

Mgr inż. Tadeusz Wolfram

TABOR TRAKCYJNY DLA POCIĄGÓW PASAŻERSKICH DUŻEJ PRĘDKOŚCI (WZORCE DLA PKP)

SPIS TREŚCI

1. Uwagi wstępne
2. Struktura pociągów dużej prędkości
3. Elektryczne lokomotywy dużej prędkości
4. Europejskie pociągi zespołowe dużej prędkości
5. Tabor trakcyjny dla pociągów dużej prędkości w Polsce

STRESZCZENIE

W artykule opisano strukturę pociągów dużej prędkości. Przytoczono określenie takiego pociągu według dyrektywy Unii Europejskiej w części podsystem tabor kolejowy (HS TSI RS) oraz karty UIC 660. Zwrócono uwagę na rzeczywiste ukształtowanie rodzajów pociągów dużej prędkości, z pewnym rozgraniczeniem odpowiadającym prędkości 230 km/h. Przedstawiono ogólną charakterystykę pociągów użytkowanych do tej prędkości prowadzonych lokomotywą oraz pociągów zespołowych dla prędkości 250 km/h i większej. Wzmiankowano również o szczególnej strukturze niektórych takich pociągów. Rozpatrzono zagadnienie zależności struktury pociągu od potrzeb trakcyjnych, a następnie opisano wykorzystanie europejskich lokomotyw elektrycznych i pociągów zespołowych dużej prędkości.

Ostatnia część artykułu dotyczy problematyki taboru trakcyjnego, w nawiązaniu do zamierzeń zwiększenia prędkości na polskich liniach kolejowych.

1. UWAGI WSTĘPNE

Sieć kolei w Polsce stanowi integralną część europejskiej sieci kolejowej. Warunki jej funkcjonowania i potrzeby przewozowe są zbliżone do tych, jakie mają miejsce w krajach Europy Zachodniej. Właśnie ta okoliczność stała się przyczyną powstania

rządowego programu budowy linii dużych prędkości¹. Dlatego też wymagania stawiane pojazdom trakcyjnym PKP będą podobne lub wręcz takie same, jak we wspomnianych krajach. W związku z tym przytoczę niektóre z nich, istotne dla nowego taboru trakcyjnego.

2. STRUKTURA POCIĄGÓW DUŻEJ PRĘDKOŚCI

2.1. Określenie pociągu dużej prędkości

Pojęcie pociągu dużej prędkości zostało sformułowane w dwóch dokumentach normatywnych: dyrektywie Unii Europejskiej (96/48/EC) „O interoperacyjności trans-europejskiego kolejowego systemu dużych prędkości – w części podsystem tabor kolejowy (HS TSI RS)” oraz w karcie UIC 660 „Środki dla zapewnienia technicznej zgodności pociągów dużych prędkości”.

Pierwszy dokument rozróżnia dwie klasy taboru:

- 1) do prędkości ponad 250 km/h,
- 2) do prędkości ponad 190 km/h, ale nie większych od 250 km/h.

Karta UIC 660 określa pociąg dużej prędkości tylko w jednej klasie, jako pociąg do prędkości ponad 250 km/h.

W rzeczywistości zarysował się nieco inny podział pociągów dużej prędkości, z graniczną prędkością 230 km/h. Związany on jest z warunkiem dopuszczenia w tym zakresie prędkości nacisku zestawu kół na szyny odpowiadającego masie 22,5 t. Do wspomnianej prędkości granicznej wykorzystywane są pociągi złożone z indywidualnych, standardowych wagonów typu Z1 prowadzonych lokomotywą. Wyjątek stanowi pociąg zespołowy kolei SBB – ICN, tworzący w czasie użytkowania nierozłączalny zespół trakcyjny z przechylnym nadwoziem, przewidziany do prędkości 200 km/h.

2.2. Pociągi dla prędkości do 230 km/h

Jak wspomniano, te pociągi złożone z indywidualnych wagonów są prowadzone oddzielną lokomotywą, w której jest skupiona cała moc trakcyjna. Taki układ umożliwia wykorzystanie istniejącego zaplecza utrzymania, lokomotywowni dla lokomotyw, a wagonowni dla wagonów. Dzięki temu, nakłady na infrastrukturę towarzyszącą wprowadzeniu do eksploatacji pociągów dużej prędkości są mniejsze. Zazwyczaj mogą one być ograniczone jedynie do kosztów uzupełnienia oprzyrządowania technologicznego. Istotnym tego powodem jest okoliczność, że poszczególne pojazdy są sprzęgnięte ze sobą w sposób standardowy, a tym samym łatwo rozłączalne, co umożliwi również dostosowanie liczby miejsc w pociągu do potrzeb przewozowych. Wyposażenie pojazdów w takim

¹ Raczyński J.: Rządowy program budowy linii dużych prędkości w Polsce, „Technika Transportu Szynowego”, 2008, nr 9.

pociągu nie różni się w zasadniczy sposób od pozostałego parku wagonów pasażerskich, stwarzając dogodne warunki dla procesu utrzymania. Można oceniać, że poziom wskaźników charakterystycznych pociągu złożonego z lokomotywy, 6 wagonów pasażerskich i wagonu restauracyjnego, wynosi: $i/l = 1,93$ (liczba miejsc na 1 m długości pociągu), $Q/i = 0,97$ (masa pociągu w odniesieniu do jednego miejsca).

Charakterystycznym przykładem w tym zakresie jest pociąg *Railjet* kolei ÖBB, który jest złożony z lokomotywy 1116 (15/25 kV) lub 1216 (1,5/3/15/25 kV) oraz 7 wagonów pasażerskich Z1, dostosowany do prędkości 230 km/h.

Istotną wadę tego rodzaju pociągów stanowi brak symetrii kierunkowej. Wynika on z dwóch okoliczności: różnego ukształtowania czoła lokomotywy i czoła krańcowego wagonu sterowniczego oraz rozmaitych nacisków na szyny prowadzących zestawów kół (np. odpowiadający masie 21,5–22,5 ton i 12–14 ton). Ten ostatni czynnik może powodować, że już przy bocznym wietrze o prędkości 80 km/h, zachodzi niebezpieczeństwo zejścia koła z szyny. Najprawdopodobniej z tego powodu prędkość pociągów SJ-X2000 i DB-ICE 2 została ograniczona w eksploatacji do 200 km/h, a pociągów ÖBB – Railjet do 230 km/h.

Należy też nadmienić, że opory ruchu takiego pociągu złożonego z indywidualnych wagonów są znacząco większe, np. w porównaniu z pociągiem TGV. Według danych SNCF wynoszą:

V	–	160	200	230 km/h,
TGV (418 t)	–	5,40	7,69	9,70 daN/t,
poc. (456 t)	–	7,55	10,77	13,61 daN/t.

2.3. Pociągi dla prędkości 250 km/h i większych

Pociągi przeznaczone dla prędkości ponad 250 km/h są pociągami zespołowymi, stanowiącymi jednolity skład, nierozdzielny w czasie użytkowania. Wymaga on zatem specjalnych obiektów (hal dla całego pociągu), w których operacje utrzymania mogą być przeprowadzane zarówno w odniesieniu do członów z napędem, jak i członów doczepnych, bez konieczności rozłączania składu.

W pociągach zespołowych są stosowane dwa rodzaje rozmieszczenia napędu:

- napęd skupiony w jednym lub dwóch członach krańcowych,
- napęd rozdzielony na kilka pojazdów.

W pierwszym przypadku człon napędny nie jest wyposażony w pomieszczenia dla pasażerów. Przykładem tego mogą być pociągi: SNCF – TGV, FS – ETR 500, DB – ICE 1 i 2, RENFE – *Talgo* 350. Układ ten ma taką zaletę, że oddziela pomieszczenia dla pasażerów od źródła hałasu i wibracji, jakie stanowi napęd. Ponadto stwarza dogodniejsze warunki utrzymania. Odpowiednie stanowiska w hali całopociągowej mogą mieć specjalistyczne wyposażenie, ponieważ procesy obsługi pojazdu napędzonego i pojazdów doczepnych są organizacyjnie rozdzielone. Główne urządzenia w członie napędnym są rozmieszczone

na jego ostoi, co ułatwia do nich dostęp w toku utrzymania oraz umożliwia wykorzystanie typowych urządzeń dźwigowych. Pod ostoją znajdują się jedynie silniki trakcyjne, wspólnie bez komutatora, które praktycznie nie wymagają obsługi.

Wada tego układu wynika z okoliczności, że masa przypadająca na zestaw kół dla pociągów o prędkości 250 km/h i większej nie powinna przekraczać 17 t. Tym samym dopuszczalna masa członu napędnego, przy zachowaniu układu Bo-Bo wynosi – 68 t. Stwarza to konieczność ograniczenia mocy napędu członu do 4400 kW. W niektórych przypadkach zapotrzebowania na większą moc, skłania do zainstalowania dodatkowych dwóch silników trakcyjnych w wózku sąsiedniego wagonu doczepnego (*Eurostar*). W członach napędnych pociągu ICE 1 i ICE 2 zainstalowano wprawdzie moc 4800 kW, ale nacisk zestawów kół na szyny członu został zwiększony do odpowiadającego masie 19,5 t. Stało się to powodem ograniczenia wykorzystania pociągu ICE 1 w ruchu międzynarodowym. Zwrócić też trzeba uwagę, że w przypadku omawianego napędu, długość czynna pociągu jest zmniejszona o długość członu napędnego około 18–21 m lub dwa razy tyle. W przypadku pociągu o 8 członach doczepnych i 2 członach napędnych stanowi to 20% długości całego pociągu.

Napęd rozdzielony znalazł zastosowanie w pociągach DB – ICE 3 (oraz pochodnych), we wszystkich wersjach pociągów FS – *Pendolino*, w pociągach SNCF – AGV. W pierwszym przypadku na osiem wagonów cztery są napędne (16 zestawów kół). W pociągu *Pendolino 390 (Virgin Trains)* na dziewięć wagonów – sześć jest napędnych (w tym przypadku tylko 12 zestawów kół – po jednym na wózek). Dodać należy, że w tego rodzaju pociągach, grupy wagonów napędnych są wyposażone we wspólne obwody główne. Napęd rozdzielony pozwala na utrzymanie nacisku zestawów kół członów napędnych, odpowiadającego masie nie przekraczającej 17 t. Człony napędne w tym przypadku mogą być wyposażone w przedziały dla pasażerów, co zwiększa wskaźnik liczby pasażerów na metr długości pociągu. Inną cechą napędu rozdzielonego jest większy udział masy napędnej w masie pociągu, bo ok. 60–65%, wobec około 35% w przypadku napędu skupionego. Nie stanowi to jednak okoliczności istotnej dla możliwości trakcyjnych, ponieważ wykorzystanie przyczepności nie przekracza na ogół zakresu prędkości 100–120 km/h, a prędkość pociągu w eksploatacji nie jest na ogół mniejsza od 200–250 km/h (wykorzystanie możliwości linii i założenia ruchowe). Poziom przyczepności ma znaczenie jedynie dla przebiegu rozruchu, który rzadko występuje ze względu na małą liczbę zatrzymań podczas jazdy tego rodzaju pociągu.

Układ pociągów dużej prędkości bywa realizowany w dwóch wersjach jako:

- układ przegubowy, z grupą pojazdów o wspólnych wózkach,
- układ pojazdów niezależnych z indywidualnymi wózkami.

W pierwszym układzie tylko człony napędne są wyposażone w indywidualne wózki. Natomiast pozostałe człony spoczywają na wózkach wspólnych. Zaletą tego układu jest mniejsza liczba wózków. Przy n wagonach doczepnych, liczba wózków wyniesie nie $2n$, a $n+1$. Ma to istotny wpływ na masę pociągu i jego koszt. Utrzymanie dotyczy mniejszej liczby wózków, co korzystnie wpływa na jego pracochłonność. Upatruje się

też w tym układzie zaletę zapobieżenia wywrócenia się wewnętrznego wagonu w przypadku zejścia koła z szyny.

Opisywany układ jest jednak trudniejszy w utrzymaniu ze względu na brak możliwości wyłączenia ze składu poszczególnych członów. Wózki, na których spoczywają sąsiednie człony są bardziej złożone konstrukcyjnie. W pociągach o skupionym napędzie są wózkami tocznymi, co sprzyja utrzymaniu nacisków zestawu kół w granicach odpowiadających masie 17 t. Zaznaczyć też trzeba, że w celu utrzymania skrajni taboru, poszczególne człony pociągu muszą być krótsze. Długość członu pociągu ETR 500, pociągów *Pendolino* wynosi ok. 26 m – a w pociągu TGV tylko 20 m. To ograniczenie powoduje, że na pociąg składa się większa liczba członów, a tym samym przedsióneków i połączeń między nimi.

Drugi układ umożliwia stosunkowo łatwe wyłączanie poszczególnych wagonów, których długość nie jest ograniczona utrzymaniem skrajni. Wymaga jednak zastosowania większej liczby wózków, ale jest dogodniejszy w eksploatacji. Przykładem tego układu jest pociąg FS-ETR 500, pociągi FS – *Pendolino*, DB-ICE 1, 2, 3 oraz SJ-X 2000.

Wskaźniki charakterystyczne dla pociągów tej grupy są następujące: $i/l = 1,8-2,15$ [i/m], $Q/i = 0,90-1,13$ [t/i]. Eksploatacja pociągów zespołowych bez względu na ich układ, wymaga wykorzystania specjalnych obiektów utrzymania.

2.4. Szczególna struktura niektórych pociągów dużej prędkości

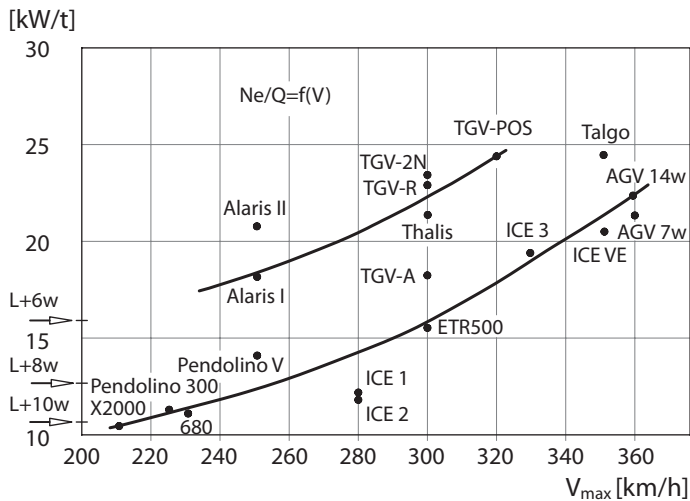
W pociągu *Talgo 350* zastosowano specjalny układ wagonów doczepnych, w którym poszczególne człony są wyposażone w jeden zestaw kół, jednym krańcem są zawieszony na sąsiednim członie. Stanowią one układ nierozdzielny w czasie użytkowania. Długość pociągu wynosi 200 m, liczba członów doczepnych – 12. Wskaźniki charakterystyczne są następujące: $i/l = 1,59$ [i/m], $Q/i = 1,02$ [t/i]. Eksploatowany jest on jedynie przez koleje RENFE.

Wspomnieć trzeba, że pociągi *Pendolino*, *Talgo 350*, ETR 610 zostały wyposażone w urządzenie przechyłu nadwozia podczas jazdy w łukach. Urządzenie to umożliwia zwiększenie prędkości jazdy, ograniczając wielkość przyspieszenia działającego na pasażera, ale zwiększając przyspieszenie poprzeczne w płaszczyźnie toru nawet do 2 m/s^2 .

W pociągu TGV 2N wykorzystano doczepne człony piętrowe o konstrukcji ze stopów lekkich. Wskaźniki charakterystyczne (dla pociągu o układzie $s+8d+s$) odbiegają od pociągów jednopoziomowych i wynoszą: $i/l = 2,58$ [i/m] i $Q/i = 0,7$ [t/i]. Potwierdzają więc celowość wykorzystania w pewnych przypadkach tego rodzaju członów.

2.5. Zależność struktury pociągu od potrzeb trakcyjnych

Osiągnięcie dużych prędkości jazdy wymaga wykorzystania odpowiednich mocy napędu, co obrazuje wykres (rys. 1). Dwie grupy wartości wskaźnika Ne/Q są związane z charakterem linii na których szybkie pociągi są eksploatowane.



Rys. 1. Wskaźnik mocy

Na rysunku uwzględniono również zapotrzebowanie mocy dla pociągów prowadzonych lokomotywą z 6, 8, 10 wagonami. Ponieważ przy dopuszczalnym nacisku kół na szyny odpowiadającego masie 17 t, moc przenoszona przez zestaw kół nie przekracza 1100 kW, to w przypadku pociągu o napędzie skupionym i 12 zestawach napędnych moc jego napędu wyniesie zatem 13 200 kW. Uzyskanie większej mocy ze względu na tendencję dalszego wzrostu prędkości jazdy jest możliwe tylko w przypadku napędu rozdzielonego. To zapewne stało się przyczyną wprowadzenia przez SNCF pociągów AGV.

Największa siła rozruchu pociągów dużej prędkości kształtuje się na poziomie 0,60–1,00 kN na 1 t masy pociągu. Wartość największa dotyczy pociągu ICE 3, w którym udział masy napędnej stanowi około 50%. Tego rodzaju siła jest wystarczająca do uruchomienia pociągu nawet na wzniesieniu 40‰ z przyspieszeniem odpowiadającym sile 5 daN/t. Nie przekracza ona wartości 0,3 nacisku napędnych zestawów kół, nawet w przypadku napędu skupionego. Struktura tych pociągów nie ma zatem istotnego wpływu na ich możliwości trakcyjne.

3. ELEKTRYCZNE LOKOMOTYWY DUŻEJ PRĘDKOŚCI

Istotnym dążeniem w konstrukcji współczesnych lokomotyw jest umożliwienie ich kursowania po wszystkich liniach normalnotorowych kolei europejskich bez względu na system zasilania trakcji elektrycznej, stąd pojawienie się wielu nowych lokomotyw wielosystemowych – również czterosystemowych. Innym wymaganiem z tym związanym jest dostosowanie do różnych rodzajów szlaków oraz uwzględnienie sposobów osygnalizowania czoła pojazdu.

Konieczność zmniejszenia ceny lokomotywy i kosztów eksploatacji, skłoniła koleje europejskie do wykorzystywania niemal wyłącznie lokomotyw czteroosiowych, czemu sprzyjają cechy nowoczesnego napędu. Z wymienionych powodów dąży się również do modułowego układu lokomotywy, tak aby główne jej moduły mogły znajdować zastosowanie w lokomotywach o różnorodnym przeznaczeniu, jak też w członach napędnych pociągów zespołowych. Bardzo wysokie wymagania stawia się niezawodności lokomotyw i parametrom utrzymania.

Napęd silnikami trakcyjnymi bezkomutatorowymi stworzył możliwość budowy lokomotyw o szerokim zakresie uniwersalności. Powstały lokomotywy nadające się do prowadzenia zarówno ciężkich pociągów towarowych z prędkością 80 km/h, jak i pasażerskich pociągów szybkich o prędkości 220–230 km/h. Pewnym miernikiem uniwersalności jest stosunek prędkości ciągłej do największej, który w takich lokomotywach zawiera się w granicach 0,35–0,45. Powodem dość szerokiego ich wprowadzenia do eksploatacji było zmniejszenie kosztów zakupu i eksploatacji. Nadmienić należy, że w nowoczesnych lokomotywach elektrycznych o uniwersalności decyduje głównie ich część biegowa.

Wybór koncepcji wykorzystywania lokomotyw specjalnych, a nie uniwersalnych, może mieć miejsce z powodu znacznej różnicy wymagań trakcyjnych, wyrażonych w potrzebnej mocy lokomotywy, prędkości największej lub obu tych parametrów. Należy przy tym nadmienić, że z wielkością mocy, w istotny sposób jest związana cena lokomotyw. Znaczący wpływ na cenę ma również prędkość konstrukcyjna lokomotywy, głównie z tego względu, że dla prędkości w zakresie 140 km/h można wykorzystywać stosunkowo tańszy napęd silnikami trakcyjnymi zawieszonymi w sposób tramwajowy, rezygnując z silników trakcyjnych całkowicie zawieszonych w ramie wózka. Przykładem przyjęcia takiej koncepcji mogą być koleje SNCF (wprowadzenie do eksploatacji lokomotyw towarowych o mocy 4200 kW i prędkości 140 km/h, obok lokomotyw uniwersalnych o mocy 6000 kW i prędkości 220 km/h), jak też koleje DB (eksploatujące obok lokomotyw uniwersalnych o mocy 5600 i 6400 kW i prędkości 200–230 km/h, lokomotywy towarowe o mocy 4200 oraz 6400 kW i prędkości 140 km/h). Istotnym przy tym dążeniem jest wykorzystanie możliwie znacznej liczby wspólnych elementów konstrukcyjnych w obu rodzajach lokomotyw. Przykładem może być lokomotywa firmy Alstom – *Prima II* oraz lokomotywa firmy Siemens – *Vectra*. Niektóre zarządy kolejowe o stosunkowo mniej zróżnicowanych potrzebach trakcyjnych i mniejszych przewozach, w znacznym zakresie wykorzystują lokomotywy uniwersalne, np. koleje ÖBB – wprowadziły do eksploatacji lokomotywę o mocy 6400 kW i prędkości 230 km/h jako podstawową lokomotywę pociągową. Wszystkie większe koleje europejskie eksploatują lokomotywy uniwersalne obok lokomotyw specjalnych.

Układ napędu lokomotywy elektrycznej prądu przemiennego obejmuje: odbierak prądu, transformator, sterownik czterokwadrantowy, falownik, silnik trakcyjny. W lokomotywie prądu stałego układ ten obejmuje odbierak prądu, falownik bezpośredniego zasilania, silnik trakcyjny.

Rozwój konstrukcji lokomotyw prądu przemiennego będzie zmierzał do poprawy sprawności i zmniejszenia masy transformatora, zastosowania bezpośrednio zasilanego falownika. W przypadku lokomotyw prądu stałego nastąpi dalszy rozwój systemu bezpośredniego zasilania falownika. Zarówno w przypadku lokomotyw zasilanych prądem stałym, jak i przemiennym, przedmiotem badań rozwojowych stał się trakcyjny silnik bezprzekładniowy. Istotną trudność realizacji takiego silnika stanowi okoliczność, że jego masa i wymiary są znacznie większe niż w przypadku silnika z przekładnią. Nowe możliwości pod tym względem stwarza silnik synchroniczny ze stałymi magnesami (wskaźnik masy – 1 kg/kW). Zwiększanie prędkości jazdy pociągu, a zatem i natężenia pobieranego prądu, skłoniło do podjęcia prac nad kolumnowym, aktywnym odbierakiem prądu z samoczynnie regulowanym naciskiem ślizgu. Taki odbierak zapewniałby dobre warunki obioru prądu, mały opór powietrza wydatnie ograniczałby hałas wywołany opływem powietrza.

Problemem rozwojowym części mechanicznej lokomotyw będzie poprawa własności biegowych, a w szczególności zachowania się zestawu kół podczas jazdy w łukach. Również będą prowadzone prace mające na celu zwiększenie odporności pudła na zderzenie czołowe, ze szczególnym uwzględnieniem elementów specjalnych pochłaniających energię nabiegania oraz przebiegu deformacji części czołowej z zabezpieczeniem strefy przeżycia dla maszynisty. W tablicy 1 zestawiono główne cechy techniczne lokomotyw uniwersalnych o prędkości największej 200–230 km/h.

Czas życia nowoczesnych lokomotyw elektrycznych określa się na 35–40 lat, mimo bardzo szybkiego rozwoju wyposażenia elektronicznego będącego istotną częścią napędu i sterowania. Część mechaniczna lokomotyw ulegała stosunkowo niewielkim zmianom, przynajmniej w okresie ostatnich 30 lat.

Coraz większą uwagę zwraca się na niezawodność lokomotyw, ponieważ skutki – zwłaszcza wtórne z nią związane, w znacznym stopniu wpływają na koszty eksploatacji. Na ogół jako niesprawność uznaje się opóźnienie pociągu pasażerskiego o 5 min, a towarowego – o 15 min. Częstotliwość występowania niesprawności określa się drogą przebiegu między nimi. W przypadku lokomotywy ÖBB s. 1016/1116 niesprawność lokomotywy, przy której dwa silniki trakcyjne są wyłączone, nie może zdarzyć się częściej, jak po przebiegu 300 000 km, a kiedy są trzy silniki nieczynne – po przebiegu 2 500 000 km.

Podstawą utrzymania lokomotyw są nadal stałe cykle przeglądów i napraw. Przykładowe przytoczę, że dla wspomnianej lokomotywy kolei ÖBB przyjęto:

- przegląd bieżący – co 10 000 km,
- przeglądy w lokomotywowni: 1 – po 100 000 km,
2 – po 200 000 km,
3 – po 400 000 km,
- naprawa główna całej lokomotywy – po 6 000 000 km.

Odpowiednie cykle przeglądów i napraw przy umiarkowanej pracochłonności i dobrej organizacji, przy zachowaniu wysokiego poziomu niezawodności, pozwalają na osiągnięcie wskaźnika gotowości technicznej nie mniejszego od 0,92.

Lokomotywy elektryczne dużych prędkości Bo-Bo

Tablica 1

Producent	Bombardier				Ansaldo	Alstom			Siemens				Škoda	Pat. Talgo TEAM	
	101	E412	EU43	E405		E402 B	36 000	13	Prima II	1116	H560	E64U4			Vectra
Seria	15, 16 ^{2/3}	15, 16 ^{2/3} 3 1,5	15, 16 ^{2/3} 3	3	15, 16 ^{2/3} 3	25,50 3 1,5	25,50 3	25,50 15, 16 ^{2/3} 3 1,5	25,50 15, 16 ^{2/3} 3 1,5	25,50 15, 16 ^{2/3} 3	25,50 15, 16 ^{2/3} 3	25,50 15, 16 ^{2/3} 3	380	Travca	
Zasilanie [kV], [Hz]	15, 16 ^{2/3} 3 1,5	15, 16 ^{2/3} 3 1,5	15, 16 ^{2/3} 3	3	15, 16 ^{2/3} 3	25,50 3 1,5	25,50 3	25,50 15, 16 ^{2/3} 3 1,5	25,50 15, 16 ^{2/3} 3 1,5	25,50 15, 16 ^{2/3} 3	25,50 15, 16 ^{2/3} 3	25,50 15, 16 ^{2/3} 3	25,50 15, 16 ^{2/3} 3	25,50 15, 16 ^{2/3} 3	
Moc ciągną [kW]	6400	5500 6000 2700	5500 6000	6000	5600	5600	5600	6400	6400	5000	6000	6400	6400	6400	3200
Max siła rozruchu [kN]	300	300	300	280	280	320	288	320	300	300	304	300	275	252	
Siła poc. przy V _{max} [kN]	104	100, 110, 30	110, 110	110	100	100	95	120	100	90	105	100	110	80	
Masa wł. [t]	87	87	87	82	87	85	90	88	86	80	87	90	86	72	
Prędkość max [km/h]	220	200	220	220	220	220	200	200	230	200	200/230	200	200	260-n 220-szer	
Moc ham. elektr. rek./op. [kW]	6400/-	5500/- 6000/2500	5500/- 6000/2500	6000/- 3000	5600/-	5000/ /3000	5000/	6400/ /2600	6400/-	5000/-	6000/ /2600	6400/ /2600	7000/ 4700	Brak danych	
Długość ze zderzakami [m]	19,1	19,40	19,40	19,40	18,90	19,11	19,11	19,52	19,28	19,58	19,58	18,98	18,00	19,4	
Średnica kół [mm]	1250	1100	1100	1100	1250	1150	1150	1150	1150	1250	1150	1250	1250	1040/890	
Kolej eksploatująca	DB	FS	RTC	FS	FS	SNCF	SNCF CFL SNCB	ONCF	ÖBB DB	OŚE	PKP	Brak danych	CD	RENFE	

4. EUROPEJSKIE POCIĄGI ZESPOŁOWE DUŻEJ PRĘDKOŚCI

W Europie, jak już wzmiankowano są to pociągi trakcji elektrycznej, spełniające warunek ograniczenia największego nacisku zestawu kół na szyny – do odpowiadającego masie 17 ton. Wspomniane pociągi są pociągami zwrotnymi – kierunkowo, w których napęd skupiony jest zazwyczaj w dwóch członach (bez miejsc dla pasażerów) lub bywa umieszczony w kilku członach pośrednich (przeznaczonych również dla pasażerów). Zarówno w jednym, jak i drugim przypadku, poszczególne człony tworzące jednolity pociąg zespołowy są zintegrowane i nierozdzielne w toku użytkowania.

Ze względu na prędkości jazdy tych pociągów, dość istotnym problemem była konstrukcja części biegowej. W celu uzyskania odpowiednich jej cech dynamicznych było umieszczenie silnika trakcyjnego na ramie podwozia członu napędowego (TGV). Zmniejszyło to znacząco masę wózka. W pociągu ICE 1 silnik trakcyjny został zawieszony jednym krańcem na podwoziu członu napędowego.

Zawieszenie silnika trakcyjnego zostało znacznie uproszczone wskutek zastosowania lekkich silników synchronicznych o stałych magnesach, które zawieszono w układzie tramwajowym nie spowodują pogorszenia cech dynamicznych wózka (AGV 7).

Człony pociągów zespołowych stanowią zwarty skład o jednolitej powierzchni celem zmniejszenia oporu powietrza (współczynnik 0,3) oraz zmniejszenia wzrostu ciśnienia przy mijaniu obiektów stałych (współczynnik 0,15).

Główni producenci taboru kolejowego w Europie zamierzają opracować ujednoliconą konstrukcję pociągu dużej prędkości. To przedsięwzięcie będzie niewątpliwie realizowane na podstawie wymienionej na wstępie „Technicznej specyfikacji interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości” w zakresie taboru kolejowego.

W tablicy 2 przedstawiono charakterystykę szybkich pociągów zespołowych kolei europejskich, które powstały po 1995 roku.

5. TABOR TRAKCYJNY DLA POCIĄGÓW DUŻEJ PRĘDKOŚCI W POLSCE

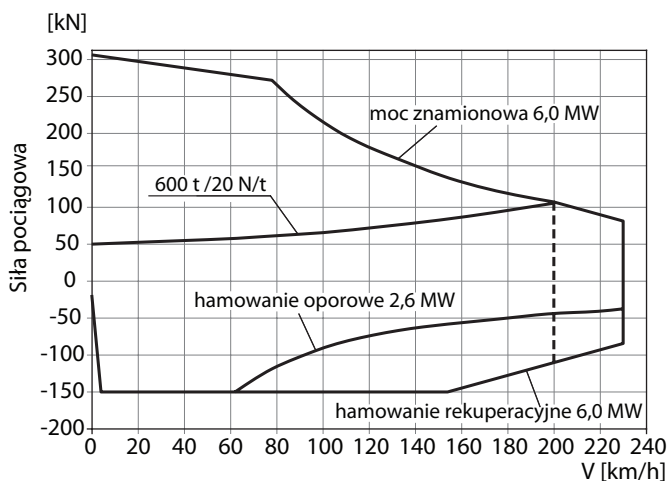
Tabor ten powinien być zdolny do wykonania zadań zgodnych z programem zwiększenia prędkości jazdy na sieci PKP. Jego użytkowanie powinno być możliwe również na sieci kolei państw graniczących z Polską.

Przewozy IC z prędkościami do 230 km/h zapewni wykorzystanie czteroosiowej lokomotywy elektrycznej o mocy około 6000 kW i masie 87 t, dostosowanej do zasilania prądem stałym 3 kV oraz prądem przemiennym 15 i 25 kV (lokomotywa firmy Siemens ES64U4 zakupiona przez PKP Intercity, o charakterystyce, jak na rysunku 2).

Tablica 2

Europejskie pociągi dużych prędkości

Seria	Zasilanie [kV], [Hz]	Układ pociągu	Masa własna		Moc ciąгла [kW]	Liczba siln.	Prędkość max [km/h]	Hamowane		Długość całkow. [m]	Średnica kół [mm]	Liczba miejsc	Kolej	Główny producent
			całk. t	nap. t				rodz.	moc [kW]					
680	25, 50 15, 16 $\frac{2}{3}$ 3	(s)+d+(s)+d+(s)+d+(s)	385	110	4000	8	230	rek. opor.	4000	184,4	890	331	CD	Alstom
ICE 3, 403 406	25, 50 15, 16 $\frac{2}{3}$ 3 1,5	2x(s+d+s+d)	409 427	204 213	8000 8000 4300	16 16	330 330 220	rek. w. prąd. rek. w. prąd. opor.	8200 800 8200 800	200 200	920 920	391 380	DB VelaroD RŽD VelaroRus RENFE VelaroE	Siemens
ICE-T 415 411	15, 16 $\frac{2}{3}$	d+3(s)+d d+2(s)+d+2(s)+d	273 381	82 109	3000 4000	6 8	230 230	rek. rek.	3075 4100	132,6 184,4	890 890	250 390	DB	DWA FIAT Siemens
Pendolino IV gen.	25, 50 3	(s)+d+(s)+d+(s)+d+(s)	387	110	5500	8	250	rek. opor.	5500	187,4	890	432	F5-Trenit. Cisalpiino	Alstom
Pendolino 390	25, 50	d+3(s)+d+3(s)+d	458	176	5100	12	225	rek.	5100	207	890	430	Virgin Trains	Alstom
Railjet	25, 50 15, 16 $\frac{2}{3}$	s+7w	420	86	6400	4	230	rek.	6400	250	920		ÖBB	Siemens, ÖBB
Talgo 350 AVE s. 102	25, 50	s+12d+s	324	136	8000	8	350	rek. opor.	8400 6400	200 200	1040, 890	318	RENFE	Bombardier Talگو
Velaro E AVE s.103	25, 50	2x(s+d+s+d)	425	210	8800	16	350	rek. opor.	8800 7200	200	920	389	RENFE	Siemens CAF
Alaris s. 104	25, 50 25, 50 3	4(s) 4(s)	221,5 233	110 115	4000 4800	8 8	250 250	rek. rek. opor.	4000 4800	108 107	890 890	232 244	RENFE	Alstom CAF
AGV7 Pegaz	25, 50 15, 16 $\frac{2}{3}$ 3 1,5	7 wagonów przegub. 4 wózki silnikowe 4 wózki toczne	408	136	5870	8	360	rek. opor. w. prąd.	5870	132	920	245	SNCF	Alstom
RGV	25, 50 1,5	10 wagonów przegub. 6 wozków siln. 5 wozków tocznych	363	218	8800	12	300 / 350	rek. opor.	8800	200	920	374	SNCF	Alstom
TGV POS	25, 50 15, 16 $\frac{2}{3}$ 1,5	s+8d+s	383	136	7200-9280 6880 3680	8	320	rek. opor.	8800 7560	200	920	377	SNCF	Alstom



Rys. 2. Wykres trakcyjny

Skład wagonów o masie 300–400 t, może być zestawiany ze standardowych wagonów typu UIC Z1 również z możliwością użycia w przyszłości wagonu z kabiną sterowniczą dla ruchu zwrotno-kierunkowego. Taki sposób realizacji opisywanych przewozów jest najtańszy możliwych, gdyż wymaga jedynie lokomotywy dużej mocy i wykorzystania wagonów typu Z1, posiadanych przez spółkę PKP Intercity. Nie powoduje potrzeby budowy nowego zaplecza utrzymania. Wspomniana lokomotywa jest zdolna do prowadzenia specjalnych pociągów pasażerskich o masie 600–800 t, z prędkością do 160 km/h. Rozwiązanie tego rodzaju zostało powszechnie przyjęte w Europie Zachodniej, której koleje eksploatują około 1700 takich lokomotyw.

Rozpatrując sprawę taboru kolejowego dla przewozów IC, należy wspomnieć o pociągach z przechylnym nadwoziem. Jak wykazała praktyka operatorów eksploatujących takie pociągi, zysk na czasie przejazdu jest uzależniony od rodzaju linii kolejowej. Nie przekracza on: 15–20% w przypadku największej prędkości 160–200 km/h i linii, której długość łuków o promieniu mniejszym od 1000 m sięga 50% całkowitej jej długości. Nadmienić należy, że cena pociągu wyposażonego w układ przechyłu nadwozia jest o 5–10% większa od pociągu zwykłego. Liczyć się również trzeba ze wzrostem kosztów utrzymania nawierzchni, wynikającym z ponad dwukrotnego wzrostu wielkości sił działających na zewnętrzną szynę w łuku.

Mając na uwadze charakter linii kolejowych sieci podstawowej w Polsce oraz koszty i korzyści zastosowania pociągów z przechylnym nadwoziem można uważać, że ich wprowadzenie nie wywoła pożądanego efektu gospodarczego, który uzasadniałby celowość takiego przedsięwzięcia. Należałoby raczej rozpatrzyć sprawę zwiększenia dopuszczalnego przyśpieszenia w łuku, działającego na pasażera do wartości 1, a nawet 1,2 m/s², którą to możliwość wykazały badania przeprowadzone w W. Brytanii. Zwiększenie prędkości jazdy w łukach wymaga jednak studiów dotyczących potrzeby zmiany geometrii

linii kolejowej w poziomie ze względu na zachowanie stopnia wzrostu przyśpieszenia działającego na pasażera w granicach 0,5–0,6 m/s³.

Obsługa trakcyjna przyszłej linii bardzo dużej prędkości: Warszawa – Poznań – Wrocław będzie wymagać wprowadzenia do eksploatacji pociągu zespołowego o liczbie miejsc 300–400. Z omówionych uprzednio względów powinien to być pociąg o napędzie skupionym, mocy około 8000 kW, prędkości największej 350 km/h, masie napędnej 2 × 68 t, dostosowany do zasilania systemami 25, 15 i 3 kV. Wyposażony zostałby w silniki trakcyjne – synchroniczne o magnesach stałych, zawieszony w ramie wózka, zasilane przez przekształtniki zbudowane na elementach IGBT. Poszczególne jego człony, nie rozłączalne w toku użytkowania, spoczywałyby na dwóch niezależnych wózkach.

Ze względu na okoliczność, że wspomniane linie szybkiej kolei w Polsce będą włączone w sieć europejską, tabor do jej obsługi niewątpliwie powinien zostać ujednolicony z taborom innych przedsiębiorstw kolejowych Unii Europejskiej.

Wprowadzenie tego rodzaju pociągów zespołowych dużej prędkości będzie wymagać budowy specjalnego zaplecza utrzymania. Koszty z tym związane obciążą dodatkowo nakłady na zakup samego taboru.

BIBLIOGRAFIA

1. Alstom stellt AGV vor. ETR, 2008, nr 3.
2. Angoiti de I.B.: *UIC – Highspeed 2008 – the leading world event dedicated to high speed rail*. ETR, 2008, nr 1.
3. Brockmeyer A., Gerhard T., Lübben E.: *Vom ICE S zum Velaro: 10 Jahre*.
4. *Betriebserfahrung mit Hochgeschwindigkeit – Triebzüge*, EB, 2007, nr 6.
5. Cathelin Ch.: *Les rames TGV POS internationals*. Rev. Gen., 2002, nr 3.
6. Czarnecki M., Wolfram T.: *Dobór nowoczesnego taboru do warunków eksploatacji kolei w Polsce*. „Technika Transportu Szynowego”, 2006/10.
7. Fred D., Braun B.: *Hochgeschwindigkeitskopf Talgo 350 Vorserie*. EB, 2002 nr 4.
8. Holzapfel M., Hassman T.: *Hochleistungsgetriebe für 350 km/h. Neuste Entwicklungstrend für Radsatzgetriebe*. ETR, 2005 nr 4.
9. Kukulski J., Groll W.: *Nowoczesny tabor do przewozów między aglomeracyjnych*. „Problemy Kolejnictwa”, 2009, nr 148.
10. Lacote F., Palais G.: *AGV becomes a reality*. RGI, 2002 nr 11.
11. *La gamme PRIMA des locomotives Alstom*. Rev. Gen., 2007, nr 7, 8.
12. Montagne S.: *Le pendulation des trans de voyageur. Les aspects liés à la sécurité vis-à-vis de l'infrastructure*. Rev. Gen. 5/2005.
13. Raczyński J.: *Tabor do przewozów międzyregionalnych. Pociągi dużych prędkości do V= 250 km/h*. „Technika Transportu Szynowego”, 2007, nr 11.
14. Steuger M.: *Velaro kundensorientierte Weiterentwicklung eines Hochgeschwindigkeitsszuges*. GA, 2009, nr 10.

15. Torrin B.: *Le gestion de la flotte à la SNCF, une performance mondiale au quotidien*, Rev. Gen. 2005, nr 5.
16. *Vierte Generation Pendolino und zweite Generation Cisalpino*. EB 2005, nr 8.
17. *Vectron – neue Lokomotiven Generation fur Europa*. EB 8-9/2010 nr 8–9.
18. Wolfram T.: *Europejskie pociągi dużych prędkości 2006*. „Technika Transportu Szynowego”, 2007, nr. 1-2.
19. Wolfram T.: *Struktura szybkich pociągów pasażerskich*. „Technika Transportu Szynowego”, 2008, nr 10.