

Aleksandra PACHUTA, Jerzy CHOJNACKI

ELEKTRYCZNE POJAZDY TRANSPORTOWE

DOI: 10.24136/atest.2018.284

Data zgłoszenia: 30.08.2018. Data akceptacji: 25.09.2018.

W artykule przedstawiono przegląd modeli samochodów ciężarowych o napędzie elektrycznym. Głównymi zaletami tych pojazdów jest niski poziom emitowanego hałasu, brak emisji gazów spalinowych oraz mniejsza awaryjność zespołów napędowych. Ograniczenie stanowi krótki dystans przejazdu na jednym ładowaniu baterii oraz długi czas ładowania akumulatorów.

WSTĘP

Napęd elektryczny w samochodach ciężarowych staje się rozwiązaniem przyszłości. W porównaniu do klasycznych silników spalinowych, napęd elektryczny wyróżnia się korzystniejszymi parametrami i brakiem emisji trujących związków do atmosfery. Silniki elektryczne cechuje znacznie wyższy moment obrotowy już od najniższych wartości prędkości obrotowej. Charakteryzują się znacznie prostszą budową, dzięki czemu są mniej awaryjne. Nie wymagają wymiany filtrów i płynów eksploatacyjnych. Pojazdy z elektrycznym układem napędowym wykazują nawet połowę niższe koszty eksploatacji w stosunku do tych zasilanych paliwami kopalnymi. Niski poziom hałasu i brak emisji spalin dają pojazdom transportowym z napędem elektrycznym większe możliwości docierania w miejsca niedostępne dla pojazdów spalinowych. E-ciężarówki mogą wjeżdżać do stref chronionych przed hałasem, obszarów dużej wrażliwości ekologicznej czy hal i podziemnych kondygnacji o słabej wentylacji [1, 3].

Główny problemem stanowiącym wyzwanie dla naukowców jest zbyt mała pojemność elektryczna akumulatorów współcześnie wykorzystywanych w pojazdach z silnikiem elektrycznym. W większości samochodów z elektrycznym napędem stosowane są akumulatory litowo-jonowe o gęstości energii 90–200 Wh/kg (LiFePO₄, Li-Ion, LiTiO, Li-MnO₂, LiCoO, LiSO₂, Li SOC12, LiMn2O₄, LTO). Najnowsze kierunki rozwoju motoryzacji skupiają się na badaniach nad udoskonalaniem akumulatorów grafenowo-polimerowych, o prawie dziesięciokrotnie wyższych możliwościach magazynowania energii - 1000 Wh/kg. Ich zaletą jest również możliwość szybkiego ładowania i znacznie dłuższa żywotność [2, 4]

1. HISTORIA

Pojazdy ciężarowe z napędem elektrycznym pierwszy raz na ulicach pojawiły się na przełomie XIX i XX wieku. Elektryczne auta cieszyły się dużą popularnością ze względu na cichą pracę (nie powodowały strachu u koni – głównego środka transportu tamtych czasów), a przede wszystkim nie wydzielaly się z nich gazy spalinowe. Pojazdy elektryczne były również prostsze w obsłudze, nie posiadały skrzyni biegów oraz korby rozruchowej, wymagającej użycia dużej siły przy uruchamianiu silnika spalinowego. Jedną z pierwszych e-ciężarówek wykorzystywanych do transportu towarów w USA to model marki Commercial Truck Company of America (C-T) przedstawiony na rysunku 1. Pojazdy te wykorzystywane były m.in. przez wydawnictwo Curtis Publishing Company w Filadelfii

w transporcie artykułów papierniczych. Ten model ciężarówki o napędzie na cztery koła, wyposażony był w cztery silniki elektryczne o łącznej mocy 64 KM. Zestaw baterii magazynujących energię elektryczną, po pełnym naładowaniu pozwalał na jazdę przez 22 godziny przy średniej prędkości 16 km/h i maksymalnym obciążeniu pojazdu ładunkiem (ok. 5 ton). Trwałość baterii wynosiła 10 lat przy dziennych dystansach przejazdu ciężarówek do 100 km.



Rys.1. Ciężarówka z napędem elektrycznym marki Commercial Truck Company of America (C-T) [20]

2. MERCEDES – BENZ

Pierwszym współczesnym modelem samochodu dostawczego wyprodukowanym przez Mercedes – Benz, zasilanym wyłącznie energią elektryczną był Vito E-CELL (rys.2.). Samochody na rynku ukazały się w 2010 i 2011 roku. Odległość przejazdu na jednym ładowaniu wynosiła 130 km, a maksymalna prędkość jazdy to 80 km/h (ograniczona elektronicznie). W transporcie śródmiejskim na małe odległości takie parametry są wystarczające. W pojazdach zastosowano akumulatory litowo – jonowe o łącznej liczbie 192 ogniw w 16 modułach, umieszczone pod przestrzenią ładunkową (rys.3.). Moc ciągnąca samochodu dostawczego wynosiła 82 KM, a ładowność 900 kg. Czas ładowania akumulatorów od 0 do 100% wynosił 6 h. Pojazdy wyposażono w Smart Charge Communication Unit – system inteligentnego ładowania umożliwiający zdalną kontrolę poziomu naładowania akumulatorów. Rozwiązanie to ułatwiało zarządzanie flotą pojazdów - kontroler mógł zależnie od trasy, wybrać pojazd o optymalnym poziomie naładowania baterii. Przezna-

czaniem Vito E-CELL był transport małogabarytowy na krótkie odległości np. kurierski, zaopatrzeniowy lub serwisowy [8, 18].



Rys. 2. Mercedes Vito E-CELL [8]



Rys.3. Zespół napędowy w samochodzie dostawczym Vito E-CELL z akumulatorami umieszczonymi pod powierzchnią ładunkową [8]

W 2016 roku Mercedes - Benz zaprezentował kolejny model samochodu ciężarowego z napędem elektrycznym – Urban e-Truck przedstawiony na rysunku 4. Planowane wprowadzenie na rynek tego modelu ma nastąpić w 2020 roku. Urban eTruck charakteryzuje się innowacyjnym rozwiązaniem napędu - silniki elektryczne zamontowane są przylegająco do piast kół jezdnych. Moc ciąгла wynosi 335 KM. Akumulatory stanowią trzy zespoły litowo – jono-nych baterii o łącznej pojemności 212 kWh. Dopuszczalna masa całkowita pojazdu wynosi 26 ton, co daje możliwość transportu wielkogabarytowego. Ograniczenie stanowi maksymalna odległość przejazdu na jednym ładowaniu akumulatorów, która wynosi 200 km. Zaletą jest krótki czas pełnego ładowania – 2 godziny, który daje większe możliwości eksploatacyjne w ciągu doby. Obecnie ten model samochodów ciężarowych znajduje się w fazie testów w rzeczywistych warunkach transportowych. Głównym celem testów jest zbieranie danych o trybach eksploatacji, czasach ładowania, zarządzaniu mocą akumulatora, zasięgu pracy, obszarów zastosowania oraz profilach użytkowania. Zebrane dane posłużą do udoskonalenia modelu przed rozpoczęciem masowej produkcji [11, 15].



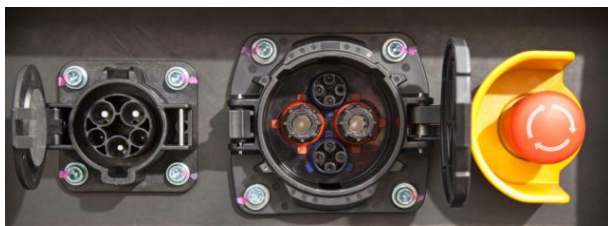
Rys.4. Mercedes Urban e-Truck [11]

3. FUSO

Marka Fuso współpracująca z koncernem Daimler w maju 2017 roku zaprezentowała model elektrycznej ciężarówki Fuso Canter E-Cell (rys.5.) o całkowitej dopuszczalnej masie 6 ton. Jest to pojazd przeznaczony do transportu na krótkie odległości – jego zasięg przy pełnym naładowaniu akumulatorów wynosi 100 km, a ładowność do 3,5 tony. Energia magazynowana jest przez 6 litowo-jonowych akumulatorów o pojemności 13,8 kWh każdy, umieszczonych po obu stronach ramy. Według badań przeprowadzonych przez portugalskich klientów testujących Fuso Canter E-Cell, koszty eksploatacji w porównaniu z równoważnymi pojazdami o napędzie spalinowym są niższe nawet o 64%. Ośmiem modeli Fuso, wyposażonych w nadwozia platformowe oraz skrzyniowe przez rok poddawane było testom w warunkach miejskich. Pojazdy wykorzystywano w robotach publicznych, pracach komunalnych oraz transporcie kurierskim. Podczas rocznej eksploatacji poddawane były stałemu monitoringowi. Wyniki testów pokazały, że głównymi ograniczeniami są krótka droga przejazdu na jednym ładowaniu akumulatorów oraz czas ładowania baterii, który wynosi 7 godzin. Wykorzystując system szybkiego ładowania czas ten można skrócić do 1 godziny – gniazda ładowania przedstawione zostały na rysunku 6. Samochód posiada układ odzyskiwania energii w postaci specjalnych prądnic, które uruchamiane w momencie zwolnienia pedału gazu przekazują prąd elektryczny do akumulatorów. Ten model samochodu dostawczego posiada napęd na tylną oś. Moc silnika elektrycznego wynosi 150 KM [14, 17].



Rys.5. Fuso Canter E-Cell [14]



Rys. 6. Gniazda ładowania Fuso Canter E-Cell [14]

4. TESLA

W listopadzie 2017 roku zaprezentowany został model ciągnika siodłowego o napędzie elektrycznym Tesla Semi marki Tesla (rys.7.). Ciężarówka ma być produkowana w dwóch wersjach: o zasięgu do 480 i do 800 km przy pełnym naładowaniu akumulatorów. Napęd przekazywany jest poprzez 4 silniki umieszczone przy każdym z tylnych kół jezdnych. Według zaprezentowanych przez firmę danych, pojazd osiąga szybkość 96,5 km/h w ciągu 5 sekund bez ładunku i w ciągu 20 sekund przy pełnym obciążeniu wynoszącym 36 ton. Pełne ładowanie baterii ma trwać ok. 40 minut. Pojazd przeznaczony jest do transportów długodystansowych, ale sprawdzać się będzie również w transporcie śródmiejskim. Model charakteryzuje się najnowocześniejszymi rozwiązaniami technicznymi i elektronicznymi. Wyposażony będzie m.in. w aplikację do zdalnej diagnostyki, system Enhanced Autopilot, do wspomagania autonomicznego hamowania i utrzymywania pasa ruchu czy system dostosowywania momentu obrotowego każdego z kół jezdnych, który ma zapobiegać niekontrolowanemu skrętom naczepy [7, 10, 12].



Rys. 7. Tesla Semi [12]

5. NIKOLA

Firma Nikola w swoich ciężarówkach (rys. 8.) zastosowała innowacyjne rozwiązanie problemu ograniczonego zasięgu długości przejazdu ciężarówek zasilanych elektrycznie – system ogni wodorowych. Rozwiązanie to daje porównywalny z klasycznymi silnikami spalinowymi zasięg przejazdu na jednym ładowaniu. Dodatkowy atut stanowi czas tankowania wodoru, który wynosi kilka minut – podobnie jak tankowanie oleju napędowego. Zaletą jest również zmniejszenie masy akumulatorów umieszczonych w pojeździe. Ogniwa wodorowe o pojemności 100 kg, zamontowane za kabiną kierowcy ładują akumulatory o pojemności 320 kWh. Pozwala to na przejazd 1300 do 2000 km na jednym tankowaniu. Moc generowana przez 4 silniki elektryczne umieszczone w piastach kół Nikoli wynosi 1000 KM, dzięki czemu pojazd przy pełnym załadunku osiąga prędkość 100 km/h w ciągu 30 sekund. Masa pojazdu jest o 900 kg mniejsza od modeli z silnikami spalinowymi ze względu na rozwiązania materiałowe. Stal stanowiąca materiał konstrukcyjny nadwozia zastąpiona została włóknami węglowymi. Ze względu na

mniej skomplikowany konstrukcyjnie układ napędowy ciężarówki, jego obliczona trwałość wynosi ponad milion mil [6, 13].



Rys. 8. Ciężarówka z napędem elektrycznym Nikola [6]

6. URSUS

Podczas otwarcia nowej fabryki Ursusa w Lublinie w 2016 roku zaprezentowano prototyp samochodu ciężarowego z napędem elektrycznym o warunkach homologacji L7e (rys.9). Założeniem polskiej marki jest, aby pojazd wykonany był w całości z podzespołów produkowanych w kraju. Konstrukcja ramy wykonana jest z lekkiego aluminium – masa ciężarówki nie przekracza 600 kg. Na pełnym ładowaniu baterii, pojazd może przejechać do 140 km przy maksymalnym obciążeniu 1 tony. Czas ładowania baterii wynosi 6 godzin. Pojazd przeznaczony będzie głównie dla firm transportowych oraz służb komunalnych w miastach i gminach [21,22]



Rys. 9. Prototyp ciężarówki z napędem elektrycznym firmy Ursus [22]

7. SCANIA

Rząd Szwecji w ramach inwestycji na rozwój innowacyjnych rozwiązań przeznaczył 77 mln koron szwedzkich na budowę systemu instalacji elektrycznej na drodze E16 w Gävle służącej do zasilania samochodów ciężarowych. Twórcami projektu są ministerstwo transportu Szwecji Trafikverket, agencja Vinnova, Energimyndigheten - szwedzka agencja energii, wraz z firmą Scania i Siemens. Dziewięcioletnie ciężarówki Scanii (rys.10) z napędem hybrydowym, zasilanym biopaliwem oraz energią elektryczną, testują elektryczny system zasilający na odcinku dwóch kilometrów. Pojazdy pobierają energię za pośrednictwem pantografu umocowanego na wsporniku za kabiną. Tą technologię Scania opracowała wspólnie z firmą Simens. Energia elektryczna czerpana jest z linii napowietrznej rozciągniętej nad prawym pasem autostrady. Podczas jazdy pantograf łączy się z siecią i odłącza od niej. W momencie zmiany pasa pantograf zostaje odłączony, a napęd przekazywany jest z silnika spalinowego lub elektrycznego zasilanego

z akumulatorów. Akumulatory litowo – jonowe o pojemności 5 kWh pozwalają na przejazd trzech kilometrów po odłączeniu od zasilania napowietrznego. Ciężarówka wyposażono w dwa silniki: elektryczny – 130 kW i 13 – litrowy silnik wysokoprężny o mocy 360 KM. Projekt rozwojowy Scanii przewiduje powstanie floty pojazdów ciężarowych niezależnych od paliw kopalnych do 2030 roku [5, 16].



Rys.10. Ciężarówka z napędem hybrydowym Scania – energia elektryczna pobierania z linii napowietrznej [19]

PODSUMOWANIE

Poszukuje się nowych rozwiązań konstrukcji napędów samochodów, które nie będą potrzebować do zasilania paliw kopalnych. Napęd elektryczny stanowi jedną z propozycji o największym potencjale, o czym świadczy duże zainteresowanie klientów. Dotychczasowe rozwiązania stosowane w samochodach ciężarowych z napędem elektrycznym nie spełniają wymagań rynku, gdzie oczekuje się osiągnięć porównywalnych z ciężarówkami z napędem spalinowym, głównie w kwestii długości drogi przejazdu na jednym ładowaniu baterii. Na drogach można już spotkać samochody ciężarowe z silnikami elektrycznymi. Transport pojazdami zasilanymi elektrycznie odbywa się przede wszystkim na krótkich odcinkach, w aglomeracjach miejskich. Ich wykorzystanie jest wszechstronne, od przewozu paczek i przesyłek po spedycję żywności ekologicznej. Wyzwaniem dla konstruktorów jest budowa akumulatorów o większej pojemności energii, wyższej wytrzymałości eksploatacyjnej oraz możliwości szybszego ładowania. Istotne dla rozwoju transportu przy wykorzystaniu e-ciężarówek jest stworzenie sieci punktów ładowania i takich rozwiązań konstrukcyjnych lub elektronicznych, które skrócą znacznie czas ładowania akumulatorów [9].

BIBLIOGRAFIA

1. Iwan S., Malecki K., Rybak R., Zastosowanie pojazdów o napędzie elektrycznym w logistyce miejskiej – szanse i ograniczenia, Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, Konferencja IZIP, 2017, Tom II, cz. VII
2. Łebkowski A., Elektryczne pojazdy ciężarowe – przegląd technologii i badania wybranego pojazdu, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni Scientific Journal of Gdynia Maritime University, 2017, nr 98 str. 157–166
3. Mądziel M., Lejda K., „Zielona logistyka” w ujęciu samochodów elektrycznych, Вісник Національного транспортного університету, 2014, 30(1), str. 220-225

4. Peleg, R., 2016, Graphenano and Grabat Launch Graphene-based Batteries, www.grapheneinfo.com (dostęp: 21.03.2018 r.)
5. Weller, Ch., Sweden Just Opened the World's First Electric Highway, TECHinsider, 2016, www.techinsider.io (dostęp: 21.03.2018 r.)
6. <http://fleet.com.pl/fleet/publikacje/magazyn-fleet/mf-technologie/elektryczne-samochody-ciezarowe-raport/>(dostęp: 21.03.2018 r.)
7. <http://moto.pl/MotoPL/7,88389,22670795,tesla-zdradza-osiagi-ciezarowki-semi-robia-wrazenie.htm> (dostęp: 21.03.2018 r.)
8. http://motogazeta.mojeauto.pl/Aktualnosci/Nowy_Mercedes_Benz_Vito_E_CELL_a,168774.html (dostęp: 21.03.2018 r.)
9. <http://przeglad-its.pl/2013/04/23/%E2%80%9Ekologiczny-transport-%E2%80%93-samochody-z-napedem-elektrycznym%E2%80%9D-cz-i/> (dostęp: 21.03.2018 r.)
10. http://superauto24.se.pl/nawosci/oto-tesla-semi-elektryczna-ciezarowka-od-elona-muska_1027878.html (dostęp: 21.03.2018 r.)
11. http://technowinki.onet.pl/motoryzacja/mercedes-prezentuje-ciezarowke-z-napedem-elektrycznym/4sjk9?utm_source=technowinki_viasg&utm_medium=nitro&utm_campaign=allonet_nitro_new&srcc=ust&utm_v=2 (dostęp: 21.03.2018 r.)
12. <https://businessinsider.com.pl/motoryzacja/tesla-semi-elektryczna-ciezarowka-zuzycie-energii/d6d7pwm> (dostęp: 21.03.2018 r.)
13. <https://nikolamotor.com/one>. (dostęp: 21.03.2018 r.)
14. <https://www.motofakty.pl/artykul/galeria/kolejna-granica-przelamana-elektryczny-samochod-ciezarowy/2.html> (dostęp: 21.03.2018 r.)
15. https://www.onet.pl/?utm_source=technowinki_viasg&utm_medium=nitro&utm_campaign=allonet_nitro_new&srcc=ust&pid=4aa50200-27b3-419c-b71b-32bbe60ef0d6&sid=ac50af82-4b29-450f-b951-422fb598bfb&utm_v=2 (dostęp: 21.03.2018 r.)
16. https://www.scania.com/pl/pl/home/experience-scania/news-and-events/News/archive/2016/07/04072016_elektryczneciazarowkiscaniawyruszyw-81-599295.html (dostęp: 21.03.2018 r.)
17. <https://www.truck.pl/pl/article/1086/elektryczne-ci%C4%99%C5%BCar%C3%B3wki-ju%C5%BC-wo%C5%BC%C4%85-towary--renault-fuso-scania-i-bmw-pod-pr%C4%85dem,1>(dostęp: 21.03.2018 r.)
18. <https://www.zasadaauto.pl/aktualnosci/mercedes-testuje-elektryczne-samochody-ciezarowe/>(dostęp: 21.03.2018 r.)
19. <http://www.businessinsider.com/sweden-opened-first-electric-highway-2016-6?IR=T>(dostęp: 21.03.2018 r.)
20. <https://40ton.net/elektryczna-ciezarowka-1912-roku-1964-roku-bedac-uzytku-ciekawy-kawalek-historii/>
21. <http://auto.dziennik.pl/aktualnosci/artykuly/531006,ursus-nowy-samochod-elektryczny-nowa-fabryka-w-lublinie-storm-3.html>
22. <https://www.polskieradio.pl/42/3168/Artykul/1669079,Elektryczny-samochod-dostawczy-z-Ursusa-Firma-pokazala-prototyp>

Electric transport vehicles

The article presents an overview of truck models with electric drive. The main advantages of these vehicles are the low level of noise emitted and the lack of exhaust gas emissions as well as less failure of the drive units. The limitation is a short travel distance on one battery charge and a long battery charging time.

Autorzy:

mgr inż. **Aleksandra Pachuta** – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Katedra Automatyki Mechaniki i Konstrukcji, apachuta@poczta.fm,

dr hab. inż. **Jerzy Chojnacki**, prof. nadzw. – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Katedra Automatyki Mechaniki i Konstrukcji