

Witold Sobczak, Kazimierz Frątczak, Andrzej Szubko

Rodzina nowych nawrotników tramwajowych typu NHM

Nawrotnik jest aparatem elektrycznym służącym do bezprądowej zmiany konfiguracji obwodu głównego pojazdu trakcyjnego, polegającej na odpowiednim przełączeniu zacisków obwodu wzbudzenia silników trakcyjnych. W wyniku tej zmiany następuje odwrócenie kierunku przepływu prądu w obwodach wzbudzenia, a co za tym idzie zmiana kierunku obrotów silników. W przypadku pojazdów napędzanych silnikami szeregowymi prądu stałego w ten sposób uzyskuje się możliwość jazdy wagonem zarówno do przodu jak i do tyłu.

Rzów produkcyjny nawrotników tramwajowych

Zakład Aparatury Elektrycznej „Woltan” może pochwalić się długą tradycją w produkcji nawrotników przeznaczonych do wagonów tramwajowych.

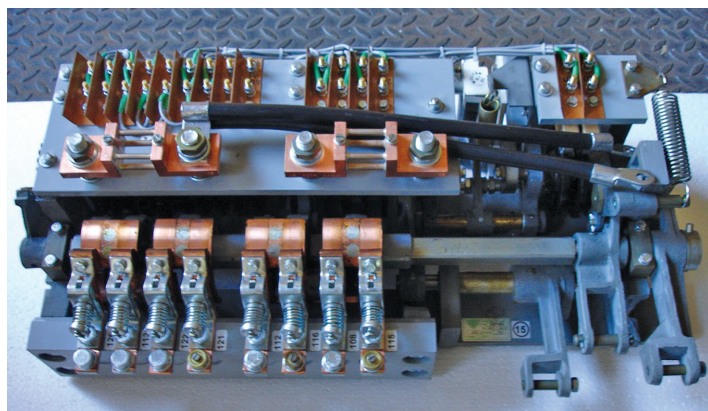
Pierwszymi nastawnikami (różne nomenklatury „nastawnik” i „nawrotnik” wynikają z pewnych zaszczości, które zostaną wyjaśnione w dalszej części tekstu) produkowanymi w Zakładzie były aparaty typu DNT-680 (fot.1) stosowane w wagonach 13N, 105N i 105Na z samoczynnym rozruchem oporowym – rozrusznik typu GBT. Aparaty te stanowiły kompletne urządzenie odpowiedzialne za kilka funkcji pojazdu:

- sterowanie prądem rozruchu i hamowania (funkcja zadajnika/nastawnika jazdy);
- sterowanie kierunkiem jazdy wagonu zarówno od strony obsługi (funkcja nastawnika kierunku), jak i samej zmiany konfiguracji obwodu głównego (funkcja nawrotnika).

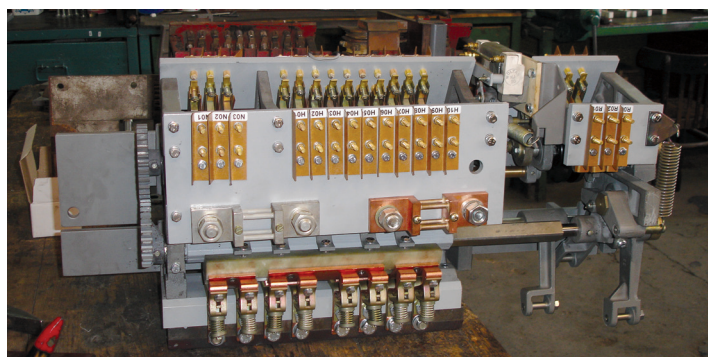
Zespół nastawnika DNT-680 był ciężką konstrukcją o masie blisko 50 kg. Wynikało to z faktu, że wszystkie jego funkcje były realizowane w sposób mechaniczny za pomocą cięgien, dźwigni i pedałów, połączonych z kabiną motorniczego.

Znaczny postęp w konstrukcji nastawników nastąpił w latach 90. XX w., wraz z pojawieniem się wagonów tramwajowych z rozruchem impulsowym. Wówczas cała żeliwna konstrukcja DNT-680 została zastąpiona przez – opracowany również w „Woltanie” – nawrotnik z napędem elektrycznym. Nastąpiło wtedy rozdzielenie funkcji nawrotnika, zadajnika/nastawnika jazdy i nastawnika kierunku. Prąd rozruchu i hamowania regulowany był za pomocą joysticka zwanego zadajnikiem jazdy. Stopień jego wychylenia był mierzony w sposób elektroniczny, a informacja o tym trafiała do sterownika napędu. Mechaniczny nastawnik kierunku został zastąpiony przez trójpołożeniowy łącznik elektryczny (nastawnik kierunku) z którego sygnał trafiał do sterownika pojazdu. Nadrzędny sterownik wagonu wysyłał wówczas sygnał do napędu nawrotnika z rozkazem przestawienia pozycji i zmiany w ten sposób polaryzacji obwodu wzbudzenia. W miejsce klasycznego zespołu nastawnika konieczne było stworzenie aparatu realizującego tylko funkcję zmiany konfiguracji obwodu głównego w zależności od sygnałów wysyłanych przez sterownik pojazdu – a więc funkcję nawrotnika.

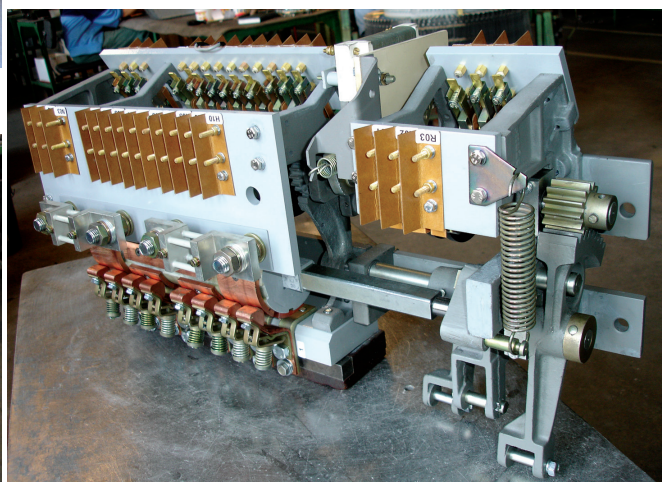
W związku z tym na bazie nastawnika DNT-680 został skonstruowany nowy nawrotnik, typu DNT-M40, miał on napęd elektryczny, służący do zmiany kierunku jazdy wagonu oraz elektroniczny układ sterowania i kontroli pozycji. Był to nawrotnik dwupołożeniowy: P – przód i T – tył. Kolejnym rozwinięciem konstrukcji DNT było opracowanie i wyprodukowanie nawrotnika



Fot. 1. Nastawnik DNT-680



Fot. 2. Zespół nastawnika DNT-552 (odmiana DNT eksportowana do USA)



trójpołożeniowego, gdzie dodano pozycję „0”, w której to obwód wzbudzenia wagonu jest galwanicznie odizolowany od całego obwodu. Jest to bardzo przydatne w przypadku holowania wagonu, czy poddawania silników trakcyjnych próbie izolacji. Nawrotnik ten otrzymał nazwę DNT-M41 (fot. 3). Był on dużo lżejszy od poprzednika. Jego masa sięgała 36 kg. Nawrotniki typu DNT-M stanowią do dziś rodzinę popularnych nawrotników produkowanych w różnych wersjach i wykonaniach. Stosowane są we wszystkich typach tramwajów modernizowanych przez Z.A.E. „Woltan” w wielu miastach w Polsce, między innymi w Warszawie (wagony 105N2k2000A/B – Konstal oraz 123N – H. Cegielski), Szczecinie (105N2k2000S i 105N2K/S/2000B – Konstal oraz 105N2k-S08 – Modertrans), Katowicach, Gliwicach, Będzinie, Bytomiu (105N2k-TS), Bydgoszczy (805N-MB – PESA) oraz Łodzi (MPK Łódź).

Wraz z rozwojem napędów impulsowych rozruchu i hamowania pojawiła się myśl opracowania również zupełnie innej konstrukcji nawrotnika o sterowaniu elektronicznym, przeznaczonym do taboru tramwajowego. W 2010 r. Zakład Aparatury Elektrycznej „Woltan” sp. z o.o. w Łodzi, korzystając z *Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka*, lata 2007–2013 w ramach *Działania 1.4 Wsparcie Projektów Celowych* wystąpił do Polskiej Agencji Rozwoju Regionalnego PARP z wnioskiem o dofinansowanie realizacji projektu celowego *Opracowanie, badanie i wykonanie prototypu elektronicznego nawrotnika jazdy pojazdów trakcji miejskiej NHM100 i NHM200*. Taki wniosek został złożony poprzez Łódzką Agencję Rozwoju Regionalnego, a w wyniku oceny merytorycznej został wyznaczony do realizacji i wsparcia ze środków unijnych. Na to zadanie podpisano stosowną umowę.

W wyniku realizacji projektu celowego opracowano nowe rozwiązanie rodziny nawrotników.

Rodzina nawrotników NHM

Najnowszym nawrotnikiem opracowanym w Z.A.E. „Woltan” jest nawrotnik tramwajowy typu NHM, który swoją budową, gabarytami i wykorzystanymi technologiami stanowi zupełną innowację w porównaniu ze swoimi poprzednikami.

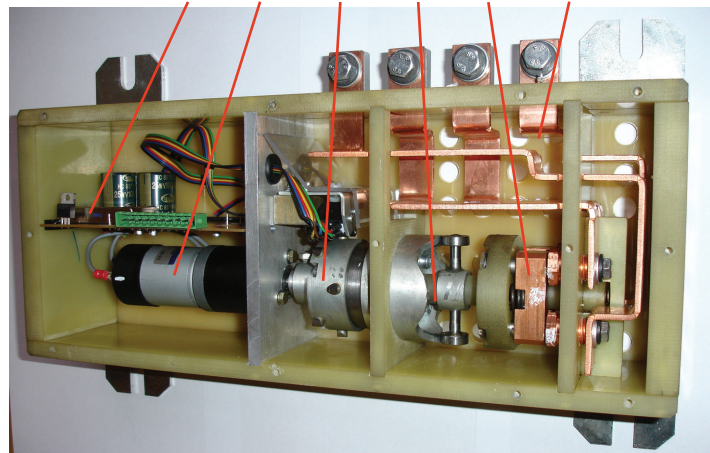
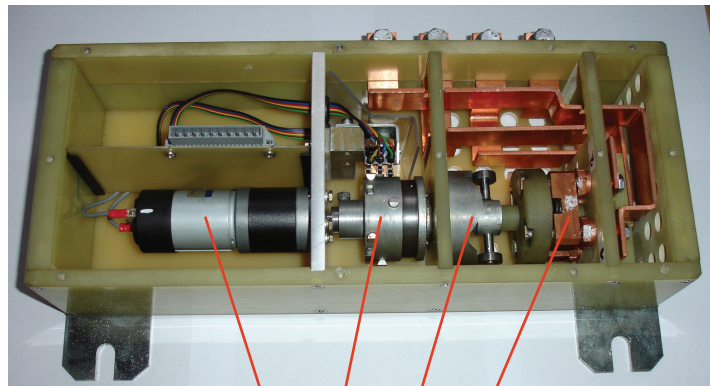
Prace projektowe i wdrożeniowe prowadzone w Z.A.E. „Woltan” miały na celu stworzenie aparatu, który będzie pozbawiony wad swoich poprzedników, przy zachowaniu ich funkcjonalności i bezsprzecznych zalet. Bardzo istotne było również, aby nowy nawrotnik był w pełni kompatybilny ze stosowanymi powszechnie nawrotnnikami DNT-M40/41 tak, aby możliwe było zastąpienie ich bez ingerencji w instalację obwodu głównego, czy obwodu sterowania tramwaju.

Opis konstrukcji

Nowa konstrukcja oparta jest na zupełnie nowym mechanizmie zestyku. Elementem stykowym nawrotnika są dwa miedziane styki ruchome, umieszczone na obrotowej tarczy z płyty szklano-epoksydowej (fot. 4, poz. 5), napędzanej przez silnik prądu stałego z przekładnią planetarną (fot. 4, poz. 2). Tarcza ze stykami



Fot. 3. Nawrotnik DNT-M41



Fot. 4. Nawrotnik NHM-100

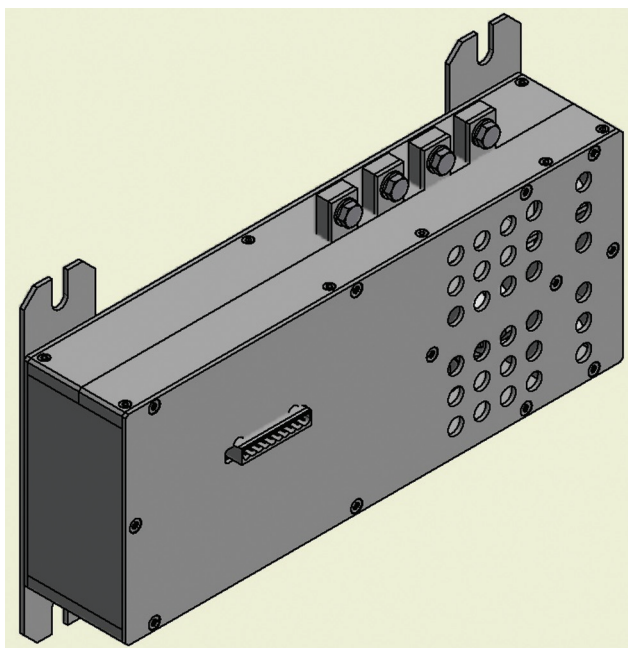
połączona jest z napędem za pomocą sprzęgła (fot. 4, poz. 3). Styki ruchome zwierają parami styki nieruchome wkręczone w konstrukcję nawrotnika. Docisk realizowany jest przez sprężynę dociskową pracującą pomiędzy stykiem ruchomym a tarczą. Wałek będący podstawą części ruchomej nawrotnika jest połączony kołkiem walcowym z parą łożysk toczącą się po powierzchni krzywki cylindrycznej (fot. 4, poz. 4). Dzięki takiej konstrukcji mechanizmu jednocześnie realizowany jest ruch obrotowy, powodujący przełączanie par styków, jak i ruch posuwisty, pozwalający uzyskać odpowiedni docisk styków ruchomych do styków

stałych. Powrót z pozycji docisku roboczego realizowany jest poprzez dalszy obrót przez sprężynę zwrotną.

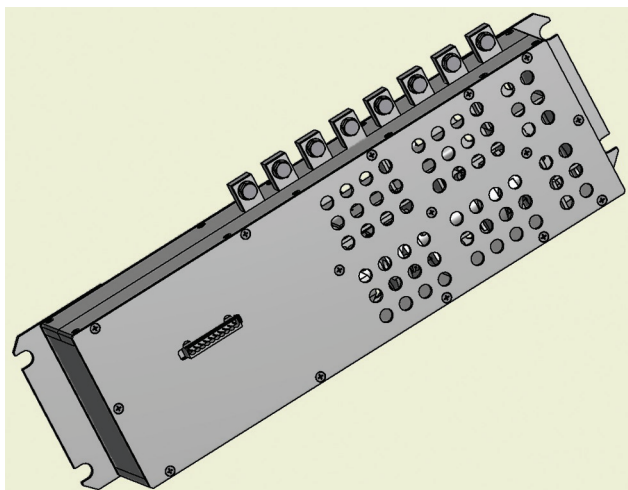
Nowy nawrotnik przez zmianę napędu oraz znaczne zmniejszenie gabarytów wymagał również nowego układu sterowania (fot. 4, poz. 1). Zaprojektowano elektroniczny sterownik wykonany w technologii SMD, wykorzystujący scalone cyfrowe układy logiczne. Sterownik ten został zaprojektowany tak, aby był zgodny z istniejącym na wagonie, dotychczasowym systemem sterowania i kontroli pracą nawrotnika.

Uwagi eksploatacyjne

Dzięki *quasi*-modułowej konstrukcji, polegającej na wydzieleniu przedziałów: napędu, sprzęgła z kontrolą położenia styków ruchomych oraz zestyku, obecna konstrukcja jest bardzo rozwojowa. Dlatego możliwe było stworzenie wersji zarówno jednogrupowej (rys. 1), jak i dwugrupowej (rys. 2), różniących się jedynie liczbą przedziałów zestyków (fot. 4, poz. 6), przy zachowaniu dokładnie tego samego napędu, sprzęgła, układu sterowania i kontroli pozy-



Rys. 1. Nawrotnik NHM-100



Rys. 2. Nawrotnik NHM-200

cji. Nawrotnik dwupołkowy (*dwugrupowy?*) ma dwa zespoły zestyków (8 zacisków przyłączowych) co sprawia, że jest przystosowany do przełączania dwóch grup silników jednocześnie (odpowiednik klasycznego nastawnika DNT). W przypadku, gdy istnieje potrzeba rozdzielnego przełączania każdej z grup silników osobno (np. oddzielne skrzynie z układem napędowym dla I i II grupy silników) można zastosować dwa nawrotniki jednogrupowe, a więc z jednym zespołem zestyków. Nawrotnik taki stworzono nadając mu nazwę NHM-100 (wersję dwugrupową nazwano NHM-200) i przeprowadzono pomyślnie eksploatację obserwowaną w wagonach Tatra KT4Dt, modernizowanych przez „Woltan” dla Tramwajów Szczecińskich S.A. W wagonach tych z powodu osobnych skrzyń z przekształtnikami I i II grupy silników bardzo wygodne stało się zastosowanie dwóch osobnych (mniejszych) nawrotników dla każdej z grup zamiast jednego, centralnie położonego nawrotnika dwugrupowego, jak to ma miejsce w modernizowanych wagonach typu 105N i pochodnych. Nawrotnik dwugrupowy NHM-200 przetestowano próbnie, z powodzeniem, w wagonach 805N-M12, modernizowanych dla MPK Łódź.

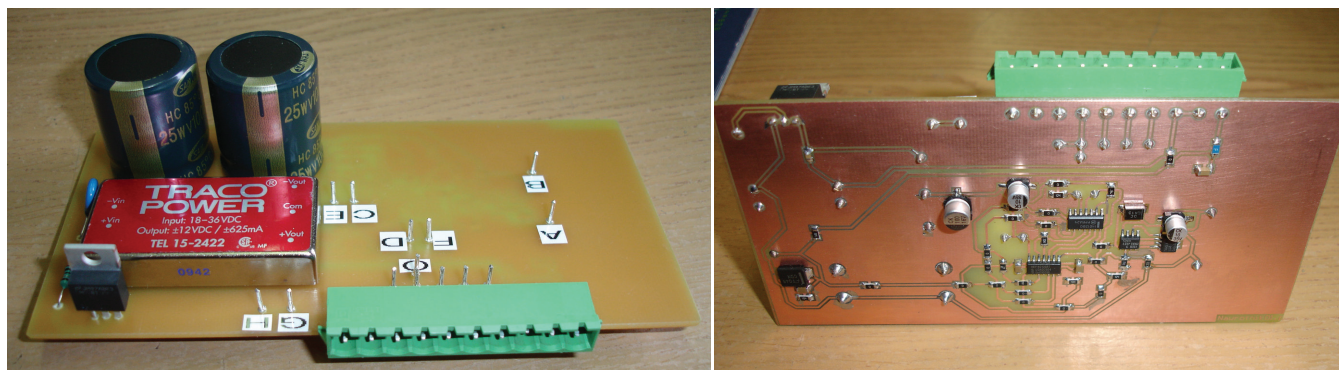
W wyniku zastosowania nowej konstrukcji mechanizmu przełączania styków możliwe stało się zastąpienie dużego silnika prądu stałego oraz sporych rozmiarów stalowych kół zębatych, stosowanych dotychczas w nawrotnikach rodziny DNT, silnikiem prądu stałego z przekładnią planetarną. Napęd tego typu jest kilkukrotnie mniejszy i lżejszy od poprzednika przy zachowaniu na odpowiednim poziomie podstawowych parametrów na wale napędowym (moment napędowy, prędkość obrotowa itp.)

Dzięki zasilaniu zarówno napędu, jak i elektronicznego układu sterowania i kontroli z przetwornicy impulsowej (fot. 5), możliwa jest produkcja aparatów zarówno w wersji wymagającej 24 V napięcia pokładowego (np. wagony typu Tatra), jak i 40 V napięcia baterii pokładowej (modernizowane wagony typu 105N i pochodne). W przypadku produkcji nawrotnika na potrzeby konkretnego projektu możliwe jest również wykonanie znacznie uproszczonej wersji sterowania, gdzie kontrolę napędu i pozycji można powierzyć nadrzędnemu sterownikowi pojazdu (typu PLC). Takie testy były przeprowadzane na wagonach typu Tatra modernizowanych przez „Woltan” dla Szczecina.

W nowoczesnym nawrotniku typu NHM odstąpiono od wykorzystania ciężkich stalowych przekładni zębatych. Dotychczasową podstawą konstrukcji tego typu aparatów była masywna stalowa rama oraz zespoły detali, będących ciężkimi odlewami żeliwnymi. Nowa konstrukcja w przeważającej części wykonana jest z płyty szklano-epoksydowej, co pozwoliło uzyskać bardzo wysoką trwałość, przy wręcz rewolucyjnej redukcji masy całej konstrukcji. Nawrotnik NHM w wersji dwugrupowej wraz z uchwytnymi mocującymi i zaciskami przyłączeniowymi ma masę ok. 8 kg – porównując to z odpowiednikiem typu DNT o masie ponad 36 kg widać, że postęp jest duży.

Wspomniany zabieg rezygnacji z żeliwa na rzecz lekkiej i łatwej w obróbce płyty szklano-epoksydowej ma również niebagatelny wpływ na redukcję kosztów wyprodukowania aparatu (poważnie zmniejszona pracochłonność obróbki detali).

Nowa technologia i zupełnie innowacyjne podejście konstruktorów do projektu przyczyniły się również do znacznej poprawy komfortu pracy obsługi serwisowej. NHM może zostać wymieniony dużo szybciej i sprawniej przez jedną osobę, co było niemożliwe w przypadku nawrotnika DNT, do wymiany którego



Fot. 5. Układ sterowania NHM

potrzebny był co najmniej dwuosobowy zespół. Z punktu widzenia serwisu ważne jest również, że układ sterowania połączony jest z obwodami pojazdu za pomocą jednego złącza (wielowtyk), zamiast stosowanej dotychczas listwy zaciskowej. Umożliwia to dużo szybsze podłączenie/odłączenie aparatu, a jednocześnie pozwala uniknąć błędnego podłączenia układu sterowania.

Podstawowe dane znamionowe nawrotników NHM

Znamionowy prąd ciągły	300 A
Znamionowe napięcie izolacji	750 V
Napięcie sterowania	24/40 V
Stopień ochrony (bez zacisków prądowych)	IP20
Temperatura pracy	-25°C do +60°C
Mechaniczna trwałość łączeniowa	200 000 cykli
Pozycja pracy	dowolna

Wnioski

Nowa konstrukcja nawrotnika tramwajowego, opracowana przez konstruktorów Z.A.E. „Woltan”, pozwoliła zachować zalety dotychczas stosowanych nawrotników, eliminując jednocześnie ich podstawowe wady, takie jak duże gabaryty, duża masa, trudność obsługi serwisowej czy energochłonność i pracochłonność procesu produkcji aparatu. NHM stanowi jednocześnie znakomitą bazę do dalszego rozwoju nowej rodziny nawrotników do pojazdów trakcji miejskiej.



*mgr inż. Witold Sobczak
Współpraca inż. Kazimierz Frątczak
Korekty mgr inż. Andrzej Szubko*



**Zakład Aparatury Elektrycznej
WOLTAN Sp. z o.o.**

90-536 Łódź, ul. Gdańska 138
tel. 42 636 61 22, fax 42 636 14 03
e-mail: woltan@woltan.com.pl

www.woltan.com.pl