyczne opcje. Od zaufania do bankructwa*. Warszawa: Wydawnictwo GreenCapital.pl.
- Kempton, W. (2004). *Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy*. Pobrane z: http://assets.fiercemarkets.net/public/smartgridnews/V2G-Implementation_Kempton_Dec_2004.pdf (1.06.2017).
- Kempton, W. (2001). *Vehicle-to-Grid Power: Battery, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles as Resources for Distributed Electric Power in California*. Pobrane z: <http://www1.udel.edu/V2G/docs/V2G-Cal-2001.pdf> (1.06.2017).
- Lazard (2015). *Lazard's levelized cost of storage analysis*. Pobrane z: <https://www.lazard.com/media/2391/lazards-levelized-cost-of-storage-analysis-10.pdf> (1.06.2017).
- Mapels, B.A. (2010). *The Use of Plug-in Hybrid Electric Vehicles For Peak shaving*. Pobrane z: http://scholar.colorado.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1014&context=mcen_gradetds (1.06.2017).
- Number of vehicles registered in United States from 1990 to 2015*. Pobrane z: www.statista.com (1.06.2017).
- Parks, K. (2007). *Costs and Emissions Associated with Plug-In Hybrid Electric Vehicle Charging in the Xcel Energy Colorado Service Territory*. Pobrane z: http://www.altomelbilen.dk/rapporter/El_vehicles_and_hybrids_study.pdf (20.06.2017).
- Solar cell central Pobrane z: http://solarcellcentral.com/cost_page.html (3.06.2017).
- U.S. Energy Information Administration (2017). Average Price of Electricity to Ultimate Customers by End-Use Sector. Pobrane z: https://www.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.php?t=epmt_5_6_a (17.06.2017).
- U.S. Energy Information Administration (2015). Existing Capacity by Energy Source. Pobrane z: https://www.eia.gov/electricity/annual/html/epa_04_03.html (20.06.2017).
- Wirth, H. (2017). *Recent Facts about Photovoltaics in Germany, Fraunhofer ISE*. Pobrane z: <https://www.ise.fraunhofer.de> (28.06.2017).

Cytowanie

- Wiślański, M. (2017). Pojazdy elektryczne jako rozproszone magazyny energii – potencjał magazynowania energii w kontekście rozwoju elektromobilności. *Europa Regionum*, 3 (XXXII), 133–145. DOI: 10.18276/er.2017.32-10.