

Modułowa konstrukcja wieloczlonych autobusów szynowych dla ruchu lokalnego

W artykule zaprezentowano konstrukcję wieloczlonych autobusów szynowych. Przedstawiono w nim parametry techniczne jedno- dwu- i trójczłonowego autobusu szynowego, w których zastosowano rozwiązania modułowe. Opisano główne układy i zespoły autobusu wykorzystane we wszystkich konstrukcjach a w zakończeniu możliwości ich wyposażenia w zależności od konkretnych wymagań użytkownika. Artykuł powstał w wyniku realizacji projektu badawczego KBN 9T 12C04919 pt. „Opracowanie i wybór na podstawie badań symulacyjnych układu napędowego i biegowego autobusu szynowego dla ruchu lokalnego”.

1. Wstęp

W Polsce rynek przewozów pasażerskich jest wielce zróżnicowany. Występują w nim segmenty o masowym nasileniu przewozów jak również segmenty przewozów indywidualnych, luksusowych, popularnych, przewozów bliskich i dalekich, całorocznych oraz sezonowych. Ponadto zgłaszane są również zapotrzebowania na większą i niższą jakość usług, w zakresie których wchodzi prędkość handlowa, punktualność, komfort i kompleksowość.

W obsłudze tego rynku kolej ma bardzo mocny atut niemal absolutnej uniwersalności, zwłaszcza przy dosyć gęstej sieci linii kolejowych. Ten rodzaj transportu posiada powszechne zastosowanie od przewozów masowych na bliskich odległościach do przewozów superszybkich długodystansowych. Ponadto zaletą kolei jest też wysoki stopień bezpieczeństwa, minimalna szkodliwość ekologiczna, niezależność od warunków atmosferycznych oraz wysoka niezawodność kursowania.

W wielu krajach europejskich przewozy kolejowe są dotowane. Zwłaszcza widoczne jest to w przewozach na bliskich odległościach. W kraju na liniach drugorzędnych (nie zasilanych siecią elektryczną) stosowany jest dotychczas najczęściej tabor przestarzały, uciążliwy i kosztowny w eksploatacji. Są to najczęściej składy dwu-, trzy- i czterowagonowe (najczęściej piętrowe) ciągnięte lokomotywami spalinowymi SM/SU/SP-42, SP/SU-45 i SP32. Dążąc do poprawy efektów ekonomicznych koniecznym stało się w przewozach na bliskie odległości o niewielkim natężeniu ruchu stosowanie autobusów szynowych. Zrozumiano to już dawno zarówno w wysokorozwiniętych krajach (np. Niemcy, Szwajcaria, Francja) jak i w krajach Europy środkowej np. w Czechach, Słowacji, na Węgrzech i w Rumunii. Tylko nasz kraj stał się enklawą wśród europejskich przewoźników, nie posiadający praktycznie żadnego taboru, którym można sprawnie i ekonomicznie obsługiwać niewielkie przewozy na liniach regionalnych. Polskie konstrukcje lekkich wagonów silnikowych, zwanych potocznie „autobusami szynowymi”, pojawiły się dopiero na przełomie lat 80 i 90-tych XX wieku, niemal dokład-

nie wtedy, gdy próby poszukiwania nowego taboru dla komunikacji lokalnej zaczęły być dominowane przez koncepcje zamykania mniej ważnych linii kolejowych o najmniejszych przewozach i najgorszej rentowności a w dalszej perspektywie do przeniesienia zagadnień kształtowania regionalnej polityki transportowej do organów samorządowych. W Polsce do końca XX wieku wyprodukowano w zasadzie dwanaście autobusów szynowych, a ich głównymi producentami były Kolejowe Zakłady Maszyn „Kolzam” w Raciborzu oraz Poznańskie Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego [3]. Autobusy te eksploatowane są z powodzeniem w kilku regionach kraju. W drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych Polskie Koleje Państwowe, chcąc ratować (dla siebie) przewozy regionalne ogłosiły przetarg na 400 autobusów szynowych do obsługi lokalnego ruchu kolejowego w trzech odmianach napędowych – z napędem spalinowym, elektrycznym i napędem mieszanym spalinowo- elektrycznym [2]. Przetarg ten nie doczekał się rozstrzygnięć finalnych, a tym samym na liniach kolejowych nie ujrzałyśmy w końcu XX wieku nowych konstrukcji autobusów, mimo że doświadczenia innych krajów europejskich były widoczne i często budziły podziw. W naszym kraju nastąpiła w tej sferze stagnacja zarówno w rozwoju jak i w produkcji. Mimo tych przeciwności, borykając się z trudnościami finansowymi, kilka ośrodków w kraju podjęło prace badawcze i konstrukcyjne nad uruchomieniem produkcji krajowych autobusów szynowych, nie ustępujących swoimi walorami techniczno – eksploatacyjnymi podobnym konstrukcjom zagranicznym. Gotowe już konstrukcje, stworzone przez zespoły projektowo - badawcze skupione wokół Poznańskich Zakładów Naprawczych Taboru Kolejowego oraz „Pesa” w Bydgoszczy, przedstawiono w pracach [4,5]. Pojazdy te (3-szt) z powodzeniem są eksploatowane w województwie wielkopolskim oraz kujawsko – pomorskim. Ponadto w ośrodku „poznańsko-raciborskim” powstała konstrukcja modułowego autobusu szynowego, który w najbliższym czasie zacznie realizować usługi przewozowe na trasach województwa lubelskiego.

2. Układ i charakterystyki modułowych konstrukcji autobusów

W artykule prezentowana jest tylko konstrukcja i parametry techniczno – eksploatacyjne modułowych autobusów szynowych, które powstały w Instytucie Pojazdów Szynowych „Tabor” w Poznaniu i są lub będą wytwarzane przez „Kolzam”.

Autobusy szynowe powstające w IPS Tabor są samodzielnymi jednostkami trakcyjnymi o napędzie spalinowym. W zależności od potrzeb przewozowych autobusy te mogą być wykorzystane jako jednoczłonowe lub wieloczłonowe o porównywalnych wymiarowo członach, połączonych ze sobą sprzęgami krótkimi, z możliwością swobodnego przejścia pomiędzy członami.

Ponadto autobusy te mogą być wykorzystywane w trakcji jednokrotnej lub wielokrotnej, z wyposażeniem autobusu w typowy układ pociągowo – zderzny lub w sprzęgi samoczynne.

Nadwozie każdego członu wykonane jest jako samonośne, oparte na dwóch wózkach jednoosiowych (napędowych lub tocznych), a ostoja wraz z konstrukcją szkieletową przenosi wszelkie obciążenia zgodnie z wymaganiami normy europejskiej. Modułowe konstrukcje prezentowanych autobusów, wyposażone w układy bezpieczeństwa, elektroniczne tablice informacyjne, system rozgłoszeniowy, monitoring wewnętrzny, kasy fiskalne oraz kasowniki biletowe cechują się następująco:

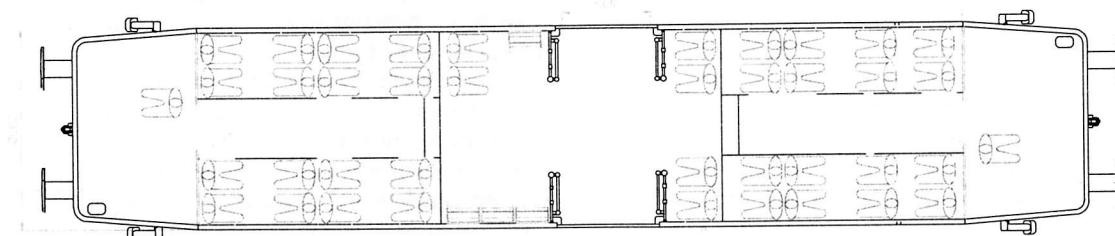
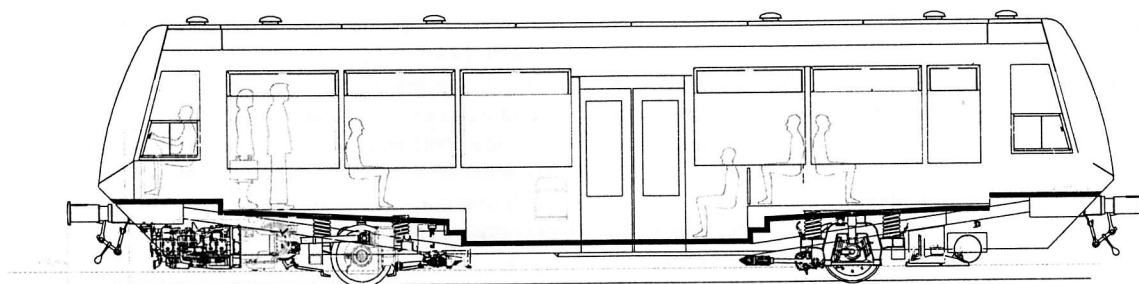
- niskimi kosztami zakupu i eksploatacji, co przyczynia się do podwyższenia rentowności przewozów pasażerskich na liniach lokalnych i regionalnych,
- możliwość jazdy w obu kierunkach (przejście motorniczego od jednego do drugiego pulpitu),
- dostosowaniem konstrukcyjnym do wsiadania i wysiadania ze wszystkich wysokości peronów i z poziomu główki szyny (podłoga lub dodatkowe ruchome stopnie wejściowe w obrębie drzwi odskokowo-przesuwnych),
- dostosowaniem do różnej wielkości prowadzonych przewozów dzięki wykorzystaniu budowy modułowej oraz możliwości jazdy w trakcji wielokrotnej,

- możliwością wykorzystania ich do ruchu transgranicznego i regionalnego na liniach drugorzędnych i liniach przebiegających po specyficznie ukształtowanym terenie charakteryzującym się dużymi pochyleńkami i małymi łukami torów,
- podłogą normalną i obniżoną w poszczególnych członach w zależności od szczegółowych wymagań użytkownika,
- przystosowaniem do przewozu osób niepełnosprawnych,
- wydzieloną przestrzenią do przewozu większych bagaży i rowerów,
- ergonomicznymi fotelami w przestrzeniach pasażerskich, wykonanymi w technice wandaloodpornej,
- ekologiczną kabiną WC w wersjach wieloczłonowych, przystosowaną do obsługi osób niepełnosprawnych,
- nowoczesnym hydromechanicznym napędem podpodłogowym,
- nowoczesnym ekologicznym silnikiem spalinowym, spełniającym wymagania normy EURO II,
- wyposażeniem w komputer pokładowy, umożliwiający pełne sterowanie układem napędowym i autobusu jak również diagnostykę głównych zespołów autobusu.

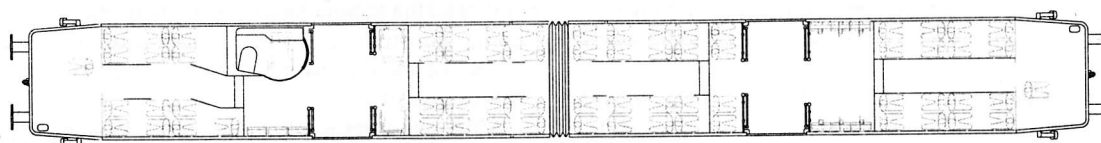
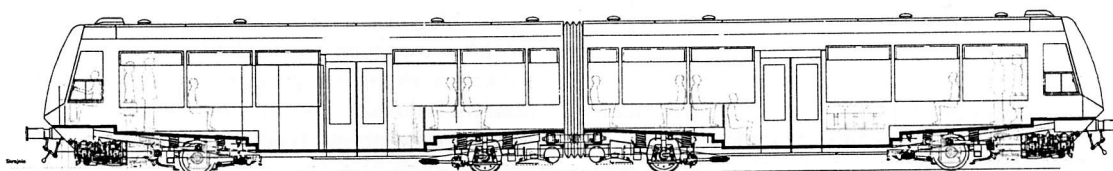
Modułowa konstrukcja autobusu dotyczy następujących głównych zagadnień i rozwiązań:

- daleko idąca unifikacja i wytrzymałość ostoji,
- układ biegowy z wykorzystaniem jednoosiowych wózków tocznych i napędnych, o podobnej konstrukcji w zakresie usprężynowania, ramy, hamulca, zestawu kołowego, układu smarowania,
- napęd o rozwiązaniu typu „Power-Pack” z wykorzystaniem tych samych zespołów takich jak silnik i przekładnia główna,
- jednakowa baza członu napędowego i członu tocznego,
- uniwersalna kabina sterownicza, wyposażona w taką samą konstrukcję układu pulpitu-fotel maszynisty, układ okien czołowych i bocznych oraz izolacji i wyłożenia.

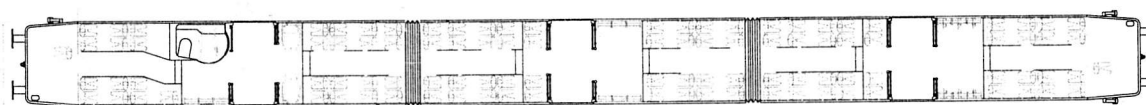
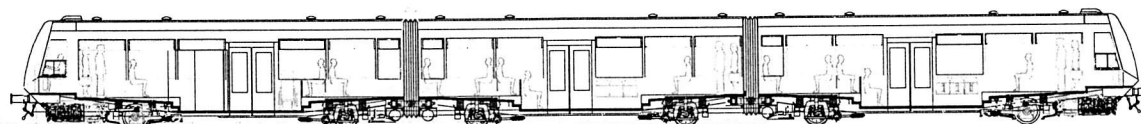
Możliwe wersje układów już zaprojektowanych oraz będących w końcowej fazie projektowania zaprezentowano na rys. 1, 2 i 3, a ich podstawowe parametry techniczne w tablicy 1.



Rys. 1. Widok ogólny autobusu jednoczłonowego



Rys. 2. Widok ogólny autobusu dwuczłonowego



Rys.3. Widok ogólny autobusu trójczłonowego

Tablica 1

Parametry techniczne modułowych autobusów wielozłonowych

Lp.	Parametr / Wielkość	Jednostka	Autobus		
			jednoczłonowy	dwuczłonowy	trójczłonowy
1	2	3	4	5	6
1	Skrajnia kinematyczna	-	UIC 505-1		
2	Szerokość toru	mm	1435		
3	Prędkość konstrukcyjna / eksploatacyjna	km/h	120/100		
4	Najmniejszy promień łuku toru	m	100		
5	Układ osi	-	A-1	A-1+1-A	A-1+1-1+1-A
6	Długość całkowita autobusu (ze zderzakami)	m	15,82	27,55	39,28
7	Długość członu tocznego	m	-	-	11,24
8	Długość członu napędowego	m	-	13,53	13,53
9	Szerokość autobusu	m	2,90		
10	Wysokość autobusu	m	3,75		
11	Wysokość podłogi nad główką szyny część podstawowa / część obniżona	mm	1250/570		

1	2		3	4	5	6
12	Liczba miejsc siedzących stałych	ogółem	-	38	65	99
		człon napędny		-	36/29*	36/29*
		człon toczny		-	-	34
13	Liczba miejsc siedzących składanych		-	4	9	15
14	Liczba miejsc stojących (4os/m ²)		-	50	100	150
15	Liczba miejsc dla osób niepełnosprawnych		-	-	2	2
16	Całkowita liczba miejsc		-	92	176	266
17	Masa w stanie służbowym	człon toczny	Mg	-	-	21
		człon napędny		-	23	23
		całkowita		23	46	67
18	Masa całkowita w stanie obciążonym		Mg	29	58	85
19	Maksymalny nacisk zestawu kołowego na tor	człon napędny	kN	157		
		człon toczny		127,5		
20	Baza autobusu (członu tocznego i napędowego)		m	7,2		
21	Średnica kół nowych / mak. zużytych		mm	φ840/φ780		
22	Profil koła jezdniego		-	28UIC 135		
23	Hamulec zasadniczy		-	elektropneumatyczny zespolony		

24	Hamulec postojowy		-	sprężynowy		
25	Hamulec mechaniczny na wózku		-	tarczowy		
26	Układ biegowy		-	Wózki jednoosiowe toczne i napędne z dwustopniowym usprężynowaniem (I stopień – sprężyny gumowo – metalowe, II stopień – sprężyny śrubowe)		
27	Układ napędowy	silnik spalino- wy	-	RABA typ D10 UTSLL o mocy 190 kW (206, 218, 235 kW)	RABA typ D10 UTSLL o mocy 2x190 kW [2x(206, 218, 235 kW)]	RABA typ D10 UTSLL o mo- cy 2x190 kW [2x(206, 218, 235 kW)]
		przekładnia główna	-	Hydromecha- niczna VOITH seria DIWA864.3	Hydromecha- niczna VOITH seria DIWA864.3	Hydromecha- niczna VOITH seria DI- WA864.3
		przekładnia osiowa	-	GDB (Ganz- David-Brown)	GDB (Ganz- David-Brown)	GDB (Ganz- David-Brown)
28	Ogrzewanie przestrzeni pasażerskich		-	Podgrzewacz typu Hydronic 24 firmy Ebergpacher		
29	Wydatek sprężarki przy 8 bar		dm ³ / min	620	2x620	2x620
30	Pojemność zbiornika paliwa		dm ³	400	2x400	2x400
31	Smarowanie obrzeży kół		-	Typ pałeczkowy na smar stały firmy Century Oils Ltd.		
32	Napięcie instalacji elektrycznej		V	24		
33	Liczba kabin WC		szt.	-	1	1

*) ze względu na przedział WC

3. UKŁADY MECHANICZNE

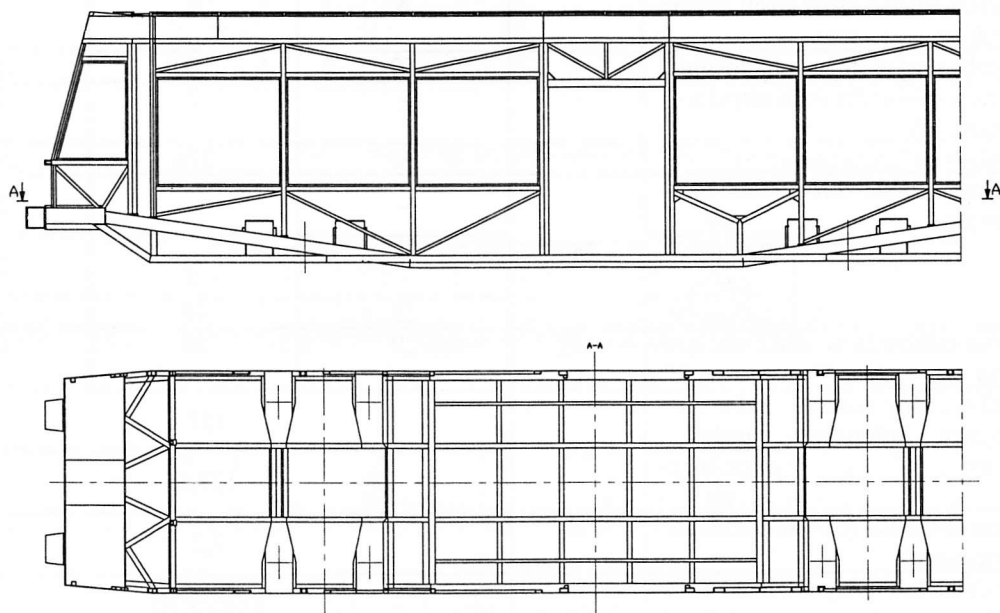
3.1. Nadwozie

Nadwozie członu tocznego lub napędnego wykonane jest jako samonośne pudło wspierające się na układzie biegowym, składającym się z dwóch wózków jednoosiowych (napędowego i tocznego).

Ostoja (rama główna) pudła zbudowana jest z typowych giętych kształtowników hutniczych wykonanych ze stali spawalnej o zwiększonej wytrzymałości i odporności na korozję gatunku 18G2A oraz blachy

ryflowanej, zwiększającej wytrzymałość wzdłużną i skrętną ostoji pudła z materiału gatunku 10HA.

Szkielet pudła jest zbudowany z cienkościennych prostokątnych i kwadratowych stalowych profili zimnowalcowanych typu zamkniętego (także z materiału 18G2A), co gwarantuje uzyskanie odpowiedniej lekkości przy wymaganej sztywności i wytrzymałości pudła zgodnie z normą PN-EN 12663 dla pojazdu kategorii P III. Przykładowy szkielet dla członu napędowego przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Szkielet członu napędowego autobusów wielocłonowych

Szkielet pudła pokryty jest od zewnątrz poszyciem wykonanym z blach klejonych do krokwi dachowych oraz ścian bocznych, czołowej i tylnej za pomocą klejów typu SIKAFLEX. Czoła autobusu od strony stanowiska maszynisty zakończono estetycznie ukształtowaną konstrukcją kompozytową kabiny, wykonaną z laminatów epoksydowo-szkłanych, wzmacnianych dodatkowo wkładkami stalowymi. Od strony wnętrza szkielet pudła wyłożono estetycznymi zmywalnymi płytami poliwęglanowymi IMPAX. Izolację przedziału tworzy masa głusząca i płyty głuszące ISOFLEX.

Człony autobusu pomiędzy wózkami posiadają płaszczyznę obniżoną, co umożliwiło uzyskanie obniżonej podłogi w obrębie drzwi wejściowych.

W części obniżonej zabudowano dwuskrzydłowe drzwi wejściowe odskokowo - przesuwne o prześwicie w pozycji otwartej 1300 mm, otwierane i zamykane indywidualnie przez pasażerów lub ze stanowiska maszynisty.

W pudle zastosowano duże panoramiczne okna boczne z górną częścią odchylaną. Okna wbudowano w ściany metodą wklejania za pomocą klejów SIKAFLEX.

Wentylacja przestrzeni pasażerskich odbywa się na zasadzie wymuszonego obiegu powietrza poprzez zainstalowane dmuchawy w ciągu wentylacyjno-oświetlającym, umieszczonym na suficie, ze wspomaganie klimatyzatorów dachowych, umieszczonych nad kabinami.

Do ogrzewania pudła zastosowano stanowiskowe nagrzewnice wodno-powietrzne typu autobusowego, zamontowane pod siedzeniami pasażerskimi, pracujące w trybie nawiewnym.

Pudła członów posiadają w czołowej części wydzieloną kabinę maszynisty. Jest ona oddzielona od przestrzeni pasażerskiej ścianką działową, w której zabudowano jednoskrzydłowe drzwi, otwierające się w kierunku przedziału dla pasażerów.

W tylnej ścianie pudeł członów skrajnych i środkowego znajduje się przejście międzyczłonowe, osłonięte podwójną, elastyczną konstrukcją harmonijkową. Dzięki zastosowaniu takiej osłony mostka przejściowego zrealizowano koncepcję „otwartej”, wspólnej przestrzeni pasażerskiej autobusu.

3.2. Wyposażenie wnętrza przestrzeni pasażerskich członów tocznego i napędowego

W przestrzeni pasażerskiej członów tocznego i napędowego zabudowano ergonomiczne fotele typu półmiękkiego, wykonane w technice wandaloodpornej. Fotele rozplanowano zasadniczo w układzie 2 + 2 w ustawieniu naprzeciw siebie. Wszystkie fotele zamocowano do ścian bocznych oraz sufitu, bez standardowego podparcia za pomocą nóg foteli do podłogi. Nad fotelami zamontowano na ścianach bocznych wzdłużne półki dla bagażu podręcznego.

W członie skrajnym na obniżonej części podłogi przygotowano miejsca dla osób niepełnosprawnych na wózkach inwalidzkich a w drzwiach wejściowych tego członu są zabudowane rampy wjazdowe. Miejsca

dla osób niepełnosprawnych znajdują się z jednej strony przedsionka. Po drugiej stronie przedsionka zabudowano kabinę WC, przystosowaną dla osób niepełnosprawnych.

Dla umożliwienia eksploatacji autobusu na liniach, na których wsiadanie odbywa się z poziomu główki szyny, autobusy są wyposażone w dodatkowe stopnie ruchome, zabudowane pod wszystkimi drzwiami.

3.3. Kabina sterownicza

Kabina maszynisty umieszczona jest w czołowej części nadwozi członów napędowych.

W ścianie czołowej i bocznych tej przestrzeni zastosowano bardzo dobre przeszklenie; okna boczne kabiny są wykonane jako dzielone z górną częścią odchylaną oraz otwieranym okienkiem w dolnej części do przekazywania informacji pisemnej. Na szyby czołowe zastosowano nadmuch podgrzanego powietrza a okna wyposażono w wycieraczki i spryskiwacze o napędzie elektrycznym. Podstawowe oświetlenie wnętrza kabiny maszynisty wykonano za pomocą dwóch sufitowych lamp świetłówkowych, z możliwością zmiany natężenia oświetlenia.

Kabinę wyposażono w ergonomiczny pulpit sterowniczy, pozwalający na sterowanie wszystkimi układami autobusu szynowego przy jeździe jedno- lub wielokrotnej. Pulpit maszynisty jest wyposażony w monitorowy układ wskazujący pracę zespołów napędowych, elementy sterujące: obrotami silników, skrzyni biegów, układem hamulcowym (hamulec elektropneumatyczny i hydrodynamiczny), ogrzewaniem, otwieraniem drzwi itd. Pulpit posiada wydzieloną płaszczyznę informacyjną, wykonawczą (roboczą) i sterującą.

Na stanowisku pracy maszynisty zamontowano ergonomiczny fotel maszynisty. Zastosowano pneumatycznie podnoszony i amortyzowany fotel (wyposażony we wszystkie niezbędne układy obrotu, dosuwu itd.) spełniający warunek szybkiej ewakuacji.

Do ogrzewania i wentylacji kabiny maszynisty zastosowano nagrzewnicę wodno-powietrzną, umieszczoną pod osłoną przednią (pod szybami czołowymi kabiny). Układ nadmuchów wymiennika ogrzewania umożliwia ogrzewanie kabiny po załączeniu nadmuchu (nadmuch ogrzanego powietrza) lub też nawiew chłodnego powietrza przy wyłączonym ogrzewaniu. Dodatkowo w kabinach maszynisty można również zabudować układ klimatyzacji dachowej. Klimatyzacja oparta jest na stanowiskowym dachowym klimatyzatorze firmy Webasto typu CC5. Klimatyzator ten jest urządzeniem kompaktowym, zawierającym w zespole dachowym: kondensator, parownik oraz wentylatory elektryczne wymuszonego obiegu powietrza w kabinie. Sprężarka środka chłodniczego napędzana jest bezpośrednio od wału korbowego silnika za pomocą pasków klinowych. Sprężarka zasila kompakt dachowy przewodami przeprowadzonymi w rogu ściany działowej i bocznej. Od przestrzeni pasażerskiej kabina oddzielona jest ścianką działową z drzwiami jednoskrzydłowymi, zabudowanymi w środku tej ścianki. Konstrukcja ścianki działowej

i drzwi umożliwia obserwację wnętrza pojazdu i sprzedaż biletów dla podróżnych. Autobusy mogą być również wyposażone w kasy fiskalne, zabudowane w pulpity sterownicze.

3.4. Pozostałe wyposażenie wewnętrzne autobusu

Pozostałe układy i urządzenia wewnętrzne autobusu obejmują:

- przedział sanitarny – w układzie toalety zamkniętej, z kompaktem sedesowym, umywalką, lustrem i innymi akcesoriami niezbędnymi do higieny podczas podróży. Wymiary wnętrza przedziału umożliwiają wjazd wózka inwalidzkiego. Ponadto z tyłu przedziału są zabudowane zbiorniki na wodę, wraz z instalacją napełniającą i spustową, oraz zbiorniki na nieczystości,
- szafy sterowniczo – aparaturowe, zawierające aparaturę elektryczną i pneumatyczną oraz drobne części i podręczne urządzenia, jak również przybory socjalne i odzież obsługi autobusu,
- układ wentylacji, który tworzą wentylatory dachowe z napędem elektrycznym, pracujące w trybie nawiewnym i wyciągowym,
- układ ogrzewania „wodnego” z wymuszoną poprzez nawiew cyrkulacją powietrza.

Układ ogrzewania każdego członu wykorzystuje głównie ciepło z układu chłodzenia zespołu napędowego. W każdy obieg wodny zespołów napędowych włączono spaliny podgrzewacz, którego zadaniem jest dostarczanie energii cieplnej w przypadku spadku temperatury poniżej określonej w układzie chłodzenia.

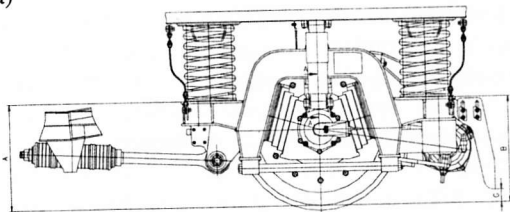
W układzie ogrzewania znajdują się nastawne regulatory temperatury wewnątrz pasażerskich sterujące intensywnością ogrzewania, co pozwala na utrzymywanie stałej temperatury we wnętrzu bez konieczności ingerencji obsługi autobusu.

3.5. Układ biegowy autobusu

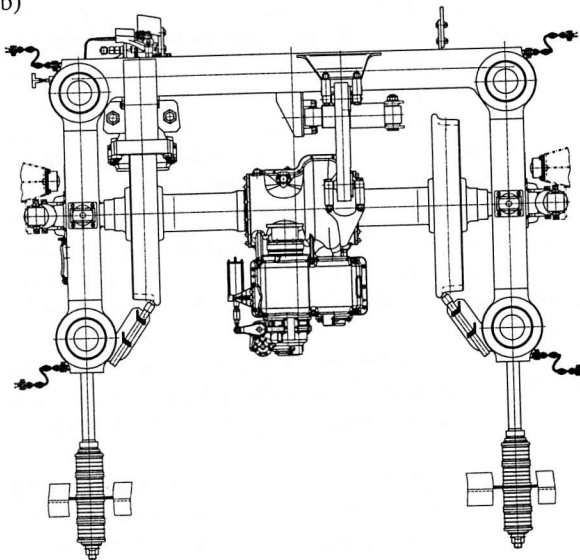
Nadwozia poszczególnych członów autobusu szynowego wspierają się na układzie biegowym, składającym się z jednoosiowych wózków. W każdym członie napędowym zastosowano dwa wózki: napędowy oraz toczny, a w członie tocznym tylko dwa wózki toczne. Konstrukcja wózków jest zbliżona. Różnice występują w układzie piasecznic, smarowania obrzeży kół oraz przekładni osiowej, którą posiada tylko wózek napędowy.

Widok ogólny wózków przedstawiono na rys. 5.

a)



b)



Rys. 5. Wózek toczny i napędowy autobusu:
a-widok boczny i poprzeczny wózka tocznego,
b-widok wzdłużny wózka napędowego

Wózki jednoosiowe prowadzone są wzdłużnie za pomocą prowadników poziomych, wyposażonych w przeguby metalowo-gumowe, co pozwala na przemieszczanie się nadwozia względem wózków w ramach przewidzianych luzów konstrukcyjnych.

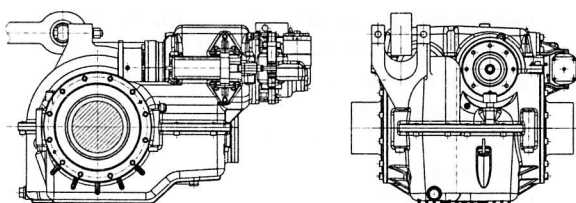
Wózek składa się z:

- ramy, wykonanej jako konstrukcja spawana z blach stalowych. Zastosowana stal konstrukcyjna typu St3Wd zapewnia dobrą wytrzymałość statyczną i zmęczeniową ramy,
- usprężynowania I-go stopnia i prowadzenia łożysk osiowych, w skład którego wchodzi daszkowe sprężyny gumowo-metalowe typu „MEGI”,
- usprężynowania II-go stopnia, które stanowią 4 sprężyny śrubowe, przejmujące wszystkie przemieszczenia pionowe i poziome nadwozia względem wózka, realizując tzw. zasadę „flexicoil”,
- układu amortyzacji wózka, w którym zastosowano trzy amortyzatory hydrauliczne (na każdym wózku): dwa pionowe, zabudowane po przeciwległych stronach wózka pomiędzy pokrywą łożysk osiowych a ostoją i poziomy zamontowany pomiędzy ramą wózka i ostoją,
- zespołu jezdnego, składającego się z zestawu kołowego oraz dwóch obudów łożysk osiowych. Zestaw kołowy zbudowany jest z dwóch monoblokowych kół symetrycznych, pierścieni hamulcowych zabudowanych na jednym kole jezdnym oraz osi, wykonanej ze stali konstrukcyjnej. Na poszczególnych osiach zamontowano czujniki prę-

kości, współpracujące z komputerem pokładowym oraz nadajnik prędkości pojazdu,

- przekładni osiowej (tylko dla wózka napędowego) firmy GDB, zębatej, dwustopniowej. Przekładnia posiada mechanizm zmiany kierunku obrotów (nawrotnicę) z trzema pozycjami pracy tj. jazda w przód - luz - jazda w tył. Przełączanie odbywa się na drodze elektropneumatycznej, zaś sterowanie przełączaniem jest nadzorowane przez zastosowany w autobusie komputer pokładowy,
- piasecznic uruchamianych na drodze elektropneumatycznej,
- systemu smarowania obrzeży kół z zastosowaniem smaru suchego, biologicznie obojętnego i dobrze akceptowanego przez środowisko naturalne.

Widok ogólny przekładni osiowej przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Przekładnia osiowa (widok ogólny)

3.6. Układ napędowy

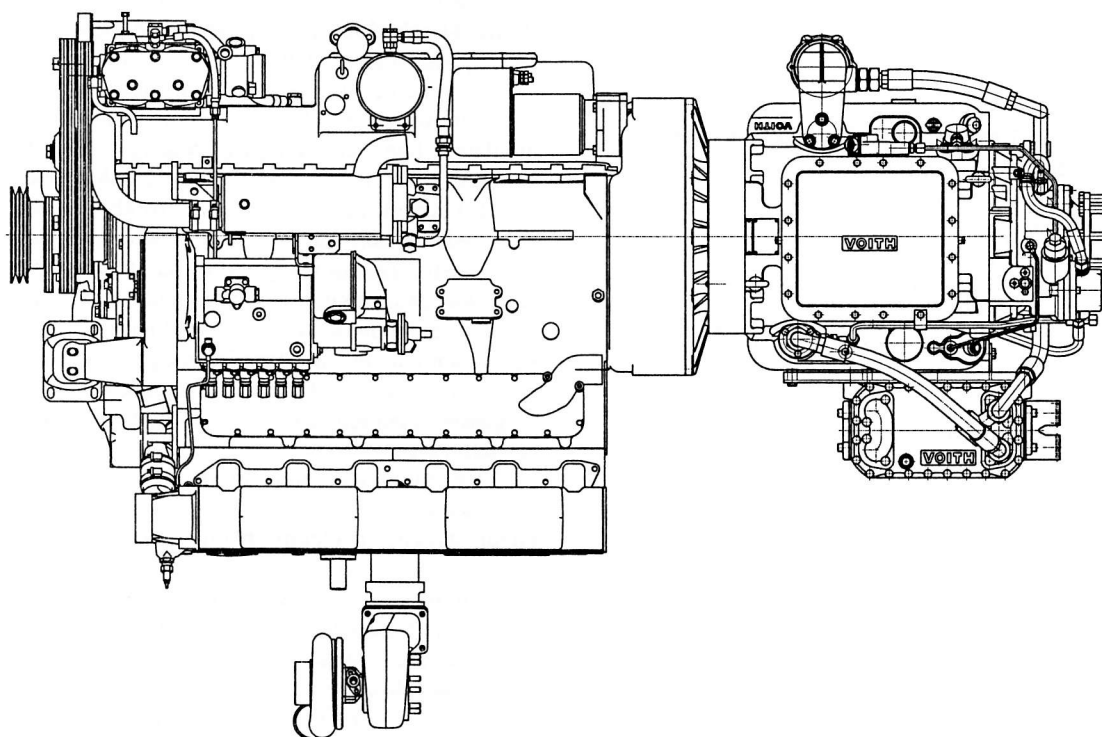
Układ napędowy poszczególnych autobusów składa się z jednego (autobus jednoczłonowy) lub dwóch zespołów napędowych (autobus dwu lub trójczłonowy), zabudowanych przed wózkami napędowymi.

Każdy zespół napędowy, oparty o identyczny silnik spalinowy i przekładnię hydromechaniczną, przekazuje napęd poprzez wał przegubowy (Cardana) na przekładnię osiową, nawrotną wózka napędowego. Elementy całego układu zabudowane są pod podłogą nadwozia. Dzięki zastosowaniu takiego rozwiązania uzyskano nowoczesne podpodłogowe przekazanie napędu, umożliwiające uzyskanie pełnej przestrzeni pasażerskiej we wszystkich członach. Autobus o tak skonfigurowanym napędzie i takiej jego zabudowie charakteryzuje się bardzo dużą masą napędną, uzyskaną dzięki zastosowaniu dwóch osi napędowych.

Każdy zespół napędowy zabudowano w odrębnej ramie pośredniej (system Power-Pack), podwieszonej do nadwozia poprzez elementy elastyczne.

Rama pośrednia zespołu jest zarazem elementem mocującym kompletny osprzęt danego zespołu jak: elementy układu chłodzenia silnika i przekładni, filtr powietrza, elementy wydechu, układ podgrzewania zimnego silnika itp.

Widok ogólny zespołu napędowego prezentuje rys. 7.



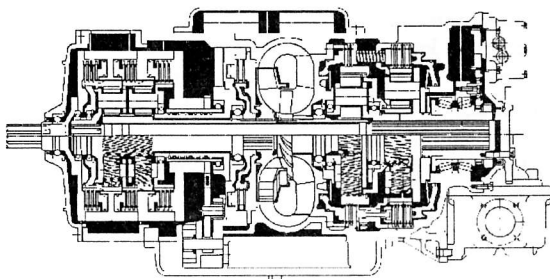
Rys. 7. Zespół napędowy – silnik – przekładnia główna

W podstawowej wersji autobusów do napędu zastosowano silnik spalinowy f-my RABA typu D10 UTSL.

Silnik ten jest silnikiem wysokoprężnym, czterosuwowym, rzędowym o poziomym układzie cylindrów, chłodzonym wodą (cieczą). Silnik wyposażony jest w doładowanie z jednoczesnym chłodzeniem powietrza doładowanego i posiada mechaniczny system regulacji wtrysku, sterowania i kontroli pracy oraz elektroniczne zewnętrzne zadawanie prędkości obrotowej poprzez odpowiedni nastawnik współpracujący z komputerem pokładowym.

Alternatywnie w miejsce silnika RABA typu D10 UTSL przewiduje się również zabudowę silnika firmy MAN typu 2866 LUH lub silnik MTU rodziny 183.

W zespole napędowym zastosowano również hydromechaniczną, jednokierunkową, przełączalną pod obciążeniem, automatyczną przekładnię firmy VOITH serii DIWA 864.3 (rys. 8).



Rys. 8. Przekrój przez przekładnię hydromechaniczną firmy VOITH serii DIWA 864.3

Przekładnia składa się z:

- przekładni hydrokinetycznej (zmiennika momentu), umożliwiającej bezstopniową zmianę momentu, sprzężonej poprzez układ dyferencjału z mechaniczną częścią (przekładnia planetarna) przekazania napędu,
- zwalnicza hydrodynamicznego (retardera), umożliwiającego stopniowe lub bezstopniowe wyhamowywanie autobusu do prędkości pieszego. Zadanie zwalnicza i zmiennika realizowane jest poprzez zmianę obiegu hydraulicznego tej samej turbiny,
- hydromechanicznej przekładni planetarnej, gdzie poszczególne biegi załączane są za pomocą wielopłytkowych sprzęgieł hydraulicznych na drodze elektromagnetycznej,
- układu hydraulicznego spełniającego następujące funkcje: napełnianie zespołu zmiennik/retarder, zasilanie układu załączania biegów i blokady zmiennika, smarowania oraz odprowadzania ciepła z przekładni hydrodynamicznej (zmiennika momentu) i zwalnicza hydrodynamicznego (retardera),
- układu chłodzenia oleju układu hydraulicznego. Układ ten stanowi zintegrowany wymiennik woda-olej, zabudowany z boku lub na końcu korpusu przekładni,
- układu sterowania elektrohydraulicznego poprzez sterownik mikroprocesorowy typu E-200. Sterow-

nik, poprzez szynę CAN, komunikuje się z komputerem pokładowym sterowania autobusu.

Sterownik mikroprocesowy kontroluje prawidłową pracę przekładni biegów, zapobiegając jednocześnie błędnym nastawom przez maszynistę. Poprzez komunikację z układem sterowania pojazdu możliwa jest realizacja nowoczesnego układu sterowania wielokrotnego napędów z jednoczesnym zapobieganiem niewłaściwym stanom pracy zespołów napędowych.

3.7. Układ pneumatyczny i hamulcowy

Układ pneumatyczny autobusu szynowego przeznaczony jest do obsługi: układu hamulcowego, przekładni osiowych, piasecznic oraz kompaktu WC kabiny ekologicznej. Źródłem sprężonego powietrza w układzie pneumatycznym autobusu są dwutłokowe sprężarki powietrza, zabudowane bezpośrednio na silnikach napędowych. W układ zasilania każdej sprężarki wbudowano osuszacz dwukomorowy powietrza z tłumikiem hałasu, grzałką oraz wymiennymi wkładami absorpcyjnymi firmy SAB WABCO, co gwarantuje uzyskanie powietrza o wymaganej czystości i właściwym stopniu suchości.

W autobusach szynowych zastosowano hamulec pneumatyczny oraz hamulec hydrodynamiczny (realizowany przez zwalnicze hydrodynamicznych skrzyń biegów).

Autobusy wyposażone są w hamulec pneumatyczny typu zespólnego, hamulec elektropneumatyczny typu bezpośredniego oraz w hamulec postojowy typu sprężynowego. Hamulec pneumatyczny zespólny realizowany jest poprzez zawór rozrządczy firmy SAB WABCO zabudowany na przewodzie głównym tablicy pneumatycznej; zawór współpracuje ze zbiornikiem pomocniczym i sterującym. Sterowanie hamulem odbywa się z pulpitu maszynisty za pomocą manipulatora hamulca. Autobusy zostały wyposażone w hamulec bezpieczeństwa. Poszczególne uchwyty (rączki) hamulca bezpieczeństwa zostały umieszczone w przedsionkach kabin pasażerskich oraz kabinach maszynisty. Zastosowany układ hamulcowy pozwala hamować wszystkimi członami autobusu, hamować składem autobusów w trakcji wielokrotnej (przy wykorzystaniu hamulca bezpośredniego elektropneumatycznego) oraz autobusem przyłączonym do składu wagonów pociągu lub do lokomotywy (hamulem zespólnym).

Elementem realizującym hamowanie jest tablica pneumatyczna wyposażona w niezbędne aparaty pneumatyczne i elektropneumatyczne, przekładniki ciśnienia, zawór rozrządczy, kurki odcinające i inne.

Hamowanie zasadnicze autobusu szynowego realizowane jest poprzez wykorzystanie sił hamowania, generowanych w części pneumatycznej cylindrów hamulcowych o średnicy 10" typu PBECFP 254-160 firmy SAB WABCO. Cylindry hamulcowe, poprzez mechanizmy dźwigniowe, oddziałują na tarcze hamulcowe zabudowane na jednym z kół każdego zestawu kołowego autobusu. Cylindry hamulcowe zostały wyposażone w nastawiacz skoku z samoczynną regulacją luzu pomiędzy tarczą hamulcową a okładzinami. Przed każdym z cylindrów hamulcowych zabudowano

zawór elektropneumatyczny układu przeciwoślizgowego.

Hamowanie postojowe autobusu szynowego realizowane jest poprzez wszystkie cylindry hamulcowe przy wykorzystaniu komory sprężynowej cylindrów. System uruchamiania hamulca postojowego jest tak opracowany, że w przypadku awarii (spadku ciśnienia w układzie zasilającym), hamulec postojowy załącza się automatycznie.

3.8. Układ pociągowo- zderzny

Układ pociągowo - zderzny autobusu składa się z:

- zderzaków,
- urządzeń ciągowych,
- sprzęgów krótkich (dla autobusów wieloczlonych).

Zderzaki typu ZP4 z Kamaxu (po dwa) zabudowane są na zewnętrznych czołownicach członów napędowych autobusów. Zderzaki są wyposażone we wstępne amortyzatory ze sprężyną talerzową oraz elastomerowy amortyzator główny.

Do sprzęgania z drugim autobusem w przypadku jazdy w trakcji wielokrotnej, lokomotywą lub wagonami kolejowymi, zamontowano na czołownicach zewnętrznych autobusu urządzenie ciągowe, składające się z ciągiła widłowego, haka ciągowego oraz typowego sprzęgu śrubowego.

W autobusach członowych do łączenia pomiędzy sobą poszczególnych członów tego samego autobusu zastosowano sprzęg krótki. Sprzęg ten składa się z dwóch połówek, zamontowanych na końcach poszczególnych członów wagonu. Każda połówka sprzęgu krótkiego składa się z głowicy sprzęgu z mufą połączeniową i sworznią z gumowymi elementami amortyzującymi.

4. UKŁADY ELEKTRYCZNE

4.1. Instalacja elektryczna

Instalacja elektryczna autobusu oraz wszystkie urządzenia i odbiorniki elektryczne przystosowane są do zasilania prądem stałym o napięciu 24V. Źródłem zasilania instalacji elektrycznej są alternatory, napędzane bezpośrednio od wału korbowego silnika spaliny. W autobusach zastosowane są baterie akumulatorów, zawierające akumulatory kwasowe 12V/195Ah (każdy do jednego zespołu napędowego). Bateria umieszczona jest w osobnej skrzyni akumulatorowej, zapewniającej swobodny dostęp dla obsługi.

4.2. Odbiorniki elektryczne

W układzie elektrycznym autobusu występują następujące grupy odbiorników: rozrusznik (obwody silników spalinowych), zawory elektrohydrauliczne i elektromagnesy przekładni hydromechanicznych, zawory elektropneumatyczne przekładni osiowej, urządzenia oświetleniowe, urządzenia grzewcze, elektrycznie sterowane urządzenia mechaniczne i pneumatyczne.

Silniki napędowe wyposażone są w elektryczne rozruszniki 24 VDC o mocy 5,5 kW każdy, połączony bezpośrednio z akumulatorami przewodami rozru-

chowymi. Sterowanie rozruchem silników odbywa się z pulpitu operatora za pośrednictwem systemu kontroli, realizowanego przez komputer pokładowy.

Urządzenia oświetlenia autobusu stanowią: projektory światła głównego i projektory światła sygnałowego, zasilane z odrębnych przetwornic napięcia (zapewniających stabilność napięcia zasilającego) oraz oprawy oświetleniowe oświetlenia przedziałów pasażerskich, kabiny WC i kabin maszynisty (w tym oświetlenia pulpitu i rozkładu jazdy oraz tablic kierunkowych) i oświetlenie samoczynne szaf sterowniczych.

Elektryczne urządzenia mechaniczne i pneumatyczne autobusu stanowią elektrozawory pneumatyczne tablicy pneumatycznej, napęd i sterowanie drzwiami wejściowymi, elektrozawory pneumatyczne sterowania pracą sprężarek powietrza i przeciwoślizgu oraz wycieraczki i spryskiwacze szyb przednich.

Pozostałymi odbiornikami energii elektrycznej w autobusach są: wentylatory dachowe, instalacja sterownicza i napęd wentylatorów klimatyzatora dachowego kabiny maszynisty, elektroniczne syreny, elektryczne sygnały ostrzegawcze umieszczone pod zewnętrznymi czołownicami autobusu, dzwonki ostrzegawcze w drzwiach wejściowych, uruchamiane ręcznie przez obsługę i automatycznie przy zamykaniu drzwi, instalacja informacyjno- rozgłoszeniowa (tablice informacyjne, kasowniki biletowe, kasy fiskalne, sterowniki, itd.) oraz instalacja kabiny WC.

5. UKŁADY STEROWANIA I DIAGNOSTYKI

5.1. Układ sterowania napędem i hamowaniem

Sterowanie napędem oraz hamowaniem odbywa się z alternatywnie załączanych pulpitu maszynisty (jeden pulpit aktywny, jeden pasywny). Pulpit maszynisty wyposażony jest we wszystkie niezbędne elementy, umożliwiające sterowanie jazdą w obydwu kierunkach i hamowaniem autobusu.

Do sterowania napędem każdy z pulpitu wyposażony jest w:

- nastawnik prędkości jazdy i hamowania hydrodynamicznego (dotyczy sterowania prędkością obrotową silnika i załączaniem stopni retardera),
- nastawnik wyboru kierunku jazdy (dotyczy przekładni osiowej),
- nastawnik załączania napędu.

5.2. Układy sterowania urządzeniami

Urządzenia sterowania zgrupowane są na pulpitu sterowniczych, zawierających część roboczą, sterowniczą i informacyjną.

W części roboczej zgromadzono wszystkie nastawniki i manipulatory (montowane na czołowej powierzchni pulpitu), a więc urządzenia, których używanie jest bezpośrednio związane z jazdą autobusu. Ponadto do części roboczej zaliczyć można: przycisk nożny sterowania piasecznicami i przycisk nożny kasowania czuwaka - umieszczone w podłodze pod pulpitem.

W części sterowniczej pulpitu zabudowane są: przycisk pokrętny z kluczykiem (stacyjka) do załącze-

nia rozrządu danego pulpitu, wyłączniki klawiszowe do sterowania pracą urządzeń pojazdu, przycisk napełniania przewodu głównego, przełączniki otwierania drzwi i przycisk dzwonka, przycisk sygnału ostrzegawczego, przyciski syreny elektronicznej, urządzenie zapowiadające, sterownik tablic informacyjnych, przycisk ręczny czuwaka.

W części informacyjnej pulpitów zabudowano manometry przewodu zasilającego i przewodu głównego, manometry wskazujące ciśnienie w cylindrze hamulcowym w komorze sprężynowej cylindra hamulcowego, miernik prędkości tachografu kolejowego, mierniki, wskaźniki i lampki kontrolne, panel operatorski komputera pokładowego.

Całością systemu sterowania elektrycznego zarządza sterownik mikroprocesorowy, który kontroluje podstawowe sygnały dotyczące działania pojazdu i generuje właściwe sygnały sterujące, w tym decydujące o bezpieczeństwie i chroniące podstawowe podzespoły, takie jak zespoły napędowe. Sterownik mikroprocesorowy współpracuje z dwoma panelami operatorskimi umieszczonymi na obu pulpitych sterowniczych.

Mikroprocesorowe urządzenia sterownicze przekładni sterują pracą przekładni za pośrednictwem elektrozaworów hydraulicznych zabudowanych w przekładni. Konfiguracja sygnałów sterujących jest dobierana automatycznie na podstawie sygnałów z dawanych z pulpitu sterowniczego.

Zawory elektropneumatyczne obsługujące przełączanie kierunku jazdy oraz zabezpieczenie mechaniczne wybranej pozycji zabudowane są na korpusie przekładni osiowych. Załączenie danego kierunku jazdy sygnalizowane jest przez sensory.

5.3. System diagnostyki

Autobus wyposażony jest w system diagnostyczny: silnika, przekładni hydromechanicznej, podgrzewaczy spalinowych, tablicy pneumatycznej, kompaktu WC i drzwi. Pełna diagnostyka może być prowadzona zarówno przy użyciu jednego z istniejących w pojeździe paneli operatorskich, jak też z wykorzystaniem zewnętrznego urządzenia (którym może być także panel operatorski lub inne urządzenie mikroprocesorowe komunikujące się z systemem autobusu). Uproszczona diagnostyka autobusu jest prowadzona w sposób ciągły przez sterownik mikroprocesorowy. Informacja o zakłóceniach w pracy podstawowych urządzeń pojazdu jest wyświetlana na pulpicie w kabinie operatora. W określonych przypadkach następuje samoczynne zadziałanie układu automatyki kontroli pracy pojazdu (np. w przypadku braku smarowania jednego z silników napędowych).

6. URZĄDZENIA ŁĄCZNOŚCI I BEZPIECZEŃSTWA

W autobusie, w obrębie pulpitów, zabudowano radiotelefon wyposażony w dwa manipulatory. Urządzenia bezpieczeństwa autobusu stanowią elektroniczny czuwak aktywny oraz urządzenia do samoczynnego hamowania pociągu. Ponadto autobusy są wyposażone

w układ radiostopu, umożliwiający zdalne zatrzymanie autobusu poprzez podanie sygnału drogą radiową. Elementy wykonawcze radiostopu zamontowane są na tablicy pneumatycznej a sygnał jest generowany przez radiotelefon pociągowy.

7. SYSTEM UTRZYMANIA AUTOBUSU

System utrzymania, w skład którego wchodzi przegląd i naprawy, obejmuje z jednej strony kontrolę wizualną oraz przeglądy i naprawy uszeregowane w taki sposób, aby zapewnić maksymalną gotowość eksploatacyjną autobusu.

Kontrolę autobusu przeprowadza się w krótkich okresach w celu wczesnego wykrywania potencjalnych czy zaistniałych uszkodzeń. Czas takich kontroli jest stosunkowo krótki. Przeglądy obejmują sprawdzenie stanu technicznego oraz funkcjonowania autobusu oraz jego układów i urządzeń. W zależności od potrzeb przeprowadza się w czasie przeglądu tylko regulacje oraz niezbędne naprawy i wymiany np.: okładzin ciernych, pałeczek smarowania obrzeży kół itp. Naprawy obejmują gruntowne sprawdzenie wszystkich urządzeń i zespołów autobusu wraz z koniecznymi wymianami. Należy również zaznaczyć, że autobus jest pod ciągłym dozorem pokładowego systemu diagnostycznego, który na bieżąco informuje maszynistę oraz personel warsztatowy o stanie technicznym autobusu.

Prowadzący (maszynista) autobus otrzymuje wszelkie informacje o zaistniałych uszkodzeniach, a w pamięci przechowywane są wszelkie dane, umożliwiające późniejszą analizę techniczną w centrach obsługowo-naprawczych.

Zgodnie ze wskazaniem użytkowników konstrukcja autobusu spełnia wymagania dotyczące łatwej lokalizacji uszkodzeń zespołów i podzespołów oraz wykrywalności uszkodzeń i stanu osiągania wartości granicznych określonych parametrów technicznych.

Ponadto dla zapewnienia technologiczności naprawy autobusu spełnione są takie wymagania jak: dostępność do elementów i podzespołów autobusu, mała pracochłonność wymiany podzespołów nie przekraczająca 2÷3 godzin, łatwość demontażu i montażu poszczególnych podzespołów oraz unifikacja części dla ograniczenia niezbędnych narzędzi i oprzyrządowania.

Plan obsługowo-utrzymawczy opiera się na założeniu 25 letniego okresu eksploatacji autobusu przy przebiegu rocznym około 120÷150 tys. km.

Pełen cykl przeglądowo-naprawczy dla prezentowanego autobusu przedstawia się następująco:

- przegląd kontrolny (PK) - co 6250 km,
- przegląd okresowy (PO) - co 50.000 km (125 ± 5 dni),
- naprawa rewizyjna (R) - co 600.000 km,
- naprawa główna (G) - co 1.200.000 km.

8. ZAKOŃCZENIE

Zaprezentowane modułowe konstrukcje autobusów, jak również ich parametry techniczne odnoszą się do autobusów, które w niedalekiej przyszłości pojawią się na liniach kolejowych naszego kraju. Niezależnie od prezentowanych rozwiązań konstrukcyjnych, opartych na jednostce podstawowej jaką jest autobus jednoczłonowy, istnieje możliwość tworzenia, zwłaszcza w wyposażeniu wewnętrznym, układach ogrzewania i klimatyzacji, pozostałych odmian autobusów, które zapewnić mogą obsługę ruchu pasażerskiego na liniach lokalnych w zależności od zmiennych warunków zewnętrznych (częstotliwość kursowania, ilość pasażerów, długość i trudność trasy).

Należy również pamiętać o tym, że w momencie przeniesienia zagadnień kształtowania regionalnej polityki transportowej do organów samorządowych ożywiło się zainteresowanie lekkimi i tańszymi w użytkowaniu autobusami szynowymi. Z satysfakcją należy odnotować również fakt, że po zachłystnięciu się rozwiązaniami autobusów zachodnich np. Talenta, Regio-Shuttle, Regio-Sprinter, GTW i innych, przetargi na dostawy autobusów dla urzędów marszałkowskich wygrywają przedsiębiorstwa krajowe. Można oczekiwać, że już niedługo w krajobrazie Polski ukażą się kolorowe pojazdy szynowe, które swoimi walorami techniczno-eksploatacyjnymi nie będą ustępować podobnym konstrukcjom zagranicznym i będą zdecydowanie tańsze. Już dzisiaj z satysfakcją należy odnotować sukces w eksploatacji autobusu jednoczłono-

go typu Regio-Tramp (213M), wytworzonego w dwóch egzemplarzach przez Poznańskie Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego oraz również jednoczłonowego autobusu typu „Partner” (214M) uruchomionego przez Zakłady „Pesa” w Bydgoszczy. Ponadto już niedługo na trasy województwa lubelskiego wyruszy jednoczłonowy autobus dwuosiowy typu Regio-Van (211M), wyprodukowany przez Kolejowe Zakłady Maszyn „Kolzam” w Raciborzu na podstawie dokumentacji konstrukcyjnej opracowanej przez Instytut Pojazdów Szynowych „Tabor” w Poznaniu.

9. LITERATURA

- [1] Bula Z., Marciniak Z., Pawlak Z., Sienicki A.: *Konstrukcja uniwersalnego jednoosiowego wózka dla pojazdów szynowych. Materiały XIV Konferencji Naukowej „Pojazdy Szynowe 2000”, Kraków – Arłamów 2000.*
- [2] Bula Z., Marciniak Z.: *Rodzina autobusów szynowych do ruchu lokalnego. Materiały XIV Konferencji Naukowej „Pojazdy Szynowe 2000”, Kraków – Arłamów 2000.*
- [3] *Autobus szynowy dwuczłonowy typu 208M. Materiały reklamowe KZM Kolzam Racibórz.*
- [4] *Autobus szynowy typu 213M do przewozu pasażerów na liniach regionalnych. Materiały reklamowe PZNTK SA Poznań.*
- [5] *Autobus szynowy do obsługi przewozów regionalnych i aglomeracyjnych. Technika Transportu Szynowego. 2001, nr 10.*