

Konrad Węsiara, Bartłomiej Buczek

# Rozwój i eksploatacja modernizowanych elektrycznych zespołów trakcyjnych Szybkiej Kolei Miejskiej w Trójmieście

**Spółka Szybka Kolej Miejska w Trójmieście ma 65 elektrycznych zespołów trakcyjnych, w tym: 45 serii EN57, 13 serii EN71 oraz 7 serii EW58. Po wycofaniu wystużonych, ponemieckich zespołów zasilanych napięciem 800 V, na linię podmiejską SKM w Trójmieście wprowadzono zastępczo zespoły trakcyjne EN 57 przeznaczone do ruchu regionalnego. Ponieważ elektryczne zespoły trakcyjne tej serii nie były przeznaczone do obsługi ruchu o typowym charakterze aglomeracyjnym, krajowy przemysł (PAFAWAG Wrocław), w drugiej połowie lat 70. XX w. dostarczył 28 zespołów serii EW58, o układzie wagonów sa+d+sb, a więc z dodatkową jednostką napędową. Ze względu na problemy z jakością elementów obwodów sterowniczych, dużym stopniem skomplikowania konstrukcji i dużej awaryjności zespoły zaczęto stosunkowo wcześniej wycofywać z eksploatacji.**

Trójmiejska linia SKM charakteryzuje się dużą częstotliwością ruchu, a średnia odległość międzyprzystankowa wynosi 1400 m. Częste rozruchy generują duże straty energii, co wymusiło silną potrzebę i idealne warunki do wdrażania rozruchu impulsowego. Pierwsze próby z zastosowaniem napędu impulsowego rozpoczęły się w 1992 r., kiedy to w dwóch zespołach zastosowano układ rozruchu impulsowego TUREN-57 zaprojektowany przez Politechnikę Gdańską. Układ ten był zbudowany w oparciu o tranzystory klasyczne z równoległą gałęzią komutacyjną, który odnaczał się dużym stopniem skomplikowania konstrukcji i ulegał częstym awariom. Projekt po paru latach został przerwany, a jednostki przebudowano do pierwotnego stanu, to jest typowego dla tej serii rozruchu rezystorowego. Wraz z rozpowszechnieniem się na szeroką skalę tranzystorów IGBT o napięciu blokowania do 6,5 kV, konstruktorzy i producenci układów przekształtnikowych opracowali projekty modernizacji zespołów z nowoczesnym rozruchem impulsowym. Nowe możliwości finansowania ze środków UE doprowadziły do rozwoju rynku modernizacji pojazdów trakcyjnych w Polsce. W obecnej chwili PKP Szybka Kolej Miejska w Trójmieście Sp. z o.o. coraz bardziej przekształca się w spółkę samorządową. Już ponad 40% jej udziałów przejęły samorządy.

Spółka realizuje ambitny program rozwoju. Projekt *Rozwój szybkiej kolei miejskiej w Trójmieście do 2012 r.* zakłada budowę nowoczesnego systemu sterowania ruchem kolejowym na linii 250 Gdańsk Główny (Gdańsk Śródmieście) – Gdynia Chylonia, położenie linii światłowodowej wzdłuż linii, wydłużenie linii 250 i budowę przystanku Gdańsk Śródmieście, przebudowę 6 peronów oraz modernizację 22 elektrycznych zespołów trakcyjnych. Koszt całego projektu wyniesie ok. 342,6 mln zł brutto. Projekt znajduje się już na liście indykatywnej projektów kluczowych

*Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko na lata 2007–2013.* Skomplikowana wielozadaniowość w jego opracowaniu musi uwzględniać harmonijny rozwój trójmiejskiej SKM. Komputerowy system sterowania ruchem kolejowym znacznie wpłynie na poprawę bezpieczeństwa w ruchu kolejowym oraz umożliwi docelowe zwiększenie częstotliwości kursowania pociągów z 7,5 do 5 min. Aby w pełni wykorzystać przepustowość linii, kompleksowej modernizacji zostanie poddanych 22 zespołów, które dzięki zamontowaniu przekształtników, nowych silników uzyskają większą wartość przyspieszenia. Zastosowanie układu hamowania elektrodynamicznego z rekuperacją energii do sieci trakcyjnej poza samą korzyścią zastosowania przekształtnika przyniesie dalsze oszczędności energii.

## Zrealizowane modernizacje

W 2007 r. w ramach *Sektorowego Programu Operacyjnego – Transport* zmodernizowano 4 elektryczne zespoły trakcyjne serii EN 57SKM w ZNTK Mińsk Mazowiecki S.A. Sercem modernizacji jest układ rozruchu impulsowego i układ współpracy hamulca elektrodynamicznego z pneumatycznym, wykonany przez Instytut Elektrotechniki – Warszawa, podobny do zastosowanego wcześniej w lokomotywach manewrowych EM10 w 2004 r. Układ napędowy zawiera [1]:

- podwójny układ czopera wykonany w technologii IGBT do regulacji rozruchu i hamowania elektrodynamicznego obcowzbudnego dwóch grup szeregowych silników prądu stałego;
- filtry wejściowe oraz przeciwzakłócenowe EMC;
- układ hamowania elektrodynamicznego z rezystorami hamowania;
- układ antypoślizgowy;
- rozdzielnia WN z zabezpieczeniem nadprądowym i różnicowo-prądowym (części związane z napędem);
- system diagnostyczny jednostki;
- komputerowy sterownik pojazdu;
- terminale operatorskie LCD umieszczone w pulpitych;
- pulpitowe zadajniki jazdy;
- układ współpracy z hamulcami pneumatycznymi jednostki;
- układ sterowania wielokrotnego do współpracy z jednostką zmodernizowaną;
- układ sterowania wielokrotnego do współpracy z jednostką „klasyczną”.

Układ napędowy zmodernizowanej jednostki EN 57SKM realizuje następujące procesy trakcyjne:

- rozruch silników trakcyjnych dwóch równoległych grup zasilanymi z czoperów;
- rozruch lub hamowanie przy pracującej jednej grupie silników;
- jazda do przodu z zadaną wartością prądu silników;

- jazdę do tyłu oraz jazdę manewrową z ograniczoną wartością zadanych prądów;
- hamowanie elektrodynamiczne pojazdu za pomocą silników;
- współpracę hamowania elektrodynamicznego i pneumatycznego jednostki;
- pełna wymiana informacji między jednostkami zmodernizowanymi w jeździe wielokrotnej;
- sterowanie „klasyczną” jednostką w jeździe wielokrotnej;
- działanie przeciwpoślizgowe podczas procesu rozruchu lub hamowania, gdy przyspieszenia wałów silników w jednej grupie przekroczą określoną wartość, przy czym likwidacja poślizgu podczas rozruchu i hamowania polega na cyklicznym skokowym obniżaniu sygnału zadawania prądu, a następnie jego powolnym narastaniu do wartości zadanej przez maszynistę, aż do zaniku sygnału przekroczenia granicznego przyspieszenia, czyli zlikwidowaniu poślizgu;
- zapewnia poprawną pracę przy napięciach zasilania według normy PN-EN 50163 oraz w warunkach częstych rozruchów i hamowań.

W czterech zmodernizowanych zespołach zastosowano nowoczesny układ hamulca konstrukcji Instytutu Pojazdów Szynowych TABOR. Urządzenia sterownicze hamulca – pneumatyczne i elektropneumatyczne aparaty są rozmieszczone na tablicach kabinowych oraz na tablicach podwozia. Układ umożliwia sterowanie współpracą hamulca elektrodynamicznego z elektropneumatycznym. Sterowanie hamowaniem odbywa się za pośrednictwem magistrali CAN. W sytuacji zaniku transmisji magistrali podczas hamowania elektropneumatycznego następuje automatyczne przejście na hamowanie pneumatyczne [2].

W ramach modernizacji zabudowano również trójnapięciowe (24 V DC, 110 V DC, 3×400 V AC) przetwornice statyczne, sprężarki śrubowe, co zmniejszyło czynności przeglądowe i zakres materiałów eksploatacyjnych.

Jako główne zabezpieczenie obwodu głównego zastosowano wyłącznik DCU-400J produkcji ZAE WOLTAN. Wyłącznik ten działa na zasadzie wyłączania przeciwprądem – zarówno załączenie i wyłączenie odbywa się w komorze próżniowej. Źródłem energii wytwarzającej przeciwprąd i energii uruchamiającej napęd komór próżniowych są kondensatory. Wyłącznik jest sterowany za pomocą mikroprocesorowego sterownika ze światłowodowym systemem transmisji sygnałów między współpracującymi modułami. Kilka sztuk wyłączników próżniowych o podobnej konstrukcji była już eksploatowana na taborze SKM od lat 90. XX w.

Ważnym punktem modernizacji była modernizacja wózków na podstawie *Dokumentacji Techniczno-Ruchowej zmodernizowanych wózków typu 5B i 6B wg rysunków RL-4780 i RL-4781 dla elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57, EN71, ED72*, opracowanej przez Instytut Pojazdów Szynowych TABOR z Poznania. Poprawiła się jakość biegu (pogarszająca się w miarę zużycia elementów układu biegowego), wyeliminowano awaryjność układu biegowego, wynikającą z wad widłowego prowadzenia maźnic [3].

W 2008 r. do modernizacji do ZNTK Mińsk Mazowiecki wyślano elektryczny zespół trakcyjny serii EN71. Modernizacja obejmowała:

- kompleksową modernizację wnętrza;
- montaż dwóch sprężarek śrubowych;
- montaż dwóch trójnapięciowych przetwornic statycznych;
- nowy tachograf elektroniczny PIAP T-130P;

- zintegrowany system informacji pasażerskiej i monitoringu ENTE;
- montaż 6 szt. drzwi międzywagonowych z napędem elektrycznym – automatycznie otwieranych i zamykanych.



Rys. 1. Elektryczny zespół trakcyjny EN57SKM po modernizacji

W początkowym okresie wdrażania czterech zmodernizowanych pojazdów w 2007 r. pojawiało się sporo problemów technicznych ze strony producenta oraz sugestii usprawnień ze strony użytkownika, tzw. „choroby wieku dziecięcego”. Większość wprowadzanych usprawnień wynikała ze specyfiki intensywnego ruchu w aglomeracji trójmiejskiej. Ze strony producenta główny problem sprawiło opracowanie skutecznych zabezpieczeń elementów przekształtników. Wystąpiła cała seria awarii tranzystorów, co doprowadziło do opracowania nowych nastaw układu zabezpieczeń, zwiększenia mocy rozpraszania rezystorów zabezpieczających. Jednak przede wszystkim zastosowano instalację światłowodową do sygnału wyłączania próżniowego wyłącznika szybkiego w sytuacji przekroczenia wartości napięć lub prądów w obwodzie wejściowym. Zastosowane rozwiązania okazały się skuteczne i osiągnięto kolosalną poprawę niezawodności.



Rys. 2. Pulpit zespołu EN57SKM po modernizacji

Ze strony użytkownika główny nacisk kładziono na usprawnienie sterowania drzwiami automatycznych, w szczególności jego niezawodność. Ważną zmianą było zwiększenie poziomu sygnalizacji stanu głównych urządzeń i zabezpieczeń pojazdu, jak również możliwość przeniesienia wszystkich napięć w trakcji wielokrotnej

i zapewnienia możliwości zjazdu awaryjnego. Zabiegi te znacznie wpłynęły na szybkość reakcji w sytuacji pojawienia się ewentualnych usterek. W ostatnim czasie wymieniono również silniki Lkf 450 na silniki Lka 470, zabudowano układ wentylacji wymuszonej wraz z sygnalizacją ich pracy oraz zwiększono nastawy prądów rozruchu i hamowania. Nowe silniki są przystosowane do hamowania elektrodynamicznego i mają o 30% większą moc. Pozwoli to na zwiększenie skuteczności hamowania elektrodynamicznego oraz poprawę niezawodności. W obecnej chwili zmodernizowane cztery zespoły trakcyjne, po niecałych 2 latach użytkowania mają imponujący przebieg ponad 220 tys. km i są to jedne z najintensywniej eksploatowanych zespołów wśród taboru trójmiejskiej SKM.

## Kierunki modernizacji taboru

Głównym celem modernizacji jest:

- zwiększenie komfortu podróżowania i obsługi (maszynistów, serwisu);
- poprawę parametrów techniczno-eksploatacyjnych (zmniejszenie awaryjności, zwiększenie stopnia gotowości technicznej, ułatwienie obsługi);
- spełnienie norm i przepisów obowiązujących obecnie w ruchu pasażerskim (dotyczy w szczególności komfortu, palności materiałów, wyposażenia);
- przedłużenie czasu eksploatacji zespołów;
- optymalizacja kosztów obsługi i napraw.

Obecnie w NEWAG S.A. w Nowym Sączu modernizowany jest czteroczołowy zespół serii EN71, w którym pilotażowo zastosowane zostaną nowe rozwiązania techniczne. Poza kompleksową modernizacją wnętrza, które zostanie dostosowane do celów szybkiej wymiany pasażerów (w dwóch przedziałach układ aglomeracyjny siedzeń w stylu metro), kabiny, systemów monitoringu i informacji pasażerskiej, układu hamulca IPSz, przetwornic statycznych oraz sprzężarek śrubowych, sterowania w technice mikroprocesorowej, po raz pierwszy zostaną zabudowane:

- asynchroniczne silniki trakcyjne zabudowane w starych kadłubach silników Lk450 o sumarycznej mocy 2000 kW (50% osi napędnych);
- falowniki trakcyjne;
- układ hamowania elektrodynamicznego z rekuperacją energii do sieci trakcyjnej;
- nowoczesne pantografy jednoramienne;
- mikroprocesorowe sterowanie ogrzewaniem;
- precyzyjny układ pomiaru zużytej energii elektrycznej spełniający wymagania PKP Energetyka;
- układ diagnostyczny pojazdu z komunikacją bezprzewodową (natychmiastowa sygnalizacja usterek);
- rejestracja przebiegów międzyprzebiegów;
- elektroniczny rozkład służbowy z bezprzewodowym przesyłem danych obsługiwany z osobnego terminalu operatorskiego LCD;
- nowe pneumatyczne napędy drzwi wejściowych o dużo większej niezawodności, sterowane za pośrednictwem magistrali CAN.

W latach 2010–2011 do modernizacji zostaną wystane 22 zespoły serii EN57 w ramach projektu *Rozwój szybkiej kolei miejskiej w Trójmieście*. Modernizacja zostanie przeprowadzona w kompleksowym zakresie. Specyfikacja będzie oparta na modernizacji pilotażowej EN71 obecnie znajdującej się w przebudowie.

Planowana jest również modernizacja siedmiu zespołów serii EW58. Zespoły te mają wiele zalet, takich jak: trzy pary drzwi wejściowych na każdy wagon, konstrukcję pudła przystosowaną do zabudowy ogrzewania nawiewnego,  $\frac{2}{3}$  osi napędnych, silniki przystosowane do hamowania elektrodynamicznego.

## Podsumowanie

Przedstawiony zakres zrealizowanych modernizacji elektrycznych zespołów trakcyjnych obejmuje w zasadzie wszystkie ważniejsze układy. Kompleksowe usprawnienia i montaż nowych urządzeń są rozwiązaniami rozwijanymi przez lata od fazy koncepcji do gotowych projektów. Wdrażany zakres modernizacji z jednej strony nadał nowocześniejszy wygląd, poprawę parametrów, ale również na dłuższą metę oszczędności energii, mniejsze nakłady robocizny i finansowe podczas eksploatacji. Obecnie koszt modernizacji wraz z naprawą główną nie przekracza 40% kosztów zakupu nowego pojazdu, zatem możliwość poprawy parametrów technicznych jest znacznie szybsza i przy mniejszych nakładach finansowych niż zakup nowego taboru. Niemniej należy również zaznaczyć, że modernizacja taboru szynowego ma wiele uwarunkowań, z których najważniejsze to [3]:

- ograniczone środki finansowe na realizację prac;
- koszt jako jedyne kryterium wyboru rozwiązań opartych tylko na cenach głównych zespołów;
- krótkie okresy realizacji modernizacji;
- długotrwałe procedury przetargowe;
- objęcie próbami i dopuszczeniami wszystkich zmodernizowanych pojazdów, co wpływa na koszt przedsięwzięcia;
- niejednorodność modernizacji;
- długie okresy realizacji dostaw podwykonawców.

Reasumując należy stwierdzić, że modernizacja taboru pozwala osiągnąć częściową poprawę parametrów, np. w kierunku obsługi gęstego ruchu w kolei aglomeracyjnej (większe przyspieszenie, nowoczesne energooszczędne podzespoły, przebudowa wnętrza) i powinna być procesem równoległym do zakupu nowego taboru. □

## Literatura

- [1] *Dokumentacja techniczno-ruchowa – Elektrycznego zespołu trakcyjnego EN57*. Opracowanie Instytut Elektrotechniki Warszawa, Zakład Trakcji Elektrycznej, Warszawa 2007.
- [2] *Dokumentacja techniczno-ruchowa mikroprocesorowego systemu sterowania hamulcami dla EZT Serii EN57*. Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”, Poznań 2007.
- [3] Marciniak Z.: *Modernizacja elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57, EN71, EW60. Stan obecny i zamierzenia*. Pojazdy Szynowe 1/2009

mgr inż. Konrad Węsjora

mgr Bartłomiej Buczek

PKP Szybka Kolej Miejska w Trójmieście,  
Wydział Eksploatacji

e-mail: kwesjora@skm.pkp.pl