

Piotr Rosiński, Piotr Michowski

Linia CMK a tunel Gottharda na przykładzie techniki rozjazdowej

Centralna Magistrala Kolejowa, najbardziej znana w Polsce linia kolejowa, wkrótce stanie się linią dużych prędkości. Już od 2014 r. planowane jest regularne kursowanie składów zespolonych z prędkością 220–230 km/h, a w ciągu następnych kilku lat zostaną podjęte decyzje o docelowym wariacie modernizacyjnym. W kontekście prowadzonych obecnie – i planowanych na najbliższe lata inwestycji modernizacyjnych linii CMK – inspirujące może być porównanie stanu techniki rozjazdowej na tej linii z rozwiązaniami przyjętymi dla budowanej aktualnie trasy kolejowej na przełęczy Gottharda.

Rozjazd kolejowy jest jednym z najbardziej krytycznych elementów infrastruktury kolejowej dla dużych prędkości. Zachodzące w obrębie zwrotnicy złożone zjawiska fizyczne, związane ze znacznymi siłami oddziałującymi między poruszającym się pojazdem a torem, każą traktować rozjazd ze szczególną uwagą. Zwiększające się prędkości przejazdu przez rozjazdy zarówno w kierunku zasadniczym, jak i w kierunku zwrotnym skutkują zwiększeniem geometrii rozjazdów i długości iglic. Rozjazdy stają się mniej stabilne i wymagają większej liczby punktów nastawczych, zamknięć i punktów kontroli. Dodatkowo, z uwagi na oczekiwaną dużą dostępność linii, wymaga się wysokiej niezawodności i łatwości utrzymania rozjazdów, co powoduje konieczność nowego spojrzenia na cały obszar techniki rozjazdowej.

Linia CMK a przełęcz Gottharda

Linie CMK, długości 223 km, przez wiele lat dumę PKP, zbudowano w latach 1971–1977. Już podczas jej projektowania ustalono geometrię trasy, która umożliwiła uzyskanie prędkości 250 km/h, jednak nawierzchnia i sieć trakcyjna oraz urządzenia aktywne SHP (SHP – brak systemu sygnalizacji kabinowej) pozwalają na poruszanie się z prędkością maksymalną wynoszącą obecnie 160 km/h (do 1985 r. było to 140 km/h). Pierwotnie jej przeznaczeniem były przewozy towarowe i właśnie temu służyła zaraz po otwarciu. Obecnie jest to najbardziej obciążony szybkim ruchem kwalifikowanym trakt kolejowy w Polsce. Do 2013 r. linia ma być bezkolizyjna, z wdrożonym systemem sygnalizacji kabinowej, co umożliwi jazdę z prędkością 200–250 km/h na 40% trasy, a w 2015 r. – na całej trasie. W przyszłości planuje się dostosowanie linii do prędkości 300 km/h oraz przedłużenie jej do Krakowa i Katowic, i być może do granicy państwa.

Nowoczesna technika rozjazdowa pojawiła się na linii CMK pod koniec lat 90. XX w. w ramach modernizacji stacji Psary, gdzie zabudowano kilkanaście najnowocześniejszych – na tamtą chwilę – rozjazdów o geometriach R500-1:12 i R1200-1:18,5 z krzyżownicami z ruchomym dziobem. Dostawcami technologii rozjazdowych były firmy KolTram (we współpracy z VAE), VAE oraz Cogifer. Zastosowane rozwiązania bazowały na ówczesnych standardach technicznych, typowych dla wiodących producentów

rozjazdów [1]. Z uwagi na cel, jakim było zdobycie doświadczeń w obszarze nowej techniki rozjazdowej, zabudowane konstrukcje różnią się znacząco zarówno w obszarze wykorzystanych materiałów (zwrotnice, krzyżownice), jak i wyposażenia rozjazdów (zamknięcia, przenoszenie siły, kontrolery, napędy). Jako przykład różnorodności mogą służyć zamknięcia – w Psarach możemy spotkać między innymi zamknięcia HRS, Tempflex, SZS czy VCC.

W latach 2007–2008 podjęto próbę weryfikacji nowych rozwiązań rozjazdowych na stacji Korytów, gdzie zabudowano rozjazdy o geometriach R500-1:12 i R1200-1:18,5 ze stałym dziobem krzyżownicy, dostarczone przez KolTram (we współpracy z DT, VAE i Cogifer) [2]. Zastosowano krzyżownice dla $V = 200$ km/h, z wkładką manganową typu INSERT, czy z dziobem bainitycznym. Postęp w stosunku do Psar w niewielkim stopniu objął zwrotnicę rozjazdu, praktycznie jedyną nowością było zastosowanie hermetycznych, bezobsługowych zamknięć typu Spherolock oraz układu hydraulicznego przeniesienia siły typu Hydrolink.

Do pełnego obrazu techniki rozjazdowej na linii CMK należy wspomnieć rozjazdy na stacjach Knapówka i Góra Włodowska, dostarczone przez firmę KolTram w technologii zbliżonej do zastosowanej w Psarach. Zdecydowanie nową konstrukcją rozjazdową na linii CMK jest z kolei rozjazd R1200-1:12 z krzyżownicą monoblokową manganową CentroMn13 oraz zintegrowanym, nierozpruwalnym systemem przestawiania i kontroli zwrotnic Hydrostar ZV4d, zabudowany w 2008 r. na stacji Włoszczowa. Jego cechą jest pełna podbijalność mechaniczna oraz wysoki poziom niezawodności dzięki zintegrowaniu rozjazdu z urządzeniami przestawiania i kontroli. Wysokiej trwałości i niezawodności konstrukcji sprzyja fakt, że kompletny rozjazd wraz z urządzeniami jest montowany w fabryce i transportowany w całości.

Podsumowując stan techniki rozjazdowej na linii CMK trudno nie zauważyć różnorodności rozwiązań. Co ciekawe, praktycznie żadna z zastosowanych technologii (poza jedynym rozjazdem z systemem Hydrostar) nie pozwala na pełne podbijanie mechaniczne z uwagi na szerokie podrozjazdnice, bądź zabudowane urządzenia. Większość zastosowanych zamknięć nastawczych wymaga obsługi, dozoru i smarowania.

Tunel Gottharda, długości 57 km, jest najdłuższym tunelem kolejowym na świecie. Prędkość pociągów pasażerskich, przejeżdżających przez tunel będzie wynosić do 250 km/h, dodatkowo linia będzie również wykorzystywana przez ciężkie pociągi towarowe o masie do 4000 t i naciskach do 25 t/oś.

Odpowiedzialną za cały projekt jest firma AlpTransit Gotthard, którą założono 12 maja 1998 r. Spółka ta zależna jest od swojego właściciela – kolei szwajcarskich (*Swiss Federal Railways*). Ostateczna decyzja o budowie tunelu została zatwierdzona przez Szwajcarów w drodze referendum z 29 listopada 1998 r. Pomysł na jego budowę zrodził się jednak dużo wcześniej, bo w połowie XX w. Przesłankami budowy były względy zarówno czysto ekologiczne (projekt przyczyni się do ochrony unikatowego alpejskiego ekosystemu przed degradującym wpływem spalin), jak i ekono-

miczne. Dzięki nowemu tunelowi, prędkość pociągów pasażerskich znacznie się zwiększy, co skróci czas podróży między Zuri-chem a Mediolanem o niemal jedną trzecią, wskutek czego połączenie to będzie atrakcyjniejsze nie tylko od podróżowania samochodem, ale nawet samolotem. Dodatkowo dzięki wyraźnie korzystniejszej niwelecie (w najwyższym punkcie tunel wzniesiony będzie 550 m n.p.m., a więc o ok. 600 m niżej od stanu obecnego) i mniejszej liczby łuków poziomych, pociągi towarowe będą mogły jeździć aż dwa razy szybciej – do 160 km/h, ich obciążenie oraz długość będą mogły być znacznie zwiększone dzięki mniejszym pochylem trasy. W efekcie przełożą się to na możliwość dwukrotnego zwiększenia masy przewożonych ładunków.

Koncepcja tunelu opiera się na prostych, czytelnie sformułowanych zasadach oraz na infrastrukturze, która jest ograniczona do minimum. Zabudowane wyposażenie musi zapewniać bezpieczeństwo oraz cechować się długą żywotnością.

Konstrukcję toru zaprojektowano w taki sposób, aby uzyskać maksymalną dostępność przy najmniejszych możliwych kosztach, a także aby skutecznie zapobiegać awariom. By sprostać tym wymaganiom, sformułowano następujące zasady, które były przestrzegane podczas procesu projektowania:

- geometria toru z jak najmniejszą liczbą łuków,
- bezpodsytkowa konstrukcja toru wewnątrz tunelu dla osiągnięcia jak najlepszej stabilności,
- możliwie jak najmniejsza liczba rozjazdów.

Techniczne wyposażenie tunelu Gottharda umożliwia praktycznie całkowicie zautomatyzowaną obsługę, dzięki czemu czynnik ludzki ograniczony jest do minimum. To minimalistyczne podejście przejawia się również w wyposażeniu, które zastosowano w tunelu – jakiegokolwiek elementy, które nie muszą znajdować się wewnątrz tunelu, montowane są poza nim. Dzięki temu osiąga się dużą dostępność urządzeń i małą częstotliwość awarii.

Przy dużych prędkościach i obciążeniach wytrzymałość oraz niezawodność zastosowanych rozwiązań jest sprawą kluczową. Rozjazdy, aby mogły współgrać z założeniami dotyczącymi dużych prędkości, muszą cechować się dużymi promieniami torów zwrotnych, a także bezpieczeństwem użytych systemów rozjazdowych.

W obrębie tunelu zostanie zainstalowanych 8 rozjazdów Rz60E1-1600-1:20 na podłożu niekonwencjonalnym, betonowym (*feste Fahrbahn*), natomiast poza tunelem zostanie zabudowanych kolejne 31 rozjazdów o promieniach od 2600 do 12 000 m i skosach od ok. 1:20 do 1:42 na podłożu tłuczniowym (szczegółowe zestawienie zastosowanych rozjazdów na przełęczy Gottharda podano w tab. 1). Dla większości z nich przewidziano zastosowanie krzyżownicy z ruchomym dziobem. W przeciwieństwie do tradycyjnych rozwiązań, gdzie zwiększenie liczby punktów przestawczych wiąże się ze zwiększeniem liczby napędów, sterowanie rozjazdem będzie realizowane za pośrednictwem tylko jednej jednostki napędowej. Do produkcji rozjazdów stosowana jest stal gatunku R260, natomiast dla komponentów przenoszących największe obciążenia dynamiczne stosuje się szyny ze stali gatunku R350HT, charakteryzujące się zwiększoną wytrzymałością dzięki zastosowanej obróbki cieplnej.

Do budowy linii kolejowej w tunelu Gottharda wybrano rozwiązanie, w którym rozjazd traktowany jest jako system zoptymalizowany niezawodnościowo i technicznie, realizujący wymagane funkcje. Systemem, który spełnił postawione wymagania jest rozjazd produkowany przez firmę VAE Eisenbahnsysteme GmbH, wyposażony w zintegrowany system przestawiania i kontroli zwrotnic HYDROSTAR wraz z systemem monitorowania i diagnostyki ROADMASTER.

Wąska zabudowa wybranego systemu znakomicie predestynuje go do instalacji w tunelach i miejscach o ograniczonej powierzchni. Niewielkie gabaryty systemu rozjazdowego umożliwiają zredukowanie potrzebnego miejsca na jego instalację, co przekłada się wprost na znaczącą oszczędność czasu i nakładów finansowych podczas budowy tunelu. Ponadto wykorzystywanie tylko jednej jednostki sterującej do sterowania zwrotnicą i ruchomą krzyżownicą daje nie tylko znaczne oszczędności podczas procesu integracji systemu z systemem sterowania, ale poprawia niezawodność całego układu. System rozjazdowy jest podatny utrzymaniowo, pozwala na znaczące wydłużenie okresów między przeglądami oraz jest w pełni podbijalny mechanicznie. Istotną przesłanką wyboru tego rozwiązania był fakt, że jeden dostawca oferuje kompletny system rozjazdowy, co sprzyja optymalizacji rozwiązań technicznych oraz uczytelnia kwestie odpowiedzialności za funkcjonowanie rozjazdu.

Dodatkowo istotną przewagą nowoczesnego systemu rozjazdowego nad rozwiązaniem tradycyjnym jest to, że może on być w całości zmontowany w fabryce i w takim stanie przewieziony na plac budowy. Dzięki temu osiąga się lepszą jakość całego produktu i minimalizuje ryzyko problemów w miejscu instalacji.

Zdjęcia 1–4 pokazują różnice między zintegrowanym systemem rozjazdowym HYDROSTAR a tradycyjnym rozwiązaniem, składającym się z elementów pochodzących od różnych producentów.

Wybrane propozycje rozwiązań do rozważenia w ramach modernizacji linii CMK

Aby zwiększyć dostępność linii, zabudowywane systemy rozjazdowe muszą cechować się wysoką niezawodnością i łatwością utrzymania. Można to osiągnąć dzięki instalowaniu nowoczesnych systemów rozjazdowych, które tworzą spójną całość i są fabrycznie zintegrowane. Łączenie w jednym urządzeniu wielu elementów pochodzących od różnych dostawców, prezentują-

Tabela 1

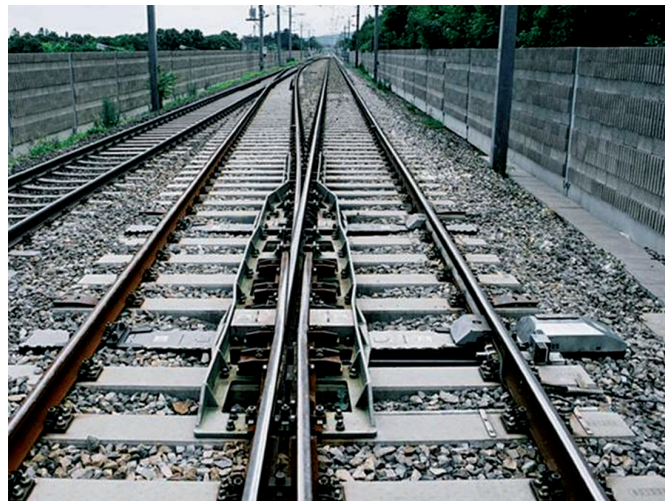
Zestawienie rozjazdów na przełęczy Gottharda

Ilość	Typ rozjazdu	Zwrotnica			Krzyżownica	
		napędy	zamknięcia nastawcze	kontrolery IE2010	napędy	zamknięcia nastawcze
4	EW VI-1600/2600-1:24(B), stały dziób (ruch na odgałęzienie)	1	4	4	Brak (stały dziób)	
6	EW VI-1600/2600-1:23,085 (B), HBS/D	1	4	4	1	2
8	EW VI-1600/2600-1:25 (B), stały dziób (przejście torowe)	1	4	4	Brak (stały dziób)	
9	EW VI-1600/2600-1:25 (B), HBS/D	1	4	4	1	2
(2)*	EW VI-12000/6100-1:42 (FF), HBS	1	8	8	1	3
8	EW VI-1600-1:20,335 (FF), HBS/D (w tunelu)	1	3	3	1	2
2	EW VI-10000/4000-1:38 (B), HBS (wjazd do tunelu)	1	6	6	1	3

* Rozjazdy perspektywiczne



Fot. 1. Zwrotnica wyposażona w system HYDROSTAR



Fot. 3. Krzyżownica z ruchomym dziobem wyposażona w system HYDROSTAR



Fot. 2. Zwrotnica wyposażona w system tradycyjny



Fot. 4. Krzyżownica z ruchomym dziobem wyposażona w system tradycyjny

nych różne poziomy techniki, generuje na etapie zabudowy i eksploatacji dodatkowe problemy i koszty.

Konstrukcyjne wykonanie rozjazdu w zależności od geometrii, wyboru materiałów lub komponentów ma olbrzymi wpływ na zachowanie się rozjazdu, a w konsekwencji na koszty i wygodę eksploatacji.

Przy modernizacji CMK do prędkości 230 km/h oprócz typowych geometrii R500 i R1200 i krzyżownic z ruchomym dziobem, warto rozważyć zastosowanie większych geometrii, zapewniających jazdę po kierunku zwrotnym z prędkością 160 km/h. Dostępne technologie w tym zakresie (np. Rz60-10000/4000-1:32,05 dla prędkości do 350 km/h na wprost i do 160 km/h po kierunku zwrotnym) oparte na kłoidzie pozwalają na budowę szybkich przejść trapezowych i odgałęzień przy zwiększeniu komfortu jazdy, zmniejszeniu zużycia nawierzchni i wydłużeniu okresu eksploatacji.

Zastosowanie zintegrowanego systemu przestawiania, ryglowania i kontroli HYDROSTAR pozwala na eliminację typowych wad w rozwiązaniach wielonapędowych oraz umożliwia wąską, kompaktową zabudowę rozjazdu. Bezobsługowe, łatwe w regulacji zamknięcia, zabudowane w wąskich podrozjazdnicach zespolonych dają możliwość prawidłowego podbicia rozjazdu, co jest podstawą niezawodności oraz długoterminowej stabilności i użytkowania. Zastosowanie hermetycznych zamknięć, niewrażliwych

na warunki atmosferyczne, niewymagających ogrzewania, przekłada się na znaczące oszczędności energii elektrycznej i podnosi współczynnik niezawodności. Ponadto, nieskomplikowany proces regulacji zamknięć zapewnia skrócenie czasu obsługi, co nie jest takie oczywiste w obecnie stosowanych konstrukcjach. Przesławianie rozjazdu za pośrednictwem jednego napędu prowadzi do większej bezawaryjności oraz upraszcza sposób podłączenia systemu mniejszą liczbą modułów do nastawni. Brak masywnych urządzeń SRK wystających poza tor, powodujących niesymetryczne obciążenie torowiska, gwarantuje stabilne położenie rozjazdu, przez co wydłuża się jego żywotność oraz okres między kolejnymi podbiciami stabilizacyjnymi. Dodatkowo możliwość montażu kompletnego rozjazdu wraz z urządzeniami SRK pozwoli na uzyskanie wysokiej jakości jego zabudowy i w rezultacie jego większą trwałość.

Podsumowanie

Modernizacja linii kolejowej jest procesem niezwykle złożonym, a jej efekty rozciągają się na okres 20–30 lat. Kluczowym elementem do osiągnięcia optymalnych rezultatów jest wysoka jakość procesu projektowania oraz adekwatność zastosowanych rozwiązań technicznych. Niezwykle ważnym, niestety często niedocenianym aspektem jest otwartość na postęp techniki.

Współczesną technikę rozjazdową cechuje stały rozwój, którego motorem są rosnące oczekiwania wiodących zarządców infrastruktury dotyczące niezawodności i małych kosztów utrzymania. Staranność wykazana przy budowie tunelu Gottharda dobrze

ilustruje takie podejście i może stanowić referencje dla innych projektów. Być może modernizacja linii CMK jest szansą na zmianę wrażenia, że w naszym kraju brakuje determinacji i konsekwencji w korzystaniu z nowych technologii. Patrząc na osiągnięcia projektantów i budowniczych linii CMK z ubiegłego wieku chyba warto wykorzystać obecną szansę i doprowadzić do rzeczywistego postępu w dziedzinie techniki rozjazdowej.



- [4] Materiały informacyjne firmy VAE Eisenbahnsysteme GmbH, www.voestalpine.com
- [5] Materiały informacyjne firmy Tens Sp. z o.o., www.tens.pl
- [6] www.siteselection.com
- [7] www.nbi.com.pl
- [8] The New Gotthard Rail Link. www.alptransit.ch
- [9] Linia kolejowa nr 4 www.wikipedia.pl

Literatura

- [1] Korab D.: *Nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne zastosowane w rozjazdach dla dużych prędkości linii PKP PLK S.A.* XII Konferencja Naukowa Drogi Kolejowe' 2003.
- [2] Korab D.: *Rozjazdy na stacji Korytów przeznaczone do badań eksploatacyjnych do prędkości 200 km/h.* III Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna SPAWALNICTWO DRÓG SZYNOWYCH oraz MATERIAŁY, WYKONAWSTWO, ODBIORY, Warszawa – Bochnia, 21–23 marca 2007.
- [3] Ulatowski W., Michowski P.: *Nowoczesny system rozjazdowy na przykładzie tunelu Gottharda.* Seminarium Automatyki i Telekomunikacji, Kielce 2011.

mgr inż. Piotr Rosiński
VAE Polska Sp. z o.o.
+48 22 518 01 97, rosinski@limes.com.pl

mgr inż. Piotr Michowski
TENS Sp. z o.o.
+48 58 555 77 23, piotr.michowski@tens.pl

II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna

Układy zasilania trakcji elektrycznej kolei dużych prędkości

Wrocław, 17–19 listopada 2011 r.

Tematyka

- przegląd układów zasilania trakcji elektrycznej stosowanych obecnie w krajach eksploatujących KDP,
- analiza krytyczna i porównawcza tych układów,
- możliwości ich stosowania w warunkach pracy polskiego systemu elektroenergetycznego,
- uwarunkowania, jakie stawia polski system elektroenergetyczny zasilaniu trakcji elektrycznej KDP w zakresie jakości dostarczanej energii, a w szczególności pewności i ciągłości zasilania,
- oddziaływanie odbioru trakcyjnego KDP na system elektroenergetyczny,
- metody określania zapotrzebowania na moc i energię przez odbiory trakcyjne KDP,
- metody projektowania i doboru parametrów elementów układu zasilania trakcji elektrycznej KDP,
- diagnostyka zakłóceń w pracy układu zasilania trakcji elektrycznej KDP,
- badanie stanów przejściowych w układach zasilania, w szczególności zwarć, przeciążeń i przepięć,
- systemom automatyki przeciwwzakłócenkowej,
- współpraca taboru kolei dużych prędkości z siecią jezdnią, zwłaszcza współpraca odbieraka prądu z siecią jezdnią,
- kryteria wyboru typu i parametrów sieci jezdnej,
- systemy ochrony przeciwporażeniowej,
- zasady prowadzenia ruchu na stacjach stykowych z systemem prądu stałego,
- specyficzne cechy odbioru trakcyjnego KDP, jego zmienności w czasie i przestrzeni,
- zakłócenia generowane przez ten odbiór i ich wpływ na działania urządzeń zabezpieczenia i łączności,
- oddziaływanie odbioru trakcyjnego na system elektroenergetyczny, zwłaszcza asymetrii obciążenia faz,
- analiza niezawodności układów zasilania trakcji elektrycznej,
- konstrukcje sieci trakcyjnej KDP.

Organizator

Stowarzyszenie Elektryków Polskich SEP
przy udziale:
Politechniki Wrocławskiej,
Politechniki Warszawskiej,
PKP Energetyka S.A.
Arcadis Sp. z o. o.

Adres

Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Oddział Wrocławski
ul. Piłsudskiego 74
50-020 Wrocław
tel./fax +48 71 343 66 41, tel. +48 71 78 18 502
sep.wroc@post.pl
www.sep.wroc.pl
www.kdp2011.pl