

Hybrydowe układy zasilania stacji ładowania pojazdów elektrycznych

Autorzy: Piotr Stawski, Edward Ziaja

("Energetyka" - 12/2016)

1. Wstęp

W ostatnich latach w wielu krajach, w tym USA, Chinach, UE, podejmuje się działania na rzecz ochrony klimatu. Znaczący udział w emisji niepożądanych pyłów i gazów ma transport. Jednym ze środków do ograniczenia tej emisji jest rozwój segmentu produkcji i wykorzystania samochodów elektrycznych oraz innych środków transportu z napędem elektrycznym (transport e-mobility). Rozwój transportu e-mobility wpływa na zmniejszenie zależności krajów od paliw otrzymywanych w procesie przerobu ropy naftowej. Dla przykładu jednym z celów rządu niemieckiego jest wykorzystywanie przynajmniej 1 miliona pojazdów z napędem elektrycznym do 2020 [1] r. Rozwój sektora e-mobility i zwiększenie stopnia wykorzystania pojazdów elektrycznych (EV – electrical vehicles) ma przynieść znaczące korzyści ekonomiczne i środowiskowe w transporcie i w sektorze energetycznym. Rozwój sektora EV oprócz spodziewanych korzyści stanowi również wielkie wyzwanie dla systemu dystrybucji energii elektrycznej z uwagi na konieczność rozwoju infrastruktury systemów ładowania baterii tych pojazdów. Prace badawczo-rozwojowe w ramach tej problematyki obejmują zarówno technologię stacji ładowania, ale również ich optymalne rozmieszczenie i wpływ na sieć dystrybucji energii elektrycznej.

2. Technologie EV

Poziomy ładowania i infrastruktura

Stacje ładowania pojazdów elektrycznych stanowią najważniejszy element całej struktury urządzeń dostarczających energię od źródła do punktu ładowania baterii (EVSE – EV supply equipment). Instytut EPRI (Electric Power Research Institute) i Stowarzyszenie Inżynierów Transportu (SAE – Society of Automotive Engineers,) wprowadza trzy podstawowe kategorie poziomów ładowania pojazdów elektrycznych: 1 – wolne ładowanie prądem zmiennym (AC Level 1), 2 – szybkie ładowanie prądem zmiennym (AC Level 2) oraz 3 – szybkie ładowanie prądem stałym (DCFC – direct current fast charging) [2,3]. Nowe wydanie standardów SAE wprowadza podział kategorii DCFC na dwa poziomy: DC Level 1 i DC Level 2 [4]. International Electrotechnical Commission (IEC) również definiuje cztery kategorie ładowania: AC Mode 1 (wolne), AC Mode 2, (wolne) AC Mode 3 (wolne/szybkie) i DC Mode 4 (szybkie) oparte na standardzie IEC 61851-1 [5].

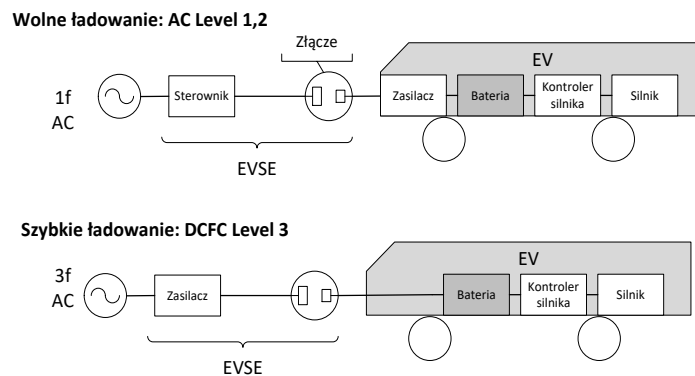
Na chwilę obecną większość użytkowników EV ładuje baterie w trybie wolnym w domu w trybach AC Level 1 i AC Level 2.

Poziom ładowania AC Level 1

Poziom ładowania jest stosowany w USA. Podstawowe parametry sieciowe określa napięcie sieci na poziomie 120 V prądu zmiennego (AC) i wartości prądu 15 A (12A stosowane) lub 20A (16 A stosowane). Ładowanie prądem 12 A jest dwukrotnie dłuższe od ładowania prądem 16 A. Poziom ten udostępnia moc w zakresie 1,4÷1,9 kW w zależności od wielkości prądu. Czas ładowania baterii to 8÷16 godzin w zależności od typu baterii i jej pojemności. Ten typ ładowania jest najtańszym i najczęściej stosowanym trybem ładowania w domach typu rezydencje jak i w budynkach wielorodzinnych. Dla przypadków ładowania w domu, w dolinie nocnej zapotrzebowania, nie jest wymagana specjalna infrastruktura sieciowa. Koszty stacji ładowania szacuje się na poziomie 500÷880\$ [6].

Poziom ładowania AC Level 2

Ten standard ładowania może być stosowany zarówno przez użytkowników prywatnych w domach wolnostojących jak i w budynkach wielorodzinnych bądź usługowych. Napięcie ładowania 240V prądem zmiennym jedno-fazowym 40 A dla instalacji prywatnej lub 400V prądem zmiennym trój-fazowym 80 A dla instalacji w budynkach usługowych lub publicznych. Dominują rozwiązania 40 A (32 A stosowane). Poziom ten udostępnia moc w zakresie 7,7÷25,6 kW w zależności od wielkości prądu. Czas ładowania baterii to 4÷8 godzin. Typowy proces ładowania odbywa się w nocy – wyłączone są wówczas inne domowe odbiorniki energii elektrycznej (kuchenki, pralki). Koszt instalacji ładowania w domu wolnostojącym ocenia się na 2150÷2300\$ [6], natomiast instalacji komercyjnej na minimum 1500\$ [7]. Dla przykładu system ładowania Roadster Tesli to koszt około 3000\$.



Rys. 1. Podstawowe schematy ładowania.
EV – pojazd elektryczny, EVSE – stacja ładowania (Electrical Vehicle Supply Equipment)

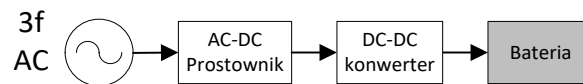
Poziom ładowania DC Level 3 (DCFC)

Tryb ładowania prądem stałym przeznaczony jest do szybkiego ładowania dla użytkowników komercyjnych lub publicznych. Powinien umożliwić ładowanie na poziomie 80% pojemności baterii w czasie 10÷15 minut prądem stałym. Pozostałe 20% pojemności

wymaga znacznie dłuższego czasu [8]. Stacja ładowania (EVSE) zasilana jest przez obwody prądu zmiennego o napięciu 208÷600 V AC i wartości prądu na poziomie 200A. Stosowane są konektory w standardzie typu SAE J1722 „Combo” lub japoński CHAdeMO [8]. Zgodnie z nowym standardem SAE w trybie DCFC wyróżnia się systemy o mocy wyjściowej w zakresie ≤ 40 kW (DC Level 1) i w zakresie 40÷100 kW (DC Level 2). Koszt infrastruktury zasilania DCFC szacuje się na 50000\$÷160000\$ w zależności od typu i jakości komponentów [9]. Podstawowe schematy ładowania przedstawiono na rysunku 1.

Typy systemów ładowania

Urządzenie do ładowania dostarcza prąd do akumulatorów pojazdów elektrycznych i kontroluje jego przepływ. Zawiera wbudowany prostownik konwertujący prąd zmienny na prąd stały (AC-DC). Podstawowy schemat tego procesu jest przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Podstawowy schemat systemu ładowania baterii

Wyróżnia się różne typy systemów ładowania w zależności od sposobu dostarczenia energii: przewodowe, indukcyjne lub z wymianą baterii.

Ładownie przewodowe

Ładownie przewodowe jest typowym, najczęściej stosowanym sposobem dostarczenia energii do baterii. Urządzenie do ładowania może być wbudowane lub zewnętrzne. Najczęściej urządzenia wbudowane służą do wolnego ładowania, natomiast zewnętrzne do szybkiego.

Ładownie indukcyjne

Ładowanie indukcyjne, bezprzewodowe wykorzystuje pole elektromagnetyczne do przesyłania energii do akumulatora. Jego zaletą jest zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa procesu ładowania, natomiast wadą mała sprawność i znaczne straty mocy. Komercyjne urządzenia ładowania tego typu osiągają sprawność do 92% [10].

Systemy wymiany baterii

W systemie tym zastępuje się baterię rozładowaną baterią w pełni naładowaną. Dokonuje się tego w odpowiednich punktach wymiany (BSS – battery swapping stations). Zaletą takiego systemu jest wydłużenie cyklu życia baterii, minimalizacja kosztów zarządzania obsługą baterii, krótki czas wymian, np. dla Tesli czas wymiany to około 90s. Z punktu widzenia systemu elektroenergetycznego ma znaczenie szansa unikania zapotrzebowania szczytowego. Do wad tego systemu należy zaliczyć wysokie koszty

inwestycji oraz znaczące powierzchnie terenu na odpowiednią infrastrukturę. Na chwilę obecną ten system rozwijają Chiny. Planują zbudować 12000 stacji BSS i 4,5 milionów punktów ładowania do 2020r [11].

Akumulatory i sposoby ładowania

Akumulatory są podstawowym źródłem energii dla pojazdów EV. W ostatnich latach obserwuje się znaczący postęp w ich rozwoju od kwasowo-ołowiowych do litowo-jonowych i litowo-siarkowych. Postęp w rozwoju akumulatorów warunkuje rozwój sektora pojazdów EV. Tradycyjne sposoby obejmują techniki ładowania stałym prądem (CC - constant current), przy stałym napięciu (CV – constant voltage), stałą mocą (CP – constant power), słabym prądem (TC – trickle current), o zmiennych parametrach (TF – taper and float). Techniki zaawansowane stosują złożone cykle ładowania o zmiennych parametrach, w m.in. typu CC-CV lub impulsowe.

Szybkie ładowanie

Do ładowania akumulatorów litowo-jonowych powszechnie stosuje się metody typu CC-CV. Jedną z zalet jest ograniczanie prądu i napięcia poprzez odpowiedni sterownik, m.in. w celu ograniczeniu przepięć i stresów termicznych. W pierwszej fazie cyklu ładowania stosowany jest tryb CC do szybkiego naładowania do określonej wartości granicznej, a następnie trym CV. Tryb CV zapewnia ograniczenie napięcia ładowania, zabezpieczenie przed przepięciami w celu ograniczenia strat i przedłużenia życia akumulatora. Dla obniżenia temperatury urządzenia w czasie ładowania proponuje się stosowanie odpowiednich przerw technologicznych [12]. Metoda ta jest rozwijana m.in. poprzez stosowanie algorytmów optymalizacji profili ładowania. Może to skutkować znacznym skróceniem czasu ładowania przy utrzymaniu pożądanych parametrów technologicznych.

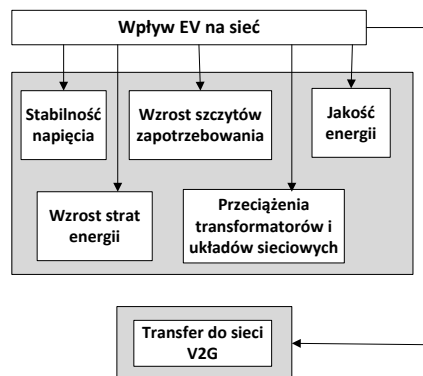
Stosowane są również techniki ładowania pulsowego (PC) [13]. Konieczne jest precyzyjne sterowanie pulsami. Czas ładowania może być nawet do 4 razy w porównaniu do technik CC-CV, np. w przedziale 20%÷80% stanu naładowania akumulatora. Metody PC mają jednak dużo różnych ograniczeń i stąd wymagają dalszych prac badawczych.

Standardy konektorów

W różnych regionach stosowane są różne systemy konektorów, najczęściej z wykorzystaniem standardów IEC i SAE. W Japonii wprowadzono własny standard do szybkiego ładowania CHAdeMO [8]. Konektor SAEJ1772 Combo zapewnia możliwość ładowania w standardzie AC prądem zmiennym jak i szybkiego ładowania prądem stałym DCFC. Standardy IEC/ISO są dedykowane dla rynku europejskiego. Europejskie rozwiązania różnią się w stosunku do amerykańskich w przypadku zasilania stacji EVSE prądem trójfazowym (dwa dodatkowe piny) – USA stosuje się zasilanie prądem jednofazowym. Systemy sterowania i komunikacji są jednakowe [8].

3. Wpływ pojazdów EV na sieć

Rozwój rynku pojazdów elektrycznych spowoduje wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną pobieraną z sieci dystrybucyjnej. Ładownie wielkiej liczby samochodów może znacząco wpływać na parametry pracy sieci, np. powodować przeciążenia elementów sieci. Wpływ pojazdów elektrycznych na sieć zależy od wielu czynników, przede wszystkim od stopnia/skali rozwoju rynku pojazdów EV, jego udziału w stosunku do całego rynku pojazdów. Zależy także od wielu innych czynników, w tym od rodzajów pojazdów, typów baterii, charakterystyk ładowania, rozmieszczenia miejsc ładowania w sieci, stanów naładowania baterii, czasów ładowania, profili ładowania flot pojazdów, średnich dystansów dla pojazdów, strategii zarządzania zapotrzebowaniem DSM (Demand-Side Management), taryf. Główne obszary zagadnień analizowanych w kontekście rozwoju rynku pojazdów elektrycznych przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 3. Wpływ EV na sieć – podstawowe grupy zagadnień.

Stabilność napięciowa

Charakterystyki ładowania stacji EVSE są z natury nieliniowe. W procesie ładowania baterii z reguły wymagana jest duża moc pobierana w krótkim czasie. Może to mieć znaczenie dla bezpiecznej pracy sieci, w szczególności dla przypadków pracy sieci w pobliżu granic stabilności. Taka sytuacja z pewnością będzie wymagać stosownego modelowania i planowania pracy sieci a także budowy dedykowanych systemów nadzoru i regulacji zarówno po stronie stacji EVSE jak i sieci.

Wzrost szczytów obciążenia

W przypadku znacznego rozwoju infrastruktury zasilania dla pojazdów elektrycznych można oczekiwać wzrostów zapotrzebowania mocy, w tym wzrostów w okresach szczytowych. Wzrost mocy szczytowej jest szczególnie niepożądany z punktu widzenia pracy systemu elektrycznego. Wymagane będą działania zmierzające do przesuwania/ścianania tego szczytu. Jednym ze sposobów jest zastosowanie inteligentnego sterowania procesami ładowania. Jednym ze sposobów zapewnienia pokrycia zwiększonego zapotrzebowania jest rozwój lokalnych elastycznych źródeł generacji i zasobników energii do wspomoczenia zasilania stacji EVSE – hybrydowej architektury zasilania stacji EVSE.

Jakość energii elektrycznej

Stacje ładowania EVSE posiadają nieliniowe charakterystyki i stąd mogą być źródłem generacji niepożądanych harmonicznych do sieci. Jednym ze sposobów redukcji harmonicznych jest stosownie odpowiednich technologii ładowania, w tym odpowiednie sterowanie przekształtnikami prądu. Mogą być stosowne również filtry harmonicznych. W dużym stopniu te problemy są rozwiązywane przez producentów stacji ładowania.

4. Hybrydowe struktury zasilania stacji ładowania EV

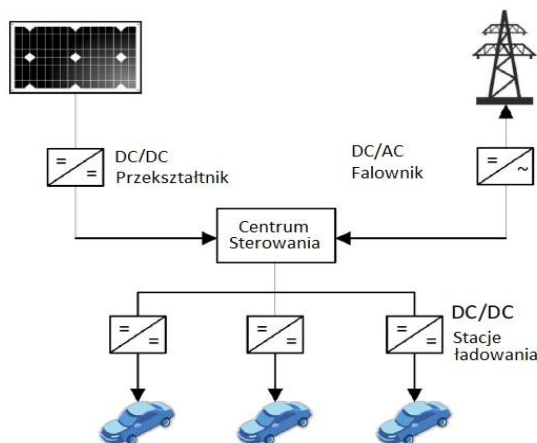
Zasilanie z baterii słonecznych (PVEV)

Infrastruktura zasilania dla pojazdów elektrycznych obejmuje indywidualne systemy wolnego ładowania baterii w domu oraz systemy ładowania szybkiego przewidziane dla większych grup użytkowników, np. na parkingach lub centrach usługowych. Stacje szybkiego ładowania wykorzystywane są przeważnie w ciągu dnia, w tym w szczytach zapotrzebowania, a więc mogą znacząco oddziaływać na sieć. Jednym ze sposobów zmniejszenia tego wpływu jest zasilanie tych stacji z dodatkowych lokalnych źródeł generacji – źródeł odnawialnych, ogniw paliwowych, zewnętrznych baterii. Jednym z interesujących koncepcji jest zastosowanie paneli fotowoltaicznych (PV) do zasilania stacji EVSE na parkingach (PVEV). W tym przypadku optymalnie wykorzystana jest powierzchnia - panele PV są montowane na dachach wiat. Przykład takiej instalacji pokazano na rysunku 4 [14].

Do ważnych miejsc, dla których przewiduje się instalacje systemów PVEV są wewnętrzne parkingi różnych instytucji dla pracowników przebywających w pracy [15]. Ważnym powodem kojarzenia instalacji ładowania pojazdów z lokalną generacją jest dążenie do minimalizacji wymiany energii z siecią. Do korzyści można zaliczyć: zmniejszenie energii z sieci dystrybucyjnej na potrzeby ładowania, wykorzystanie lokalnych źródeł odnawialnych, a



Rys.4. Nieduże parkingowe stacje ładowania pojazdów EV



Rys. 5. Typowa struktura stacji PVEV

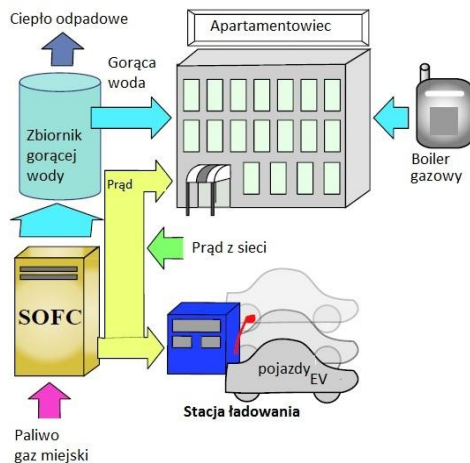
przy większych powierzchniach możliwość zastosowania technologii V2G (Vehicle to Grid), tj. przesyłanie zwrotne energii z baterii do sieci np. w stanach zagrożenia. Jednym z argumentów na rzecz stosowania takich rozwiązań jest znaczący efekt zmniejszenia niepożądanego emisji gazów cieplarnianych (GHG- Greenhouse Gas) innych zanieczyszczeń, w tym CO₂. Dla przykładu ekwiwalentna emisja gazów w przypadku ładowania pojazdów EV energią elektryczną produkowaną z węgla jest na poziomie 126-155 g/km w stosunku do 0-4 g/km dla przypadku 50% z fotowoltaiki i 50% z turbin wiatrowych [16]. Typowa struktura stacji przedstawiona jest poglądowo na rysunku 5. Optymalizacja stacji PVVE jest złożonym zadaniem dopasowania różnych parametrów i charakterystyk systemu fowoltaicznego (nasłonecznienie, lokalne zmiany pogody, moc systemu, technologie systemu PV) do parametrów stacji ładowania i pojazdów elektrycznych (liczba pojazdów, ich parametry, średnie czasy ładowania, stany naładowania akumulatorów). Należy wziąć pod uwagę również wymagania systemowe - ograniczenia lokalnej sieci dystrybucyjnej (ograniczenia na moc, konieczność przesuwania szczytów obciążenia) oraz ekonomiczne (różne taryfy w różnych okresach ładowania). W okresach weekendowych, w których przewidywane korzystanie z parkingów jest znikome, nadmiar energii z PV może być przesłany do sieci lub niekiedy zmagazynowany. By maksymalizować proces ładowania, generacja PV musi w jak największym stopniu dopasowana do profili ładowania pojazdów. Z reguły wyróżnia się dwie podstawowe strategie ładowania [17]: a) ładowanie w sposób przypadkowy w którym pojazdy zaczynają być ładowane zaraz po zaparkowaniu oraz b) ładowanie optymalne. W pierwszym przypadku procesy ładowania mogą w znaczący sposób wpływać niekorzystnie na sieć elektroenergetyczną, np. przeciążenia, fluktuacje częstotliwości i napięcia. W przypadku stosowania drugiej strategii czas startu i trwania ładowania, moc ładowania, napięcie i prąd ładowania ustalany jest poprzez nadrzędny system nadzoru. W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele przykładów zastosowań stacji PVEV jak również i rozbudowanych modeli funkcjonowania takich stacji w środowisku smartgrid. Gwałtowny rozwój technologii PV z jednej strony oraz rozwój technologii pojazdów EV i infrastruktury ładowania w skojarzeniu z niekiedy bardzo śmiałymi koncepcjami rozwoju całego sektora e-mobility transportu (w tym również w Polsce) skłania do wniosku, że stacje typu PVEV będą szerzej stosowane. Już teraz ocenia się, że systemy PV montowane na parkingach mogą zapewnić stan naładowania pojazdów EV na poziomie 75÷100% w zależności od ich lokalizacji i mocy oraz od założonych średnich przebiegów pojazdów.

Zasilanie z ogniwo paliwowych

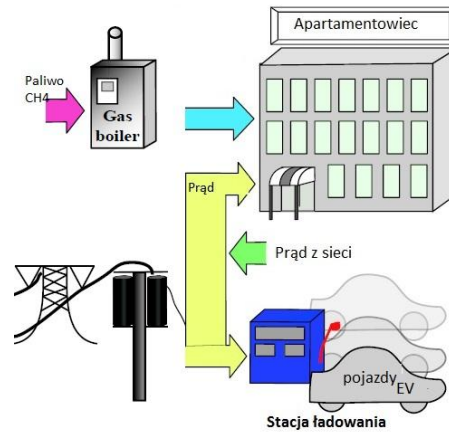
Wśród technologii generacji energii elektrycznej które mogą być wykorzystane do zasilania stacji ładowania pojazdów elektrycznych są ogniwa paliwowe (FC – Fuel Cell). Technologie FC, są intensywnie rozwijane od wielu lat. Obejmują FC z membraną polimerową (PEFC – polimer electrolite FC), z kwasem fosforowym (PAFC – phosphoric-acid FC), ze stopionym węglanem (MCFC – molten carbonate FC) oraz stałotlenkowe (SOFC – solid oxide FC). Produkowane ostatnio bardzo cienkimi membranami ceramicznymi z itrem (YSZ – Yttria-stabilized Zirconia) dla technologii SOFC pozwalają na pracę ogniwo w temperaturze około 700°C i są względnie tanie [18]. Umożliwiają również zmniejszenie wymiarów stosu paliwowego, a więc i całego urządzenia. Zastosowanie ogniwa SOFC do zasilania stacji

ładowania pojazdów elektrycznych (EVSE) zaproponowano m.in. w pracy [19]. Przeanalizowano możliwość zastosowania kogeneracyjnego ogniwa SOFC do zasilania domu wielorodzinnego (18 rodzin). Bazując na wieloletnich pomiarach zapotrzebowania energii elektrycznej i ciepła zaproponowano układ działający w schemacie jak na rysunku 6a. Pracę tego układu porównywaną z pracą systemu bazowego jak na rysunku 6b.

By pokryć zapotrzebowanie na doładowanie 18 pojazdów zaproponowano SOFC o mocy



Rys.6a. SOFC w układzie zasilania domu wielorodzinnego ze stacją zasilania EV



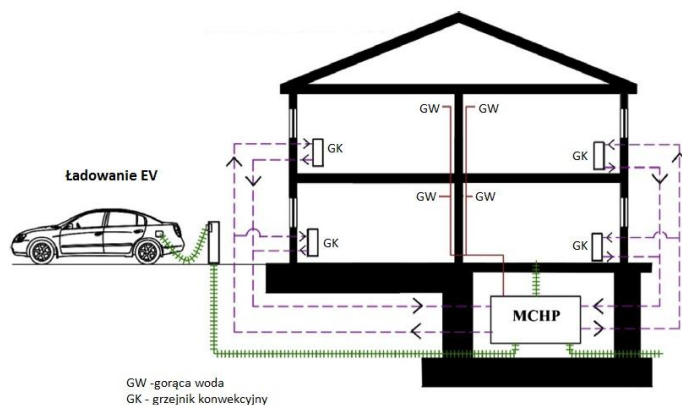
Rys.6b. Bazowy układ zasilania domu wielorodzinnego ze stacją zasilania EV

12 kW by zapewnić energię 54kWh w okresie ładowania. Przyjęto założenie: zużycie energii 0,15 kWh/km, 20 km średniego przebiegu dziennie - 0,15x20x18. Przeanalizowano różne scenariusze ładowania uzyskując średnią sprawność systemu na poziomie 77% roczne

(LHV) i oszczędzając ok 30% w paliwie pierwotnym.

Zasilanie z układów klasycznej mikro kogeneracji (μ CHP)

W pracy [20] przedstawiono układ kogeneracyjny z silnikiem gazowym przeznaczony do zasilania domu dwurodzinnego typu „bliźniak” o powierzchni ok 324 m². Wykonano symulację pracy układu na podstawie danych z dwóch lokalizacji we Włoszech (Neapol i

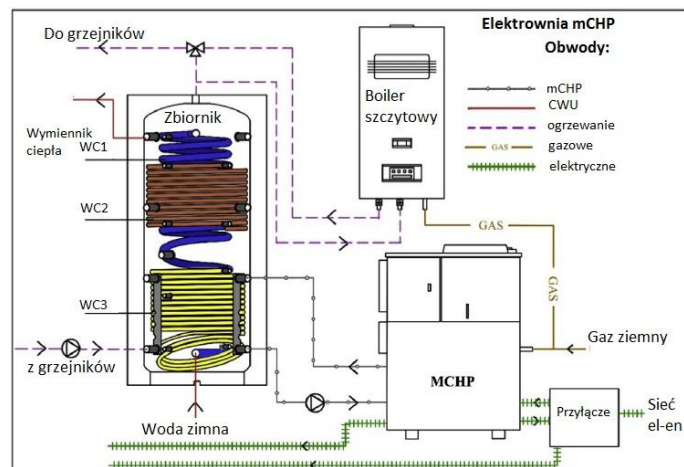


Rys.8. Rola μ CHP w zasilaniu domu dwurodzinnego

Turyn) o różnych warunkach grzewczych. Układ elektryczny generatora skojarzono ze stacją ładowania pojazdów elektrycznych. Stacja ładowania ma moc 3,3 kW i sprawność 86%. Do zasilania budynku zastosowano μ CHP o mocy 20,8 kW (6 kW_e, 11,7 kW_{th}) o całkowitej sprawności 85% (28,8%_e, 56,2%_{th}).

Schemat funkcjonalny instalacji przedstawiono na rysunkach 8 i 9.

Wpływ ładowania pojazdów EV na pracę całego układu oceniono stosując dwie strategie ładowania. Pierwsza strategia – ładowanie natychmiast po zaparkowaniu, druga – to ładowanie w optymalnym skojarzeniu z pracą mCHP, tak by maksymalizować zużycie z tego źródła. Podstawowe wnioski to: a) integracja EV z mCHP pozwana zredukować wpływ ładowania pojazdów EV na sieć. Szczyt obciążenia



Rys. 9 Schemat instalacji mCHP.

energii z sieci jest obniżony i może być przeniesiony na okresy poza szczytem; b) zmniejszona jest ilość energii elektrycznej wyprowadzona do sieci, wpływa to pozytywnie na obniżenie kosztów eksploatacji; c) stosując optymalne strategie ładowania uzyskano zwiększenie udziału konsumpcji energii z własnych źródeł co prowadziło do obniżenia kosztów eksploatacji w zakresie 1÷11%.

Pomimo wysokich kosztów instalacji, stosowanie podobnych rozwiązań będzie uzasadnione z uwagi na mocne lokalne ograniczenia w dostępie do energii sieciowej.

Zastosowanie zasobników energii

Zastosowanie zasobników energii może (ES – Energy storage) może być kluczowe dla zwiększenia funkcjonalności stacji ładowania pojazdów elektrycznych, np. w przypadku konieczności równoległego, szybkiego ładowania wielu pojazdów. Magazynowanie energii w skojarzeniu ze źródłami odnawialnymi oraz stacjami ładowania pojazdów ma również wielkie znaczenie dla pracy sieci dystrybucyjnej. W literaturze można znaleźć wiele przykładów opisów aplikacji bądź modelowania układów EV-ES. Są to głównie bateryjne zasobniki energii, ale również i super kondensatory [21,22]. W pracy [22] opisano np. zastosowanie obydwu tych technologii magazynowania energii w jednej mobilnej, umieszczonej na samochodzie, stacji ładowania

Wnioski

Z uwagi na spodziewany szybki rozwój sektora pojazdów elektrycznych podejmowane są intensywne prace budowania odpowiedniej infrastruktury. Jednym z kluczowych elementów tej infrastruktury są stacje ładowania pojazdów. By możliwie jak najmniej obciążać sieć dystrybucyjną, a jednocześnie zapewnić wymaganą funkcjonalność stacji ładowania stosuje się hybrydowe rozwiązania zasilania stacji, tj. rozwiązania z

dotychczasowym lokalnym źródłem energii bądź zasobnikami energii. Takie rozwiązania będą z pewnością dalej rozwijane. W Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych Sp. z o.o. funkcjonuje laboratorium alternatywnych źródeł energii z podsystemami PV, SOFC i mini turbiną wiatrową. Wydaje się, że urządzenia te można w przyszłości zintegrować z parkingową stacją ładowania tworząc nowoczesną hybrydową stację zasilania pojazdów elektrycznych.

Literatura

- [1]. M.Hardinghaus, H.BlüC. Seidel: Charging infrastructure for EVs – the case of Berlin. Transportation Research Arena 14 (2016) 2594-2603.
- [2]. <https://longtailpipe.com/ebooks/green-transportation-guide-buying-owning-charging-plug-in-vehicles-of-all-kinds/electric-car-charging-advice-systems/ev-dc-fast-charging-standards-chademo-ccs-sae-combo-tesla-supercharger-etc/>
- [3]. EV charging infrastructure deployment guidelines BC. Electric Transportation Engineering Corporation; 2009, p.1-51.
- [4]. Installation guide for electric vehicle supply equipment (EVSE), <http://www.mass.gov/eea/docs/doer/clean-cities/ev-charging-infrastructure-manual.pdf>
- [5]. Electric Vehicle Conductive Charging System-part1: General Requirements. 2.0 Ed., IEC 61851; 2010.
- [6]. Morrow K, Karnerb D, Francfort J. Plug-in hybrid electric vehicle charging infrastructure review. U.S. Department of energy vehicle technologies program, final report;2008, p.1-40.
- [7]. Plug-In electric vehicle handbook for Public Charging Station Hosts. U.S Department of Energy; 2013. p. 1-20.
- [8]. Braunl T.EV Charging Standards 2012:1–5.
- [9]. Aneqawa T. Development of quick charging system for electric vehicle. Proc World Energy Congr2010:1–11
- [10]. <http://web.stanford.edu/group/peec/cgi-bin/docs/events/2014/10-24-14%20Mi.pdf>.
- [11]. <http://eshare.cnchemicals.com/publishing/home/2015/10/15/2018/china-announces-%E2%80%98game-changing%E2%80%99-investment-in-ev-charging-infrastructure.html>.

- [12]. Al-karakchi AAA, Lacey G, Putrus G. A method of electric vehicle charging to improve battery life. In: Proceedings of the 2015 50th International Universities Conference (UPEC) on Power Engineering, Trent; 2015. p. 1-3.
- [13]. HIGHLY EFFICIENT SIC BASED ONBOARD CHARGERS FOR PLUG-IN ELECTRIC VEHICLES, Haoyu Wang; http://drum.lib.umd.edu/bitstream/handle/1903/15901/Wang_umd_0117E_15539.pdf;sequence=1
- [14]. http://www.solarbipvpanels.com/Parking_Solar_PV_Sunshade/Parking_lot_n_solar_pv_sunshade.htm
- [15]. G.R. Chandra Mouli, P. Bauer ↑, M. Zeman: System design for a solar powered electric vehicle charging station for workplaces; Applied Energy 168 (2016) 434–443
- [16]. Ertrac. EPoSS and SmartGrids, European road map – electrification of road transport. No.November,pp.1–21,2012.
- [17]. 1 Pedro Nunes, RaquelFigueiredo, MiguelC.Brito: The use of parking lots to solar-charge electric vehicles; RenewableandSustainableEnergyReviews66(2016)679–693
- [18]. Kun Joong Kim, Byung Hyun Park, Sun Jae Kim, Younki Lee, Hongyeul Bae, Gyeong Man Choi: Micro solid oxide fuel cell fabricated on porous stainless steel: a new strategy for enhanced thermal cycling ability; http://www.nature.com/articles/srep22443?WT.feed_name=subjects_electrochemistry.
- [19]. T. Tanaka, H. Kamiko, T. Bando, A. Zaffirah, N. Kakimoto, Y. Inui, T. Maeda: Energetic analysis of SOFC co-generation system integrated with EV charging station installed in multifamily apartment; International journal of hydrogen energy 39 (2014) 5097-5104.
- [20]. Giovanni Angrisani, Michele Canelli ↑, Carlo Roselli, Maurizio Sasso: Integration between electric vehicle charging and micro-cogeneration system; Energy Conversion and Management 98 (2015) 115–126
- [21]. D. Sbordonea, I. Bertinib, B. Di Pietrab, M.C. Falvoa, A. Genoveseb, L. Martiranoa: EV fast charging stations and energy storage technologies: A real implementation in the smart micro grid paradigm. Electric Power Systems Research 120 (2015) 96–108
- [22]. Tinton Dwi Atmajaa, Amin: Energy storage system using battery and ultracapacitor on mobile charging station for electric vehicle, Energy Procedia 68 (2015) 429 – 437