

Regulator tramwajowych silników trakcyjnych prądu stałego ALSTOM TV PROGRESS – ocena zastosowania w wagonach 105Na

Modernizacja taboru tramwajowego w Polsce, także w zakresie ulepszeń o charakterze ekonomicznym, pomimo dużych trudności i oporów wchodzi nareszcie w fazę realizacji. Generalnie można stwierdzić, że nie budzi już wątpliwości aspekt techniczno-ekonomiczny tego zabiegu, pewnego rodzaju hamulcem dla tych rozwiązań jest aspekt socjalny, jaki poprzez bardzo znaczne ograniczenie awaryjności taka modernizacja przynosi. Do 2000 r. w Polsce, we Wrocławiu i w Łodzi, dokonano jednostkowych – prototypowych wdrożeń modernizacji wagonów 105Na z zastosowania chopera IGBT.

W MPK Wrocław zastosowany został chłodzony cieczą choper IGBT produkcji Adtranz z lat 1995–1996, zaś w MPK Łódź dokonano prototypowego zastosowania chopera IGBT produkcji Woltan Łódź.

W 2000 r. na potrzeby ZKM Gdańsk został zmodernizowany przez RMT PROTRAM Wrocław Sp. z o.o. trzywagony skład 105Na z zastosowaniem chopera IGBT ALSTOM Industry a.s. typu ALSTOM TV PROGRESS. Jest to urządzenie przeznaczone do regulacji silników trakcyjnych tramwajów na prąd stały. Zaprojektowane rozwiązanie, dzięki nowatorskim rozwiązaniom konstrukcyjnym i projektowym, daje bardzo dobre efekty w modernizacji tramwajów. Niezawodność w działaniu i mała awaryjność tego urządzenia elektrycznego zapewnia duże oszczędności w trakcie eksploatacji tramwajów. Podłączenie przekształtników jazdy i hamowania, wyposażonych w tranzystory IGBT produkcji EUPEC lub Mitsubishi, które dynamicznie współpracują z systemem regulacyjnym, stwarza wyjątkowe warunki ochronne przeciw zwarciom i zakłóceniom sieciowym.

Zalety TV PROGRESS

□ Znaczne oszczędności energii elektrycznej przy zastosowaniu regulacji pulsacyjnej z hamowaniem rekuperacyjnym, które jak wykazały pomiary, w porównaniu z hamowaniem oporowym, osiągają wartości w granicach 40–43%.

□ Znaczne zmniejszenie kosztów eksploatacji (konserwacja, remonty i części zamienne), wynikające z eliminacji styczników (jazdy, rozruchu, hamowania i innych).

□ Wysoki komfort jazdy zarówno dla motorniczego, jak i dla podróżujących, umożliwiony zastosowaniem płynnej regulacji prądu podczas jazdy, rozruchu i hamowania przez układ elektroniczny.

□ Wysoki stopień ochrony przed zanieczyszczeniami, co zapewnia konstrukcja kontenerowa. Jest to urządzenie bezobsługowe, nie wymagające regulacji, chłodzone powietrzem.

Zasadnicze cechy TV PROGRESS

□ Dobrze dobrana moc dla jazdy (2×180 kW) i hamowania (2×250 kW) jest adekwatna dla specyfiki tramwaju z dwoma napędzanymi wózkami. Moc ta umożliwia osiągnięcie dobrej dynamiki pojazdu podczas rozruchu i hamowania.

□ Pełna niezależność funkcjonalna w sterowaniu napędem pojedynczych wózków.

□ Natychmiastowe przejście z jazdy do fazy hamowania, z zachowaniem prądu wzbudzenia w silnikach trakcyjnych.

□ Bezstykowe wykonanie, tj. bez użycia włączników elektro-mechanicznych.

□ Przy bezawaryjnej eksploatacji urządzenie zabezpiecza trwały kontakt styków w trakcie jazdy (bezprądowe rozłączanie i załączanie styczników).

□ Bardzo prosty montaż i demontaż urządzenia, do podłączenia konstrukcji kontenerowej użyto sześć kabli o dużej obciążalności.

□ Urządzenie ze względu na swoją konstrukcję zapewnia doskonałą ochronę przeciwpoślizgową zestawów kołowych przy rozruchu i hamowaniu.

□ Urządzenie działa równie dobrze w zakresie prądu o wartościach plus, jak i minus napięcia trakcyjnego.

□ Urządzenie jest odporne na zakłócenia sieciowe o wysokich częstotliwościach.

□ Mała awaryjność i wysoki stopień ochrony przed zakłóceniami elektrycznymi, co gwarantuje bezpieczeństwo eksploatacji.

□ Zabezpieczenie przed przepięciami w sieci trakcyjnej we wszystkich reżimach.

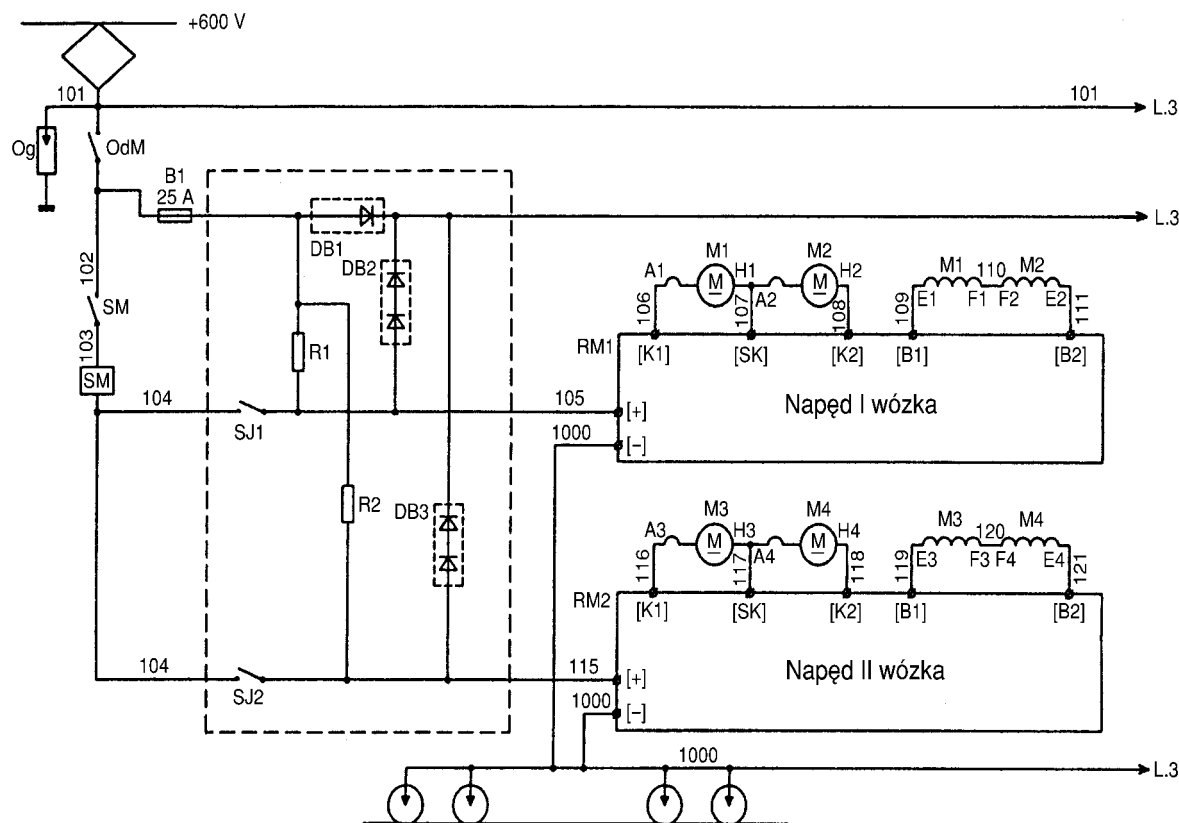
□ Ograniczenie prądu zwarcia do 400 A.

□ Ograniczenie maksymalnej prędkości.

□ Ochrona przed zakłóceniami sieci zasilającej, generowanymi innym urządzeniem elektrycznym.

Podstawowe dane techniczne (dotyczą jednego wózka napędzonego)

Napięcie znamionowe zasilania	600 V (750 V)
Skala napięcia pracy	do 900 V
Ograniczenie napięć pracy	400–900 V
Prąd godzinny pracy	200 A
Maksymalny prąd rozruchu	300 A
Maksymalny prąd hamowania	250 A
Napięcie pracy przekształtników kontenera	1000 V
Ograniczenie napięcia rekuperacyjnego	– z możliwością regulacji
	750–820 V



Rys. 1. Schemat podłączenia urządzenia do obwodu trakcyjnego tramwaju

Kontener CDC 100

Wewnątrz obudowy znajdują się:

- przekształtnik jazdy,
- przekształtnik hamowania,
- rezystor hamulca awaryjnego,
- moduł ochrony przeciwpoślizgowej,
- czujniki do pomiaru prądu i napięcia sieci trakcyjnej,
- filtr wejściowy typu LC,
- filtr przeciw zakłóceniom radiowych (elektromagnetycznym),
- wentylator napędzany silnikiem asynchronicznym.

Bezstykowy przekształtnik jazdy steruje kierunkiem jazdy i ogranicza wartości prądu w wirnikach silników podłączonych szeregowo. Umożliwia łagodne narastanie wartości prądu wzbudzenia silnika aż do wartości znamionowej. Jednocześnie zachowuje maksymalny moment obrotowy wzbudzonego silnika, zabezpieczając dopływ minimalnego prądu wzbudzenia.

Przekształtnik hamowania ogranicza wartości napięcia sieciowego dla niezawodnej pracy przekształtnika jazdy podczas jazdy, ogranicza wartość napięcia rekuperacyjnego podczas zwrotu energii elektrycznej do sieci zasilającej i zapewnia ochronę przed prądem zwarcia z sieci trakcyjnej.

Regulator elektroniczny RDC 100

Regulator elektroniczny RDC 100 steruje jazdą i hamowaniem. Do każdego kontenera wyposażonego w układ elektroniczny podłączony jest jeden regulator umieszczony w specjalnej kasecie.

Regulator jest wyposażony w niezawodny układ diagnostyczny, który szybko, w prosty sposób i niezawodnie identyfikuje ewentualne zakłócenia czy usterki i wysyła komunikaty do układu sterowania. Dzięki temu jest możliwa natychmiastowa lokalizacja usterki w układach regulacyjnych i sieciowych, jak i w układach sterowania. Rozwiązanie konstrukcyjne daje bardzo dobre efekty w zakresie ochrony przed zwarciami, zakłóceniami sieciowymi i przed przypadkowym pojawieniem się napięcia na elementach regulatora.

Funkcje urządzenia

□ Płynne regulowanie narastania prądu w silnikach trakcyjnych:

- w trybie jazdy 60–300 A
- w trybie hamowania 50–250 A

□ Ograniczanie szybkości narastania prądu – do 250 A/s w trybie pracy zwykłej i 2000 A/s – w trybie hamowania awaryjnego.

□ Sterowanie przekształtnikiem napędu i histerezą, optymalizowane czasowo w paśmie częstotliwości pracy 500–2000 Hz.

□ Sterowanie przekształtnikiem hamulców oporowych z jednoczesną kontrolą stanu napięcia i prądu sieciowego.

□ Korekcja antyrezonansowa prądu podczas jazdy.

□ Płynnie wzbudzenie silników podczas jazdy.

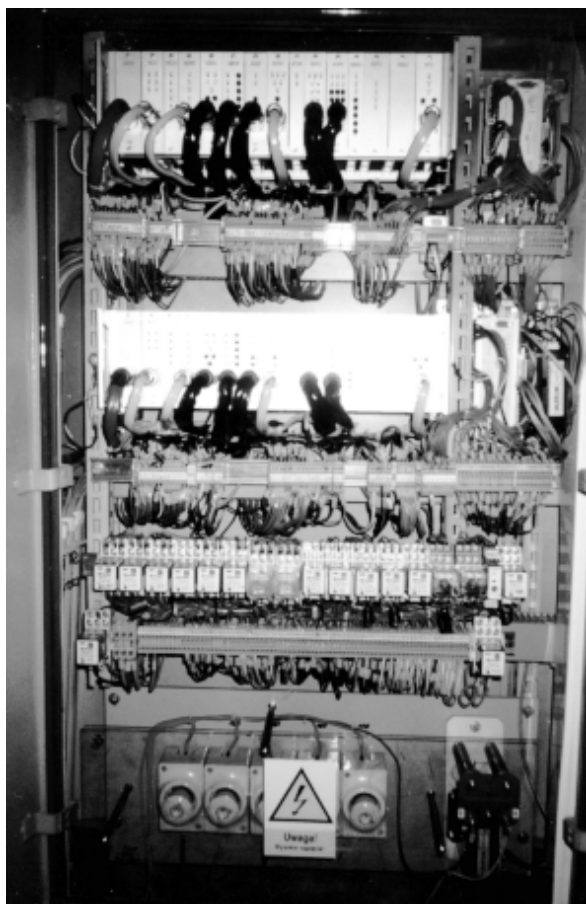
□ Odbieranie i przetwarzanie sygnałów z układów sterowania, wyposażonych w tranzystory IGBT oraz sterowanie głównymi stykami liniowymi i wszystkimi pozostałymi stykami oraz przekaźnikami.

- Sygnalizacja zakłóceń w obwodach mocy wagonu.
- Regulacja ochrony przeciwpoślizgowej zestawów kołowych, sprzężona z systemem sygnalizacji poślizgu i sterowaniem hamulcami szynowymi.

Przed doбором urządzenia zapoznano się szczegółowo z wynikami badań eksploatacyjnych chopera IGBT ALSTOM TV Progress, które wykazały przede wszystkim, że spełnia ono wymagania normy EN 50155. Urządzenie poddane zostało bardzo szczegółowym próbom typu i eksploatacyjnym w tramwajach produkcji czeskiej typoszeregu T3, K2 i KT4.

Wybrane rezultaty prób

- Urządzenie spełnia wymagania we wszystkich próbach na zwarcia i zakłócenia sieciowe.
- Urządzenie spełnia wymagania w próbach mocy trakcyjnej i nagrzewania.
- Urządzenie spełnia wymagania w próbach rozruchu i przyspieszania pustego wagonu.
- Tramwaj z urządzeniem ALSTOM TV PROGRESS spełnił wymagania prób technicznych, bezpieczeństwa i prób hamulców elektrodynamicznych.
- Znacznie poprawiły się parametry dynamiczne tramwajów przy prędkościach ponad 40 km/h w wyniku płynnej regulacji wzbudzania silników trakcyjnych.



Rys. 2. Wnętrze szafy sterowniczej z regulatorami RDC 100

- Poziom zakłóceń napięciowych i zakłóceń w polu elektrycznym urządzeń ALSTOM TV Progress spełnia wymagania normy EN 50121-3-1.

- Pobór energii elektrycznej tramwaju T3 wyniósł 1,35 kWh/km (z obciążeniem 7280 kg) i 1,09 kWh/km (bez obciążenia).

Urządzenia elektryczne firmy ALSTOM TV PROGRESS eksploatowane są w zmodernizowanych wagonach tramwajowych w Czeskiej Republice (w Pradze, Ostrawie, Brnie, Olomoucu, Pilźnie), Słowacji (Bratysława), Niemczech (Gera, Zwickau), Rosji (Iżewsk) i na Ukrainie (Dniepropetrowsk).

W celu zastosowania chopera IGBT ALSTOM TV PROGRESS w wagonie 105Na dokonano optymalnych przystosowań wagonu zarówno w części mechanicznej, jak i elektrycznej.

1. Część mechaniczna:

- dostosowano szafę aparatury do regulatorów RDC 100,
- przystosowano skrzynię aparatury i rozrusznik do zamontowania dwóch kontenerów z układami rozruchu i hamowania IGBT.

2. Część elektryczna – rozdzielono przewody wysokiego i niskiego napięcia. Przewody ekranowane do przekazywania sygnałów między regulatorem RDC 100 a układem przekształtnika poprowadzono w metalowych rurach w celu dodatkowej ochrony przed zakłóceniami elektrycznymi i mechanicznymi. Listwy zaciskowe wykonano w systemie WAGO.

Przed dopuszczeniem do ruchu, zgodnie z obowiązującymi przepisami, wagony zostały poddane rozszerzonym badaniom technicznym, które prowadzono w Instytucie Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej.

Parametry eksploatacyjne tramwaju z nowymi urządzeniami:

średnie przyspieszenie do 30 km/h bez obciążenia	> 1,4 m/s ²
średnie opóźnienie – hamulec roboczy	> 1,2 m/s ²
– hamulec awaryjny	> 1,2 m/s ²
– hamulec postojowy	1,34 m/s ²
– hamulec bezpieczeństwa	> 1,5 m/s ²
– hamowanie nagle (wszystkimi hamulcami)	> 2,6 m/s ²
poziom zakłóceń radioelektrycznych	PN/E-05108

Zastosowanie chopera IGBT ALSTOM TV PROGRESS do modernizacji wagonów 105Na dało pozytywne wyniki, co potwierdziła eksploatacja w ZKM Gdańsk.

Autorzy
 mgr inż. Zdzisław Brodawka – RMT PROTRAM Wrocław Sp. z o.o.
 inż. Ladislav Netolicky – ALSTOM Industry a.s. Praha
 inż. Jan Ptak – ALSTOM Industry a.s. Praha
 Zbigniew Syweński – RMT PROTRAM Wrocław Sp. z o.o.

PROTRAM Wrocław Sp. z o.o.
 Remonty i Modernizacja Tramwajów
 54-206 Wrocław, ul. Legnicka 65
 tel./fax (71) 350 52 86