

Poprawa warunków pracy sieci elektroenergetycznej przy wykorzystaniu pojazdów z napędem elektrycznym

Konrad Zajkowski, Krystian Seroka, Daniel Matyja

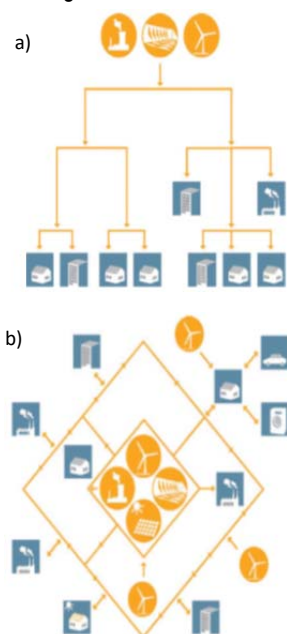
Słowa kluczowe: samochód elektryczny, Smart Grid, źródło energii, Vehicle to Grid

Streszczenie

W artykule przedstawiono sposób wykorzystania energii elektrycznej pojazdów z napędem elektrycznym niebędących w ruchu do poprawy warunków pracy sieci elektroenergetycznej. Omówiono zalety tego rozwiązania oraz przedstawiono słabe strony tej technologii. Przybliżono zasadę działania superkondensatora.

Wstęp

Z powodu prostoty przesyłu i dystrybucji, najbardziej rozpowszechnionym typem energii jest energia elektryczna. Jest ona wykorzystywana przez ponad 7 mld ludzi na całym świecie. Wzrost konsumpcji tej energii powoduje zwiększenie generacji zanieczyszczeń atmosferycznych, produkowanych przez przestarzałe technologicznie elektrownie.



Rys. 1. Hierarchiczna sieć elektroenergetyczna (a) porównana z siecią Smart Grid (b)

Źródło: <http://slideplayer.pl/slide/824269/>

Wzrost tego zapotrzebowania prowadzi do poszukiwania nowych sposobów produkcji energii w sposób bezpieczny dla środowiska. Obecnie energia ekologiczna stanowi 9,3% udziału w całkowitym zapotrzebowaniu ludzkości, zaś w Polsce jest to zaledwie 4,6%. Unowocześnienie struktury sieci elektroenergetycznych, przykładowo do sieci Smart Grid, pozwoli

na sprawniejszą komunikację między wszystkimi uczestnikami rynku: produkcji, dystrybucji i konsumpcji.

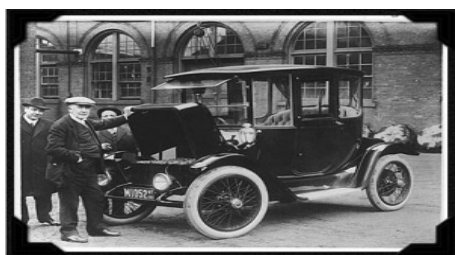
Dzisiejsze systemy elektroenergetyczne opierają się głównie na dużych elektrowniach węglowych i jądrowych. Awaria choćby jednej elektrowni w takiej strukturze powoduje pozbawienie energii elektrycznej ogromnej ilości klientów. Zastosowanie systemu Smart Grid wraz z rozproszonym systemem produkcji energii zmniejszy ryzyko awarii, która może doprowadzić do stanu zapaści w systemie, zwanym stanem BlackOut. Polega to na powstawaniu awarii, przez które dochodzi do przekroczenia dopuszczalnych wartości parametrów pracy sieci, co prowadzi do automatycznego odłączenia jednostek wytwórczych. Wykorzystując rozproszony system produkcyjny, zbudowany z mniejszych elektrowni odnawialnych, można doprowadzić do poprawy jakości energii elektrycznej. Na takie rozwiązania mają pozwolić inteligentne sieci energetyczne. Przyszłością tych sieci jest powstawanie małych elektrowni ekologicznych, pracujących w większości lub w każdym gospodarstwie domowym.

Warunkiem szybkiego rozwoju takiego systemu wytwórczego jest wykorzystanie technologii ogólnie dostępnych i szeroko używanych w gospodarstwach domowych. Obecne możliwości technologiczne są ograniczone w tym zakresie, lecz trendy wskazują na silne zainteresowanie małymi elektrowniami wiatrowymi i solarnymi. Należy spodziewać się szybkiego rozwoju tych technologii. Nie bez znaczenia jest również duże zainteresowanie przemysłu motoryzacyjnego pojazdami zasilanymi prądem elektrycznym.

1. Pojazdy z napędem elektrycznym

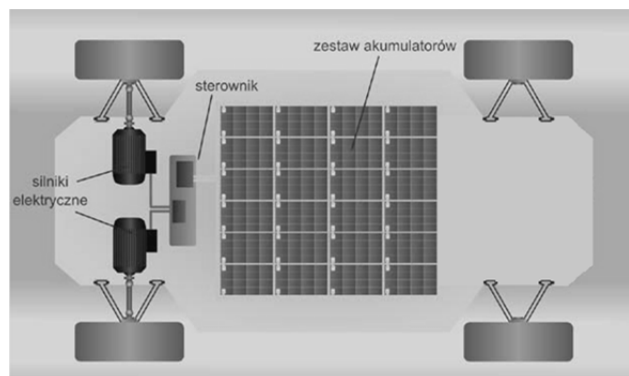
Pojazdy elektryczne były jednymi z pierwszych samochodów wykorzystywanych do przemieszczania się ludzi. Samochody elektryczne są często nazywane jako EV (ang. Electric Vehicle). Po zmagazynowaniu energii elektrycznej w akumulatorach jest ona przekazywana do silnika elektrycznego, który napędza koła

samochodu, bezpośrednio lub pośrednio przez przekładnie mechaniczne. Moment obrotowy silnika elektrycznego dostępny jest od zerowej prędkości obrotowej, zatem nie ma konieczności stosowania sprzęgła i skrzyni biegów. Z tego względu cały układ napędowy jest prostszy niż w układzie spalinowym. Akumulatory ładowane są z zewnętrznego źródła zasilania, przykładowo z domowego gniazdka elektrycznego. Można spotkać kilka rozwiązań napędów elektrycznych, które różnią się między sobą ilością silników elektrycznych, oraz rodzajem lub brakiem przekładni mechanicznych.



Rys. 2. Pierwszy pojazd elektryczny

Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Pojazd_elektryczny



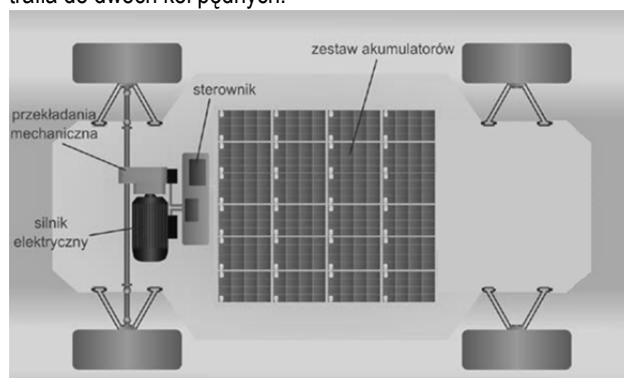
Rys. 3. Samochód elektryczny z indywidualnie napędzanymi kołami

Źródło: <http://www.magazyn-motoryzacyjny.pl/samochody-elektryczne.html>

Przemysł motoryzacyjny jest jeszcze na samym początku transformacji technologii zasilania i przeniesienia napędu. Produkcja samochodów elektrycznych odbywa się w procesie jednostkowym, więc trudno jest w tej chwili rozstrzygnąć, który rodzaj napędu będzie rozwijany. Rozwiązanie z indywidualnymi silnikami elektrycznymi dla dwóch lub czterech kół ma wiele zalet. Przede wszystkim nie jest potrzebna przekładnia mechaniczna, moc z silników jest przekazywana bezpośrednio do kół ze znikomymi stratami. Wykorzystanie osobnych silników do napędzania każdego z 4 kół jest dużo prostsze, w porównaniu z samochodem wyposażonym w jeden silnik. Dodatkowe korzyści jakie płyną z takiego rodzaju napędu to lepsza trakcja dzięki wyeliminowaniu mechanizmu różnicowego, oraz łatwiejsze sterowanie momentem obrotowym każdego z kół.

W przypadku użycia jednego silnika elektrycznego do napędu samochodu elektrycznego, układ napędowy staje się podobny do stosowanych w samochodach spalinowych. Moment obrotowy silnika przekazywany jest do przekładni

redukującej, skąd za pośrednictwem mechanizmu różnicowego trafia do dwóch kół pędnych.



Rys. 4. Samochód elektryczny z pojedynczym silnikiem elektrycznym i przekładnią mechaniczną

Źródło: <http://www.magazyn-motoryzacyjny.pl/samochody-elektryczne.html>

Koncepcja samochodu elektrycznego ma wiele zalet. Najważniejszą z nich jest chyba brak emisji jakichkolwiek zanieczyszczeń: dwutlenek węgla, tlenek węgla, tlenki azotu i węglowodory oraz sadza. Oczywiście prawdą jest, że elektrownie konwencjonalne aby wyprodukować energię elektryczną używają paliw kopalnych i zanieczyszczają środowisko, lecz są one umiejscowione z dala od miejsc zamieszkałych przez człowieka. Obecne elektrownie są wyposażone w bardzo dobre filtry umieszczone na kominach, które nie pozwalają na dużą emisję gazów szkodliwych dla człowieka. Silnik elektryczny dysponuje momentem obrotowym dostępnym od zerowej prędkości obrotowej, jest bardzo cichy i generuje małe wibracje. Dodatkową cechą, która charakteryzuje ten silnik jest przejście w stan generatora, np. przy hamowaniu odzyskuje część energii kinetycznej i zamienia ją w energię elektryczną, ładując w ten sposób akumulatory. Zwykle samochody elektryczne są ciężkie ponieważ zastosowane są w nich akumulatory, co z pewnością ogranicza ich zasięg. Z drugiej strony rozkład masy w samochodzie elektrycznym jest inny niż w tradycyjnym samochodzie. Ciężkie akumulatory są umieszczone w podłodze samochodu. Osiąga się w ten sposób bardzo nisko położony środek ciężkości, który umożliwia lepsze prowadzenie pojazdu. Z racji tego, że akumulatory są umieszczone w podłodze, projektanci karoserii mają szerokie pole do popisu.

2. Pojazdy z napędem elektrycznym jako mobilne magazyny energii

Testy pierwszych pojazdów zintegrowanych z siecią elektroenergetyczną już trwają. Technologia ta została nazwana jako *Vehicle to Grid (V2G)*. Rozwijając ten skrót, rozumieć należy koncepcję wykorzystania pojazdów elektrycznych w chwili ich postoju. Technologia ta opiera się na badaniach, z których wynika, że pojazdy nie są używane przez 95% "swojego życia". W akumulatorach pojazdów elektrycznych jest zgromadzona duża ilość nie wykorzystanej energii. Idea tej technologii jest prosta: ładować akumulatory samochodu nocą, kiedy energii elektrycznej jest w nadmiarze i jest tańsza, następnie sprzedawać ją w porannym lub popołudniowym szczycie energetycznym po lepszym kursie. Taka sytuacja daje korzyści obu stronom. Dla zakładów energetycznych spowoduje to brak problemów z zapewnieniem energii w czasie największych

zapotrzebowań na nią a dla klienta możliwość sprzedaży energii skumulowanej w akumulatorach w lepszej cenie. Metodę tę można stosować nie tylko przy użyciu akumulatorów samochodów elektrycznych. Niedawno firma Tesla stworzyła produkt o nazwie Tesla Powerwall. Jest to akumulator o pojemnościach 7 kWh i 100 kWh. Akumulatory te są przeznaczone do ładowania w czasie tańszej taryfy lub przez wiatraki i ogniwa fotowoltaiczne, następnie oddawanie tej energii w czasie największego zapotrzebowania.

Można przeprowadzić przykładowe szacowanie dla Francji, gdzie łączna moc wytwórcza elektrowni wynosi 130 GW. Przy zamianie wszystkich samochodów na elektryczne, to przy liczbie 38 milionów pojazdów, można by stworzyć rozproszoną elektrownię o mocy 380 GW. Moc tą można jeszcze zwiększyć, gdy oprócz pojazdów elektrycznych, wykorzystają się inne urządzenia elektryczne, np. Powerwall.

3. Wykorzystanie pojazdów elektrycznych jako źródeł energii elektrycznej

Samochody elektryczne nie muszą służyć tylko jako pojazdy służące do transportu. Pojazdy elektryczne przyszłości będą posiadały dodatkową funkcję: jako mobilne magazyny energii (V2G). Pojazdy takie mogą również być wyposażone w panele fotowoltaiczne na dachu pojazdu.



Rys.5. Elektryczny samochód Ford z panelami fotowoltaicznymi na dachu

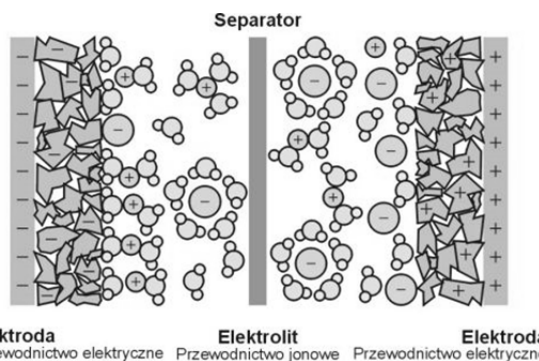
Źródło: <http://www.benchmark.pl/aktualnosci/ford-c-max-solar-energi-samochod-elektryczny-panel-sloneczny.html>

Samochód jako środek transportu wykorzystywany jest średnio przez 1-2 h dziennie. Wykorzystując pojazd w czasie jego spoczynku, stojąc w miejscu w którym docierają promienie słoneczne, może on produkować energię elektryczną. Przy takim rozwiązaniu potrzebna jest infrastruktura do przesyłania energii w jedną i drugą stronę. Spowodowałoby to zwiększenie wytwarzania energii odnawialnej. Niepotrzebne by było budowanie nowych konwencjonalnych elektrowni, gdyż powiększające zapotrzebowanie na energię zostałyby zaspokojone przez tego typu pojazdy. Stworzenie takiej infrastruktury dla samochodów elektrycznych spowodowałoby zaspokojenie potrzeb systemu elektroenergetycznego na wiele lat. Zważywszy, że ilość samochodów spalinych przykładowo w Polsce to prawie 20 milionów. Przy tej samej ilości pojazdów elektrycznych mogłyby one zaspokajać znaczną część zapotrzebowania krajowego na energię elektryczną. Gdyby

pojazdy elektryczne z panelami fotowoltaicznymi zastąpiłyby wszystkie konwencjonalne, to zakładając że jeden panel fotowoltaiczny może wytwarzać 100 kWh/rok, daje łącznie 20 GWh mocy. Moc ta nie zaspokoiliby całkowitych potrzeb systemu, lecz by je zmniejszyła.

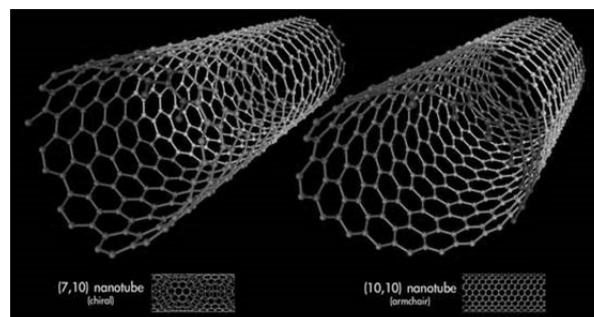
4. Superkondensatory

Głównym czynnikiem powodującym, że pojazdy elektryczne nie są dziś wykorzystywane masowo to mała wydajność i krótka żywotność akumulatorów. Aktualnie są prowadzone badania, które mają na celu zastąpienie niekorzystnej technologii przechowywania energii elektrycznej. Jedną z możliwości jest technologia superkondensatorów. Zaletami tej technologii kumulowania energii jest duża żywotność. Superkondensator cechuje niewielką degradacją właściwości przy wielokrotnym rozładowaniu i ładowaniu. Jego żywotność szacowana jest nawet do miliona cykli. Ich sprawność elektryczna waha się pomiędzy 84-95%. Dużą zaletą jest możliwość działania ich w temperaturach dochodzących nawet -40°C . W zwykłych akumulatorach chemicznych taka temperatura spowodowałaby zmniejszenie pojemności nawet o 50% i szybsze rozładowanie. Wadą superkondensatora jest szybsze rozładowanie w czasie spoczynku oraz spadek wartości napięcia wraz z rozładowaniem.



Rys.6. Ilustracja wyjaśniająca przewodnictwo w superkondensatorze

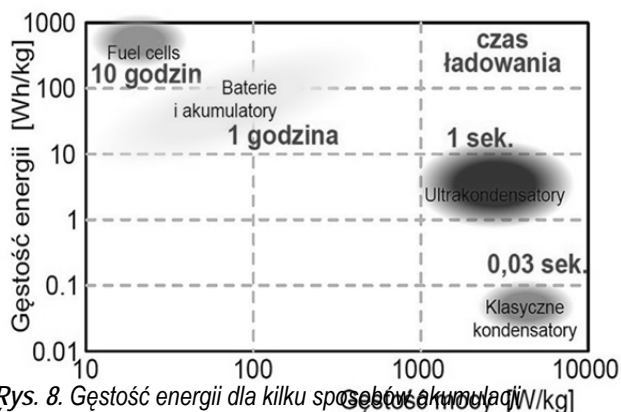
Źródło: <http://elektronikab2b.pl>



Rys. 7. Struktury jednowarstwowych nanorurek węglowych

Źródło: <http://materialyinzynierskie.pl/separacja-nanorurek-weglowych>
Superkondensator posiada właściwości podobne do tradycyjnych kondensatorów elektrycznych, które potrafią

magazynować dużą ilość energii elektrycznej, poprzez wykorzystanie zjawiska tzw. podwójnej warstwy elektrycznej Helmholtza. Superkondensator składa się z dwóch takich samych elektrod oddzielonych od siebie cienką porowatą folią z tworzywa sztucznego, zwaną separatorem. Separator ma za zadanie uniemożliwić bezpośrednie zwarcie elektryczne obu węglowych elektrod. Jednakże nie jest on przeszkodą dla jonów, które przepuszcza w kierunku odpowiednich elektrod. Elektrody składają się z brył węgla aktywnego nasączonego ciekłym elektrolitem. Jako substancje elektrolityczną stosuje się elektrolity organiczne, przy których uzyskuje się napięcie pracy rzędu 2,7-2,8 V. Jony znajdujące się w elektrolicie są oddalone od siebie o odległości rzędu kilku nanometrów. Odległość między elektrodami jest również bardzo mała. Rolę dielektryka pełni obszar styku pomiędzy przewodzącym elektrolitem, a przewodzącymi elektrodami. Osiągają one bardzo dużą gęstość mocy, która przekracza wartość 10kW/kg. Umożliwia to stosowanie dużych prądów ładowania i rozładowania.



Rys. 8. Gęstość energii dla kilku sposobów akumulacji [Wh/kg]
 Źródło: http://ep.com.pl/artykuly/10300-Akumulatory_i_nie_tylo.html

Wnioski

Trendy rozwoju motoryzacji wskazują, że w przyszłości pojazdy będą zasilane i napędzane przy wykorzystaniu napięcia elektrycznego. Ogromnymi zaletami tych pojazdów jest przyjazny wpływ na środowisko, a co za tym idzie ograniczenie wpływu toksycznych składników spalin na zdrowie ludzkie. Spowoduje to polepszenie jakości powietrza, gdyż średniej klasy samochód podczas przejechania 30 km produkuje 4 kilogramy CO₂. Dzięki zamienieniu pojazdów konwencjonalnych na elektryczne wahania cen paliw nie będą powodowały zmian ekonomicznych innych produktów. Przy globalnym wykorzystaniu pojazdów elektrycznych można usprawnić pracę sieci elektroenergetycznej. Jednoczesne ładowanie dużej liczby pojazdów elektrycznych będzie powodowało duże obciążenie sieci. Także jednoczesne przekazywanie energii z akumulatorów do sieci spowoduje nadprodukcję prądu. Do

takiego stanu technologicznego trzeba zatem specjalnie przygotować sieci elektroenergetyczne. Pomocne również będzie ustalenie specjalnej organizacji godzin pracy, tak aby szczyty energetyczne nie prowadziły do awarii sieci. Zważywszy na pomniejszające się zasoby paliw kopalnianych jest to jedyna droga rozwoju technologii. Dziś można zaobserwować na rynku motoryzacyjnym zwiększone zainteresowanie nowymi i innowacyjnymi technologiami jakie można wykorzystać w pojazdach elektrycznych. W tym świetle prawidłowe zintegrowanie pojazdów przyszłości z siecią elektroenergetyczną jest kluczowe i uzasadnia zainteresowanie tą tematyką.

Bibliografia:

1. Zajkowski K., Zieliński P.: *Wybrane współczesne metody akumulacji energii w urządzeniach mobilnych*. AUTOBUSY 6/2014 s.310-317.
2. Inteligentne sieci energetyczne. Daleko idąca ewolucja w systemach energetycznych. Opracowanie firmy ABB. www.abb.com/smartgrids, <http://www02.abb.com/>
3. Uwarunkowania wdrożenia zintegrowanego systemu e-mobilności w Polsce. Ministerstwo Gospodarki, Departament Innowacji i Przemysłu. Warszawa 2012
4. Juda Z.: *Zastosowanie zaawansowanych źródeł energii w miejskich pojazdach elektrycznych z funkcją odzysku energii*. Mechanika, Technical Transactions. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, zeszyt 10, rok 109, Kraków 5-M, 2012.
5. Siłka W.: *Energochłonność ruchu samochodu*, WNT, Warszawa 1997

Autorzy:

Dr inż. Konrad Zajkowski – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Zakład Zastosowań Elektroniki i Elektrotechniki.

Krzysztof Seroka – student 2 roku Energetyki, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska.

Daniel Matyja – student 2 roku Energetyki, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska.

Improvement of working conditions the grid using electric vehicles

The article presents the idea of using the energy of electric vehicles which are not in motion to improve the working conditions of the power grid. Discusses the advantages of this solution and shows the weaknesses of this technology. Brought closer the principle of the supercapacitor.

Key words: electric car, Smart Grid, energy source, Vehicle to Grid