

Danuta Zacharska, Andrzej Gola, Wojciech Kozik

Tramwaj-laboratorium do diagnostyki taborowych urządzeń elektronicznych i energoelektronicznych w Tramwajach Warszawskich Sp. z o.o.

Dynamiczny rozwój elektroenergetyki tramwajowej sprawił, że zaczęto ją wprowadzać do coraz większej liczby tramwajów, zarówno w wyniku zakupu nowych wagonów, jak i przeprowadzanych modernizacji. Urządzenia elektroniczne i energoelektroniczne występują obecnie w taborze tramwajowym w znaczącej ilości. Z eksploatacją tramwajów i tych urządzeń wiąże się, poza koniecznością wykonywania planowo-zapobiegawczych obsługa technicznych, także dokonywanie napraw.

Do realizacji tych zadań niezbędne jest źródło zasilania 600 V DC o odpowiedniej mocy. Dodatkowo pożądana jest możliwość diagnozowania urządzeń energoelektronicznych i elektronicznych w naturalnym środowisku ich pracy.

Aby sprostać tym potrzebom w Tramwajach Warszawskich Sp. z o. o. podjęto decyzję o zbudowaniu tramwaju-laboratorium i w 2008 r. taki pojazd wykonano (fot. 1).

Budowa tramwaju-laboratorium

Do zbudowania tramwaju-laboratorium wykorzystano pudło wycofanego z eksploatacji tramwaju typu 105 N. Na bazie tej konstrukcji wykonano tramwaj dwukierunkowy z pełnym wyposażeniem, wymaganym do poruszania się w ruchu miejskim. Wymianie wraz z unowocześnieniem poddano całą instalację elektryczną tramwaju. Środkowe drzwi przystosowano tak, aby możliwy był łatwy załadunek podzespołów przeznaczonych do badań.

Wszystkie wymienione prace wykonano w Tramwajach Warszawskich Sp. z o.o. przez własny Zakład Naprawy Tramwajów. Tak wykonany tramwaj uzyskał w grudniu 2008 r., po przeprowadzeniu badań technicznych przez Instytut Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa, świadectwo dopuszczenia do ruchu.

Wyposażenie badawcze

Wyposażenie badawcze tramwaju-laboratorium zaprojektowano i wykonano w Centralnym Laboratorium Energoelektroniki Taborowej, funkcjonującym w strukturze organizacyjnej Działu Technicznego Tramwajów Warszawskich Sp. z o.o.

Tramwaj podstawowo wyposażony jest w dwa stanowiska badawcze (rys. 1):

- stanowisko badania przekształtników prądu stałego do układów regulacji impulsowej napędu głównego z silnikami prądu stałego oraz współpracujących z tymi układami sterowników napędu i pojazdu,

- stanowisko badania przetwornic statycznych zasilanych z sieci trakcyjnej i wytwarzających napięcie zasilania 40 V DC lub 24 V DC do współpracy z baterią akumulatorów pokładowych oraz wytwarzających napięcie przemiennie 3×400 V AC i 3×230 V AC do zasilania systemów wentylacyjnych, ogrzewania i klimatyzacji.

Te stanowiska badawcze, oprócz wymienionych urządzeń, umożliwiają sprawdzenie innych podzespołów energoelektronicznych stosowanych w taborze tramwajowym, takich jak: wyłączniki statyczne, układy różnicowo-prądowe, układy przeciwpoślizgowe, regulatory napędu rozrusznikowego, sterowniki drzwiowe, itp.

Stanowiska do badania przekształtników

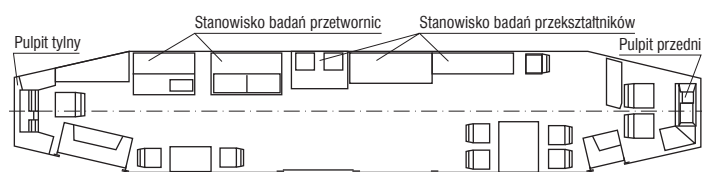
Schemat strukturalny obwodu głównego i sterowania przedstawiono na rysunku 2

Tramwaj wyposażony w dwa niezależne układy napędowe:

- układ z rozrusznikiem rezystorowym UK;

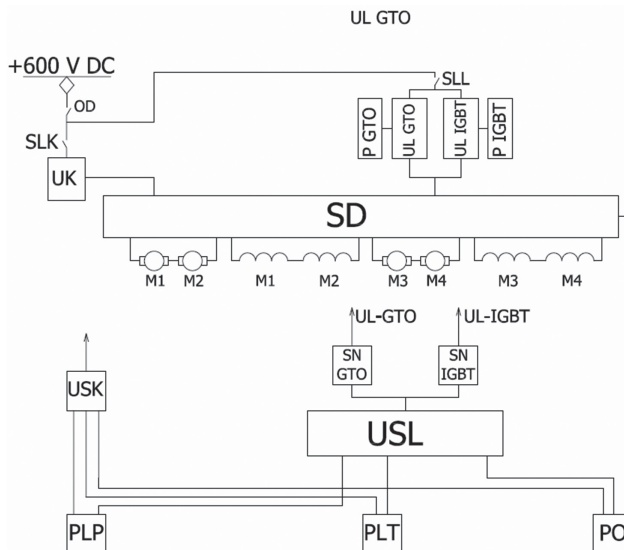


Fot. 1. Tramwaj-laboratorium



Rys. 1. Wyposażenie badawcze tramwaju-laboratorium

- układy regulacji impulsowej w dwóch wersjach, z przekształtnikiem prądu stałego GTO – UL GTO i przekształtnikiem prądu stałego IGBT – UL IGBT; układy są zasilane oddzielnymi stycznikami liniowymi wzajemnie się wykluczającymi, układ rozrusznikowy przez stycznik SLK, a układ impulsowy przez stycznik SLL; silniki napędowe są dołączane alternatywnie do układu klasycznego (rozrusznikowego), bądź do laboratoryjnego (impulsowego) przez zespół styczników dystrybucyjnych SD.



Rys. 2. Schemat strukturalny obwodu głównego i sterowania tramwaju-laboratorium

Badane przekształtniki prądu stałego dołączane są do układu impulsowego na odpowiednie zaciski w zależności od typu przekształtnika, tj. P GTO – przekształtnika z tyrystorem GTO, lub P IGBT – przekształtnika z tranzystorami IGBT. Sterowanie układu klasycznego USK odbywa się przy użyciu identycznej aparatury jak w tramwajach typu 105N. Sterowanie pojazdem dla układu laboratoryjnego USL z regulacją impulsową zrealizowano z użyciem sterowników programowanych PLC w wersji sterowania rozproszonego. Sterownik laboratoryjny pojazdu SPL współpracuje ze sterownikami napędu, wymienianymi w zależności od rodzaju

przekształtnika – SN GTO dla układu z tyrystorem GTO i SN IGBT dla układu z tranzystorami IGBT. Proces rozruchu, hamowania i zmiany kierunku jazdy może być wybierany zarówno z pulpitu przedniego PLP, jak i tylnego PLT.

Do wybrania pracy układu w systemie klasycznym bądź laboratoryjnym oraz wyboru rodzaju układu impulsowego – GTO lub IGBT, służy pulpit operatorski (PO), wyposażony w monitor wizualizacji procesów trakcyjnych, pozwalający na diagnostykę układu. Aparatura układu klasycznego jest rozmieszczona w typowych szafkach aparaturowych, zawieszonych pod podłogą tramwaju oraz w szafie aparaturowej za motorniczym. Aparatura układu laboratoryjnego jest umieszczona w przedziale pasażerskim w dwóch szafkach aparaturowych. Obok tych szaf zainstalowano stanowisko wyposażone w ruchomy wózek do badań przekształtników prądu stałego z tyrystorami GTO lub tranzystorami IGBT, będących wyposażeniem układu napędu głównego tramwajów typu 105N2k, 105N2k/2000, 112N, 116N, 123N, 105NMW.

Na omawianym stanowisku można badać również sterowniki napędu do tramwajów typu 105N2k, 105N2k/2000, 116N, 105NMW oraz inne aparaty elektroniczne będące wyposażeniem tramwajów, między innymi tablice TOP układu obcego wzbudzenia i wykrywania poślizgu (także aparaty UPP do wykrywania poślizgu w tramwajach typu 105Na), urządzenia różnicowo-prądowe UPR itp. Stanowisko to umożliwi przeprowadzenie następujących prób:

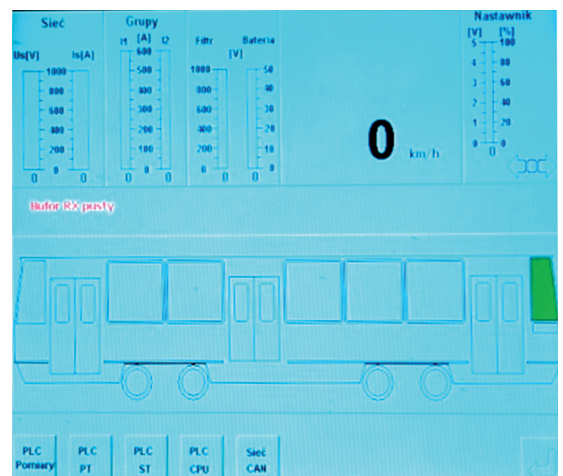
- działania przekształtników w procesach rozruchu i hamowania,
- nagrzewania,
- konstruktorskich, wymagających bezpośredniego dostępu do elementów przekształtników,
- pomiarów prądów i napięć na poszczególnych elementach,
- sprawdzenia układów sterowników półprzewodnikowych elementów przełączających,
- pomiarów termicznych.

Do zobrazowania pomiarów stanowiskowych służy wyświetlacz graficzny na pulpicie operatorskim (PO – fot. 3). Wykorzystywane są również przyrządy do bezpośredniego włączenia w układ, takie jak: oscyloskopy, woltomierze, sondy prądowe, jak również, ze względu na łatwy dostęp do przekształtników – kamera termowizyjna i termometr bezdotykowy (pirometr) do pomiarów termicznych. Ponadto na stanowisku można również przeprowadzać próby sterowników napędu w zakresie:

- działania w procesie rozruchu i hamowania,



Fot. 2. Stanowisko do badania przekształtników



Fot. 3. Wyświetlacz graficzny pulpitu operacyjnego

- wykrywania uszkodzonego podzespołu,
- korekty nastaw sterownika,
- badań konstruktorskich.

Stanowisko do badania przetwornic statycznych

Stanowisko umieszczone jest w końcu wagonu i umożliwia podłączenie wszystkich typów przetwornic statycznych eksploatowanych w Tramwajach Warszawskich. Badaną przetwornicę umieszcza się na stanowisku obok szafy sterującej w taki sposób, aby był dostęp do elementów energoelektronicznych i elektronicznych umieszczonych wewnątrz skrzyni przetwornicy. Umożliwia to dokonanie niezbędnych pomiarów pracującej przetwornicy podczas jazdy tramwaju, celem wykrycia przyczyn niesprawności trudnych lub wręcz niemożliwych do zidentyfikowania podczas badań stacjonarnych.

Stanowisko składa się z trzech elementów: głównej szafy aparaturowej 1 i dwóch niezależnie zdejmowanych nakładek 2 i 3 (fot. 4).

Wewnątrz szafy aparaturowej 1 umieszczono płytę montażową z rozmieszczonymi na niej aparatami elektrycznymi, takimi jak: styczniki WN i NN, przekaźniki, układy pomiarowe prądu i napięcia typu LEM, styczniki AC, zasilacz 5 V, 2×12 V, 24 V, sterownik mikroprocesorowy, konwerter 3f→2f. W górnej i dolnej części płyty umieszczono listwy zaciskowe WAGO, służące do połączenia szafy aparaturowej z zewnętrznymi urządzeniami wagonowymi, przy czym jedna listwa łączy szafę z instalacją wagonową, a druga – z przetwornicą wagonową i gniazdem przyłączeniowym do badanych przetwornic.

Na górnej ścianie szafy aparaturowej 1 umieszczono przyciski, przetłączniki i lampki sygnalizacyjne, stanowiące pulpit sterujący stanowiska badawczego. Zamontowany jest również oscyloskop do obrazowania wektora przestrzennego falownikowego układu zasilającego asynchroniczne silniki napędowe wentylatorów chłodzących.

Na płycie czołowej nakładki 2 umieszczono cyfrowe mierniki tablicowe do pomiaru napięć i prądów, mierzonych przez układy pomiarowe stanowiska.

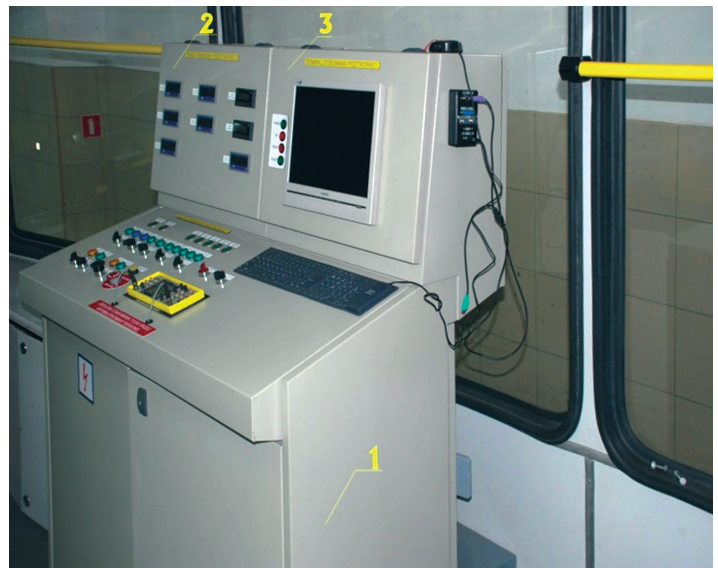
W nakładce 3 umieszczono komputer z zainstalowanym programem obsługi stanowiska. Na płycie czołowej umieszczono przyciski złączania, wyłączania, resetowania i sygnalizacji pracy komputera oraz monitor LCD do obrazowania jego pracy.

Z prawego boku nakładki 3 umieszczono panel złącz we/wy komputera, służący do podłączenia klawiatury, myszy, drukarki, urządzeń USB oraz urządzeń z interfejsem RS232.

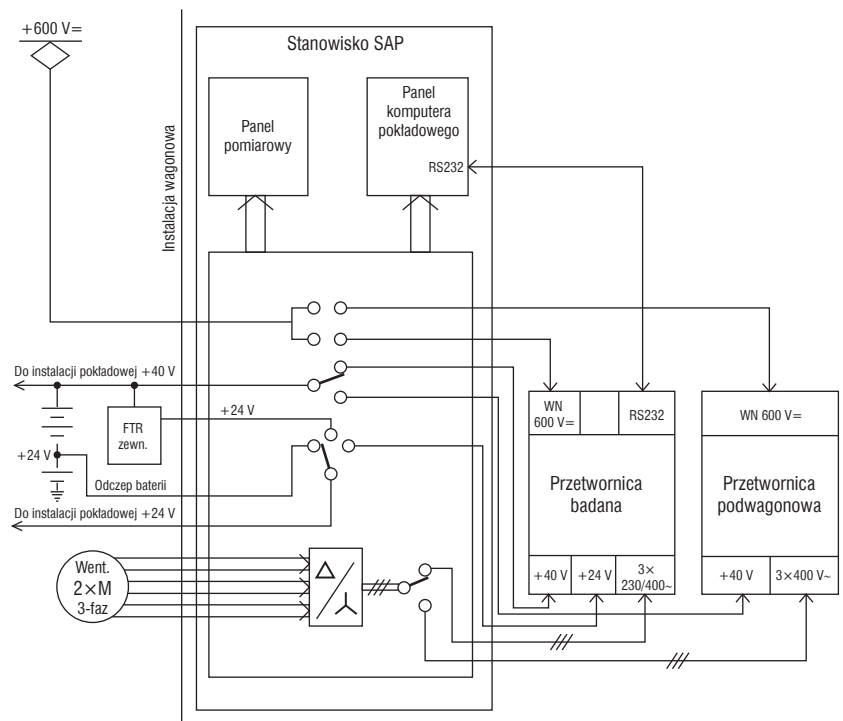
Na rysunku 3 pokazano schemat blokowy stanowiska (SAP).

Głównym zadaniem tego stanowiska jest:

- odpowiednie połączenie różnych typów badanych przetwornic z instalacją wagonową;
- umożliwienie dołączania, odłączania lub przetłączania poszczególnych obwodów przetwornicy do i od instalacji wagonowej;
- umożliwienie wyboru źródła zasilania poszczególnych obwodów instalacji wagonowej (+40 V, +24 V, 3×400/230 V~), z przetwornicy badanej lub z przetwornicy wagonowej;



Fot. 4. Stanowisko SAP do badania przetwornic



Rys. 3. Schemat blokowy stanowiska do badania przetwornic statycznych (SAP) / Block diagram of the facility for the testing static converters

- umożliwienie równoległej pracy przetwornicy badanej i przetwornicy wagonowej;
- zabezpieczenie sprawności ruchowej tramwaju w razie awarii przetwornicy badanej.

Stanowisko przeznaczone jest do badania wszystkich typów przetwornic statycznych stosowanych w Tramwajach Warszawskich, tj. :

- U/T 600, U/T 23a, U/T 24, U/T25;
- U/T 28, U/T 29, U/T 28 MEN, ENI-600;
- TPS, TPD;
- PSM 8, PSM 14, PSM 18.

Każda z przedstawionych grup przetwornic łączona jest ze stanowiskiem SAP za pomocą specjalnego kabla. Po umieszczeniu badanej przetwornicy na stanowisku badawczym (obok szafy stanowiska SAP) i połączeniu kablem ze stanowiskiem, możliwe jest przeprowadzenie badań. W zależności od typu badanej przetwornicy dokonuje się odpowiednich przełączeń:

- jeśli przetwornica nie ma możliwości zasilania obwodu +24 V, wybiera się zasilanie tego obwodu z zewnętrznego PTRa (zewnętrzna przetwornica 40 V → 24 V);
- jeśli przetwornica nie posiada wbudowanych wentylatorów, dołączane są wentylatory pokładowe wagonu;
- jeśli przetwornica nie posiada obwodu +40 V, podłączany jest odczep akumulatora do obwodu +24 V przetwornicy, a obwód +40 V wagonu zasilany jest z przetwornicy wagonowej.

Przebiegi napięcia i prądu poszczególnych obwodów badanych przetwornic można obserwować na panelu pomiarowym stanowiska, a także obserwować na ekranie monitora komputera stanowiskowego. Przebiegi te mogą być kształtowane przez wewnętrzny sterownik mikroprocesorowy stanowiska lub też mogą pochodzić z oprogramowania fabrycznego dołączanego przez producentów przetwornic sterowanych mikroprocesorowo. Przebiegi obserwowane na monitorze można zapisywać na twardym dysku komputera stanowiskowego.

Ponadto podczas badań można równocześnie prowadzić niezbędne pomiary za pomocą oscyloskopu, wykorzystując stosowne sondy napięciowe i prądowe, dołączając je do wybranych elementów obwodu głównego i pomocniczego, dostępnych po otwarciu pokryw badanej przetwornicy.

W przypadku uszkodzenia badanej przetwornicy i konieczności zjazdu do zajezdni, należy dokonać przełączenia obwodów do pracy z przetwornicą wagonową.

Podsumowanie

Koncepcja i zastosowane rozwiązania czynią tramwaj-laboratorium konstrukcją nowatorską. Tramwaj-laboratorium, umożliwiający badanie urządzeń energoelektronicznych i elektronicznych w dynamicznych warunkach rzeczywistej pracy, w porównaniu z laboratorium stacjonarnym stwarza nie tylko dużo lepsze warunki badań, ale przede wszystkim umożliwia szybsze wykrywanie nieprawidłowości. Dotyczy to zwłaszcza tych nieprawidłowości, które nie mają charakteru stałego, a ujawniają się w szczególnych warunkach, jakie mogą występować w sieci trakcyjnej.

Poruszanie się po różnych trasach, przy wahaniami napięcia sieci, przejazdem pod izolatorami sekcyjnymi, jeździe z różnymi prędkościami, jeździe na tym samym odcinku co inne tramwaje z napędem rozrusznikowym lub energoelektronicznym z zagrożeniem zakłóceniami przez nie wytwarzanymi, wszystko to stwarza znakomity poligon badawczy do oceny urządzeń, które w różnych warunkach muszą sprawnie pracować. Bez ruchomego laboratorium dokonanie takiej oceny jest praktycznie niemożliwe.

Tramwaj-laboratorium jest również doskonałym miejscem do testowania nowych urządzeń i rozwiązań z dziedziny elektroniki oraz energoelektroniki, wdrażanych przez producentów przemysłowych oraz opracowanych we własnym zakresie w Tramwajach Warszawskich Sp. z o.o.



Danuta Zacharska

Andrzej Gola

Wojciech Kozik

Tramwaje Warszawskie Sp. z o.o.

Referat wygłoszony na Konferencji MET 2009 w Gdańsku, przekazany do publikacji przez organizatorów konferencji.



prenumerata 2010 w Wydawnictwie EMI-PRESS

Krajowa za 1 egz.

● kwartalna – 87,00 zł ● półroczna – 174,00 zł ● roczna – 348,00 zł

Krajowa 2 lub więcej egz., każdy egz.

● kwartalna – 78,00 zł ● półroczna – 156,00 zł ● roczna – 312,00 zł

Ze zleceniem wysyłki za granicę*

Europa (poczta zwykła)

● roczna – 156,00 euro/egz.

(poczta lotnicza)

● roczna – 168,00 euro/egz.

poza Europę (poczta lotnicza)

● roczna – 192,00 USD/egz.

* W przypadku innych walut obowiązują kursy przeliczeniowe w dniu dokonania wpłaty.

Prenumeratę z wysyłką za granicę można opłacić także w Polsce w złotych, według aktualnego przelicznika walut.

Dla studentów i uczniów prenumerata ze zniżką 50%. Wymagane jest przesłanie kopii legitymacji studenckiej bądź uczniowskiej.

Każdy prenumeratorem otrzymuje hasło dostępu do archiwum **tts** w portalu infotransport.pl.

Konto bankowe PKO BP I O/Łódź 08 1020 3352 0000 1802 0012 8074

EMI-PRESS, 91-360 Łódź, ul. Motylowa 3/25

Korespondencja EMI-PRESS 90-955 Łódź 8, skrytka pocztowa 103

tel./fax 042 633 37 51, e-mail: tts@emipress.com.pl