

*Dr hab. inż. Jerzy Mikulski, prof. nadzw. Pol. Śl.,
Dr inż. Jakub Młyńczak
Politechnika Śląska*

EKSPLOATACYJNE BADANIA NAPĘDÓW ZWROTNICOWYCH

SPIS TREŚCI

1. Elektryczne napędy zwrotnicowe
2. Analiza techniczna stosowanych na PKP elektrycznych napędów zwrotnicowych
3. Badania eksploatacyjne
4. Wnioski

STRESZCZENIE

Napęd zwrotnicowy jest ważnym elementem wśród urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Ma on bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo przewożonych osób i towarów. Jego współpraca z rozjazdem kolejowym jest najważniejszym z elementów w procesie sterowania ruchem. Również diagnostyka napędu zwrotnicowego i jego współpracy z rozjazdem jest procesem ważnym. Niestety, proces diagnostyki i analizy stanu układu napęd zwrotnicowy – rozjazd nie jest stawiany na takim poziomie, na jakim powinno się go stawiać. Mogłoby się wydawać, że rozwój techniki powinien powodować poprawę procesu diagnostycznego i analizy stanu urządzeń. Niestety, tak nie jest. Brakuje precyzyjnej definicji sił występujących w układzie napęd zwrotnicowy – rozjazd oraz dokładnych wytycznych interpretacji wyników pomiarów. Również brak jasno zdefiniowanych czasookresów przeglądów. Czasookresy są przyjmowane bez uzasadnienia popartego badaniami. W artykule przedstawiono założenia zmian czasookresu pomiarowego w napędach zwrotnicowych typu EEA-5.

1. ELEKTRYCZNE NAPĘDY ZWROTNICOWE

Napędy elektryczne umożliwiają:

- przestawianie rozjazdu lub wykolejnicy za pomocą silnika elektrycznego lub ręcznie za pomocą korby,
- trzymanie iglic rozjazdu w końcowym położeniu,
- mechaniczną i elektryczną kontrolę położenia iglic.

Dobór elektrycznych napędów zwrotnicowych jest uzależniony od:

- warunków, w jakich mają one pracować,
- rodzaju i charakteru ruchu odbywającego się po rozjeździe,
- konstrukcji i rodzaju zastosowanego zamknięcia nastawczego zwrotnicy oraz klimatu (temperatury otoczenia).

Z tych powodów, elektryczne napędy zwrotnicowe wykonuje się w następujących odmianach:

- bez zamknięć nastawczych rozpruwalne,
- bez zamknięć nastawczych nierozpruwalne,
- z zamknięciami wewnętrznymi rozpruwalne,
- z zamknięciami wewnętrznymi nierozpruwalne.

Napęd bez zamknięć ma jeden suwak napędny połączony z drążkiem suwakowym zamknięcia nastawczego zwrotnicy. Napęd z zamknięciami wewnętrznymi ma dwa suwaki napędne, połączone za pośrednictwem prętów nastawczych z iglicami. Zamknięcie iglicy dolegającej zapewnia konstrukcja napędu (np. w napędzie EEA-42, umieszczone w napędzie koło z niepełnym uzębieniem zazębiające się z uzębionym suwakiem nastawczym).

Napęd rozpruwalny jest konstrukcją, która umożliwia jego przestawienie w wyniku działania na suwak nastawczy (lub suwaki nastawcze) siłą tzw. rozprucia.

Napęd nierozpruwalny, teoretycznie rzecz biorąc, może być przestawiony działaniem na suwak nastawczy (lub suwaki nastawcze) siłą o wartości co najmniej 50 kN. Siła o tej wartości powoduje zniszczenie elementów napędu. Stosowany jest, gdy prędkość maksymalna przejeżdżającego przez rozjazd taboru jest większa niż 130 km/h [7].

Poszczególne rodzaje napędów są wykonywane w następujących wersjach:

- napędy rozpruwalne jako szybkobieżne, normalnobieżne i wolnobieżne,
- napędy nierozpruwalne jako normalnobieżne i wolnobieżne.

Przedstawione wersje mają następujące zastosowanie:

- szybkobieżne (czas przestawienia rozjazdu od 0,5 do 0,8 sekundy) – do rozjazdów na górkach rozrządowych,
- normalnobieżne – do rozjazdów zwyczajnych o niedużej odległości sterowania,
- wolnobieżne – do rozjazdów zwyczajnych o dużej odległości sterowania, do rozjazdów z podwójnymi zamknięciami oraz do rozjazdów krzyżowych.

1.1. Podstawowe elementy napędu zwrotnicowego [3]

Podstawowe części napędu zwrotnicowego niezależne od typu i producenta to:

- obudowa – służy do ochrony mechanizmu napędowego i jednocześnie jako element konstrukcyjny wiążący w całość części napędu,
- silnik elektryczny – powinien umożliwić przestawianie rozjazdu w oba końcowe położenia w określonym czasie w różnych warunkach,
- przekładnia – służy do zredukowania prędkości obrotowej silnika do takiej wartości, aby przestawienie rozjazdu odbyło się z określoną siłą i w ustalonym czasie,

- sprzęgło przeciążeniowe – zapewnia ochronę silnika przed przeciążeniem, umożliwia zapewnienie właściwej siły nastawczej, amortyzuje siły bezwładności silnika,
- sprzęgło zaporowe (siły trzymania) – zapewnia właściwą siłę trzymania,
- urządzenie sterująco-nastawcze – zapewnia sterowanie silnikiem napędu, kontrolowanie położenia suwaka nastawczego, mechaniczne zamknięcie napędu (i zwrotnicy) w położeniu krańcowym,
- suwak nastawczy – przenosi ruch silnika napędu przez pręt nastawczy na rozjazd,
- urządzenie do kontroli położenia iglic – kontroluje przez suwaki i pręty kontrolne położenie iglic.

2. ANALIZA TECHNICZNA STOSOWANYCH NA PKP ELEKTRYCZNYCH NAPĘDÓW ZWROTNICOWYCH

Na PKP powszechnie stosuje się cztery typy elektrycznych napędów zwrotnicowych:

- napęd JEA-29 produkowany przez ZWUS na podstawie licencji firmy Ericsson, montowany w nowych urządzeniach do połowy lat osiemdziesiątych,
- napęd EEA-4 opracowany i produkowany w ZWUS od 1975 roku, podstawowy napęd na sieci PKP, obecnie już nie produkowany,
- napęd EEA-5 opracowany i produkowany w firmie Bombardier (ZWUS) od 1999 r., w chwili obecnej wprowadzany do eksploatacji na PKP,
- napęd S 700 KM jest najnowszą konstrukcją firmy Siemens AG, wprowadzany obecnie do eksploatacji na PKP, stosowany na kolejach DB.

Do eksploatacji wchodzi również napęd hydrauliczny firmy Thales, prowadzone są także testy z napędami EBISwitch 2000 firmy Bombardier.

2.1. Napęd zwrotnicowy JEA-29 [15]

Napęd zwrotnicowy JEA-29 jest przeznaczony do przestawiania rozjazdów posiadających zamknięcia nastawcze oraz wykolejnic. Napęd wykonywany jest tylko w wersji rozpruwalnej w dwu odmianach jako:

- normalnobieżny – siła nastawcza $4^{\pm 0,4}$ kN, trzymania min. 4,5 kN, czas przestawiania około 4,5 sekundy, skok suwaka 220 ± 2 mm,
- szybkobieżny – siła nastawcza $2,7^{\pm 0,3}$ kN, trzymania min. 4 kN, czas przestawiania około 0,5 sekundy, skok suwaka 150 ± 2 mm.

Napędy te były produkowane z wykorzystaniem silnika prądu stałego o mocy ok. 440 W na napięciu 136 lub 220 V albo silnika prądu przemiennego o mocy około 735 W na napięciu 220 V, 50Hz.

Ze względu na przestarzałą konstrukcję oraz brak wersji nierozpruwanej, napęd ten nie jest obecnie montowany.

2.2. Napęd zwrotnicowy EEA-4 [2]

Elektryczny napęd zwrotnicowy typu EEA-4 jest przeznaczony do przestawiania wszystkich odmian rozjazdów stosowanych na kolejach polskich, zarówno tych wyposażonych, jak i nie wyposażonych w zamknięcie nastawcze oraz wykolejnic.

Napęd EEA-4 wykonywany jest w następujących podstawowych typach:

- EEA-40 – bez wewnętrznych zamknięć nastawczych, rozpruwalny, przewidziany do zwrotnic z zamknięciami nastawczymi i szybkości jazdy taboru do 100 km/h oraz do wykolejnic,
- EEA-41 – bez wewnętrznych zamknięć nastawczych, nierozpruwalny, przewidziany do zwrotnic z zamknięciami nastawczymi i szybkości jazdy taboru powyżej 100 km/h,
- EEA-42 – z zamknięciami wewnętrznymi, rozpruwalny, przewidziany do zwrotnic bez zamknięć nastawczych i szybkości jazdy taboru do 100 km/h,
- EEA-43 – z zamknięciami wewnętrznymi, nierozpruwalny, przewidziany do zwrotnic bez zamknięć nastawczych i szybkości jazdy taboru powyżej 100 km/h.

Ponadto przewidziano dalszy podział na wykonania w wersji:

- szybkobieżnej – siła nastawcza $3^{\pm 0,3}$ kN, trzymania $4,5^{+1,5}$ kN, czas przestawiania ok. 0,5 s,
- normalnobieżnej – siła nastawcza $4^{+0,5}$ kN, trzymania $5^{+1,5}$ kN, czas przestawiania około 3 s,
- wolnobieżnej – siła nastawcza $6^{+0,5}$ kN, trzymania $7^{+1,5}$ kN, czas przestawiania ok. 5 s.

W napędach EEA-4 stosowane są silniki na różne napięcia zasilania 3 x 380 V/50 Hz, 220 V/50 Hz oraz 136 V i 220 V prądu stałego. Masa napędu wynosi 160 kg, jest on przystosowany do pracy w klimacie umiarkowanym w temperaturze otoczenia od -40°C do $+70^{\circ}\text{C}$. Napęd ten ze względu na złożoną konstrukcję został wycofany z produkcji, niemniej istnieje jeszcze możliwość nabycia i zamontowania napędu EEA-4.

2.3. Napęd zwrotnicowy S 700 KM [3]

Modułowy napęd zwrotnicowy S 700 KM jest przeznaczony do nastawiania wszystkich typów rozjazdów kolejowych z zamknięciami zewnętrznymi. Spełnia następujące zadania:

- nastawianie zwrotnicy,
- trzymanie iglic zwrotnicy w położeniach końcowych,
- kontrola położenia końcowego iglic poprzez obwody elektryczne.

Możliwa jest również zmiana kierunku przestawiania napędu na przeciwny, niezależnie od jego stanu w procesie przestawiania. Podczas prac przy napędzie i w przypadku zaniku napięcia istnieje możliwość ręcznego przestawienia napędu za pomocą korby ręcznej.

Napędy zwrotnicowe S 700 KM są produkowane w różnych wariantach, różniących się od siebie następującymi właściwościami: rozpruwalne lub nierozpruwalne, lewo- lub prawostronne, z kontrolą lub bez kontroli iglic, o różnych systemach prądowych silnika, różnych suwach i siłach nastawczych oraz czasach przestawiania.

Dane techniczne napędu S 700 KM:

Siła nastawcza	5,5 ±0,5 kN
siła trzymania	rozpruwalny ≥ 7,0 kN nierozpruwalny ≥ 25 kN
skok suwaka nastawczego	150 mm, 220 mm lub 260 mm
czas przestawiania	≤ 6 s
napięcie zasilania	3 x 400V 50Hz lub 1 x 230V 50Hz oraz prądu stałego 24V, 110V i 220V
masa	110 kg
trwałość	1 mln zadziałań lub 10 lat

2.4. Napęd zwrotnicowy EEA 5 [4]

Napęd zwrotnicowy EEA-5 jest przeznaczony do przestawiania zwrotnic z zamknięciami wewnętrznymi oraz do przestawiania ruchomego dzioba krzyżownicy. Może być stosowany dla wszystkich odmian rozjazdów. Produkowany jest w wersji rozpruwalnej (stosowanej na liniach o prędkości taboru zgodnych z WTB-E10, czyli do 130 km/h), w wersji nierozpruwalnej (stosowanej do prędkości 250 km/h), a także w różnych odmianach zależnych od typu silnika, systemu sterowania, skoku suwaka nastawczego, suwaków kontrolnych i ze względu na sposób zamocowania.

Dane techniczne napędu EEA-5

siła nastawcza	od 2 do 10 kN
siła trzymania	nierozpruwalny: 100±10 kN rozpruwalny: 7,6–12 kN
skok suwaka nastawczego	125, 140, 181, 204, 220 mm ±3
czas przestawiania	5±1 s
napięcie zasilania	3 x 400 V 50Hz lub 1 x 230 V 50 Hz
masa	160 kg
trwałość	1 mln zadziałań

Jeżeli sprzęgło wyregulowane na 100% momentu maksymalnego nie zapewnia właściwej siły nastawczej, należy wymienić sprężyny talerzowe. W wypadku dużego zużycia podzespołów sprzęgła, np. bieżni i kulek, należy wymienić całe sprzęgło, gdyż wymiana samych sprężyn nie zapewni odpowiedniej siły nastawczej.

3. BADANIA EKSPLOATACYJNE

Badania eksploatacyjne przeprowadzono na stacji Opole Zachodnie. Przedmiotem badań są cztery elektryczne napędy zwrotnicowe EEA-5 firmy Bombardier zabudowane w rozjazdach nr 5, 7, 10, 21.

Producentem rozjazdu numer 5 jest firma COGIFER POLSKA. Jest to rozjazd zwyczajny normalnotorowy typu Rz UIC 60-190-1:9 Pssb z szyn UIC60, o promieniu łuku zwrotnego 190 m, o skosie 1:9, prawy, z iglicami szynowo-sprężystymi na podrozjazdnicach strunobetonowych. Rozjazd jest wyposażony w elektryczny napęd zwrotnicowy, typu EEA-531215D1 o nr fabr. 201/2004 firmy Bombardier. Jest to napęd zwrotnicowy typu EEA-5, rozpruwalny, zasilany napięciem 3 x 400 V, 50 Hz, z prędkością obrotową silnika 1400 obr./min, napęd zabudowany z lewej strony rozjazdu, z suwakami kontrolnymi do skoku iglicy 160 mm, napęd współpracuje z sterownikiem wykonawczym ECC-10201, skok suwaka nastawczego 220 mm.

Producentem rozjazdu numer 7 jest firma COGIFER POLSKA. Jest to rozjazd zwyczajny normalnotorowy typu Rz UIC 60-300-1:9 Pssb z szyn UIC60, o promieniu łuku zwrotnego 300 m, o skosie 1:9, prawy, z iglicami szynowo-sprężystymi na podrozjazdnicach strunobetonowych. Rozjazd jest wyposażony w rozpruwany, elektryczny napęd zwrotnicowy typu EEA-531115D1 o nr fabr. 197/2004 firmy Bombardier. Jest to napęd zwrotnicowy typu EEA-5, rozpruwalny, zasilany napięciem 3 x 400 V, 50 Hz, z prędkością obrotową silnika 1400 obr./min, napęd zabudowany z prawej strony rozjazdu, z suwakami kontrolnymi do skoku iglicy 160 mm, napęd współpracuje z sterownikiem wykonawczym ECC-10201, skok suwaka nastawczego 220 mm.

Producentem rozjazdu numer 10 jest firma KOLTRAM. Jest to rozjazd zwyczajny normalnotorowy typu Rz S60-300-1:9 Pssd z szyn S60, o promieniu łuku zwrotnego 300 m, o skosie 1:9, prawy, z iglicami szynowo-sprężystymi na podrozjazdnicach drewnianych. Rozjazd jest wyposażony w rozpruwalny, elektryczny napęd zwrotnicowy, typu EEA-531105D1 o nr fabr. 98/2004 firmy Bombardier. Jest to napęd zwrotnicowy typu EEA-5, rozpruwalny, zasilany napięciem 3 x 400 V, 50 Hz, z prędkością obrotową silnika 1400 obr./min, napęd zabudowany z prawej strony rozjazdu, bez suwaków kontrolnych, napęd współpracuje ze sterownikiem wykonawczym ECC-10201, skok suwaka nastawczego 220 mm.

Producentem rozjazdu numer 21 jest firma KOLTRAM. Jest to rozjazd zwyczajny normalnotorowy typu Rz UIC60 190-1:9 Lssb z szyn UIC60, o promieniu łuku zwrotnego 190 m, o skosie 1:9, lewy, z iglicami szynowo-sprężystymi na podrozjazdnicach strunobetonowych. Rozjazd jest wyposażony w rozpruwalny, elektryczny napęd zwrotnicowy typu EEA-531215D1 o nr fabr. 202/2004 firmy Bombardier. Jest to napęd zwrotnicowy typu EEA-5, rozpruwalny, zasilany napięciem 3 x 400 V, 50 Hz, z prędkością obrotową silnika 1400 obr./min, napęd zabudowany z lewej strony rozjazdu, z suwakami kontrolnymi do skoku iglicy 160 mm, napęd współpracuje z sterownikiem wykonawczym ECC-10201, skok suwaka nastawczego 220 mm.

Przed przystąpieniem do pomiarów, wszystkie badane sprzęgła przeciążeniowe w napędach zwrotnicowych zostały wyregulowane do wartości określonej w instrukcji producenta. Pomiarów dokonywano cyklicznie, średnio co miesiąc, od lipca do kwietnia. W tym okresie nie przeprowadzono ponownych regulacji sprzęgieł. Do pomiaru sił zastosowano przyrząd trzpieniowy PAMAR MS o klasie dokładności 1. Każdorazowo

w napędach zwrotnicowych 5, 7, 10, 21 zmierzono wartość siły nastawczej i oporów przestawiania dla położenia „plus” i „minus”.

3.1. Analiza pomiarów siły nastawczej w napędach zwrotnicowych EEA-5 w rozjazdach numer 5, 7, 10, 21 do położenia „plus” i „minus”.

Dokonując porównania charakterystyk serii pomiarów siły nastawczej w czasie przestawiania napędów zwrotnicowych nr 5, 7, 10, 21 do położenia „plus”(rys. 1) i „minus”(rys. 2), można zaobserwować zależność wpływu temperatury otoczenia na wartość siły nastawczej. W trakcie przestawiania zwrotnicy do położenia „plus” w okresie od 2009-09-22 [31°C] do 2009-11-16 [17°C], wartość sił nastawczych we wszystkich badanych napędach znacznie maleje i w przypadku zwrotnicy nr 5 i 7 przekracza dolną dopuszczalną wartość (zwrotnica 5–5 kN, zwrotnica 7–5,35 kN). Jest to czas ochłodzenia i przejścia z okresu letniego na jesienny. Natomiast w trakcie przestawiania zwrotnicy do położenia „minus” w tym samym okresie i w tych samych warunkach, wartości sił nastawczych nieznacznie rosną, mieszcząc się w dopuszczalnej tolerancji wartości siły nastawczej, oprócz zwrotnicy nr 21, której wartość siły nastawczej jest za mała i waha się na poziomie 5 kN.

Przejście w okres zimowy i znaczny spadek temperatury otoczenia powoduje, że przy przekładaniu zwrotnicy do położenia „plus” w okresie od 2009-11-16 [17°C] do 2010-01-05 [3°C] w przypadku zwrotnic 5 i 10 wartości sił nastawczych gwałtownie rosną, znacznie przekraczając górną dopuszczalną wartość siły nastawczej (zwrotnica 5–7 kN, zwrotnica 10–7,48 kN). Natomiast w wypadku zwrotnic 7 i 21 wartości nieznacznie zmieniają się, mieszcząc się w przyjętym przedziale. W tych samych warunkach przy przekładaniu do położenia „minus” można zauważyć wzrost sił nastawczych we wszystkich badanych napędach, które osiągają górną granicę dopuszczalnej wartości siły nastawczej.

W tablicy 1 przedstawiono wyniki pomiarów siły nastawczej w napędzie zwrotnicowym EEA-5, podczas przestawiania zwrotnic nr 5, 7, 10, 21 w położenie „plus”.

Tablica 1

Wyniki pomiaru sił nastawczych w napędach EEA-5 w czasie przestawiania zwrotnic 5, 7, 10, 21 do położenia „plus”

Data	zwr. 5 >	zwr. 7 >	zwr. 21 <	zwr. 10 >
2009-07-20 [29°C]	5,72	5,57	6,84	5,85
2009-08-24 [37°C]	5,5	5,51	6,42	5,53
2009-09-22 [31°C]	5,9	5,72	6,31	5,93
2009-11-16 [17°C]	5	5,35	6,22	5,74
2010-01-05 [3°C]	7	5,6	6,13	7,48
2010-02-16 [8°C]	7,28	5,07	6,91	5,54
2010-04-09 [12°C]	7,18	5,47	6,51	5,69

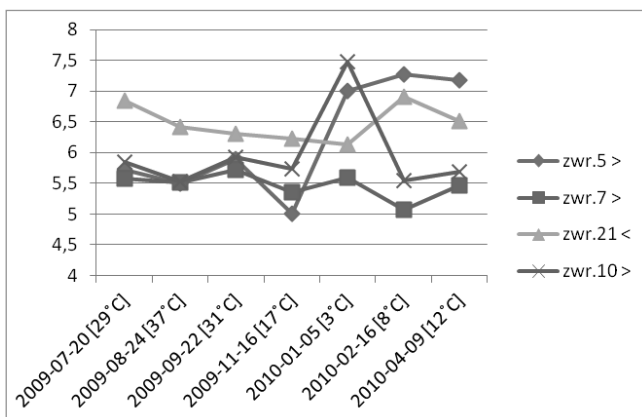
W tablicy 2 przedstawiono wyniki pomiarów siły nastawczej w napędzie zwrotnicowym EEA-5, podczas przestawiania zwrotnic nr 5, 7, 10, 21 w położenie „minus”.

Tablica 2

Wyniki pomiaru sił nastawczych w napędach EEA-5 w czasie przestawiania zwrotnic 5, 7, 10, 21 do położenia „minus”

Data	zwr. 5 <	zwr. 7 <	zwr. 21 >	zwr. 10 <
2009-07-20 [29°C]	5,35	5,65	5,6	5,55
2009-08-24 [37°C]	5,58	5,77	4,88	5,8
2009-09-22 [31°C]	5,54	5,84	5,04	5,63
2009-11-16 [17°C]	6,01	5,75	5,13	6,19
2010-01-05 [3°C]	6,39	6,29	6,52	6,2
2010-02-16 [8°C]	4,61	5,94	5,99	5,58
2010-04-09 [12°C]	4,85	5,13	5,87	5,06

Na rysunku 1 przedstawiono wykresy wartości sił nastawczych podczas przestawiania zwrotnicy w położenie „plus”. Pomiary wykonano dla napędów zwrotnicowych nr 5, 7, 10, 21.

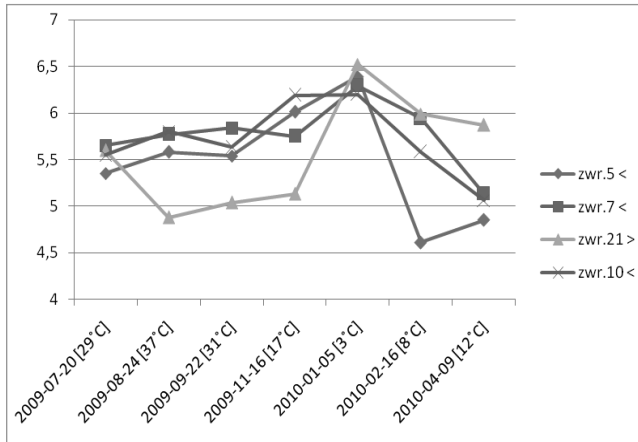


Rys. 1. Wykres wartości sił nastawczych w napędzie EEA-5 w rozjazdach nr 5, 7, 10, 21 do położenia „plus”.

Na rysunku 2 przedstawiono wykresy wartości sił nastawczych podczas przestawiania zwrotnicy w położenie „minus”. Pomiary wykonano dla napędów zwrotnicowych nr 5, 7, 10, 21.

W okresie od 2010-01-05 [3°C] do 2010-04-09 [12°C] przy przestawianiu zwrotnicy do położenia „plus” można zauważyć duży rozrzut wartości sił nastawczych we wszystkich badanych napędach, w konsekwencji prowadzący do znacznego przekroczenia dolnej i górnej granicy dopuszczalnej wartości siły nastawczej (zwrotnica 7–5,07 kN, zwrotnica 5–7,28 kN, zwrotnica 21–6,91 kN). Natomiast w tym samym okresie w trakcie przestawiania do położenia „minus” wartości sił nastawczych systematycznie maleją,

przekraczając dolną granicę dopuszczalnej wartości siły nastawczej. Pomiary były dokonywane przy dużej zmianie temperaturowej (zmiana pory roku z zimowej na wiosenną).



Rys. 2. Wykres wartości sił nastawczych w napędzie EEA-5 w rozjazdach nr 5, 7, 10, 21 do położenia „minus”

Analiza ta potwierdza hipotezę o wpływie temperatury otoczenia na wartość sił nastawczych w sprzęgłach przeciążeniowych. Mechaniczne sprzęgła przeciążeniowe stosowane w elektrycznych napędach zwrotnicowych EEA-5 po upływie trzymiesięcznej eksploatacji, nie trzymają parametrów ustawionych podczas regulacji oraz nie są odporne na zmiany temperatury otoczenia. Tak więc, duży wpływ na zmianę parametrów sprzęgła ma temperatura otoczenia.

3.2. Analiza siły nastawczej w napędach EEA-5 w czasie wysuwania i wsuwania suwaka nastawczego w rozjazdach nr 5, 7, 10, 21

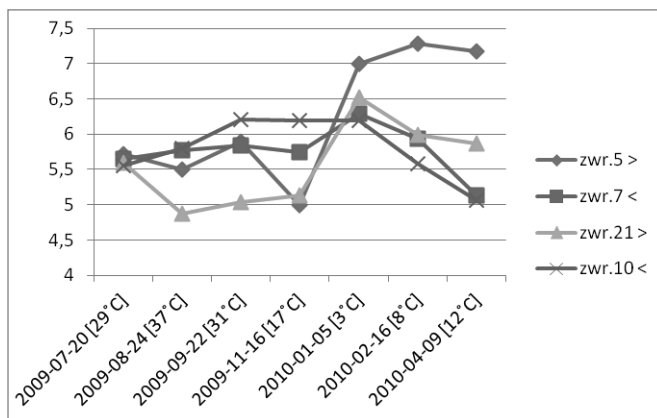
W tabelicy 3 przedstawiono wyniki pomiarów siły nastawczej w napędzie zwrotnicowym EEA-5 podczas wysuwania suwaka nastawczego w napędzie zwrotnicowym nr 5, 7, 10, 21.

Tablica 3

Wyniki pomiaru sił nastawczych w napędach EEA-5 w czasie wysuwania suwaka nastawczego

Data	zw. 5 >	zw. 7 <	zw. 21 >	zw. 10 <
2009-07-20 [29°C]	5,72	5,65	5,6	5,55
2009-08-24 [37°C]	5,5	5,77	4,88	5,8
2009-09-22 [31°C]	5,9	5,84	5,04	6,21
2009-11-16 [17°C]	5	5,75	5,13	6,19
2010-01-05 [3°C]	7	6,29	6,52	6,2
2010-02-16 [8°C]	7,28	5,94	5,99	5,58
2010-04-09 [12°C]	7,18	5,13	5,87	5,06

Na rysunku 3 przedstawiono wykresy wartości sił nastawczych podczas wysuwania suwaka nastawczego. Pomiary wykonano dla napędów zwrotnicowych nr 5, 7, 10, 21.



Rys. 3. Wykres wartości sił nastawczych w napędach EEA-5 w czasie wysuwania suwaka nastawczego

W tabelicy 4 przedstawiono wyniki pomiarów siły nastawczej w napędzie zwrotnicowym EEA-5 podczas wsuwania suwaka nastawczego w napędzie zwrotnicowym nr 5, 7, 10, 21.

Tabela 4

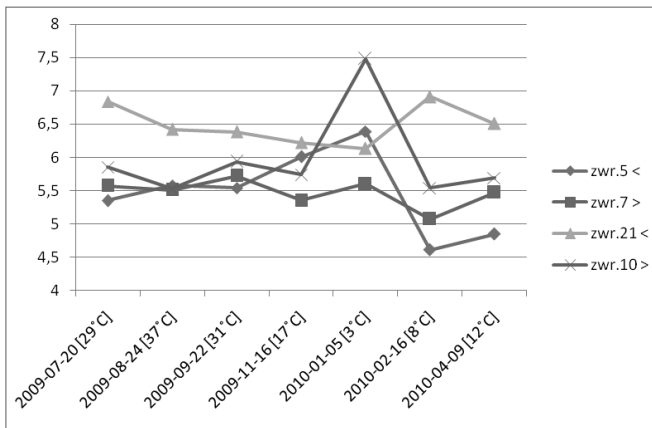
Wyniki pomiaru sił nastawczych w napędach EEA-5 w czasie wsuwania suwaka nastawczego

Data	zwr. 5 <	zwr. 7 >	zwr. 21 <	zwr. 10 >
2009-07-20 [29°C]	5,35	5,57	6,84	5,85
2009-08-24 [37°C]	5,58	5,51	6,42	5,53
2009-09-22 [31°C]	5,54	5,72	6,38	5,93
2009-11-16 [17°C]	6,01	5,35	6,22	5,74
2010-01-05 [3°C]	6,39	5,6	6,13	7,48
2010-02-16 [8°C]	4,61	5,07	6,91	5,54
2010-04-09 [12°C]	4,85	5,47	6,51	5,69

Na rysunku 4 przedstawiono wykresy wartości sił nastawczych podczas wsuwania suwaka nastawczego. Pomiary wykonano dla napędów zwrotnicowych nr 5, 7, 10, 21.

Dokonując porównania charakterystyk sił nastawczych podczas wysuwania i wsuwania suwaka nastawczego napędu (rys. 3 i 4) można stwierdzić zależność wpływu poprawności montażu napędu zwrotnicowego w stosunku do rozjazdu. W napędach zwrotnicowych nr 7 i 10, wartość sił nastawczych jest tylko nieznacznie większa przy wysuwaniu suwaka nastawczego niż przy wsuwaniu suwaka nastawczego. Zbliżenie wartości sił nastawczych może świadczyć o prawidłowym zamontowaniu napędów zwrotnicowych do zwrotnicy.

Bardzo ważne jest prawidłowe połączenie napędu zwrotnicowego do zwrotnicy. Podczas zabudowy napędu zwrotnicowego do rozjazdu trzeba ustawić napęd w stosunku do rozjazdu w jednej osi. Nieprawidłowo wykonany układ może spowodować zwiększone tarcie wpływając na poprawność wyników pomiaru. W rozjeździe nr 21 wartość siły nastawczej przy wysuwaniu suwaka nastawczego jest mniejsza niż przy wsuwaniu suwaka nastawczego. Natomiast w rozjeździe nr 5 podczas wsuwania i wysuwania suwaka nastawczego wartości sił nastawczych przeplatają się. Gdy suwak nastawczy jest wsuwany, wówczas w układzie napęd zwrotnicowy – rozjazd tarcie jest mniejsze. Dokładniejszą wartość pomiaru siły nastawczej uzyskuje się w przypadku wsuwania suwaka nastawczego.



Rys. 4. Wykres wartości sił nastawczych w napędach EEA-5 w czasie wsuwania suwaka nastawczego.

Na rysunkach 3 i 4 można również zauważyć zależność wpływu temperatury otoczenia na wartość siły nastawczej. W okresie od dnia 2010-01-05 [3°C] do dnia 2010-02-16 [16°C] następują gwałtowne skoki siły nastawczej znacznie przekraczając dopuszczalną wartość, świadczy to o wpływie temperatury otoczenia na parametry sprzęgła przeciążeniowego.

4. WNIOSKI

Rozjazdy i napędy zwrotnicowe są częścią infrastruktury kolejowej i mają zasadniczy wpływ na bezpieczeństwo poruszającego się taboru kolejowego jak i również podróżujących ludzi. Niezawodność i dostępność urządzeń sterowania ruchem kolejowym ma duży wpływ na punktualność poruszającego się taboru.

Zgromadzone w pracy wyniki pomiarów siły nastawczej i oporów przestawiania rozjazdów pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. W okresie przesilenia letnio-jesiennego, jesienno-zimowego i zimowo-wiosennego, następuje wzrost lub spadek wartości siły nastawczej. Na wystąpienie takiej sytuacji ma wpływ zmiana temperatury otoczenia. W okresie przejścia z jednej pory roku na drugą, następuje wzrost lub spadek temperatury, co ma bezpośredni wpływ na parametry sprzęgła.
2. Podczas przestawiania napędów zwrotnicowych do położenia „plus” w okresie letnio-jesiennym, we wszystkich napędach zwrotnicowych następuje spadek sił nastawczych, przekraczając jednocześnie dolną dopuszczalną wartość (w napędach zwrotnicowych nr 5 i 7). Podczas przekładania do położenia „minus” w tym samym czasie i w tych samych warunkach, wartości sił nastawczych w większości mierzonych napędów rosną i w okresie zimowym osiągają maksymalną dopuszczalną wartość. W trakcie przekładania napędów zwrotnicowych do położenia „plus” w okresie zimowym następuje wzrost wartości sił nastawczych przekraczając jednocześnie górną dopuszczalną wartość (w napędach zwrotnicowych nr 5 i 10). W okresie zimowo-wiosennym można zaobserwować duży rozrzut sił nastawczych we wszystkich napędach zwrotnicowych, które tym samym znacznie przekraczają górne i dolne dopuszczalne wartości. Jest to bardzo niekorzystne zjawisko. Natomiast podczas przekładania napędów zwrotnicowych do położenia „minus” w tym samym okresie wartości sił nastawczych zaczynają maleć przekraczając dolny dopuszczalny zakres (napęd zwrotnicowy nr 5).
3. Wartości sił nastawczych w badanych napędach zwrotnicowych wykraczają poza wymagany zakres, kwalifikując jednocześnie sprzęgła przeciążeniowe do powtórnej regulacji. Na podstawie wykonanych pomiarów można stwierdzić, że napędy zwrotnicowe EEA-5 wyposażone w mechaniczne sprzęgła przeciążeniowe, po trzymiesięcznym okresie eksploatacji nie trzymają parametrów siły nastawczej ustawionej podczas regulacji oraz nie są odporne na zmiany temperatury otoczenia.
4. W „Dokumentacjach Techniczno-Ruchowych” (DTR) producenci napędów zwrotnicowych nie określają czasookresów pomiaru siły nastawczej oraz ewentualnej regulacji sprzęgła przeciążeniowego lecz odnoszą się do wewnętrznych przepisów użytkownika. Producenci powinni dokładnie i szczegółowo określić czasokresy pomiaru siły nastawczej, tym bardziej, że zapewniają pracę urządzenia (napędu zwrotnicowego) w zakresie temperaturowym od -40°C do $+80^{\circ}\text{C}$.
5. Podczas wysuwania suwaka nastawczego wartość siły nastawczej jest nieznacznie większa niż przy wsuwaniu suwaka nastawczego (napędy zwrotnicowe nr 7, 10). Taka sytuacja może świadczyć o prawidłowym zamontowaniu napędu zwrotnicowego do rozjazdu. Przy zabudowie napędów zwrotnicowych trzeba zwrócić szczególną uwagę na poprawność montażu, aby napęd zwrotnicowy był ustawiony w jednej osi w stosunku do rozjazdu. Źle wykonany układ może spowodować zwiększone tarcie, jednocześnie wpływając na wyniki pomiarów siły nastawczej, jak i oporów przestawiania.

6. Wyniki przeprowadzonych pomiarów wskazują, że opory przestawiania w znaczącym stopniu zależą od ustawienia i pracy układu suwak nastawczy – pręt nastawczy oraz zależą od tarcia elementów w rozjeździe takich, jak źle wyregulowane zamknięcie nastawcze oraz sprężystość iglic. Wyniki pomiarów oporów przestawiania w rozjazdach nr 5 i 10 przy wsuwaniu suwaka nastawczego nie są przekroczone, natomiast podczas wysuwania suwaka nastawczego opory przestawiania są większe od dopuszczalnego zakresu. Różnica w wartości oporów przestawiania pomiędzy wysuwaniem a wsuwaniem suwaka nastawczego może być spowodowana nieprawidłowym ustawieniem napędu w stosunku do zwrotnicy. Według instrukcji o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów Id-4 opory przestawiania bez względu na porę roku nie mogą przekroczyć wartości dla rozjazdów Rz UIC60-190-1:9 – 3,3 kN, Rz UIC60-300-1:9 bez usztywnienia iglic – 3,1 kN, z usztywnieniem iglic – 3,5 kN, Rkpd UIC60-190-1:9 ssd – 5,1 kN. Opory przestawiania rozjazdów krzyżowych są większe niż rozjazdów pojedynczych. Zbyt mała siła nastawcza (kilkakrotnie miało to miejsce podczas wykonywanych pomiarów) może doprowadzić do takiej sytuacji, że opory przestawiania rozjazdu będą wyższe od siły nastawczej napędu zwrotnicowego, co spowoduje poślizg na sprzęgle przeciążeniowym i rozjazd się nie przełoży. Zbyt duża siła nastawcza (kilkakrotnie miało to miejsce podczas wykonywanych pomiarów) ma bezpośredni wpływ na przedwczesne zużywanie się elementów napędu zwrotnicowego, takich jak silnik lub przekładnia.
7. Odwołując się do instrukcji [5] wydaje się zasadne, że w torach głównych zasadniczych i głównych dodatkowych linii magistralnych i pierwszorzędnych, pomiar siły nastawczej należy wykonać nie rzadziej niż raz na dwa miesiące, natomiast we wszystkich torach pozostałych kategorii linii oraz w torach stacyjnych linii magistralnych i pierwszorzędnych czasookres pomiaru siły nastawczej powinien zostać zmniejszony i pomiar powinien być wykonany nie mniej niż raz na trzy miesiące.
8. Przeprowadzone badania i analizy wykazały, że postawiony cel został osiągnięty, czyli określono optymalny czasookres pomiaru sił nastawczych w napędach zwrotnicowych EEA-5.

BIBLIOGRAFIA

1. Bajon W., Osiński Z., Szafrąński W.: *Elektryczne napędy zwrotnicowe*. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 1969.
2. *DTR Elektryczny napęd zwrotnicowy typu EEA-4*. ADtranz ZWUS Sp. z o.o.
3. *DTR Modułowy napęd zwrotnicowy S 700 KM*. SIEMENS Technika Transportowa. Warszawa, 2000.
4. *DTR Napęd zwrotnicowy EEA-5*. Bombardier Transportation (ZWUS) Polska, Katowice, 2002.
5. *Instrukcja konserwacji i przeglądów urządzeń sterowania ruchem kolejowym Ie-12 (E 24)*. Warszawa, 2000.

6. *Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów Id-4(D-6)*. „Biuletyn PKP”. Warszawa, 1996.
7. Karaś S.: *Urządzenia zabezpieczenia ruchu kolejowego*. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 1990.
8. Korab D.: *Nowoczesne rozwiązania konstrukcyjno-technologiczne w dziedzinie rozjazdów kolejowych*. „Problemy Kolejnictwa”, 2000, nr 131.
9. Seledyn J.: *Pomiar sił w elektrycznych napędach zwrotnicowych EEA-5*. Praca inżynierska. Katowice, ŚWSZ, 2010.
10. STANDARDY TECHNICZNE – Szczegółowe Warunki Techniczne dla modernizacji i budowy linii kolejowych dla prędkości $V_{\max} < 200$ km/h (Dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem). Tom VI.
11. STANDARDY TECHNICZNE – Szczegółowe Warunki Techniczne dla modernizacji i budowy linii kolejowych dla prędkości $V_{\max} < 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem). Tom I.
12. Szafrąński W.: *Problemy techniczno-eksploatacyjne układu napęd-rozjazd kolejowy*. „Problemy Kolejnictwa”, 1996, zeszyt nr 121.
13. Szafrąński W.: *Współpraca urządzeń nastawczych w rozjazdach z napędami zwrotnicowymi*. Zeszyty Naukowo-Techniczne Oddziału Krakowskiego SITK. Kraków, 2000, nr 84.
14. Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym w przedsiębiorstwie Polskie Koleje Państwowe (WTB-E10). Warszawa, 1996.
15. Zająchkowski A., Kalacińska K., Olendrzyński W.: *Elektryczne urządzenia zabezpieczenia ruchu kolejowego, urządzenia stacyjne*. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 1982.
16. Zamięcki H.: *Budowa i utrzymanie dróg kolejowych*. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 1978.