

Mieczysław Kornaszewski, Dawid Czubak

Analiza porównawcza elektrycznych napędów zwrotnicowych EEA-5 i S700 KM

Napędy zwrotnicowe to urządzenia sterowane elektrycznie służące do samoczynnego przestawiania zwrotnicy. Na polecenie operatora system sterowania podaje napięcie nastawcze do napędu, co skutkuje przestawieniem iglicy zwrotnicy w przeciwne położenie. Napęd służy do nastawiania zwrotnicy z jednego położenia w drugie i do pewnego zamykania jej w krańcowych położeniach.

Wymagane jest, aby był trwale połączony ze zwrotnicą i tak zamocowany, aby wstrząsy od przejeżdżającego taboru nie przenosiły się na niego.

W zwrotnicy wyposażonej w napęd elektryczny występują następujące siły:

- nastawcza – maksymalna wartość siły, którą wywiera suwak nastawczy napędu w celu przestawienia zwrotnicy;
- trzymania – maksymalna wartość siły, przy której oddziaływanie napędu zwrotnicowego na suwak nastawczy nie powoduje jego przestawienia;
- rozprucia napędu – minimalna wartość siły, która oddziałując na suwak nastawczy nie powoduje jego przestawienia z położenia krańcowego;
- blokująca – siła uniemożliwiająca obrót wirnika w czasie rozprucia, powoduje poślizg na sprzęgle przeciążeniowym.

Napędy elektryczne zwrotnicowe powinny mieć siłę nastawczą ok. 4000 N \pm 500 N. Własną siłę napędną przekazują do zwrotnicy za pomocą suwaków nastawczych i współpracujących z nimi prętów nastawczych.

Ze względu na rodzaj oraz wartość siły trzymania zwrotnicy napędy mogą być rozpruwalne i nierozpruwalne. Napęd rozpruwalny jest takim rodzajem napędu, w którym najechanie z ostrza na niewłaściwie ustawiony rozjazd powoduje jego rozprucie. Przestawiony napęd zostaje otwarty (następuje przesunięcie suwaka nastawczego) i przekazanie informacji o utracie kontroli do obwodu kontrolnego systemu sterowania. Wartość siły trzymania jest tak dobrana, aby nie uległ zniszczeniu żaden element rozjazdu i napędu. Natomiast napęd nierozpruwany nie jest przystosowany do rozprucia rozjazdu ze względu na znacznie większą siłę trzymania (powyżej 25 kN). Rozprucie rozjazdu z napędem tego rodzaju skutkuje koniecznością wymiany napędu na nowy i naprawą rozjazdu.

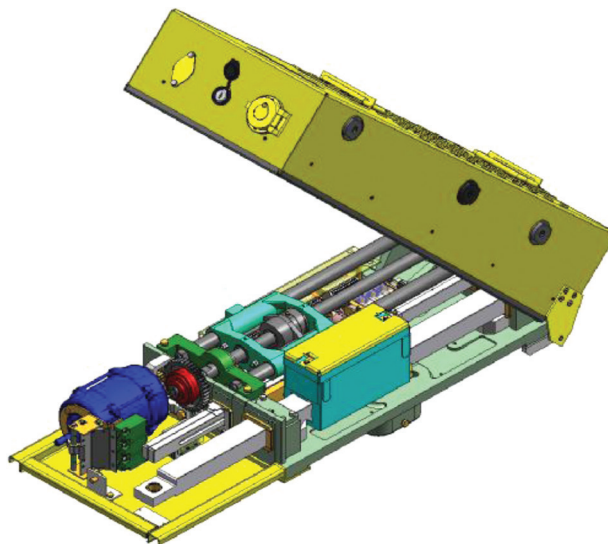
W skład napędu zwrotnicowego wchodzi następujące typowe podzespoły:

- obudowa;
- silnik elektryczny – obroty w jedną i drugą stronę, ma dobraną moc;
- przekładnia – redukuje prędkość silnika, aby był odpowiedni czas przesuwu suwaka;

- sprzęgło przeciążeniowe – chroni silnik przed przeciążeniami, gdy niemożliwy jest przesuw iglic, amortyzuje siłę bezwładności silnika;
- sprzęgło zaporowe (hamulec blokujący) – oddzielne urządzenie nie występujące w każdym napędzie; jego zadaniem jest unieruchomienie silnika i przekładni w przypadku oddziaływania siły na napęd od strony iglic;
- urządzenie sterująco-nastawcze – przełącza obwód zasilania uzwojeń wzbudzających silnik, wyłącza prąd nastawczy po przestawieniu zwrotnicy w krańcowe położenie i załącza prąd kontrolny;
- suwak nastawczy – przenosi ruch silnika na pręt nastawczy;
- urządzenie do kontroli położenia iglic – zbudowane jest z suwaków kontrolnych połączonych z iglicami za pomocą prętów kontrolnych.

W eksploatacji na sieci kolejowej w Polsce spotyka się dwa rodzaje napędów zwrotnicowych, tzw. typu lekkiego (A), o sile nastawczej 2500 N oraz typu ciężkiego (B) o sile nastawczej 5000 N. Oba rodzaje napędów mogą być przystosowane po wprowadzeniu niezbędnych przeróbek do nastawiania zwrotnic w skróconym czasie. Napęd typu lekkiego ma masę ok. 190 kg, natomiast napęd typu ciężkiego – około 300 kg. Napędy typu A były produkowane w pierwszych latach powojennych, obecnie są produkowane tylko napędy zwrotnicowe typu B.

Opis konstrukcji napędu zwrotnicowego EEA-5 Budowa



Rys. 1. Elektryczny napęd zwrotnicowy EEA-5 [3]

Źr. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa: Elektryczny napęd zwrotnicowy EEA-5, Katowice 2007

Napęd zwrotnicowy EEA-5 ma konstrukcję modułową (rys. 1). Moduły stanowią zespoły funkcjonalne wymienne. Wśród nich należy wymienić:

- zespół płyty podstawy,
- moduł zamykający,
- moduł sterująco-kontrolny (oparty na wyłączniku Schaltbau S800b40 lub S820b),
- moduł wyłączników (oparty na wyłączniku MWK-7, występuje opcjonalnie zamiast modułu sterująco-kontrolnego),
- sprzęgło siły trzymania z suwakiem nastawczym,
- moduł wyłącznika korby,
- moduł przesuwny,
- moduł silnika,
- zespół suwaków kontrolnych.

Tabela 1

Podstawowe parametry techniczne napędu zwrotnicowego typu EEA-5, producent Bombardier [3]

Rodzaj zastosowanych suwaków kontrolnych	bez suwaków kontrolnych z suwakami kontrolnymi	
Skok suwaka nastawczego	1253, 1403, 1813, 2043, 2203 mm	
Skok nastawczy	nierozpruwalny: 6 kN rozpruwalny: 6 kN ± 500 N	
Maksymalne opory przestawiania rozjazdu	nierozpruwalny: 5,2 kN rozpruwalny: 5,2 kN	
Siła trzymania	nierozpruwalny: 100 kN rozpruwalny: min. 7,5 kN	
Siła trzymania suwaków kontrolnych	25 ÷ 35 kN	
Siła rozprucia napędu rozpruwanego	9 ÷ 12 kN	
Rodzaje zastosowanego silnika	silnik trójfazowy 3 × 400 (230) V 50 Hz, 1400 obr./min silnik trójfazowy 3 × 400 (230) V 50 Hz, 940 obr./min silnik jednofazowy 1 × 230 V 50 Hz, 1390 obr./min	
Czas przestawiania	silnik 1400 obr./min	5 s, skok 220 mm
	silnik 1390 obr./min	4 s, skok 125, 140 mm
	silnik 940 obr./min	5 s, skok 125, 140 mm
Maksymalna dopuszczalna siła sprężystości iglic (siła wsteczna od iglicy dolegającej)	1,5 kN	
Masa	160 kg	
Zakres temperatury pracy	od -40°C do +80°C	
Stopień ochrony	IP54	
Trwałość	1 mln zadziałań lub 20 lat eksploatacji	
Odporność na udary	30 G	
Wymiary	1123 × 412 × 274 mm	
Oporność przewodów z silnikiem 3-fazowym	do 54 Ω	
Prędkość obrotowa silnika	3 × 400 (230) V 50 Hz	1400 obr./min
	3 × 400 (230) V 50 Hz	940 obr./min
	1 × 230 V 50 Hz	1390 obr./min
Napięcie zasilania	3 × 400 V 50 Hz, 1 × 230 V 50 Hz	
Moc silnika	3 × 400 (230) V 50 Hz, 1400 obr./min	435 W
	3 × 400 (230) V 50 Hz, 940 obr./min	450 W
	1 × 230 V 50 Hz, 1390 obr./min	435 W
Prąd znamionowy (dla oporów zewnętrznych około 6 kN)	silnik 3 × 400 (230) V 50 Hz	maksymalnie 2,8 A
	silnik 1 × 230 V 50 Hz	maksymalnie 4,8 A
Współczynnik mocy cos φ	3 × 400 (230) V 50 Hz, 1400 obr./min	0,45
	3 × 400 (230) V 50 Hz, 940 obr./min	0,56
	1 × 230 V 50 Hz, 1390 obr./min	0,95
Pojemność kondensatora dla silnika trójfazowego	brak	
	silnika jednofazowego	40 μF (450 V)

Źr. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa: Elektryczny napęd zwrotnicowy EEA-5, Katowice 2007

Zasada działania napędu

Silnik elektryczny poprzez koła zębate i sprzęgło przeciążeniowe obraca śrubę kulową. Nakrętka śruby kulowej przesuwania sanie, które przesuwają sprzęgło siły trzymania wraz z suwakiem nastawczym. W skrajnych położeniach napędu, blokady trzymają sprzęgło siły trzymania z suwakiem nastawczym połączonym z dźwignią zamknięcia w rozjeździe. Moduł sterująco-kontrolny steruje prądem nastawczym (np. wyłącza silnik w skrajnych położeniach) oraz łączy sygnalizację kontroli położenia iglic rozjazdu. Moduł korby wyłącza napięcie silnika po włożeniu na wałek silnika korby do ręcznego przestawiania napędu. W przypadku braku połączenia nastawczego z dźwignią zamknięcia suwaki kontrolne napędu poprzez pręty kontrolne blokują w skrajnych położeniach iglice dolegające.



Rys. 2. Napęd zwrotnicowy typu EEA-5 umocowany do toru [6]

Źr. <http://www.polskakolej.info/>

Opis konstrukcji napędu zwrotnicowego S700 KM Budowa



Rys. 3. Sposób zamocowania napędu zwrotnicowego S700 KM do rozjazdu [7]

Źr. <http://www.kombud.com.pl/>

Napęd zwrotnicowy S700 KM również ma konstrukcję modułową. Poszczególne podzespoły znajdują się na module podstawowym, który jest umieszczony w żeliwnej obudowie z zamykaną pokrywą stalową. W skład konstrukcji wchodzi:

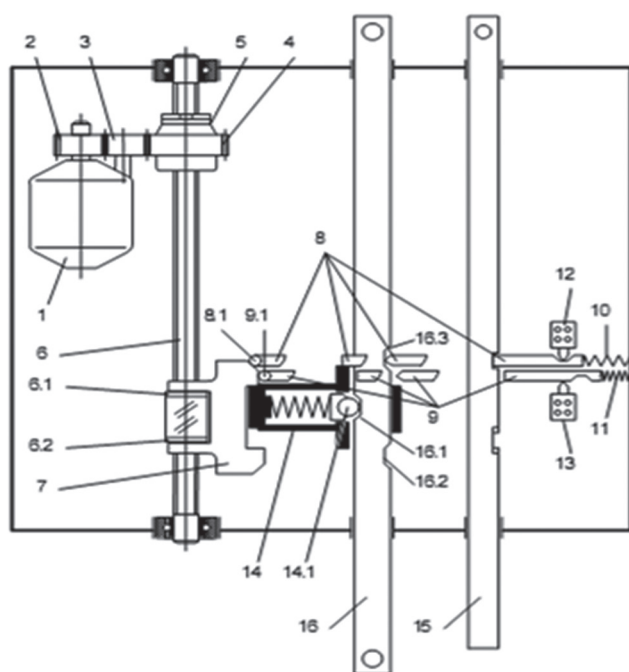
- moduł silnika;
- elektryczny moduł okablowania wraz z przetężnikami;
- moduł napędowy;
- moduł śruby napędnej wraz ze sprzęgłem nastawczym;
- moduł nastawczy wraz ze sprzęgłem trzymania;
- moduł suwaków kontrolnych;
- moduł podstawowy, który zawiera wyłącznik bezpieczeństwa przełączający, suwak blokujący i blokadę korby ręcznej.

Zasada działania napędu

Zasadę działania napędu zwrotnicowego S700 KM pokazano na rysunku 4.

Po uruchomieniu silnika (1) moment obrotowy przenoszony jest z wałka zębatego napędowego (2) poprzez koła zębate pośrednie (3) na koło zębate (4) oraz przez sprzęgło nastawcze (5) na napęd śrubowy ze śrubą napędną toczną (6). Sprzęgło ogranicza (redukuje) moment obrotowy. Prowadzenie prostoliniowe śruby napędnej tocznej przetwarza moment obrotowy w ruch podłużny. Zabieraki (6.1 i 6.2) przesuwają listwę przełączającą (7) w kierunku przestawiania. Skośne krawędzie listwy przełączającej dochodzącej do rolki (8.1) suwaka zamykającego (8) odsuwają go pokonując naprężenia sprężyny dociskowej (10). W wyniku (skutku) tego załączony zostaje przełącznik zatraskowy (12). Zestyk kontrolny przerywa, natomiast zestyk nastawczy zamyka obwód elektryczny. Następnie zostaje zwolnione sprzęgło zaporowe (14) oraz suwaki kontrolne (15).

W celu uzyskania prawidłowego zwolnienia sprzęgła zaporowego poprzez suwak zamykający, naprężenie występujące w iglicy odlegającej nie powinno przekroczyć 1400 N.



Rys. 4. Zasada działania napędu zwoźnicowego S700 KM [2]

- 1 - silnik; 2 - wałek zębate napędowy; 3 - koło pośrednie; 4 - koło zębate; 5 - sprzęgło nastawcze; 6 - śruba napędna toczna; 6.1 i 6.2 - zabieraki; 7 - listwa przełączająca; 8 - suwak zamykający; 8.1 - rolka; 9 - suwak zamykający; 9.1 - rolka; 10 - sprężyna dociskowa; 11 - sprężyna dociskowa; 12 - przełącznik zatraskowy; 13 - przełącznik zatraskowy; 14 - sprzęgło zaporowe (hamulec); 14.1 - rolka prowadząca; 15 - suwaki kontrolny; 16 - suwak nastawczy

Źr. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa TS RA PL: Napęd zwoźnicowy S700 K/KM, Warszawa 2005

Właściwy proces przestawiania następuje dopiero po zwolnieniu zamknięcia napędu. Do tego czasu śruba toczna przesuwająca tylko listwę przełączającą, teraz zabiera również sprzęgło zaporowe (14). Jest to sprzęgło zapadkowe połączone bezpośrednio z suwakiem nastawczym (16). Sprzęgło przenosi ruch śruby tocznej na suwak nastawczy. Wartość siły trzymania napędu ustalona na sprzęgło zaporowym powinna być większa od siły nastawczej (w celu wykluczenia jego zadziałania na skutek występowania dużych oporów podczas ciężkiego przesuwu iglic).

W końcowej fazie przestawiania napędu sprężyna dociskowa (11) zostaje zluzowana powodując przesunięcie suwaka zamykającego (9) do odpowiedniego położenia końcowego. Wpada on w odpowiednie dla danego położenia wycięcie w suwaku nastawczym blokując zarazem sprzęgło zaporowe.

W napędzie wyposażonym w suwaki kontrolne suwak zamykający (9) musi wpaść w wycięcie suwaka kontrolnego (15). Dlatego suwak zamykający osiągnie tylko wtedy ostateczną pozycję blokującą, kiedy suwaki kontrolne znajdują się w wymaganych końcowych położeniach. Założenia te są niezbędne dla załączenia przełącznika zatraskowego (13) przez suwak zamykający. W wyniku tego następuje przerwa w obwodzie prądu nastawczego i zamknięcie obwodu kontrolnego. Suwaki kontrolne zostaną we własnych wymaganych położeniach krańcowych zablokowane poprzez suwak zamykający.

Tabela 2

Podstawowe parametry techniczne napędu zwoźnicowego typu S700 KM, producent Siemens [2]

Rodzaj prądu i napięcia znamionowego silnika	3 × 400 (230) V 50 Hz 1 × 230 V 50 Hz (z kondensatorem) 1 × 110 V 50 Hz 110 V DC lub 220 V DC
Siła nastawcza	nierozpruwalny 6,5 kN ± 500 N rozpruwalny 5,5 kN ± 500 N
Siła trzymania:	nierozpruwalny > 25 kN rozpruwalny 7 kN ± 500 N
Siła trzymania suwaków kontrolnych	35 kN
Maksymalna siła naprężenia wsteczna iglicy odlegającej	1400 N
Opór rozprucia	9 kN ± 500 N
Odległość nastawcza	≤ 1900 m przy średnicy żył 0,9 mm (kabel miedziany), ≤ 4640 m przy średnicy żył 1,4 mm (kabel miedziany), ≤ 7680 m przy średnicy żył 1,8 mm (kabel miedziany)
Skok suwaka nastawczego	150 mm, 220 mm, 260 mm
Czas przestawiania przy skoku 150 mm	≤ 6 s (przy oporach przestawiania 4500 N i rezystancji żył 54 Ω oraz silniku prądu trójfazowego), ≤ 4,5 s (dla zasilania jednofazowego 230 V 50 Hz)
Czas przestawiania dla skoku 220 mm	≤ 6 s
Prąd nastawczy dla silnika	trójfazowego 2 A jednofazowego 8 A
Prąd rozruchu dla silnika	trójfazowego 8 A jednofazowego 16 A
Dopuszczalna rezystancja żył	54 Ω
Masa:	120 kg
Stopień ochrony	IP 4
Zakres temperatury pracy	-40°C do 80°C

Źr. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa TS RA PL: Napęd zwoźnicowy S700 K/KM, Warszawa 2005

Analiza porównawcza napędów zwoźnicowych EEA-5 oraz S700KM

Analizowane elektryczne napędy zwoźnicowe EEA-5 i S700 KM różnią się parametrami technicznymi oraz budową, a także sposobem zamocowania do rozjazdu.

Napęd EEA-5 jest bardziej rozbudowany, ma większą liczbę modułów. Na uwagę zasługuje fakt zwiększonej możliwości zastosowania wyłącznika Schaltbau S800b40 lub S820 w module sterująco-kontrolnym. Zamiast wprowadzania modułu sterująco-

-kontrolnego można zastosować również moduł wyłącznika oparty na MWK-7.

Pomimo różnic w liczbie wbudowanych modułów oba napędy spełniają tę samą funkcję. Dysproporcja występuje w doborze wartości skoku suwaka nastawczego. Napęd EEA-5 ma większy zakres doboru wartości skoku 1253÷2203 mm, natomiast napęd S700 KM ma dostępne trzy zakresy skoku suwaka nastawczego, które wynoszą 150 mm, 220 mm i 260 mm.

Do różnic można zaliczyć:

- masę, która dla EEA-5 wynosi 160 kg, natomiast napęd S700 KM jest lżejszy i jego masa wynosi 120 kg;
- wartość siły nastawczej – dla napędu EEA-5 wynosi dla odmiany nierozpruwalnej 6 kN i rozpruwalnej 6 kN ±500 N, natomiast dla napędu Siemens'a wynosi odpowiednio 6,5 kN ±500 N i 5,5 kN ±500 N;
- maksymalną siłę naprężenia wsteczną iglicy odlegającej, która dla napędu EEA-5 wynosi 1,5 kN, a dla napędu S700 KM – 1,4 kN;
- wartość prądu nastawczego dla silnika jednofazowego – w EEA-5 wynosi 2,8 A, natomiast w S700 KM – 2 A; również różna jest dla silnika trójfazowego – dla EEA-5 wynosi 4,8 A, a dla S700 KM – 8 A;
- opór rozprucia, który dla EEA-5 mieści się w przedziale 9÷12 kN, natomiast dla S700 KM – 9 kN ±500 N;
- sposób zamontowania napędu w rozjeździe.

Ponadto można wskazać cechy obu napędów zwrotnicowych, które są porównywalne. Wśród podobieństw można wyróżnić:

- rodzaj zastosowanego silnika – jednofazowy lub trójfazowy;
- stopień ochrony określony jako IP54;
- dopuszczalną rezystancję żył wynoszącą dla obu napędów do 54 Ω;
- zakres temperatury pracy mieszczący się w przedziale od -40°C do +80°C;
- odporność na udary wynosząca 30 G;
- siłę trzymania suwaków kontrolnych, która dla napędu EEA-5 mieści się w przedziale od 25 kN do 35 kN, natomiast dla napędu S700 KM wynosi dokładnie 35 kN;
- siłę trzymania, która dla napędu EEA-5 wynosi odpowiednio dla odmiany rozpruwalnej 7,5 kN i nierozpruwalnej 100 kN, natomiast dla napędu S700 KM wynosi 7 kN ±500 N dla odmiany rozpruwalnej i od 25 kN do 100 kN dla odmiany nierozpruwalnej;
- trwałość, która dla EEA-5 wynosi 1 mln zadziałań lub 20 lat eksploatacji, a dla S700 KM – 1 mln zadziałań, ale 10 lat eksploatacji.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy porównawczej można stwierdzić, że pomimo różnic w: budowie, wartościach parametrów technicznych oraz sposobie zamontowania napędu w rozjeździe kolejowym napędy zwrotnicowe EEA-5 i S700 KM spełniają należycie swoje przeznaczenia.

Napęd zwrotnicowy typu EEA-5 z punktu widzenia procesu eksploatacji ma korzystniejszą budowę, która umożliwi dłuższy czas jego użytkowania (20 lat). Napęd ten jest bardziej rozpowszechniony na liniach kolejowych w Polsce (w 2009 r. było tylko ok. 400 napędów S700 KM). Napęd zwrotnicowy Bombardiera jest bardziej funkcjonalny, ponieważ umożliwia współpracę z dużą liczbą różnych systemów srk.

Wersja napędu zwrotnicowego S700 K jest bardzo zbliżona budową i parametrami technicznymi do napędu EEA-5, natomiast napęd odmiany S700 KM jest nowocześniejszą wersją S700 K, ma ulepszone parametry techniczne i właściwości eksploatacyjne, a także sposób zamontowania napędu w rozjeździe.

Napęd zwrotnicowy S700 KM ma bardziej zwartą budowę i mniejsze gabaryty. Istotną zaletą tego napędu jest występowanie w jego budowie tzw. otworu spustowego wody, uniemożliwiającego powstawanie zawilgocenia elementów elektrycznych oraz jego zamarzania, co zwiększa jego bezpieczeństwa.

Literatura

- [1] Dyduch J., Kornaszewski M.: *Systemy sterowania ruchem kolejowym*. Wyd. Politechnika Radomska, Radom 2009.
- [2] Dokumentacja Techniczno-Ruchowa: *Napęd zwrotnicowy S700 K/KM*. TS RA PL, Warszawa 2005.
- [3] Dokumentacja Techniczno-Ruchowa: *Elektryczny napęd zwrotnicowy EEA-5*. Bombardier Transportation (ZWUS) Polska, Katowice 2007.
- [4] Mikulski J., Młyńczak J.: *Eksploatacyjne badania napędów zwrotnicowych*. Problemy kolejnictwa 153/2011.
- [5] Pełka A.: *Diagnozowanie urządzeń sterowania ruchem kolejowym na przykładzie napędu zwrotnicowego (rozprawa doktorska)*. Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 2009.
- [6] <http://www.polskakolej.info/>
- [7] <http://www.kombud.com.pl/>

dr inż. **Mieczysław Kornaszewski**
 Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu
 Dawid Czubak
 student Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu

➤ *Dokończenie ze s. 42*

- [6] Rufer A.: *Solutions for storage of electrical energy*. Laboratoire d'électronique industrielle LEI EPFL, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Szwajcaria.
- [7] Solarek T.: *Celowość i optycalność stosowania kondensatorowych zasobników energii hamowania odzyskowego na podstacjach tramwajowych*. XIV Konferencja Naukowa Trakcji Elektrycznej SEMTRAK 2010.
- [8] Szelaąg A.: *Zwiększanie efektywności energetycznej transportu szynowego*. Technika Transportu Szynowego 12/2008.
- [9] *Siemens wybuduje linię tramwajową bez sieci trakcyjnej w stolicy Kataru, Doha*. Technika Transportu Szynowego 11-12/2012.

- [10] http://tram.bordeaux.free.fr/alimentations_tramway.htm
- [11] <http://www.sinauteucus.com/products.html>

Tadeusz Maciołek
 Zakład Trakcji IME Politechnika Warszawska
 00-601 Warszawa pl. Politechniki 1
tadeusz.maciolek@ee.pw.edu.pl