

KONWERSJA AUTOBUSU Z SILNIKIEM DIESLA NA TROLEJBUS

Podręcznik został przygotowany przez autorów
w ramach Projektu **TROLLEY**



Projekt TROLLEY jest realizowany i współfinansowany z programu dla Europy Środkowej
w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR).

GMINA MIASTA GDYNI

81-382 Gdynia, ul Piłsudskiego 52/54

tel. +48 58 66 88 000

<http://www.gdynia.pl>



Autorzy

Mikołaj Bartłomiejczyk (Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej Sp. z o.o. w Gdyni),

Jarosław Dombrowski (Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej Sp. z o. o. w Gdyni),

Marcin Połom (Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej Sp. z o. o. w Gdyni),

Olgierd Wyszomirski (Katedra Rynku Transportowego, Uniwersytet Gdański)

Wszelką odpowiedzialność za treść tej publikacji ponoszą autorzy.

Komisja Europejska nie jest odpowiedzialna za jakiegokolwiek wykorzystanie informacji zawartych w niniejszym dokumencie.

Projektant rysunków trolejbusów

Maciej Beister

Recenzent

Dariusz Karkosiński

© Gmina Miasta Gdyni, Gdynia 2012

ISBN 978-83-7531-181-5

Zakład Poligrafii Fundacji Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego

ul. Armii Krajowej 119/121, 81-824 Sopot

tel. (58) 523 14 49, 523 13 75

e-mail: poligraf@gnu.univ.gda.pl

Podręcznik został przygotowany przez autorów w ramach projektu TROLLEY.
Projekt TROLLEY jest realizowany i współfinansowany
z programu dla Europy Środkowej
w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR).

Gmina Miasta Gdyni – Partner Projektu TROLLEY
otrzymała II nagrodę CIVITAS AWARDS 2012
w kategorii Technical Innovation za opracowanie podręcznika pt.:
„Konwersja autobusu z silnikiem diesla na trolejbus”

SPIS TREŚCI

WSTĘP	7
1. IDEA BUDOWY TROLEJBUSÓW WE WŁASNYCH WARSZTATACH – FAZA PROJEKTOWANIA	9
1.1. Wybór nadwozia (autobusu z silnikiem diesla)	9
1.2. Dostępne rozwiązania w zakresie napędów – wybór rodzaju napędu	9
1.3. Faza przygotowania dokumentacji	10
1.4. Przygotowanie harmonogramu inwestycji	12
2. PROCES PRZYGOTOWANIA PRZEBUDOWY OD STRONY FORMALNEJ	15
2.1. Wymagania administracyjno-techniczne przebudowy autobusów z silnikiem diesla na trolejbus	16
2.2. Wykaz uzgodnień i ekspertyz	24
2.3. Przykłady zróżnicowanych wymagań w zakresie komunikacji trolejbusowej w państwach europejskich	24
3. FAZA PRZEBUDOWY AUTOBUSU Z SILNIKIEM DIESLA NA TROLEJBUS ..	26
3.1. Etap demontażu autobusu	26
3.2. Przygotowanie nadwozia do zabudowy napędem elektrycznym – badania wytrzymałościowe	26
3.3. Zabudowa nadwozia napędem elektrycznym	27
3.3.1. Napęd stycznowy – trolejbus MB O405NE	27
3.3.2. Napęd chopperowy – trolejbusy MB O405NI	33
3.3.3. Napęd asynchroniczny – trolejbus MB O405NAC	35
3.3.4. Napęd asynchroniczny – trolejbus MB O530 Tr12/TV.EU	39
3.3.5. Napęd asynchroniczny – trolejbus MB O530AC	40
3.4. Uruchomienie trolejbusu, etap prób stacjonarnych i ruchowych	41
4. PROCES REJESTRACJI TROLEJBUSU	43
4.1. Badania homologacyjne trolejbusu przez upoważnione instytucje	43
4.2. Rejestracja trolejbusu jako pojazdu z napędem elektrycznym	46

5.	DOŚWIADCZENIA EKSPLOATACYJNE	47
5.1.	Doświadczenia eksploatacyjne w Gdyni	47
5.1.1.	Awaryjność elementów napędu elektrycznego	48
5.1.2.	Awaryjność elementów mechanicznych	49
5.2.	Doświadczenia eksploatacyjne w Szegedzie	56
5.3.	Analiza słabych i mocnych stron konwersji	58
6.	EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNA KONWERSJI UŻYWANYCH AUTOBUSÓW NA TROLEJBUSY PRZEZ PKT SP. Z O.O. W GDYNI W LATACH 2004–2010	60
6.1.	Założenia oceny efektywności ekonomicznej konwersji	60
6.2.	Wartości początkowe pojazdów przebudowywanych i fabrycznie nowych	60
6.3.	Czas przebudowy pojazdów poddanych konwersji	64
6.4.	Relacja wartości początkowej trolejbusów z przebudowy i fabrycznie nowych jako kryterium oceny efektywności konwersji	64
6.5.	Wnioski z oceny efektywności ekonomicznej konwersji	66
	PODSUMOWANIE	68
	BIBLIOGRAFIA	70
	SPIS TABEL	71
	SPIS RYSUNKÓW	71
	SUPLEMENT	73

WSTĘP

Istotnym czynnikiem kształtującym koszty funkcjonowania proekologicznego transportu miejskiego zasilanego energią elektryczną są ceny taboru, poza niezbędną infrastrukturą sieciową oraz jej układem zasilania. W przypadku komunikacji trolejbusowej ceny nowych pojazdów są wysokie. Rynek producentów trolejbusów niskopodłogowych w Europie jest bardzo hermetyczny i ograniczony. Konsekwencją takiej sytuacji są wysokie relacje cen trolejbusów w stosunku do autobusów wyposażonych w silniki diesla lub zasilanych paliwami alternatywnymi.

Problem odtworzenia taboru przez zakup kosztownych, fabrycznie nowych, pojazdów niskopodłogowych dotknął także Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej (PKT) w Gdyni. W 2003 roku dysproporcja między jakością komunikacji trolejbusowej i autobusowej w Gdyni była znacząca. Przewoźnicy autobusowi oferowali prawie wyłącznie autobusy niskopodłogowe, a PKT posiadało zaledwie 7 pojazdów z niską podłogą na 65 trolejbusów kursujących na liniach w dni powszednie. Trzon taboru stanowiły wyeksploatowane, wysokopodłogowe trolejbusy marki Jelcz, typu PR110E i 120MTE.

Koncepcja budowy trolejbusów w oparciu o nadwozia autobusów niskopodłogowych pochodzących z rynku wtórnego, a więc de facto konwersji autobusów na trolejbusy, pojawiła się w Gdyni po raz pierwszy pod koniec 2003 r. Organizator komunikacji miejskiej – Zarząd Komunikacji Miejskiej w Gdyni (ZKM) odczuwał niedostatek nowoczesnych trolejbusów, dostosowanych do potrzeb osób niepełnosprawnych, a także bardziej komfortowych dla pozostałych pasażerów. Jednocześnie PKT, będące przewoźnikiem trolejbusowym, nie było w stanie samodzielnie, w wystarczającym stopniu odtwarzać taboru z własnych środków. Z badań marketingowych, w zakresie preferencji i zachowań komunikacyjnych prowadzonych cyklicznie, co dwa lata, przez ZKM, wynikało jednoznacznie, że komunikacja trolejbusowa jest gorzej postrzegana przez mieszkańców ze względu na niższy standard pojazdów. Wobec powyższej sytuacji została wypracowana wspólnie przez sympatyków komunikacji trolejbusowej oraz pracowników ZKM i PKT koncepcja zbudowania trolejbusów we własnym zakresie. W oparciu o posiadaną wiedzę, technologię oraz

doświadczenia eksploatacyjne ustalono, że podjęta zostanie próba zbudowania dwóch prototypowych egzemplarzy trolejbusów niskopodłogowych poprzez konwersję autobusów i wyposażenie ich w zrewitalizowane napędy elektryczne pochodzące z wycofanych z eksploatacji Jelczy. Założono po wstępnej kalkulacji, iż zakup z rynku wtórnego około 10-letniego pojazdu, odnowienie napędu oraz koszt niezbędnych prac dostosowawczych wyniesie tyle ile kosztowała wówczas naprawa główna 15-letnich trolejbusów wysokopodłogowych. Przygotowana koncepcja gwarantowała niski koszt pozyskania trolejbusu niskopodłogowego (ok. 26-37% ceny fabrycznie nowego pojazdu), a zważywszy, że PKT posiadało środki na odbudowę rocznie ok. 5-6 trolejbusów Jelcz, przewidywano szybki wzrost liczby trolejbusów niskopodłogowych, w przypadku sukcesu konwersji.

1 | **Idea budowy trolejbusów we własnych warsztatach – faza projektowania**

1.1. Wybór nadwozia (autobusu z silnikiem diesla)

Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej wsparte wiedzą organizatora komunikacji w Gdyni bazującą na eksploatacji wielu typów pojazdów niskopodłogowych przez różnych przewoźników autobusowych zdecydowało się wybrać do przebudowy nadwozia autobusów Mercedes Benz O405N. Były to pojazdy dwunastometrowe, dostępne na rynku wtórnym, z możliwością pozyskania do nich części zamiennych. Interesujący był fakt, że zbudowane trolejbusy byłyby pierwszymi tego typu (O405N) pojazdami marki Mercedes w eksploatacji na świecie.

ZKM określił wymagania techniczne stawiane konwertowanym pojazdom. Trolejbusy miały spełniać wymóg posiadania trzech par drzwi, co najmniej czterech okien uchylnych i bezstopniowy przebieg podłogi wzdłuż pojazdu. Mercedesy spełniały te wymogi, więc rozpoczęto przygotowania do prac nad pierwszym pojazdem.

Początkowo pojawił się problem natury formalno-prawnej, tzn. w jaki sposób zarejestrować przebudowany pojazd. Po sforsowaniu tej bariery i uzyskaniu akceptacji zaproponowanych rozwiązań rozpoczęto proces nabycia autobusu. „Dawcą” nadwozia do pierwszego trolejbusu był Mercedes Benz z 1993 roku pochodzący z niemieckiego Erfurtu, gdzie był eksploatowany pod numerem taborowym 128. U podstaw projektu założono, że nadwozia autobusów wykorzystywanych do przebudowy na trolejbus powinny mieć maksymalnie ok. 10 lat. We wrześniu 2004 r. wykonawca zamówienia dostarczył nadwozie, a PKT rozpoczęło prace dostosowawcze.

1.2. Dostępne rozwiązania w zakresie napędów – wybór rodzaju napędu

Realizując projekt konwersji autobusów z silnikiem diesla na trolejbus rozważano zasadność montażu w przebudowywanym nadwoziu napędów pochodzących z trolejbusów kasowanych oraz fabrycznie nowych. Posiadane przez przewoźnika napędy charakteryzowały się dość przestarzałą konstrukcją

i brakiem możliwości uzyskania oszczędności energetycznych poprzez brak hamowania odzyskowego. Jednakże koszt remontu elementów napędu trakcyjnego pochodzącego z trolejbusów starszych typów był niewspółmierny do kosztu zakupu nowego napędu impulsowego (stałoprądowego) lub asynchronicznego. Zakładając niski koszt konwersji zdecydowano się zastosować wyremontowane elementy napędu stycznikowego pochodzącego z trolejbusów Jelcz oraz wykorzystanie nowego sterownika napędu zaprojektowanego we własnym zakresie. W dalszej fazie rozwoju koncepcji konwersji autobusów na trolejbusy Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej w Gdyni, dzięki odpowiednim zdolnościom finansowym, zdecydowało się zastosować nowocześniejsze napędy. Tabela nr 1 charakteryzuje liczbę trolejbusów Mercedes wyposażonych w różne rodzaje napędu.

Tabela 1. Liczba trolejbusów PKT Sp. z o.o. uzyskanych w rezultacie konwersji według rodzaju napędu

Typ	Rodzaj napędu	Liczba trolejbusów	Lata produkcji
Mercedes O405N2E	Stałoprądowy, stycznikowy	22	2003–2009
Mercedes O405N2I	Stałoprądowy, impulsowy	1	2008
Mercedes O405N2AC	Asynchroniczny	5	2010

Źródło: Opracowanie własne.

1.3. Faza przygotowania dokumentacji

Uzyskanie należytej jakości przebudowanego z autobusu trolejbusu wymaga bezwzględного zachowania zasad kultury technicznej, o której można mówić jedynie po spełnieniu kilku warunków. Podstawowe zasady kultury technicznej w tym przygotowania dokumentacji, przy przebudowie autobusu na trolejbus:

- wszelkie kluczowe decyzje należy podejmować w oparciu o opinie fachowców (najlepiej dobrze znanych w branży komunikacji miejskiej i z wyższym wykształceniem) z dziedzin: elektrotechniki i elektroniki; mechaniki; rzeczoznawców pojazdów; marketingu i organizacji komunikacji publicznej; ekonomii. Należy również uwzględnić opinie osób obsługujących pojazdy (kierowcy i pracownicy techniczni) oraz pasażerów, lecz opinie te nie powinny być ważące. Pierwotne założenia należy przekonsultować z instytucjami dopuszczającymi trolejbusy do ruchu z pasażerami;
- należy dokładnie określić, jaki typ autobusu zostanie przeznaczony do przebudowy. Przed ostatecznej podjęciem decyzji należy możliwie dokładnie zweryfikować przydatność danego typu autobusu do przebudowy na trolejbus;

- należy podjąć decyzję, jakie wyposażenie (napęd i układy pomocnicze) zostanie zabudowane i w jaki sposób (wewnątrz, na dachu);
- przed podjęciem przebudowy należy dokładnie poznać działanie i sprawdzić sprawność kompletnego przeznaczonego do przebudowy pojazdu;
- dokładnie przestudiować dokumentację techniczną (szczególnie elektryczną) upewniając się czy jest zgodna ze stanem faktycznym;
- zakupić autobus przeznaczony do przebudowy;
- uwzględniając wszystkie istotne warunki zabudowy w nadwoziu oraz możliwości techniczne i ekonomiczne wykonania wyposażenia typowo trolejbusowego stworzyć jego dokładną specyfikację. Zamówić wyposażenie typowo trolejbusowe. Jeśli jest to możliwe należy wykonać specyfikację pod sprawdzony napęd godząc się na głębszą ingerencję w dostępne nadwozie, nie należy jednak czynić tego za wszelką cenę;
- dokładnie przestudiować dokumentację wyposażenia typowo trolejbusowego. Należy przeanalizować ponownie wymagania techniczne poprawnej pracy;
- wykonać pełen możliwie szczegółowy projekt przebudowy uwzględniający zarówno część elektryczną i mechaniczną. Spełniając powyższe zasady kultury technicznej przy przebudowie autobusu na trolejbus oraz zapewniając odpowiednie narzędzia (np. oprogramowanie CAD, telefon i Internet itp.), udostępniając potrzebne dane (dokumentacja techniczna autobusu oraz wyposażenia) i dostateczne warunki pracy (ogólnie pojęte oraz niezbędny czas i spokój) do projektowania należy zaangażować konstruktorów, czyli inżynierów elektryków znających trakcję elektryczną (w tym trolejbusową) i mechaników znających zagadnienia pojazdowe;
- wykonany projekt powinien umożliwiać prowadzenie na jego podstawie prac przez poszczególnych pracowników fizycznych, ze szczególnym uwzględnieniem przygotowania zawodowego oraz zdyscyplinowania poszczególnych osób;
- należy jasno i konkretnie dokonać podziału zadań i odpowiedzialności wśród pracowników zaangażowanych. Niedomówienia są potencjalną przyczyną obniżenia jakości, usterek i konfliktów. Ewentualne zmiany zadań poszczególnych pracowników i grup pracowników i odpowiedzialności powinny być oficjalne;
- należy wyznaczyć osobę kontrolującą wykonywanie prac według projektu oraz dokumentującą ewentualne i uzgodnione z konstruktorami odstępstwa w celu uwzględnienia ich w dokumentacji podwykonawczej;
- po zakończeniu przebudowy należy wydać szczegółową dokumentację techniczną w dwóch wersjach. Wersja serwisowa powinna być ogólnie dostępna dla pracowników technicznych (zajezdni) w wersji komputerowej przygotowanej do wydruku. Wersja pełna jest przeznaczona do pełnego udokumentowania przebudowy jako pomoc w rozwiązywaniu ujawnio-

nych w trakcie eksploatacji problemów oraz może stanowić podstawę do modyfikacji pod kątem innej podobnej przebudowy;

- wszelkie późniejsze zmiany powinny zostać szczegółowo udokumentowane (pełen opis) i naniesione w dokumentacji.

Zgodnie z powyższym nie można profesjonalnie przebudować autobusu na trolejbus bez przygotowania dokumentacji technicznej. Uwzględniając uwarunkowania panujące w firmach przewozowych trudno jest spełnić wszystkie wyżej wymienione podstawowe zasady kultury technicznej w tym przygotowania dokumentacji, przy przebudowie autobusu na trolejbus. Często też brakuje świadomości, woli (nieraz nawet wrogość), środków i czasu na profesjonalną przebudowę, dlatego często w efekcie otrzymuje się przebudowany trolejbus z wadami konstrukcyjnymi i różniący się od innych tego samego typu z tym samym wyposażeniem, co oczywiście ma wpływ na awaryjność. Brak dokumentacji technicznej bardzo często generuje problemy z naprawami.

1.4. Przygotowanie harmonogramu inwestycji

Każda poważna inwestycja wymaga harmonogramu, który określa terminy oraz kolejność wykonywania poszczególnych prac zarówno fizycznych, formalnych oraz projektowych. Harmonogram można podzielić na poszczególne etapy i wątki. Niektóre prace można wykonywać równocześnie a inne kolejno po sobie po spełnieniu pewnych określonych warunków. Niżej przedstawiono (rys. 1) przykładowy harmonogram przebudowy. Wyżej przedstawiony elastyczny harmonogram dotyczy jedynie części technicznej przebudowy. Prace rozplanowano na cztery wątki, lecz występują etapy wymagające zakończenia więcej niż jednego etapu różnych wątków. Harmonogram elastyczny uwzględnia dni robocze faktycznie przeznaczone na przebudowę z wymaganą liczbą pracowników danego zawodu oraz procentowym obciążeniem (współczynnik wypełnienia czasem pracy) pracą przy danym zadaniu. Jak widać większość typowych dla zajezdni problemów opóźniających wykonanie prac nie ma wpływu na niedotrzymanie harmonogramu. Należy dodać, że w chwili pisania niniejszego rozdziału wyżej przedstawiony harmonogram praktycznie nie został sprawdzony ani nawet rozpoczęty gdyż nie zostały spełnione warunki rozpoczęcia pierwszego etapu. Z tego wynika, że należy traktować go jako projekt a nie jako przepis.

W przeszłości stosowano harmonogramy sztywne, które zawierały konkretne daty i nie uwzględniały, że prace wykonywano w warunkach zajezdni, problemów z zaopatrzeniem, konieczności skierowania siły roboczej do walki z bieżącymi problemami oraz różnych innych nieprzewidzianych problemów, które praktycznie zawsze występowały. Harmonogram sztywny zawsze stawał się dokumentem niemającym szans istotnego odzwierciedlenia w rzeczywisto-

ści a jedynie poważnie psuł relacje między pracownikami oraz skutecznie tłumił nowe koncepcje. Z końcowych podsumowań przebudów wynikało, że nakład pracy na poszczególne analogiczne przebudowy był porównywalny bez względu na rozpiętość w czasie (przeplatanie innymi pracami).

Harmonogram przebudowy pierwszego autobusu CITARO na trolejbus. Data rozpoczęcia przebudowy:		Gdynia 18.03.2011	
Czas roboczy przebudowy	WĄTKI PRAC (ZADANIE: do realizacji; WYMAGANIA: niezbędne do realizacji zadania; PRACOWNICY: stopień zaangażowania czasu (%), liczba, zawód;		UWAGI
1	ZADANIE: Zapoznanie się z budową nadwozia oraz analiza dostarczonej dokumentacji technicznej;		
2	WYMAGANIA: Dostarczona dokumentacja techniczna nadwozia; dostarczone nadwozie;		
3	PRACOWNICY: 3 elektryków, 2 mechaników, 2 blacharzy, 2 umysłowych;		
4	ZADANIE:		
5	Sprawdzenie, uruchomienie		
6	i przystosowanie pozostawio-		
7	nych układów autobusowych;		
8	dokonanie ustaleń technicz-		
9	nych dotyczących rozmiesz-		
	czenia urządzeń i zastosowa-		
	nych rozwiązań; dokumen-		
	towanie stanu faktycznego		
	i dokonanych zmian..		
10	WYMAGANIA: Dostarczona dokumentacja techniczna nadwozia i wypo- sażenia. PRACOWNICY: 70% 3 elektryków, 50% 2 mechaników, 30% 2 blacharzy, 60% 2 umysłowych.	ZADANIE: Wykonanie dokumentacji technicznej umożliwiającej rozpoczęcie prac. WYMAGANIA: Dostarczona dokumentacja techniczna nadwozia i wyposażenia; uruchomione oprogramowanie CAD. PRACOWNICY: 10% 2 elektryków, 10% 2 mechaników, 10% 2 blacharzy, 70% 1 umysłowy.	ZADANIE: Regeneracja podstaw odbie- raków prądu; przygotowanie przepustów przewodów elektrycznych – „fajek”. WYMAGANIA: Dostępność materiałów i części. PRACOWNICY: 50% 1 blacharz.
			ZADANIE: Wewnętrzne zlecenie wykonania zespołu kontro- lek i sygnalizacji dźwięko- wej, sterowników wentyla- torów; układu dopasowania sygnału prędkości; dostosowanie pulpitu kierowcy; wykonanie elementów tocznych – daszki na izolatory, wkładki mosiężne do odłączników baterii trakcyjnej, izolatory podstaw odbieraków prądu, izolatory poręczy, izolatory silnika trakcyjne- go, sprzęgło izolowane, sprzęgło pompy wspomaga- nia. WYMAGANIA: Dostawa części elektro- nicznych i materiałów do toczenia. Uruchomione oprogramowanie CAD.
11	ZADANIE:		
12	Demontaż oświetlenia pojazdu,		
13	przycisków, pulpitu kierowcy i		
14	innych wskazanych elementów wyposażenia elektrycznego. Regeneracja niektórych ww.		
	WYMAGANIA: Wskazanie miejsca składowa- nia PRACOWNICY: 70% 3 elektryków.		
15			
16	ZADANIE: Wizyta przedstawicieli firmy ENIKA i zatwierdzenie koncepcji przebudowy. WYMAGANIA: Komplet dokumentacji. PRACOWNICY: 10% 3 elektryków; 10 % 2 mechaników; 10% 2 blacharzy; 70% 2 umysłowych.		
17	ZADANIE: Wizyta rzeczoznawcy w sprawie przeróbki nadwozia i zatwierdzenie koncepcji przebudowy. WYMAGANIA: Komplet dokumentacji. PRACOWNICY: 50% 2 umysłowych.		

18				
19				
20				
21	ZADANIE:	ZADANIE:	ZADANIE:	
22	Przygotowanie tablic, podzespołów i złączy elektrycznych.	Bieżące ustalanie przebiegu prac. Wykonanie dokumentacji technicznej i umożliwiającej kontynuowanie prac. Dokumentowanie wykonanych prac.	Dostosowanie nadwozia do montowania wyposażenia; badanie spawów silnika trakcyjnego.	
23	WYMAGANIA:	WYMAGANIA:	WYMAGANIA:	
24	Dostępność części i materiałów; dokumentacja	Dostarczona dokumentacja techniczna nadwozia i wyposażenia; uruchomione oprogramowanie CAD.	Dokumentacja, dostępność części i materiałów.	
25	PRACOWNICY:	PRACOWNICY:	PRACOWNICY:	
26	70% 3 elektryków.	10% 2 elektryków, 10% 2 mechaników, 10% 2 blacharzy, 70% 1 umysłowy.	80% 2 blacharzy, 80% 1 tapicer, 60% 2 mechaników.	
27				
28				
29				
30				
31	ZADANIE:			
32	Lakierowanie zewnętrzne pojazdu.			
33	Dostępność materiałów; ustalony wzór malowania.:			
34	PRACOWNICY:			
35	90 % 2 lakierników; pozostali: nadrabianie ewentualnych zaległości.			
36				
37				
38				
39	ZADANIE	ZADANIE:	ZADANIE:	ZADANIE:
40	Montaż wyposażenia elektrycznego.	Bieżące ustalanie przebiegu prac. Wykonanie dokumentacji technicznej umożliwiającej kontynuowanie prac. Dokumentowanie wykonanych prac.	Montaż wyposażenia.	Montaż i uruchomienie SIP oraz monitoringu.
41	WYMAGANIA:	WYMAGANIA:	WYMAGANIA:	WYMAGANIA:
42	Dostępność części i materiałów; dokumentacja.	Dostarczona dokumentacja techniczna nadwozia i wyposażenia; uruchomione oprogramowanie CAD.	Dostępność części i materiałów; dokumentacja.	Dostępność części i materiałów. Rozstrzygnięty przetarg; dokumentacja.
43	PRACOWNICY:	PRACOWNICY:	PRACOWNICY:	PRACOWNICY: FIRMA
44	70% 3 elektryków.	10% 2 elektryków, 10% 2 mechaników, 10% 2 blacharzy, 40% 1 umysłowy.	80% 2 blacharzy, 80% 1 tapicer, 60% 2 mechaników.	ZEWNETRZNA 10% 1 blacharz, 20% 2 elektryków.
45				
46				
47				
48	ZADANIE:			
49	Wizyta przedstawicieli firmy ENIKA i uruchomienie wyposażenia. Próby na terenie zajezdni.			
50	WYMAGANIA:			
51	Komplet dokumentacji.			
52	PRACOWNICY:			
53	10% 3 elektryków; 10 % 2 mechaników; 10% 2 blacharzy; 40% 2 umysłowych.			
54				
55				
56	ZADANIE:			
57	Wizyta przedstawicieli firmy ENIKA i badanie techniczne (EMC, izolacja). Badania na stacji diagnostycznej. Ważenie pojazdu. Formalności urzędowe.			
58	WYMAGANIA:			
59	Komplet dokumentacji.			
60	PRACOWNICY:			
	40% 3 elektryków; 10 % 2 mechaników; 10% 2 blacharzy; 70% 2 umysłowych.			

61	ZADANIE:	
62	Próby techniczne i wprowadzenie pojazdu do ruchu. Usuwanie usterek i poprawki.	
63	WYMAGANIA:	
64	Komplet dokumentacji	
65	PRACOWNICY: 30% 3 elektryków; 10 % 2 mechaników; 10% 2 blacharzy; 60% 2 umysłowych.	

Rys. 1. Przykładowy harmonogram konwersji autobusu na trolejbus

Podsumowując, tworząc harmonogram inwestycji dla warunków zajezdni należy liczyć się z tym, że mogą wystąpić problemy z jego realizacją. Harmonogram natomiast jest zdecydowanie przydatny dla niezależnych wydziałów, działów, firm oraz w przypadku zlecenia przebudowy zewnętrznemu podmiotowi gospodarczemu.

2

PROCES PRZYGOTOWANIA PRZEBUDOWY OD STRONY FORMALNEJ

2.1. Wymagania administracyjno-techniczne przebudowy autobusów z silnikiem diesla na trolejbus

W momencie rozpoczęcia realizacja konwersji autobusów na trolejbusy podstawowym aktem prawnym normalizującym wymagania techniczne, które musiał spełniać trolejbus w Polsce, było Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 22 grudnia 2003 roku w sprawie warunków technicznych tramwajów i trolejbusów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (D.U. z dnia 31 grudnia 2003 poz. 2301). Zdefiniowany w nim następujące parametry dla trolejbusów:

- 1) poziom hałasu przy pracującym silniku pomocniczym, mierzony z odległości 3,0 m od trolejbusu i na wysokości 1,6 m nie może w żadnym miejscu przekraczać 70 dB;
- 2) podłoga i stopnie powinny być pokryte materiałem dielektrycznym;
- 3) poręcze i uchwyty powinny być pokryte materiałem dielektrycznym lub odizolowane od nadwozia;
- 4) instalacja elektryczna powinna posiadać izolację zapewniającą prąd upływu w warunkach największej wilgotności nie większy niż 0,7 mA;
- 5) rezystancja izolacji obwodu głównego, galwanicznie integralnego, w warunkach największej wilgotności nie może być mniejsza niż 1,3 MΩ;
- 6) izolacja obwodu głównego z odłączonymi maszynami elektrycznymi powinna wytrzymać przyłożone napięcie 4,5 kV o częstotliwości 50 Hz przez czas nie krótszy niż 60 s;
- 7) rezystancja izolacji obwodów sterowania w warunkach największej wilgotności nie może być mniejsza niż 0,5 MΩ;
- 8) instalacja elektryczna obwodu głównego powinna posiadać izolację dwustopniową;
- 9) odbieraki prądu powinny zapewniać swobodę poruszania się trolejbusu w granicach + , - 4,5 m od sieci trakcyjnej;

- 10) siła docisku odbieraków do sieci trakcyjnej w zakresie ich pracy powinna mieścić się w granicach 100 –140 N;
- 11) hamulec roboczy elektrodynamiczny powinien zapewniać zatrzymanie się nieobciążonego pojazdu na suchej twardej i poziomej nawierzchni z prędkości 30 km/h po 24,8 m , co odpowiada opóźnieniu 1,4 m/s².

W 2011 wprowadzono nowe, zaostrzone i bardziej sprecyzowane wymagania techniczne dla trolejbusów (Dz.U. nr 65, Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 marca 2011):

Wymagania ogólne

Z zastrzeżeniem przepisów działu III, do trolejbusów mają odpowiednie zastosowanie przepisy w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia, z tym że:

- 1) poziom dźwięku A na zewnątrz podczas postoju, przy pracujących silnikach pomocniczych, w odległości 6 m od ściany nadwozia trolejbusu, na wysokości 1,2 m ± 0,2 m nie może przekraczać 64 dB, z tym że w przypadku trolejbusu wyposażonego w układ jazdy autonomicznej z silnikiem spalinowym dopuszcza się dźwięk na poziomie 80 dB;
- 2) pierwszy stopień drzwi wejściowych powinien być pokryty materiałem dielektrycznym; dotyczy to również w trolejbusie niskopodłogowym obszaru podłogi w rejonie drzwi wejściowych o szerokości co najmniej równej szerokości otworu drzwiowego i długości co najmniej 800 mm w kierunku od krawędzi wejścia do środka pojazdu, przy czym rezystancja wykładziny dielektrycznej mierzona względem masy trolejbusu powinna wynosić co najmniej 2 MΩ dla pomiaru przeprowadzonego w warunkach suchych sondą o powierzchni stykowej 300 cm² ± 5 cm²;
- 3) poręcze drzwi wejściowych i wszystkie uchwyty znajdujące się w zasięgu ręki pasażera stojącego na ziemi przy krawędzi stopnia wejściowego muszą być wykonane z materiału dielektrycznego lub odizolowane od masy trolejbusu, przy czym rezystancja izolacji poręczy i uchwytów względem nadwozia powinna wynosić co najmniej 2 MΩ przy pomiarze sondą punktową w przypadku poręczy wykonanej z materiału przewodzącego lub sondą powierzchniową o powierzchni stykowej 50 cm² ± 5 cm² w przypadku poręczy wykonanej z materiału dielektrycznego;
- 4) układ wspomaganie mechanizmu kierowniczego powinien w sytuacji wystąpienia zaniku napięcia w sieci trakcyjnej funkcjonować w zakresie prędkości powyżej 5 km/h przez co najmniej 10 s. Rozdział 2

Instalacja elektryczna

1. Dopuszcza się zasilanie trolejbusu z sieci trakcyjnej o napięciu znamionowym 600 V lub 750 V.
2. Urządzenia elektryczne i elektroniczne nie powinny emitować nadmiernych zaburzeń elektromagnetycznych promieniowanych do otoczenia.
3. Instalacja elektryczna powinna być zbudowana i utrzymana w następujący sposób:
 - części będące pod napięciem nie mogą być dostępne dla pasażerów i innych osób postronnych;
 - instalacja powinna być zabezpieczona przed uszkodzeniem mechanicznym, korozją i zalaniem;
 - instalacja niskiego napięcia powinna być wyposażona w łatwo dostępny dla kierowcy wyłącznik umożliwiający odłączenie akumulatora od instalacji bez użycia narzędzi;
 - instalacja zasilana bezpośrednio napięciem sieciowym powinna być wyposażona w wyłączniki, załączane i wyłączane ze stanowiska kierowcy bez konieczności użycia narzędzi, umożliwiające galwaniczne rozłączenie jej od obwodu odbieraków prądu;
 - rezystancja izolacji instalacji zasilanej napięciem sieciowym, galwanicznie integralnej, mierzona miernikiem o napięciu próby 1000 V względem masy trolejbusu powinna być nie mniejsza niż 1,3 M Ω , a dla trolejbusu przed jego pierwszym wprowadzeniem do eksploatacji nie mniejsza niż 6 M Ω ;
 - obwody zasilane napięciem sieciowym, pomocnicze i sterowania, a także obwody układu jazdy autonomicznej, o ile taki układ występuje, powinny posiadać zabezpieczenie nadmiarowe umożliwiające wyłączenie urządzeń spod napięcia w razie wystąpienia zwarcia lub nadmiernego wzrostu prądu;
 - obwody zasilane napięciem sieciowym powinny funkcjonować poprawnie przy dowolnej biegunowości napięcia sieci trakcyjnej, z tym że dopuszcza się, aby hamowanie odzyskowe, o ile występuje, było realizowane tylko przy jednej, uzgodnionej, biegunowości sieci trakcyjnej;
 - trolejbus przystosowany do zwrotu energii do sieci trakcyjnej powinien spełniać wymagania odnośnie do dopuszczalnych poziomów napięć określonych w normie wymienionej w pkt 3 załącznika nr 1 do rozporządzenia;
 - aby możliwy był przejazd przez myjnię przy napięciu zasilania w granicach 60–80 V;

- trolejbus wieloczłonowy powinien mieć zainstalowane odpowiednie przewody zapewniające połączenie masowe pomiędzy poszczególnymi członami nadwozia;
 - wszystkie odsłonięte elementy wykonane z materiałów przewodzących, które są dostępne dla pasażerów lub osób postronnych, z zastrzeżeniem § 19 pkt 3, powinny mieć taki sam potencjał jak masa nadwozia trolejbusu – nie dotyczy elementów przewodzących odseparowanych odpowiednio od jakichkolwiek czynnych elementów przewodzących mogących spowodować porażenie prądem;
 - zanik napięcia w obwodzie odbieraków prądu lub w źródle zasilania układu jazdy autonomicznej trolejbusu powinien być sygnalizowany kierowcy odpowiednim sygnałem akustycznym;
 - przy odłączonych od sieci trakcyjnej odbierakach prądu napięcie na elementach instalacji elektrycznej, o stopniu ochrony mniejszym niż IP2X, nie może przekraczać wartości 60 V; (Dz.U. nr 65—4131, poz. 344;
 - układ sterowania napędu trakcyjnego powinien uniemożliwiać rozpoczęcie jazdy, jeżeli drzwi wejściowe dla pasażerów trolejbusu pozostają otwarte lub nie domykają się; 15) napięcie instalacji sterującej prądu stałego nie powinno przekraczać wartości 60 V, natomiast napięcie znamionowe instalacji pomocniczej trójfazowej, wartości przewodowej 400 V.
4. Urządzenia elektryczne zasilane napięciem sieciowym powinny posiadać izolację dwustopniową względem masy pojazdu:
- pierwszy stopień izolacji nowych urządzeń zasilanych napięciem sieciowym po zamontowaniu ich do trolejbusu powinien wytrzymać test napięciem przemiennym o wartości skutecznej $2,5 U + 1500 \text{ V}$ i częstotliwości 50 Hz, przyłożonym w czasie 60 s i wykonanym przed pierwszym prowadzeniem trolejbusu do eksploatacji, przy czym U jest wartością nominalną napięcia sieci trakcyjnej wyrażoną w voltach, z tym że dla elektrycznych maszyn trakcyjnych prądu stałego wymagania odnośnie do wytrzymałości dielektrycznej izolacji tych maszyn są przedstawione w normie wymienionej w pkt 2 załącznika nr 1 do rozporządzenia (dopuszcza się odłączenie elektrycznych maszyn trakcyjnych w trakcie wykonywania testu wyposażenia elektrycznego po jego zamontowaniu do trolejbusu, o ile próby wytrzymałości izolacji dielektrycznej tych maszyn zostały wykonane wcześniej);
 - drugi stopień izolacji nowych urządzeń zasilanych napięciem sieciowym po zamontowaniu ich do trolejbusu powinien wytrzymać test napięciem przemiennym o wartości skutecznej 2300 V i częstotliwości 50 Hz, przyłożonym w czasie 60 s i wykonanym przed pierwszym wprowadzeniem trolejbusu do eksploatacji;

- izolacja dwustopniowa nowych odbieraków prądu i wszystkich pozostałych nowych urządzeń zainstalowanych przed wyłącznikami sieciowymi, o których mowa w ust. 3 pkt 4, powinna wytrzymać test napięciem przemiennym o wartości skutecznej $3,5 U + 1900 \text{ V}$ i częstotliwości 50 Hz, przyłożonym w czasie 60 s pomiędzy torem prądowym odbieraków a masą trolejbusu, gdzie U jest wartością nominalną napięcia sieci trakcyjnej wyrażoną w woltach; test przeprowadza się po zamontowaniu wyposażenia do trolejbusu przed jego pierwszym wprowadzeniem do eksploatacji, przy otwartych wyłącznikach, o których mowa w ust. 3 pkt 4;
- w przypadku regenerowanych elementów instalacji elektrycznej wytrzymałość izolacji tych elementów powinna być testowana przez czas 60 s napięciem przemiennym o częstotliwości 50 Hz i wartości skutecznej zmniejszonej do 80% odpowiednich wartości napięć testujących przyjętych dla nowych urządzeń trolejbusu;
- każdy ze stopni izolacji powinien posiadać rezystancję izolacji wynoszącą co najmniej $1,5 \text{ M}\Omega$, a dla trolejbusu przed jego pierwszym wprowadzeniem do eksploatacji co najmniej $6 \text{ M}\Omega$;
- dopuszcza się, z zastrzeżeniem ust. 6, możliwość stosowania tak zwanej izolacji wzmocnionej jako równoważnej izolacji dwustopniowej, o ile jej wytrzymałość napięciowa jest zweryfikowana poprzez test napięciowy o parametrach napięcia testującego, o którym mowa w pkt 3;
- instalacja pomocnicza trójfazowa powinna spełniać następujące warunki:
 - wytrzymałość napięciowa tej instalacji względem masy trolejbusu powinna być równa wytrzymałości napięciowej, o której mowa w pkt 2, z tym że dla trolejbusu wyprodukowanego przed dniem 1 lipca 2011 r. dopuszcza się stosowanie urządzeń pomocniczych trójfazowych o wytrzymałości dielektrycznej zweryfikowanej przez test napięciem przemiennym o wartości skutecznej obniżonej do 1800 V,
 - wytrzymałość izolacji od obwodów sieciowych powinna być zweryfikowana poprzez test napięciem przemiennym zgodnie z wymaganiami, o których mowa w pkt 1,
 - rezystancja izolacji tej instalacji mierzona względem masy trolejbusu, jak i obwodów sieciowych, powinna być nie mniejsza od podanej w pkt 5;
- w przypadku gdy instalacja sterująca urządzeń zasilanych napięciem sieciowym nie posiada dwustopniowej izolacji względem instalacji sieciowej, to powinna być ona odizolowana od masy trolejbusu, przy

- czym wytrzymałość i rezystancja izolacji tej instalacji względem masy trolejbusu oraz instalacji sieciowej powinna być zgodna z wymaganiami, o których mowa w pkt 7.
5. Dla trolejbusu wyposażonego w układ jazdy autonomicznej powinny być spełnione następujące warunki:
- załączenie tego układu powinno być możliwe tylko przy wyłączonych wyłącznikach, o których mowa w ust. 3 pkt 4;
 - instalacja obejmująca autonomiczne źródło energii może mieć jedno-stopniową izolację względem masy trolejbusu zgodną z wymaganiami w zakresie wytrzymałości i rezystancji, o których mowa w ust. 4 pkt 2 i 5, pod warunkiem, że jest ona w trakcie jazdy z wykorzystaniem zasilania z sieci trakcyjnej galwanicznie odseparowana od instalacji sieciowej, przy czym parametry tej separacji odnośnie do wytrzymałości i rezystancji izolacji powinny spełniać wymagania, o których mowa w ust. 4 pkt 1 i 5;
 - ładowanie akumulatorów trakcyjnych w czasie jazdy z wykorzystaniem zasilania z sieci trakcyjnej powinno odbywać się poprzez przetwornicę zapewniającą galwaniczną separację obwodu baterii od obwodu sieciowego trolejbusu, przy czym wytrzymałość napięciowa i rezystancja izolacji wspomnianej separacji powinna być zgodna z wymaganiami, o których mowa w ust. 4 pkt 1 i 5;
 - pomieszczenie, w którym są zainstalowane baterie trakcyjne, powinno być oddzielone od przedziału pasażerskiego i stanowiska kierowcy oraz wentylowane powietrzem pobieranym z zewnątrz trolejbusu (Dz.U. nr 65—4132, poz. 344);
 - autonomiczny zasobnik energii powinien być wyposażony w wyłączniki odłączające go w sposób galwaniczny od instalacji elektrycznej trolejbusu, przy czym odłączenie zasobnika powinno następować samoczynnie po wyłączeniu instalacji elektrycznej niskiego napięcia, o której mowa w ust. 3 pkt 3.
6. Izolacja wzmocniona, o której mowa w ust. 4 pkt 6, nie może być traktowana jako równorzędna izolacji dwustopniowej w odniesieniu do następujących urządzeń zasilanych napięciem sieciowym: silników trakcyjnych i pomocniczych, rezystorów rozruchu i hamowania, odbieraków prądu i odgromnika. W przypadku trolejbusu wprowadzonego po raz pierwszy do eksploatacji po dniu 30 czerwca 2011 r. stosowanie izolacji wzmocnionej w obwodach zasilanych napięciem sieciowym jest dozwolone tylko w odniesieniu do przewodów, o ile spełniają one wymagania odnośnie do wytrzymałości izolacji wzmocnionej, o których mowa w ust. 4 pkt 6.

7. Odbieraki prądu powinny być tak zbudowane, aby:
 - zapewniały swobodę poruszania się trolejbusu w granicach $\pm 4,5$ m od osi sieci trakcyjnej; 2) siła docisku statycznego odbieraków do sieci trakcyjnej, w granicach wysokości roboczej 4–6 m zawieszenia sieci trakcyjnej ponad powierzchnią drogi, zawierała się w przedziale 80–140 N;
 - były one zabezpieczone przed niezamierzonym opadnięciem poniżej poziomu dachu;
 - w przypadku utraty kontaktu odbieraka z siecią trakcyjną działał natychmiastowo układ automatycznego ściągnięcia odbieraka, przy czym w trakcie działania urządzenia ściąającego nie powinno występować zjawisko uderzenia odbieraka o dach pojazdu lub inne elementy osprzętu zainstalowane na dachu;
 - możliwe było ich manualne ściągnięcie za pomocą odpowiednich linek, wyposażonych w odpowiedni mechanizm zwijający;
 - linki, o których mowa w pkt 5, posiadały wytrzymałość na siłę rozciągającą o wartości co najmniej 10 kN;
 - w przypadku drążków wykonanych z materiału przewodzącego linka ściąająca była odizolowana elektrycznie od drążka.
8. Trolejbus powinien być dodatkowo wyposażony w urządzenie umożliwiające wykrycie pojawienia się niebezpiecznego potencjału nadwozia względem powierzchni drogi, przy czym:
 - odpowiednia sygnalizacja wizualna i akustyczna powinna informować kierowcę o sytuacji, gdy potencjał nadwozia względem powierzchni drogi przekroczy poziom plus 60 V lub spadnie poniżej poziomu minus 60 V;
 - w sytuacji, gdy potencjał nadwozia względem powierzchni drogi znajdzie się poza zakresem, o którym mowa w pkt 1, i jednocześnie dowolna para drzwi wejściowych pozostaje otwarta, powinno nastąpić automatyczne rozłączenie wyłączników, o których mowa w ust. 3 pkt 4, lub automatyczne opuszczenie odbieraków prądu.

Hamulce

1. Trolejbus powinien być wyposażony w następujące rodzaje hamulców:
 - roboczy elektrodynamiczny, wykorzystujący siłę hamowania silnika trakcyjnego, działający na koła osi napędowej — przeznaczony do zmniejszania prędkości pojazdu, z możliwością:
 - regulowania intensywności hamowania,

- dokonywania hamowania z miejsca kierowcy bez użycia rąk; hamulec roboczy elektrodynamiczny powinien mieć pierwszeństwo działania w stosunku do rozruchu, powinien być uruchamiany tym samym pedałem co hamulec roboczy mechaniczny, o którym mowa w pkt 2, w pierwszej fazie ruchu pedału;
 - roboczy mechaniczny działający na wszystkie koła pojazdu – przeznaczony do zmniejszania prędkości pojazdu i zatrzymywania go w sposób niezawodny, szybki i skuteczny, niezależnie od jego prędkości i obciążenia oraz od kąta wzniesienia lub spadku jezdni, z możliwością:
 - regulowania intensywności hamowania,
 - dokonywania hamowania z miejsca kierowcy bez użycia rąk;
 - awaryjny działający na koła co najmniej jednej osi – przeznaczony do zatrzymywania trolejbusu w razie awarii hamulca roboczego, z możliwością:
 - regulowania intensywności hamowania,
 - dokonywania hamowania z miejsca kierowcy z możliwością trzymania kierownicy przynajmniej jedną ręką;
 - postojowy – przeznaczony do unieruchamiania pojazdu na wzniesieniu i spadku, z możliwością:
 - działania podczas nieobecności kierowcy, przy czym robocze części hamulca powinny pozostać w położeniu zahamowania za pomocą wyłącznie mechanicznego urządzenia,
 - dokonywania hamowania z miejsca kierowcy; hamulca postojowego nie wymaga się, jeżeli hamulec awaryjny, o którym mowa w pkt 3, spełnia warunki określone w niniejszym punkcie.
- 2.. Hamulce powinny zachowywać wymaganą sprawność w każdych warunkach eksploatacji.
3. Hamulce powinny ponadto odpowiadać następującym warunkom:
- równoczesne uruchomienie hamulca roboczego i awaryjnego nie może ujemnie wpływać na działanie żadnego z nich, zarówno gdy oba hamulce są sprawne, jak i w razie uszkodzenia jednego z nich (Dz.U. nr 65–4133, poz. 344;
 - zużycie hamulców powinno być łatwo kompensowane systemem ręcznej lub samoczynnej regulacji; elementy układu hamulcowego powinny mieć taki zapas ruchu, aby po nagraniu hamulców lub po osiągnięciu określonego stopnia zużycia okładzin możliwe było hamowanie bez konieczności natychmiastowej regulacji;
 - w przypadku hamulca uruchamianego za pomocą energii znajdującej się w zbiorniku, jeżeli hamowanie z wymaganą skutecznością nie jest możliwe bez użycia zgromadzonej energii, pojazd powinien być wypo-

- sażony, poza manometrem, w urządzenie wysyłające świetlne lub akustyczne sygnały, ostrzegające o obniżeniu zapasu energii do poziomu równego lub mniejszego niż 65% normalnego poziomu;
- pierwszeństwo działania hamulca roboczego elektrodynamicznego przy równoczesnym naciśnięciu pedałów rozruchu i hamowania powinno polegać na:
 - dalszym utrzymaniu w bezruchu pojazdu stojącego,
 - rozpoczęciu hamowania, jeżeli pojazd jest w ruchu.
 - Hamulec roboczy elektrodynamiczny powinien zapewniać uzyskanie średniego opóźnienia hamowania nieobciążonego trolejbusu z prędkości 30 km/h do prędkości 5 km/h na drodze poziomej o nawierzchni twardej, równej, suchej i czystej nie mniejszego niż 1,4 m/s², a dla trolejbusu z klasycznym komutatorowym silnikiem prądu stałego, nie mniejszego niż 0,8 m/s².

2.2. Wykaz uzgodnień i ekspertyz

Aby zarejestrować autobus przeznaczony na trolejbus należy kolejno:

- zakupić autobus;
- przerejestrować autobus na nowego właściciela (nadal jako autobus);
- dokonać przebudowy autobusu na trolejbus;
- uzyskać pozytywną opinię rzeczoznawcy;
- uzyskać tymczasowe dopuszczenie do ruchu na czas badań;
- uzyskać pozytywny wynik badań na stacji kontroli pojazdów;
- zarejestrować pojazd po zmianach jako trolejbus;
- uzyskać pozytywny wynik badań rozszerzonych.

2.3. Przykłady zróżnicowanych wymagań w zakresie komunikacji trolejbusowej w państwach europejskich

Istotnym elementem kształtującym uwarunkowania formalno-prawne w zakresie funkcjonowania pojazdów trolejbusowych są regulacje związane z uznawaniem komunikacji trolejbusowej jako odpowiedniego rodzaju transportu. W Polsce trolejbusy traktowane są podobnie jak we Francji, Niemczech, czy Szwecji jako pojazdy drogowe i rejestrowane w podobny sposób do autobusów. W przypadku wielu państw środkowo-europejskich trolejbusy trakto-

wane są jak tramwaje i inne elektryczne pojazdy szynowe. Rejestracją i badaniami technicznymi zajmują się instytucje z zakresu kolejnictwa. W przypadku takich krajów jak Czechy, czy Węgry trolejbusy nie posiadają tablic rejestracyjnych, co ma także znaczenie w zakresie szkolenia kierowców i ich uprawnień. W Polsce kierowcy trolejbusów nie potrzebowali w przeszłości uprawnień do prowadzenia autobusów (kat. D prawa jazdy), obecnie są one bezwzględnie wymagane.

W zakresie technicznym trolejbusy nadwoziowo traktowane są w Polsce na równi z autobusami, zaś w zakresie badań elektrycznych podstawę wymagań stanowią rozporządzenia ministerialne, a homologowaniem trolejbusów i ich późniejszymi badaniami technicznymi zajmuje się Instytut Gospodarki Przemysłowej i Mieszkalnictwa z Warszawy.

3 Faza przebudowy autobusu z silnikiem diesla na trolejbus

3.1. Etap demontażu trolejbusu

Przed rozpoczęciem przebudowy konieczne jest pozabawienie otrzymanego nadwozia autobusowego ze zbędnego wyposażenia, które nie będzie przydatne w trakcie konwersji autobusu na trolejbus. Demontaż ten jest pierwszym etapem przebudowy.

Wymontowane zostają następujące zasadnicze elementy:

- silnik spalinowy wraz z układem chłodzenia,
- skrzynia biegów,
- połączona z silnikiem sprężarka oraz pompa hydrauliczna,
- zbiornik paliwa (tylko w pojazdach Mercedes O530).

Po zakończeniu demontażu zostaje uwolniona tylna przestrzeń silnikowa, co umożliwia dalszą adaptację tego miejsca dla aparatury elektrycznej. Ze względu na prostotę wykonywanych czynności etap demontażu jest stosunkowo krótki i wynosi w przybliżeniu tydzień

3.2. Przygotowanie nadwozia do zabudowy napędem elektrycznym – badania wytrzymałościowe

Przebudowa autobusu na trolejbus wymaga zabudowy dachu aparaturą elektryczną w postaci:

- odbieraków,
- rezystorów rozruchu / hamowania,
- odgromnika,
- przetwornicy statycznej (w przypadku trolejbusów z aparaturą energoelektryczną),
- falownika trakcyjnego (w przypadku pojazdów Mercedes O530).

Powoduje to dodatkowe obciążenie konstrukcji nośnej dachu, co wymaga wykonania obliczeń wytrzymałości istniejącej karoserii. Obliczenia te nie są ko-

nieczne w przypadku nadwozi po autobusach gazowych, które mają fabrycznie wzmocniony dach w celu instalacji zbiorników na gaz.

Jak pokazuje dotychczasowa praktyka, montaż aparatury elektrycznej na dachu nie wymaga znaczących ingerencji w konstrukcję nośną. Wzmocnienia mogą wymagać jedynie niektóre poprzeczne wręgi dachowe podtrzymujące skrzynie z wyposażeniem elektrycznym.

3.3. Zabudowa nadwozia napędem elektrycznym

3.3.1. Napęd stycznikowy – trolejbus MB 0405NE

Jednym z podstawowych założeń przy konstruowaniu pierwszego trolejbusu Mercedes O405N2 było zastosowanie maksymalnie możliwej liczby elementów aparatury elektrycznej powszechnie używanych trolejbusów Jelcz pr110 / M120. W napędowo-wykonapięciowej instalacji elektrycznej tych trolejbusów można wyróżnić następujące bloki funkcjonalne, w nawiasach podano umiejscowienie:

- układ napędu trakcyjnego, w skład którego wchodzi:
 - silnik trakcyjny prądu stałego (Dół)
 - zespół rezystorów rozruchowych (Dach),
 - zespół rezystorów obwodu wzbudzenia bocznikowego silnika trakcyjnego (Tył),
 - styczniki rozruchowe – wysokoprądowe, 600 V (Tył),
 - styczniki nawrotnika – wysokoprądowe 600 V (Tył),
 - styczniki obwodu wzbudzenia bocznikowego silnika trakcyjnego – niskoprądowe 600 V (Tył),
 - nadprądowy wyłącznik zapadkowy TWZ3 (Kab),
 - bezpieczniki topikowe 600 V obwodu wzbudzenia bocznikowego silnika trakcyjnego (Tył),
 - elektroniczny sterownik styczników rozruchowych SET2 (Tył),
 - przekaźnik podnapięciowy kontroli napięcia zasilania PZU (Tył),
 - przekaźnik nadprądowy, tzw. przekaźnik samoczynnego rozruchu PSR (Tył),
 - przewody 600 V oraz 24 V,
- układ napędów pomocniczych, w skład którego wchodzi:
 - styczniki niskoprądowe 600 V (Tył),
 - bezpieczniki topikowe 600 V (Tył),
 - silnik sprężarki (Bok),
 - rezystory wzbudzenia bocznikowego silnika sprężarki (Tył),

- silnik alternatora oraz pompy hydraulicznej (Bok),
- rezystory wzbudzenia bocznikowego silnika alternatora (Tył),
- elementy grzejne,
- przewody 600 V oraz 24 V.

Przyjęto następującą symbolikę umiejscowienia poszczególnych elementów:

- Tył – szafa aparatuowa z tyłu pojazdu,
- Dach – dach pojazdu,
- Kab – kabina kierowcy,
- Bok – szafy aparatuowe znajdujące się po bokach środkowej części trolejbusu,
- Dół – miejsce po podłodze pojazdu.

Alternator zasila instalację elektryczną 24 V – tzw. instalację „samochodową”. Z tej instalacji, poza urządzeniami typowymi dla autobusu (oświetlenie, zamykanie drzwi) zasilany jest także układ sterowania napędu trakcyjnego. Częścią instalacji układu napędowego są także elementy panelu sterowniczego znajdujące się w kabinie kierowcy: przyciski na pulpicie kierowcy oraz nastawniki jazdy i hamowania, połączone z pedałami sterowania pojazdem.

Podczas prac konstrukcyjnych trolejbusów Mercedes podjęto decyzję o wykonaniu zmodyfikowanej instalacji elektrycznej w stosunku do trolejbusów Jelcz. Z wycofywanych trolejbusów wycofywano elementy:

- które nie są już obecnie produkowane, czyli:
 - rezystory rozruchowe,
 - rezystory wzbudzenia bocznikowego silników,
 - których zastąpienie nowymi odpowiednikami wiązałoby się ze znaczącymi nakładami finansowymi, czyli:
 - silnik trakcyjny,
 - silniki pomocnicze 600 V,
 - styczniki wysoko i niskoprądowe instalacji 600 V.

Zasadniczą zmianą wprowadzoną w stosunku do trolejbusów Jelcz była modyfikacja cykli łączy trakcyjnego obwodu głównego 600 V. Stosowane silniki trakcyjne DK210 posiadają wzbudzenie szeregowo-bocznikowe. Negatywne doświadczenia eksploatacyjne związane z wysoką podatnością na uszkodzenia uzwojeń wzbudzenia bocznikowego skłoniły do ograniczenia jego zakresu pracy w trolejbusach Mercedes jedynie do etapu hamowania. Podczas rozruchu uzwojenie to jest wyłączone, czyli silnik trakcyjny pracuje jako maszyna czysto szeregową. Kolejnym czynnikiem wymuszającym zmiany w konfiguracji obwodu głównego było ograniczone miejsce dla aparatury elektrycznej, co jest następstwem obniżonego przebiegu podłogi w autobusach Mercedes O405N i związanymi z tym ograniczeniami konstrukcyjnymi. Celem ograniczenia przestrzeni zajmowanej przez elementy aparatury elektrycznej ograni-

czono liczbę stopni rozruchowych z 12-tu do 10-ciu, dzięki czemu zmniejszono o dwa liczbę styczników wysokoprądowych 600 V. Dalszą zmianą była rezygnacja z przestarzałego i awaryjnego zapadkowego wyłącznika głównego 600 V, który został zastąpiony stycznikiem z wyzwalaczem nadprądowym. Umożliwiło to jego umieszczenie w tylnej części pojazdu (w trolejbusach Jelcz jest on umieszczony w kabinie kierowcy), co spowodowało zmniejszenie długości okablowania.

Istotnych zmian dokonano w obwodach sterowania. Przede wszystkim, sterownik napędu SET 2 został zastąpiony, własnej produkcji, modułem sterowniczym EMT. Zmiana ta była wymuszona konieczności zapewnienia współpracy pomiędzy układem ABS i ASR a napędem trakcyjnym. Kolejną zmianą było zastąpienie przekaźnika PZU elektronicznym stycznikiem podnapięciowym. Jednym z najbardziej awaryjnych elementów układu napędowego jest przekaźnik PSR. Ze względu na ograniczony czas przeznaczony na przebudowę, podczas realizacji konwersji pierwszego trolejbusa zastosowano elektromechaniczny przekaźnik PSR, w dalszych pojazdach zastosowano, własnej konstrukcji, moduł E-PSR oparty na przetworniku prądu LEM.

Z powodu ograniczonej objętości skrzyń aparatowych, zdecydowano się na ograniczenie liczby silników pomocniczych 600 V. Na miejsce dwóch silników pomocniczych – osobnego dla sprężarki i zespołu alternator-pompa hydrauliczna – zdecydowano się na zastosowanie jednego wspólnego silnika dla trzech urządzeń. Negatywną konsekwencją tej zmiany jest ciągła praca sprężarki, co niesie za sobą wzrost poziomu hałasu w pojeździe.

W stosunku do instalacji elektrycznej Jelczy wprowadzono jeszcze szereg kolejnych zmian, jak zastosowanie nowych elementów grzejnych czy zastosowanie odbieraków z reflektorem oświetlającym sieć trakcyjną.

W tabeli 2. podany wykaz podzespołów wykorzystanych podczas przebudowy pierwszego trolejbusu Mercedes O405N.

Tabela 2. Wykaz elementów instalacji elektrycznej użytych podczas przebudowy pierwszego trolejbusu Mercedes przez PKT Sp. z o.o.

Poz.	Oznaczenie	Nazwa / typ	Producent	Dane techniczne	Ilość	Nowe/ Regenerowane
1	R11,R12	Opór bocznikowy 2/292	PKT Gdynia	150 Ω ,400 Ω	4	R
2	R13	Opór bocznikowy 1/292	PKT Gdynia	25/25 A	2	R
3	L1-L6	Złączka gwintowa 6 – bieg LZ-10b	PKT		10	N
4		Sprężarka 602.07.901	Polmo Łódź		1	R

5		Izolator stacyjny SW4	Zofiówka Jedlina		5	?
6		Izolator stacyjny SW2	Zofiówka Jedlina		15	?
7		Izolator NF	Ciechów		16	?
8	B1-B6	Śruba stykowa bezpiecznika	TROBBUS		6	N
9	OZ	Odgromnik zaworowy	Przasnysz	GXs 1,3	1	N
10	Dz	Dzwonek CSD 01	PKT Gdynia	24 VDC; 15 s	1	?
11		Urządzenie sygn. stanu izolacji pojazdu EBW 201 E	KIEPE ELEKTRIC		1	N
12	B6	Wkładka topikowa	Elektrim	6 A	1	N
13	B2,3,4,5	Wkładka topikowa	Elektrim	10 A	4	N
14	B1	Wkładka topikowa	Elektrim	20 A	1	N
15	B1-B6	Główka bezpiecznikowa 63A	Elektrim	63 A	6	?
16	A	Amperomierz MER 72	ERA Warszawa	400-0-400 A 60 mV=	1	R
17	B1-B6	Gniazdo bezpiecznikowe	Elektrim	63 A, 750 V	6	?
18	ŁG	Wyłącznik Główny	Bombardier	SUT 302	1	R
19	E02	Elementy grzejne szyby przedniej typ 7250	Selfa Szczecin	200 W	18	N
20	E01,03,04,05	Ogrzewacz salonu pasażerskiego I kabiny kierowcy	ENIKA Łódź	2/3 kW	4	N
21	R2,8,7	Oporniki rozruchowe DTB2	Bombardier	800 V	1	R
22	R1,3,4,5,6,	Oporniki rozruchowe DTB1	Bombardier	800 V	1	R
23	SB1,SB, SOK, SOW,SOSZ, SSP, S01, S02	Stycznik SNF-1E	Bombardier	600 V, 30 A Ust-24 V=	8	R
24	R16	Zestaw rezystorów	PKT Gdynia	10 Ω, 10 A	5x2	R
25	NJ, NH	Potencjometr	VDO Niemcy	445,804	2	N
26	S1-S7, SH, SW,SN1-SN4	Stycznik STT-152 W5	Bombardier	600 V, 150 A Uster-24 V=	13	R
27	SR2	Stycznik rozruchu STT-302 W4	Bombardier	600-750V ust-24V=	1	R
28	SR1	Stycznik rozruchu STT- 302W4	Bombardier	600-750V ust-24 V=	1	R
29	PSR	Przełącznik sam. rozruchu PST257a	Woltan	700 V=ust24 V	1	R
30	R14	Zespół rezystorowo-diodowy	PKT Gdynia	2 MΩ	1	N
31	R15	Rezystor	PKT Gdynia	400 Ω	1	N
32	PZU	Przełącznik zaniku napięcia HRN-42	Relpol S.A.	24 VDC	1	N
33	SP	Silnik pomocniczy PRAZa 160M/2	Elmor S.A.	550 V, 6 kW	1	R
34		Pompa wspomaganie układu kierowniczego	PTL Hydral S.A.	PZK1-12-101-2	1	R
35		Izolator palety podstawy odbieraka	PKT Gdynia		4	N

		prądu				
36		Koło pasowe pompy wspomagania	PKT Gdynia		1	N
37		Koło pasowe alternatora	PKT Gdynia		1	N
38		Koło pasowe sprężarki	PKT Gdynia		1	N
39		Koło pasowe silnika pomocniczego	PKT Gdynia		1	N
40		Głowica odbieraka prądu	ESKO Czechy		2	N
41	Z+ Z-	Drażek odbieraka prądu	ESKO Czechy	szkłolaminat	2	N
42		Mechanizm odbieraka prądu	PKT Gdynia		2	R
43		Podstawa drążków pantografu	PKT Gdynia		1	N
44		Izolator silnika pomocniczego	NABOR Kraśnik		8	N
45		Izolator silnika trakcyjnego. PP-W	NABOR Kraśnik		4	N
46	G	Alternator	BOSCH	28 V,95 A	1	R
47	PRH	Programator rozruchu i hamowania EMT01	PKT Gdynia		1	N
48		Paleta do montażu pompy wsp. i alternatora	PKT Gdynia		1	N

Źródło: Opracowanie własne.

Przebieg przebudowy pojazdu

Faza I – prace mechaniczne

Pierwszym etapem prac mechanicznych jest demontaż elementów spalino-wego układu napędowego, czyli silnika, skrzyni biegów, systemu chłodzenia. Drugim etapem jest modyfikacja przestrzeni silnikowej przez usunięcie zbędnych elementów konstrukcyjnych oraz rozdzielenie przestrzeni powstałej po demontażu silnika na trzy części:

- komorę główną, tylną, przeznaczoną dla styczników rozruchowych, styczników niskoprądowych 600 V, bezpieczników topikowych obwodów pomocniczych 600 V, sterownika EMT,
- prawej komory bocznej, w której zostanie umieszczony stycznik liniowy oraz przekaźniki PSR oraz PZU,
- lewej komory bocznej dla silnika pomocniczego wraz z alternatorem, sprężarka i pompą hydrauliczną.

Zaletą autobusów Mercedes MB405N2 jest bardzo przestronna komora silnikowa, dzięki czemu zakres prac mechanicznych związanych z adaptacją nadwozia autobusowego jest ograniczony.

Elementem prac mechanicznych jest zmiana przełożenia tylnego mostu. Elektryczny silnik trakcyjny cechuje się większą prędkością obrotową niż silnik

spalinowy, skutkiem czego konieczne jest zwiększenie stopnia przełożenia przekładni głównej. Modyfikacja jest ta stosunkowo prosta w realizacji i ogranicza się ona do wymiany kół zębatach wchodzących w skład przekładni.

Istotnym zagadnieniem, związanym z konwersją autobusów na trolejbusy, jest adaptacja dachu pojazdów. W trakcie przebudowy na dachu instalowana jest aparatura elektryczna w postaci:

- odbieraków prądu;
- rezystorów rozruchowych i hamowania;
- w przypadku pojazdów z napędem energoelektronicznym: przekształtnika trakcyjnego i przetwornicy trakcyjnej.

Konieczne jest także wykonanie wyprowadzeń przewodów 600 V.

W trakcie przygotowywania do adaptacji dachu, konieczne jest wzięcie pod uwagę następujących aspektów:

- wzmocnienia konstrukcji dachu;
- zmiany położenia lub zaślepienia szyberdachów.

Z punktu widzenia adaptacji dachu, najłatwiejsze do adaptacji są autobusy gazowe. Posiadają one fabrycznie wzmocniony dach dla montażu zbiorników z gazem, a także niewielką liczbę szyberdachów.

Faza II – montaż głównych elementów instalacji 600 V

Jak już zaznaczono, zasadnicze elementy obwodu głównego trolejbusu pochodzą z wycofanych z eksploatacji trolejbusów Jelcz. Przed ich zamontowaniem przechodzą one regenerację. W przypadku styczników oraz rezystorów rozruchowych regeneracja ta wykonywana jest we własnym zakresie i głównie polega na przeglądzie i ewentualnej wymianie części ruchomych. Remont silników trakcyjnych, w trakcie którego ulegają one przezwojeniu, zlecany jest zewnętrznej firmie.

Poszczególne elementy obwodu głównego rozmieszczane są w sposób następujący:

- silnik trakcyjny umieszczany jest w miejscu autobusowej skrzyni biegów. Celem zapewnienia ochrony silnika przed wpływem wilgoci, pod silnikiem montowana jest płyta osłonowa,
- styczniki obwodu głównego oraz obwodów pomocniczych 600 V umieszczone są w tylnej komorze, w miejscu silnika spalinowego, stycznik linioowy jest lokalizowany w prawej bocznej komorze,
- rezystory rozruchowe umieszczane są na dachu,
- styczniki obwodów wzbudzenia bocznikowego silnika trakcyjnego oraz silnika pomocniczego montowane są w tylnej komorze,
- silnik pomocniczy wraz z pomocniczymi elementami montowany jest w tylnej części dachu pojazdu.

Wykonywane jest nowe okablowanie obwodów 600 V oraz układów sterowniczych 24 V.

Faza III – montaż elementów układu sterowania

Znaczna część elementów układu sterowania wykonywana jest we własnym zakresie w warsztacie elektronicznym PKT, czyli:

- modułu EMT sterowania stycznikami rozruchowymi,
- przekaźnika PSR,
- przekaźnika PZU.

Przystosowaniu ulegają także elementy wyposażenia kabiny kierowcy:

- zamontowane zostają nastawniki jazdy i hamowania połączone z pedałami jazdy i hamowania. W tym celu wykorzystane zostają nastawniki identyczne ze stosowanymi w trolejbusach Solaris Trollino;
- na pulpicie kierowcy umieszczane są przyciski sterownicze układu napędowego, takie jak np. sterownik wyłącznika głównego,
- w miarę możliwości wykorzystywane są pierwotne funkcje elementów sterowania umieszczonych na pulpicie, np. przycisk sterowania automatyczną skrzynią biegów D-N-R jest adaptowany do sterowania nawrotnikiem jazdy;
- montowany zostaje układ kontroli stanu izolacji.

Wszystkie elementy sterownicze współpracujące z układem sterowania napędem trakcyjnym muszą być wyposażone w izolację na pełne napięcie sieci trakcyjnej – czyli 600 V – względem karoserii. Jest to wynikiem konieczności zapewnienia dwustopniowej izolacji instalacji elektrycznej. W związku z tym, przyciski sterujące umieszczone na pulpicie kierowcy wyposażane są w dodatkowe przekładki izolacyjne, analogicznie izolowane są nastawniki jazdy.

Kolejnym zagadnieniem, mającym związek z zapewnieniem ochrony przeciwporażeniowej, jest:

- wyposażenie stref przy drzwiach wejściowych w dodatkowe powierzchnie izolacyjne,
- wyizolowanie poręczy na drzwiach wejściowych,
- wyizolowanie poręczy wewnętrznych będących w zasięgu pasażera stojącego na chodniku i wsiadającego do pojazdu.

3.3.2. Napęd chopperowy – trolejbusy MB O405NI

Analogicznie do pierwszej serii trolejbusów MB O405NE, które były wyposażone w napęd z silnikiem trakcyjnym prądu stałego, trolejbus MB O405NI także oparto o identyczny silnik trakcyjny DK210. Zmianie uległa natomiast pozostała część trakcyjnej instalacji elektrycznej ze względu na zastosowanie:

- impulsowego układu zastosowania prędkością silnika trakcyjnego w miejscu dotychczasowego układu stycznikowo-rezystorowego;
- przetwornicy statycznej w miejsce układu elektromechanicznego z alternatorem;
- silników pomocniczych wykonanych w technologii prądu przemiennego.

Impulsowy przekształtnik silnika trakcyjnego dostarczył Instytut Elektrotechniki w Warszawie. Ze względu na przyjęte założenie minimalizacji kosztów, zastosowano przekształtnik o uproszczonej, bez możliwości realizacji hamowania odzyskowego, dzięki czemu możliwe było ograniczenie do jednego liczby modułów tranzystorowych IGBT. Zastosowany przekształtnikowy układ regulacji prędkości silnika trakcyjnego umożliwia:

- rozruch do momentu osiągnięcia charakterystyki naturalnej silnika;
- jednostopniowe osłabienie pola wzbudzenia za pomocą bocznika załączanego stycznikiem;
- hamowanie elektrodynamiczne rezystorowe, podczas którego silnik trakcyjny pracuje jako maszyna obcowzbudna, wzbudzana szeregowym uzwojeniem wzbudzenia zasilanym z sieci trakcyjnej przez przekształtnik impulsowy.

Hamowanie elektrodynamiczne realizowane jest aż do momentu spadku prędkości poniżej 3 km/h, po czym następuje wyłączenie prądu wzbudzenia. Układ napędowy jest sterowany z zespołu modułowych sterowników PLC. Dodatkowym elementem, związanym z zainstalowanym napędem trakcyjnym, był filtr przeciwzakłóceńowy napięcia wejściowego.

W celu zapewnienia dwustopniowej separacji galwanicznej obwodów 24 V zastosowano dodatkową przetwornicę separującą 24 / 24 V / V, z której zasilane są obwody sterownicze pracujące na potencjale napięcia sieci trakcyjnej.

Dalszą istotną zmianą było zastosowanie przetwornicy statycznej i przemiennoprądowych silników pomocniczych. Przetwornica statyczna, której producentem jest firma ZEP, posiada następujące elementy charakterystyczne:

- wyjście 24 V DC dla zasilania obwodów instalacji sterowniczej i układów sterowania napędem;
- wyjście 400 V AC dla zasilania silników pomocniczych;
- dwustopniową izolację napięć wyjściowych względem napięcia sieci trakcyjnej.

Elementy aparatury elektrycznej rozmieszczono w sposób następujący:

- silnik trakcyjny, analogicznie jak w trolejbusach MB O405NE, z tyłu pojazdu po lewej stronie, w miejscu po autobusowej skrzyni biegów;
- przekształtnik impulsowy wraz ze sterownikiem – w tylnej części pojazdu, w przestrzeni po silniku spalinowym, po prawej stronie;

- filtr przeciwzakłóceń DC – w środku tylnej części pojazdu powstałej po demontażu silnika spalinowego;
- przetwornica separująca 24 V / 24 V – w tylnej części pojazdu, w przestrzeni po silniku spalinowym, po prawej stronie;
- styczniki obwodu głównego oraz obwodów pomocniczych 600 V – w tylnej części pojazdu, w przestrzeni po silniku spalinowym, po prawej stronie;
- przetwornica główna – na dachu pojazdu.

Fazy przebudowy pojazdu były identyczne jak w przypadku trolejbusów MB405NE.

3.3.3. Napęd asynchroniczny – trolejbus MB MB405NAC

Doświadczenia uzyskane podczas budowy i pierwszych miesięcy eksploatacji trolejbusu MB O405NI potwierdziły celowość zastosowania napędów energoelektronicznych w budowanych jazdach. Nie mniej, podstawową wadą tego trolejbusu było wykorzystanie stałoprądowego silnika trakcyjnego DK 210. Jest on konstrukcją przestarzałą, już nieprodukowaną, efektem czego charakteryzuje się wysoką awaryjnością. Dokładana analiza kosztów budowy trolejbusu MB O405NI pozwoliła stwierdzić, że koszt zakupu aparatury elektrycznej dla tego pojazdu jest tylko nieznacznie mniejszy od ceny kompletu całkowicie nowego napędu z silnikiem prądu przemiennego wraz z urządzeniami dodatkowymi. Ponadto, zakup całkowicie nowego kompletu aparatury od jednego dostawcy wyeliminowałoby problemy związane z kompatybilnością poszczególnych urządzeń. Bazując na tych doświadczeniach podjęto decyzję o budowie trolejbusów MB 405N w oparciu o nową aparaturę energoelektroniczną wyposażoną w silnik trakcyjny prądu przemiennego.

W trakcie prac przygotowawczych określono następujące główne wymagania dla instalacji elektrycznej trolejbusów:

- moc silnika trakcyjnego: 160–180 kW;
- hamowanie odzyskowe pojazdu;
- wyposażenie trolejbusu w klimatyzację stanowiska kierowcy;
- wyposażenie trolejbusu w baterie trakcyjne umożliwiające w sytuacji awaryjnej pokonanie dystansu 1000 m;
- dostawca aparatury elektrycznej jest odpowiedzialny za dostawę wszystkich elementów, m.in. styczników 600 V.

Dostawca aparatury został wyłoniony w drodze przetargu publicznego.

W skład wyposażenia elektrycznego ENI-ZNAP/TB/165, którego dostawcą jest firma ZEP Enika, wchodzi następujące elementy:

- falownik napędu ENI-FN 600/165/G;
- przetwornica główna ENI-PTL 600/21/G;

- przetwornica separująca ENI-PTL 24/24DCSG;
- sterownik PLC trolejbusu ENI-PLC/3U/8M zabudowany na tablicy SNT;
- panel operatorski ENI-PO800/480;
- nagrzewnica kabiny kierowcy ENI-NN600/3-1/G;
- nagrzewnice przedziału pasażerskiego ENI-NN600/3-1/G – 2 szt.;
- tablice styczników i zabezpieczeń – TPS, CT1115, WTS, TSPB, SNF;
- zasobnik baterii 60STH800 firmy SAFT;
- dławik wejściowy falownika ED1W-2,9/170;
- rezystor hamowania RHEN/G;
- agregat klimatyzacyjny CC4E;
- nastawniki rozruchu i hamowania.

Trolejbus napędzany jest asynchronicznym silnikiem trakcyjnym STDa 280 6B, wyprodukowanym przez EMIT Żychlin o mocy 165 kW.

Aparatura elektryczna ZNAP/TB/165 stanowi komplet wyposażenia niezbędnego do prawidłowego funkcjonowania napędu trolejbusu, umieszczona jest na tablicach przystosowanych do montażu w istniejących wolnych przestrzeniach trolejbusu.

W skład układu wchodzi następujące tablice:

- tablica TPS – przetwornicy separującej;
- tablica styczników CT1115;
- tablica bezpieczników;
- tablica styczników i zabezpieczeń TSPB;
- tablica styczników TSNF;
- tablica SNT.

Pracą trolejbusu zarządza sterownik PLC ENI-PLC3U/8M umieszczony na tablicy SNT, oddziaływający na podzespoły układu poprzez wejścia i wyjścia cyfrowe, analogowe oraz poprzez dwie magistrale komunikacyjne CAN:

- CAN 1 – komunikacja z falownikiem napędu;
- CAN2 – komunikacja z przetwornicą i panelem operatorskim.

Praca układu napędowego może być monitorowana za pomocą panelu operatorskiego umieszczonego w kabinie kierowcy.

Falownik trakcyjny ENI-FN600/165/G, zasilający napięciem przemiennym o regulowanej częstotliwości asynchroniczny silnik trakcyjny, posiada własny sterownik mikroprocesorowy, pracujący pod nadzorem Sterownika Napędu Trolejbusu SNT. Komunikacja odbywa się po magistrali CAN.

Dane techniczne falownika trakcyjnego:

- znamionowe napięcie zasilania: 600 V DC;
- zakres zmienności napięcia zasilania: 380 ÷ 750 V DC;
- znamionowe napięcie wyjściowe: 3x400 V 50 Hz;
- częstotliwość wyjściowa: 0 ÷ 200 Hz;

- znamionowa moc wyjściowa: 165 kW;
- maksymalna moc wyjściowa: 320 kW;
- maksymalna chwilowa amplituda prądu: 500 A;
- komunikacja ze sterownikiem napędu: magistrala CAN;
- chłodzenie: powietrzne, wymuszone;
- stopień ochrony obudowy: IP54;
- masa: ok. 140 kg.

Przetwornica statyczna ENI-PTL600/21/G zasilą następujące wyjścia napięciowe:

- prądu stałego 24 V do zasilania obwodów sterowania;
- trójfazowego 3x400 V 50 Hz do zasilania sprężarki tłokowej i pompy wspomaganie układu kierowniczego trolejbusu;
- prądu stałego 80 V do ładowania baterii jazdy awaryjnej;
- napięcia trójfazowego 3x400 V 50 Hz (do zastosowań jw.) z baterii w trakcie jazdy awaryjnej.

Przetwornica daje możliwość bieżącego monitorowania stanu pracy oraz parametrów pracy przy pomocy panelu operatorskiego podłączonego do sieci CAN.

Parametry techniczne przetwornicy:

- znamionowe napięcie zasilania: 600 V DC;
- zakres zmienności napięcia zasilania: 380 ÷ 750 V DC;
- wyjście AC 1 zasilanie pompy wspomaganie:
 - o znamionowe napięcie wyjściowe: 3x400 V 50 Hz;
 - o znamionowy prąd przewodowy: 5 A;
 - o przeciążalność wyjścia: 300 % w czasie 1 s;
 - o podtrzymanie pracy przy zaniku napięcia trakcyjnego z akumulatorów pojazdu o nastawialnym czasie w zakresie 1-15 s;
- Wyjście AC 2 zasilanie sprężarki tłokowej:
 - o znamionowe napięcie wyjściowe: 3x400 V 50 Hz;
 - o znamionowy prąd przewodowy: 7,5 A;
 - o przeciążalność wyjścia: 300 % w czasie 1 s;
- dodatkowe separowane wyjście 230 V AC o mocy 1kVA wytwarzane z wyjścia AC 2;
- wyjście DC 24 V:
 - o znamionowe napięcie wyjściowe: $27,8 \pm 0,5$ V;
 - o napięcie nominalne: 24 V DC;
 - o znamionowy prąd wyjściowy: 180 A;
 - o zabezpieczenia przez zwarcie zacisków wyjściowych;
- wyjście DC 80 V:
 - o znamionowe napięcie wyjściowe: $93 \pm 0,5$ V;
 - o napięcie nominalne: 80 V DC;

- o znamionowy prąd wyjściowy: 16 A;
- chłodzenie: Powietrzne, wymuszone;
- stopień ochrony obudowy: IP54;
- masa: ok. 180 kg.

Przetwornica zainstalowana jest na dachu pojazdu.

Wewnątrz obudowy umieszczono kompletny układ przetwornicy składający się z sześciu torów:

- tor przetwarzający napięcie sieci na napięcie pośredniczące 600 V DC;
- tor przetwarzający napięcie pośredniczące na napięcia wyjściowe 3x400 V 50Hz;
- tor przetwarzający napięcie pośredniczące na napięcie wyjściowe 24 V DC;
- tor przetwarzający napięcie pośredniczące na napięcie wyjściowe 80 V DC;
- tor przetwarzający napięcie akumulatorów pojazdu na napięcie pośredniczące 600 V DC;
- tor przetwarzający napięcie baterii jazdy awaryjnej na napięcie pośredniczące 600 V DC.

Zasilanie wyodrębnionych obwodów instalacji pokładowej trolejbusu (24 V DC), wymagających podwójnej izolacji od sieci trakcyjnej, odbywa się za pomocą Przetwornica Separująca ENI-PTL24/24DCSG, o następujących danych technicznych:

- napięcie zasilania $24 \pm 6V$ DC;
- napięcie wyjściowe $24 \pm 1V$ DC;
- prąd wyjściowy znamionowy 35 A;
- prąd wyjściowy maksymalny 45 A;
- napięcie probiercze izolacji 2,5 kV / 50 Hz / 1 min;
- stopień ochrony obudowy IP43;
- masa 19kg.

Trolejbus jest wyposażony w baterie trakcyjne, które umożliwiają jazdę w trybie awaryjnym bez zasilania z sieci trakcyjnej. Zastosowano ogniwa niklowo-kadmowe, co było podyktowane ich bardzo wysoką żywotnością, wynoszącą nawet 15 lat przy zachowaniu odpowiedniego reżimu pracy. Zasobnik baterijny składa się z 60 ogniw STH800 firmy SAFT, o całkowitej masie 280 kg. W trakcie jazdy przy zasilaniu baterijnym układ napędowy jest zasilany bezpośrednio z baterii napięciem 72 V, co powoduje znaczne ograniczenie jego parametrów. Jednak jak pokazała praktyka, możliwe jest rozwinięcie prędkości 20 km/h, co jest wystarczające w sytuacjach awaryjnych.

Aparaturę elektryczną rozmieszczono następująco:

- w tylnej szafie aparatuwej umieszczono przekształtnik trakcyjny, baterie trakcyjne, styczniki obwodów głównych i pomocniczych 600V, sterownik napędu;

- na dachu umieszczono główną przetwornicę statyczną i rezystor hamowania;
- z boku pojazdu zlokalizowano silniki pomocnicze wraz ze sprężarką i pompą wspomagania układu hydraulicznego;
- w kabinie kierowcy umieszczono panel operatorski.

3.3.4. Napęd asynchroniczny – trolejbus MB O530 Tr12/TV.EU

Pozytywne doświadczenia z eksploatacji trolejbusów MB O405N wyposażonych w napęd z silnikiem prądu przemiennego potwierdziły słuszność wyboru tego rozwiązania. Niemniej, problemem związanym z kontynuacją projektu konwersji autobusów na trolejbusy były wzrastające problemy z kupnem nadwozi autobusów Mercedes MB O405N2 w dobrym stanie technicznym, co wynikało z faktu zaprzestania produkcji pojazdów tego typu w 1998 roku. W związku z tym, podjęto decyzję o rozpoczęciu przygotowań do budowy trolejbusów na bazie następnego modelu MB O405N, czyli autobusu MB 530.

Dla celów konwersji użyto identyczną aparaturę elektryczną tak jak w trolejbusach MB O405N, czyli układ napędowy produkcji ZEP Enika wyposażony w silnik prądu przemiennego, przetwornicę statyczną i niklowo-kadmowe baterie trakcyjne. Zasadniczą zmianą, związaną z instalacją elektryczną, w stosunku do poprzednich rozwiązań jest zastosowanie klimatyzacji przestrzeni pasażerskiej. Wymusiło to zwiększenie mocy przetwornicy statycznej. W stosunku do poprzedniego rozwiązania zwiększono także liczbę ogniw baterii trakcyjnej z 60 do 65.

Nadwozie autobusu Mercedes O530 jest wykonane jako całkowicie niskopodłogowe, co skutkuje znacznie gorszym, z punktu widzenia montażu aparatury elektrycznej, rozmieszczeniem przestrzeni aparaturowej. Skutkiem tego, zdecydowano się na reorganizację wnętrza pojazdu, co miało na celu z jednej strony uzyskania miejsca spełniającego wymagania dla montażu elementów wyposażenia elektrycznego, a z drugiej zachowania wysokiej funkcjonalności przestrzeni pasażerskiej. Adaptacja pojazdu polegała na:

- zmniejszenia wysokości „wieży” silnikowej, znajdującej się w tylnej części pojazdu i związanego z tym wykonania dodatkowych okien;
- budowy „szynki” dla baterii trakcyjnych w miejscu trzech tylnych siedzeń, zlokalizowanych za ostatnimi drzwiami;
- likwidacji zbiornika paliwa znajdującego się nad przednim nadkolem i uzyskania tym sposobem miejsca dla montażu czterech dodatkowych siedzeń dla pasażerów.

Mając na względzie ewentualne zwiększenie pojemności baterii w przyszłości, przewidziano dodatkowe miejsce na montaż drugiego modułu bateryjnego zawierającego 65 ogniw NiCd.

Mniejsza przestrzeń dostępna dla aparatury elektrycznej zmusiła także do umieszczenia przekształtnika trakcyjnego oraz przetwornicy statycznej na dachu. Obydwa urządzenia zainstalowane są w dwóch, niezależnych wodoszczelnych kontenerach.

3.3.5. Napęd asynchroniczny – trolejbus MB O530AC

Pozytywne doświadczenia z eksploatacji trolejbusów MB O405N wyposażonych w napęd z silnikiem prądu przemiennego potwierdziły słusność wyboru tego rozwiązania. Niemniej, problemem związanym z kontynuacją projektu konwersji autobusów na trolejbusy były wzrastające problemy z kupnem nadwozi autobusów Mercedes MB O405N2 w dobrym stanie technicznym, co wynikało z faktu zaprzestania produkcji pojazdów tego typu w 1998 roku. W związku z tym, podjęto decyzję o rozpoczęciu przygotowań do budowy trolejbusów na bazie następnego modelu MB O405N, czyli autobusu MB 530.

Dla celów konwersji użyto identyczną aparaturę elektryczną tak jak w trolejbusach MB O405N, czyli układ napędowy produkcji ZEP Enika wyposażony w silnik prądu przemiennego, przetwornicę statyczną i niklowo kadmowe baterie trakcyjne. Zasadniczą zmianą, związaną z instalacją elektryczną, w stosunku do poprzednich rozwiązań jest zastosowanie klimatyzacji przestrzeni pasażerskiej. Wymusiło to zwiększenie mocy przetwornicy statycznej. W stosunku do poprzedniego rozwiązania zwiększono także liczbę ogniw baterii trakcyjnej z 60 do 65.

Nadwozie autobusu Mercedes O530 jest wykonane jako całkowicie niskopodłogowe, co skutkuje znacznie gorszym, z punktu widzenia montażu aparatury elektrycznej, rozmieszczeniem przestrzeni aparaturowej. Skutkiem tego, zdecydowano się na rearanżację wnętrza pojazdu, co miało na celu z jednej strony uzyskania miejsca spełniającego wymagania dla montażu elementów wyposażenia elektrycznego, a z drugiej zachowania wysokiej funkcjonalności przestrzeni pasażerskiej. Adaptacja pojazdu polegała na:

- zmniejszenia wysokości „wieży” silnikowej, znajdującej się w tylnej części pojazdu i związanego z tym wykonania dodatkowych okien;
- budowy „szynki” dla baterii trakcyjnych w miejscu trzech tylnych siedzeń, zlokalizowanych za ostatnimi drzwiami;
- likwidacji zbiornika paliwa znajdującego się nad przednim nadkolem i uzyskania tym sposobem miejsca dla montażu czterech dodatkowych siedzeń dla pasażerów.

Mając na względzie ewentualne zwiększenie pojemności baterii w przyszłości, przewidziano dodatkowe miejsce na montaż drugiego modułu bateryjnego zawierającego 65 ogniw NiCd.

Mniejsza przestrzeń dostępna dla aparatury elektrycznej zmusiła także do umieszczenia przekształtnika trakcyjnego oraz przetwornicy statycznej na dachu. Obydwa urządzenia zainstalowane są w dwóch, niezależnych wodoszczelnych kontenerach.

3.4. Uruchomienie trolejbusu, etap prób stacjonarnych i ruchowych

Przed wprowadzeniem trolejbusu do eksploatacji jest konieczne wykonanie następujących badań:

- badania izolacji instalacji 600 V trolejbusu:
 - o pomiary rezystancji izolacji;
 - o badanie odstępów izolacyjnych;
 - o pomiary rezystancji izolacji poręczy dostępnych dla pasażera stojącego na chodniku;
 - o badania napięciowe;
 - o pomiar rezystancji izolacji poręczy i stopni wejściowych;
- analiza budowy i działania obwodu głównego oraz sterowania;
- badanie sygnalizacji przekroczenia napięcia 60 V względem powierzchni jezdni;
- badanie możliwości galwanicznego rozłączenia instalacji 600 V od obwodu odbieraków prądu w obydwu biegunach;
- badanie sygnalizacji zaniku napięcia w obwodzie odbieraków;
- badanie połączenia masowe obudów nagrzewnic 600 V, jeśli są one zamontowane bezpośrednio w przedziale pasażerskim lub kabinie kierowcy;
- badanie działania mechanizmu ściąającego odbieraków (w przypadku trolejbusów w nie wyposażonych);
- badanie uzależnienia jazda sieciowa / jazda autonomiczna – sprawdzenie czy podczas jazdy sieciowej obwód baterii trakcyjnej jest galwanicznie rozłączony od sieci (w przypadku trolejbusów z układem jazdy autonomicznej);
- badania hałasu urządzeń pomocniczych podczas postoju;
- badania kompatybilności elektromagnetycznej;
- pomiar masy pojazdu – naciski na osie;
- próby ruchowe:
 - o badanie opóźnienia hamowania;
 - o badanie opóźnienia hamowania czysto elektrodynamicznego;

- test priorytetu hamowania nad rozruchem;
- standardowe badania na autobusowej stacji diagnostycznej.

Nadwozie autobusowe przeznaczone do przebudowy na trolejbus musi być sprawne technicznie oraz zarejestrowane. Na podstawie powyżej wykonanych badań Instytut Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa wystawia dopuszczenie do ruchu, na podstawie którego pojazd jest rejestrowany.

Przy uruchamiania kolejnych pojazdów danego typu nie są wykonywane pomiary kompatybilności elektromagnetycznej, hałasu oraz masy pojazdu.

4 | Proces rejestracji trolejbusu

Aby przebudowany trolejbus mógł zostać dopuszczony do ruchu z pasażerami niezbędne jest wykonanie wszystkich czynności wymaganych przez prawo, czyli formalności urzędowych oraz badań technicznych. Już przed podjęciem przebudowy należy zwracać uwagę, aby ze względów formalnych oraz technicznych autobus przebudowany na trolejbus mógł zostać zarejestrowany oraz normalnie eksploatowany.

4.1. Badania homologacyjne trolejbusu przez upoważnione instytucje

Przebudowa autobusu na trolejbus wiąże się z bardzo poważną ingerencją oraz zmianami technicznymi w pojeździe. Aby przebudowany pojazd był bezpieczny należy spełnić wiele warunków, co powinno zostać potwierdzone przez badania techniczne oraz opinie osób uprawnionych do ich wydawania. Według obecnego stanu prawnego nie trzeba wykonywać typowej homologacji pojazdu, a jedynie badania rozszerzone trolejbusu powstałego na bazie autobusu dopuszczonego do ruchu, pozytywną opinię rzeczoznawcy oraz dopuszczenie przez stację diagnostyczną.

Biorąc pod uwagę fakt różnorodności przebudowywanych nadwozi w interesie przebudowującego jest stała konsultacja z instytucjami i osobami dopuszczającymi. Często pozwala to uniknąć późniejszych problemów z dopuszczeniem.

Pozytywna opinia rzeczoznawcy jest elementem niezbędnym do późniejszego zarejestrowania pojazdu, gdyż zawiera nowe parametry techniczne oraz stwierdzenie prawidłowo wykonanej przebudowy. Rzeczoznawca szczególną uwagę zwraca na zmiany konstrukcyjne mające szczególnie istotny wpływ na bezpieczne funkcjonowanie pojazdu. Analizowana jest nowa zabudowa dachu pojazdu oraz jego wzmocnienia pod kątem czy nowe obciążenie nie przekracza dopuszczanego. Zamiana podzespołów mechanicznych na elektryczne wiąże się ze zmianą masy własnej pojazdu oraz nacisków na poszczególne osie. Wartości te również nie mogą przekroczyć dopuszczalnych dla danego typu nadwozia. W celu określenia nowej liczby miejsc niezbędne jest policzenie siedzeń pasażerskich, zmierzenie nowej masy pojazdu oraz nacisków wszystkich osi. Istotnym jest, aby podczas przebudowy

autobusu na trolejbus nie modyfikować konstrukcji nośnej pojazdu. Instalując nowe urządzenia należy zadbać o ich właściwe i pewne zamontowanie w miarę możliwości dostosowując się do oryginalnej konstrukcji.

Badanie rozszerzone trolejbusu służy ku stwierdzeniu, czy nowo zainstalowane wyposażenie typowo trolejbusowe wraz z instalacją spełniają wszystkie wymagania prawne oraz czy są bezpieczne w eksploatacji.

Pierwszym etapem badania jest wnikliwa analiza dokumentacji technicznej wyposażenia trolejbusowego. Układ połączeń elektrycznych poszczególnych urządzeń (wewnętrznych oraz pomiędzy sobą) jest oceniany pod kątem zgodności z obowiązującymi przepisami oraz wyznacza dalszy przebieg badań. Niektóre nieprawidłowości zostają wykryte już na tym etapie. Należy zaznaczyć, że w interesie wszystkich zainteresowanych stron jest stały kontakt oraz dobre relacje gdyż często pozwala to uniknąć poważnych błędów konstrukcyjnych oraz pomaga znaleźć optymalne rozwiązania, oczywiście na miarę aktualnych warunków szczególnie ekonomicznych, organizacyjnych oraz technicznych. Niżej umieszczono przykładowy schemat izolacji narysowany na potrzeby badań rozszerzonych oraz uzgodnień wykonania trolejbusu MB O405N z impulsowym napędem prądu stałego produkcji IEL i przetwornicami statycznymi produkcji ENIKA. Schemat ten zawiera informacje na temat odstępstw od standardowego oraz nieoczywistego wykonania izolacji trolejbusu i stanowi jedynie wyjaśniającą informację uzupełniającą do pełnej dokumentacji obwodów związanych z wyposażeniem typowo trolejbusowym.

Drugi etap badań może nastąpić, natychmiast po zamontowaniu i uruchomieniu całego wyposażenia trolejbusowego. Badana jest wtedy zgodność z wcześniej deklarowaną dokumentacją techniczną i nanoszone są ewentualne korekty. Wykonuje się pierwsze pomiary rezystancji izolacji wszystkich stopni, całości oraz poszczególnych urządzeń. Analizuje się sposób prowadzenia przewodów, odstępstwa izolacyjne powierzchniowe, skrośne i powietrzne, stosowane materiały izolacyjne i gotowe izolatory.

Trzecim etapem są próby napięciowe poszczególnych stopni izolacji wyposażenia pracującego na potencjale sieci trakcyjnej, stanowiące masy pośrednie między stopniami izolacji oraz obwody zasilane napięciem trójfazowym (np. obwody silników pomocniczych sprężarki, pompy wspomaganie zasilana napięciem $3 \times 400 \text{ V}$; 50 Hz). Wysokość napięć probierczych definiują przepisy prawne. Badanie to powinno zakończyć się ponownym pełnym badaniem rezystancji izolacji, gdyż mogła ona ulec uszkodzeniu lub poważnemu osłabieniu podczas prób napięciowych. Dodatkowo należy zbadać:

- rezystancję izolacji poręczy drzwi względem masy elektrycznej pojazdu.
- rezystancję izolacji podłogi przy wejściu do trolejbusu.

- działanie deklarowanego detektora napięcia dotykowego wykrywającego napięcie między jezdnią a masą elektryczną trolejbusu. Wykrycie niebezpiecznej wartości napięcia dotykowego powinno być sygnalizowane dźwiękowo i optycznie w kabinie kierowcy.

Pozytywny wynik dotychczasowych badań może skutkować wydaniem tymczasowego zaświadczenia mówiącego, że pojazd został tymczasowo dopuszczony do ruchu bez pasażerów wyłącznie do dalszych badań.

Badanie przez stację kontroli pojazdów wymaga w/w zaświadczenia oraz opinii rzeczoznawcy. Badanie polega na zweryfikowaniu wprowadzonych zmian w pojeździe oraz standardowego badania podobnego do okresowego (działanie układu hamulcowego; oświetlenie; numery VIN; dokumenty; itp.).

Czwarty etap polega na próbach ruchowych trolejbusu. Ze względu na konieczność wyjazdu na drogi publiczne, etap ten powinien być poprzedzony badaniem trolejbusu na stacji diagnostycznej oraz zarejestrowaniem pojazdu (już jako trolejbusu). Badane są parametry ruchowe, takie jak:

- opóźnienie hamowania elektrodynamicznego, którego wymagana wartość określona jest w przepisach.
- priorytet hamowania nad rozruchem.
- poziom emitowanego hałasu na postoju.
- brak usterek układu napędowego powodujących nieoczekiwane przerywanie procesu rozruchu i szczególnie hamowania.
- regulacja napięcia w sieci trakcyjnej podczas hamowania elektrodynamicznego odzyskowego (rekuperacji energii hamowania). Zwrot energii hamowania do sieci trakcyjnej nie powinien przekroczyć określonego w przepisach napięcia. Nadmiar energii hamowania powinien zostać wytracony w rezystorze hamowania.
- zachowanie trolejbusu przy obniżonym napięciu sieci trakcyjnej. Powinien pojawić się sygnał dźwiękowy w kabinie kierowcy. W miarę obniżenia napięcia jako pierwszy powinien zaniknąć rozruch a dopiero potem wspomaganie układu kierowniczego. Rozpoczęte Hamowanie elektrodynamiczne powinno zostać utrzymane.

Piątym ostatnim etapem jest wykonanie badań kompatybilności elektromagnetycznej trolejbusu (EMC) przez instytucję prowadzącą tego typu działalność. Dotyczy to trolejbusów w wyposażeniu energoelektronicznym, które może emitować zaburzenia elektromagnetyczne (tzw. zakłócenia). Należy zwrócić uwagę, że zmiana oprogramowania urządzeń energoelektronicznych powodująca zmianę sposobu przełączania łączników półprzewodnikowych unieważnia badania kompatybilności elektromagnetycznej trolejbusu, gdyż może skutkować zmianą charakteru zaburzeń elektromagnetycznych. Przekroczenie dopuszczalnego poziomu zaburzeń elektromagnetycznych może powo-

dować nieprawidłową pracę badanego trolejbusu, innych trolejbusów oraz innych urządzeń znajdujących się w pobliżu trolejbusu emitującego. Potencjalne skutki są bardzo trudne do przewidzenia i jednocześnie mogą być bardzo groźne, nawet katastrofalne.

Pozytywne zakończenie badań rozszerzonych może skutkować pełnym dopuszczeniem trolejbusu do ruchu z pasażerami.

4.2. Rejestracja trolejbusu jako pojazdu z napędem elektrycznym

W Polsce rejestracja pojazdu jest warunkiem koniecznym do poruszania się nim po drogach publicznych. Dotyczy to również autobusu przebudowanego na trolejbus, dodatkowo jednak należy podobnie ja dla każdego trolejbusu posiadać ważne badania dopuszczające. Podobnie jak w przypadku innych pojazdów zmiana właściciela autobusu przeznaczonego na przebudowę wymaga przerejestrowania na nowego właściciela. W efekcie przebudowujący staje się właścicielem zarejestrowanego autobusu. Aby zarejestrować autobus przeznaczony na trolejbus należy kolejno:

- 1) zakupić autobus;
- 2) przerejestrować autobus na nowego właściciela (nadal jako autobus);
- 3) dokonać przebudowy autobusu na trolejbus;
- 4) uzyskać pozytywną opinię rzeczoznawcy;
- 5) uzyskać tymczasowe dopuszczenie do ruchu na czas badań;
- 6) uzyskać pozytywny wynik badań na stacji kontroli pojazdów;
- 7) zarejestrować pojazd po zmianach jako trolejbus;
- 8) uzyskać pozytywny wynik badań rozszerzonych;

Podczas dalszej normalnej eksploatacji obowiązują standardowe procedury związane z rejestracją pojazdu.

5 Doświadczenia eksploatacyjne

Przebudowa używanego autobusu na trolejbus zawsze niesie szereg pytań, obaw i oczekiwań dotyczących przyszłej eksploatacji, szczególnie dotyczy przebudowie "prototypowej" pod względem nadwozia i napędu. Przebudowa używanego nadwozia, którego elektryczna i mechaniczna konstrukcja nie jest dostatecznie znana niejednokrotnie wymusza zmianę planu przebudowy oraz wybór nowych rozwiązań stwarzających ryzyko powstania nieprzewidzianych problemów eksploatacyjnych. Nieco inaczej jest w przypadku napędów trakcyjnych, których konstrukcja lub i działanie jest znane a ewentualne ryzyko związane z rozwiązaniami prototypowymi spoczywa na producentach napędów.

5.1. Doświadczenia eksploatacyjne w Gdyni

Pierwszym przebudowanym autobusem na trolejbus był Mercedes – Benz O405N. Przebudowa została wymuszona ówczesną sytuacją firmy – brak tabo-ru niskopodłogowego oraz eksploatacja wysłużonych trolejbusów Jelcz. Z analiz wynikało, że najszybszym i najtańszym sposobem uzyskania „niskiej podłogi” jest przebudowa używanych autobusów niskopodłogowych na trolejbusy przy wykorzystaniu zdemontowanej z kasowanych oporowych trolejbusów wysokopodłogowych elektrycznej aparatury trakcyjnej. Elektryczny układ napędu trakcyjnego i układów pomocniczych został nieznacznie zmodyfikowany względem „poprzednika”.

Wady i zalety napędu oraz układów pomocniczych zostały praktycznie przeniesione – znany, prosty, stosunkowo niezawodny, łatwy do naprawienia i energochłonny układ. Nowym doświadczeniem natomiast była eksploatacja nadwozia MB O405N. Poważnym problemem okazała się duża różnorodność pochodzenia, wykonania, stopnia wyeksploatowania i liczba przeróbek (często prowizorycznych) wykonanych przez poprzednich właścicieli. Praktycznie każda przebudowa wymagała indywidualnego podejścia. Dodatkowym problemem okazały się naprawy mechaniczne – często występujące awarie podze-

społów mechanicznych i duża różnorodność części zamiennych wymusiły istotne zwiększenie asortymentu i stanu magazynu. Początkowo przez większość pracowników „Mercedesy” były traktowane jako kara i zło konieczne.

Pewnym postępowaniem i doświadczeniem było zastosowanie w jednym trolejbusie bardzo prostego napędu impulsowego (bez odzysku do sieci energii hamowania elektrodynamicznego) z regenerowanym przezwojonym na szeregowy silnikiem trakcyjnym. Zastosowano również przetwornicę statyczną i asynchroniczne silniki pomocnicze. Poza przekształtnikiem napędu, przetwornicą statyczną i silnikami pomocniczymi stosowano przede wszystkim odzyskane z kasowanych trolejbusów urządzenia.

Kolejnym postępowaniem i doświadczeniem było zastosowanie całkowicie nowego wyposażenia trakcyjnego z asynchronicznym silnikiem trakcyjnym, przetwornicą statyczną z asynchronicznymi silnikami pomocniczymi oraz baterią trakcyjną zasilania awaryjnego. Układ ten realizuje odzysk energii hamowania elektrodynamicznego do sieci trakcyjnej i posiada możliwość przejazdu krótkich odcinków bez kontaktu z siecią trakcyjną lub z uszkodzonymi odbierakami prądu.

5.1.1. Awaryjność elementów napędu elektrycznego

W przypadku napędów oporowych w trolejbusach MB O405N szczególnie często awarii ulegają styczniki wykonujące znaczną liczbę łączy. Te awarie po przede wszystkim sklejenia lub przedwczesne zużycie styków głównych. Często również zdarzają się usterki układu sterowania – przerwy w obwodzie, zabrudzenia styków pomocniczych i awarie przekaźników. Silniki trakcyjne również często ulegają awariom z powodu dużego obciążenia (na granicy przeciążenia), wad konstrukcyjnych, niejednokrotnie w przeszłości niedostatecznych przeglądów oraz skandalicznie niskiej jakości wykonanych napraw przez firmy zewnętrzne. Obecnie wprowadzono nowe procedury przeglądowe, a procedury zawarte w umowach na naprawy silników wymuszają wysoką jakość. Występują również awarie silników pomocniczych prądu stałego, lecz ich liczba uległa znacznemu zmniejszeniu z powodu wprowadzenia nowych procedur związanych z obsługami i naprawami silników. Należy również wspomnieć o problemie obniżania się rezystancji izolacji podczas opadów.

Zastosowany w jednym trolejbusie układ impulsowy jest praktycznie bezawaryjny z wyjątkiem silników trakcyjnych, gdzie sytuacja jest taka jak w napędach oporowych.

Awaryjność, a częściej usterkowość napędów asynchronicznych związana jest głównie z ujawnianiem się wad sprzętowych i programowych trudnych lub

niemożliwych do eliminacji podczas projektowania i w pierwszym etapie eksploatacji. Zdarzały się jednak również usterki związane z awarią elementu, wadami materiałowymi lub niestarannym wykonaniem. Poważnym problemem w pierwszym roku eksploatacji po pojawieniu się upałów (nawet +28° C w cieniu + silne promieniowanie słoneczne) było działanie zabezpieczeń nadtemperaturowych podczas normalnej pracy urządzeń, co powodowało przerwy w pracy napędów i przetwornic statycznych. Wymusiło to zmiany programowe urządzeń oraz rozbudowę wentylacji. Awaryjność tego rodzaju napędów prawdopodobnie ulegnie zwiększeniu po kilku latach eksploatacji ze względu na naturalne zużycie elementów. Obecnie za wcześnie mówić o awaryjności gdyż pojawiały się głównie serie usterek związanych z wprowadzeniem nowego rozwiązania.

5.1.2. Awaryjność elementów mechanicznych

Zabudowując używane nadwozie autobusowe aparaturą elektryczną świadomie ponownie wprowadzamy do eksploatacji zawierający zużyte w nieznanym stopniu podzespoły mechaniczne oraz konstrukcję. Szczególnie w przypadku pojazdów zakupionych w wyniku procedury przetargowej nigdy nie można mieć pewności co do przeszłości pojazdu. Powyższe czynniki skutkują trudną do przewidzenia i różną dla poszczególnych, pozyskanych w wyniku przebudowy, trolejbusów awaryjnością.

Dodatkowo niektóre podzespoły układów pomocniczych pierwotnie napędzane silnikiem spalinowym zostały zastąpione innymi lub dostosowane do napędu silnikiem elektrycznym, co miało wpływ na ogólną awaryjność przebudowanych trolejbusów.

Już przy pierwszych przebudowach pojawił się problem ze sprężarkami dwutłokowymi, które pracowały na granicy dopuszczalnych parametrów. Zmiany parametrów pracy sprężarki względem trolejbusów Jelcz gdzie były z powodzeniem szeroko stosowane okazały się znaczące a polegały one na:

- zwiększeniu ciśnienia roboczego do około 15%;
- stałym zwiększeniu temperatury otoczenia (możliwa zabudowa tylko obok innych urządzeń emitujących ciepło);
- zwiększeniu zapotrzebowania na sprężone powietrze (dodatkowo system ECAS);
- zmiany trybu pracy z dorywczej (tylko na czas dopompowania) na ciągłą z okresami biegu jałowego – bez ciśnienia;
- zwiększeniu zabrudzenia otoczenia.

Nowe warunki pracy, szczególnie w okresie letnim, wywołały masowe awarie sprężarek dwutłokowych, co niejednokrotnie skutkowało tymczasowym

unieruchomieniem trolejbusów. Problemy te wymusiły zmianę typu sprężarki na inną również napędzaną zewnętrznym silnikiem za pomocą przekładni pasowej – jednołokową z zewnętrznym smarowaniem. Nowe sprężarki również okazały się awaryjne do czasu dobrania odpowiedniego oleju smarującego oraz zmiany wentylatora chłodzącego na silniejszy.

Zmiana napędów z autobusowych z automatyczną skrzynią biegów na trolejbusowe z silnikami trakcyjnymi prądu stałego wymusiła zmianę przekładni mostu napędowego przez wymianę niektórych elementów. Dodatkową istotną zmianą było pojawienie się jazdy na wybiegu. Czynniki te oraz fakt naturalnego zużycia spowodowały istotną awaryjność mostów napędowych trolejbusów z silnikami trakcyjnymi prądu stałego.

W przypadku wymiany napędów autobusowych z automatyczną skrzynią biegów na trolejbusowe z silnikami asynchronicznymi $2p=6$ nie jest konieczna zmiana przekładni mostu napędowego. Doświadczenia eksploatacyjne do tej pory nie wykazały niepokojącej awaryjności, jednak zaobserwowano objawy zużycia mostów napędowych takie jak podwyższony hałas i wibracje szczególnie na wybiegu. Stosowane napędy pozwalają na likwidację wybiegu przez pozostawienie niewielkiego momentu (praktycznie nieodczuwalnego przez osobę prowadzącą pojazd) na wale silnika trakcyjnego w celu redukcji luzów i ograniczenia hałasu oraz wibracji.

Analiza awaryjności

Zauważono, że charakterystyczną cechą awaryjności gdyńskich trolejbusów są „serie” polegające na okresowym zwiększeniu liczby awarii danego typu. W przypadku autobusów przebudowanych na trolejbusy często wynika to ze zmienności warunków atmosferycznych związanych z porą roku, wadami fabrycznymi podzespołów, wadami konstrukcyjnymi, błędami w obsłudze, warunkami zasilania oraz różnego rodzaju niedoróbek (brak badań eksploatacyjnych prototypów; akceptacja rozwiązań tymczasowych; nieusuwanie dostrzeżonych wad konstrukcyjnych). Częstą przyczyną zainicjowania serii awarii jest superpozycja potencjalnie niegroźnych czynników.

Aby skutecznie walczyć z nadmierną awaryjnością trolejbusów niezbędna jest wiedza, co aktualnie się psuje i jakie są tego potencjalne przyczyny. W tym celu wykonuje się ukierunkowane na wykrycie problemów eksploatacyjnych analizy awaryjności. Niżej przedstawiono przykładowe wyniki analizy w formie tabel oraz wykresów, sporządzone na potrzeby komórki zajmującej się utrzymaniem technicznym trolejbusów. Umieszczenie kompletu wyników w niniejszej książce byłoby bezcelowe.

Tabela 3. Wskaźniki awaryjności trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp. z o.o.

Grupy trolejbusów – wskaźniki awaryjności							
Okres analizy	od 2011-01-13				do 2011-02-14		
Grupy trolejbusów	Liczba wozów	Przebieg	Średni przebieg	Średni dzienny przebieg	Liczba awarii	Liczba awarii/wóz	Liczba awarii/Mm
		Mm	Mm/wóz	km/wóz			
Jelcz (J)	20	47	2,33	70,46	47	2,35	1,01
Mercedes (M)	23	129	5,63	170,55	80	3,48	0,62
Mercedes + ENIKA (ME)	5	29	5,78	175,28	22	4,40	0,76
Solaris + CEGELEC (SC)	16	108	6,72	203,69	61	3,81	0,57
Solaris + IEL (SI)	4	13	3,37	102,20	15	3,75	1,11
Solaris + MEDCOM (SM)	21	128	6,09	184,66	27	1,29	0,21
WSZYSTKIE	90	454	5,04	152,82	252	2,80	0,56

Źródło: Opracowanie własne.

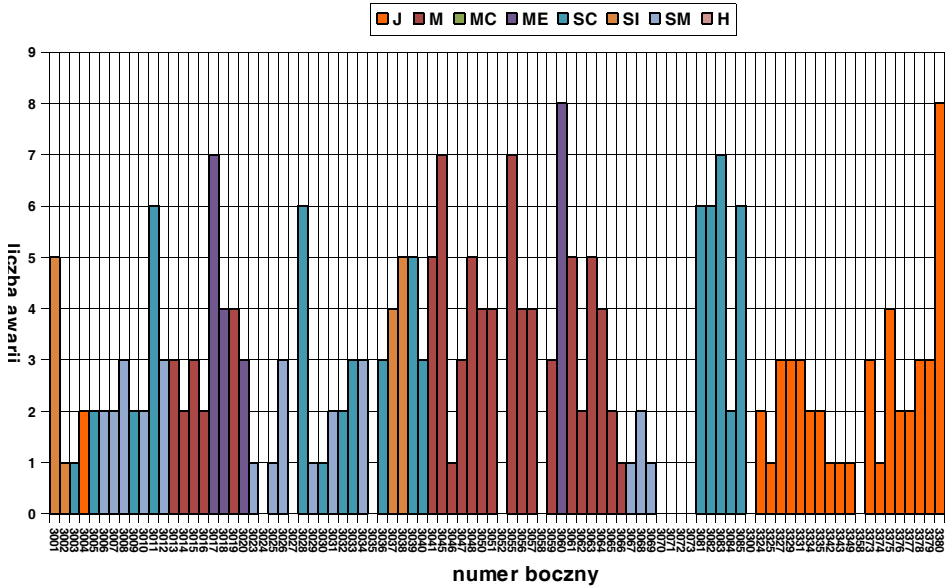
Table 4. Awaryjność typów trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp. z o.o.

Awaryjność typów trolejbusów na trasie															
Liczba poszczególnych awarii			od 2011-01-13						do 2011-02-14						
Lp.	Przyczyna awarii		Typ trolejbusa	J		M		ME		SC		SI		SM	
				liczba awarii razem	wskaźnik LA/(LT*P)*1000	liczba awarii LA	wskaźnik LA/(LT*P)*1000	liczba awarii LA	wskaźnik LA/(LT*P)*1000	liczba awarii LA	wskaźnik LA/(LT*P)*1000	liczba awarii LA	wskaźnik LA/(LT*P)*1000	liczba awarii LA	wskaźnik LA/(LT*P)*1000
1	OS	oświetlenie zewn. i wewn. + instalacja zasilająca + sterowanie	24	3,225	3	2,351	7	13,83	2	2,906	5	18,53	1	2,233	6
2	D	drzwi + sterowanie	25	3,225	3	4,367	13	6,915	1	1,743	3	18,53	1	1,488	4
3	H	układ hamulcowy + sterowanie + zasilanie	6	0	0	0,672	2	0	0	1,743	3	18,53	1	0	0
4	ZAN	zanieczyszczenie	1	0	0	0	0	6,915	1	0	0	0	0	0	0
5	LIN	linki ściągające bębny	7	1,075	1	0	0	6,915	1	0,581	1	18,53	1	1,116	3
6	URS	sterowanie układu rozruchu oporowego	4	3,225	3	0,336	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	OG	opona, koło	3	0	0	0,672	2	0	0	0	0	0	0	0,372	1
8	REZ	rezystory rozruchowe, hamowania, pomocnicze	1	0	0	0,336	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	PAN	drążek odbieraka, podstawa	5	1,075	1	0	0	0	0	1,162	2	0	0	0,744	2
10	PAS	paski klinowe, koła pasowe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

11	POD	zawieszenie pneumatyczne + ECAS + sterowanie	7	1,075	1	1,344	4	6,915	1	0,581	1	0	0	0	0
12	AL	alternator + układ ładowania	2	1,075	1	0,336	1	0	0	0	0	0	0	0	0
13	SIL	silnik trakcyjny lub pomocniczy	2	2,15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	SP	sprężarka	3	0	0	0,336	1	0	0	0,581	1	0	0	0,372	1
15	SIP	tablice informacyjne + instalacja + sterowanie (kasown. też)	9	0	0	2,687	8	0	0	0,581	1	0	0	0	0
16	UNE	urządzenie napędu energoelektron.	11	0	0	0	0	13,83	2	1,743	3	37,06	2	1,488	4
17	UP	układ pneumatyczny	7	0	0	2,015	6	0	0	0	0	0	0	0,372	1
18	PS	przetwornica statyczna	8	0	0	0	0	0	0	1,743	3	92,66	5	0	0
19	WYC	wycieraczki, lustra	7	1,075	1	0	0	0	0	1,743	3	0	0	1,116	3
20	ZB	zbierak	27	1,075	1	1,679	5	20,75	3	5,811	10	37,06	2	2,233	6
21	ZS	zapłątany w sieci	8	5,376	5	0	0	0	0	1,162	2	0	0	0,372	1
22	KAS	kasowniki + instalacja + sterowanie	19	1,075	1	3,023	9	13,83	2	1,743	3	0	0	1,488	4
23	NIEZN	nieznany	3	0	0	0,336	1	0	0	0,581	1	0	0	0,372	1
24	KOL	KOLIZJA, ZDARZENIE	8	2,15	2	1,008	3	0	0	1,743	3	0	0	0	0
25	INNE	inne	5	0	0	0,672	2	6,915	1	0,581	1	0	0	0,372	1
26	IWN	instalacja elektryczna 600 V JA + połączenia elektryczne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	INN	instalacja elektryczna 24 V + połączenia elektryczne	4	0	0	0,672	2	0	0	0,581	1	18,53	1	0	0
28	IUP	instalacja elektryczna / podzespoły pomocnicze	4	0	0	0	0	0	0	0,581	1	18,53	1	0,744	2
29	ELEK	pozostałe podzespoły elektryczne	14	5,376	5	2,687	8	0	0	0	0	18,53	1	0	0
30	MECH	pozostałe podzespoły mechaniczne	3	0	0	0	0	20,75	3	0	0	0	0	0	0
31	STY	stycznik, wyłącznik	7	1,075	1	1,679	5	0	0	0	0	18,53	1	0	0
32	BLA	blacharka, wykończenie i wyposażenie wewn.	12	1,075	1	1,344	4	0	0	3,487	6	0	0	0,372	1
33	ZAM	zamrażnięcie	1	1,075	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem			247	33	85	17	54	17	41						
Przebieg P [Mm]			454	47	129	29	108	13	128						
Liczba trolejbusów LTT-1			90	20	23	5	16	4	21						

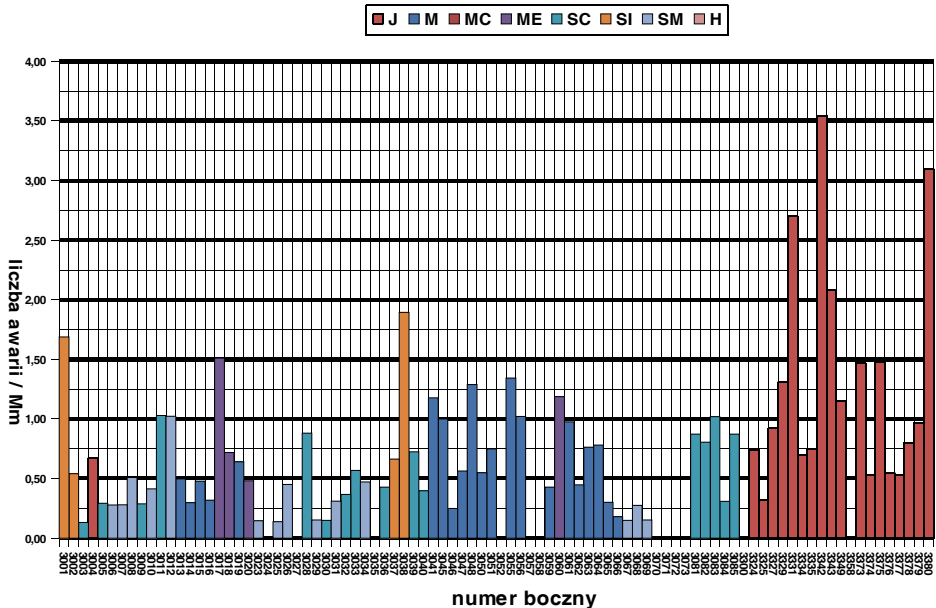
Źródło: Opracowanie własne.

Awaryjność poszczególnych trolejbusów



Rys. 2. Liczba awarii trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp z o.o.

Awaryjność jednostkowa poszczególnych trolejbusów - na 1 Mm przebiegu



Rys. 3. Wskaźniki awaryjności trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp. z o.o.

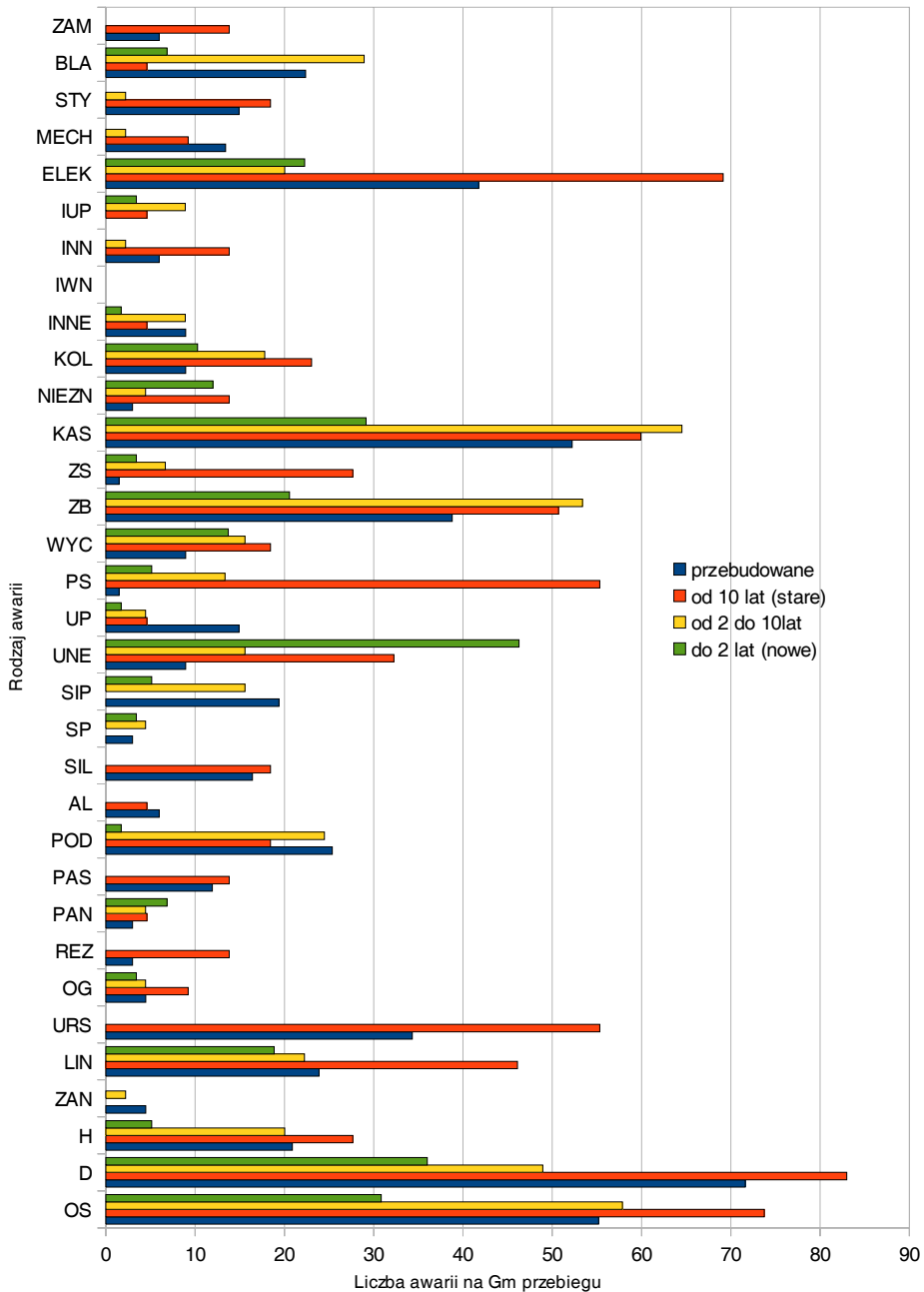
Na podstawie kilkumiesięcznych danych, na potrzeby niniejszej książki, sporządzono dwa niżej umieszczone dane ukazujące awaryjność poszczególnych grup trolejbusów względem powstałych w wyniku przebudowy autobusów na trolejbusy. Oba wykresy powstały na bazie nieznacznie różniących się danych, co wynika ze zmiany sposobu prowadzenia analiz w wyniku dopasowania się do zapotrzebowania.

Tab. 5. Przyczyny awarii trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp. z o.o.

Przyczyna awarii		przebudowane	od 10 lat (stare)	od 2 do 10 lat	do 2 lat (nowe)
ośw ietlenie zew n. i w ew n.+ inst. zasilająca + ster.	OS	55,2	73,75	57,85	30,85
drzwi + sterowanie	D	71,61	82,97	48,95	35,99
układ hamulcowy + sterowanie + zasilanie	H	20,89	27,66	20,02	5,14
zanieczyszczenie	ZAN	4,48	0	2,22	0
linki ściągające; bębny	LIN	23,87	46,09	22,25	18,85
sterowanie układu rozruchu oporowego	URS	34,31	55,31	0	0
opona; koło	OG	4,48	9,22	4,45	3,43
rezystory rozruchowe; hamowania; pomocnicze	REZ	2,98	13,83	0	0
drażek odbieraka; podstaw a	PAN	2,98	4,61	4,45	6,86
paski klinowe; koła pasowe	PAS	11,94	13,83	0	0
zawieszenie pneumatyczne + ECAS + sterowanie	POD	25,36	18,44	24,47	1,71
alternator + układ ładowania	AL	5,97	4,61	0	0
silnik trakcyjny lub pomocniczy	SIL	16,41	18,44	0	0
sprężarka	SP	2,98	0	4,45	3,43
tablice informacyjne + instalacja + sterowanie (kasow n. też)	SIP	19,39	0	15,57	5,14
urządzenie napędu eneoelektron.	UNE	8,95	32,27	15,57	46,28
układ pneumatyczny	UP	14,92	4,61	4,45	1,71
przetwornica statyczna	PS	1,49	55,31	13,35	5,14
wycieraczki; lustra	WYC	8,95	18,44	15,57	13,71
zbierak	ZB	38,79	50,7	53,4	20,57
zapłątany w sieci	ZS	1,49	27,66	6,67	3,43
kasowniki + instalacja + sterowanie	KAS	52,22	59,92	64,52	29,14
nieznany	NIEZN	2,98	13,83	4,45	12
KOLIZJA, ZDARZENIE	KOL	8,95	23,05	17,8	10,28
inne	INNE	8,95	4,61	8,9	1,71
instalacja elektryczna 600V; JA + połączenia elektr.	IWN	0	0	0	0
instalacja elektryczna 24V + połączenia elektr.	INN	5,97	13,83	2,22	0
inst.el. / podzesp.- ukł.pomoc.	IUP	0	4,61	8,9	3,43
pozostałe podzespoły elektryczne	ELEK	41,77	69,14	20,02	22,28
pozostałe podzespoły mechaniczne	MECH	13,43	9,22	2,22	0
Stycznik; wycieraczki	STY	14,92	18,44	2,22	0
blacharka, w wykonanie i w wyposażenie w ew n.	BLA	22,38	4,61	28,92	6,86
zamarznięcie	ZAM	5,97	13,83	0	0

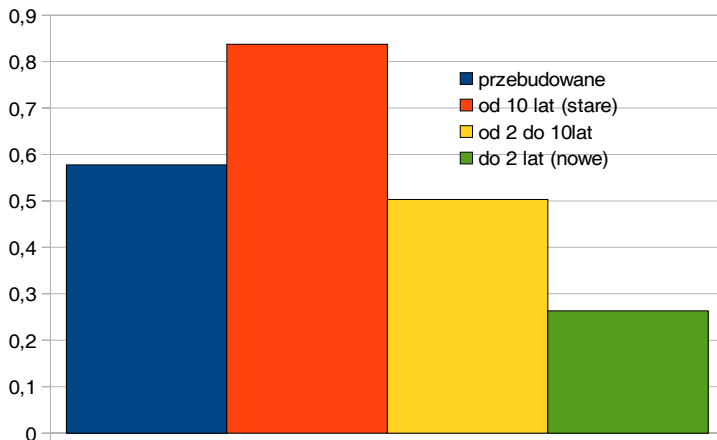
Źródło: Opracowanie własne.

Rodzajowa awaryjność jednostkowa trolejbusów



Rys. 4. Rodzaje awarii trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp. z o.o.

Awaryjność jednostkowa grup trolejbusów



Rys. 5. Jednostkowa awaryjność przebudowanych trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp. z o.o. na tle pozostałych trolejbusów spółki

Z powyższych danych wynika, że awaryjność trolejbusów powstałych w wyniku przebudowy autobusu na trolejbus jest niższa niż najstarszych zastępowanych przez nie. Należy również zauważyć, że pod względem awaryjności są znacznie słabsze niż nowe, jednocześnie są porównywalne z eksploatowanymi od 2 do 10 lat.

5.2. Doświadczenia eksploatacyjne w Szegedzie

Przedsiębiorstwo Szegedi Közlekedési Társaság przed wprowadzeniem do eksploatacji trolejbusów Volvo i Mercedes przebudowanych z autobusów eksploatowało trolejbusy wysokopodłogowe produkcji radzieckiej – ZiU 9, czechosłowackiej – Škoda 14Tr i 15Tr oraz węgierskiej – Ikarus 280T. Wszystkie wskazane pojazdy zostały zaprojektowane w latach 60 i 70. i nie spełniają wymogów nowoczesnej komunikacji miejskiej dostosowanej do potrzeb jak najszerzej grupy odbiorców, w tym osób niepełnosprawnych i starszych. Brak niskiego przebiegu podłogi to tylko jeden z mankamentów starych trolejbusów. W eksploatowanych trolejbusach stosowano napędy o przestarzałej konstrukcji, szczególnie w przypadku trolejbusów radzieckich charakteryzujące się dużym zużyciem energii elektrycznej. Pojazdy ZiU i Ikarus szczególnie podatne były na proces korozji ze względu na słabe zabezpieczenia konstrukcji i powłok blacharskich. Wszystkie te cechy wpływały na wysoką awaryjność pojazdów.

Na tle starszych trolejbusów nowe pojazdy, zbudowane w oparciu o kilkuletnie nadwozia autobusów, zabezpieczone antykorozyjnie i nowoczesny napęd, znacząco poprawiły wskaźniki eksploatacyjne i zmniejszyły wskaźniki awaryjności. Poprzez wprowadzenie trolejbusów niskopodłogowych do codziennej eksploatacji przedsiębiorstwo mogło rozpocząć regularną gwarantowaną obsługę poszczególnych zadań przewozowych pojazdami dostosowanymi do potrzeb osób niepełnosprawnych.

Dotychczasowa eksploatacja trolejbusów Volvo oraz Mercedes w Szegedzie daje pozytywny obraz konwersji autobusów wyposażonych w silniki diesla na trolejbusy. Bogate doświadczenia eksploatacyjne uzyskane od 2004 r. umożliwiają podjęcie decyzji o kontynuowaniu wymiany taboru trolejbusowego kolejnymi pojazdami powstającymi we własnych warsztatach. Zważywszy na fakt, że nadwozie Mercedes-Benz O530 pozostaje cały czas w seryjnej produkcji, a autobusy O530 cieszą się uznaniem kilkuset przewoźników na całym świecie, nie ma podstaw do tego aby kierować uwagę na zmianę nadwozia. Dostępność pojazdów na rynku wtórnym jest wysoka, a cena nie jest wygórowana. Ponadto zastosowany napęd asynchroniczny zalicza się do grupy najnowocześniejszych, stosowanych w miejskiej trakcji elektrycznej, także jest w stałej produkcji więc w związku z unifikacją i obniżaniem kosztów eksploatacyjnych nie przewiduje się zmiany dostawcy napędu.

Rozwiązaniem, nad którym debatują władze przedsiębiorstwa z Szegedu jest możliwość zastosowania układu jazdy awaryjnej – pomocniczego układu zasilania w postaci zespołu baterii litowo-jonowych. Podobnie jak w Gdyni, postanowiono, że trolejbus musi pozostać środkiem transportu nieemisyjnym w miejscu eksploatacji, a jedynym dodatkowym źródłem zasilania umożliwiającym takie rozwiązanie są baterie. W przypadku przedsiębiorstwa z Gdyni zastosowano konwencjonalne, stosowane z powodzeniem od kilku lat, baterie niklowo-kadmowe, które nie są bardzo drogie, ale mają znaczącą masę własną pomniejszającą liczbę miejsc pasażerskich. W przypadku Szegedu rozważana jest możliwość zastosowania najnowocześniejszych baterii litowo-jonowych, dotychczas stosowanych seryjnie wyłącznie w elektrycznych samochodach osobowych, które powoli wkraczają do komunikacji miejskiej. Akumulatory litowo-jonowe charakteryzują się niedużą masą własną i dużą pojemnością energetyczną, co przekłada się na długi dystans drogi, który trolejbus może pokonać bez zasilania z sieci trakcyjnej. Nieduża masa własna zespołu baterii nie wpływa znacząco na zmniejszenie liczby miejsc pasażerskich.

W latach 2004-2010 Szegedi Közlekedési Társaság (Przedsiębiorstwo Komunikacyjne z Szegedu) zbudowało we własnym zakresie 7 nowych trolejbusów w oparciu o nadwozia autobusów spalinowych Mercedes-Benz O530

i Volvo 7000. Bardzo dobre wyniki eksploatacyjne, niewielka awaryjność i pozytywny odbiór pasażerów dały możliwość kontynuowania idei konwersji autobusów na trolejbusy. Przed wprowadzeniem do eksploatacji trolejbusów niskopodłogowych zbudowanych we własnych warsztatach przedsiębiorstwo komunikacyjne z Szegedu nie miało dużych doświadczeń w zakresie nowoczesnych napędów oraz trolejbusów niskopodłogowych. Park trolejbusowy składał się głównie z wyeksploatowanych trolejbusów produkcji radzieckiej – marki ZiU 9 oraz trolejbusów produkcji czechosłowackiej – marki Škoda 14Tr i 15Tr i węgierskiej – Ikarus 280T.

Wprowadzenie do eksploatacji nowoczesnych trolejbusów niskopodłogowych zapewne w znaczący sposób wpłynęło na pozytywny odbiór komunikacji trolejbusowej. Wydaje się, że kontynuowanie budowy trolejbusów według wskazanego wariantu jest nie tylko efektywnym ekonomicznie, ale godnym naśladowania rozwiązaniem, alternatywnym w stosunku do zakupu fabrycznie nowych trolejbusów w sytuacji, gdy przedsiębiorstwo ma niewystarczające zasoby finansowe.

5.3. Analiza słabych i mocnych stron konwersji

Jak większość różnego rodzaju stosowanych rozwiązań przebudowa autobusów na trolejbusy ma swoje wady i zalety. Ze względu na uwarunkowania waga poszczególnych wad i zalet jest różna. W ogólnej ocenie opłacalność wykonywania przebudów autobusów na trolejbusy z różnych względów, może być różna dla różnych przewoźników.

Głównym powodem wykonywania przebudów przez PKT Gdynia jest konieczność odnowienia taboru z jednoczesnym pozyskaniem pojazdów niskopodłogowych stosunkowo niskim kosztem.

Główne zalety przebudów autobusów na trolejbusy:

- niski koszt inwestycji (od 2 do 5 trolejbusów przebudowanych zamiast 1 nowego);
- pozyskanie taboru niskopodłogowego;
- odnowienie taboru (przy okazji wykonuje się drobny remont nadwozia rokującego dłuższą eksploatacją niż kasowanych trolejbusów);
- większa możliwość wyboru sposobu wykonania przebudowy;
- możliwość wykonania przebudowy we własnym zakresie (w warunkach zajezdni);

Główne wady przebudów autobusów na trolejbusy:

- 1) uzyskuje się używany pojazd (awaryjność jak dla starych pojazdów);
- 2) brak znajomości/pewności przeszłości przebudowywanych autobusów;
- 3) częste prowizoryczne przeróbki przebudowywanych autobusów;
- 4) brak dokumentacji technicznej (niekiedy istnieje szczątkowa lub niepewna);
- 5) każdy pojazd tego samego typu jest inny (często znacznie różnią się między sobą, co pacyfikuje wykonanie uniwersalnej dokumentacji przebudowy; utrudnia to naprawy; znacznie powiększa asortyment magazynu części zamiennych; sprawia znaczne trudności w zaopatrzeniu; brak jednolitości obsługi).

6

Efektywność ekonomiczna konwersji używanych autobusów na trolejbusy przez PKT Sp. z o.o. w Gdyni w latach 2004–2010

6.1. Założenia oceny efektywności ekonomicznej konwersji

Na 28 przebudowanych autobusów w latach 2004–2010 w 22 zastosowano silnik i sterowanie ze starych trolejbusów. W jednym pojeździe przebudowanym w 2008 roku zastosowano rozwiązanie przejściowe, a w 5 ostatnich rozwiązanie innowacyjne w pełnym opisanym zakresie.

Mając na uwadze różne cele konwersji w pierwszym i drugim etapie procesu konwersji używanych autobusów na trolejbusy, należy określić jego efektywność ekonomiczną dla każdego etapu z osobna, pomijając konwersję jednego pojazdu, którą trzeba uznać za rozwiązanie przejściowe i jako takie – niebędące wiarygodnym elementem ocenianej grupy.

6.2. Wartości początkowe pojazdów przebudowywanych i fabrycznie nowych

W tabelach 6 i 7 przedstawiono odpowiednio wartości początkowe pojazdów uzyskanych w rezultacie konwersji oraz wartości początkowe fabrycznie nowych pojazdów zakupionych w tym samym okresie.

Wartość początkową trolejbusu z konwersji stanowi cena zakupu używanego autobusu oraz koszt przebudowy autobusu na trolejbus, pomniejszony o wartość sprzedanego silnika spalinowego – jeśli kupiony pojazd był wyposażony w silnik. W skład kosztu przebudowy wchodzi z kolei koszty zakupu części zamiennych i materiałów, koszty wynagrodzenia pracowników oraz narzut kosztów wydziałowych i ogólnozakładowych. Wartość początkową nowego trolejbusu stanowi natomiast jego cena netto (bez podatku VAT). Efektywność ekonomiczną konwersji używanych autobusów na trolejbusy można obliczyć porównując wartość początkową pojazdów uzyskanych w wyniku przebudowy z wartością początkową nowych pojazdów osobno dla pierwszego i drugiego etapu konwersji ze względu na odmienne cele konwersji w obu etapach.

Tabela 6. Wartość początkowa trolejbusów powstałych w wyniku przebudowy używanych autobusów marki Mercedes przez PKT Sp. z o.o. w latach 2004–2010

Rok	Typ pojazdu	Data przyjęcia do użytkowania	Nr ewidencyjny	Cena zakupu autobusu	Koszty przebudowy autobusu pomniejszone o cenę sprzedaży silnika spalinowego	Wartość początkowa trolejbusu
2004	405NE	30.09.04	3046	130 000,00	153 570,67	283 570,67
	405NE	30.11.04	3048	166 000,00	99 874,62	265 874,62
2005	405NE	22.02.05	3055	150 000,00	87 430,19	237 430,19
	405NE	30.04.05	3063	150 000,00	109 652,64	259 652,64
	405NE	30.04.05	3059	150 000,00	109 507,35	253 507,35
	405NE	30.06.05	3056	150 000,00	104 163,68	254 163,68
	405NE	30.11.05	3061	150 000,00	142 853,42	292 853,42
2006	405NE	24.03.06	3065	155 000,00	130 195,39	285 195,39
	405NE	31.05.06	3064	140 000,00	126 140,60	266 140,60
	405NE	31.08.06	3050	165 000,00	127 040,99	292 040,99
	405NE	13.10.06	3066	155 000,00	140 120,34	285 120,34
	405NE	18.12.06	3051	165 000,00	141 371,78	306 371,78
2007	405NE	16.02.07	3057	210 000,00	138 750,20	348 750,20
	405NE	30.06.07	3045	155 000,00	153 176,64	308 176,64
	405NE	21.08.07	3047	155 000,00	154 145,69	309 145,69
	405NE	31.10.07	3062	155 000,00	160 215,73	315 215,73
	405NE	31.12.07	3041	155 000,00	167 716,84	322 716,84
2008	405NI	12.05.08	3052	250 000,00	307 669,31	557 669,31
	405NE	14.05.08	3013	220 000,00	170 445,56	390 445,56
	405NE	31.08.08	3015	170 000,00	183 465,43	353 465,43
	405NE	20.10.08	3014	200 000,00	141 526,59	341 526,59
	405NE	31.12.08	3016	200 000,00	217 216,61	417 216,61
2009	405NAC	14.12.09	3018	190 000,00	474 472,41	664 472,41
	405NE	02.12.09	3019	170 000,00	162 255,35	332 255,35
	405NAC	30.12.09	3020	180 000,00	364 331,74	544 331,74
2010	405NAC	31.03.10	3017	190 000,00	410 005,05	600 005,05
	405NAC	27.05.10	3058	180 000,00	296 571,68	476 571,68
	405NAC	30.07.10	3060	180 000,00	402 582,72	582 582,72

Źródło: dane PKT Sp. z o.o.

Tabela 7. Wartość początkowa fabrycznie nowych trolejbusów marki Solaris Trollino zakupionych przez PKT Sp. z o.o. w latach 2004–2010

Rok	Typ pojazdu	Data przyjęcia do użytkowania	Nr ewidencyjny	Wartość początkowa trolejbusu [zł]
2004	12AC	01.11.04	3003	1150000,00
2005	12AC	13.12.05	3030	1154800,00
	12AC	30.11.05	3032	1154800,00
	12AC	30.11.05	3028	1154800,00
2006	12AC	31.03.06	3036	1154800,00
	12AC	31.03.06	3039	1154800,00
	12AC	31.03.06	3033	1154800,00
	12AC	30.04.06	3081	1154800,00
	12AC	30.04.06	3082	1154800,00
	12AC	30.04.06	3083	1154800,00
	12AC	30.04.06	3084	1154800,00
	12AC	30.05.06	3085	1154800,00
	12AC	31.12.06	3005	1154800,00
2007	12ACIII	24.12.07	3009	1116303,00
2008	12ACIII	18.04.08	3011	1188989,00
2009	–	–	–	–
2010	12M	31.01.10	3012	1494600,00
	12M	31.01.10	3010	1494600,00
	12M	11.10.10	3006	1589000,00
	12M	11.10.10	3007	1589000,00
	12M	11.10.10	3008	1589000,00
	12M	11.10.10	3023	1589000,00
	12M	11.10.10	3024	1589000,00
	12M	11.10.10	3025	1589000,00
	12M	20.10.10	3026	1589000,00
	12M	20.10.10	3027	1589000,00
	12M	20.10.10	3029	1589000,00
	12M	20.10.10	3031	1589000,00
	12M	19.11.10	3034	1589000,00
2011	12M	19.11.10	3035	1589000,00
	12M	19.11.10	3067	1589000,00
	12M	19.11.10	3068	1589000,00
	12M	19.11.10	3069	1589000,00

12M	20.01.11	3070	1589000,00
12M	20.01.11	3071	1589000,00
12M	20.01.11	3072	1589000,00
12M	20.01.11	3073	1589000,00
12M	04.11.11	3074	1589000,00
12M	04.11.11	3075	1589000,00
12M	04.11.11	3076	1589000,00
12M	04.11.11	3077	1589000,00
12M	04.11.11	3078	1589000,00
12M	04.11.11	3079	1589000,00

Źródło: dane PKT Sp. z o.o.

W pierwszych latach konwersji przebudowano po 5 pojazdów rocznie, nie biorąc pod uwagę lat skrajnych. Wartość autobusu przeznaczanego do przebudowy mieściła się w granicach od 130 tys. zł do 220 tys. zł. O różnicy tej wartości decydował przede wszystkim rocznik pojazdu oraz jego model. Pojazdy drugiej generacji Mercedesów O405N, którym nadano nr inwentarzowe 3057 i od 3013 do 3016 oraz 3019 były droższe jako nowsze i bardziej funkcjonalne dzięki umieszczeniu części siedzeń bezpośrednio na niskiej podłodze. Zróżnicowane były także koszty przebudowy autobusu, które wyniosły na tym etapie od 87 tys. zł do 217 tys. zł. Zależały one przede wszystkim od stanu techniczno-eksploatacyjnego autobusu poddanego konwersji, który determinował zakres i czas przebudowy. W rezultacie wartość początkowa trolejbusu w pierwszym etapie ukształtowała się w przedziale od 237 tys. zł do 417 tys. zł, osiągając przeciętny poziom 316 tys. zł.

W drugim etapie konwersji wartość autobusu przeznaczanego do przebudowy mieściła się w granicach 180 do 190 tys. zł, a więc była nieznacznie zróżnicowana. Duże różnice wystąpiły natomiast w kosztach przebudowy autobusów na trolejbusy, które przyjęły poziom od 297 do 474 tys. zł przede wszystkim w zależności od niezbędnego zakresu i czasu przebudowy. Wartość początkowa trolejbusu na drugim etapie wyniosła od 476 do 664 tys. zł, osiągając przeciętny poziom 574 tys. zł.

Fabrycznie nowe pojazdy marki Solaris Urbino 12 kosztowały w latach 2004-2011 od 1 116 tys. zł do 1 589 tys. zł. Najdroższe pojazdy pochodzą z dostawy 25 trolejbusów zakupionych przy wsparciu środkami Unii Europejskiej w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego. O ich wysokiej cenie zdecydował przede wszystkim standard wyposażenia technicznego obejmującego klimatyzację, odbieraki prądu opuszczane zdalnie z kabiny kierowcy oraz pomocniczy napęd bateryjny o stosunkowo dużym zasięgu.

6.3. Czas przebudowy pojazdów poddanych konwersji

W tabeli 8 przedstawiono czas przebudowy poszczególnych pojazdów, który stanowił istotny czynnik wpływający na kształtowanie się kosztów przebudowy używanych autobusów na trolejbusy.

Tabela 8. Czas konwersji używanych autobusów marki Mercedes przez PKT Sp. z o.o. w latach 2004–2010

Nr ewidencyjny	Czas przebudowy
3052	ok. 6 miesięcy
3018	8 miesięcy
3017	ok. 5 miesięcy
3060	4 miesiące
Pozostałe	ok.3 miesięcy

Źródło: dane PKT Sp. z o.o.

Czas przeznaczony na przebudowę poszczególnych autobusów na trolejbusy był zróżnicowany (tabela 8), wahając się od 3 do 8 miesięcy, przy czym w przypadku 24 pojazdów ukształtował się na najkrótszym poziomie. Najwięcej czasu, bo aż 8 miesięcy, zajęła przebudowa pierwszego pojazdu w drugim etapie. Była to pionierska przebudowa z zastosowaniem nowego układu napędowego. Długi okres tej przebudowy przełożył się na najwyższy jej koszt.

6.4. Relacja wartości początkowej trolejbusów z przebudowy i fabrycznie nowych jako kryterium oceny efektywności konwersji

W tabelach 9 i 10 przedstawiono odpowiednio relacje i różnice wartości początkowej trolejbusów uzyskanych w procesie konwersji i fabrycznie nowych trolejbusów właściwe dla pierwszego i drugiego etapu.

Relację wartości obu rodzajów pojazdów przyjęto jako kryterium oceny efektywności konwersji wychodząc z założenia, że PKT Sp. z o.o. nie dysponując określonymi środkami finansowymi za cel postawiła sobie szybkie zwiększenie liczby, i co za tym idzie, udziału pojazdów niskopodłogowych w strukturze taboru.

Z danych w tabeli 9 wynika, że relacja wartości trolejbusu z konwersji i nowego w przypadku pojazdów przebudowanych w latach 2004-2009 przy wykorzystaniu układów napędowych wycofanych z eksploatacji trolejbusów

ukszałtowała się na minimalnym i maksymalnym poziomie odpowiednio 21 i 35%. Średnia relacja dla 22 pojazdów wyniosła 26%, co oznacza, że przeciętnie dzięki konwersji w pierwszym etapie w miejsce jednego fabrycznie nowego pojazdu udało się wprowadzić 4 pojazdy niskopodłogowe przebudowane, uzyskując określony efekt funkcjonalny w postaci szybszego upowszechnienia eksploatacji trolejbusów niskopodłogowych.

Tabela 9. Relacja i różnica w wartości początkowej trolejbusów z konwersji i fabrycznie nowych w pierwszym etapie procesu konwersji w PKT Sp. z o.o. (2004–2009)

Rok	Nr ewidencyjny pojazdu z konwersji	Wartość początkowa pojazdu z konwersji [zł]	Nr ewidencyjny pojazdu nowego zakupionego w danym roku	Wartość początkowa pojazdu nowego [zł]	Relacja wartości pojazdu z konwersji i nowego [%]	Różnica wartości pojazdu nowego i z konwersji [zł]
2004	3046	283 570,67	3003	1 150 000,00	24,66	866 429,33
2004	3048	265 874,62	3003	1 150 000,00	23,12	884 125,38
2005	3055	237 430,19	3030	1 154 800,00	20,56	917 369,81
2005	3063	259 652,64	3030	1 154 800,00	22,48	895 147,36
2005	3059	253 507,35	3030	1 154 800,00	21,95	901 292,65
2005	3056	254 163,68	3030	1 154 800,00	22,01	900 636,32
2005	3061	292 853,42	3030	1 154 800,00	25,36	861 946,58
2006	3065	285 195,39	3036	1 154 800,00	24,70	869 604,61
2006	3064	266 140,60	3036	1 154 800,00	23,05	888 659,40
2006	3050	292 040,99	3036	1 154 800,00	25,29	862 759,01
2006	3066	285 120,34	3036	1 154 800,00	24,69	869 679,66
2006	3051	306 371,78	3036	1 154 800,00	26,53	848 428,22
2007	3057	348 750,20	3009	1 116 303,00	31,24	767 552,80
2007	3045	308 176,64	3009	1 116 303,00	27,61	808 126,36
2007	3047	309 145,69	3009	1 116 303,00	27,69	807 157,31
2007	3062	315 215,73	3009	1 116 303,00	28,24	801 087,27
2007	3041	322 716,84	3009	1 116 303,00	28,91	793 586,16
2008	3013	390 445,56	3011	1 188 989,00	32,84	798 543,44
2008	3015	353 465,43	3011	1 188 989,00	29,73	835 523,57
2008	3014	341 526,59	3011	1 188 989,00	28,72	847 462,41
2008	3016	417 216,61	3011	1 188 989,00	35,09	771 772,39
2009	3019	332 255,35	3010	1 494 600,00	22,23	1 162 344,65
Suma	–	6 720 836,31	–	25 680 071,00	26,17	18 959 234,69
Średnia	–	305 492,56	–	1 167 275,95	–	861 783,40

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych PKT Sp. z o.o.

Tabela 10. Relacja i różnica w wartości początkowej trolejbusów z konwersji i fabrycznie nowych w drugim etapie procesu konwersji w PKT Sp. z o.o. 2009-2010)

Rok	Nr ewidencyjny pojazdu z konwersji	Wartość początkowa pojazdu z konwersji [zł]	Nr ewidencyjny pojazdu nowego zakupionego w danym roku	Wartość początkowa pojazdu nowego [zł]	Relacja wartości pojazdu z konwersji nowego [%]	Różnica wartości pojazdu nowego i z konwersji [zł]
2009	3018	664 472,41	3010	1 494 600,00	44,46	830 127,59
2009	3020	544 331,74	3010	1 494 600,00	36,42	950 268,26
2010	3017	600 005,05	3006	1 589 000,00	37,76	988 994,95
2010	3058	476 571,68	3006	1 589 000,00	29,99	1 112 428,32
2010	3060	582 582,72	3006	1 589 000,00	36,66	1 006 417,28
Suma	–	2 867 963,60	–	7 756 200,00	36,98	4 888 236,40
Średnia	–	573 592,72	–	1 551 240,00	–	977 647,28

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych PKT Sp. z o.o.

Z danych w tabeli 10 wynika, że relacja wartości trolejbusu z konwersji i nowego w przypadku pojazdów przebudowanych w latach 2009-2010 przy zastosowaniu nowych układów napędowych ukształtowała się na minimalnym i maksymalnym poziomie odpowiednio 30 i 44%. Średnia relacja dla 5 pojazdów przebudowanych w tym czasie wyniosła 37%, co oznacza, że przeciętnie udało się dzięki konwersji w drugim etapie w miejsce jednego fabrycznie nowego pojazdu wprowadzić prawie 3 pojazdy niskopodłogowe, uzyskując określony efekt funkcjonalny w postaci szybszego upowszechnienia eksploatacji trolejbusów niskopodłogowych oraz efekt eksploatacyjno-ekonomiczny w postaci zapewnienia płynniejszej jazdy oraz mniejszego zużycia energii elektrycznej.

6.5. Wnioski z oceny efektywności ekonomicznej konwersji

Reasumując, proces konwersji używanych autobusów na trolejbusy w PKT Sp. z o.o. można uznać za efektywny ekonomicznie. Dzięki konwersji udało się znacznie przyspieszyć wymianę taboru trolejbusowego z wysokopodłogowego na niskopodłogowy oraz uzyskać pewne dodatkowe efekty eksploatacyjno-ekonomiczne.

Pod koniec 2011 roku w strukturze taboru trolejbusowego dominowały pojazdy niskopodłogowe, stanowiąc 89% taboru tego przewoźnika. Wśród pojazdów tych udział trolejbusów z konwersji wynosił 37%, co oznacza, że więcej niż co trzeci pojazd niskopodłogowy uzyskano dzięki konwersji. Przeważający

udział w strukturze taboru PKT Sp. z o.o. pojazdów fabrycznie nowych w postaci Solarisów Trollino 12 był rezultatem realizacji przez spółkę dwóch projektów współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. W ramach tych projektów zakupiono do końca 2011 roku łącznie 35 fabrycznie nowych trolejbusów. Oznacza to, że tylko 13 pojazdów niskopodłogowych nie pochodziło ani z konwersji, ani z projektów współfinansowanych przez Unię Europejską. Utwierdza to w przekonaniu, że konwersja była warunkiem uzyskania w komunikacji trolejbusowej, w czasie znacznie nieodlegającym od prawie całkowitej wymiany taboru w komunikacji autobusowej na niskopodłogowy, podobnego efektu determinującego zmianę wizerunku trolejbusów wśród pasażerów.

Pozytywna ocena konwersji używanych autobusów na trolejbusy, zarówno pod względem technicznym, jak i ekonomicznym, przez PKT Sp. z o.o. pozwoliła na podjęcie decyzji o kontynuacji tego procesu. W 2011 roku rozpoczęto trzeci etap konwersji przebudowując nowoczesny autobus marki Mercedes O530 Citaro na trolejbus. Trolejbus ten w odróżnieniu od poprzednich, uzyskanych w rezultacie konwersji, posiada klimatyzację wnętrza pojazdu. Jego walorem, pozytywnie go wyróżniającym, jest też silniejszy napęd pomocniczy, który pozwala na przejechanie większej liczby kilometrów bez kontaktu z siecią trakcyjną. W ramach trzeciego etapu zrealizowano także przebudowę drugiego autobusu Mercedes O530 Citaro.

Podsumowanie

Przed rozpoczęciem realizacji projektu budowy trolejbusów w oparciu o nadwozia autobusów z rynku wtórnego PKT posiadało zaledwie 7 trolejbusów niskopodłogowych, w tym 1 trolejbus Jelcz M121MT z 1999 r. oraz 6 trolejbusów Solaris Trollino 12 w dwóch typach napędu. Pozostałe 70 trolejbusów stanowiły trolejbusy Jelcz PR110E i 120MTE, w znacznym stopniu wyeksploatowane, charakteryzujące się wysokim wskaźnikiem awaryjności. Wprowadzenie do eksploatacji nowego typu pojazdów, opartych o nieznane, częściowo wyeksploatowane nadwozia niemieckie wzbudzało obawę wysokiej awaryjności. Doświadczenie eksploatacyjne wykazało jednak, że obawa była wyolbrzymiona, a awaryjność części mechanicznej 10-12 letnich autobusów jest niższa niż wysokopodłogowych Jelczy. Nadwozia charakteryzują się wysoką trwałością, a odpowiednio zabezpieczona konstrukcja i oblachowanie nie ulegają korozji. Na tle posiadanego parku taborowego trolejbusy MB O405N w przeliczeniu na pracę przewozową wykazują wyższą awaryjność względem nowych trolejbusów Solaris Trollino, lecz znacząco niższą względem starych trolejbusów Jelcz.

Wskaźniki awaryjności poszczególnych typów trolejbusów eksploatowanych w Przedsiębiorstwie Komunikacji Trolejbusowej w Gdyni wynoszą odpowiednio:

- Solaris: 0,2-0,3 awarii na 1 tys. km,
- Mercedes: 0,3-0,5 w okresie letnim i 0,8-1,0 w okresie zimowym na 1 tys. km,
- Jelcz: 0,7-0,9 w okresie letnim i ponad 1,0 w okresie zimowym na 1 tys. km.

Z przedstawionych danych można wywnioskować, że wprowadzenie do eksploatacji trolejbusów MB O405N2 poza zaletą w postaci niskiej podłogi i komfortowego wnętrza poprawiło także wskaźniki eksploatacyjne.

Pierwotne założenia konwersji autobusów na trolejbusy uwzględniały perspektywę 6-7 lat eksploatacji trolejbusów zbudowanych we własnym zakresie. Brak możliwości zakupu większej partii pojazdów fabrycznie nowych zweryfikował te założenia. Obecnie zakłada się, że trolejbusy MB O405N będą eksploatowane przez okres 10 lat. Ich dobry stan techniczny oraz relatywnie nieduża awaryjność umożliwia pozytywne spojrzenie na takie założenie.

Projekt konwersji autobusów na trolejbusy jest oryginalną koncepcją niskobudżetowego pozyskania znaczącej liczby trolejbusów niskopodłogowych w celu wyrównania dysproporcji, jakie pojawiły się między komunikacją trolejbusową a autobusową w Gdyni. Alternatywa budowy trolejbusów opartych o nadwozia autobusów pochodzących z rynku wtórnego względem przeprowadzania dalszych napraw głównych trolejbusów wysokopodłogowych Jelcz okazała się sukcesem ze względów zarówno społecznych, jak i ekonomicznych. Idea, która zrodziła się w 2003 r. doprowadziła do powstania 28 trolejbusów MB O405N przy 85 łącznie posiadanych przez Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej w Gdyni (wg stanu na 2011 r.).

Koszt budowy trolejbusu w pierwotnej wersji był porównywalny z kosztem przeprowadzenia generalnego remontu pojazdu Jelcz, a w wersji finalnej, w związku z zakupem i montażem nowych napędów energooszczędnych osiągnął poziom ok. 37% ceny fabrycznie nowego trolejbusu. Oszczędności wynikające z przebudów zintensyfikowały dynamikę wymiany starych trolejbusów, źle ocenianych przez pasażerów. Dzięki wprowadzeniu do eksploatacji Mercedesów Gdynia w bardzo krótkim okresie czasu, przy niewielkim obciążeniu finansowym, uzyskała efekt w postaci wysokiego odsetka pojazdów dostosowanych do potrzeb osób z dysfunkcjami ruchowymi. Nowe trolejbusy znacząco wpłynęły na ocenę komunikacji trolejbusowej z perspektywy pasażera oraz poprawiły wskaźniki eksploatacyjne przedsiębiorstwa. Bardzo dobre doświadczenia eksploatacyjne skłaniają do kontynuowania idei budowy trolejbusów własnymi siłami, jako uzupełnienia zakupów fabrycznie nowych trolejbusów oraz zachęcają do zainteresowania tym pomysłem wszystkich przewoźników trolejbusowych, którzy stoją przed koniecznością unowocześnienia parku pojazdów, a nie posiadają odpowiednich zasobów finansowych, aby dokonać tego poprzez zakup fabrycznie nowych trolejbusów.

Bibliografia

- [1] Połom M., 2005, *Pierwszy na świecie trolejbus Mercedes-Benz O405N*, Zajeźdźnia, nr 1(6), s. 6-7.
- [2] Połom M., Bartłomiejczyk M., 2010, *Eksplatacja i rozwój infrastruktury oraz taboru przedsiębiorstwa komunikacji trolejbusowej w Gdyni*, Technika Transportu Szynowego, nr 7-8/2010, s. 18-21.
- [3] Połom M., Palmowski T., 2009, *Rozwój i funkcjonowanie komunikacji trolejbusowej w Gdyni*, Wydawnictwo Bernardinum, Pelplin, ss. 152.
- [5] Połom M., Bartłomiejczyk M., 2011, *Konwersja autobusów niskopodłogowych na trolejbusy w Gdyni*, Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, s. 14-19.

Strony internetowe

- [1] www.pktgdynia.pl
- [2] www.trolejbusy.strefa.pl

Spis tabel

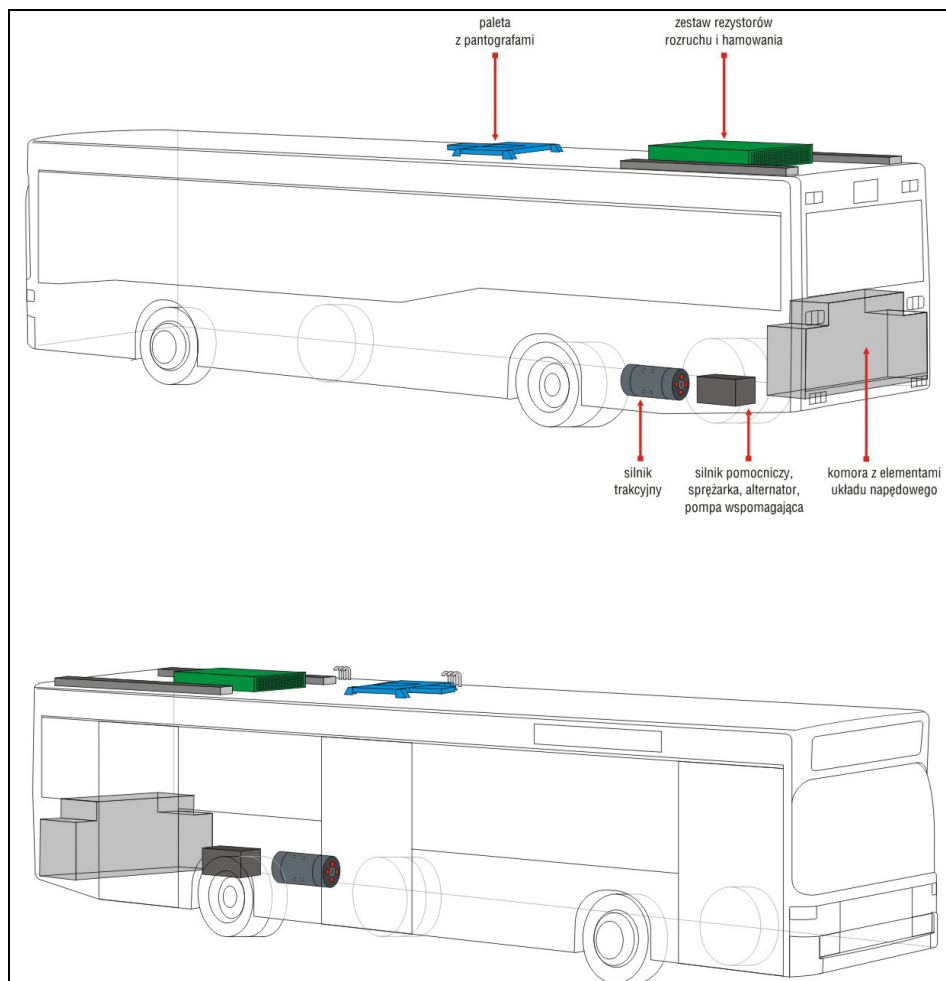
1. Liczba trolejbusów PKT Sp. z o.o. uzyskanych w rezultacie konwersji według rodzaju napędu	10
2. Wykaz elementów instalacji elektrycznej użytych podczas przebudowy pierwszego trolejbusu Mercedes przez PKT Sp. z o.o.	28
3. Wskaźniki awaryjności trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp. z o.o.	50
4. Awaryjność typów trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp. z o.o.	50
5. Przyczyny awarii trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp. z o.o.	53
6. Wartość początkowa trolejbusów powstałych w wyniku przebudowy używanych autobusów marki Mercedes przez PKT Sp. z o.o. w latach 2004–2010	60
7. Wartość początkowa fabrycznie nowych trolejbusów marki Solaris Trollino zakupionych przez PKT Sp. z o.o. w latach 2004–2010	61
8. Czas konwersji używanych autobusów marki Mercedes przez PKT Sp. z o.o. w latach 2004–2010	63
9. Relacja i różnica w wartości początkowej trolejbusów z konwersji i fabrycznie nowych w pierwszym etapie procesu konwersji w PKT Sp. z o.o. (2004–2009) ...	64
10. Relacja i różnica w wartości początkowej trolejbusów z konwersji i fabrycznie nowych w drugim etapie procesu konwersji w PKT Sp. z o.o. (2009–2010)	65

Spis rysunków

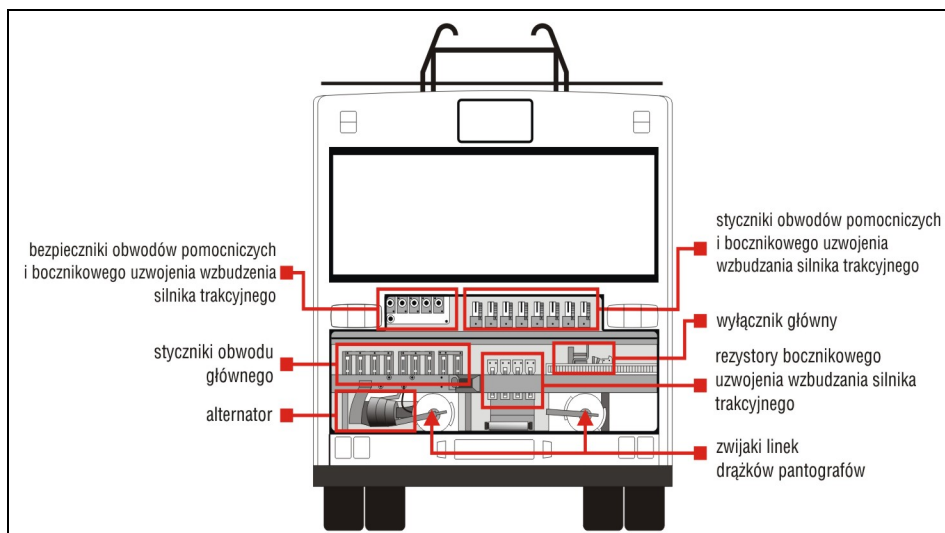
1. Przykładowy harmonogram konwersji autobusu na trolejbus	13
2. Liczba awarii trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp z o.o.	52
3. Wskaźniki awaryjności trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp. z o.o.	54
4. Rodzaje awarii trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp. z o.o.	55
5. Jednostkowa awaryjność przebudowanych trolejbusów eksploatowanych przez PKT Sp. z o.o. na tle pozostałych trolejbusów spółki	73
6. Rozmieszczenie aparatury w trolejbusie O405N wyposażonym w napęd stycznikowy	74
7. Rozmieszczenie aparatury napędu elektrycznego w komorze silnika spalinowego, w trolejbusie O405N wyposażonym w napęd stycznikowy	74
8. Schemat obwodów głównych trolejbusu O405N wyposażonego w napęd stycznikowy	75

9. Rozmieszczenie aparatury w trolejbusie O405N wyposażonym w napęd impulsowy (chopperowy)	76
10. Rozmieszczenie aparatury napędu elektrycznego w komorze silnika spalinowego, w trolejbusie O405N wyposażonym w napęd impulsowy (chopperowy)	76
11. Schemat obwodów głównych trolejbusu O405N wyposażonego w napęd impulsowy (chopperowy)	77
12. Rozmieszczenie aparatury w trolejbusie O405N wyposażonym w napęd impulsowy (chopperowy)	78
13. Rozmieszczenie aparatury napędu elektrycznego w komorze silnika spalinowego, w trolejbusie O405N wyposażonym w napęd impulsowy (chopperowy)	78
14. Schemat obwodów głównych trolejbusu O405N wyposażonego w napęd asynchroniczny	79
15. Rozmieszczenie aparatury w trolejbusie O530 wyposażonym w napęd asynchroniczny (Szeged)	80
16. Rozmieszczenie aparatury napędu elektrycznego w komorze silnika spalinowego, w trolejbusie O530 wyposażonym w napęd asynchroniczny (Szeged)	80
17. Rozmieszczenie aparatury w trolejbusie O530 wyposażonym w napęd asynchroniczny (Gdynia)	81
18. Schemat obwodów głównych trolejbusu O530 wyposażonego w napęd asynchroniczny (Gdynia)	82
19. Przykładowy schemat izolacji wykonania trolejbusu	83

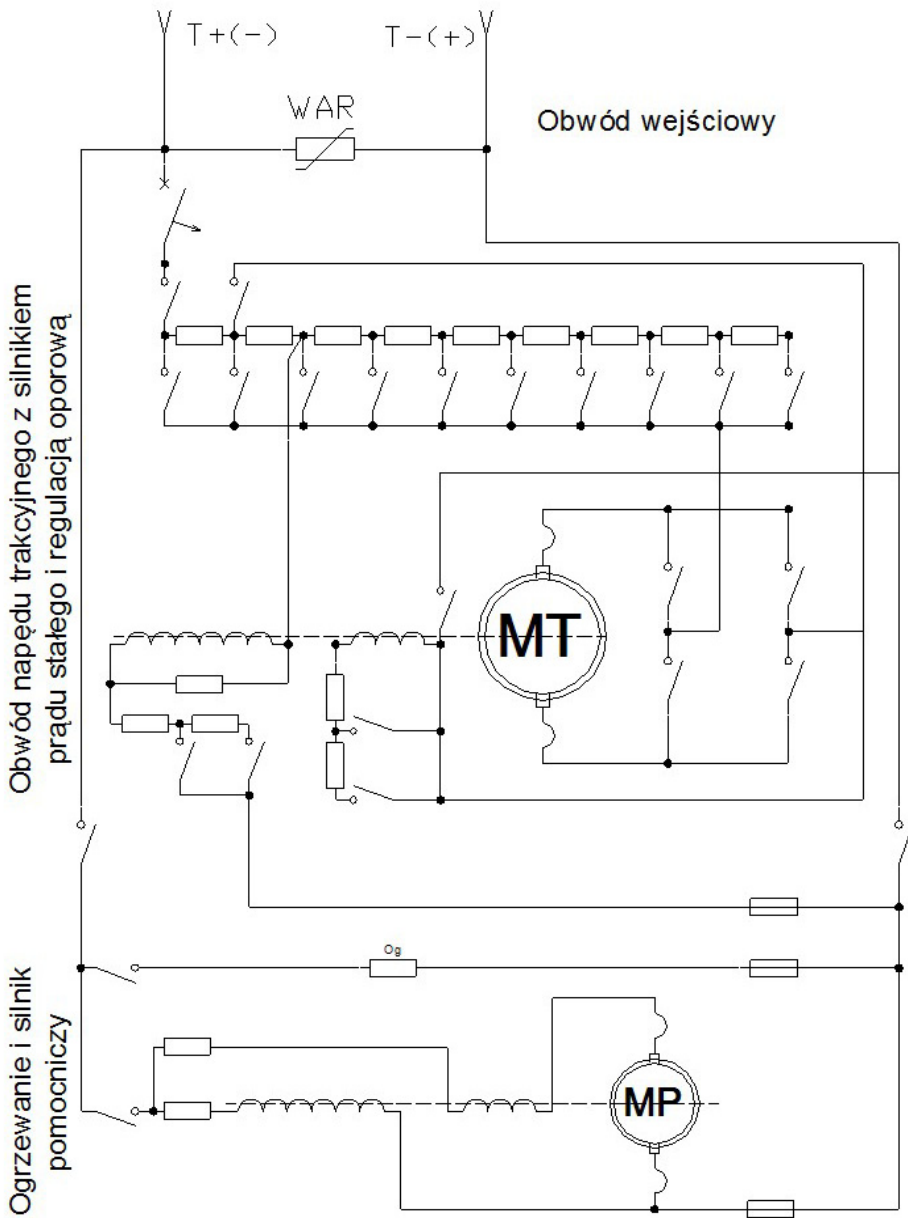
SUPPLEMENT



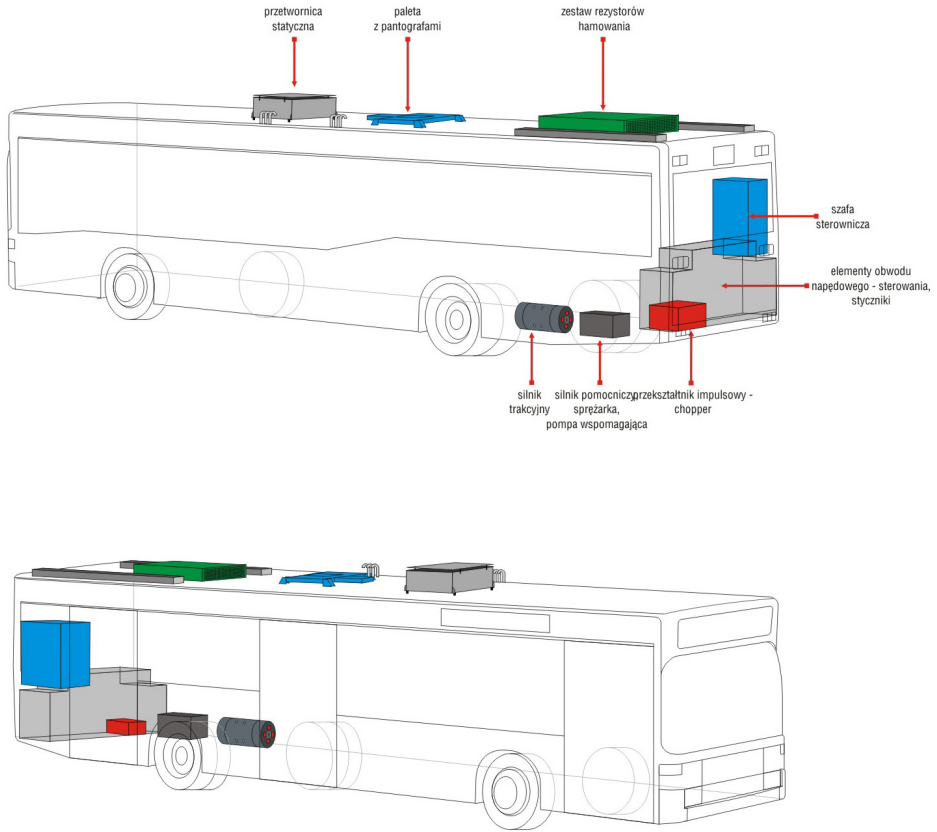
Rys. 6. Rozmieszczenie aparatury w trolejbusie O405N wyposażonym w napęd stycznikowy
(Autor: Maciej Beister, Marcin Połom)



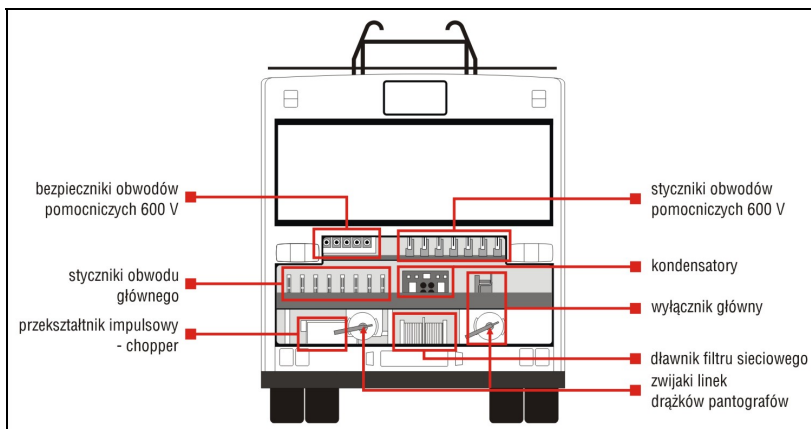
Rys. 7. Rozmieszczenie aparatury napędu elektrycznego w komorze silnika spalinowego, w trolejbusie O405N wyposażonym w napęd stycznikowy (Autor: Maciej Beister, Marcin Połom)



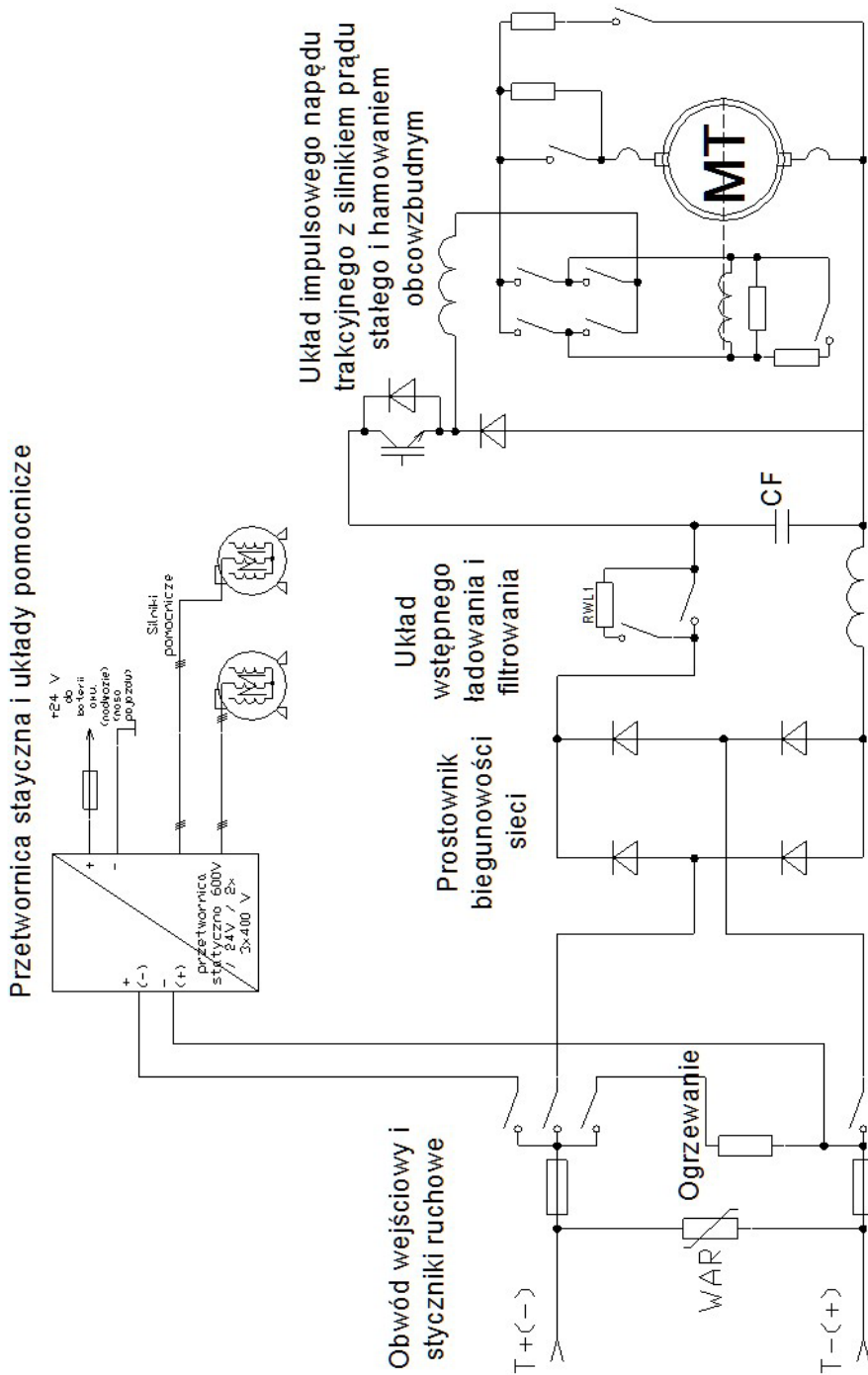
Rys. 8. Schemat obwodów głównych trolejbusu O405N wyposażonego w napęd stycznikowy
(Autor: Jarosław Dombrowski)



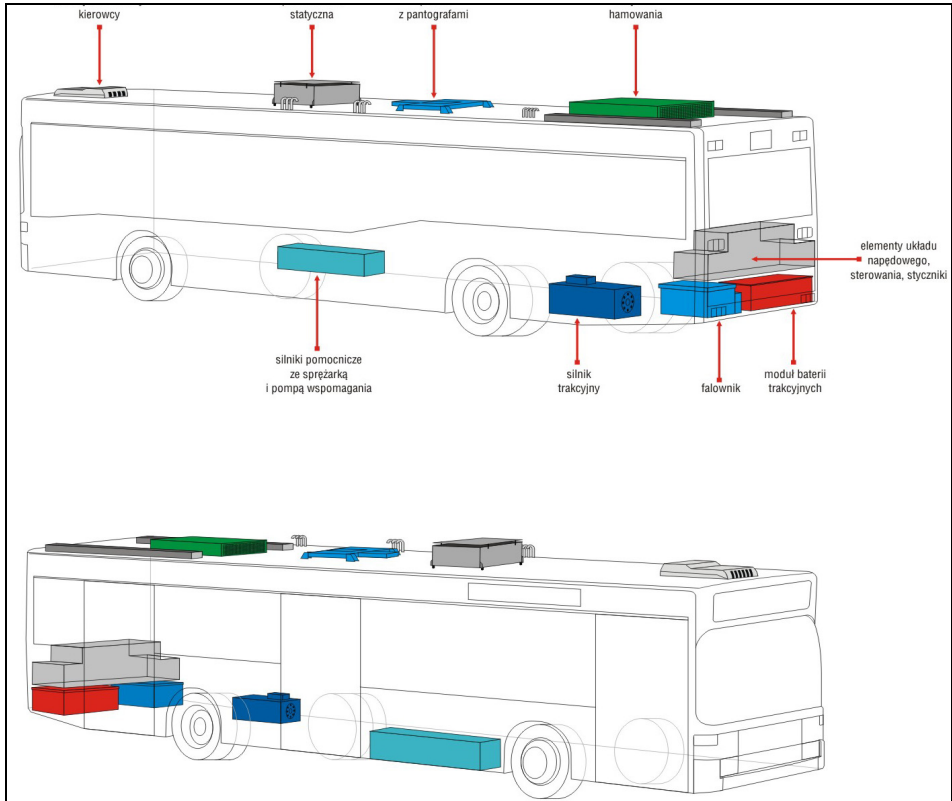
Rys. 9. Rozmieszczenie aparatury w trolejbusie O405N wyposażonym w napęd impulsowy (chopperowy) (Autor: Maciej Beister, Marcin Połom)



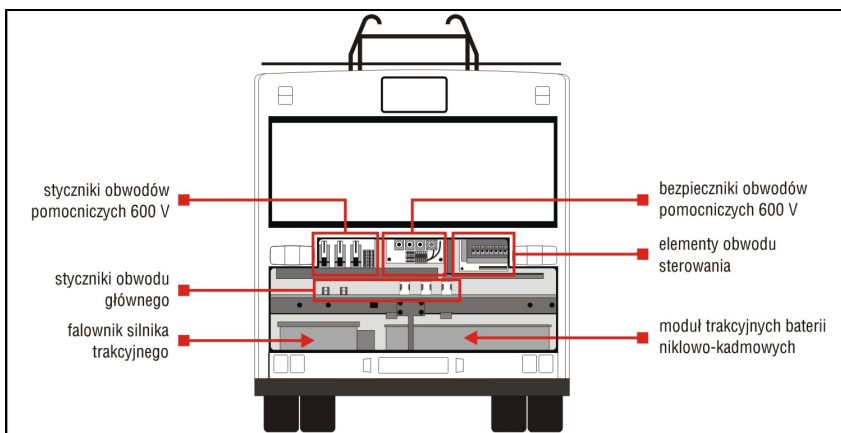
Rys. 10. Rozmieszczenie aparatury napędu elektrycznego w komorze silnika spalinowego, w trolejbusie O405N wyposażonym w napęd impulsowy (chopperowy) (Autor: Maciej Beister, Marcin Połom)



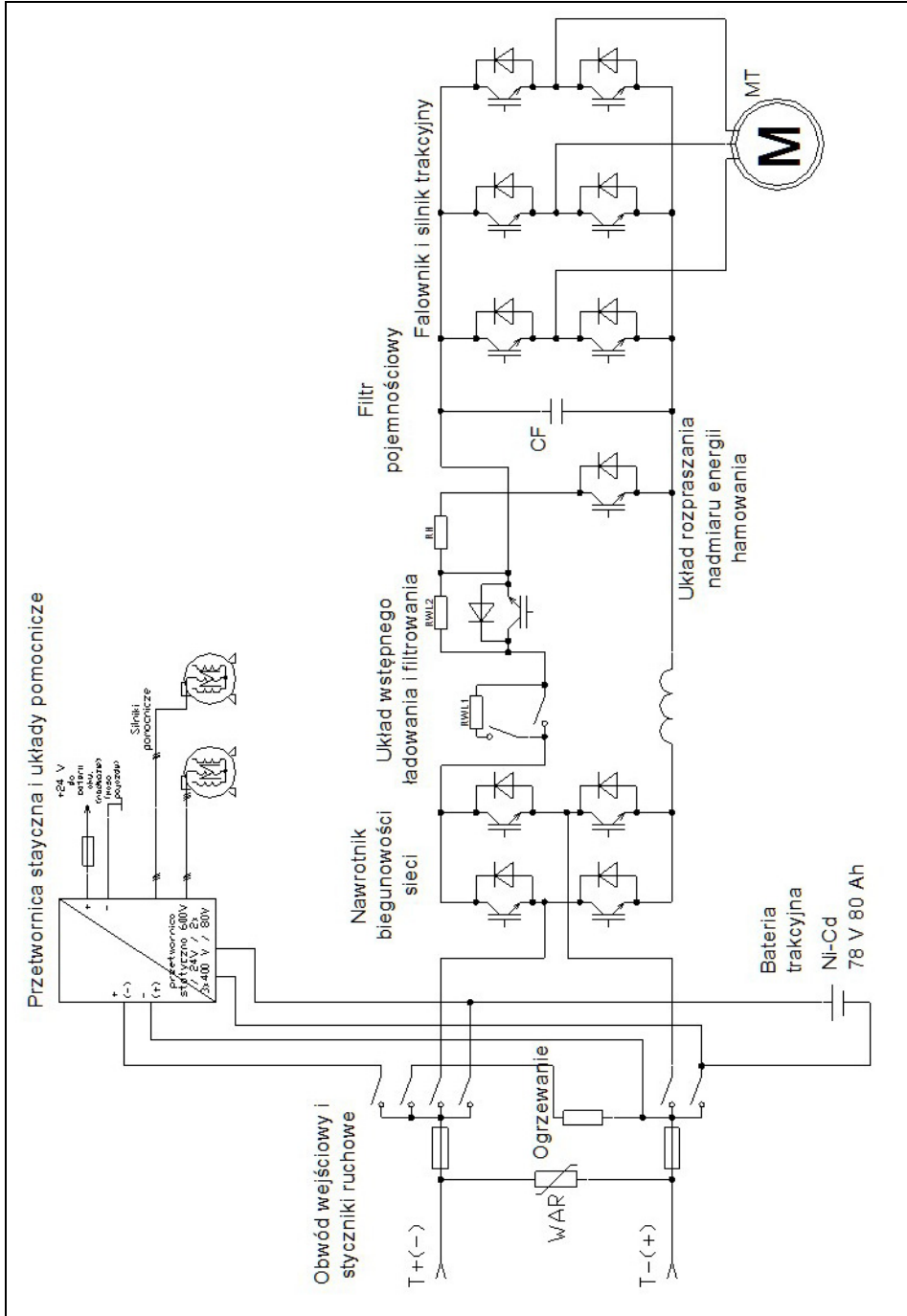
Rys. 11. Schemat obwodów głównych trolejbusu O405N wyposażonego w napęd impulsowy (chopperowy) (Autor: Jarosław Dombrowski)



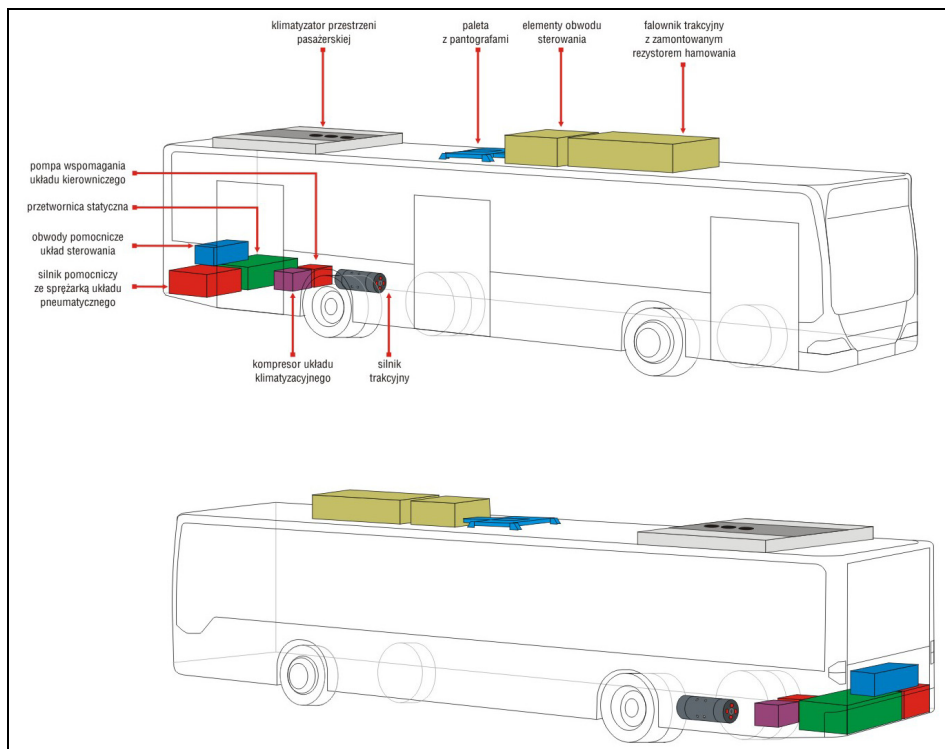
Rys. 12. Rozmieszczenie aparatury w trolejbusie O405N wyposażonym w napęd impulsowy (chopperowy) (Autor: Maciej Beister, Marcin Połom)



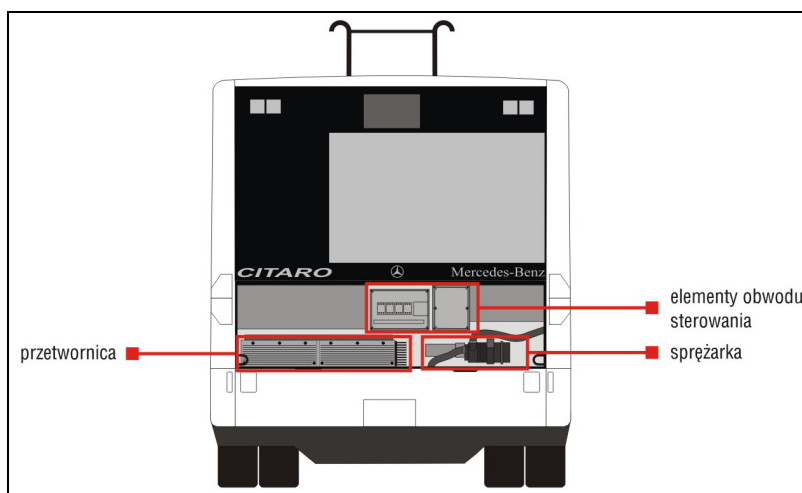
Rys. 13. Rozmieszczenie aparatury napędu elektrycznego w komorze silnika spalinowego, w trolejbusie O405N wyposażonym w napęd impulsowy (chopperowy) (Autor: Maciej Beister, Marcin Połom)



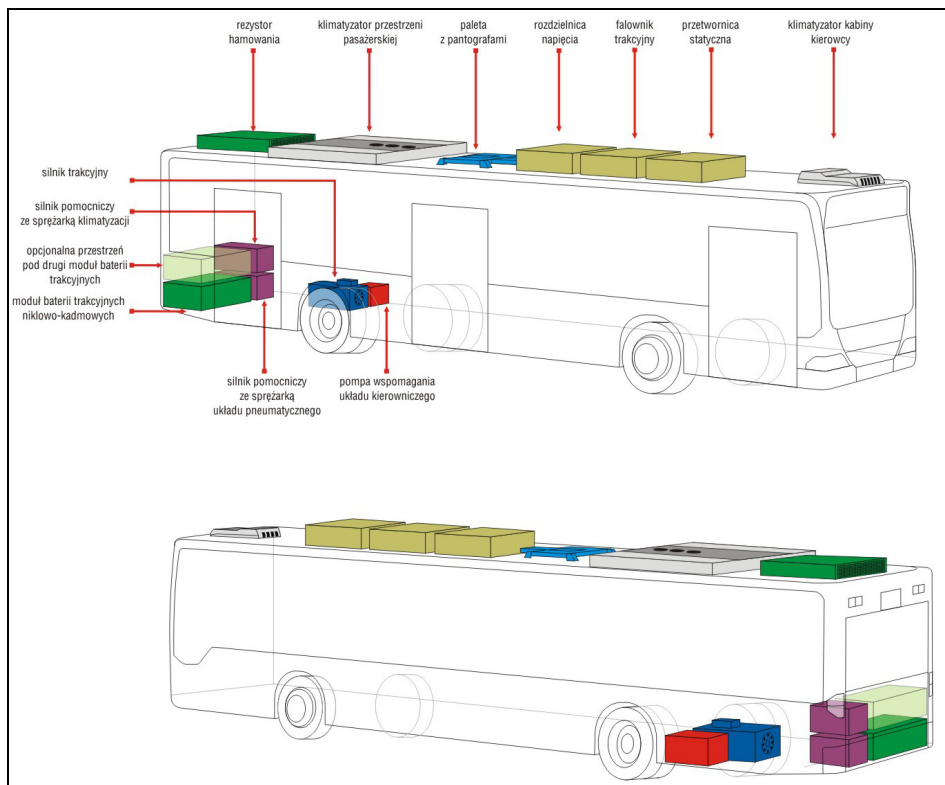
Rys. 14. Schemat obwodów głównych trolejbusu O405N wyposażonego w napęd asynchroniczny (Autor: Jarosław Dombrowski)



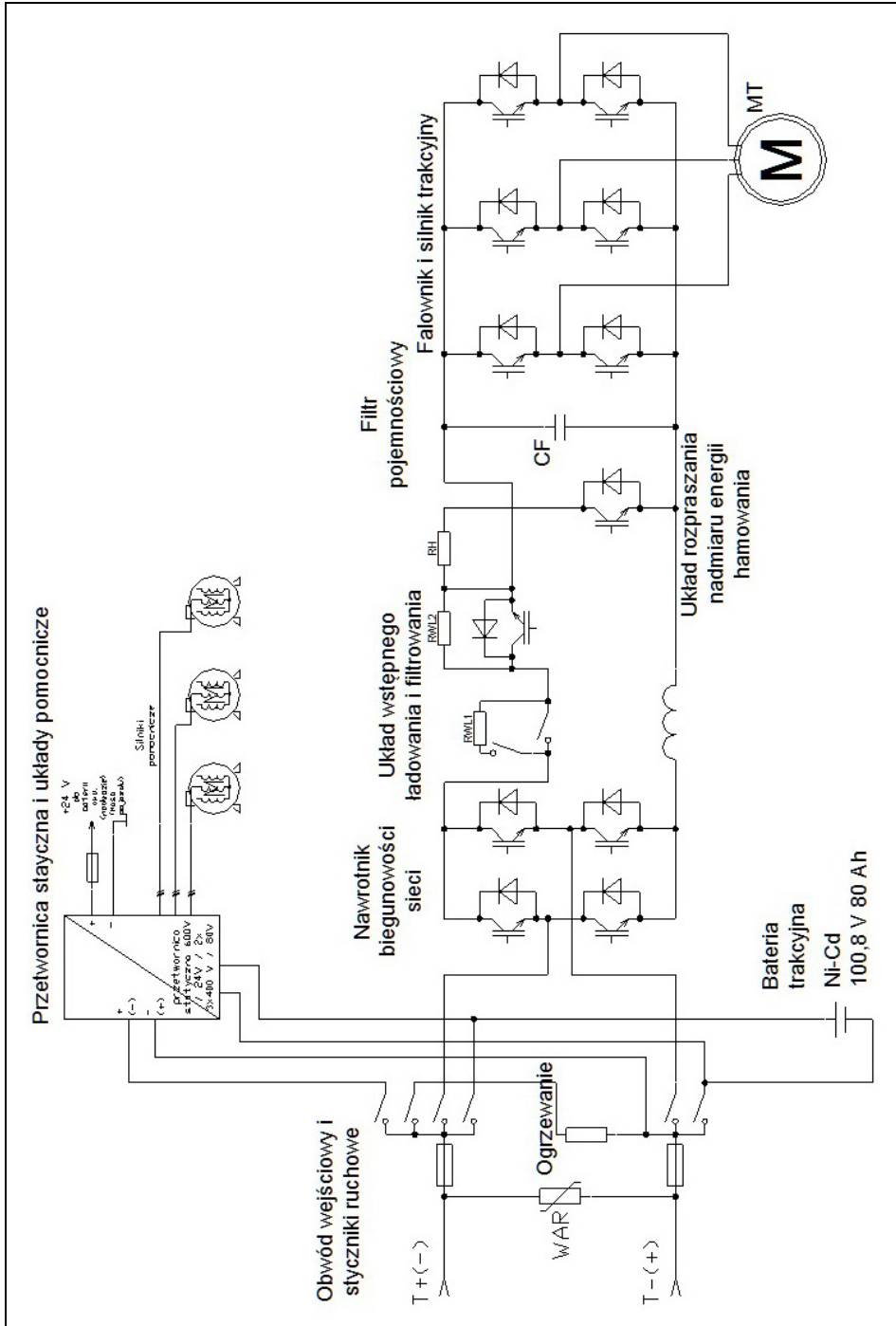
Rys. 15. Rozmieszczenie aparatury w trolejbusie O530 wyposażonym w napęd asynchroniczny (Szeged) (Autor: Maciej Beister, Marcin Połom)



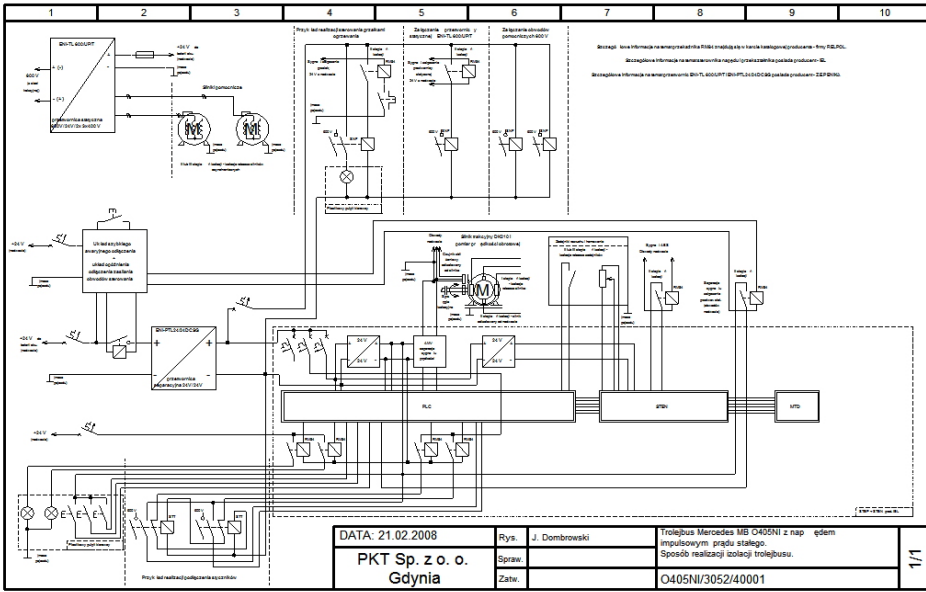
Rys. 16. Rozmieszczenie aparatury napędu elektrycznego w komorze silnika spalinowego, w trolejbusie O530 wyposażonym w napęd asynchroniczny (Szeged) (Autor: Maciej Beister, Marcin Połom)



Rys. 17. Rozmieszczenie aparatury w trolejbusie O530 wyposażonym w napęd asynchroniczny (Gdynia)
(Autor: Maciej Beister, Marcin Połom)



Rys. 18. Schemat obwodów głównych trolejbusu 0530 wyposażonego w napęd asynchroniczny (Gdynia)



Rys. 19. Przykładowy schemat izolacji wykonania trolejbusu