



Arkadiusz Lubka

Niskopodłogowy tramwaj Solaris Tramino S105p

Tramwaje Solaris Tramino S105p stanowią jedną z wielu inwestycji, które pod hasłem „Euro-2012” mają kształtować wizerunek Poznania, jako miasta nowoczesnych technologii

Zaprezentowany po raz pierwszy publicznie w 2009 r. prototyp tramwaju niskopodłogowego Tramino S100, stanowił zwieńczenie prowadzonych od kilku lat prac nad skonstruowaniem nowoczesnego pojazdu, a jednocześnie tańszego w produkcji od zachodnich konkurentów. Znana w Europie, a także poza nią, z produkcji nowoczesnych autobusów niskopodłogowych, polska firma Solaris Bus & Coach z podpoznańskiego Bolechowa tym samym dała wyraźny sygnał o chęci dołączenia do dość wąskiego i raczej ekskluzywnego grona producentów miejskiego taboru szynowego. Aby jednak zaistnieć na rynku, potrzebny był jeszcze kontrakt na dostawę serii wagonów. Zwycięstwo w przetargu na wyprodukowanie czterdziestu tramwajów dla MPK Poznań stworzyło taką szansę i w efekcie powstał zmodyfikowany projekt tramwaju Tramino S105p.

Poznański przewoźnik, aby maksymalnie wykorzystać zarezerwowaną dla tego projektu dotację unijną, ostatecznie zamówił 45 wagonów, których dostawy rozpoczęły się wiosną 2011 r., a zakończyć się powinny przed przyszłorocznymi Mistrzostwami Eu-

ropy w piłce nożnej EURO-2012. W stosunku do prototypowego wagonu S100, w tramwajach poznańskich zrezygnowano z podcięcia pudła oraz zwiększono jego szerokość zewnętrzną (z 2350 mm do 2400 mm) co pozwoliło na zwiększenie przestrzeni wewnętrznej i zmniejszenie odległości do krawędzi peronu, zwiększono szerokość drzwi podwójnych (z 1300 mm do 1500 mm). Zoptymalizowano rozmieszczenie przycisków sterujących na bocznym panelu oraz prawym podłokietniku, zrezygnowano z trzeciego ekranu dotykowego na pulpicie sterowniczym (na rzecz tradycyjnych przycisków i przełączników) oraz z wąskiego okienka wzdłuż naroża kabiny, dzięki czemu wyeliminowano słupki, zmniejszono także szerokość narożnego słupka, co wpłynęło na poprawę widoczności z kabiny.

Dodatkowe, drobniejsze zmiany wprowadzono w wyniku jazd próbnych pierwszego egzemplarza, dostarczonego przewoźnikowi 23 kwietnia 2011 r., polegające między innymi na zastosowaniu uchwytów na osłonach wózków, czy też zmianie stałego podnóżka w kabine motorniczego, na regulowany. Po otrzymaniu 23 maja 2011 r. świadectwa homologacyjnego, przeszkoleniu obsługi oraz przygotowaniu pojazdu do służby liniowej, 11 sierpnia 2011 r. wagon, oznaczony numerem taborowym 515 (będący drugim egzemplarzem produkcyjnym), zadebiutował na linii nr 14.

Konstrukcja

Tramwaj typu Solaris Tramino S105p jest pojazdem jednoprzestrzennym, w pełni niskopodłogowym, jednostronnym i jednokierunkowym, składającym się z pięciu, połączonych przegubami, członów. Dwa skrajne człony osadzone zostały na dwuosiowych wózkach napędnych, środkowy na dwuosiowym wózku tocznym, zaś pozostałe dwa człony zostały zawieszony między skrajnymi i środkowym. W członach skrajnych znajdują się drzwi jednoskrzydłowe szerokości 750 mm, zaś w członach wiszących po dwie pary drzwi szerokości 1500 mm każde. Wszystkie drzwi są odskokowo-przesuwne.

Wysokość podłogi ponad główką szyny nad wózkami wynosi 480 mm, a w pozostałym obszarze (także w wejściach) – 350 mm. Minimalna szerokość przejścia wewnątrz wagonu wynosi 750 mm.

Napęd tramwaju stanowią cztery asynchroniczne silniki firmy Voith, o mocy 105 kW każdy.



Konstrukcja członu czołowego zawiera klatkę bezpieczeństwa, chroniącą motorniczego



W hali montażowej przy ulicy Wieruszowskiej w Poznaniu nie ma lakierni, ponieważ poszczególne elementy poszycia dostarczane są już pomalowane



Ażurowa konstrukcja wpływa na obniżenie masy pojazdu



Konstrukcja spodniej części członu wiszącego

Pojemność wagonu wynosi 229 osób (przy 5 os./m²), w tym 48 na miejscach do siedzenia. W drugim członie przewidziano miejsce dla wózków inwalidzkich lub dziecięcych. Cała przestrzeń wewnętrzna jest klimatyzowana, przy czym kabina motorniczego ma niezależny system wentylacji i klimatyzacji. Na trzyczęściowy pulpit sterowniczy składają się dwa ekrany dotykowe, a jedynie prawa część zawiera tradycyjne przyciski i przełączniki. Wagon nie ma tradycyjnych lusterek tylko kamery, a do obserwacji wstecznej służą wyświetlacze, zamontowane na słupkach naróżnych wewnątrz kabiny.



Zabudowa części sufitowej, widoczne listwy montażowe, a na pierwszym planie wręga od strony przegubu



Górne połączenie kulowe przegubu umieszczone jest między zewnętrzną i wewnętrzną harmonią ochronną; po bokach widoczne kanały okablowania



Dolne połączenie kulowe przegubu znajduje się bezpośrednio pod platformą przejściową

W tramwaju Tramino zastosowano wiele niestandardowych oraz innowacyjnych rozwiązań, między innymi:

- wózki z klasycznymi, pełnymi osiami;
- klatkę bezpieczeństwa motorniczego;
- zderzaki pochłaniające energię;
- oświetlenie zewnętrzne i wewnętrzne oparte na diodach LED (znacznie zmniejszające pobór prądu i upraszczające obsługę);
- przystosowanie do zabudowy superkondensatorów (zmniejszających zużycie energii trakcyjnej o ok.40%.);
- poszycie dachowe w formie samonośnej struktury kompozytowej typu „sandwich”, wykonanej z aluminium i pianki z tworzywa sztucznego, naklejonej bezpośrednio na strukturę szkieletu pudła.

Pudło

Szkielet pudła wagonu wykonano jako lekką, spawaną konstrukcję stalową, składającą się z: podwozia, wręg, ścian bocznych, szkieletów ścian czołowych (stanowiących klatki bezpieczeństwa) oraz dachu. Podwozie w członach wiszących oraz na pomostach skrajnych wykonano jako konstrukcję stalową z profili otwartych, zimno giętych, a nad wózkami – z blach w kształcie nadkoli. Czołownice stanowią otwarte konstrukcje skrzynkowe z blach. Ściany boczne i dach od strony przegubów, wykonano z profili zamkniętych lub zimnogiętych oraz stalowych blach. Z tych ostatnich wykonano także wręgi od strony przegubów. Klatki bezpieczeństwa wykonane zostały z blach i profili zamkniętych oraz zimnogiętych, kształtowanych zgodnie z bryłą ściany czołowej.

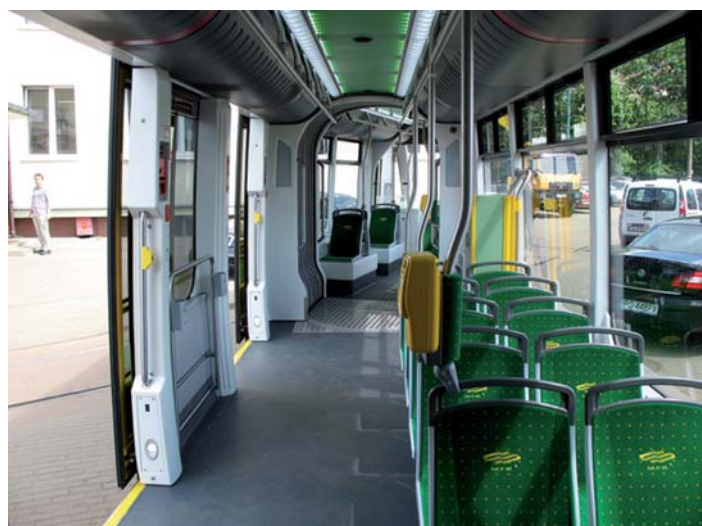
Poszycia w pasie nadokiennym wykonano z aluminiowych paneli, a w pasie podokiennym z laminatu (kompozytu) klejonego do struktury stalowej. Z laminatu wykonano także: ściany czołowe, osłony sprzęgów i wózków. Poszycie dachowe stanowi samonośna struktura kompozytowa typu „sandwich”, wykonana z aluminium i pianki z tworzywa sztucznego, naklejona bezpośrednio



Tuż za czołową osłoną znajdują się: składany sprzęg z głowicą Alberta oraz dzwonek, a za nimi widoczny odgarniacz



Pierwszy poznański wagon Tramino S105p, który trafił do ruchu liniowego, o numerze taborowym 515, na trasie PST



Wewnątrz członów wiszących znajdują się podwójne rzędy siedzeń, a po stronie drzwi szerokie przejście

W członach podpartych siedzenia umieszczone są klasycznie, na nadkolech

na strukturę szkieletu pudła. Struktura ta przejmuje obciążenia będące następstwem oddziaływań eksploatacyjnych oraz chroni pojazd przed wpływem czynników atmosferycznych, zapewniając jednocześnie izolację termiczną i akustyczną. Zastosowane materiały – profile otwarte i płyta kompozytowa oraz ukształtowanie tej struktury przyczyniają się do zwiększenia sztywności całego pudła. Płyta kompozytowa składa się z dwóch arkuszy blachy aluminiowej, połączonych tworzywem sztucznym o dużej wytrzymałości oraz korzystnych wartościach współczynników przenikania ciepła i tłumienia drgań, a w jej konstrukcji zlokalizowano wiele przepustów na kable elektryczne, odprowadzanie wody z dachu i system szyn montażowych, służących do zabudowy urządzeń wyposażenia elektrycznego, znajdujących się na dachu pojazdu. Dzięki wysokiej sztywności płyty kompozytowej obciążenia pochodzące od ciężaru skrzyń aparatury elektrycznej są rozkładane równomiernie na strukturze stalowej, przyczyniając się do zachowania równomiernego rozkładu naprężeń. Brak sztywnego połączenia między poszyciem dachu a szkieletem pudła (połączenie za pomocą ścieżki klejowej) zapobiega przenoszeniu drgań pochodzących od układu jezdnego na elementy wyposażenia elektrycznego, zamontowanego na dachu.

Człony tramwaju połączone są wzajemnie przegubami, składającymi się z dwóch części (u góry i na dole) mających postać łożysk kulowych, osadzonych w odlewanych korpusach, z wyjątkiem górnego połączenia członów III i IV, gdzie zastosowano ciągła. Wszystkie przeguby zapewniają obrót w płaszczyźnie poziomej, a dodatkowo zapewniono możliwość obrotu pionowego między III i IV członem.

W skrajnych członach tramwaju znajdują się otwory drzwiowe szerokości 750 mm, zabezpieczone pojedynczymi płacami, a w członach wiszących – po dwa otwory drzwiowe szerokości

1500 mm, każdy zabezpieczony dwoma płacami drzwi odskokowo-przesuwanych firmy Ultimate. Ściany i dach pojazdu wyłożone są izolacją termiczno-dźwiękową z materiału Moniflex, a poszycia węg, nadkoli oraz ostony piasecznic – kształtkami wykonanymi z laminatu poliestrowo-szklanego, pozbawionymi ostrych krawędzi i załamań, łatwymi do utrzymania w czystości, mocowanymi do szkieletu stalowego pojazdu śrubami oraz rzepami przemysłowymi. Poszycia słupków i naroży wykonano z poliwęglanu, a poszycia ścienne z wysokociśnieniowego laminatu (HPL).

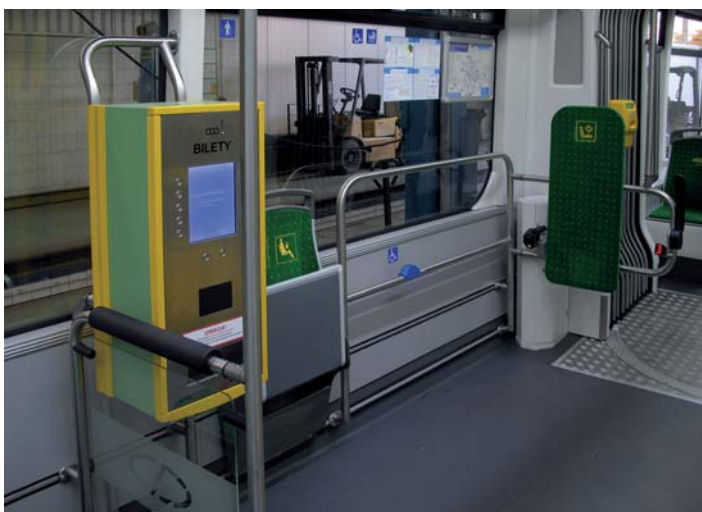
Ostony kolumn drzwi wykonano ze stali oraz laminatu poliestrowo-szklanego, otwierane są one kluczem konduktorskim. Sufit wykonano w formie wklęsłego ciągłego pasa z półprzezroczystych płyt, barwionych w kolorze zielonym, podświetlanych światłem oświetlenia centralnego sufitowego, podwieszanych na dwóch, prowadzonych wzdłuż całego pojazdu, podłużnicach aluminiowych, stanowiących jednocześnie bazę do mocowania kanałów wentylacyjnych, koryt kablowych, oświetlenia przedziału pasażerskiego, informacji pasażerskiej oraz poręczy. Podobne prowadnice, umożliwiające łatwą zmianę zabudowy wnętrza, znajdują się także na ścianach bocznych. Boczne pasy sufitu, wykonane z laminatu poliestrowo-szklanego, otwierane są kluczem



Tramwaje firmy Solaris wyróżnia, przeniesiona z autobusów, opadająca ku prawej stronie, dolna krawędź szyby czołowej



Po dwa otwory drzwiowe w każdym członie wiszącym, o niespotykanej w innych konstrukcjach szerokości 1500 mm, zapewniają szybką wymianę pasażerów



Naprzeciw drugich drzwi wygospodarowano miejsce na wózek inwalidzki oraz jeden z dwóch biletomatów Ticomat 810 firmy R&G Plus/Elgeba

konduktorskim jako pokrywy ostaniające zabudowane pod nimi elementy wyposażenia pojazdu (np. maszyny drzwi, sterowniki hamulców itp.).

Podłogę stanowią, przyklejone do konstrukcji podwozia warstwą kleju tłumiącego drgania, płyty ze sklejk, na które naklejono wykładzinę antypoślizgową, wywinętą dodatkowo na ściany w celu ułatwienia utrzymania czystości. Ciągłość podłogi między członami zapewnia mostek przejściowy, zabudowany nad przegubem, a osłona przejścia jest dwuwarstwowa. Połączenie przegubowe – zarówno część dolna, jak i górna – zlokalizowane jest wewnątrz zewnętrznej warstwy osłony przejścia. Okna boczne przedziału pasażerskiego oraz kabiny sterowniczej są wykonane ze szkła hartowanego i wklejane w stalową konstrukcję szkieletu bądź kompozytowe kształtki ścian. Szyby czołowe wykonano techniką klejenia. W oknach kabiny pasażerskiej zastosowano elementy otwierane uchylnie, z możliwością ich blokowania, natomiast w lewym oknie kabiny sterowniczej znajduje się okienko otwierane przesuwnie.

Tramwaj wyposażono w ergonomiczne siedzenia firmy Ster, wyłożone materiałem o zwiększonej wytrzymałości na przetarcia i inne uszkodzenia mechaniczne. W członach wiszących siedzenia ulokowano w dwóch rzędach z lewej strony kabiny w kierunku jazdy, a w członach podpartych – pojedynczo, na nadkolach, plecami do siebie. Naprzeciw drugich drzwi znajduje się miejsce do przewozu wózka inwalidzkiego, składające się ze stabilnie zamocowanego oparcia, wyposażonego w trzypunktowy, bezwładno-

Tabela 1

Dane techniczne

Całkowita długość wagonu (sprzęgi złożone)	31 960 mm
Całkowita szerokość pudła wagonu uwzględniając osłony wózków	2400 mm 2390 mm
Szerokość wnętrza pudła (maksymalna)	2195 mm
Wysokość całkowita przy złożonym odbieraku prądu	3760 mm
Wysokość całkowita bez odbieraka prądu	3600 mm
Szerokość toru	1435 mm
Rozstaw osi wózków	1800 mm
Średnica koła (nowego/zużytego)	620/540 mm
Minimalny łuk poziomy	18 m
Minimalny łuk pionowy	1000 m
Wysokość podłogi nad główką szyny:	
– podłoga niska	350 mm
– przejście nad wózkami	480 mm
Szerokości przejść:	
- przez przejście międzyczłonowe	1320 mm
- nad wózkami na poziomie podłogi	750 mm
- nad wózkiem na wysokości siedzeń	750 mm
Liczba miejsc do siedzenia (+ rozkładane)	48 (+ 5)
Liczba miejsc do stania (5 os./m ²)	181
Całkowita liczba miejsc	229
Liczba drzwi	
- dwuskrzydłowych o prześwicie 1500 mm	4
- jednoskrzydłowych o prześwicie 750 mm	2
Prześwit pod pojazdem mierzony od poziomu główki szyny, przy maksymalnym obciążeniu, zużyciu kół i uwzględnieniu ugięć dynamicznych zawieszenia	60 mm
Masa całkowita pojazdu bez pasażerów	42,5 t
Masa całkowita pojazdu (5 os./m ²)	58,1 t
Maksymalne naciski osi na tor pod dopuszczalnym obciążeniem	<10 t

ściowy pas bezpieczeństwa, umożliwiające podróż plecami do kierunku jazdy. Obok tej strefy zainstalowano jedno siedzenie rozkładane, a kolejne cztery znajdują się naprzeciw czwartych drzwi. Poręcze wykonano ze stalowych rur, częściowo malowanych proszkowo, połączonych estetycznymi, aluminiowymi złączkami. Poręcze poziome poprowadzone są wzdłuż pojazdu na wysokości minimum 1915 mm od poziomu podłogi i uzupełnione elastycznymi uchwytami wiszącymi. Na położonych obok siebie ostonach kolumn drzwi dwuskrzydłowych zabudowano wiatrołapy – szyby hartowane, zakończone od wnętrza pojazdu poręczami, mające za zadanie ograniczenie nawiewania do pojazdu zimnego powietrza.

Wagon ma dwa składane sprzęgi, wyposażone w głowice Alberta zgodnie z normą PN-91/K-88250, schowane za laminatowymi, łatwo otwieranymi ostonami. Przed pierwszym wózkiem znajduje się odgarniacz, usuwający przedmioty o wysokości powyżej 10 cm nad główką szyny. Na obu czołach tramwaju zabudowane są zderzaki, składające się z azurowej konstrukcji stalowej, połączonej ze szkieletem pojazdu dwoma amortyzatorami elastomerowymi (absorberami), pochłaniającymi energię w czasie odkształcania oraz elastycznej okładziny. Każdy absorber może przejąć energię dynamiczną 43,5 kJ, co zapewnia brak odkształceń plastycznych w strukturze stalowej pudła przy zderzeniach czołowych z prędkością względną do 15 km/h. Pochłanianie energii przez zderzak przebiega w trzech etapach: w pierwszej kolejności ulega odkształceniu sprężystemu elastyczna, zewnętrzna okładzina zderzaka, następnie zaczynają się uginać amortyzatory elastomerowe, a gdy zostanie wykorzystany pełny ich skok (wynoszący 10 cm), zniszczeniu ulega struktura stalowa zderzaka, pochłaniając kolejną porcję energii. Wysokość robocza zderzaka w zakresie od 61 do 89 cm od poziomu główki szyny umożliwia poprawną współpracę ze zderzakami innych, powszechnie w kraju występujących tramwajów.

Wyposażenie elektryczne i sterowanie

Tramwaj spełnia wymagania dotyczące bezpieczeństwa elektrycznego, warunków środowiska, a także kompatybilności elektromagnetycznej, zawarte w normach europejskich EN 50121, EN 50153 i EN 50155. Gwarantowane jest niezawodne funkcjonowanie instalacji elektrycznej w zakresie temperatur otoczenia od -30°C do $+40^{\circ}\text{C}$.

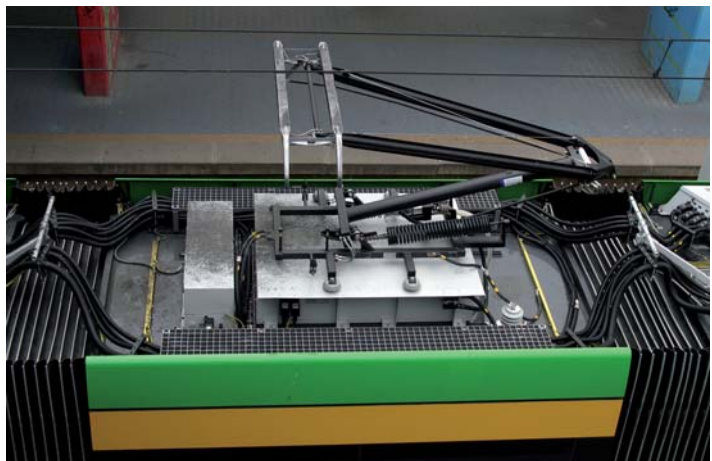
Aparatura wysokiego napięcia dostosowana jest do napięcia $+600\text{ V}$ na przewodzie jezdnym, a chwilowe napięcie sieci trakcyjnej może się różnić od nominalnego w granicach od -30% do $+20\%$ (z maksymalnym, chwilowym napięciem dochodzącym do 820 V), bez wpływu na funkcjonowanie wyposażenia elektrycznego. Wyposażenie trakcyjne obwodu wysokiego napięcia składa się z: odbieraka prądu, ogranicznika przepięć i wyłącznika szybkiego.

Zamontowany na dachu środkowego członu pantograf firmy Stemann ma napęd wrzecionowy oraz regulowaną siłę docisku do przewodu jezdnego. W razie awarii istnieje też możliwość ręcznego podniesienia lub opuszczenia odbieraka. Układ elektryczny tramwaju zabezpieczony jest ogranicznikiem przepięć oraz samoczynnym wyłącznikiem szybkim, chroniącym przed zbyt wysokim prądem. Oba podłączone są za odbierakiem prądu.

Układ napędowy wyposażony jest w dwie niezależne grupy napędowe, zabudowane na skrajnych członach pojazdu. Każda z tych grup zawiera: dwa falowniki zabudowane w skrzyni dachowej, dwa samoprzewietrzalne silniki asynchroniczne z przekład-



Zewnętrzne wyświetlacze numeru linii w kolistej obudowie, nawiązują do tradycyjnych tarcz dachowych, stosowanych w Poznaniu do niedawna



Pantograf firmy Stemann, zamontowany na dachu środkowego członu



Aparatura dachowa na II członie wagonu, z dominującym kontenerem klimatyzatora

niami Voith Turbo o mocy 105 kW każdy oraz czoper hamowania, zbudowany w postaci klucza tranzystorowego IGBT i umożliwiający wytracanie energii powstałej w trakcie hamowania, w razie braku możliwości oddania jej do sieci. Ponadto tramwaj jest przygotowany do zabudowy superkondensatorów. W przypadku konieczności uruchomienia tramwaju przy braku zasilania ze-

wnętrznego, istnieje możliwość zasilania jednego falownika z baterii akumulatorów, poprzez przetwornik DC/DC. Każdy falownik jest wyposażony we własne, sterowane mikroprocesorowo urządzenie sterujące napędem, które optymalizuje czynności robocze silników napędzających i maksymalnie redukuje opóźnienia w działaniu układu. Umożliwia również pobieranie, wyświetlanie i zapamiętanie wszystkich występujących zakłóceń w zespole napędowym oraz steruje silnikami trakcyjnymi, układem zasilania napięciem sieciowym, choperem hamowania, układem odzysku



Efektowne oświetlenie kabiny pasażerskiej zrealizowano w całości za pomocą diod LED



Wyposażenie kabiny motorniczego; zwracają uwagę dwa ekrany dotykowe na pulpicie oraz lodówka z prawej strony

energii i odpowiednio reaguje w momencie pojawienia się odchyleń od algorytmów sterowania ujętych w oprogramowaniu.

Urządzenia pokładowe tramwaju zasilane są z dwóch poziomów napięcia:

- prądu trójfazowego 3×400 V 50 Hz, zasilającego elementy układu wentylacji, ogrzewania i klimatyzacji oraz podgrzewania przedniej szyby;
- prądu stałego 24 V, podtrzymywanego akumulatorami (zastosowano zestaw 18 ogniw niklo-kadmowych – 18FNC 240 HR3 firmy Hoppecke, o pojemności 240 Ah – zasilającego pozostałe urządzenia pokładowe

Oba poziomy sieci pokładowej zasilane są z dwóch przetwornic statycznych typu PSM35T firmy Medcom, podłączonych pośrednio do sieci przewodu jezdnego i zapewniających wyjście prądu stałego oraz trójfazowego o odpowiedniej mocy, umieszczonych na drugim i czwartym członie wagonu.

Do zwiększenia bezpieczeństwa w pojeździe zastosowano dwie sieci pokładowe CAN (motorową i komfortową). Sterowniki poszczególnych podsystemów podzielone są tak, aby awaria układów komfortowych (drzwi, klimatyzacja) nie wpływała na działanie układów bezpieczeństwa (układ napędowy, hamulcowy). Wszystkie urządzenia wyposażone w sterownik mikroprocesorowy są podłączone do tej magistrali, a odpowiednie oprogramowanie nadzoruje i kontroluje ich pracę. Układ sterowania hamulcami elektrohydraulicznymi jest podłączony do sieci CAN, w zakresie niezbędnym do realizacji jego funkcji, czyli: współdziałania z hamulcem elektrodynamicznym, sterowania piasecznicami, czy załączania świateł stopu. W skład układu sterownia



Na obu słupkach narożnych znajdują się wyświetlacze, zastępujące tradycyjne, zewnętrzne lusterka, a na prawym dodatkowo zamocowano lustro do obserwacji wnętrza za kabiną



Tylny pulpit manewrowy ulokowano obok drzwi wejściowych



Pulpity umieszczone w tylnej szafce kabiny sterowniczej zawierają przełączniki awaryjnych trybów pracy oraz panel audio

hamulcami wchodzą 3 sterowniki, po jednym na każdą grupę hamulców. Wózek środkowy ma najbardziej rozbudowany układ hamulcowy, spełniający rolę pomocniczą dla hamulców elektrodynamicznych (roboczych).

Tramwaj wyposażony jest w obwód bezpieczeństwa, tzw. „zieloną linię”. Jest to obwód łączący wszystkie, ważne z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu, układy pojazdu. Gdy obwód nie jest zamknięty, ruszenie pojazdem nie jest możliwe. Zamknięcie tego obwodu następuje, gdy drzwi zostaną zamknięte i „zaryglowane” oraz zwolniony zostanie hamulec postojowy. Otwieranie drzwi następuje z użyciem indywidualnych przycisków pasażerskich, zainstalowanych na drzwiach z zewnątrz i wewnątrz, po wcześniejszym uwolnieniu przez motorniczego, lub wszystkich naraz przez prowadzącego pojazd. Jest też możliwość otwarcia przez motorniczego tylko pierwszych drzwi, lub tylko tylnich, przy użyciu tylnego panelu manewrowego. Przednie drzwi można z zewnątrz otworzyć przy użyciu karty magnetycznej lub poprzez mechanizm awaryjnego otwierania, ukryty pod pokrywą z przodu wagonu. Zamykanie drzwi następuje automatycznie po określonym czasie, ustawionym w sterowniku, lub wszystkich naraz przez motorniczego. Trzy niezależne układy chronią pasażerów przed przytrzaśnięciem drzwiami. Nie zamkną się one lub uruchomione zostanie ich reversowanie po wystąpieniu zbyt dużego prądu silnika drzwi, gdy te nie znajdują się w pozycjach krańcowych oraz po wykryciu przeszkody przez fotokomórkę, zainstalowaną w dolnej strefie otworu drzwiowego lub czułe krawędzie drzwi, zainstalowane w drzwiach jednoskrzydłowych, po obu stronach płytów, a w dwuskrzydłowych – od strony ram drzwiowych.



Boczny pulpit ze stacyjką w postaci czytnika kart, a przed nim sterownik systemów informacyjnych

Na tylnym pomoście, obok drzwi znajduje się pulpit manewrowy, zabezpieczony pokrywą, a przed nieuprawnionym użyciem – stacyjką. Umożliwia on jazdę do tyłu (z prędkością ograniczoną programowo) zabezpieczoną czuwakiem, otwarcie lub zamknięcie ostatnich drzwi oraz użycie kierunkowskazów i dzwonka.



Ekran umieszczony w centralnej części pulpitu głównego pokazuje najważniejsze informacje eksploatacyjne



Lewa część pulpitu głównego zawiera ekran służący do wyboru ustawień różnych urządzeń lub pokazujący obraz z kamer monitoringu



Na prawej części pulpitu głównego oraz na prawym podkolejniku znajdują się tradycyjne przyciski i przełączniki, sterujące między innymi: drzwiami, zwrotnicami, światłami zewnętrznymi, piasecznicami, dzwonkiem oraz hamowaniem awaryjnym

W pojeździe zastosowano połączony układ ogrzewania i klimatyzacji przestrzeni pasażerskiej, wykorzystujący zabudowane na dachach członów II i IV agregaty klimatyzacyjne oraz zainstalowane w dolnej strefie pojazdu grzejniki (wyposażone w wentylatory wymuszające obieg powietrza i zapobiegające zaleganiu warstwy powietrza zimnego przy podłodze pojazdu). Układ uzupełniony jest przez czujniki temperatury, zabudowane wewnątrz i na zewnątrz pojazdu. Agregat dachowy wyposażony jest w wentylatory oraz grzałki, których zadaniem jest dogrzanie świeżego powietrza, podawanego do wnętrza pudła przez układ sufitowych kanałów wentylacyjnych i przez fabrycznie ustawione szczeliny nadmuchowe, skierowane na okna boczne w celu ich odparowania. Straty ciepła powstające na skutek jego przenikania przez ściany, dach, podłogę i okna pojazdu, jak też powstające przez ucieczkę ciepłego powietrza przez otwarte drzwi, uzupełniane są przez indywidualne grzejniki, zabudowane w dolnej strefie pojazdu (przy podłodze i na nadkolech). Ogrzewaniem steruje czujnik temperatury, zamontowany w przedziale pasażerskim, a zmiana nastawy temperatury we wnętrzu pojazdu możliwa jest w warunkach warsztatowych.

W suficie przedziału pasażerskiego zainstalowane są dwie linie świetlne wykorzystujące diody LED, osłonięte pokrywami wykonanymi z poliwęglanu, montowanymi w podłużnicach aluminiowych. Lamy zasilane są z pokładowego źródła 24 V. Oświetlenie zapewnia natężenie minimalnie: 100 lx na wysokości 850 mm nad poziomem podłogi, 30 lx na tej samej wysokości w strefie drzwi (stopni) i 20 lx dla przestrzeni przed drzwiami, w odległości do 500 mm, a dodatkowo w dolnej części osłon kolumn drzwi zainstalowano punktowe źródła światła doświetlające krawędzie wejść. Centralna część sufitu podświetlona jest dwoma dodatkowymi rzędami diod LED, które w połączeniu z zabarwieniem płyt osłonowych nadają wnętrzu „cieplejszy” charakter. Włączaniem i wyłączeniem oświetlenia steruje czujnik zmierzchowy, umieszczony na stanowisku motorniczego, mający nastawialną histerezę. Światło można włączyć także za pomocą przełącznika, znajdującego się na pulpicie motorniczego. W przypadku awarii przetwornic statycznych z sieci akumulatorowej 24 V uruchamiany jest tryb oświetlenia awaryjnego, w którym światła działają z 30% wydajnością, zapewniając jedynie niezbędne oświetlenie wnętrza. Także oświetlenie zewnętrzne wagonu (lamps obrysowe, pozycyjne, stopu i kierunkowskazy) oparte jest na diodach LED.

Tramwaj ma układ automatycznej, fonicznej i wizualnej informacji pasażerskiej, na który składają się:

- tablica czołowa pozioma, wyświetlająca numer linii oraz nazwę końcówki;
- dwie czołowe tablice numerowe w obudowie okrągłej (przednia i tylna), wyświetlające numer linii;
- dwie zewnętrzne tablice boczne, wyświetlające numer linii oraz nazwę końcówki (i ewentualnie przebieg trasy), zabudowane z prawej strony pojazdu, nad oknami skrajnych członów;
- cztery podsufitowe tablice wewnętrzne, wyświetlające nazwę następnego przystanku;
- dwanaście głośników, zabudowanych w suficie, podających nazwę przystanku bieżącego oraz następnego.

Dodatkowo istnieje możliwość podawania komunikatów przez motorniczego za pomocą mikrofonu zainstalowanego w kabinie sterowniczej.

W członach wiszących zainstalowano po jednym biletomacie mobilnym Ticomat 810, wyprodukowanym przez firmę R&G Plus z Mielca, we współpracy z Elgebą.

Pojazd wyposażony jest w układ monitoringu wnętrza, złożony z siedmiu kamer rozplanowanych tak, by uniknąć „martwych” pól, kamery zabudowanej na stanowisku motorniczego i skierowanej do przodu (przed pojazd), kamery obserwującej motorniczego, umieszczonej na suficie kabiny, dwóch monitorów LCD na stanowisku motorniczego, umożliwiających podgląd obrazu z kamer wewnętrznych i zewnętrznych, oraz jednostki centralnej, umożliwiającej rejestrację obrazów z wszystkich kamer.

Tabela 2

Parametry elektryczne

Napięcie robocze sieci	600 V (+120 V, -200 V)
Maksymalne chwilowe napięcie	820 V
Napięcie obwodów sterujących i pomocniczych	24 V
Liczba i moc ciągła silników trakcyjnych	4×105 kW

Kabina sterownicza

Kabina motorniczego spełnia wymagania bezpieczeństwa pracy i ergonomii, określone normą PN-90/K-11001. Elementy wyposażenia pozbawiono ostrych krawędzi. Na wyposażenie kabiny składają się: fotel motorniczego oraz dodatkowe siedzisko składane, podnózek, trzyczęściowy pulpit sterowniczy, panel boczny z zadajnikiem jazdy, szafka tylna z pulpitemi technicznymi, kamery i wyświetlacze, układ wentylacji, ogrzewania i klimatyzacji, oświetlenie, schowek oraz lodówka.

Centralnie umieszczony fotel motorniczego, zgodny z Kartą UIC 651 i normą PN-90/K-11001, ma możliwość regulacji położenia siedziska (przesuw w kierunku jazdy) i kąta nachylenia oparcia oraz regulację sztywności jego odsprężynowania. Fotel ma zagłówek i dwa podłokietniki, z których prawy jest składany, a ponadto umieszczone na nim zostały przyciski sterowania: piasecznicą, dzwonkiem, kierunkowskazami, hamowaniem awaryjnym oraz dodatkowy czuwak. Na podłódze, przed fotelem, znajduje się podnózek o regulowanej wysokości. Z prawej strony kabiny znajduje się dodatkowe, składane siedzisko dla drugiej osoby, przydatne np. podczas jazd szkoleniowych. Główny pulpit sterowniczy składa się z trzech części, z których prawa zawiera kontrolki oraz przyciski do sterowania: położeniem zwrotnicy, otwieraniem i zamykaniem drzwi, wycieraczką i spryskiwaczem, oświetleniem zewnętrznym, komunikacją z centralą nadzoru ruchu, natężeniem głośności oraz hamulec ratunkowy (tzw. grzybek), a w pozostałych dwóch znajdują się ekrany dotykowe o przekątnej 10,4", pokazujące obraz z kamer, prędkościomierz oraz informujące motorniczego odnośnie pracy podzespołów, zakłóceń i obsługi, a także o ściśle określonych stanach pojazdu, zaś uprawnionej obsłudze technicznej umożliwiające dokonania sprawdzeń i regulacji parametrów ruchowych. Przed lewym podłokietnikiem ulokowano zadajnik jazdy i hamowania z funkcją czuwaka, a z lewej strony znajduje się panel boczny, na którym umieszczono przyciski: alarmowy, sterowania luzowaniem hamulców, trybem jazdy, podnoszeniem i opuszczaniem pantografu, awaryjnym otwieraniem drzwi, załączaniem i wyłączaniem baterii oraz stacyjkę elektroniczną w postaci czytnika, aktywowaną kartą elektromagnetyczną. Przed panelem znajduje się wysięgnik, na którym zamontowane jest urządzenie sterujące pracą tablic liniowych, a ich uzupełnieniem jest wyświetlacz numeru brygady-



Piasecznice zamontowano przy wręgach w ostonach słupków okiennych



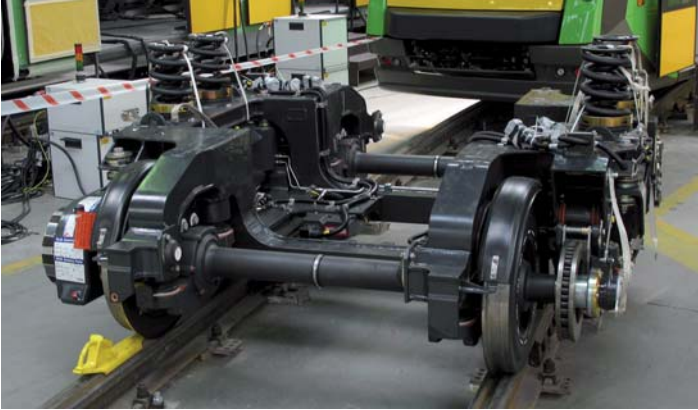
Z prawej strony kabiny zamontowano składane siedzisko dla drugiej osoby, np. dla instruktora nauki jazdy

wego, ulokowany u dołu przedniej szyby, po prawej stronie. W szafce za fotelem motorniczego, znajdują się dwa pulpity. W pierwszym ulokowano przyciski odhamowania awaryjnego, wyłączenia przeciwpoślizgu, panel audio oraz buczi wielotonowe, drugi służy do zmiany ustawień wagonu w przypadku awarii systemu sterowania. Na słupkach narożnych, wewnątrz kabiny, zainstalowano wyświetlacze LCD, pokazujące obraz z kamer zewnętrznych, obejmujący przestrzeń boczną pojazdu, zastępujące

tradycyjne, zewnętrzne lusterka wsteczne. Na prawym słupku, nad wyświetlaczem, znajduje się lustro, służące do obserwacji przestrzeni wewnętrznej za kabiną sterowniczą. Ochronę przeciwośnieczną zapewniają rozwijane rolety na szybie czołowej i bocznych. Na dachu, nad stanowiskiem motorniczego, zainstalowany jest klimatyzator odpowiedzialny za nawiew schłodzonego, bądź

wstępnie podgrzanego, świeżego powietrza do kabiny. Regulacji temperatury oraz siły nawiewu dokonuje się na pulpicie głównym. Pod fotelem motorniczego ulokowana jest szuflada na rzeczy osobiste prowadzącego, a komfort pracy w dni upalne podnosi mała lodówka, zainstalowana z przodu kabiny.

Kabina motorniczego została odgródzona od przestrzeni pasażerskiej częściowo przeszkloną konstrukcją laminatową, ze szkieletem aluminiowym, w której zabudowano drzwi otwierane w stronę przedziału pasażerskiego, od wewnątrz klamką, a z zewnątrz kluczem patentowym. Drzwi te wyposażone są w blokadę pozwalającą na ustawienie ich w pozycji otwartej lub pośredniej, umożliwiającej wyjście z kabiny motorniczego na zewnątrz pojazdu, lecz uniemożliwiającej opuszczenie pojazdu pasażerom. Do przeszklenia wygradzenia użyto przyciemnianego szkła klejonego, z naklejoną folią antywłamaniową.



Wózek napędowy z pełnymi osiami, niespotykanymi w innych 100% niskopodłogowych tramwajach



Ulokowana z boku wózka grupa napędowa z silnikiem i przekładnią renomowanej firmy Voith; u góry widoczne sprężyny drugiego stopnia odsprężynowania



Wózek napędowy w widoku od spodu, wewnątrz ramy widoczne cięgiło trakcyjne

Wózki

Konstrukcja wózków tramwaju firmy Solaris została zaprojektowana specjalnie do pojazdu tej marki. Podstawowym założeniem były: unifikacja wózków napędnych i tocznego oraz zastosowanie klasycznego zestawu kołowego z pełną osią, na której umieszczone są oba koła jezdne. Rama wózka jest typu otwartego i składa się z położonej w głębi ramy podstawowej, zbudowanej ze spawanych dźwigarów skrzynkowych, umiejscowionych między dwoma zestawami kół oraz dwóch położonych wyżej dźwigarów odsprężynowania drugiego stopnia, na końcach których znajdują się łożyska zestawu kołowego. Leżącą głębiej ramę podstawową i położone wyżej dźwigary sprężynowe stopnia drugiego, lub łożyska zestawów kołowych, łączą zagięte odlewy (półki), przyspawane do dźwigara skrzyniowego. Wózek ma dwa klasyczne zestawy kołowe z kołami elastycznymi, zamontowanymi na stalowej osi. W wózku napędowym na osi znajduje się przekładnia kąтова, przenosząca moment obrotowy z silnika na koła. Po drugiej stronie zestawu kołowego znajduje się tarcza hamulcowa, natomiast zacisk hamulca mocowany jest do ramy wózka i połączony cięgiem reakcyjnym z korpusem silnika. Wózek toczny, oprócz braku zespołu napędowego, różni się odmiennym mocowaniem zacisku hamulca tarczowego (na wózku zabudowano 4 komplety) oraz zabudowanymi na końcach osi czujnikami prędkości, których sygnał służy jako odniesienie prędkości w celu kontroli antypoślizgowej dla układu hamulców mechanicznych i układu napędowego. Grupa napędowa zabudowana jest z boku wózka na zewnątrz kół i składa się z przekładni kątovej, połączonej trwale z asynchronicznym silnikiem trakcyjnym, ulokowanym prostopadle do osi zestawu kołowego. Z drugiej strony przekładnia, za pośrednictwem sprzęgła elastycznego, przekazuje moment napędowy na oś zestawu kołowego. Silnik dodatkowo został podwieszony elastycznie (za pomocą elementów gumowo-metalowych) do półki ramy wózka. Rozmieszczenie osprzętu i okablowania umożliwia obracanie wózka pod pudłem oraz przetaczanie obrzeży kół, bez konieczności demontażu wózka. Wózki są wyposażone w hydrauliczne hamulce tarczowe Hanning&Kahl typu HYS358, realizujące również funkcję hamowania postojowego oraz elektromagnetyczne hamulce szynowe Hanning&Kahl typu HS64. Zestaw kołowy jest prowadzony w ramie wózka za pomocą sprężyn stożkowych, stanowiących jednocześnie odsprężynowanie I stopnia wózka, składające się z czterech podwójnych kompletów sprężyn, o progresywnej charakterystyce ugięciowej, spoczywających na korpusach łożysk i naciskanych ramą wózka. Nadwozie

opiera się bezpośrednio na odsprężynowaniu II stopnia, wspartym na ramie wózka. Zespół odsprężynowania II stopnia składa się z czterech kompletów sprężyn, opartych na podporach elastycznych, oraz dwóch pionowych amortyzatorów hydraulicznych, zabudowanych między ramą wózka a elementem pośrednim. Ramę wózka z pudłem łączy ciągiem trakcyjne, przenoszące siły trakcyjne.

Obrzeża kół pierwszej osi pojazdu są smarowane natryskowo materiałem biodegradowalnym, poprzez dysze oraz przewody hydrauliczne umieszczone na wózku. Centrala układu smarowania (składająca się z: pompy, sterownika połączonego z układem sterowania pojazdu oraz zbiornika) zabudowana jest w kabinie motorniczego, pod prawą osłoną boczną. Sterownik dozjuje porcje oleju w ustawianym rytmie czasowym lub kilometrowym, odłączając układ, gdy prędkość pojazdu zmniejszy się poniżej 5 km/h, lub we wcześniej zdefiniowanych punktach trasy (wykorzystując system GPS), a także po przekroczeniu określonej wartości przyspieszenia kątownego pudła (na podstawie wskazań czujnika skrętu, zabudowanego na pokładzie pierwszego członu).

Tramwaj wyposażony jest w cztery piasecznice, dozujące piasek pod pierwsze osie wózków napędowych automatycznie po wykryciu poślizgu, bądź na życzenie motorniczego. Zarówno zabudowane na wózkach dysze, jak i umieszczone wewnątrz osłon słupków międzyosiennych (przy wrzędzie) zbiorniki, są podgrzewane celem przeciwdziałania zawiłoceniu piasku. Napełnienie piasecznic jest możliwe zarówno z zewnątrz pojazdu, jak i z wewnątrz.

Tabela 3

Parametry ruchowe

Prędkość konstrukcyjna (obliczeniowa)	80 km/h
Prędkość maksymalna	70 km/h
Poziom hałasu zewnętrznego przy jeździe	<80 dB
Maksymalne przyspieszenie wagonu bez obciążenia	1,3 m/s ²
Maksymalne opóźnienie hamowania roboczego	1,4 m/s ²
Opóźnienie przy hamowaniu hamulcem bezpieczeństwa	1,8 m/s ²
Opóźnienie przy hamowaniu nagłym	3,0 m/s ²
Przewidywany okres eksploatacji wagonu	30 lat

Tabela 4

Charakterystyka warunków środowiskowych, w jakich może być eksploatowany tramwaj

Temperatura maksymalna w cieniu	40°C
Temperatura minimalna eksploatacji	-25°C
Temperatura minimalna (odstawienia)	-30°C
Wilgotność maksymalna	95%
Maksymalna wysokość poziomu wody nad główką szyny przy prędkości wagonu poniżej 10 km/h, przejeżdżającego przez zalane torowisko	60 mm



Mocowanie osi do ramy wózka zrealizowano za pośrednictwem sprężyny metalowo-gumowej, stanowiącej pierwszy stopień odsprężynowania



Umieszczone wewnątrz ramy wózka ciągiem trakcyjne stanowi jedyny element mocujący go do podwozia tramwaju, a po bokach ulokowano aparaturę hamulcową