

Przyszłość motoryzacji

Future of automotive

Dr. Andrzej Szalek (Toyota Central Europe), inż. Jakub
Stefaniak (Politechnika Warszawska, Wydział
Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa)
2022-04-01

Summary

The future of the automotive industry undoubtedly belongs to zero-emission vehicles. Electric vehicles, regardless of whether they are equipped with a large traction battery or are powered by hydrogen, face many challenges in connection with the emerging charging/refueling infrastructure. Electric vehicles powered by a traction battery have invariably struggled with limited range, high battery weight, long charging times and the significant impact of ambient temperature on the vehicle's range since its inception. Until technology can cope with these challenges, it is essential to develop low-emission propulsions in the form of hybrid vehicles. The development of hybrid propulsions technology contributes directly to the development of zero-emission propulsions. Hybrid vehicles are characterized by very low pollutant emissions, and the number of variants in which we can electrify a conventional powertrain makes it possible to adapt the hybrid propulsion to any demand.

Keywords: hybrid vehicles, hydrogen, hybrid, transport, passenger cars

Streszczenie

Przyszłość motoryzacji niewątpliwie należy do pojazdów zeroemisyjnych. Pojazdy elektryczne, niezależnie czy wyposażone są w duży akumulator trakcyjny, czy są zasilane wodorem mają przed sobą wiele wyzwań w związku z powstającą dopiero infrastrukturą ładowania/tankowania. Pojazdy elektryczne zasilane energią z akumulatora trakcyjnego niezmiennie od początku istnienia zmagają się z ograniczonym zasięgiem, dużą wagą akumulatorów, długim czasem ładowania oraz znaczącym wpływem temperatury otoczenia na zasięg pojazdu. Dopóki technika nie poradzi sobie z tymi wyzwaniami niezbędnym jest rozwijanie napędów niskoemisyjnych w postaci pojazdów hybrydowych. Rozwój technologii napędów hybrydowych przyczynia się w sposób bezpośredni do rozwoju napędów zeroemisyjnych. Pojazdy hybrydowe charakteryzują się bardzo niską emisją zanieczyszczeń, a ilość wariantów w jakich możemy zelektryfikować konwencjonalny układ napędowy, sprawia że możliwe staje się dopasowanie napędu hybrydowego do wielu zastosowań.

Słowa kluczowe: pojazdy hybrydowe, wodór, hybryda, transport, samochody osobowe

Spis treści

| | |
|--|----|
| Historia hybrydowych układów napędowych Toyoty | 3 |
| Rozwój napędów hybrydowych | 5 |
| Podsumowanie | 10 |
| Bibliografia..... | 11 |

Historia hybrydowych układów napędowych Toyoty

Przemysł motoryzacyjny na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat zwrócił swój kierunek rozwoju w stronę rozwiązań nisko i zeroemisyjnych. Świadomość ekologiczna wśród klientów znacząco wzrosła, coraz częściej podczas wyboru rodzaju napędu pojazdu kierują się jego wpływem na środowisko naturalne. Unia Europejska co kilka lat zastrza normy emisji zanieczyszczeń jakim podlegają homologowane pojazdy. Niezbędnym zatem stało się przeanalizowanie przyszłości motoryzacji oraz wybranie optymalnego i dostępnego rozwiązania. W celu sprostanania wymaganiom klientów, ograniczeniom wykorzystania paliw kopalnych w transporcie, a także zwiększenia ekonomiczności eksploatacji pojazdów, udało się opracować napęd, który spełni wszystkie wymienione wymagania. Toyota już od końca lat dziewięćdziesiątych była świadoma, że napęd konwencjonalny jest jedynie etapem przejściowym, który zostanie wyparty w przyszłości przez sprawniejszy i bardziej wydajny napęd elektryczny. Wyboru rodzaju napędu firma pozostawia klientom. Decyzja powinna być racjonalnym wyborem, zatem wedle zapewnieniom Toyota Motor Corporation, firma oferować będzie wszystkie rodzaje napędów do 2050 roku, zmieniając ich konstrukcje oraz gamę wraz ze zmianą przepisów homologacyjnych.

Toyota w roku 1997 wraz z premierą pierwszego na rynku, masowo produkowanego pojazdu hybrydowego, Toyoty Prius, stała się pionierem i potentatem technologii hybrydowych na świecie. Prius pierwszej generacji oferował wszystkie funkcje tego rodzaju napędu występujące także w obecnej, czwartej generacji modelu. Napęd hybrydowy Toyoty od początku istnienia jest napędem szeregowo-równoległym. Oznacza to, że napęd zarówno może być przenoszony na koła pojazdu przez silnik elektryczny przy wykorzystaniu energii zgromadzonej w akumulatorze, jak również przez silnik spalinowy lub/ oraz przez silnik elektryczny. Układ szeregowo-równoległy wykorzystuje zalety napędu szeregowego i równoległego przy jednoczesnym wyeliminowaniu wad tychże napędów. Rozwiązanie to umożliwia pracę silnika spalinowego w optymalnym zakresie parametrów oraz mniejsze obciążenie silnika spalinowego dzięki wspomaganiam przez silnik elektryczny. Zastosowane w układzie napędowym dwa silniki elektryczne sprzęgnięte zostały wraz z silnikiem spalinowym za pośrednictwem przekładni planetarnej. Prius pierwszej generacji wyposażony był w silnik spalinowy o pojemności 1500 cm³ pracujący w cyklu Atkinsona. Silnik pracujący w cyklu Atkinsona posiada dłuższy suw pracy w stosunku do suwu sprężania. Charakteryzuje się on lepszym wykorzystaniem energii zawartej w paliwie, a także wyższą sprawnością w średnim zakresie obrotów. W praktycznym zastosowaniu Toyoty cykl ten różni się od klasycznego cyklu Otta tym, że podczas rozpoczynania się suwu sprężania, zawory wlotowe są nadal otwarte. Dzięki opóźnieniu zamknięcia zaworów, suw sprężania zostaje wyraźnie skrócony. Rozwiązanie to stosowane jest w celu obniżenia zużycia paliwa, a także zwiększenia jego sprawności cieplnej. Dzięki zastosowaniu napędu hybrydowego w ówczesnej generacji Toyoty Prius osiągnięto emisję CO₂ na poziomie 135 g/km, co w tamtych latach było bardzo dobrym wynikiem. Dla porównania Toyota Corolla ósmej generacji (1997-2002) wyposażona w silnik benzynowy o pojemności 1600 cm³ emitowała 192 gCO₂/km. Kolejne generacje Priusa były nieustannie udoskonalane. W drugiej generacji pojazdu zastosowana została przetwornica napięcia podwyższająca napięcie w układzie do 500 V, następnie w trzeciej generacji do 650 V, a w najnowszym modelu zdecydowano się na napięcie 600 V. Takie rozwiązanie pozwoliło podnieść moc układu elektrycznego oraz zwiększyć zakres jego wykorzystania. Aktualnie na rynku obecna jest już czwarta generacja pojazdu Toyota Prius (rys. 1). Wyposażona została w silnik o pojemności 1800 cm³ działający również w cyklu Atkinsona, a także w czwartą generację hybrydowego układu napędowego. Silnik użyty w najnowszej odsłonie Priusa posiada sprawność cieplną na poziomie 40%. Jest to najwyższa sprawność jaką do tej pory uzyskał silnik spalinowy wykorzystywany w transporcie. Dzięki wprowadzonym

zmianom udało się obniżyć emisję CO₂ do 70 g/km. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że aktualna norma emisji przewiduje dopuszczalną wartość emisji CO₂ 95 g/km¹.

Według artykułu ósmego rozporządzenia 2019/631 Komisji Europejskiej, organ prawny ma obowiązek nałożenia na producenta pojazdów kary za przekroczoną emisję. Przekroczenie emisji CO₂ odpowiada krze w wysokości 95 Euro za każdy gram przekroczonej emisji dwutlenku węgla liczonej dla całej gamy modelowej producenta pojazdów w zależności od masy produkowanych pojazdów. Producenci pojazdów bardzo często przekraczają dopuszczalną normę emisji zanieczyszczeń dobrowolnie przyjmując karę finansową jaka przewidziana jest za to. Dzięki takiemu zabiegowi dalej mogą oferować na rynku pojazdy, których układy napędowe nie spełniają aktualnych wymogów unijnych. Niestety koszty te dodawane są do ceny nowego pojazdu, oznacza to, że ostatecznie karę zapłaci klient².

Rysunek 1. Toyota Prius 4 generacji

(Toyota News; data dostępu: 17.02.2022)



W firmie Toyota innowacyjność jest elementem filozofii działania, gdzie najlepszym na to dowodem są ustawiczne prace nad zmniejszeniem toksyczności spalin dzięki zastosowaniu niekonwencjonalnych rodzajów napędów. Pojazdy hybrydowe znane są z bardzo niskiej emisji zanieczyszczeń, zwłaszcza tlenków azotu (NO_x).

Oferowany już od 2016 roku Prius IV generacji, postrzegany jest jako lider oszczędności z tytułem najoszczędniejszej hybrydy na rynku. Tytuł ten został uzyskany dzięki zużyciu paliwa na poziomie 3 litrów/100km, wynik ten jest o 20% niższy w porównaniu do poprzedniego modelu. Po dwudziestu dwóch latach od wprowadzenia na rynek pierwszego pojazdu hybrydowego liczba

¹ Pielecha I., Cieślík W., Szalek W., (2018); pt. „Operation of electric hybrid drive systems in varied driving conditions”;

Stefaniak J., (2022); pt. „Analiza porównawcza i badania bezstopniowych przekładni napędowych K311 i P610 Toyoty Corolli”

² Merkisz J., Pielecha I., (2015); pt. „Układy mechaniczne pojazdów hybrydowych”, Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej;

Merkisz J., Pielecha I., (2015); pt. „Układy elektryczne pojazdów hybrydowych”, Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej;

Schmidt T., (2020); pt. „Pojazdy hybrydowe i elektryczne”, Warszawa, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności; Szalek A., (2020); pt. „Energy Conversion in motor vehicles”).

sprzedanych na świecie pojazdów z tym napędem przekroczyła już 20 mln sztuk. Toyota oferuje na rynku globalnym 63 modele pojazdów nisko i zeroemisyjnych. Wprowadzenie na rynek takiej liczby zelektryfikowanych napędów pozwoliło uniknąć na świecie emisji ponad 160 milionów ton CO₂ oraz zaoszczędzić 65 milionów kilolitrów benzyny. W tym miejscu należy podkreślić, iż napęd hybrydowy nie jest jedynie rozwiązaniem, która tylko obniża zużycie paliwa oraz emisję szkodliwych związków. Napędy te charakteryzują się trwałością i niezawodnością. Rzeczywistym przykładem jest samochód Manfreda Dvoraka, kierowcy taksówki z korporacji Oko Taxi z Wiednia, którego Prius II generacji przejechał już ponad milion kilometrów. W tym czasie samochód nie wymagał żadnych napraw poza wymianą elementów eksploatacyjnych. Przykładów pokonywania przez hybrydy bardzo dużych przebiegów jest wiele, o niezawodności tychże napędów przekonali się na przestrzeni lat użytkownicy samochodów, co zostało odnotowane przez iSeeCars.com. W zestawieniu samochodów, których największy odsetek pierwszych właścicieli trzymało przez ponad 10 lat, Toyota Prius zajęła drugie miejsce³.

Rozwój napędów hybrydowych powinien być priorytetem dla dzisiejszego przemysłu motoryzacyjnego. Pojazdy hybrydowe już dzisiaj mogą poruszać się około 70% czasu jazdy w trybie elektrycznym, a hybrydy typu plug-in (posiadające dodatkowy akumulator trakcyjny, który doładowywany jest z zewnętrznego źródła energii) nawet 100% czasu. Pomimo faktu, że jest to napęd niskoemisyjny, to dalej z prawnego punktu widzenia emituje zanieczyszczenia do środowiska, które dyskwalifikują go jako napęd przyszłości. Pomimo, że napęd hybrydowy jest rozwiązaniem przejściowym jest bardzo istotne by był wciąż rozwijany. Przemawia za tym, jego oddziaływanie na rozwój technologii napędów elektrycznych. Pojazdy wodorowe, jak i pojazdy wyposażone w akumulator trakcyjny, dzielą niemalże wszystkie komponenty elektryczne z pojazdami hybrydowymi, takie jak: akumulator trakcyjny, silnik elektryczny, sterownik mocy, falownik, gniazdo ładowania (plug-in), czy przetwornica napięcia, itd.. Bez masowo produkowanego napędu hybrydowego, Toyota nie zdobyłaby doświadczenia niezbędnego przy rozwoju zeroemisyjnych napędów elektrycznych.

Rozwój napędów hybrydowych

Motoryzacja upatruje swój rozwój w napędzie czysto elektrycznym. Elektryfikacja motoryzacji staje się już faktem, na rynku zaczęły powstawać firmy produkujące jedynie auta elektryczne, a firmy z silną pozycją na rynku deklarują pełną elektryfikację gamy modelowej w najbliższych latach. Spór jaki jest toczony wśród producentów pojazdów nie dotyczy napędu jako takiego, a źródła pozyskiwania energii elektrycznej oraz szybkości wprowadzanych zmian. Według działu badań i rozwoju Toyoty najbardziej obiecującym napędem dla motoryzacji jest napęd elektryczny, który energię czerpie z układu wodorowych ogniw paliwowych. Dzięki zastosowaniu ogniw nisko temperaturowych możliwym staje się stworzenie napędu zeroemisyjnego, który pozbawiony jest wszystkich wad jakie od początku istnienia posiadały pojazdy elektryczne wyposażone w akumulator trakcyjny jako główne źródło energii.

Pojazdy wodorowe są w rzeczywistości kolejną generacją pojazdów hybrydowych. Zasada działania układu ogniw paliwowych i małego akumulatora trakcyjnego jest tożsama z układem napędowym pojazdu hybrydowego. Pojazd wodorowy FCEV (z ang. Fuel Cell Electric Vehicle) może być wyposażony w hybrydowy układ zarządzania energią, którego głównym źródłem energii jest ogniwo paliwowe. Podczas ruszania jak i duże do obciążenia pojazd FCEV pobiera energię z

³ Stefaniak J., (2022); pt. „Analiza porównawcza i badania bezstopniowych przekładni napędowych K311 i P610 Toyoty Corolli”;

Cieślik W., Pielecha I., Szałek A., (2015); pt. „Assessment of parameters of the hybrid drive system in vehicles in urban traffic conditions”

akumulatora trakcyjnego oraz ogniwa, tak jak w pojeździe hybrydowym. Dzięki takiemu rozwiązaniu pojazd zużywa znacznie mniej wodoru podczas eksploatacji. Gdy pojazd osiągnie zamierzoną prędkość, ogniwo paliwowe przestaje na pewien czas zasilać silnik/akumulator, a prędkość pojazdu podtrzymywana jest za pośrednictwem energii elektrycznej z akumulatora trakcyjnego. Akumulator zamontowany w pojeździe Toyota Mirai drugiej generacji (rys. 2) to litowo-jonowy akumulator o pojemności 1,2 kWh, który montowany jest również w innych pojazdach z grupy Toyoty. Pierwsza generacja Toyoty Mirai wyposażona była w akumulator nikolowo-wodorkowy o pojemności 1,6 kWh. Wykorzystanie lżejszego i wydajniejszego akumulatora litowo-jonowego w drugiej generacji modeli pozwoliło zredukować masę układu napędowego⁴.

Rysunek 2. Toyota Mirai 2 generacji

(Toyota News; data dostępu: 17.02.2022)



Samochody wodorowe pozbawione są problemu wielogodzinnego ładowania, czas uzupełniania wodoru do zbiorników zajmuje około 3 minut. Sam proces tankowania jest prosty i może być przeprowadzony samodzielnie przez kierowcę pojazdu. Pojazdy wodorowe są w stanie pokonać bardzo wysokie zasięgi, gdyż w przeciwieństwie do pojazdów elektrycznych wyposażonych w akumulator trakcyjny, możliwym jest zwiększenie zasięgu bez drastycznego podnoszenia wagi pojazdu o dodatkowe nawet kilkaset kilogramów. Większy zasięg jest osiągalny poprzez powiększenie zbiorników magazynujących wodór, zwiększenie sprawności ogniwa. Zwiększenie pojemności zbiorników wysokociśnieniowych, nie wiąże się z tak drastycznym wzrostem wagi układu napędowego, tak jak w przypadku pojazdów elektrycznych posiadających akumulator trakcyjny. Dzięki trzem zbiornikom wodoru zamontowanym w Toyocie Mirai drugiej generacji, magazynującym łącznie 5,6kg wodoru możliwym jest przejechanie ponad 1000km. Wszystko to jest możliwe nie tylko przy zerowej emisji zanieczyszczeń, ale również przy obniżeniu ilości zanieczyszczeń będących w powietrzu. Ogniwa

⁴ Hu X., Jiang J., Egardt B., Cao D., (2015); pt. „Advanced power-source integration in hybrid electric vehicles: multicriteria optimization approach”;

Hu X., Moura S. J., Murgovski N., Egardt B., Cao D., (2016); pt. „Integrated optimization of battery sizing, charging, and power management in plug-in hybrid electric vehicles”;

Matsunaga M., Fukushima T., Ojima K., (2009); pt. „Powertrain system of Honda FCX Clarity fuel cell vehicle”;

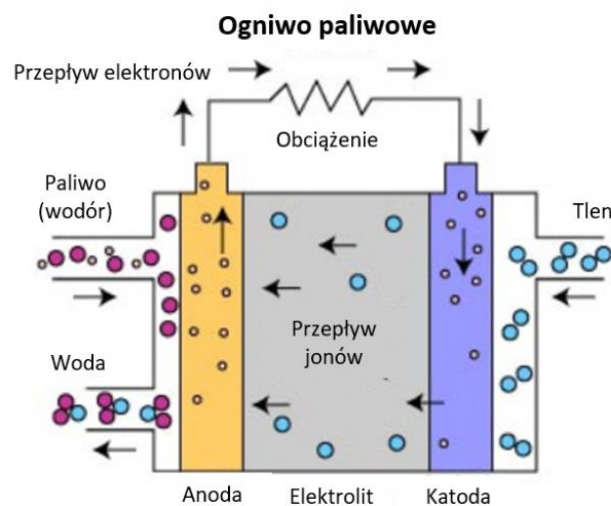
Brzeżański M., Szalek A., Szramowiat M., (2019); pt. „Tests of the vehicle’s power unit with fuel cells at reduced ambient temperature”

paliwowe wymagają do pracy bardzo czystego powietrza, dlatego do usuwania cząstek stałych, tlenków azotu, dwutlenku siarki i innych zanieczyszczeń służy specjalny filtr katalityczny, który usuwa od 90 do 100% zanieczyszczeń o średnicy od 0 do 2,5 mikrona⁵.

Zasada budowa ogniwa paliwowego typu PEM (z ang. proton-exchange membrane) została przedstawiona na rys. 3. Ze zbiorników kompozytowych wódor doprowadzany jest do anody, gdzie w obecności katalizatora, najczęściej platyny (Pt/C), rozkładany zostaje na protony (jony wodoru) oraz elektrony, które krążą w układzie zasilając w ten sposób równoległe silnik elektryczny i akumulator trakcyjny. Jony wodoru przedostają się przez membranę polimerową do katody, gdzie łączą się z tlenem tworząc w ten sposób czystą parę wodną, która następnie usuwana jest z układu. Ogniwa te potrafią osiągać sprawności niemalże 70%, co w porównaniu nawet ze najwyższą sprawnością silników spalinowych jest wartością dużo wyższą⁶.

Rysunek 3. Budowa niskotemperaturowego ogniwa paliwowego

(Wirtualne Muzeum Gazownictwa; data dostępu: 21.02.2022)



Najlepszą miarą rozwoju firmy jest ilość rejestrowanych patentów na nowe technologie. Toyota w latach 2011-2015 zarejestrowała 9807 patentów związanych z napędami alternatywnymi, dodatkowo udostępniła również 5500 patentów z dziedziny technologii wodorowych, dotyczących nie tylko ogniwa paliwowych, ale także zbiorników wodoru, sterowania systemem jak i stacji tankowania wodoru. Oznacza to, że Toyota znajduje się na czele branży motoryzacyjnej pod względem zaawansowania prac dotyczących technologii nisko i zeroemisyjnych napędów.

⁵ Szałek A.; Pielecha I., (2021); pt. „The Influence of engine downsizing in hybrid powertrains on the energy flow indicators under actual traffic conditions”;

Zajkowski K., Siwek K., Karpiński W., (2016); pt. „Wykorzystanie niekonwencjonalnych technologii w zasilaniu nowoczesnych pojazdów”;

Szałek A., Pielecha I., Cieślak W., (2021); pt. „Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) Energy Flow Analysis in Real Driving Conditions (RDC)”

⁶ O’Hayre R., Cha S., Colella W., Prinz F., (2016); pt. „Fuel Cell Fundamentals, Third Edition”, USA, Wiley

Rysunek 4. Toyota i-ROAD, 2013

(Toyota Global; data dostępu: 21.02.2022)



Toyota uważa, że rozwój elektromobilności powinien być dwutorowy, zatem tak jak dotychczas klient decydował czy wybiera pojazd z silnikiem o zapłonie iskrowym czy też o zapłonie samoczynnym, powinien również decydować czy woli pojazd elektryczny zasilany z akumulatora trakcyjnego czy za pośrednictwem ogniwa paliwowego. Już w 1997 roku Toyota wprowadziła na rynek model RAV 4 z napędem elektrycznym. Natomiast w 2013 roku zaprezentowany został dwuosobowy miejski pojazd elektryczny Toyota i-ROAD (rys. 4). Konstrukcja pojazdu oparta została o zamknięte nadwozie z trójkołowym podwoziem. Dla zachowania komfortu podróżowania wraz z zachowaniem bezpieczeństwa w pojeździe wprowadzono funkcję stabilizacji w zakrętach przez aktywne przechylenie. W układzie napędowym zastosowano dwa silniki elektryczne po 2 kW każdy, dzięki którym maksymalna prędkość pojazdu wynosi 45 km/h. Zasięg tego elektrycznego pojazdu to 50km. Pojazd ten znajduje wykorzystanie w ruchu miejskim i car sharingu. Ideą zastosowania tychże pojazdów jest wzbogacenie istniejącej infrastruktury komunikacji miejskiej o pojazdy umożliwiające przemieszczanie się na krótkich odcinkach. Toyota nie zakończyła rozwoju pojazdów bateryjnych jedynie na małych samochodach miejskich, w 2022 roku pokazana została Toyota bZ4x 9 (rys. 5).

Rysunek 5. Toyota bZ4x

(Toyota News; data dostępu: 17.02.2022)



Samochód ten to w pełni elektryczny pojazd bateryjny, który zbudowany został na nowej platformie eTNGA (z ang. Toyota New Global Architecture), która zaprojektowana została specjalnie dla pojazdów BEV (z ang. Battery Electric Vehicle). Zastosowano akumulator litowo-jonowy o pojemności 71,4 kWh, który został umieszczony pod podłogą pojazdu i stanowi integralną część nadwozia. Takie ułożenie magazynu energii znacząco obniża środek ciężkości pojazdu, zapewnia doskonale wyważenie przód/tył oraz wysoką sztywność nadwozia. Toyota bZ4x wyposażona została w silnik elektryczny o mocy 150 kW, możliwe jest skonfigurowanie pojazdu z napędem jedynie na przednią oś bądź na wszystkie koła. Dzięki zastosowaniu systemów stałego monitorowania napięcia, natężenia generowanego prądu jak i temperatury akumulatora na poziomie poszczególnych ogniw, możliwe jest uruchomienie odpowiednich procedur w momencie wykrycia nieprawidłowego poziomu generowanego ciepła. Akumulator trakcyjny dodatkowo jako pierwszy w historii Toyoty chłodzony jest cieczą. Ogniwa baterii chłodzone są płynem poprzez konwekcję wymuszoną, płyn omywa wszystkie cele z każdej strony. Dodatkowo do cel również doprowadzany jest płyn, w każdej z nich znajduje się pięć kanałów, którymi odprowadzany jest nadmiar ciepła. Dzięki wydajnemu układowi chłodzenia możliwym jest pełne naładowanie akumulatora w ciągu 30 minut i pozwala to na pokonanie ponad 450 kilometrów w trybie mieszanym. Prace rozwojowe nad zastosowanym w bZ4x akumulatorem umożliwiły osiągnięcie trwałość na poziomie 90% pojemności po 10 latach eksploatacji lub 240 tys. km przebiegu.

Pomimo wysoko rozwiniętych technologii zeroemisyjnych napędów, przed każdym z nich stoi wiele wyzwań. Zaczynając od kwestii budowy infrastruktury tankowania/ładowania, kończąc na dostępności paliwa/energii elektrycznej. Jednym z aspektów, jaki pomijany jest w dyskusji dotyczącej napędów elektrycznych, to kwestia serwisowania samochodów. Transformacja przemysłu motoryzacyjnego niesie ze sobą również znaczące zmiany w warsztatach samochodowych. Warsztaty samochodowe muszą zostać odpowiednio przygotowane do obsługi pojazdów zeroemisyjnych. Aktualnie pojazdy te należy serwisować w autoryzowanych stacjach, specjalnie do tego przystosowanych. Powodem tego jest inna procedura przeglądowa, jednym z podstawowych powodów jest zastosowanie w pojazdach elektrycznych wysokonapięciowych układów zasilania, gdzie wartość napięcia może dochodzić nawet do 1000 V. W związku z tym konieczne jest zapewnienie pracownikom odpowiedniego bezpieczeństwa p. przez odpowiednie właściwe przeszkolenie. Polskie prawo wymaga, aby osoba serwisująca pojazdy elektryczne posiadała uprawnienia do pracę z prądem o wartości do 1 kV. Pracownicy muszą także odbyć przeszkolenie zapewniające im niezbędną wiedzę jak obchodzić się z takimi układami napędowymi. Dodatkowo niezbędne jest, aby każdy serwis wyposażony został w

specjalistyczne urządzenia, które przeznaczone do wysokich wartości napięcia. Kolejnym ważnym aspektem jest odpowiednie przygotowanie stanowiska do obsługi pojazdów elektrycznych. W niemalże wszystkich pojazdach elektrycznych, których głównym źródłem energii jest akumulator trakcyjny, zespół akumulatorów umieszczony jest pod podłogą pojazdu. W razie awarii zespołu akumulatorów niezbędny jest ich demontaż, który wymaga odpowiedniej ilości miejsca wokół stanowiska. Niezbędnym jest zatem, aby stanowisko wyposażone było w specjalny podnośnik wraz z osprzętem umożliwiającym bezproblemowy demontaż zespołu akumulatorów. Koniecznym jest również wyznaczenie w serwisie osobnego pomieszczenia, w którym mechanik będzie mógł otworzyć zestaw akumulatorów i przejść do kolejnych czynności serwisowych.

Podsumowanie

Aktualnie większość z serwisowanych pojazdów to pojazdy hybrydowe. Serwis takiego pojazdu nie wymaga restrukturyzacji całego warsztatu. Wynika to z faktu, że silnik elektryczny w niektórych rozwiązaniach jest jedynie dodatkową jednostką napędową, a nie główną. W razie awarii spalinowej jednostki napędowej serwisem może zająć się mechanik, który na co dzień zajmuje się autami o napędzie konwencjonalnym po odpowiednim przeszkoleniu. W warsztacie znajduje się dodatkowo zespół elektromechaników, którzy podejmują się napraw układu elektrycznego wysokonapięciowego w momencie uszkodzenia któregoś z komponentów. Ze względu na niewielką liczbę zarejestrowanych w Polsce pojazdów elektrycznych liczba punktów umożliwiających serwis takich samochodów jest mocno ograniczona, lecz wraz z rozwojem pojazdów z takim napędzie niezbędna stanie się modernizacja warsztatów, jak i odpowiednie przeszkolenie pracowników. Zmiana wiodącego rodzaju napędu w pojazdach osobowych i ciężarowych wpłynie nie tylko na produkty oferowane przez producentów pojazdów, ale również zdefiniują wybór przed jakim stają klienci podczas zakupu samochodu. Na koniec powstaje pytanie, który z rodzajów napędu w większym stopniu spełnia oczekiwania kierowcy względem zasięgu, czasu ładowania, czy odporności na niskie i wysokie temperatury⁷.

⁷ Toyota News; <https://www.toyotanews.eu/pl/>, data dostępu: 17.02.2022).

Bibliografia

1. Brzeżański M., Szałek A., Szramowiat M., (2019); pt. „Tests of the vehicle’s power unit with fuel cells at reduced ambient temperature”
2. Cieślik W., Pielecha I., Szałek A., (2015); pt. „Assessment of parameters of the hybrid drive system in vehicles in urban traffic conditions”
3. Hasegawa T., Imanishi H., Nada M., Ikogi Y., (2016); pt. „Development of the fuel cell system in the Mirai FCV. In SAE Technical”
4. Hu X., Jiang J., Egardt B., Cao D., (2015); pt. „Advanced power-source integration in hybrid electric vehicles: multicriteria optimization approach”
5. Hu X., Moura S. J., Murgovski N., Egardt B., Cao D., (2016); pt. „Integrated optimization of battery sizing, charging, and power management in plug-in hybrid electric vehicles”
6. Matsunaga M., Fukushima T., Ojima K., (2009); pt. „Powertrain system of Honda FCX Clarity fuel cell vehicle”
7. Merksiz J., Pielecha I., (2015); pt. „Układy elektryczne pojazdów hybrydowych”, Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej
8. Merksiz J., Pielecha I., (2015); pt. „Układy mechaniczne pojazdów hybrydowych”, Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej
9. O’Hayre R., Cha S., Colella W., Prinz F., (2016); pt. „Fuel Cell Fundamental, Third Edition”, USA, Wiley
10. Pielecha I., Cieślik W., Szałek W., (2018); pt. „Operation of electric hybrid drive systems in varied driving conditions”
11. Schmidt T., (2020); pt. „Pojazdy hybrydowe i elektryczne”, Warszawa, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności
12. Stefaniak J., (2022); pt. „Analiza porównawcza i badania bezstopniowych przekładni napędowych K311 i P610 Toyoty Corolli”
13. Szałek A., (2020); pt. „Energy Conversion in motor vehicles”
14. Szałek A., Pielecha I., Cieślik W., (2021); pt. „Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) Energy Flow Analysis in Real Driving Conditions (RDC)”
15. Szałek A.; Pielecha I., (2021); pt. „The Influence of engine downsizing in hybrid powertrains on the energy flow indicators under actual traffic conditions”
16. Toyota Global; <https://global.toyota/en/download/3821082>, data dostępu: 21.02.2022
17. Toyota News; <https://www.toyotanews.eu/pl/>, data dostępu: 17.02.2022
18. Wirtualne Muzeum Gazownictwa; <https://wmgaz.pl/gazownictwo-dzis-i-jutro/artykul/gazowe-ogniwa-paliwowe>, data dostępu: 21.02.2022
19. Zajkowski K., Siwek K., Karpiński W., (2016); pt. „Wykorzystanie niekonwencjonalnych technologii w zasilaniu nowoczesnych pojazdów”