

Tadeusz Wolfram

# Europejskie pociągi dużych prędkości 2006

*W artykule opisane zostaną główne cechy konstrukcji europejskich pociągów szybkich, jakie zostały niedawno wprowadzone do eksploatacji lub znajdują się w fazie wstępnych analiz, bądź badań i rozwoju całego prototypu lub jego elementów. Ich prędkości największe podczas użytkowania przekraczają 200 km/h, a osiągną w najbliższej przyszłości 350 km/h (RENFE linia Madryt – Barcelona) lub 320–350 km/h (SNCF LGV Wschód).*

W Europie są to pociągi trakcji elektrycznej, spełniające warunek zachowania największego nacisku zestawu kół na szyny w granicy odpowiadającej masie 17 t. Wspomniane pociągi są zespołowe, zwrotno-kierunkowe. Napęd ich skupiony jest w dwóch (niekiedy w jednym), krańcowych członach (bez miejsc dla pasażerów) lub umieszczony bywa w kilku członach pośrednich (przeznaczonych również dla pasażerów). Zarówno w jednym, jak i drugim przypadku, poszczególne człony tworzące pociąg zespołowy są zintegrowane i nierozdzielne w toku użytkowania.

Prawne standardy w zakresie konstrukcji pociągów dużych prędkości wyznacza dyrektywa 96/48/EC *O interoperacyjności transeuropejskiego kolejowego systemu dużych prędkości*. Dokument ten obejmuje wszystkie dziedziny kolejnictwa. Do pojazdów szynowych odnosi się jego część – podsystem tabor kolejowy (HS TSI RS).

Wymagania wspomnianego dokumentu zostały przedstawione również w karcie UIC 660 – *Środki dla zapewnienia technicznej zgodności pociągów dużych prędkości*. Między tymi dokumentami istnieją dość istotne różnice, które zostaną omówione w dalszej części artykułu.

## Techniczna specyfikacja interoperacyjności dla taboru kolejowego (HS TSI RS)

Specyfikacja ta dotyczy pociągów zespołowych nie rozdzielnych w toku użytkowania, pojedynczych pojazdów silnikowych i doczepnych, pojazdów przeznaczonych i nie przeznaczonych do przewozu pasażerów, ujętych w dwóch grupach:

- klasa 1 – tabor kolejowy do prędkości ponad 250 km/h,
- klasa 2 – tabor kolejowy do prędkości ponad 190 km/h, ale nie większych od 250 km/h.

Wymagania obejmują podstawowe czynniki:

- bezpieczeństwo,
- niezawodność i gotowość do użytkowania,
- ochronę zdrowia,
- ochronę środowiska,
- zgodność z technicznymi standardami.

### 1. Układ pociągu (rozdz. 4.2.1.2)

W obu klasach możliwe są następujące konfiguracje:

- zestaw wagonów niezależnych lub układ przegubowy;

- wyposażenie w urządzenie przechyłu nadwozia lub jego brak;
- wagony jedno- lub dwupoziomowe.

### 2. Wytrzymałość struktury pojazdu (4.2.2.3)

Wytrzymałość statyczna konstrukcji pudła pojazdu, w odniesieniu do obciążeń wzdłużnych i pionowych, musi spełniać wymagania normy EN 12663:2000 dla kategorii PII. Należy przy tym uwzględnić masę obciążającą, uwzględniającą 50% liczby pasażerów siedzących.

Struktura pojazdu powinna zapewniać odpowiednią wytrzymałością dynamiczną. Do oceny bezpieczeństwa biernego pasażerów powinny zostać wzięte pod uwagę następujące przypadki kolizji:

- zderzenie dwóch pociągów szybkich przy różnicy ich prędkości – 36 km/h;
  - zderzenie pociągu szybkiego z wagonem towarowym, czteroosiowym o masie 80 t, wyposażonym w zderzaki boczne, nie zahamowanym – z prędkością 36 km/h;
  - zderzenie pociągu szybkiego o prędkości 110 km/h na przejeździe z 15 t pojazdem drogowym;
  - zderzenie z przeszkodą niską (samochód osobowy, zwierzę), warunkujące wytrzymałość zgarniacza.
- Należy przy tym zachować następujące warunki:
- wytrzymałość na zderzenie wszystkich pojazdów powinna być taka sama;
  - średnie opóźnienie w pomieszczeniu dla podróżnych i w kabine maszynisty nie może przekraczać 5g;
  - człony pociągu szybkiego powinny być tak ukształtowane, aby nie zachodziło niebezpieczeństwo wzajemnego wspinania się;
  - powinna być zapewniona przestrzeń przeżycia dla maszynisty o długości co najmniej 0,75 m;
  - pomieszczenie dla pasażerów nie może ulec skróceniu więcej niż 1% na każde 5 m jego długości;
  - w pomieszczeniach o czasowej zajętości, przyległych do przedziału dla pasażerów, przestrzenie o wymiarze poprzecznym ponad 250 mm, wykorzystywane jako strefa zgniotu, powinny wykazać zmniejszenie wszystkich prześwitów wzdłużnych nie więcej jak 30%.

Zgarniacz pojazdu czołowego musi przenosić następujące obciążenia, przyłożone na wysokości 500 mm ponad poziom główki szyny.

- 300 kN w linii środkowej;
- 250 kN w odległości 750 mm od linii środkowej.

Należy nadmienić, że karta UIC 660 w rozdziale 4.5 przedstawia inaczej sformułowane warunki dotyczące wytrzymałości struktury pojazdu. Wymaga ona przyjęcia następującego obciążenia pojazdu

- liczba miejsc  $\times 2 \times 80$  kg

lub

- liczba miejsc  $\times 80$  kg + powierzchnia dla osób stojących w  $m^2 \times 4 \times 80$  kg.

Wytrzymałość statyczna pudła pojazdu powinna spełniać wymagania wspomnianej normy EN w kategorii Pl. W przypadku pociągów stanowiących nie rozłączną całość w toku eksploatacji dopuszcza się zastosowanie warunków kategorii PII, jednak z uwzględnieniem wymienionych uprzednio trzech pierwszych przypadków kolizji do oceny wytrzymałości dynamicznej.

Wymaga się przy tym, aby:

- w przypadku 1 kabina maszynisty nie wykazywała trwałych odkształceń,
  - w przypadku 2 i 3 pozostawała dla maszynisty przestrzeń przeżycia o szerokości 0,75 m.
- Również należy zapewnić:
- możliwość przejścia 6 MJ energii zderzenia i rozproszenia jej co najmniej w 75%;
  - wytrzymałość poszczególnych pojazdów taką samą, jak pierwszego i ostatniego członu pociągu;
  - przenoszenie przez sekcje pojazdu będące rozgraniczeniem przedziału pasażerskiego i strefy przeżycia maszynisty siły o 1500 kN większej od średniej siły nacisku na strefę zgniotu przy zderzeniu;
  - zabezpieczenie przed wspinaniem się wagonów w czasie kolizji.

### 3. Skrajnia kinematyczna pojazdu (4.2.3.1)

Skrajnia kinematyczna pojazdu powinna odpowiadać jednej ze skrajni określonej w załączniku C TSI 2005 – konwencjonalny tabor kolejowy – wagony towarowe.

Skrajnia odbieraka prądu musi odpowiadać punktowi 5.2 projektowanej normy EN 50367:2006.

### 4. Obciążenie statyczne toru przez zestaw kół (4.2.3.2)

Wymagania są podane w tablicy 1.

Tablica 1

#### Obciążenie statyczne toru przez zestaw kół

	[t]	$V_{max}$ w eksploatacji [km/h]				
		190 < V ≤ 200	200 < V ≤ 230	230 < V ≤ 250	= 250	> 250
klasa 1	[t]				≤ 18	≤ 17
klasa 2 lok., człony czoł	[t]	≤ 22,5		≤ 18		
klasa 2 ezł	[t]	≤ 20,0	≤ 18			
klasa 2 wagony z lok.	[t]	≤ 18,0				

Całkowita masa pociągu nie może przekraczać sumy obciążenia zestawów kół  $\times 1,02$ , nie więcej jednak niż 1000 t.

Największe statyczne obciążenie zestawu kół nie może być większe od obciążenia nominalnego  $\times 1,04$ . Różnice obciążenia statycznego kół tego samego wózka nie powinny przekraczać 6% średniego obciążenia kół wózka.

Wymienione wartości dotyczą obciążenia przy pełnej zajętości miejsc dla pasażerów o masie 80 kg każdy.

W karcie UIC 660 wymagania w tym zakresie przedstawiają się następująco:

- dla prędkości ponad 260 km/h – 17 t,
- dla prędkości ponad 220, a mniejszej od 260 km/h – 18 t.

### 5. Ocena stanu łożysk zestawu kół (4.2.3.3.2)

W pociągach klasy 1 powinny być zastosowane urządzenia zainstalowane w pojeździe, wraz z systemem diagnostyki, przekazującym informacje maszyniście.

W przypadku pociągów klasy 2 nie wymaga się zastosowania pokładowego systemu oceny stanu łożysk zestawów kół. Układ pojazdu powinien jednak umożliwiać wspomniany pomiar przez urządzenia przytorowe.

### 6. Cechy dynamiczne taboru kolejowego (4.2.3.4)

Bezpieczeństwo biegu pojazdu określone jest przez:

- a) siły poprzeczne oddziaływujące na tor – tabor kolejowy powinien w tym zakresie spełniać kryterium *Prud`homme*:

$$(\Sigma Y)_{max,lim} = 10 + P_o/3 \text{ kN}$$

gdzie:

$P_o$  – nacisk zestawu kół na szyny w kN;

- b) bezpieczeństwo przeciw wykolejeniu – stosunek siły poprzecznej i pionowej  $(Y/Q)_{lim}$ , dla toru o promieniu  $R \geq 250$  m nie może przekroczyć wartości 0,8.

Wspomniany stosunek dla toru zwichrowanego o promieniu  $R < 250$  m nie powinien przekraczać wartości

$$(Y/Q)_{lim} = \tan\gamma - 0,36/(1 + 0,36 \tan\gamma).$$

Jeżeli kąt pochylenia obrzeża  $\gamma = 70^\circ$ , to wartość graniczna  $(Y/Q)_{lim} = 1,2$ .

Niestateczność ruchu pojazdu ma miejsce wtedy, gdy jego ruch poprzeczny wyczerpuje odległość między obrzeżem koła a szyną. Wpływ w tym zakresie ma prędkość pojazdu i ekwiwalentna stożkowatość. W próbach oceniających stateczność pojazdu, wartość *rms* sił prowadzących nie może przekraczać granicy:

$$\Sigma Y_{rms,lim} = \Sigma Y_{max,lim}/2.$$

### 7. Dynamiczny nacisk koła na szynę (4.2.3.4.3)

Nie powinien on przekraczać podanych wartości:

Prędkość [km/h]	Q [kN]
190 < V ≤ 250	180
250 < V ≤ 300	170
V > 300	160

Największe siły wzdłużne wywołane w torze ruchem pociągu muszą odpowiadać przyspieszeniu lub opóźnieniu nie większemu od 2,5 m/s<sup>2</sup>.

W przypadku zastosowania hamulca, który wpływa na rozgrzanie szyn, siła przez niego rozwijana przy hamowaniu nagłym nie może przekraczać 360 kN. W przypadku innego rodzaju hamowania wspomnianą siłę określa zarządzający infrastrukturą.

Zaleca się, aby siła statyczna  $Q_{qst,lim}$  podczas jazdy w łuku była mniejsza od 145 kN.

### 8. Stateczny bieg pojazdu (4.2.3.4.4)

Do zapewnienia statecznego biegu pojazdu powinny być zachowane następujące wartości stożkowatości ekwiwalentnej na etapie projektowania pojazdu:

Prędkość [km/h]	
190 < V ≤ 230	0,25
230 < V ≤ 280	0,20
280 < V ≤ 300	0,10
V > 300	0,10

Zestaw kół w toku eksploatacji powinien być tak utrzymywany, aby zapewnić zachowanie ekwiwalentnej stożkowatości w okre-

ślonych granicach. Powinny one wynikać z modelowanego przebiegu pojazdu po torze reprezentatywnym.

Pochylenie szyny na linach o prędkości do 280 km/h może wynosić od 1:20 do 1:40. W przypadku prędkości ponad 280 km/h – wyłącznie 1:20.

Wymagania TSI w zakresie stateczności biegu pojazdu uwzględniają profil powierzchni tocznej koła zgodny z normą EN 13715:2006 oraz oznaczeniu S1002 i GV 1:40.

W przypadku, gdy stateczny bieg pojazdu zależy od urządzeń w pewnym stopniu zawodnych, powinien być on wyposażony w stały system kontroli stateczności biegu, funkcjonujący dla prędkości ponad 220 km/h.

## 9. Zestaw kół (4.2.3.4.9)

Materiał kół powinien wykazywać twardość co najmniej 245 HB dla całej powierzchni zużycia. Jeżeli grubość w strefie zużycia jest większa od 35 mm, wspomniana wartość powinna być zachowana do strefy 35 mm poniżej powierzchni tocznej. Twardość tarczy koła do styku z obręczą powinna być mniejsza o 10 punktów od powyższej.

## 10. Największa długość pociągu (4.2.3.5)

Nie może ona przekraczać 400 m +1%. Tolerancja 1% ma na celu umożliwienie specjalnego ukształtowania pod względem opływu powietrza. Długość pociągu powinna odpowiadać długości peronu wymaganej w TSI 2006 – Infrastruktura kolei dużych prędkości.

## 11. Pochylenie linii kolejowej (4.2.3.6)

Pociąg dużej prędkości powinien ruszyć, jechać i mieć możliwość zatrzymania na największych pochyleniach linii dla których jest przeznaczony. Jako największe pochylenie linii przyjmuje się wzniesienie 35‰ o długości co najwyżej 6000 m, jednak średni profil linii na długości 10 km nie może przekraczać 25‰ (4.3.3.4 TSI Infrastruktura).

## 12. Układ smarowania obrzeży (4.2.3.8)

Pociąg należy wyposażać w taki układ, co najmniej na osiach krańcowych. Środek smary nie powinien przedostawać się na powierzchnię toczną koła.

## 13. Współczynnik usprężynowania (4.3.3.9)

Nie może on przekraczać 0,25 dla pojazdów wyposażonych w odbierak prądu.

## 14. Piaskowanie (3.2.3.10)

Powinno być stosowane dla poprawy przyczepności przy hamowaniu i napędzie. Musi zostać przerwane: w strefie zwrotnic, na postoju, przy hamowaniu z prędkością mniej niż 20 km/h.

## 15. Układ hamowania (4.2.4)

Dla omawianych pociągów przewiduje się podane w tablicy najmniejsze wartości opóźnienia hamowania i najdłuższe drogi hamowania. Uwzględnia się dwa podstawowe warunki:

A – tor poziomy, hamowanie nagłe, obciążenie pasażerami 80 kg na miejsce do siedzenia, wyłączony hamulec dynamiczny członu napędowego, wyłączony sterownik jednego wagonu;

B – dodatkowe warunki do A: zmniejszona przyczepność kół i szyny, zmniejszone tarcie wykładziny hamulca o tarczę z powodu zawilgocenia.

Najmniejsze średnie opóźnienie [m/s<sup>2</sup>] od  $t_e$  do  $V = 0$ .

	$t_e$	V [km/h]			
		330–300	300–230	230–170	170–0
A	3	0,75	0,90	1,05	1,20
B	3	0,60	0,70	0,80	0,90

Najdłuższe drogi hamowania [m] nie mogą przekraczać:

	$t_e$	V [km/h]			
		330–0	300–0	250–0	200–0
A	3	5360	3650	2430	1500
B	3	6820	4690	3130	1940

Należy mieć na uwadze współczynnik przyczepności nie większy od 0,15 przy prędkości 200 km/h, zmniejszający się liniowo do 0,1 przy 350 km/h.

Średnie opóźnienia przy hamowaniu służbowym od czasu  $t_e = 3$  s przedstawia tablica:

$t_e$	V [km/h]			
	350–300	300–230	230–170	170–0
3	0,30	0,35	0,60	0,60

## 16. Hamulec szynowy wiroprądowy (4.2.4.6)

Hamulec taki może być użyty od prędkości największej od 50 km/h. Największe, średnie opóźnienie hamowania nie powinno przekraczać 2,5 m/s<sup>2</sup>.

Siły przenoszone na szyny muszą być utrzymane w granicach:

- 105 kN przy hamowaniu mniejszym od 2/3 hamowania służbowego,
- 105–180 kN przy hamowaniu w granicach od 2/3 do pełnego hamowania służbowego,
- 180 kN przy pełnym hamowaniu służbowym,
- 360 kN przy hamowaniu nagłym.

Układ hamulcowy powinien zapewniać trwały postój pociągu na spadku 35‰, wyłącznie przy zastosowaniu hamulca ciernego.

W odniesieniu do hamowania nagłego należy uwzględnić dodatkowe warunki:

- hamulec elektrodynamiczny może być uwzględniany jedynie w przypadku, gdy jego działanie jest niezależne od napięcia w sieci trakcyjnej;
- hamulec szynowy, wiroprądowy może być uwzględniony jedynie dla linii, na których jego użycie jest dopuszczone.

Moduł konstrukcyjny hamulca wiroprądowego powinien być wyłączalny.

Pociągi o prędkości większej od 200 km/h powinny być wyposażone w urządzenia przeciślizgowe, system nadzoru powinien sygnalizować maszyniście wystąpienie ślizgu koła.

Uwarunkowania cieplne działania hamulca muszą umożliwiać hamowanie na największym spadku przy prędkości stanowiącej 90% prędkości największej.

## 17. System łączności (4.2.5)

Powinien on obejmować połączenia:

- obsługa pociągu – pasażerowie,
- obsługa pociągu – objekty stałe,
- obsługa pociągu – maszynista.

W pomieszczeniach dla pasażerów muszą być umieszczone urządzenia sygnatu niebezpieczeństwa.

### 18. Warunki środowiskowe (4.2.6.1)

Dopuszczalna prędkość przepływu powietrza  $V_p$  mierzona na wysokości 0,2 m od poziomu główki szyny i 3 m od środka toru nie może przekroczyć:

$V$ [km/h]	$V_p$ [m/s]
190–249	20
250–300	22

Oddziaływanie na pasażerów przebywających na peronie (na wysokości 1,2 m od poziomu peronu i 3 m od środka toru) nie może przekraczać 15,5 m/s.

### 19. Wahania ciśnień (4.2.6.2.3)

Wahania te mierzone w pascalach na wysokości 1,5–3 m od poziomu główki szyny w odległości 2,5 m od środka toru nie powinny przekraczać:

Klasa 1	250 km/h	795
Klasa 2	$V_{max}$	720

### 20. Poziom hałasu (4.2.6.5)

Poziom hałasu na postoju (mierzony na wysokości 1,2 m od poziomu główki szyny, w odległości 7,5 m od środka toru) nie powinien przekraczać L dB(A):

	Klasa 1	Klasa 2
Lokomotywy elektryczne		75
Lokomotywy spalinowe		75
Elektryczny zespół trakcyjny	68	68
Spalinowy zespół trakcyjny		73

Poziom hałasu przy rozruchu (mierzony na wysokości 1,2 m w odległości 7,5 m) nie powinien przekraczać L dB(A)

Lokomotywy elektryczne > 4500 kW	85
Lokomotywy elektryczne < 4500 kW	82
Lokomotywy spalinowe	89
Elektryczny zespół trakcyjny klasy 2	82
Elektryczny zespół trakcyjny klasy 1	85
Spalinowy zespół trakcyjny	85

Hałas w czasie jazdy (mierzony na wysokości 3,5 m w odległości 25 m) nie powinien przekraczać LdB(A):

$V$ [km/h]	200	250	300	320
Klasa 1 zespół pociągu		87	91	92
Klasa 2 różne układy	88			

### 21. Zakłócenia elektromagnetyczne, zewnętrzne (4.2.6.6)

Poziom zakłóceń elektromagnetycznych wywołanych prądem zasilania trakcyjnego i pracą urządzeń pokładowych musi spełniać wymagania związane z działaniem urządzeń srk i łątności, również w zakresie wysokich częstotliwości. Pojazdy powinny być odporne na zakłócenia zewnętrzne.

Oddziaływanie elektromagnetyczne w odniesieniu do pociągu powinno odpowiadać normom EN 50121-3-1:2000, a w odniesieniu do urządzeń pokładowych normom – EN 50121-3-2:2000.

### 22. Bezpieczeństwo przeciwpożarowe (4.2.7.2)

Rozróżnia się pod tym względem dwie kategorie pociągów:

- A – eksploatowanych na liniach, na których znajdują się tunele lub mosty i wiadukty o odcinkach długości mniejszej niż 5 km (rozdzielone odległością większą niż 500 m), z dostępem do stref bezpieczeństwa na otwartych przestrzeniach;
- B – eksploatowanych na liniach o dowolnej długości tuneli lub mostów o odcinkach większych niż 5 km
  - dla tej drugiej kategorii wymagane są dodatkowe wymagania, celem których jest zapewnienie dalszej jazdy pociągu, mimo wykrycia ognia; ma to na celu zatrzymanie się w miejscu umożliwiającym ewakuację pasażerów i obsług;
  - materiały i elementy powinny być pożaroodporne, dodatkowe warunki wymagają podjęcia środków konstrukcyjnych celem zapobieżenia zapłonu (w tym zakresie przytoczone zostały normy brytyjskie, francuskie, niemieckie, włoskie i polskie).

Przebieżenie obciążone znacznym ryzykiem powstania ognia muszą być wyposażone w system wykrywania ognia we wczesnym stadium, który powinien powodować samoczynną akcję zapobiegawczą. Szczególnie dotyczy to pomieszczeń z urządzeniami dostawy energii i obwodu trakcyjnego, z silnikami spalinowymi, pomieszczeń w wagonach sypialnych.

Układ samoczynny powinien przekazywać informację maszyniście, odcinać dopływ energii o wysokim napięciu lub paliwa.

Pociągi kategorii B powinny mieć przegrody ogniowe o odległości co najwyżej 28 m, zabezpieczające rozprzestrzenianie się ognia przez co najmniej 15 min. Kabina maszynisty, pomieszczenie silnika spalinowego i zasilania w energię muszą być izolowane na 15 min.

### 23. Hałas wewnętrzny (4.2.7.6)

Specyfikacja TSI nie określa wymagań dotyczących hałasu wewnętrznego w przedziale pasażerskim.

Hałas w kabinie maszynisty powinien nie przekraczać następujących wartości:

	L dB(A)	Czas pomiaru [s]
Na postoju, z czynnym sygnałem akustycznym	95	3
$V_{max}$ , bez sygnału	80	60

### 24. Moc trakcyjna (4.2.8.1)

Moc trakcyjna pociągu szybkiego powinna być tak określona, aby mogły być osiągnięte na poziomie następujące, najmniejsze średnie przyspieszenia:

$V$ [km/h]	Przyspieszenie [m/s <sup>2</sup> ]		
	klasa 1	klasa 2	UIC 660
0–40	0,40	0,30	0,48
0–120	0,32	0,28	0,32
0–160	0,17	0,17	0,17

Pociąg powinien mieć, na torze poziomym przy maksymalnej prędkości, możliwość uzyskania przyspieszenia co najmniej 0,05 m/s<sup>2</sup>. Z takim samym przyspieszeniem pociąg powinien wjechać na największe wzniesienie linii przy wyłączonym zestawie napędym. Moc z tym związana powinna być utrzymana przez 10 min, a osiągnięta prędkość – 60 km/h.

Z określeniem mocy trakcyjnej pojazdu łączą się dodatkowe warunki:

- deklarowana moc pociągu musi być osiągalna dla wszystkich napięć sieci;
- w przypadku nieczynnego jednego modułu trakcyjnego, moc całego pociągu klasy 1 nie może zmniejszyć się więcej niż 25%, a klasy 2 – 50%;
- w przypadku nieczynnej jednej jednostki zasilanej, moc pociągu nie może się zmniejszyć więcej niż 50%.

## 25. Wykorzystanie przyczepności (4.2.8.2)

W obliczeniach trakcyjnych powinien być brany pod uwagę współczynnik przyczepności nie większy niż:

	Według TSI	Według UIC 660
Przy rozruchu i małych prędkościach	0,30	0,20
Przy 100 km/h	0,275	0,17
Przy 200 km/h	0,19	0,13
Przy 300 km/h	0,10	0,09

## 26. System zasilania trakcyjnego (4.2.8.3.1)

Pociągi powinny być dostosowane do zasilania w energię elektryczną o napięciu i częstotliwości według rozdziału 4.2.2 TSI 2006 – Energia dużych prędkości oraz warunkom rozdziału 4 normy EN 50388:2005.

## 27. Odbierak prądu (4.2.8.3.6)

Największa odległość między odbierakami nie może przekraczać 400 m. Odległość najmniejsza odbieraków skrajnych, między którymi znajduje się trzeci odbierak, musi być większa od 143 m. Opuszczenie odbieraka prądu nie może trwać dłużej niż 10 s.

Odbierak prądu powinien zapewniać odbiór prądu dla wysokości przewodu jezdnego między 4800 a 6500 mm.

Jego główne wymiary muszą być te same dla zasilania prądem AC i DC. Najmniejsza szerokość ślizgu – 800 mm. Naroża z materiału izolacyjnego – 200 mm. Strefa przewodzenia ślizgu – 1200 mm, długość ślizgu – 1600 mm.

Siła statyczna docisku ślizgu do przewodu jezdnego powinna wynosić 40–120 N dla zasilania prądem AC i 50–150 N dla zasilania prądem DC. Zakres pracy odbieraka – co najmniej 1700 mm.

W specyfikacji TSI przedstawiono wiele wymagań dotyczących innych elementów pojazdu oraz jego utrzymania. Podano warunki przeprowadzania badań dotyczących sprawdzenia wymaganych parametrów, jak również sprawę ich wdrożenia. Wyjaśniono też sposób oceny zgodności cech pojazdu z warunkami omawianego dokumentu.

W tablica 1 podano główne dane techniczne pociągów szybkich, będących w okresie wstępnych analiz, w fazie B+R lub wprowadzonych już do eksploatacji.

## Pociąg Talgo 350

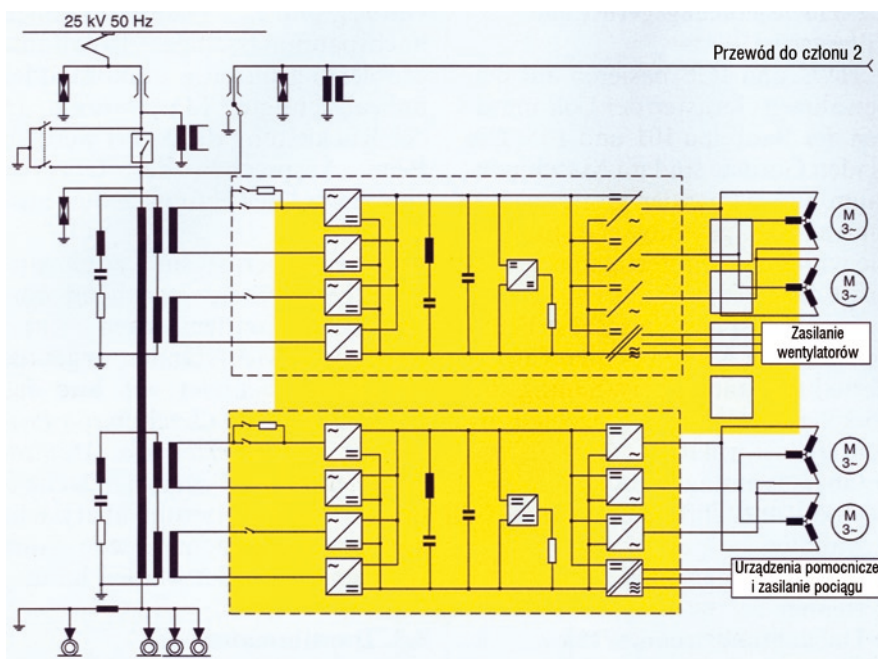
Pociąg ten, oznaczony jako seria 102, zamierzają wprowadzić koleje RENFE do obsługi nowej linii Madryt – Barcelona, przeznaczonej do ruchu pociągów z prędkością 350 km/h. Jest on pociągiem zespołowym składającym się z dwóch członów napędnych, o układzie Bo-Bo i 8 lub 12 wagonów systemu Talgo, w podstawowej wersji przewidziany dla szerokości toru – 1435 mm. Człon napędny znajdują się na krańcach zestawu wagonów, nie zawierają pomieszczeń dla pasażerów. Są wyposażone w pojedynczą kabinę maszynisty.

Napęd dostosowany jest do zasilania prądem 25 kV 50 Hz. Wskaźnik mocy dla pociągu 12-wagonowego wynosi 25,5 kW/t, wskaźnik masy własnej pociągu wynosi 540 kg/m<sup>2</sup>, natomiast wskaźnik masy własnej odniesiony do mocy członu napędnego nie przekracza 17 kg/kW, co pozwoliło na zachowanie nacisku zestawu kół zgodnie z wymaganiami TSI. Uzyskano 1,6 miejsca na metr długości pociągu.

Schemat obwodu głównego przedstawiony został na rysunku 1. Asynchroniczne silniki trakcyjne są zasilane poprzez transformator, sterownik czterokwadrantowy, obwód pośredni i falownik. Zasilanie urządzeń pomocniczych odbywa się prądem przemiennym 400 V 60 Hz. Wszystkie przekształtniki są wyposażone w elementy IGBT chłodzone wodą lub powietrzem. Odbierak prądu wykonano z materiałów o dużej wytrzymałości, wkładki ślizgu są grafitowe.

System informatyczny IEC-TCN wykorzystywany jest do nadzoru prac urządzeń, diagnostyki wraz z rejestracją uszkodzeń.

Kształt zewnętrzny członu napędnego odbiega od zazwyczaj przyjmowanego, stawia on mały opór dla przepływu powietrza i zapewnia, że wzrost ciśnienia przy wjeździe do tunelu nie przekroczy granic przewidzianych w specyfikacji TSI. Podstawowa jego konstrukcja jest wykonana z elementów stalowych, z zastosowaniem wielu dodatkowych elementów ze stopów lekkich. W czołowej części nadwozia umieszczono specjalne urządzenie ciągnikowo zderzeniowe, całkowicie osłonięte ze względu na polepszenie warunków opływu powietrza. Kabina maszynisty wyposażona została w centralny pulpit maszynisty. Urządzenia wykonawcze maszynisty zostały umiesz-



Rys. 1. Obwód główny członu napędnego pociągu Talgo 350 (EB 4-2002, s. 150)

## Europejskie pociągi dużej prędkości (2006 r.)

Seria	Zasilanie		Układ pociągu	Masa własna		Moc ciąгла [kW]	Liczba siln.	$V_{max}$ [km/h]	Hamowane		Długość całkowita [m]	Średnica kół [mm]	Liczba miejsc	Kolej	Producent główny	Uwagi
	[kV]	[Hz]		całkow.	napęd.				rodzaj	moc [kW]						
680	15	16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	(s)+d+(s)+d+(s)+d+(s)	385,0	110	4000	8	230	reg. op.	4000	184,4	890	331	CD	Alstom	w ekspl.
ICE 3	15	16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	2×(s+d+s+d)	409,0	204	8000	16	330	reg.	8200	200,0	920	391	DB R&T	Siemens	w ekspl.
403	15	16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>		427,0	213	8000	16	330	w prąd	800	200,0	920	380			
406	15	16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>		4300	220			220	reg.	8200						
	3	1,5							w prąd op.	800						
ICE-T	15	16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	d+3(s)+d	273,0	82	3000	6	230	reg.	3075	132,6	890	250	DB	DWA	w ekspl.
415	15	16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	d+2(s)+d+2(s)+d	381,0	109	4000	8	230	reg.	4100	184,4	890	390			
411	15	16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>														
Pendolino IV gen	25	50	(s)+d+(s)+d+(s)+d+(s)	387,0	110	5500	8	250	reg. oporowe	5500	187,4	890	432	FS-Trenit. Cisalpino	Alstom	w budowie również zas. 15 16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>
Talgo AVE s.102	25	50	s+12d+s	324,0	136	8000	8	350	reg. oporowe	8400 6400	200,0	1040 (890)	318	RENFE	Bombardier Talgo	w ekspl. próbnej
Velaro E AVE s.103	25	50	2×(s+d+s+d)	425,0	210	8800	16	350	reg. oporowe	8800 7200	200,0	920	389	RENFE	Siemens CAF	w ekspl. próbnej
Alaris s.104	25	50	4(s)	221,5	110	4000	8	250	reg.	4000	108,0	890	232	RENFE	Alstom CAF	w ekspl. tor 1435 mm również zmiana szer. toru
	25	50	4(s)	233,0	115	4800	8	250	reg. oporowe	4800	107,0	890	244			
	3															
AGV	25	50	9 wózków przegubowych	336,0	224	7600	12	350	reg. oporowe	7600	180,0	920	359	SNCF	Alstom	prace studialne prototyp 7w. w budowie
	15	16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	6 wózków silnikowych						w prąd	7200						
	3	1,5	4 wózki toczne						2×20 kN							
AGV	25	50	10 wózków przegubowych	363	218	7200	12	320	reg. oporowe	7200	200	920	411	SNCF	Alstom	prace studialne
	15	16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	6 wózków silnikowych							7200						
	3	1,5	5 wózków tocznych													
GV POS	25	50	s+8d+s	383,0	136	7200–9280	8	160–320	reg. oporowe	8800 7560	200,0	920	377	SNCF	Alstom	w eksploat.
	15	16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>				6880										
	3	1,5				3680										
Pendolino 390	25	50	d+3(s)+d+3(s)+d	458,0	176	5100	12	295	reg.	5100	207,0	890	430	Virgin Trains	Alstom	w eksploat.

czone na konsolach obok jego stanowiska, z których jedna jest odchylona.

Wózki są typu ABB Henschel, ich usprężynowanie I i II stopnia stanowią zwojowe sprężyny stalowe. Siły – pociągowa i hamowania przenoszone są z ostoi wózka do nadwozia poprzez ciąglą niesymetryczne. Silniki trakcyjne zawieszono w ostoi wózka, napęd przenoszony jest poprzez wychylne sprzęgło zębate do małego koła przekładni głównej umieszczonej na osi zestawu kół. Obok dużego koła przekładni znajduje się tarcza hamulca powietrznego. Dodatkowe tarcze hamulca zamontowano na kole. Człony napędne, obok hamulca powietrznego, mają hamulec elektryczny – odzyskowy i oporowy. Wszystkie osie członów napędnych wyposażone zostały w układy przeciwoślizgowe i przeciwszlizgowe, sterowane mikroprocesorem.

Skład wagonów doczepnych jest systemu Talgo z pewnymi zmianami. Powietrzne sprężyny wagonów, umieszczone na wysokich kolumnach z każdej strony nadwozia, umożliwiają jego wychylenie o 3,5° podczas jazdy pociągu w łukach, wskutek połączenia powietrznego sprężyn obu stron. Układ zawieszenia wagonów przeznaczonych do jazdy z prędkością 350 km/h został wyposażony w dodatkowe sprężyny stalowe. Z każdym kołem związane są dwie tarcze hamulca, wraz z siłownikami hydraulicznym, oraz urządzenie przeciwszlizgowe. Koło członu pasażerskiego jest zespołem indywidualnym, powiązany z drugim kołem

i kolejnym członem pociągu układem według zasady Talgo, umożliwiającym radialne ustawianie się pary kół podczas jazdy w łuku. Nacisk dwóch kół odpowiada masie 17 t przy pełnym obciążeniu. Przewidziano również możliwość zabudowy hamulca szynowego.

Konstrukcja pudeł wykonana jest ze spawanych, wyciskanych elementów ze stopów lekkich. Pomieszczenia dla pasażerów i przejścia między wagonami są odporne na zmiany ciśnienia ze-



Fot. 1. Pociąg RENFE Talgo 350

Fot. Bombardier



Fot. 2. Pociąg RENFE Velaro E

Fot. Siemens



Fot. 3. Przedział 1. kasy pociągu Velaro E

wnętrznego. Dzięki stosunkowo małej długości członów (13 m) ich szerokość wynosi 3 m. Poziom podłogi dostosowano do wysokości peronu 760 mm, ale każde drzwi mają dodatkowy stopień na wysokości 680 mm. Układ foteli 2+1 w klasie klubowej oraz 2+2 w klasie preferencyjnej i turystycznej. Miejsca wyposażone są w źródło zasilania 250 V i 50 Hz oraz zestaw radiowy.

Człony napędne złączone są ze składem wagonów sprzęgiem Scharfenberga. W połączeniach wagonów doczepnych przewidziano zespół tłumików ruchów względnych sąsiednich członów [10, 11, 20].

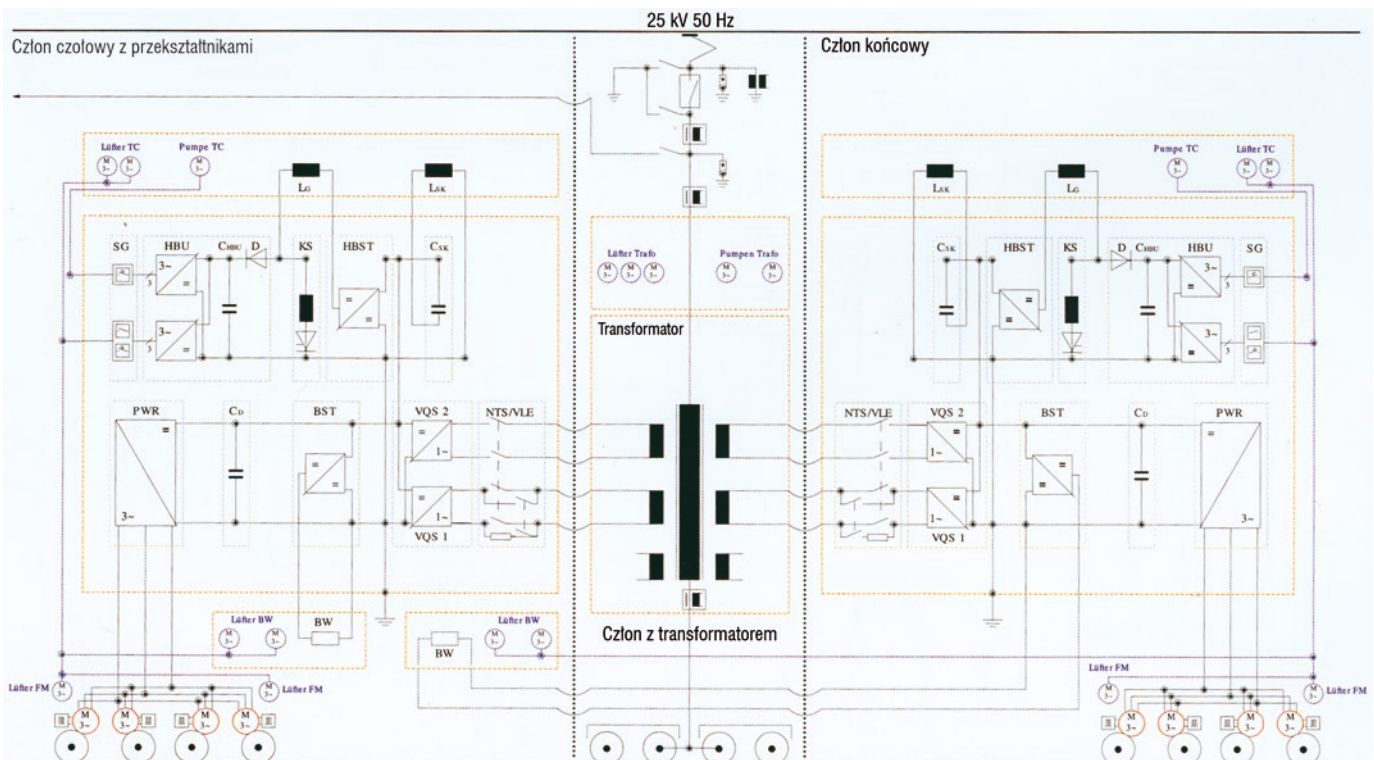
## Pociąg Velaro E

Pociąg Velaro E, według oznaczenia kolei RENFE – seria 103, został również przewidziany do obsługi linii Madryt – Barcelona z prędkością 350 km/h. Jest wersją pociągu DB – ICE 3.

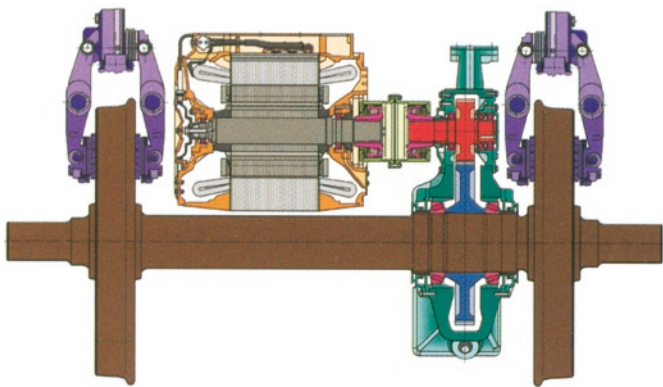
Pozostawiony został podstawowy układ pociągu: 2 × (wagon silnikowy – wagon transformatorowy – wagon silnikowy – wagon doczepny). Trzy pierwsze wagony tworzą grupę napędną. Wagon transformatorowy nie jest wyposażony w silniki trakcyjne.

Zmieniono rozmieszczenie pasażerów, wprowadzając trzy klasy: klubową z fotelami 2+1 (37 miejsc), preferencyjną z fotelami 2+1 (103 miejsca) i turystyczną z fotelami 2+2 (264 miejsca). Wskaźnik mocy pociągu wynosi 22,3 kW/t, a masy własnej 708 kg/m<sup>2</sup>. Na metr długości pociągu przypada 1,96 miejsca.

Napęd pociągu dostosowany jest do zasilania prądem 25 kV 50 Hz. Zwiększono moc napędu z 8000 do 8800 kW, pozostawiając te same silniki, a zmieniając przełożenie przekładni głównej. Na rysunku 2 przedstawiono schemat obwodu głównego zespołu napędowego. Przekształtniki zbudowane są z wykorzystaniem elementów GTO chłodzonych wodą. W przekształtnikach zasilania obwodów pomocniczych wykorzystane zostały elementy IGBT.



Rys. 2. Obwód główny grupy napędowej pociągu Velaro E (GA 10-2002, s. 437)



Rys. 3. Schemat przekładni głównej napędu pociągu Velaro E (EB 3-2004, s.104)

Trakcyjne silniki asynchroniczne zawieszono w ostoi wózka, napędzają zestawy kół poprzez wychylne sprzęgło zębate i dwukołową przekładnię w wykonaniu firmy Voith (rys. 3 [14]). Wywołuje ona umiarkowany hałas, nieprzekraczający poziomu 105 dB(A).

Pociąg wyposażony został w sieć komputerową, dwupoziomową z wielofunkcyjną wspólną szyną umożliwiającą sterowanie całym układem pociągu i diagnostykę. Przewidziano trzy monitory ekranowe w każdej kabinie maszynisty, a dwa w kabinie kierownika pociągu.

Hamowanie pociągu dokonuje się poprzez hamulec elektro-powietrzny i elektrodynamiczny odzyskowy lub oporowy. System hamowania elektrycznego jest dobierany w sposób samoczynny. Zrezygnowano natomiast z hamulca wiroprądowego. Zestawy napędne są wyposażone w dwie podwójne tarcze hamulcowe osadzone na kole, zestawy toczne mają trzy tarcze osadzone na osi. Tarcze wykonane są ze stali stopowej, współpracują z klockami z materiałów spiekanych.

Wszystkie urządzenia pociągu zostały dostosowane do pracy w zakresie temperatur  $-20^{\circ}$  do  $+50^{\circ}\text{C}$ . Klimatyzacja wykorzystuje konwencjonalny system chłodzenia, ale o mocy zwiększonej do 40 kW na wagon.

Wagony wykonane są z wyciskanych elementów ze stopu lekkiego, wzmocnionych pasami ze stali nierdzewnej.

W przedziałach pasażerskich przewidziano system informowania oraz system audiowideo. Prawie wszystkie fotele są obracane w kierunku jazdy.

Wózki pozostawiono takie same, jak w pociągu ICE 3 [6, 19, 21].

### Pociąg Alaris

Do obsługi linii związanych z siecią dużych prędkości wspomniane koleje wprowadziły do eksploatacji również pociągi Alaris o oznaczeniu – seria 104, wykonane w dwóch wersjach. Pierwsza wersja składa się z czterech wagonów silnikowych, każdy o dwóch osiach napędnych. Jest on odmianą pociągu Alstom Pendolino, bez wyposażenia w układ przechyłu nadwozia, zasilaną prądem 25 kV. Prędkość – 250 km/h. Największy nacisk zestawu kół na szynę odpowiada masie nie przekraczającej 17 t. Wskaźnik mocy wynosi 18,1 kW/t, masy własnej – 700 kg/m<sup>2</sup>, 2,2 miejsca na metr długości pociągu. Pudła wagonów wykonane są z wyciskanych ele-

mentów ze stopu lekkiego. Pociąg dostosowany jest do toru normalnego. Przedziały pasażerskie są klasy preferencyjnej i turystycznej, zapewniono jedno miejsce dla wózka osoby niepełnosprawnej i bufet. Druga wersja tego pociągu przeznaczona została do zasilania prądem 25 i 3 kV oraz wyposażona w układ zmiennego rozstawu kół. Ze względu na zwiększoną moc jej wskaźnik wynosi 21,6 kW/t. Obie wersje wyposażono w hamulce wiroprądowe.

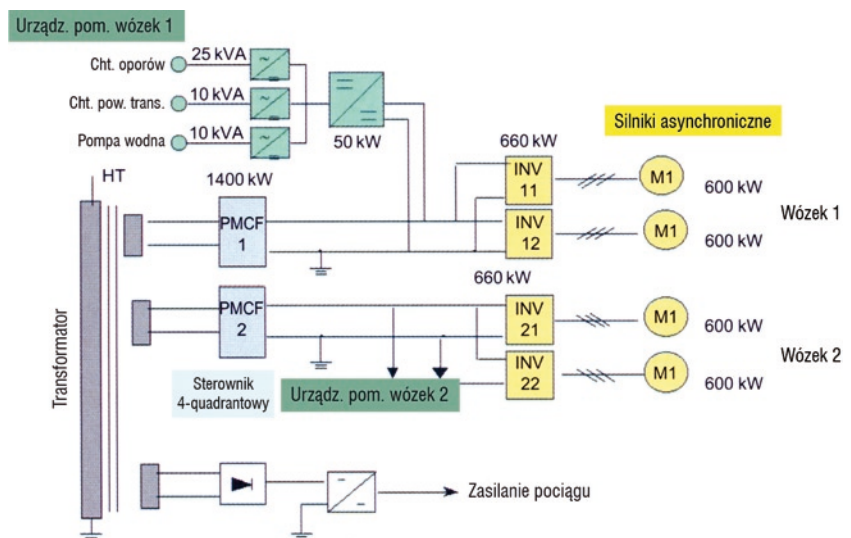
### Pociągi AGV, TGV

Alstom, produkujący pociągi TGV, podjął decyzję o zmianie podstawowego ich układu. W miejsce pociągu o dwóch członach napędnych (o mocy skupionej) i członach doczepnych, zamierza wprowadzić pociąg z napędem rozwijanym przez kilka wózków w jego składzie (o mocy rozdzielonej). Wszystkie wagony (również krańcowe) zostały wyposażone w pomieszczenia dla pasażerów. Układ pociągu pozostał nadal przegubowy.

Można przypuszczać, że powodem zmiany koncepcji pociągu jest ograniczenie, w dotychczasowym układzie jego mocy trakcyjnej do  $2 \times 4400$  kW, przy zachowaniu nacisku zestawów kół na szynę odpowiadającego masie 17 t. W miarę zwiększania prędkości największej zajdzie niewątpliwie potrzeba zastosowania coraz większych mocy przy niezmiennych, granicznych naciskach zestawów kół na szynę. To właśnie umożliwia nowa koncepcja pociągu.

Przewidywano opracowanie dwóch wersji pociągów AGV o prędkościach największych 320 km/h i 350 km/h. Pierwszy składałby się z 10, drugi z 9 wagonów, o miejscach odpowiednio 411 i 359. Pociąg AGV, długości 200 m, będzie wyposażony tylko w 11 wózków w porównaniu z 13 wózkami pociągu TGV-R. Liczba miejsc została zwiększona o 9%. Wskaźnik mocy pociągu 10-wagonowego wyniesie 19,8 kW/t, wskaźnik masy 648 kg/m<sup>2</sup>, a wskaźnik miejsc – 2,06/m długości pociągu. Dla pociągu 9-wagonowego, dostosowanego do prędkości 350 km/h, wskaźniki te wyniosą odpowiednio: 22,6 kW/t, 667 kg/m<sup>2</sup>, 2,00/m.

Schemat obwodu głównego opisywanego pociągu przedstawiono na rysunku 4. W napędzie zamierzano początkowo wykorzystywać silniki trakcyjne w układzie konwencjonalnym TGV. Ponieważ silniki są umieszczone na wózkach wewnętrznych pociągu, wyposażono je w wentylację własną.

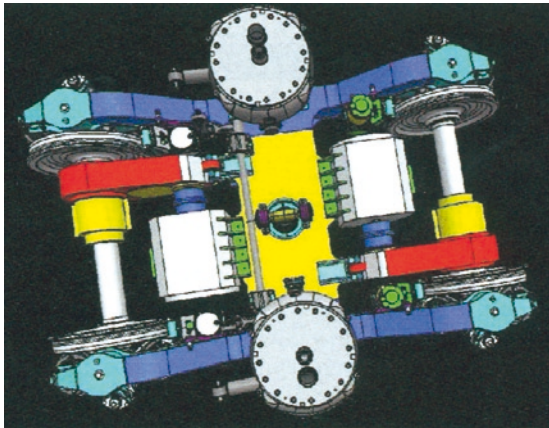


Rys. 4. Obwód główny pociągu AGV (IRJ 5-2000, s.17)

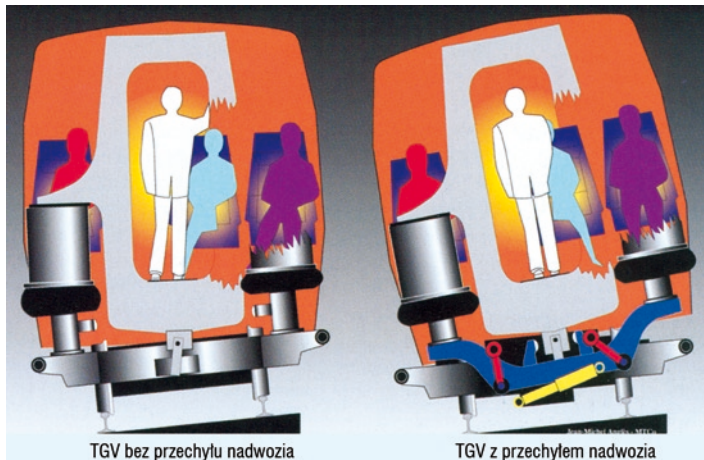


W celu osiągnięcia przy prędkości 350 km/h dróg hamowania zbliżonych do uzyskiwanych przy prędkości 320 km/h, na dwóch wózkach zastosowano szynowy hamulec wiroprądowy, zawieszony na maźnicach. Konstrukcja pudła członów pociągu byłaby wykonana wyłącznie ze stopów lekkich. Ocenia się, że nowa koncepcja pociągu pozwoli na zmniejszenie masy pociągu długości 200 m o 15% w stosunku do pociągu TGV. Zmniejszone zostaną również koszty utrzymania.

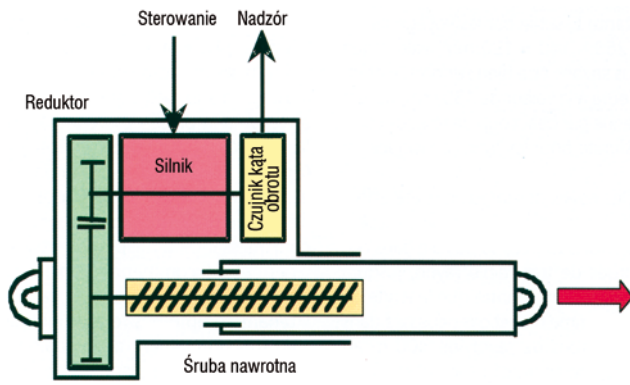
Pociągi AGV miałyby być zdolne przejąć 6 MJ energii zderzenia czołowego.



Rys. 5. Wózek trakcyjny pociągu AGV z silnikami trakcyjnymi z magnesami stałymi (RG 4-2003, s. 208)



Rys. 6. Przechyłne nadwozie członu pociągu TGV (GA spec 2002, s. 53)



Rys. 7. Siłownik elektryczny przechyłu nadwozia zastosowany w pociągu doświadczalnym TGV (Rev.Gen. 9-2005, s. 54)

Poziom podłogi w omawianych pociągach jest jednakowy na całej ich długości. Wszystkie wózki toczne wyposażono w aktywne zawieszenie poprzeczne z siłownikiem elektrycznym.

Alstom prowadził od dawna prace nad trakcyjnym silnikiem synchronicznym z magnesami stałymi (neodim–bor–żelazo lub samar–kobalt). Uzyskano silnik o mocy 720 kW i bardzo dobrym wskaźniku masy, bo 1,01 kg/kW, również o dużej sprawności – 0,97. W przypadku takich silników zmieniony został sposób ich zawieszenia, oparte one będą na ostoi wózka poprzez elementy sprzężyste. Napęd zestawu kół odbywać się będzie poprzez wychylne sprzęgło zębate i dwukołową przekładnię (rys. 5 [17, 22]).

Alstom realizuje pociąg prototypowy AGV złożony z 7 członów o 330 miejscach, wyposażony w cztery wózki napędne i cztery toczne. Jest to najkrótszy eksploatacyjny układ pociągu, ponieważ podstawową grupę napędu stanowią trzy człony (z transformatorem, przekształtnikiem głównym i przekształtnikami pomocniczymi). Takie dwie grupy napędne są rozdzielone wagonom doczeplnym.

Przeprowadzono też próby z prototypem członu TGV o przechylnym nadwoziem. W tym celu wykorzystano skład pociągu TGV-SE. Przedsonki łączące sąsiednie człony jednego z wagonów oparto na belce przechylnej (rys. 6). Analizowano zastosowanie siłownika hydraulicznego i elektromechanicznego w układzie przechyłu. Zastosowano elektromechaniczny siłownik, którego schemat przedstawiono na rysunku 7. Kąt przechyłu względem ostoi wózka wyniósł 6,9°, a względem płaszczyzny toru 5,4°. Sterowanie przechyłem przyjęto według systemu Fiata. Opracowany również został oryginalny system sterowania przechyłem, oparty na wykorzystaniu komputera, w którym zapisano ukształtowanie poziome linii przewidzianych do kursowania określonego pociągu. Komputer identyfikuje linię, po której jedzie aktualnie pociąg, i 5 m przed każdą następną krzywą przejściową uruchamia urządzenie przechyłu nadwozia. Opisane urządzenie nie znalazło jak dotychczas zastosowania [4, 5, 13, 17, 18].

Alstom opracował również wersję pociągu TGV o symbolu POS. Jest ona przeznaczona do obsługi linii wiodących z Paryża w kierunku wschodniej części Francji i południowej części Niemiec. W układzie pociągu wykorzystano osiem wagonów TGV R i dwa nowe człony napędne.

Przewiduje się, że będzie on wykorzystany na liniach o prędkości od 160 do 320 km/h. Napęd przystosowany jest do zasilania prądem 25, 15 i 1,5 kV. Wskaźniki konstrukcyjne przedstawiają się następująco: mocy – 24,2–9,6 kW/t, masy – 654 kg/m<sup>2</sup>, miejsc – 1,9 /m długości pociągu. Pociąg został wyposażony w hamulec powietrzny, elektrodynamiczny i elektromagnetyczny szynowy. Ten ostatni, umieszczony na drugim wózku członu napędnego i pierwszym członu doczeplnego, ma zapewnić w każdych warunkach drogę hamowania 1000 m od prędkości 160 km/h.

Człony napędne w ostatecznej wersji wyposażono w silniki asynchroniczne [7, 16].

### Pociągi ICE 3

Na zamówienie kolei DB powstała trzecia generacja pociągów ICE. Obejmuje ona dwie wersje – dostosowanych do zasilania prądem 15 kV (s.403) oraz do wszystkich systemów zasilania (s.406). Skład pociągu jest symetryczny 2×(s-d-s-d). Przyjęty układ zapewnia utrzymanie parametrów trakcyjnych nawet przy

niekorzystnym współczynnikiem przyczepności. Prędkość pociągu wynosi 330 km/h dla zasilania prądami AC i 220 km/h – przy zasilaniu prądami DC. Wynika to z ograniczenia mocy do 4300 kW przy takim zasilaniu. Przekształtniki są zbudowane na tyrystorach GTO. Pociąg wyposażony został w szynowe hamulce wiroprądowe. W stosunku do poprzednich generacji zmieniono układ wnętrza wagonów i wprowadzono pewne zmiany konstrukcyjne. Wśród nich należy wymienić przyjęcie skrajni UIC 505. Wejścia dostosowano do peronów o wysokości 760 i 550 mm. Wskaźniki podstawowe dla wersji czterosystemowej są następujące: mocy – 18,7 kW/t (10,1 dla prądów DC), masy – 1186 kg/m<sup>2</sup>, miejsc – 1,9/m długości pociągu [24].

## Pociągi z przechylnym nadwoziem Pendolino i pochodne

Wszystkie te pociągi z przechylnym nadwoziem zachowują typowy układ napędu, w którym silnik trakcyjny zawieszony w nadwoziu związany jest poprzez wał przegubowy i przekładnię mechaniczną, z jednym zestawem kół w każdym z wózków. Kąt przechyłu w stosunku do ostoi wózka wynosi 8°. Odbieraki prądu, umieszczone na konstrukcji dachu, wyposażone zostały w mechanizm korekty położenia zapewniający właściwy obiór prądu w okresie przechyłu nadwozia.

### Pociągi Pendolino IV generacji

Wytwórnia FIAT wyprodukowała wiele serii tego pociągu (450, 460, 470, 480, 252). Niedawno fabryka w Sawigliano została przejęta przez firmę Alstom, która kontynuuje tę produkcję. Opracowuje ona nową wersję tych pojazdów o 7 wagonach dla przedsiębiorstwa Trenitalia z zasilaniem 3 i 25 kV i dla przedsiębiorstwa Cisalpino z zasilaniem 3, 15 i 25 kV. Główny nacisk przy projektowaniu położono na ukształtowanie krańców pociągu, które uległo zasadniczym zmianom. Wskaźnik mocy pociągu wynosi 14,2 kW/t, wskaźnik masy 737 kg/m<sup>2</sup>, wskaźnik miejsc – 2,3/m długości pociągu.

Napęd umieszczony jest w 4 wagonach silnikowych, z przekształtnikami Onix o mocy 1400 kW, wykonane z wykorzystaniem 6,5 kV elementów IGBT, chłodzonych wodą. Każdy z dwóch asynchronicznych silników trakcyjnych członu napędowego zasilany jest poprzez oddzielny dwupoziomowy falownik. Moc dla napędu urządzeń pomocniczych dostarczana jest przez dodatkowy falownik – 400 V 50 Hz. W każdym pociągu przewidziano dwa transformatory, cztery przekształtniki, osiem falowników silników trakcyjnych, cztery falowniki pomocnicze i siedem miejsc ładowania baterii. Trzy wagony tworzą grupę napędową.

Przewidziano hamowanie elektryczne odzyskowe i oporowe oraz powietrzne. Sterowanie elektroniczne zapewnia współpracę wszystkich systemów. Pociągi Cisalpino wyposażono dodatkowo w elektromagnetyczne hamulce szynowe.

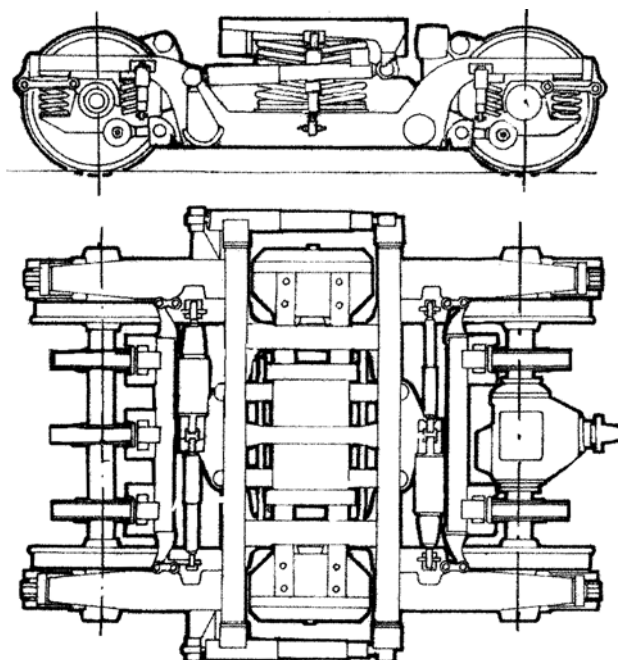
Nadwozie wykonano z wyciskanych elementów ze stopu lekkiego. Czołowa część pociągu jest zdolna zaabsorbować 6 MJ energii zderzenia, przedsiionki w poszczególnych członach – 1,7 MJ. Uzyskano dobre wyniki pod względem natężenia hałasu wewnętrznego – 55B(A) na postoju i 65 dB(A) przy prędkości największej.

W pociągu zastosowano wózki takie same, jak w serii 460, z aktywnym zawieszeniem poprzecznym nadwozia (rys. 8). Napęd przechyłu powodowany jest siłownikiem hydraulicznym. Sterowanie przechyłem może być opcją systemu Alstom – Tiltronix.



Fot. 4. Pociąg ICE-3 kolei DB

Fot. Siemens



Rys. 8. Wózek pociągu Pendolino s.460 wykorzystany w nowej wersji pociągu  
Mat. firmowe FIAT

Do usprawnienia procesów utrzymania wprowadzono system przekazywania aktualnych danych o stanie urządzeń pociągu do lokomotywowni poprzez sieć GSM-R lub WLAN.

Alstom zamierza zbudować pociąg Super Pendolino o prędkości 270 km/h uzyskiwanej na liniach dużych prędkości, bez potrzeby wykorzystywania zabudowanego urządzenia przechyłu nadwozia. Wspomniane urządzenie byłoby natomiast używane na liniach zwykłych [23].

### Pociąg Pendolino Virgin

Ta wersja pociągu została wyprodukowana dla kolei Virgin Trains (linia WCML) w Wielkiej Brytanii. Składa się on z 9 członów, w tym 6 silnikowych (12 osi napędnych). Przeznaczona jest do prędkości 225 km/h. Wskaźnik mocy wynosi 11,1 kW/t, wskaźnik masy 790 kg/m<sup>2</sup>, wskaźnik miejsc – 2,11/m długości pociągu. Dostosowana jest do zasilania prądem 25 kV 50 Hz.

Wprowadzenie tych pociągów umożliwiło skrócenie czasu przejazdu Londyn – Manchester o 22%, a Londyn – Glasgow

o 8%. Konstrukcja pociągu odpowiada innym pociągom omawianej grupy, jedynie jego krańce zostały inaczej ukształtowane. W układzie przechyltu zastosowano siłownik elektromechaniczny. Sygnał początku przechyltu i dopuszczalna prędkość największa w konkretnym łuku podawana jest z nadajnika przytorowego. Przekroczenie tej prędkości powoduje uruchomienie samoczynnego hamowania pociągu.

W napędzie wykorzystano zespół przekształtnikowy Onix 800, wykorzystujący elementy IGBT chłodzone wodą. Sterowanie przekształtnikami odbywa się sterownikiem Agate.

Nacisk zestawów kół na szyny odpowiada masie 14,7 t wózek napędny i 13,8 t wózek toczny. Przewidziano 145 miejsc w kl. 1. i 294 w kl. 2. W środku pociągu umieszczono kabinę kierownika pociągu oraz sklep (w miejsce bufetu). Wszystkie miejsca są wyposażone w system radiowy. Hałas wewnętrzny nie przekracza 65 dB(A), a zewnętrzny < 93 dB(A) [3, 8].

## Pociągi ICE-T

Pociągi te, przeznaczone dla kolei niemieckich, są odpowiednikami pociągów ICE 3 dla linii o dużej liczbie łuków z małymi promieniami. Zachowano podobny zewnętrzny kształt pociągu. Przewiduje się ich dwie odmiany 7- i 5-wagonową, o prędkości największej 230 km/h. Oba pociągi mają zbliżone wskaźniki: mocy 10,5 kW/t, masy 738 kg/m<sup>2</sup>, miejsc – 1,95/m. Siłownik przechyltu jest hydrauliczny [9, 12]. Schemat układu napędowego tego pociągu przedstawiono na rysunku 9.



Fot. 5. Pociąg ICE-T kolei DB

Fot. Siemens

## Pociąg dla kolei ČD serii 680

Pociąg ten przeznaczony do obsługi relacji Berlin – Praga – Wiedeń. Jest dostosowany do zasilania trzema systemami 25, 15 i 3 kV. Składa się z 7 członów, w tym z 4 napędnych. Prędkość pociągu – 230 km/h. Przekształtniki zbudowane na elementach GTO chłodzonych wodą. Urządzenie przechyltu wyposażone jest w siłownik hydrauliczny. Ma następujące wskaźniki konstrukcji – 10,4 kW/t, masy – 689 kg/m<sup>2</sup>, miejsc – 1,75/m długości pociągu [15].

## Zamierzenia producentów taboru w zakresie projektów nowych pociągów szybkich Zefiro

Bombardier opracował projekt zespołowego pociągu elektrycznego – Zefiro.

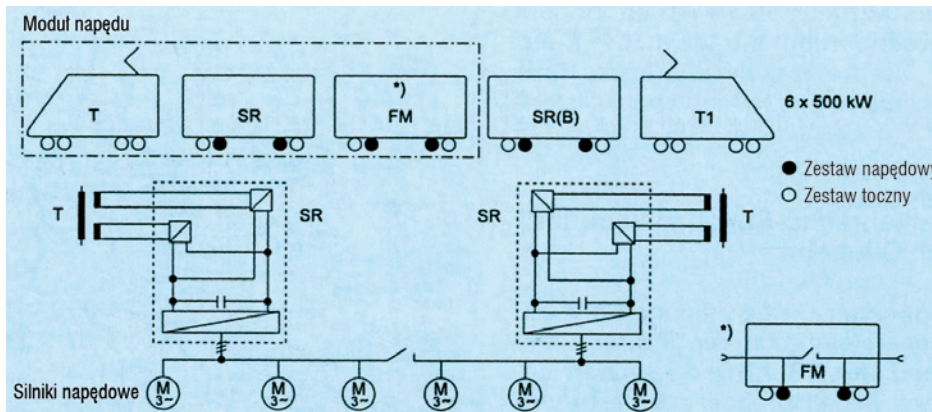
Przewiduje się wersje 250 i 300 km/h. Podstawowy układ składałby się z 4 wagonów o łącznej długości 102,3 m i ok. 250 miejscach. Przewidziano możliwość utworzenia składu 16 wagonów. Układ wnętrza zaprojektowano jako tunelowy. Na uwagę zasługuje bardzo dobry wskaźnik liczby miejsc na 1 m jego długości, bo 2,5. Napęd pociągu może być dostosowany do wielu systemów zasilania.

## AnsaldoBreda

AnsaldoBreda opracowała na zamówienie kolei NS i SNCB projekt pociągu dla prędkości 250 km/h. Pociąg 8-wagonowy o układzie s+d+s+2d+s+d+s, długości 200 m, ma 548 miejsc (139 w 1. klasie). Przewidziano zasilanie prądem 25 kV oraz 3 i 1,5 kV. Brana jest pod uwagę również wersja pociągu o prędkości 350 km/h. Wagony zostały zbudowane z elementów wyciskanych ze stopu lekkiego. Kabiny maszynisty są wyposażone w strefę przeżycia o strukturze stalowej. Nadwozia wagonów przenoszą wzdlużne obciążenie statyczne 1500 kN i są zdolne do przejścia energii 6 MJ bez deformacji pudła. Uwzględniono też elementy zapobiegające wspinaniu wagonów przy kolizji czołowej.

Każdy silnik trakcyjny zasilany jest poprzez falownik, zbudowany z wykorzystaniem elementów IGBT chłodzonych wodą. Charakterystyka trakcyjna zapewnia osiągnięcie przyspieszenia rozruchu 0,6 m/s<sup>2</sup>, zespół hamulcowy – opóźnienie przy hamowaniu służbowym 1 m/s<sup>2</sup> i nagłym 1,2 m/s<sup>2</sup>. Powietrzne hamulce tarczowe wykorzystywane będą tylko przy hamowaniu nagłym. Jako podstawowe zastosowano hamowanie elektryczne odzyskowe i oporowe – uzależnione od możliwości odbioru energii przez sieć. W dwóch wagonach doczepnych przewidziano również hamulec szynowy, dla hamowania nagłego. Tarcze hamulcowe zostały umieszczone na osiach zestawów kół w wagonach doczepnych lub na tarczach kół w wagonach silnikowych. Wózki napędne i toczne mają taki sam układ ramy w kształcie H.

Pociąg wyposażony zostanie w sieć komputerową do celów nadzoru działania urządzeń i diagnostyki z wykorzystaniem monitorów w kabinach maszynisty i głównym przedziale konduktorskim. Z siecią komputerową powiązany jest system informacji pasażerów.



Rys. 9. Układ napędu pociągu ICE T s.415 (ETR 5-2000, s. 308)

Przeprowadzono specjalne studia na temat wpływu bocznego wiatru na stateczność biegu pociągu. Przewiduje się uzyskanie współczynnika komfortu podróżowania  $N_{mv} = 2,5$  [1].

## Venturio

Siemens zamierza zaprojektować pociąg o nazwie Venturio, przeznaczony do prędkości w zakresie 160–250 km/h, z możliwością zasilania prądem o napięciach 25, 15, 3 oraz 1,5 kV lub z napędem spalinowo-elektrycznym. Ma on stanowić jednostkę pośrednią między pociągiem Desiro a ICE 3. Moc pociągu wynosiłaby według potrzeb od 1 do 5 MW, w zależności od liczby jego członów. Przewiduje się, że największa ich liczba nie przekroczy 7 i wtedy masa własna pociągu wyniosłaby 380 t, a liczba miejsc do siedzenia – 420. Poziom podłogi wagonów będzie dostosowany do wysokości peronów 760, 550 i 380 mm [2].



Fot. 6. Pociąg serii 680 kolei ČD

Fot. A. Harassek

## Literatura

- [1] Barbieri F.: *AnsaldoBreda designs a new generation of high-speed train*. International Railway Journal (IRJ) spec., czerwiec 2005.
- [2] Beller N.: „*Venturio*” *touching the future*. Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 4/2002.
- [3] Bennet S.: *First British Pendolino start test runnings*. International Railway Journal (IRJ) 3/2001.
- [4] Bonnepart R., Raison J.: *Die Neigetechnik – Erprobungsträger der SNCF-TGV mit Neigetechnik, AXIS und Triebzug X-TER*. ZEVrail Glasers Annalen (GA) spec. 2002.
- [5] Briginshaw D.: *AGV the next generation*. International Railway Journal (IRJ) 5/2000.
- [6] Budziński F., Fischer J., Makowetz H.: *Elektrische Ausrüstung des Hochgeschwindigkeitszuges Velaro E*. Elektrische Bahnen (EB) 3/2004.
- [7] Cathelin Ch.: *Les rames TGV POS internationales*. Revue Generale (RG) 3/2002.
- [8] Collins T.: *Driving up performance and reliability*. International Railway Journal (IRJ) 11/2004.
- [9] Erpenbeck T.: *Der ICT 2 auch in der zweiten Generation des ICET eine Herausforderung*. Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 9/2004.
- [10] Fried D., Braun B.: *Hochgeschwindigkeitstriebkopf Talgo 350 Vorseirie*. Elektrische Bahnen (EB) 4/2002.
- [11] Garcia C.C.: *Talgo evolves its unique design for ultra high speed*. International Railway Journal (IRJ) 10/2002.
- [12] Hanke R.: *Technik und Betrieb des ICET Luxus pur und bogeschnell*. Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 5/2000.
- [13] Hazard L.: *Developpement d'un systeme de pendulation de novella generation sur un TGV*. Revue Generale (RG) 6/2001.
- [14] Holzapfel M., Bassman T.: *Hochleistungsgetriebe für 350 km/h*. Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 4/2005.
- [15] Jackson Ch.: *Three system Pendolino emerges at last*. Railway Gazette International (RGI) 2/2003.
- [16] Jeunesse A., Rollin M.: *La motorization du TGV POS*. Revue Generale (RG) 3/2004.
- [17] Lacote F.: *Traction advances offer lower costs and higher capacity*. Railway Gazette International (RGI) 4/2003.
- [18] Lacote F., Palais G.: *AGV becomes a reality*. Railway Gazette International (RGI) 11/2001.
- [19] Mart T.: *Siemens adapts ICE 3 for Spanish condition*. International Railway Journal (IRJ) 10/2002.
- [20] Netzel A.: *Talgo XXI – zuverlässige Neigetechnik im hochwertigen Reise-zugverkehr*. Zevrail Glasers Annalen (GA) 9/2000.
- [21] Rieger H., Landwehr H., Cuylen J.: *Der neue Hochgeschwindigkeit-zug AVE s103 der RENFE*. Zevrail Glasers Annalen (GA) 10/2002.
- [22] *Alstom makes advances in traction power*. International Railway Journal (IRJ) 4/2004.
- [23] *Alstom unveils next generation of Pendolino*. International Railway Journal (IRJ) 7/2004.
- [24] *Dritte Generation ICE Triebzüge für Reise & Touristik*. Elektrotechnik im Verkehrswesen (EB) 11-12/2000.

## Autor

mgr inż. Tadeusz Wolfram  
em. doc. CNTK