

Przegląd możliwych sposobów ładowania akumulatorów w pojazdach z napędem elektrycznym

Konrad Zajkowski, Krystian Seroka

W artykule opisano możliwe sposoby ładowania akumulatorów w pojazdach z napędem elektrycznym. Przedstawiono ideę ładowania EV w stacjach dokujących lub bezpośrednio z sieci domowej, ładowanie bezprzewodowe oraz wymianę baterii w samochodach elektrycznych.

Słowa kluczowe: ładowanie akumulatorów, pojazdy elektryczne, wymiana baterii, ładowanie bezprzewodowe.

Wstęp

W świetle zaostających się wytycznych klimatycznych samochody elektryczne z roku na rok cieszą się coraz większą popularnością. Świadczy to o globalnej potrzebie zmiany środków komunikacji na bardziej efektywne. W dzisiejszych czasach główne źródło zasilania stanowią nieodnawialne surowce (ropa, benzyna czy gaz), które kiedyś się wyczerpią. Potrzebne jest zatem alternatywne zasilanie, które powinno się charakteryzować mniejszą degradacją środowiska i odnawialnością.

Podstawowymi czynnikami, które mogą przyczynić się do zwiększenia skali wykorzystania samochodów elektrycznych, to rozbudowa i dostępność infrastruktury ładowania oraz skrócenia czasu ich ładowania. Metod ładowania pojazdów elektrycznych przybywa wraz z zapotrzebowaniem rynku. Głównym parametrem dyktującym wybranie odpowiedniej metody ładowania jest czas tego procesu. Proces klasycznej metody ładowania akumulatora chemicznego jest w stosunku do ładowania pojazdów spalinowych za długi. Powoduje to, że samochody elektryczne na dzień dzisiejszy nie są tak bardzo rozpowszechnione. Skrócenie tego okresu będzie powodować zwiększenie zainteresowania takimi pojazdami, co przyczyni się do globalizacji samochodów elektrycznych a nawet spowoduje zastąpienie nimi pojazdów spalinowych.

1. Samochody elektryczne

Jedne z pierwszych pojazdów były napędzane silnikiem elektrycznym. Są one często nazywane EV (ang. Electric Vehicle). Zmagazynowana energia elektryczna w akumulatorach jest przekazywana do silnika elektrycznego, która następnie napędza samochód. W latach 80 XX wieku podjęto badania nad konstrukcjami pojazdów elektrycznych. Działania te doprowadziły do powstania coraz lepszych konstrukcji. Obecny stopień technologii samochodów

elektrycznych pozwala na tworzenie w pełni funkcjonalnych i ekologicznych pojazdów, które można już spotkać na ulicach.



Rys. 1. Auto marki Volkswagen ładowane na ulicy w Norwegii
Źródło: <http://www.rp.pl/Motoryzacja/161129175-Norwegia-od-lat-intensywnie-promuje-samochody-elektryczne.html#ap-1>

Jednakże przy tak znacznym rozwoju technologicznym wciąż istnieje szereg istotnych przeszkód w masowym rozwoju pojazdów drogowych z napędem elektrycznym:

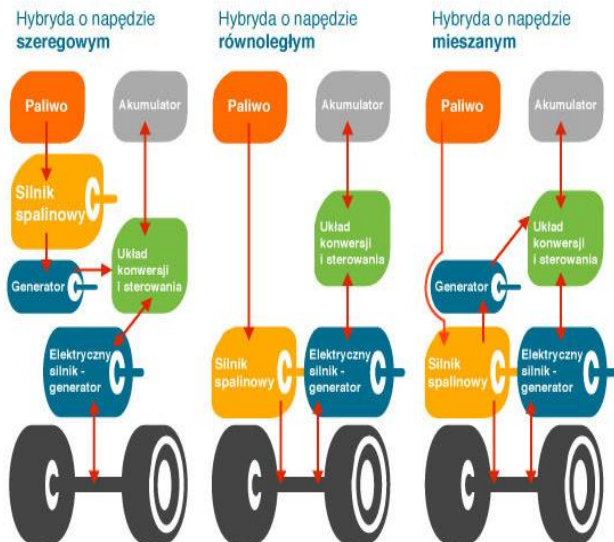
- wysoka cena samochodów elektrycznych w stosunku do samochodów spalinowych,
- niewielki zasięg z jednego ładowania akumulatorów,
- długi czas ładowania pojazdów elektrycznych,
- brak infrastruktury do ładowania akumulatorów.

Czynnikami przemawiającymi i zachęcającymi do zakupu tego rodzaju pojazdów są:

- niski koszt eksploatacji w porównaniu do aut z silnikiem spalinowym,
- brak oleju i czynników chłodzących, co sprzyja środowisku,
- bardzo wysoka sprawność zamiany energii elektrycznej na mechaniczną, wynosząca w niektórych konstrukcjach nawet do 90%,
- brak hałasu i spalin,
- możliwość odzyskiwania energii z hamowania i doładowywanie akumulatorów, co może zwiększyć efektywność jazdy nawet od 5 do 20%,
- wyeliminowanie wybuchu paliwa w razie kolizji.

Ciekawą alternatywą dla pojazdów elektrycznych jest wykorzystywanie ich w układzie hybrydowym. Napęd ten polega na korzystaniu energii z dwóch różnych silników podczas jazdy.

Samochód elektryczny pracujący w trybie mieszanym może odnieść duże korzyści. Może zmniejszyć liczbę wymienionych wcześniej negatywnych przeszkód.



Rys. 2. Rodzaje układów hybrydowych
Źródło: <https://www.smartdriver.pl/dzialanie-samochodu-hybrydowego>

Samochody elektryczne prezentują bardzo dobre osiągi, przyspieszenie i wiele innych parametrów, które mogą konkurować z samochodami spalinowymi. Przykładowo samochód Tesla S P85D posiada 772 KM i ma napęd 4x4, zaś przyspieszenie do 100km/h wynosi zaledwie około 3,5 sekundy. Na jednym ładowaniu ten samochód może przejechać 270 km przy prędkości maksymalnej 85km/h.



Rys. 3. Widok samochodu elektrycznego Tesla S P85D
Źródło: <http://www.chip.pl/news/wydarzenia/trendy/2015/01/przycisk-szalenstwo-w-tesla-model-s-p85d-dziala-nastepujaco>

2. Ładowanie samochodów elektrycznych

W większości krajów wysoko uprzemysłowionych istnieje już sieć ładowania EV lub zostały rozpoczęte prace nad ich wpro-

wadzeniem. W Polsce został zrealizowany projekt przez Konsorcjum Green Cars zbudowania testowych punktów ładowania w miejscach publicznych 120 stacji oraz 20 stacji prywatnych. Przeważa tutaj standard zasilania przez jednofazowe gniazdo elektryczne 230 V 50 Hz z zabezpieczeniem 32 A. Ładowanie samochodu elektrycznego wymaga użycia specjalnej karty, która ma za zadanie zidentyfikować użytkownika. Dzięki temu będą gromadzone dane z określonego czasu eksploatacji takiego pojazdu. Pozwoli to również na ocenę istniejącej infrastruktury ładowania oraz możliwych innowacji.



Rys. 4. Stacja ładowania EV instalowana w Gdańsku firmy ABB
Źródło: <http://www.abb.pl/cawp/seitp202/c979e1bf82a918dbc1257f07002d5ed4.aspx>

Poziom mocy dostępnej w punkcie ładowania ma wpływ na czas ładowania baterii pojazdu elektrycznego. Aktualnie istnieje podział na trzy grupy stacji ładowania:

- Poziom 1 – ładowarka mieści się we wnętrzu samochodu. Z dystrybutora przesyłany jest prąd zmienny ze standardowego gniazda 1-fazowego 230 V. Możliwa do otrzymania moc przekształtnika ograniczona jest do 2 KW, co skutkuje ładowaniem baterii w zależności od pojemności od 11 do 14 godzin.
- Poziom 2 – ładowarka mieści się we wnętrzu samochodu. Pojazd ładowany jest prądem zmiennym jedno bądź trójfazowym. Moc może sięgać nawet do 20 KW co powoduje, że czas ładowania skraca się do 2-3 godzin,
- Poziom 3 – W tym przypadku ładowarka znajduje się na zewnątrz EV. Do specjalnego złącza umieszczonego na pojeździe doprowadzone są zaciski baterii pojazdu. Wymaga on zasilania prądem stałym. Moc układu sięga nawet do 50 KW. Metoda ta umożliwi ładowanie do 80% pojemności baterii w czasie zaledwie 15-30 minut, a naładowanie całej baterii odbywa się w 1 godzinie.

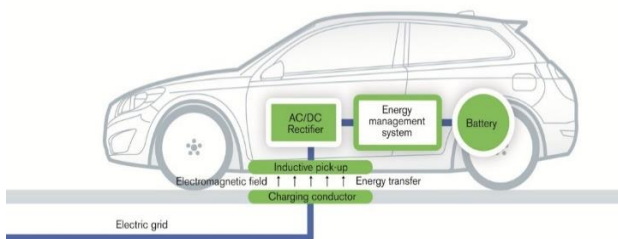
3. Ładowanie EV metodą bezprzewodową

Typowe systemy ładowania wymagają połączeń stykowych. Wadami tego rozwiązania są:

- potrzeba podłączenia i odłączenia przewodu przez użytkownika podczas każdorazowego ładowania,
- niebezpieczeństwo porażenia,
- kłopoty z podłączeniem podczas pory zimowej,
- obniżenie estetyki pojazdu,

- możliwość uszkodzenia stacji dokującej przez wandalę.

Wad tych pozbawiona jest metoda ładowania bezprzewodowego. Instalacje bezprzewodowego ładowania najczęściej wykorzystują indukcyjne przekazywanie energii, czyli wykorzystują zasadę indukcyjności lub rezonans magnetyczny. Indukcyjne, bezprzewodowe przekazywanie energii wymaga współpracy dwóch cewek, jednej umiejscowionej w pojeździe a drugiej w miejscu ładowania. Obie cewki są sprzężone magnetycznie i tworzą transformator z dużą szczeliną powietrzną. Cewka umiejscowiona w transmitterze wytwarza zmienne pole elektromagnetyczne, zaś w cewce umieszczonej w pojeździe pod wpływem tego pola powstaje zmienna SEM. Energia po przekształceniu w prostowniku ładuje akumulatory.



Rys. 5. Bezprzewodowe ładowanie EV na zasadzie indukcji elektromagnetycznej

Źródło: <http://think-about.pl/volvo-drive-electric-przyszlosc-samochodow-elektrycznych/>

Istnieje również alternatywny sposób ładowania bezprzewodowego, polegający na zasadzie rezonansu elektromagnetycz-

Tab.1. Zestawienie wybranych układów ładowania bezprzewodowego, Źródło: <http://www.energoelektronika.pl/imageedb?id=5947>

Producent	Moc	Częstotliwość	Odległość między cewkami	Tolerancja pozycjonowania	Waga, wymiary	Sprawność
Uniwersytet Auckland, Nowa Zelandia	2 kW	38,4 kHz	40÷85 mm	40÷100 mm	Cewka wtórna 7 kg, średnica 420 mm	85%
Saitama University, Japonia	1,5 kW	50 kHz	50÷90 mm	±125 mm	Cewka wtórna 4,6 kg, rdzeń ferrytowy 240x250 mm	95% dla samego transformatora
Inductive Power Transfer - IPT, Conductix-Wampfler, Niemcy	30 kW	b.d.	100÷200 mm	100÷200 mm	b.d.	80%
On-line Electrical Vehicle, KAIST OLEV	3 kW	20 kHz	10 mm	b.d.	10 kg	80%
	6 kW		170 mm	b.d.	80 kg	72%
	17 kW		170 mm	b.d.	110 kg	71%
Oak Ridge National Laboratory, ONRL, USA	4 kW	20 kHz	254 mm	b.d.	Bezrdzeniowy, cewka 1016x762 mm	92%
HalolIPT	3 kW	20 kHz	150÷210 mm	±150 mm	Cewka 800x400x30 mm	85%

4. Ładowanie samochodów elektrycznych poprzez wymianę baterii

Inne rozwiązanie sprowadza się do działania takiego, jak robi się z mniejszym sprzętem elektronicznym, kiedy wyczerpią mu się akumulatory. Polega ono na wymianie rozładowanego akumulatora na naładowany, a ładowanie odbywa się poza pojazdem. Tak samo proces ten może odbywać się w samochodach elektrycznych. Wymiana rozładowanych akumulatorów na gotową do dalszej jazdy, może odbyć się w czasie nie dłuższym niż zatankowanie konwencjonalnego paliwa w samochodzie spalinowym. Wymiana baterii ma się odbywać

w tym systemie układ rezonansowy montowany jest w pojeździe. Ładowanie EV następuje po zsynchronizowaniu rezonansu elektromagnetycznego nadajnika i odbiornika. Metoda to jest o tyle lepsza, że podczas ładowania nie wymagane jest precyzyjne ustawienie elementów układu. Ogromnym plusem jest również efektywniejszy transfer energii. Możliwy jest przesył mocy 3,3 kW na odległość 20 cm, przy stratach wynoszących zaledwie 10%. Systemy te są lżejsze i dużo mniejsze od systemów indukcyjnych. Sposób ładowania bezprzewodowego na zasadzie rezonansu magnetycznego jest tańszy, łatwiejszy w budowie i bezpieczniejszy w porównaniu do innych metod bezprzewodowych.

Dla systemów ładowania bezprzewodowego został opracowany przez międzynarodowe zrzeszenie inżynierów przemysłu lotniczego i samochodowego SAE dokument, zgodnie, z którym należy dążyć do uzyskania sprawności większej od 90%. Przy ocenie układów ładowania bezprzewodowego należy zwrócić uwagę na parametry:

- moc układu, decydująca o czasie ładowania pojazdu,
- dopuszczalny odstęp pomiędzy powierzchnią gruntu a umiejscowieniem układu w pojeździe,
- sprawność przetwarzania energii, wyznaczana między zasialaniem z sieci a zaciskami akumulatorów,
- tolerancja w pozycjonowaniu pojazdu na miejscu parkingowym,
- rozmiary i waga.

Zestawienie układów ładowania prototypów i rozwiązań komercyjnych przedstawiono w tabeli 1. Z tabeli tej wynika, że układy ładowania bezprzewodowego już dziś posiadają parametry umożliwiające praktyczne ich zastosowanie.

w specjalnie skonstruowanej stacji, która będzie w pełni zautomatyzowana, a cały proces będzie nadzorowany oraz wykonywany przez roboty. Dotychczas uruchomiono pilotażowy program w Kalifornii. Istnieje tam jedna stacja, gdzie właściciele Tesli mogą w ten sposób „naładować“ baterię swojego samochodu.



Rys. 6. Stacja wymiany baterii w pojazdach Tesla
Źródło: <http://technowinki.onet.pl/motoryzacja/pierwsza-stacja-tesli-prawie-ukonczone/57g6d>

Wystarczy podjechać na taką stację, a pracownicy dokonają wymiany baterii w Tesli na w pełni naładowaną w czasie krótszym niż trzy minuty. Wymiana baterii w tego typu stacji jest płatna. Cena oficjalnie nie została podana, lecz wiadomo, że nie przekracza ona kwoty zatankowania do pełna zwykłego samochodu spalinowego. Tesla zaznacza również, że tego typu wymiana baterii w przyszłości będzie trwać tylko jedną minutę. Wymaga to pewnych zmian konstrukcyjnych w budowie samochodu.



Rys. 7. Stacja wymiany baterii Better Place
Źródło: http://samochodyelektryczne.org/galerie/stacje_wymiany_akumulatorow_better_place/stacje_wymiany_akumulatorow_better_place_1.htm

W Tokio przeprowadzono test użytkowania takiej stacji w korporacji taksówkowej. Ostatecznie nie odnotowano większych problemów technicznych, oprócz problemu rozładowania baterii przed powrotem do stacji. Taksówki wyposażone zostały w pakiet akumulatorów litowo-jonowych o pojemności 17 kWh, co pozwalało na przejechanie 80-100 km. Docelowo pojemność akumulatorów ma zostać zwiększona do 24 kWh, przy czym zasięg zwiększy się do 140-150 km. Wymusi to wymianę baterii od 3 do 4 razy dziennie.

Wnioski

Każda metoda ładowania pojazdów elektrycznych ma swoje wady i zalety. Tworzenie kilku metod ładowania EV jest kierowane różnymi potrzebami kierowców. Niektórym wystarczy naładować akumulator samochodu w nocy i korzystać z niego w dzień, zaś inni mają potrzebę pokonywania wieluset

kilometrów dziennie. Wtedy potrzebne są stacje wymiany baterii czy superchargery, które naładują baterię w krótki czas i pozwolą na kontynuowanie podróży. Udoskonalenie metod ładowania pojazdów elektrycznych tak, aby czas trwania procesu i koszt obsługi był minimalizowany jest niezbędnym krokiem w rozpowszechnieniu tego typu napędu. Gdy poprawi się sprawność procesu ładowania, zwiększy się zainteresowanie takim pojazdem.

Trzeba pamiętać także o zwiększonym poborze energii elektrycznej z sieci, która wystąpi przy zwiększonej ilości pojazdów z napędem elektrycznym. Może to spowodować braki w dostawie energii, czy też awarie sieci. Należałoby się skupić na alternatywnych metodach zasilania takich stacji (np. panele fotowoltaiczne, wiatraki lub inne odnawialne źródła energii). Samochody elektryczne są przyszłością transportu. Zasilanie ich może być realizowane przy wykorzystaniu energii odnawialnej, nie wytwarzają spalin, są bardzo ekologiczne, a ich sprawność często przewyższa inne koncepcje.

Bibliografia

1. Zajkowski K., Siwek K., Karpiński W.: *Wykorzystanie niekonwencjonalnych technologii w zasilaniu nowoczesnych pojazdów*. AUTOBUSY 8/2016 s. 341-345.
2. Zajkowski K., Seroka K., Matyja D.: *Poprawa warunków pracy sieci elektroenergetycznej przy wykorzystaniu pojazdów z napędem elektrycznym*. AUTOBUSY 8/2016 s. 337-340.
3. Ładowanie akumulatorów w samochodach elektrycznych. <http://elektrosystemy.pl/?p=1938>
4. Infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych. <http://www.cire.pl/pliki/2/guzinskii15student.pdf#page=5&zoom=auto,-158,248>
5. Test stacji wymiany akumulatorów w Tokio. http://samochodyelektryczne.org/zakonczy_l_sie_test_stacji_wymiany_akumulatorow_w_tokio.htm

Autorzy:

Konrad Zajkowski - Politechnika Koszalińska, ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin, konrad.zajkowski@tu.koszalin.pl

Krystian Seroka - student kierunku Energetyka, Politechnika Koszalińska, ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin, krystian.seroka@wp.pl

An overview of possible ways to recharge a battery in an electric vehicle

This article describes possible ways to recharge a battery in an electric vehicle. The idea is to charge EVs in docking stations or directly from home networks, wireless charging and battery replacement in electric cars.

Key words: Battery chargers, electric vehicles, battery replacement, wireless charging