

Mieczysław Kornaszewski, Janusz Dyduch

Elektryczne napędy zwrotnicowe nowej generacji

JEL: L92 DOI: 10.24136/atest.2018.434

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W skład drogi kolejowej wchodzi również takie jej elementy, jak rozjazdy kolejowe. Bezpieczne prowadzenie ruchu kolejowego jest uzależnione nie tylko od utrzymania rozjazdu kolejowego, ale również od poprawnego funkcjonowania napędu zwrotnicowego. Artykuł poświęcony został nowoczesnym napędom zwrotnicowym i zawiera informacje dotyczące rozwoju technicznego elektrycznych napędów zwrotnicowych. Tworzenie kolejnych rozwiązań napędów zwrotnicowych wymuszone jest ciągłym wzrostem oczekiwań w stosunku do konieczności zapewniania bezpieczeństwa ruchu kolejowego i utrzymania jakości transportu kolejowego.

Słowa kluczowe: sterowanie ruchem kolejowym, napęd zwrotnicowy, bezpieczeństwo.

Wstęp

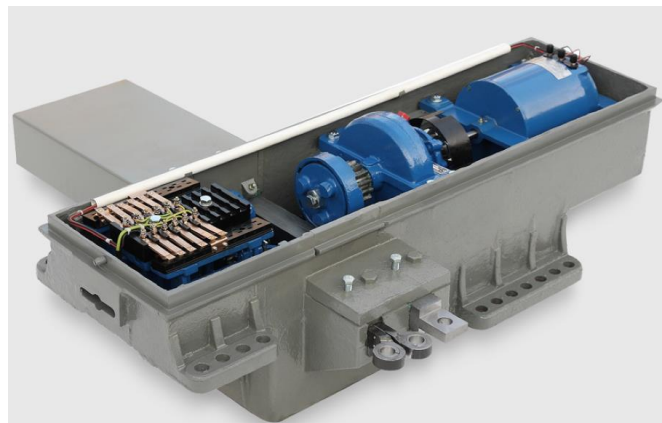
Napędy zwrotnicowe to mechaniczne urządzenia sterowane elektrycznie służące do samoczynnego przestawiania zwrotnicy. System sterowania podając napięcie nastawcze do napędu powoduje przestawieniem iglicy zwrotnicy w przeciwne położenie. Napęd służy do nastawiania zwrotnicy z jednego położenia w drugie 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.

Projektowanie i produkcja kolejnych wersji napędów zwrotnicowych wymuszone jest wzrostem bezpieczeństwa jazdy pociągów oraz zwiększaniem prędkości ich przemieszczania i pewności działania (szczególnie w warunkach zimowych). Pierwsze linie kolejowe nie stawały wygórowanych wymagań jakościowych i niezawodnościowych dla elementów wchodzących w skład drogi kolejowej. Wraz ze wzrostem ilości przewozów, wzrostem prędkości pojazdów szynowych oraz coraz mocniej zurbanizowaną infrastrukturą wymagania dla napędów zwrotnicowych zostały znacznie zwiększone.

1 Budowa typowego napędu elektrycznego

- W skład napędu zwrotnicowego wchodzi następujące typowe podzespoły [4]:
 - obudowa,
 - silnik elektryczny – obroty w jedną i drugą stronę, posiada dobrą 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 – przelacza 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.



Rys. 1. Napęd zwrotnicowy JEA-29 – widok podzespołów [13]

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 waży 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 [5].

2 Elektryczne napędy zwrotnicowe

Pierwszym ważnym napędem zwrotnicowym był JEA-29 (produkowany na podstawie licencji firmy Ericsson), który był bardzo prosty w konstrukcji i praktycznie niezawodny oraz zapewniał pełną kontrolę położenia zwrotnicy. Był montowany w nowych urządzeniach do połowy lat osiemdziesiątych.

Poniżej zostanie przedstawiona charakterystyka techniczna nowych rozwiązań elektrycznych napędów zwrotnicowych.

2.1 Rodzina napędów zwrotnicowych EEA firmy Bombardier Transportation (ZWUS) Polska

Napęd zwrotnicowy typu EEA-4

Napęd zwrotnicowy EEA-4 (rys. 2) to następca napędu JEA, produkowany już od 1975 roku. Był przeznaczony do przestawiania wszystkich odmian rozjazdów stosowanych w kolejnictwie polskim. Posiadał masę 160 kg, a stosowane w tego typu napędach były silniki na różne napięcia zasilania, m.in. na prąd przemienny 3 x 380V/50 Hz i 230V/50Hz oraz prądu stałego na 136V lub 230V [1].

Budowa napędu jest bardzo podobna do JEA-29, z pominięciem wad, które zostały tu wyeliminowane. Napęd EEA-4 wykonywany był w różnych typach, m.in. wyposażonych lub niewyposażonych w wewnętrzne w zamknięcia nastawcze, rozpruwalny lub nierozpruwalny.



Rys. 2. Umocnienie elektrycznego napędu zwrotnicowego typu EEA-4 przy torze [15]

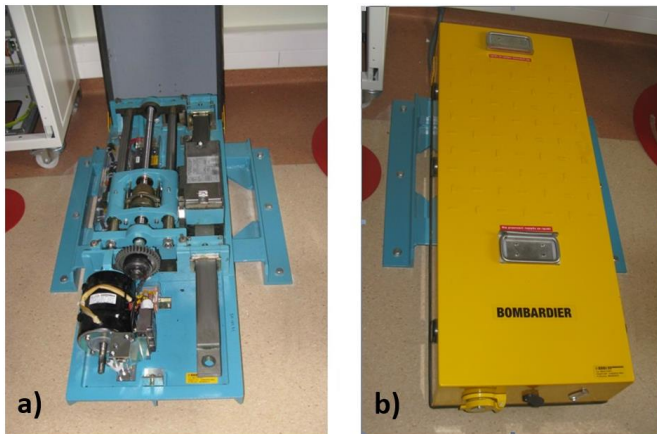
Napęd był również wykonany w wersjach [1], [7]:

- szybkobieżnej – siła nastawcza 3 kN, siła trzymania 4,5 kN, czas przestawiania ok. 0,5 sek.,
- normalnobieżnej – siła nastawcza 4 kN, siła trzymania 5 kN, czas przestawiania ok. 3 sek.,
- wolnobieżnej – siła nastawcza 6 kN, siła trzymania 7 kN, czas przestawiania ok. 5 sek.

Napęd ten ze względu na złożoną konstrukcję został już wycofany z produkcji.

Napęd zwrotnicowy typu EEA-5

Napęd typu EEA-5 produkowany od końca lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia, jest produktem firmy Bombardier Transportation (ZWUS) Polska. Napędy elektryczne typu EEA-5 wykonywane są w dwóch wersjach: rozpruwalnej i nierozpruwalnej. Waga tego napędu wynosi około 160 kg [4].



Rys. 3. Widok elektrycznego napędu zwrotnicowego typu EEA-5 znajdującego się w Laboratorium Systemów Sterowania Ruchem Kolejowym w UTH Radom [opracowanie własne]

Napęd ten jako element wykonawczy systemu sterowania ruchem kolejowym, spełnia następujące funkcje [3]:

- przestawia zwrotnice, wykojeńnice lub ruchomy dziób krzyżownicy,
- utrzymuje w położeniu krańcowym zewnętrzne zamknięcie nastawcze zwrotnicy lub ruchomego dzioba krzyżownicy,
- utrzymuje bezpośrednio wykojejnicę w położeniach krańcowych,
- kontroluje osiągnięcie położenia krańcowego i zakończenie procesu przestawiania iglic w zwrotnicy, ruchomym dziobie krzyżownicy lub w wykojejnicy,
- wersja napędu rozpruwalnego poprzez utratę kontroli może być wykorzystana do wykrycia rozprucia zwrotnicy.

W skład napędu zwrotnicowego EEA-5 wchodzi następujące moduły (rys. 3a) [3]:

- zespół płyty podstawy,
- moduł zamykający,
- moduł sterująco-kontrolny,
- sprzęgło siły trzymania z suwakiem nastawczym,
- moduł wyłącznika korby,
- moduł przesuwny,
- moduł silnika,
- zespół suwaków kontrolnych,
- dolna osłona silnika,
- pokrywa napędu.

Ważniejsze cechy napędu zwrotnicowego typu EEA-5 [6]:

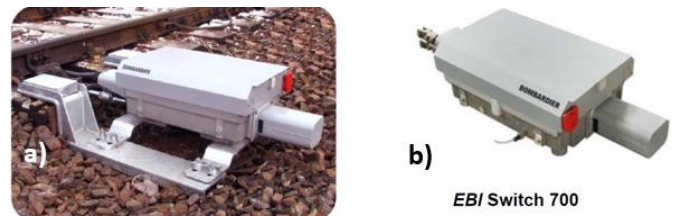
- wolnobieżne o szybkości działania do 5 sek. dla skoku 220 mm; w ofercie także skoki 125; 140; 181; 204 mm, inne w zakresie 125-260 mm na zamówienie; istnieje możliwość zamówienia napędów z silnikiem trójfazowym o skokach 125 i 140 mm o porównywalnym czasie przestawiania jak dla skoku 220 mm,
- rozpruwalne o sile trzymania większej od 7,5 kN sygnalizują rozprucie zwrotnicy poprzez utratę kontroli,
- nierozpruwalne o sile trzymania 100 kN mogą ulec uszkodzeniu podczas rozprucia i nie zapewniają wykrycia rozprucia zwrotnicy bez przestawienia napędu. Dla uzyskania tej informacji wymagane jest zastosowanie dodatkowego układu lub urządzenia kontrolującego,
- prawidłowe działanie napędu jest zagwarantowane przy napięciu zasilania: z silnikiem 3-fazowym 3x400V (+10%, -30% wartości znamionowej), z silnikiem 1-fazowym (1x230V +10%, -15% wartości znamionowej).

2.2 Napęd zwrotnicowy typu EBI Switch 700

Elektrohydrauliczny napęd zwrotnicowy typu EBI Switch 700 (rys. 5) jest stosunkowo nowym napędem firmy Bombardier Transportation (ZWUS) Polska i przeznaczony jest do przestawiania zwrotnic z zewnętrznymi zamknięciami nastawczymi, jako rozpruwalny lub nierozpruwalny. Jest przystosowany do współpracy ze wszystkimi typami rozjazdów, przy dowolnych skokach zamknięć nastawczych i dowolnych szerokościach torów [11].

W skład elektrohydraulicznego napędu zwrotnicowego typu EBI Switch 700 wchodzi następujące podstawowe podzespoły:

- silnik elektryczny;
- pompa tłokowa osiowa;
- blok sterujący;
- układ hydrauliczny.



Rys. 4. Widok ogólny napędu zwrotnicowego EBI Switch 700 [2]

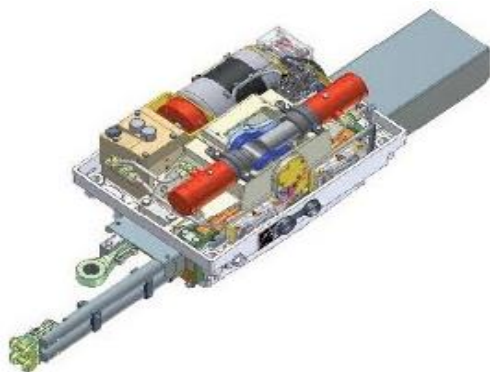
Zabudowywany jest na specjalnych mocowaniach razem z prętem nastawczym i prętami kontrolnymi przeznaczonymi do kontroli położenia iglic (rys. 5a). Napęd zwrotnicowy EBI Switch 700 wyposażony jest w dwa systemy zabezpieczające [11]:

- podstawowy - odpowiedzialny za przestawienie iglicy i blokowanie jej w zadanej pozycji,
- rezerwowy - jest opcją awaryjną na wypadek usterki systemu podstawowego.

2.3 Elektrohydrauliczny napęd zwrotnicowy L826H firmy Thales [12]

Elektrohydrauliczny napęd zwrotnicowy typu L826H, produkowany przez firmę Thales, to najnowszej generacji napęd, posiadający funkcję regulacji skoku iglicy i czasu przestawiania. Nabiera szczególnego znaczenia w przypadku rozjazdów wielonapędowych na liniach dużych prędkości, zwrotnic w tunelach, rozjazdów krzyżowych oraz wykolejnic.

Napęd zwrotnicowy typu L826H firmy Thales jest stosowany w Polsce, Niemczech (DB AG), Hiszpanii (RENFE), Portugalii (CP), Szwajcarii (SBB), Izraelu (IR), Bośni (ZBH) oraz Holandii (NS).



Rys. 5. Widok podzespołów występujących w elektrohydraulicznym napędzie zwrotnicowym typu L826H [12]

2.4 Napęd zwrotnicowy S700 (KM) produkcji Siemens

Napęd typu S700 (KM) firmy SIEMENS konstrukcyjnie podobny jest do napędu zwrotnicowego EEA-5. Poszczególne jego podzespoły znajdują się na module podstawowym, który jest umieszczony w żeliwnej obudowie z zamykaną pokrywą stalową. Wykorzystuje podobną zasadę przekładania zwrotnicy i jest przystosowany do stosowania na liniach kolejowych o prędkości do 350 km/h. Napęd zwrotnicowy S700 KM jest nowocześniejszą wersją S700 K, posiada ulepszone parametry techniczne i właściwości eksploatacyjne oraz korzystniejsze rozwiązanie montażu napędu w rozjeździe. Napęd zwrotnicowy S700 KM posiada bardziej zwartą budowę i w ten sposób mniejsze rozmiary gabarytowe [4].

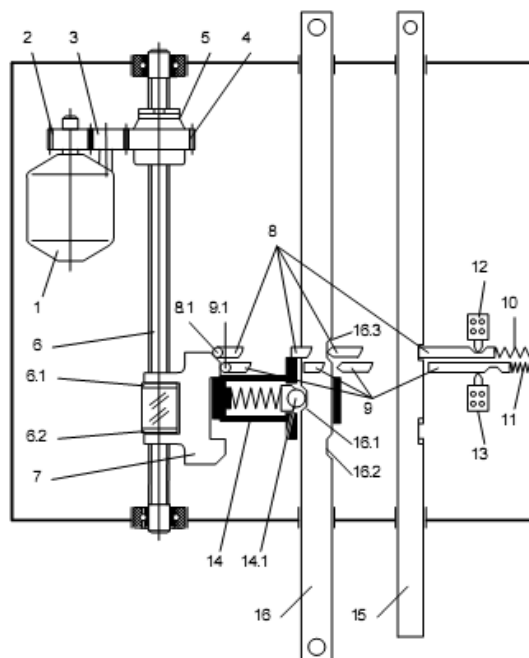


Rys. 6. Widok napędu zwrotnicowego typu S700 K [14]

Zasada działania napędu zwrotnicowego S700 K/KM [9]

Po uruchomieniu silnika (1) moment obrotowy przenoszony jest z wałka zębatego napędowego (2) poprzez koła zębata 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).



Rys. 7. Schemat poglądowy zasady działania napędu zwrotnicowego S700 (K/KM) [10], gdzie: 1 - silnik, 2 - wałek zębatego napędowego, 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 - suwak kontrolny, 16 - suwak nastawczy

Właściwy proces przestawiania następuje dopiero po zwolnieniu zamknięcia napędu. Do tego czasu śruba toczna przesuwiała 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. 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 ostateczną pozycję blokującą, kiedy suwaki kontrolne znajdą 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.

Podsumowanie

Nowoczesne rozwiązania napędów zwrotnicowych opierają się głównie na stosowaniu elementów elektrycznych, elektronicznych i hydraulicznych oraz możliwości przeprowadzania szybkiej diagnostyki [8]. Wykorzystanie tego typu elementów daje producentom dodatkowo możliwość zwiększenia bezpieczeństwa prowadzonego ruchu.

Istotnego znaczenia w przypadku prawidłowego funkcjonowania napędu zwrotnicowego nabiera prędkość przejeżdżającego pociągu, a więc dla kolei podwyższonych i dużych prędkości wartość co najmniej 160 km/h i zachowanie się samego napędu.

Firmy produkujące napędy zwrotnicowe podjęły szereg działań pozwalających na zwiększenie bezpieczeństwa prowadzenia ruchu pociągów z wykorzystaniem tych rozwiązań. Przeprowadziły m.in. próby eksploatacyjne związane z zapobieganiem przymarzaniu zestyków kontrolnych dla wyeliminowania problemów z przestawianiem napędów i opóźnień stąd wynikających. Bombardier Katowice m.in. dopracował się odpowiedniej wersji układu sterującego kontrolnego, nowych wyłączników krańcowych, czy też zwiększenia siły nastawczej napędów rozpruwanych.

Należy zwrócić również uwagę na odpowiednie utrzymanie napędów zwrotnicowych, tj. przeprowadzanie ich przeglądów okresowych we właściwych terminach, sprawdzenie stanu wnętrza napędu (powinno być możliwie suche), smarowanie elementów ruchomych, wykonywanie pomiarów i regulacji siły nastawczej oraz dopilnowanie terminów przeprowadzania badań technicznych rozjazdów kolejowych w zależności od stopnia obciążenia i prędkości maksymalnej, zgodnie z tabelą 1 [9].

Tab. 1. Częstotliwość przeprowadzania badań technicznych rozjazdów kolejowych w zależności od stopnia obciążenia i prędkości maksymalnej [9]

L.p.	Parametr	Częstotliwość badań przy określonych parametrach eksploatacyjnych				
		3	4	5	6	7
1	Prędkość [km/h]	$V \leq 40$	$40 < V \leq 120$	$120 < V \leq 160$	$160 < V \leq 200$	
2	Obciążenie [Tg/rok] ^{*)}	-	≤ 10	> 10	-	-
3	Częstotliwość podstawowa	6 m-cy	6 m-cy	3 m-ce	3 m-ce	2 m-ce
4	Częstotliwość wydłużona	max 12 m-cy	max 9 m-cy	max 6 m-cy	max 6 m-cy	max 3 m-ce

^{*)} Obciążenie – sumaryczne obciążenie przewozami wszystkich kierunków w rozjeździe¹⁾

Bibliografia:

- ADtranz ZWUS: Elektryczny napęd zwrotnicowy typu EEA-4, Dokumentacja Techniczno-Ruchowa, 1989.
- Bombardier Transportation (ZWUS) Polska: BOMBARDIER – the evolution of mobility, Forum Pracodawców, Katowice 2013.
- Bombardier Transportation (ZWUS) Polska: Napęd zwrotnicowy typu EEA-5, Dokumentacja Techniczno-Ruchowa, Katowice 2002.
- Kornaszewski M., Czubak D.: Analiza porównawcza elektrycznych napędów zwrotnicowych EEA-5 oraz S700 KM, „Transport i Komunikacja” Nr 2/2013, Kwidzyn 2013.

- Kornaszewski M., Dyduch J.: Rozwój technologiczny napędów rozjazdów kolejowych, „Przegląd komunikacyjny” Nr 12/2016, s. 4–10, Wrocław 2016.
- Michna S., Pełka A.: Napęd zwrotnicowy EEA-5, „Technika transportu szynowego” Nr 2/2007.
- Mikulski J., Młyńczak J.: Eksploatacyjne badania napędów zwrotnicowych. „Problemy Kolejnictwa”, zeszyt 153, Warszawa 2011.
- Nowakowski W., Ciszewski T., Łukasik Z.: The Concept of Railway Traffic Control Systems Remote Diagnostic, International Conference on Transport Systems Telematics, 2017.
- PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.: INSTRUKCJA o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów Id-4. Warszawa, 2015.
- Siemens: Napęd zwrotnicowy S700 K/KM, Dokumentacja Techniczno-Ruchowa TS RA PL, Warszawa 2005.
- Zalewski P., Siedlecki P., Drewnowski A.: Technologia Transportu Kolejowego, WKiŁ, Warszawa 2004.
- <http://www.rbf.net.pl/wiecej,Bezterminowe-swiadectwo-UTK-dla-Thalesa,179>
- http://kolster.com.pl/produkty_3.html
- <http://www.transportszynowy.pl/kolrozjazdybudowa.php>
- <https://www.bsk.isdr.pl/srk/foto/eea4.jpg>

The new generation electrical railway drives

The safe realization of railway traffic requires a safe railway route. The intersection of railway tracks, which is one of the railway road elements is operated by railway drive. Therefore, the article has been devoted to modern railway drives, which take a significant role in the realization of safe railway transport. The evolution of further technical solutions of railway drives is forced by a continuous increase of expectations in relation to ensuring the safety and railway transport quality.

Keywords: railway traffic control, railway driver, safety.

Autorzy:

dr hab. inż. **Mieczysław Kornaszewski**, prof. nadzw. – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Instytut Automatyki i Telematyki, Zakład Systemów Sterowania w Transporcie, 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29. Tel: + 48 48 361-77-88; Fax: + 48 48 361-77-42; m.kornaszewski@uthrad.pl

prof. dr hab. inż. **Janusz Dyduch** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Instytut Automatyki i Telematyki, Zakład Systemów Sterowania w Transporcie, 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29. Tel: + 48 48 361-77-27; Fax: + 48 48 361-77-42; janusz.dyduch@uthrad.pl