



New Solaris Urbino 12 electric podczas Bus Euro Test w Brukseli

Zbigniew Rusak

Tytuł International Bus of the Year dla new Solaris Urbino electric

Rok 2016 w 26-letniej historii konkursu International Bus and Coach of the Year jest szczególny. Po pierwsze stawka walczących o prestiżowy tytuł autobusów miejskich została całkowicie zdominowana przez autobusy z napędem alternatywnym. Po drugie, po raz pierwszy główna nagroda przypadła autobusowi skonstruowanemu przez polskich inżynierów i produkowanemu w polskiej fabryce. Elektryczny Solaris zdobył tytuł Autobusu Roku, stając w szranki z tak renomowanymi producentami jak Mercedes-Benz, Van-Hool i Irizar. W niniejszym artykule zaprezentowano szczegółowy opis autobusu, ze szczególnym uwzględnieniem tych elementów, które miały decydujący wpływ na zwycięstwo w konkursie.

Rola autobusów z napędem alternatywnym w obsłudze komunikacyjnej miast

Przewiduje się, że na świecie w ciągu najbliższych 35 lat udział mieszkańców miast wzrośnie z 54% do 65%. Oznacza to, że liczba ludności zamieszkujących miasta wzrośnie z 3,88 mld osób do 6,34 mld osób. Dla porównania: w 1990 r. w miastach miesz-

kało tylko 2,28 mld ludzi, którzy stanowili 42,8% ogółu mieszkańców naszego globu. W Europie ludność miejska stanowi 73%. W europejskich miastach mieszka łącznie 545,4 mln ludzi. Do 2050 r. ich liczba wzrośnie do 581,1 mln, czyli do 81,96% [4]. Wzrastająca liczba ludności generować będzie coraz większą liczbę podróży, a tym samym stale zwiększać się będzie zużycie energii i emisja CO₂ na stosunkowo zwartych obszarach. Nic więc dziwnego, że dla poprawy jakości życia w miastach ciągle poszukuje się nowych rozwiązań, mających na celu ograniczenie emisji CO₂, w tym także w sektorze transportu. Oczekiwania w tym zakresie zawarto m.in. w europejskiej polityce transportowej [1, 2]. Jednym z celów szczegółowych sformułowanych przez Komisję Europejską jest zmniejszenie o połowę liczby samochodów z napędem konwencjonalnym (pojazdy niehybrydowe z silnikami spalinowymi) w miastach do 2030 r. i całkowite wyeliminowanie takich pojazdów z ruchu miejskiego do 2050 r. Tendencje te mają swoje odzwierciedlenie także w pracach jury.

W 1990 r. pierwszym z nagrodzonych autobusów był niskopodłogowy Neoplan N8008 Metroliner MIC z nadwoziem całkowicie wykonanym z tworzyw sztucznych, wzmacnianych włóknem

szklanym. Układ osi i tylnej części nadwozia był tak pomyślany, aby w autobusie było możliwe aplikowanie różnych rodzajów jednostek napędowych, takich jak silnik spalinowy, układy hybrydowe czy baterie zasilające centralny silnik elektryczny. Autobus wyróżniał się niską masą własną i niskim współczynnikiem oporu aerodynamicznego. 5 lat później laureatem został autobus z napędem spalinowo-elektrycznym i 2 osiami skrętnymi Neoplan N 4114 DES Metroshuttle. Po kolejnych 5 latach autobusem, który otrzymał tytuł Bus of the Year 2001, był Mercedes-Benz Cito z przekładnią hydrostatyczną. Od konkursu w 2008 r. o tytuł coraz częściej współzawodniczą autobusy z napędem alternatywnym. W stawce testowanych autobusów pojawiły się m.in. autobusy napędzane sprężonym gazem ziemnym, takie jak Scania Cityway CNG (2014), MAN Lion's City CNG (2014) i Mercedes-Benz Citaro C2 NGT (2016), autobusy hybrydowe Volvo 7700 i 7900 Hybrid (2010 i 2012), MAN Lion's City Hybrid (2012) i Iveco Urbanway Full-Hybrid (2014) oraz napędzany wodorem MAN Lion's City H2 (2008). W br. po raz pierwszy testom poddano autobusy elektryczne.

Autobusy elektryczne w ofercie produkcyjnej Solarisa

Łącznie w ciągu 20-letniej historii Solarisa bramy fabryki w Bolechowie opuściło 14 tys. autobusów; 1 332 pojazdy to trolejbusy i autobusy elektryczne. Pierwsze prace nad baterijnymi autobusami elektrycznymi rozpoczęto w 2009 r. Premiera pierwszego w pełni autonomicznego autobusu elektrycznego miała miejsce podczas targów Transexpo w Kielcach w październiku 2011 r. Jego konstrukcja bazowała na konstrukcji niskowejściowego midibusu Solaris Alpino 8,9 LE. Mimo dużych podobieństw zewnętrznych, nowy autobus elektryczny różnił się od pierwowzoru wieloma rozwiązaniami konstrukcyjnymi [5]. Zmiany te wynikały przede wszystkim z konieczności wzmocnienia konstrukcji, przy jednoczesnym obniżeniu jej masy tak, aby uzyskać optymalny wskaźnik masy pustego pojazdu po zamontowaniu baterii trakcyjnych. W elektrycznym Alpino całkowicie przekonstruowano tylną część pojazdu, wzmocniono część dachową oraz wprowadzono nowe materiały wykonania poszycia nadwozia, bazujące na tworzywach sztucznych wzmocnianych włóknem szklanym. Znaczną redukcję masy pojazdu osiągnięto dzięki zastosowaniu cieńszych niż standardowe szyb bocznych oraz tworzywa, z którego wykonano podłogę autobusu: zamiast sklejk użyto bowiem drewna mahoniowego. Nowy materiał – Foamed ACM – wykorzystano do wykonania klap kanałów powietrza. Zamontowano także lżejsze siedzenia dla pasażerów. Kilkanaście kolejnych kilogramów zredukowano dzięki zastosowaniu aluminiowych, a nie – jak do tej pory – stalowych felg. Wreszcie autobus zupełnie pozbawiony został płynów eksploatacyjnych i zbiorników z tradycyjnym paliwem, co pozwoliło zmniejszyć masę aż o 300 kg! Ostatecznie, po dołożeniu do tej „odchudzonej” konstrukcji autobusu baterii o wadze 1 400 kg, był on tylko 600 kg cięższy niż tradycyjny pojazd z napędem spalinowym.

Sercem układu napędowego pierwszego elektrycznego Solarisa był asynchroniczny silnik trakcyjny dostarczony przez firmę Vossloh Kiepe o mocy 120 kW. Energia do napędzania silnika trakcyjnego zgromadzona była w 2 bateriach o jednostkowej masie 700 kg. Baterie litowe, gromadzące energię o wartości 120 kWh, pozwalały na przejechanie do 150 km (przy maksymalnej prędkości 50 km/h). Energia elektryczna zgromadzona w bateriach wykorzystywana była nie tylko do zasilania silnika trakcyjnego, lecz również do zasilania wszystkich innych agregatów, takich jak wspomaganie układu kierowniczego, ogrzewanie



Pierwszy autobus elektryczny z Bolechowa bazował na niskowejściowym Alpino 8,9 LE

i wentylacja oraz sterowanie pracą elektrycznych drzwi. Baterie ładowane były poprzez złącze typu plug-in firmy Walter. Czas potrzebny na całkowite uzupełnienie energii z terminala 3x400 V 63 A nie przekraczał 4 godz.

Pierwszy autobus elektryczny testowany był m.in. podczas Miistrzostw Europy w piłce nożnej w 2012 r. na ulicach Poznania oraz na linii 222 w Warszawie. W lipcu 2013 r. pierwszy egzemplarz tego autobusu trafił do Klagenfurtu w Austrii. Rok później, we wrześniu 2014 r., 2 elektryczne Solarisy o długości 8,9 m zostały zakupione przez MZK Ostrołęka. Elektryczny midibus z Bolechowa eksploatowany jest także przez MPK Kraków (od czerwca 2015 r.), które zamierza kupić kolejne autobusy tego typu w wersji 12- i 18-metrowej.

Istotny przełom w rozwoju autobusów elektrycznych nastąpił wraz z premierą autobusu elektrycznego o długości 12 m podczas IAA w Hanowerze w 2012 r. Elektryczny Solaris w klasie maxi bazował na rozwiązaniach, które zdały egzamin w jego krótszym poprzedniku. Główne zmiany, jakie wprowadzono w tym pojeździe, to zastosowanie silnika trakcyjnego o większej mocy oraz wybór innego rodzaju baterii. W 12-metrowej wersji Urbino



Solaris Urbino 12 electric na Krakowskim Przedmieściu w Warszawie



Premiera Solarisa Urbino 12 electric wyposażonego w pantograf podczas kieleckich targów Transexpo w 2013 r.



Solaris Urbino 18,75 electric dla HHA Hamburg. Fot. Hochbahn



Premierowy pokaz new Solaris Urbino w wersji elektrycznej podczas BusWorld w Kortrijk

electric nominalna moc silnika trakcyjnego wzrosła do 160 kW. Jednostka napędowa zasilana była z baterii litowo-jonowych o pojemności 210 kWh (własnej konstrukcji), które wykorzystywały ogniwa produkcji amerykańskiej. Dzięki takim parametrom zasięg autobusu wyniósł 150 km, mimo zwiększenia pojemności autobusu z poziomu 50 do 74 pasażerów oraz zwiększenia prędkości maksymalnej pojazdu do 70 km/h. Czas ładowania przy zastosowaniu ładowarki *plug-in* o mocy 100 kW wynosił około 2,5 godz. Wraz z uruchomieniem seryjnej produkcji autobusów elektrycznych i optymalizacją systemu zarządzania energią zasięg autobusu w wersji 12-metrowej wzrósł do poziomu 240 km. Autobusy z ładowaniem typu *plug-in* eksploatowane są m.in. w Warszawie, Inowrocławiu (Polska), Vasteras (Szwecja) i Düsseldorfie (Niemcy).

Kamieniem milowym dla Solarisa była prezentacja na targach Transexpo w 2013 r. 12-metrowego autobusu elektrycznego zasilanego nie tylko z gniazda *plug-in*, lecz również z pantografu. Wraz z wprowadzeniem baterii typu High Power można było zmniejszyć ich wielkość, co ma bezpośredni wpływ na zwiększenie pojemności autobusu. Większa liczba doładowań, trwających krócej niż nocne ładowanie baterii z ładowarek, będących elementem infrastruktury drogowej, pozwalało uzyskać zasięgi autobusów elektrycznych, które są porównywalne z autobusami konwencjonalnymi. Autobusy tego typu pojawiły się m.in. w Tampere (Finlandia), Oberhausen, Dreźnie, Hanowerze (Niemcy), Ostrołęce, Jaworznie, Krakowie (Polska), Pilźnie (Czechy) i w Barcelonie (Hiszpania).

Rok później, podczas targów Innotrans w Berlinie, Solaris Bus and Coach wspólnie z Bombardier Transportation zaprezentował pierwszy autobus elektryczny w wersji przegubowej z indukcyjnym systemem doładowania baterii PRIMOVE. Przeniesienie niewielkich baterii o pojemności 90 kWh na dach pojazdu spowodowało uzyskanie niskiego przebiegu podłogi na całej długości pojazdu – od kabiny kierowcy aż po tylną krawędź autobusu. Jedynymi wystającymi elementami wnętrza były pokrywy kół i zawieszenia oraz silników trakcyjnych napędzających niezależnie środkową i tylną oś. 5 autobusów tego typu eksploatowanych jest m.in. na linii M19 w Brunshwiku i 4 w wersji 12-metrowej na linii 204 w Berlinie.

Z kolei w grudniu 2014 r. HHA Hamburg zakupiło w Bolechowie 2 elektryczne autobusy przegubowe o długości 18,75 m, wyposażone w baterie o pojemności jedynie 120 kWh. Zwiększenie zasięgu w tym pojeździe uzyskuje się za pomocą wodorowego *expandera*, który ładuje baterie energią elektryczną, wytworzoną z wodoru, w ogniwach paliwowych firmy Ballard o mocy 101 kW.

Kolejnym etapem rozwoju autobusów elektrycznych Solarisa była premiera new Solaris Urbino w wersji elektrycznej podczas targów BusWorld w Kortrijk. Bezpośrednio po targach autobus ten został skierowany do obsługi delegatów Światowego Szczytu Klimatycznego w Paryżu w dniach od 30 listopada do 11 grudnia 2015 r., a następnie do obsługi regularnych linii komunikacyjnych nr 21 i 147. W czerwcu br. autobus new Solaris Urbino zaprezentowano w Brukseli jurorom konkursu International Bus of the Year.

Nadwozie

Bezemisynowe Urbino 12 electric nowej generacji jest najbardziej nowatorską konstrukcją w ofercie polskiego producenta. Autobus w wersji elektrycznej nieznacznie urosł z uwagi na konieczność zabudowania na dachu pojazdu dodatkowej aparatury sterującej. Wysokość odmiany elektrycznej jest o 345 mm większa niż

w przypadku new Solaris Urbino z klasycznym napędem. Mimo większej wysokości, w dalszym ciągu utrzymano prawidłowe proporcje całej bryły autobusu. O ile elektryczne Urbino poprzedniej generacji budowano na bazie klasycznego autobusu napędzanego silnikiem diesla, przerabiając te części nadwozia, w których mocowane były baterie, energoaparatura czy centralny silnik trakcyjny, o tyle nowa generacja Urbino była tak projektowana, aby niemal wszystkie elementy konstrukcyjne poszczególnych wersji były w pełni zamienne. Wpływa to na znaczne obniżenie kosztów serwisu i magazynowania oraz skraca czas dostawy części zamiennych. To jedna z cech, które wyżej pozycjonują wyrób z Bolechowa. Na pewno pod względem serwisowym lepszą dostępność części zamiennych gwarantują konstrukcje wytwarzane masowo niż pojazdy z nadwoziem dedykowanym. W ramach działań stylistycznych autobus tak zaprojektowano, aby była możliwa aplikacja różnego rodzaju napędów, przy jednoczesnej eliminacji oddzielnie projektowanych obudów i pokryw. Obudowy dachowe w nowym Urbino, maskujące kontenery aparatury elektrycznej, zostały harmonijnie połączone z oryginalnym pasem nadokiennym tak, że na pierwszy rzut oka trudno zorientować się, że mamy do czynienia z autobusem elektrycznym. Tak jak w odmianach z silnikiem diesla, udało się utrzymać wszystkie charakterystyczne elementy, które wyróżniają produkt z Bolechowa w normalnym ruchu ulicznym. Dzięki zastosowaniu ostrych krawędzi nadwozie nowego Urbino zyskało na agresywności i dynamice. Proste, ostre i zdecydowane linie w połączeniu z asymetryczną szybą przednią i charakterystycznie ukształtowanym pasem ponad szybami bocznymi powodują, że nowy autobus staje się z daleka rozpoznawalny. Znaczne powiększenie przedniej szyby spowodowało, że zwiększenie wysokości pojazdu nie zmieniło istotnie linii nadwozia. Jednym z elementów wyróżniających nowy pojazd jest zastosowanie wszystkich reflektorów, także światła drogowych, w technologii LED. Tak jak w przypadku lamp ksenonowych, zostały one zamontowane w kontrastowych czarnych, wąskich przetłoczeniach, pod którymi wkomponowano prostokątne światła do jazdy dziennej. Należy przyznać, że przyjęte rozwiązanie kojarzy się z *designem* najnowocześniejszych samochodów osobowych. W dalszym ciągu pozostawiono trzyczęściowy zderzak przedni, minimalizujący koszty wymiany uszkodzonych elementów podczas stłuczki.

Jednym z elementów, które zniknęły z Urbino, jest jednolity pas środkowy poprowadzony wzdłuż całego nadwozia. Jego miejsce zajęły dzielone panele z tworzywa sztucznego montowane metodą *skin-on-skin*. Charakterystycznym elementem nowego nadwozia są oryginalnie ukształtowane nadkola, podzielone optycznie – jak zderzak – na 3 części. Metamorfozie uległa także tylna ściana, gdzie zastosowano pokrywę silnika z zaokrągloną górną krawędzią. Podobnie jak w przypadku nadkoli, jest to element wspólny z autobusami InterUrbino. Bez wątpienia elementem, który przykuwa uwagę, jest pas nadokienny. Nie jest to jednolity pas, lecz zestaw elementów z wydzieloną strefą świetlika bocznej tablicy kierunkowej oraz osłony agregatu klimatyzacji. Linie poszczególnych elementów zaokrąglono krzywiznami, jakie zostały zastosowane w przy dolnej krawędzi przedniej szyby, nadkolach i pokrywie silnika. Nowa koncepcja ukształtowania pasa nadokiennego umożliwiła łatwe aplikowanie w konstrukcji nowych elementów, takich jak pokrywy butli na gaz w autobusach gazowych czy aparatury elektroenergetycznej w autobusach z napędem hybrydowym i elektrycznym. Tym samym, chociaż nadwozie autobusu new Solaris Urbino electric jest tylko jedną z odmian szerokiej gamy modeli autobusów miejskich, sprawia wrażenie,



Ogólny widok elektrycznej wersji Solarisa

jakby było od początku projektowane pod kątem zastosowania napędu elektrycznego. Projektując nową generację autobusów z Bolechowa, konstruktorom postawiono zadanie takiego ukształtowania górnej części nadwozia, aby wszystkie elementy dachowe były w pełni zintegrowane z pozostałą częścią nadwozia.

Nowe Urbino zostało przystosowane do aplikowania różnego rodzaju drzwi – od klasycznych dwuskrzydłowych otwieranych do wewnątrz, poprzez odskokowo-przesuwne, aż po jednoskrzydłowe o szerokości czynnej 1 250 mm. W nowym nadwoziu powiększono otwory drzwiowe, powiększając zarówno ich szerokość, jak i wysokość.

Współautorem stylistyki nowego Urbino jest studioFT z Berlina. Oryginalny *design* został doceniony przez wielu specjalistów wzornictwa w Europie. Nowe Urbino zdobyło prestiżową nagrodę „IF design”, przyznaną przez międzynarodowe jury składające się z ponad 50 specjalistów. Także w zakresie *designu* new Solaris Urbino został laureatem nagrody przyznawanej przez Międzynarodową Unię Transportu Publicznego UITP. Jednym z czynników, na który zwrócili uwagę jurorzy oceniający nowy pojazd, jest to, iż żaden element w konstrukcji nie jest dziełem przypadku.



Tylna ściana z otwartą komorą zestawu baterii i elementów sterowania mocą. Na dachu widoczny jest pantograf szybkiego ładowania



Widok na dach autobusu z charakterystycznym pasem nadokiennym

Kształt paneli bocznych ścian jest następstwem przyjętych materiałów i technologii ich mocowania do konstrukcji nadwozia.

Ale zmiany, które wprowadzono do nowego autobusu, nie ograniczyły się jedynie do *designu*. Od początku zaprojektowano konstrukcję nośną autobusu, zwiększając jej sztywność i obniżając masę. W porównaniu z poprzednią generacją masa własna autobusu została obniżona o 720 kg w przypadku wersji 12-metrowej oraz 870 kg w przypadku wersji przegubowej. Całkowicie przeprojektowano grupę podłogową, w której stalowa płyta stała się elementem nośnym konstrukcji. Zaprojektowano nowe wręgi oraz ich połączenia podłużnicami – tak, aby spełnić wymagania normy ECE R66.01, wchodzącej w życie od 1 stycznia 2017 r.

Konstrukcja szkieletu autobusu elektrycznego jest oparta w zdecydowanej większości na niezmiennych modułach szkieletu nowego Urbino z silnikiem spalinowym. W związku z zabudową odmiennych komponentów (inny system napędowy, baterie, rozbudowany system sterowania) różni się ona głównie szeregiem innych mocowań. Pojazd elektryczny ma odmienną konstrukcję w tylnej części szkieletu, w której – zamiast silnika diesla – mocowane są baterie trakcyjne oraz inne komponenty. Wzmocnieniu uległy również pewne obszary ścian bocznych oraz dachu, aby pojazd był przystosowany do przewożenia tam baterii oraz innych elementów wyposażenia. Dodano także wzmocnienia w tylnej ścianie, które zabezpieczają baterie w przypadku najechania na tył autobusu.

Dzięki wprowadzeniu w new Solaris Urbino technologii *skin-on-skin* struktura nadwozia ma charakter warstwowy, co pozwoliło na obniżenie jej środka ciężkości. Tym samym zabudowa na dachu baterii i aparatury sterowania mocą nie wpłynęła na pogorszenie własności trakcyjnych pojazdu. Poszczególne elementy nadwozia zostały tak ukształtowane, aby minimalizować zaleganie wody i wilgoci na elementach konstrukcyjnych pojazdu. Podobnie jak autobusy poprzedniej generacji, konstrukcja została wykonana ze stali odpornej na korozję 1.4003, jednak wzrósł w niej udział części wykonanych z tworzyw sztucznych i aluminium. Należy podkreślić, że nowa konstrukcja została zoptymalizowana pod kątem podatności obsługowej. Dzięki nowej konstrukcji zawiasów wszystkie klapy rewizyjne otwierane są pod kątem 170°, dając nieograniczony dostęp do poszczególnych elementów. To o 40° więcej niż w autobusach poprzedniej generacji.

Masa własna pojazdu jest nieco większa niż w wersji konwencjonalnej i oscyluje w granicach 13 500 kg. Należy jednak podkreślić, że wysoka masa własna opisywanego autobusu elektrycznego wynika z zastosowania największego pakietu baterii, umożliwiającego osiągnięcie zasięgu pomiędzy ładowaniami na poziomie 250 km. W przypadku zastosowania w autobusie mniejszych baterii o pojemności 90 kWh masa ta spada do po-



W dalszym ciągu jednym z charakterystycznych elementów new Solaris Urbino jest nowy kształt przednich reflektorów, wykonanych w technologii LED

ziomu 11 700 kg, co umożliwia zwiększenie pojemności pojazdu nawet do poziomu 95 pasażerów.

Układ napędowy

W odróżnieniu od autobusów poprzedniej generacji, w których zabudowano silnik centralny, w nowym Urbino zamontowano innowacyjną oś ZF AVE 130 trzeciej generacji, z 2 niezależnymi asynchronicznymi silnikami elektrycznymi chłodzonymi cieczą, wbudowanymi w piastach kół o mocy szczytowej 120 kW każdy. Rozwiązanie to pozwala przede wszystkim na obniżenie masy pojazdu i lepsze rozłożenie nacisków na poszczególne koła. Kolejnym zyskiem takiego rozwiązania jest lepsze rozplanowanie wnętrza, głównie z uwagi na możliwość zmniejszenia wieży oraz podestów wokół lewego tylnego koła. Parametry zamontowanych silników pozwalają rozpędzić 12-metrowy autobus do prędkości 50 km/h w niespełna 10 s.

Obok wersji z silnikami w piastach, Solaris w dalszym ciągu oferuje także autobusy z centralnym silnikiem asynchronicznym, zabudowanym z lewej strony pojazdu, tuż przed osią tylną. Moc silnika zależna jest od wersji pojazdu i własności topograficznych miasta. Oferowane są silniki o mocy ciągłej od 120 kW (autobusy midi), przez 160 kW (autobusy maxi), do 250 kW (autobusy maxi i przegubowe). Moment napędowy z silnika przenoszony jest na klasyczną oś portalową ZF. Rozwiązanie z silnikiem centralnym upraszcza konstrukcję pojazdu, jednak powoduje, że we wnętrzu pojazdu, poza nadkolami kół, muszą pojawić się dodatkowe podesty kryjące silnik i wał napędowy.

New Solaris Urbino electric jest wyposażony w najnowocześniejsze systemy bezpieczeństwa wspomagające pracę kierowcy, takie jak elektroniczny system uruchamiania hamulców EBS2 firmy Bosch, współpracujący z układami przeciwoślizgowymi ABS i ASR. Dla ułatwienia ruszania pod górę w Solarisie zamontowano urządzenie *hill-holder*.

Systemy zasilania

Do tej pory podstawowym problemem w rozwoju autobusów z napędem elektrycznym był zasięg pojazdu. Wynikało to głównie z poziomu zaawansowania technologicznego baterii, mierzonego możliwością zmagazyrowania energii w przeliczeniu na 1 kg. Innymi ograniczeniami związanymi z eksploatacją baterii było także liczba cykli ładowanie-rozładowanie. Wraz z rozwojem technologii parametry techniczne baterii uległy istotnej poprawie. Dlatego już obecnie większość autobusów elektrycznych może pokonać na jednym ładowaniu dystans wynoszący 220–300 km. Oczywiście

zasięg ten zależy od temperatury zewnętrznej, parametrów linii komunikacyjnej, obciążenia pojazdu i sposobu napędu agregatów pomocniczych. Dlatego tak ważnym elementem jest moduł sterowania pracą silnika i zarządzania energią w pojeździe. W new Solaris Urbino stosuje się moduły zarządzania energią dostarczane przez MEDCOM, Vossloh-Kiepe lub Škodę. Średnie zużycie energii w new Solaris Urbino electric waha się od 0,8 kWh/km (bez napędu agregatów pomocniczych) do 1,7 kWh/km.

Autobus testowany w Brukseli wyposażony był w zestaw baterii High Energy o pojemności 240 kWh, aby zapewnić zasięg na poziomie 250 km. Determinowane to było przede wszystkim brakiem odpowiedniej infrastruktury doładowującej w Brukseli. Baterie typu High Energy zapewniają możliwość pokonania znacznych dystansów bez konieczności dodatkowego ładowania w ciągu dnia. Baterie tego typu sprawdzają się w autobusach operujących w godzinach szczytu, a także w sytuacji, gdy operator nie posiada infrastruktury wybudowanej na przystankach krańcowych. Niestety, ich pojemność jak na razie nie jest wystarczająca do eksploatacji w sieciach, gdzie dzienne przebiegi przekraczają 250 km. Ponadto wysoka masa takich baterii poważnie ogranicza pojemność autobusu. Przy obecnym poziomie rozwoju High Energy, aby pokonać dystans około 400 km, masa baterii byłaby na tyle duża, że – przy uwzględnieniu ograniczonej DMC na poziomie 18 tys. kg – na pokład 12-metrowego pojazdu można byłoby zabrać tylko 29 pasażerów. W krajach, gdzie DMC dla 2-osobowego autobusu wynosi 19 tys. kg, pojemność takiego autobusu oscylowałaby w granicach 44 pasażerów. Żywotność baterii High Energy szacowana jest na 3,5–4 tys. ładowań. Oznacza to, że przy eksploatacji autobusu na poziomie 330 dni rocznie, czas eksploatacji baterii powinien wynieść od 10,5 do 12 lat, w okresie których autobus przejedzie od 875 tys. do 1 mln wkm. Oczywiście zależy to od zachowania odpowiedniego reżimu eksploatacji baterii. Autobusy z bateriami High Energy mogą być eksploatowane niemal na całej sieci komunikacyjnej, gdyż nie wymagają żadnej dodatkowej infrastruktury. Niemniej przy dużej liczbie takich pojazdów zapotrzebowanie na energię ładowania skumuluje się. Przy 50 autobusach energia niezbędna do naładowania baterii będzie oscylować w granicach 12 MWh.

Baterie typu High Power (o mniejszej pojemności i niższej gęstości energetycznej w porównaniu z bateriami High Energy) przeznaczone są przede wszystkim do szybkiego ładowania przy

wykorzystaniu prądu o dużym natężeniu. Autobusy z bateriami High Power zapewniają wysoką operacyjność dzięki kilkukrotnemu ładowaniu baterii na stacjach ładowania zlokalizowanych na pętlach końcowych bądź przy pomocy pantografu, bądź indukcyjnie poprzez pętle wbudowane w jezdnię i zamontowane pod podłogą pojazdu. Liczba cykli ładowania dla baterii High Power oscyluje w granicach 15 tys. W przeliczeniu na pracę przewożącą daje to wielkość pomiędzy 0,9 a 1,36 mln wkm.

Baterie litowo-żelazowo-fosforanowe stosowane w new Solaris Urbino zostały opracowane przez konstruktorów z Bolechowa przy wykorzystaniu ogniw renomowanych firm: amerykańskiej A123 Systems i japońskiej Toshiba. Solaris daje 5-letnią gwarancję na baterie bez względu na liczbę cykli ładowania.

Podstawowym sposobem ładowania baterii w autobusie new Solaris Urbino jest metoda *plug-in* za pomocą złącza pokładowego o mocy do 85 kW. Mimo prostej konstrukcji czas ładowania baterii przy tej metodzie oscyluje w granicach od 2,5 do 3 godz. dla baterii 240 kWh. Testowany Urbino posiadał także możliwość doładowania baterii za pomocą pantografu. Aby maksymalnie zautomatyzować proces ładowania, pantograf jest samoczynnie unoszony w chwili podjazdu pod ładowarkę. Głowica pantografu umieszczona na teleskopowych prowadnicach samoczynnie pozycjonuje się w gnieździe ładowarki. Aby jak najprecyzyjniej ustawić autobus względem gniazda ładowarki, na desce rozdzielczej new Solaris Urbino electric umieszczono piktogram informujący kierowcę o optymalnym położeniu autobusu. Pantograf umożliwia szybkie doładowanie baterii o mocy aż do 450 kW przy wykorzystaniu prądu o natężeniu 700 A. Po osiągnięciu pełnego naładowania baterii proces jest automatycznie przerywany, a pantograf samoczynnie składa się. Przy wykorzystaniu pantografu proces ładowania baterii o pojemności 240 kWh ulega skróceniu do 0,5 godz.

Obecnie na rynku istnieją 2 systemy ładowania: z pantografem zamontowanym bezpośrednio na dachu autobusu (Hanower, Drezno, Paryż, Jaworzno) oraz z pantografem odwróconym, opuszczanym z masztu pantografowego (Hamburg). Wiodącymi producentami systemów pantografowych są m.in. Schunk i Siemens. Niewątpliwie rozwiązanie z pantografem odwróconym upraszcza konstrukcję autobusu, jednak niesie za sobą wiele innych komplikacji. Podstawowym problemem jest standaryzacja wysokości zamontowania gniazda ładowania na dachu autobusu w przypad-



Porównanie metod ładowania baterii – plug-in oraz przy pomocy pantografu

ku eksploatacji pojazdów różnych typów, aby głowica pantografu optymalnie przylegała do gniazda. Ponadto, w przypadku zaniku napięcia podczas procesu ładowania, pantograf ładowarki nie składa się i tym samym autobus może zostać zablokowany na końcówce. W podobnej sytuacji w autobusie z pantografem zamontowanym na dachu pantograf automatycznie ulega złożeniu i pojazd może kontynuować pracę na linii lub wrócić do zajezdni.

Obok ładowania *plug-in* i ładowania pantografowego Solaris ma w swojej ofercie system indukcyjnego doładowania baterii, bazujący na rozwiązaniu PREEMOVE firmy Bombardier, w której specjalna płyta kontaktowa, umieszczona pod autobusem, automatycznie obniża się po najechaniu na pętlę indukcyjną wbudowaną w nawierzchnię jezdni. W metodzie tej maksymalny prąd ładowania wynosi około 300 A, a maksymalna moc ładowania nie przekracza 200 kW.

Aby zapewnić interoperacyjność autobusów elektrycznych, Solaris wraz z Irizarem, VDL-em i Volvo postanowili wspólnie opracować wytyczne do europejskich standardów dla infrastruktury ładowania. Otwarty system zostanie opracowany przez tak znanych producentów, jak ABB, Heliox i Siemens. Celem projektu jest zagwarantowanie otwartego interfejsu do ładowania autobusów elektrycznych, a poprzez to ułatwienie wprowadzenia tej technologii do europejskich miast. Przewiduje się, że nowe standardy europejskie wejdą w życie w 2019 r., zaś międzynarodowe normy w 2020 r. Obejmować one będą zarówno elementy



Aranżacja stanowiska dla inwalidów



Gniazdo USB staje się standardowym wyposażeniem autobusów miejskich

ładowania pantografowego, jak i komunikację bezprzewodową, płyty kontaktowe w ładowaniu indukcyjnym, jak również wtyczki do ładowania *plug-in* oraz system komunikacji między stacją ładowania a pojazdem.

Przestrzeń pasażerska

Nagrodzony new Solaris Urbino electric to 3-drzwiowy autobus niskopodłogowy (z niskim przebiegiem podłogi na całej długości pojazdu). Wyróżnia się dużą możliwością dowolnego kształtowania aranżacji siedzeń dzięki wyeliminowaniu jakiegokolwiek podestów pomiędzy nadkolami kół przednich i tylnych. Tym samym Solaris charakteryzuje się bardzo dużą liczbą siedzeń dostępnych bezpośrednio z niskiej podłogi. Zajęcie aż 16 z 30 foteli nie wymaga pokonywania jakichkolwiek dodatkowych stopni.

We wnętrzu Solaris traci także około 1 m przestrzeni w tylnej części pojazdu na obudowę największego zestawu baterii o pojemności 240 kWh. Nie można jednak zapominać, że w przypadku zastosowania opcji doładowania autobusu na trasie i zabudowy baterii High Power o mniejszej pojemności bezpośrednio na dachu pojazdu, w tylnej części możliwa jest zabudowa dodatkowych siedzeń, jak to ma miejsce w autobusach elektrycznych dla Braunschweigu. Wnętrze autobusu wykończono w jasnych i pastelowych kolorach, a użyte materiały charakteryzują się wysoką jakością. Ciekawą formę plastyczną mają wszelkiego rodzaju elementy wykończeniowe – przyciski, obudowy tablic informacyjnych itp. Standardem od wielu lat jest także stosowanie kontrastowej kolorystyki poręczy i krawędzi podestów. Aby zmniejszyć zużycie energii, oświetlenie wnętrza wykonano w technologii LED. Obok miejsca na wózki inwalidzkie (zaaranżowanego zgodnie z dyrektywą EU 2001/85) czy rampy dla wózków, standardem staje się wyposażenie wnętrza w gniazda USB, umożliwiające doładowanie telefonu czy instalacja Wi-Fi. Tegoroczną nowością zaprezentowaną przez Solarisa były zarówno siedzenia, jak i poręcze pokryte specjalną warstwą antybakteryjną.

Wszystkie siedzenia w części niskopodłogowej montowane są bezpośrednio do ścian bocznych metodą *canti-lever*. Kształt nadkoli osi przedniej zoptymalizowano pod kątem osiągnięcia maksymalnej szerokości przejścia, która w tym przypadku wynosi 880 mm.

Stanowisko kierowcy

Standardowym wyposażeniem autobusu elektrycznego jest deska rozdzielcza własnej konstrukcji, bazująca na 3 kolorowych,



Solaris Urbino wyróżniał się na tle konkurencji dużą liczbą miejsc siedzących dostępnych bezpośrednio z niskiej podłogi



Porównanie aranżacji tylnej części nadwozia przy zastosowaniu baterii HighEnergy i HighPower

dotykowych ekranach LCD, pozbawiona jakichkolwiek przycisków i przełączników. Cała jej obsługa ogranicza się do przyciśnięcia określonego pola na ekranie. Mimo diametralnej zmiany filozofii obsługa nowego kokpitu pozostała intuicyjna. Każda z informacji pojawia się w ściśle określonym momencie. Doskonała rozdzielczość ekranów pozwala na uwypuklenie szczególnie istotnych informacji, które pozwalają kierowcy na szybkie podjęcie decyzji. Centralny ekran przekazuje podstawowe informacje o prędkości, obrotach silnika, stopniu naładowania baterii, temperaturze zewnętrznej, użyciu hamulca zasadniczego, postojowego lub przystankowego, przebiegu dziennym i całkowitym. Po prawej stronie zlokalizowano panel obsługi, gdzie wszystkie funkcje podzielono pomiędzy 3 zakładki: menu główne, menu kierowcy, menu przestrzeni pasażerskiej. W zależności od wyboru konkretnej zakładki kierowca może sterować wentylacją i ogrzewaniem oddzielnie dla kabiny kierowcy i przestrzeni pasażerskiej, otwierać drzwi, włączać *kneeling*, uaktywniać lub dezaktywować hamulec przystankowy. Przy pomocy lewego ekranu można sterować światłami zewnętrznymi i wewnętrznymi. W przypadku włączenia biegu wstecznego na lewym ekranie



Nowa deska rozdzielcza konstrukcji inżynierów Solarisa. Na desce pojawił się piktogram informujący kierowcę o stanie naładowania baterii oraz o optymalnym położeniu pojazdu przy podjeździe pod ładowarkę pantografową

pojawia się obraz z kamery cofania, umieszczonej na tylnej ścianie pojazdu. Na wyświetlaczu pojawiła się także dodatkowa informacja o stopniu naładowania baterii i szacowanej liczbie kilometrów możliwej do przejechania przy aktualnym obciążeniu pojazdu i określonych warunkach ruchowych, a także piktogram informujący o prawidłowym podjeździe pod pantograf. Ponadto – na życzenie klienta – może być zamontowana deska rozdzielcza zgodna ze standardami VDV, z kolorowym wyświetlaczem LCD, dostarczana przez Continental-VDO lub Actię.

Solaris w historii konkursu International Bus and Coach of the Year

Współzawodnictwo o przyznanie nagrody International Bus and Coach of the Year liczy sobie już 26 lat. Konkurs rozpoczął się w 1989 r. Jego organizatorem jest organizacja Association of Commercial Vehicle Editors (ACE), zrzeszająca europejskich wydawców czasopism branży samochodów użytkowych, w tym branży autobusowej. W jej ramach odpowiada za niego Grupa Robocza „Bus and Coach of the Year”. Początkowo nagroda przyznawana była najbardziej nowatorskim konstrukcjom autobusowym. W latach 1995–1996 w jednym roku przyznawano tytuł niezależnie dla autobusu turystycznego (Coach) i autobusu miejskiego (Bus). Od 1997 r. laureaci nagrody wyłaniani są na przemian – w latach nieparzystych autobusy miejskie i w latach parzystych autobusy turystyczne, a wręczenie odbywa się przy okazji największych imprez targowych. W połowie lat 90. w skład jury wchodziło 13 dziennikarzy. W późniejszym czasie skład ten poszerzono o przedstawicieli kolejnych krajów, w tym Polski (od 2003 r.). Nasza redakcja była pierwszym członkiem jury spośród państw Europy Centralnej i Wschodniej. Obecnie autobusy ocenia 21 dziennikarzy, którzy przez wiele lat pracowali pod przewodnictwem Stuarta Jonesa z „Bus and Coach Buyer”. W br. przewodniczącym jury został Norweg Tom Terjesen z „Buss Magasinet”.

Należy podkreślić, że w blisko 30-letniej historii konkursu najwięcej wyróżnień zdobył koncern Daimler. Łącznie trofeum to trafiło 5-krotnie do Stuttgartu (1992, 2000, 2006, 2009 i 2012) i 4-krotnie do Neu-Ulm (1996, 2001, 2008 i 2013). Nieco mniej nagradzany był koncern NeoMAN, który zgarnął nagrody 6-krotnie (1995, 1999, 2004, 2005, 2006 i 2014). Do tego można jeszcze doliczyć 3-krotny tytuł dla autobusów Neoplana sprzed połączenia z MAN-em (1990, 1995 i 1999). 2-krotnie nagrody przyznawane były koncernom Iveco (1995 i 2015), Volvo (1996 i 2007) i VDL (2010 i 2012) oraz zakładom Van-Hool (1997 i 2003). Solaris startował w testach 3-krotnie. W 2003 r. w Coach Euro Test we włoskim Baveno uczestniczyła Vacanza.

Rok później w Poznaniu testowano Solarisa Urbino II. Trzeci występ po 12 latach zakończył się dla firmy z Bolechowa pełnym sukcesem.

Lista laureatów nagrody „Interantional Bus and Coach of the Year” została zaprezentowana w tab. 2.

Podsumowanie

Przyznanie prestiżowego tytułu autobusowi z Bolechowa jest ukoronowaniem wysiłku wielu pracowników Solarisa, zarówno tych odpowiedzialnych za opracowanie konstrukcji, jak i tych, którzy autobusy produkują, przekazują do klienta i zabezpieczają ich serwis. Nagroda potwierdza także aspiracje Solarisa bycia firmą o charakterze globalnym, która chce być obecna na niemal wszystkich rynkach Europy, Bliskiego Wschodu i Afryki Północnej. Na pewno powodem do dumy jest to, że nagrodę otrzymał autobus tak dalece zaawansowany technicznie. Jego atutami są przede wszystkim brak emisji, cicha praca, niskie koszty eksploatacji, oryginalny design, wysoki komfort podróży, duża liczba opcji wyposażenia, dobra dostępność do części zamiennych. I chociaż autobusy miejskie z napędem elektrycznym jeszcze przez długi czas nie wyprą z rynku autobusy z silnikiem diesla, należy mieć nadzieję, że w najbliższej przyszłości będą one stanowić trzon eksploatowanego taboru obsługującego centra miast, tereny rekreacyjne oraz obszary cenne przyrodniczo.

Należy pogratulować całej załodze Solarisa wytrwałości i zaangażowania. Na pewno jednym z głównych autorów tego sukcesu jest Krzysztof Olszewski, który w 2006 r. wypowiedział pamiętne słowa „Umarł diesel. Niech żyje elektryczność”. To jego zasługa i jego żony Solange Olszewskiej, będącej przez wiele lat prezesem firmy, jest przede wszystkim budowa zgranego i ambitnego zespołu polskich inżynierów, techników, mechaników i kadry zarządzającej, wspomaganego doświadczeniem najlepszych specjalistów z światowego biznesu autobusowego.

Tab. 1. Dane techniczne new Solaris Urbino 12 electric

Marka i typ pojazdu	New Solaris Urbino 12 electric
Rodzaj	Miejski, niskopodłogowy
Długość [mm]	12 000
Szerokość [mm]	2 550
Wysokość [mm]	3 395
Liczba miejsc siedzących/stojących	23–30/48–55
Rodzaj siedzeń	Ster 8MU z antybakteryjną warstwą Cu+
Układ drzwi	2-2-0 2-2-2
Wysokość podłogi [mm]	320/320/320
Silniki	2 asynchroniczne silniki elektryczne zabudowane w piastach kół
Moc [kW]	2 x 120 kW
Rodzaj i pojemność baterii [kWh]	High Energy 240
Technologia doładowania baterii	Plug-in Ekoenergetyka do 200 kW Pantograf Shunk do 450 kW
Oś przednia	Zawieszenie niezależne ZF RL82CE
Oś tylna	Oś sztywna ZF AVE-130
Hamulce	T/T
ABS/ASR/EBS	S/S/S
Rozmiar opon	6 x 275/70 R 22,5

Tab. 2. Laureaci tytułu Autobus Roku w latach 1990–2016

Edycja konkursu	Typ pojazdu	Tytuł
1990	Neoplan Metroliner MIC	Bus of the Year 1991
1991	Renault FR1 GTX	Coach of the Year 1992
1992	Mercedes-Benz O404	Coach of the Year 1993
1993	Kassbohrer Setra S 300 NF	Bus of the Year 1994
1994	MAN Lion's Star FRH-422	Coach of the Year 1995
1995	Iveco Euroclass HD	Coach of the Year 1996
1995	Neoplan N-4114 DES	Bus of the Year 1996
1996	Volvo B-12/600	Coach of the Year 1997
1996	Setra S 315 NF	Bus of the Year 1997
1997	Van-Hool T9 Acron	Coach of the Year 1998
1998	MAN NL-263	Bus of the Year 1999
1999	Neoplan Starliner N 516/3 SHDL	Coach of the Year 2000
2000	Mercedes-Benz Cito	Bus of the Year 2001
2001	Setra S 415 HDH	Coach of the Year 2002
2002	Van-Hool A-330	Bus of the Year 2003
2003	MAN Lion's Star i Scania Irizar PB	Coach of the Year 2004
2004	MAN Lion's City	Bus of the Year 2005
2005	Neoplan Starliner II N 5218 SHDL	Coach of the Year 2006
2006	Mercedes-Benz Citaro MLE	Bus of the Year 2007
2007	Volvo 9700 6x2 Prestige	Coach of the Year 2008
2008	Setra S 415 NF	Bus of the Year 2009
2009	Mercedes-Benz Travego SHD17	Coach of the Year 2010
2010	VDL Citea SLF	Bus of the Year 2011
2011	VDL Futura FHD2	Coach of the Year 2012
2012	Mercedes-Benz Citaro C2	Bus of the Year 2013
2013	Setra S 515 HD	Coach of the Year 2014
2014	MAN Lions City GL CNG	Bus of the Year 2015
2015	Iveco Magelys	Coach of the Year 2016
2016	New Solaris Urbino 12 electric	Bus of the Year 2017

Bibliografia:

1. Biała Księga Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu, KOM (2011) 144.
2. Dyr T., Europejska polityka transportowa na pierwszą połowę XXI wieku, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2011, nr 10.
3. Rusak Z., Bus Euro Test 2016, czyli alternatywnie w komunikacji miejskiej, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 5.
4. United Nations, Department of Economic and Social Affairs – World Urbanization Prospects The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352).
5. Wołoszyn R., Dwunastometrowy Urbino electric – dopełnienie oferty, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2012, nr 10.

Szczególne podziękowania za dostarczenie materiałów niezbędnych do przygotowania niniejszego artykułu chciałem złożyć na ręce Pana Mateusza Figaszewskiego, Zastępcy Dyrektora ds. PR, oraz Pana Michała Sierszyńskiego, Kierownika Zaawansowanych Technologii w Dziale Rozwoju Solaris Bus and Coach.

Autor:

mgr inż. **Zbigniew Rusak** – Instytut Naukowo-Wydawniczy „Spacium” w Radomiu