

Witold Rostkowski

# Przegląd konstrukcji sieci trakcyjnych w krajach Unii Europejskiej

**W artykule przedstawiono podstawowe konstrukcje sieci trakcyjnych w krajach europejskich. Z powodu różnych uwarunkowań historycznych i możliwości technicznych, powstały w Europie różne systemy zasilania zelektryfikowanych linii kolejowych i wynikające z tego różne konstrukcje sieci trakcyjnych. Omówiono podstawowe rozwiązania konstrukcyjne eksploatowanych sieci trakcyjnych zasilanych napięciem stałym DC i przemiennym AC.**

*Uwaga: Ponieważ sześciostupowe przęsła naprężenia mogą być budowane jako czterostupowe autor artykułu proponuje zmianę nazwy sześciostupowe przęsła naprężenia na trójpolowe przęsła naprężenia. Cechą charakterystyczną przęsła naprężenia jest prowadzenie przewodu jezdny, np. przez 1, 2, 3, 4 lub 5 pól (przęseł), a nie liczba słupów, z których składa się przęsło naprężenia.*

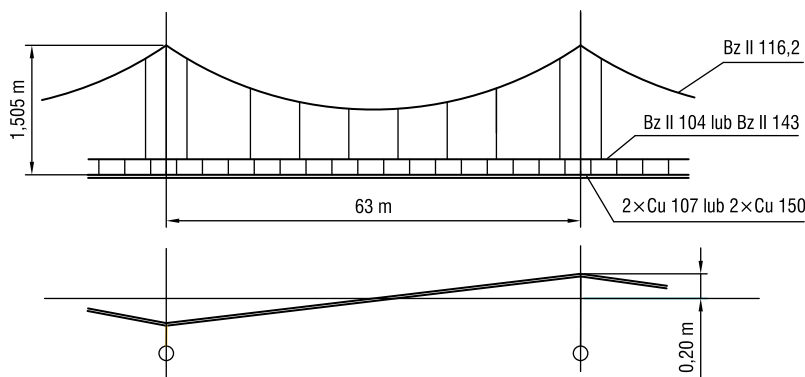
## Konstrukcje sieci trakcyjnych prądu stałego DC

### Sieci DC 1,5 kV

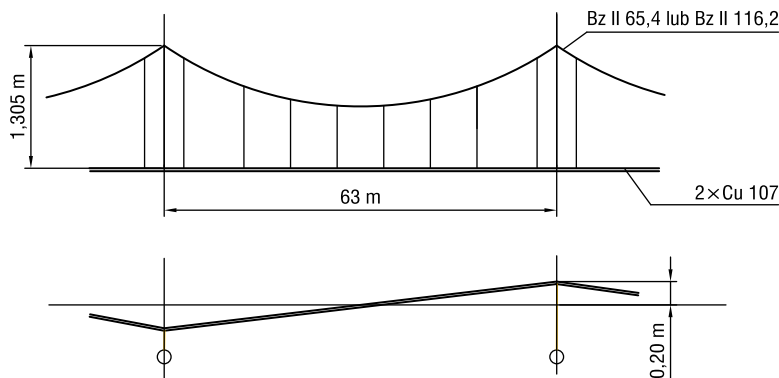
#### Francja

Główne linie, z wyjątkiem linii dużych prędkości, są zbudowane we Francji w następujący sposób (rys. 1 i 2):

- dwa przewody jezdne o przekroju 107 mm<sup>2</sup> lub 150 mm<sup>2</sup>;



Rys. 1. System z podwójnym przewodem jezdny, typ wzmocniony



Rys. 2. System lekki budowany na mniej znaczących trasach

- dwie liny nośne, główna (brąz o przekroju 116,2 mm<sup>2</sup>) i pomocnicza (brąz o przekroju 104 mm<sup>2</sup> albo 143 mm<sup>2</sup>).

Konstrukcja ta wykazuje bardzo duże podobieństwo do japońskiej konstrukcji sieci dużych prędkości Tokaido, gdzie w 1964 r. uzyskano prędkość przejazdu 210 km/h.

Dodatkowa lina pomocnicza ma za zadanie równomierne rozłożenie elastyczności.

Linie kolejowe o drugorzędym znaczeniu mają trakcję elektryczną typu lekkiego z jedną linią nośną i jednym lub dwoma przewodami jezdny.

### Sieci DC 3 kV

#### Hiszpania

Oba odcinki trasy Madryt – Atocha i Sewilla – St. Justa (rys. 3) zostały przebudowane z linii szerokotorowej na normalnotorową i wyposażone w sieć trakcyjną DC 3 kV zbudowaną w podobny sposób, jak sieć dużej prędkości AC 25 kV. Szynowe pojazdy trakcyjne poruszające się po tych trasach są pojazdami dwusystemowymi, wyposażonymi w dwa typy odbieraków prądu. Oba systemy DC i AC są oddzielone tzw. odcinkiem ochronnym [1], składającym się z neutralnych i uziemionych przęseł naprężenia.

Sieć trakcyjną DC 3 kV zawieszono na wysięgnikach z metalu lekkiego, jakim jest stop aluminium. Wysięgniki zamontowane są na słupach, a na dworcach kolejowych na konstrukcji bramkowej. Maksymalna rozpiętość przęsła zawieszenia wynosi 65 m. Zastosowano podwójny przewód jezdny RiS 120 (miedź srebrowa CuAg0,1) o naciągu 12 kN każdy oraz linię nośną Bz II 70 (brąz o przekroju 70 mm<sup>2</sup>) o naciągu 15 kN. Podwieszenie uelastyczniające typu Y wykonano z liny BZ II 35 (brąz o przekroju 35 mm<sup>2</sup>) o naciągu 3,5 kN i długości 18 m. Wysokość zawieszenia przewodu jezdny wynosi 5,30 m, a odsuw przewodu od osi, tzw. zygzak 0,30 m. Równoległe do sieci trakcyjnej poprowadzono linię zasilającą o przekroju 240 mm<sup>2</sup> Al.

#### Włochy

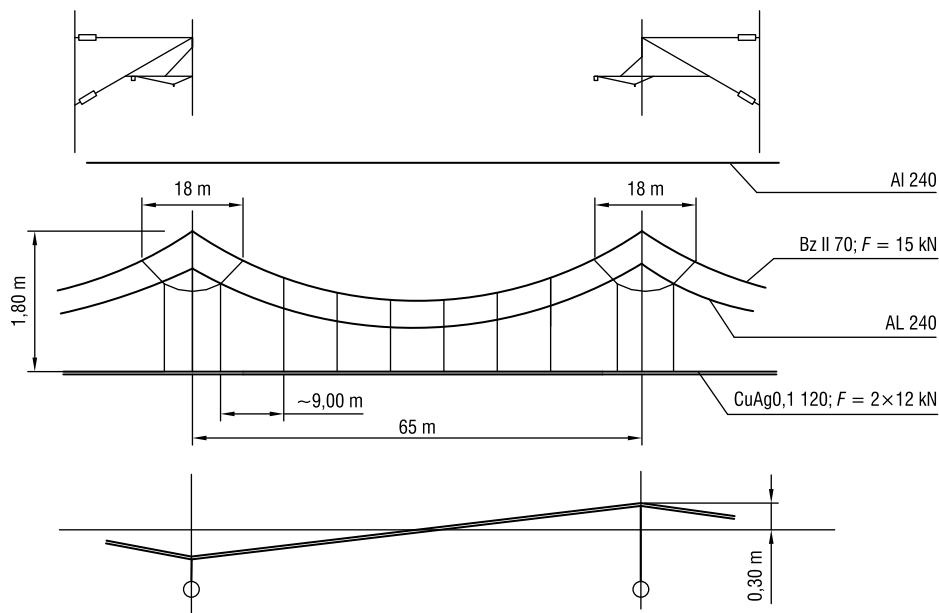
W 1991 r. oddano do użytku, znajdujący się od prawie dwudziestu lat w przebudowie, odcinek 238 km linii kolejowej Włoskiej Kolei Państwowej (FS) „Direttissima” Rzym – Florencja. Linia ta wybudowana w latach 70. XX w. jest dopuszczona do prędkości 250 km/h. Południowy odcinek tej linii przedstawiono na rysunku 4:

- lina nośna średnicy 160 mm<sup>2</sup> i naciągu 27,5 kN ze stopu kadm-miedź;
- dwa przewody jezdne CuAg0,1 150, każdy o naciągu 15 kN bez podwieszenia uelastyczniającego typu Y;
- wysokość zawieszenia przewodu jezdny 4,85 m;
- odsuw przewodów jezdnych na prostej (zygzak) ±0,20 m;

- wysokość konstrukcyjna 1,40 m;
- zastosowano zwis wstępny przewodów jezdnych (60 mm).

Północny odcinek linii Rzym – Florencja różni się od sieci odcinka południowego w następujący sposób:

- dwa przewody jezdne Ri 150 (Cu), każdy o naciągu 15 kN;
- dwie liny nośne ze stopu miedzi z kadmem (CuCd) średnicy 160 mm<sup>2</sup>, każda o naciągu 15 kN;
- podwieszenie uelastyczniające typu Y;
- sześciostupowe przęsta naprężenia (trójpolowe przęsta naprężenia).



Rys. 3. Hiszpańska sieć trakcyjna prądu stałego DC 3 kV

## Rosja

Na zamówienie rosyjskiego Ministerstwa Kolejowego i we współpracy z rosyjskimi firmami, firma Siemens opracowała nową sieć trakcyjną o nazwie KS-160-3.0, za pomocą której zelektryfikowano odcinek Swierdłowskiej Kolei między Sjukai i Mendelejewo. Sieć ta została przetestowana w kwietniu 2003 r. i oddana do użytku w 2004 r. Sieć dopuszczona jest do prędkości maks. 160 km/h.

Sieć ta charakteryzuje się następującymi parametrami [3]:

- dwa przewody jezdne Cu 120 każdy o naciągu 12 kN;
- lina nośna Cu średnicy 120 mm<sup>2</sup> o naciągu 15 kN;
- podwieszenie uelastyczniające typu Y o długości liny 12 m;
- dwa przewody wzmacniające AL 185 mm<sup>2</sup>;
- nierównomierność elastyczności 25%;
- maksymalna obciążalność prądowa, wraz z przewodami wzmacniającymi, 2986 A;
- odsuw przewodów jezdnych na prostej ±300 mm.

## Konstrukcje sieci trakcyjnych na prąd przemienny AC

### Sieci AC 15 kV 16,7 Hz

#### Niemcy

Dla prędkości do 100 km/h ma zastosowanie w Niemczech system zwany Re 100.

W sieć tego typu wyposażone są tory stacyjne i linie drugiego rzędu. Przykładowe rozwiązanie pokazano na rysunku 6.

#### Charakterystyka systemu Re 100

Przewód jezdny Cu

Naciąg przewodu jezdnego

Lina nośna

(brąz, stop CuMg 0,5 o przekroju 50 mm<sup>2</sup>)

Naciąg liny nośnej

Wysokość konstrukcyjna

Podwieszenie uelastyczniające typu Y

Maksymalna dopuszczalna rozpiętość przęsta

Nierównomierność elastyczności

Długość odcinka naprężenia (2 x 750 m)

Odsuw przewodów jezdnych na prostej

Ri 100

10 kN

Bz II 50

10 kN

1,40 m

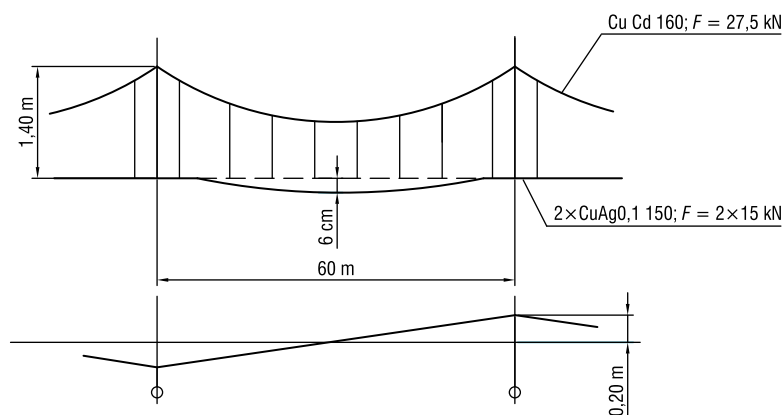
brak

80 m

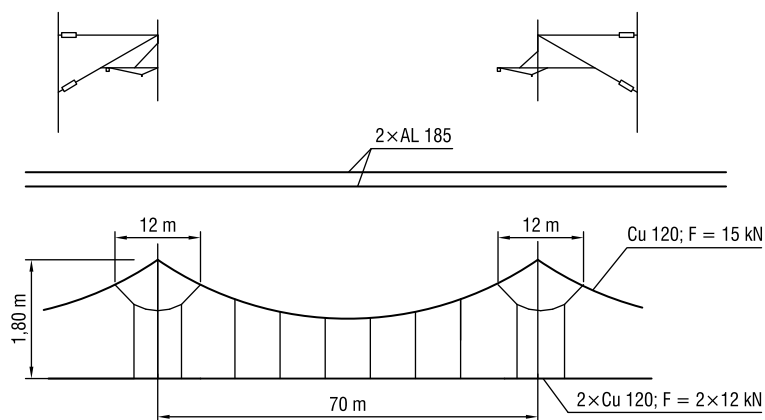
powyżej 30%

1500 m

±0,4 m



Rys. 4. Południowy odcinek linii Rzym – Florencja



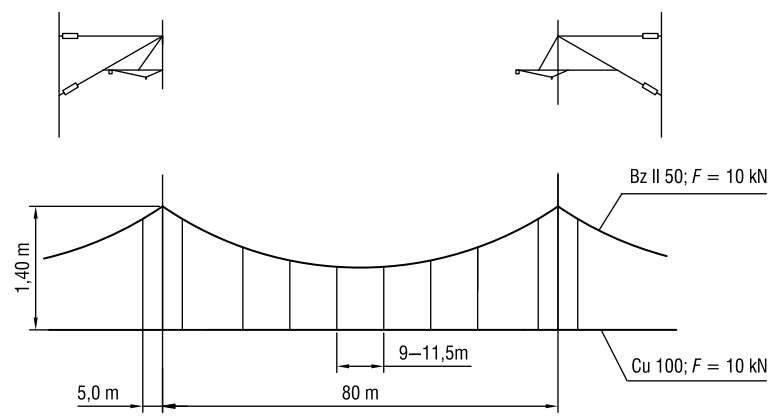
Rys. 5. Rosyjska sieć trakcyjna KS – 160-3.0

Do prędkości do 200 km/h stosuje się system Re 200. System ten jest udoskonalonym systemem Re 160, który był dopuszczony do prędkości 160 km/h. Wprowadzone zmiany polegały na zmianie długości podwieszenia uelastyczniającego typu Y, zastosowanie wsięgników ze stopu aluminium i regulacji sieci na większy zakres temperatur.

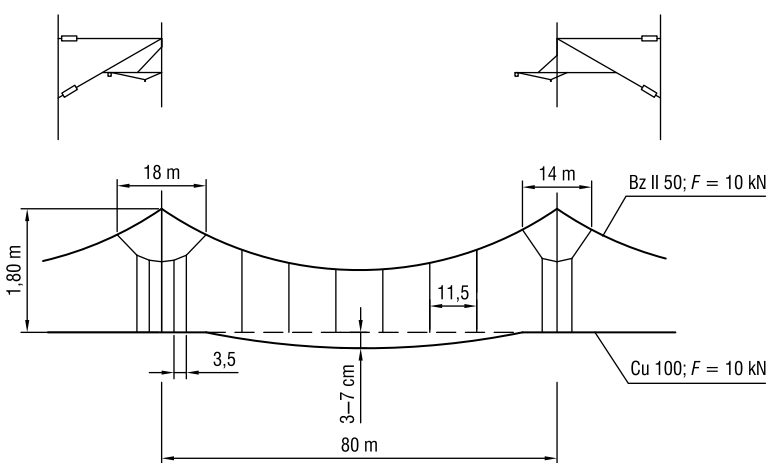
## Charakterystyka systemu Re 200

Przewód jezdny Cu	Ri 100
Lina nośna (brąz, stop CuMg0,5 o przekroju 50 mm <sup>2</sup> )	Bz II 50
Naciąg przewodu jezdnego	10 kN
Naciąg liny nośnej	10 kN
Wysokość konstrukcyjna	1,80 m
Podwieszenie uelastyczniające typu Y	Bz II 25
Maksymalna dopuszczalna rozpiętość przęsta	80 m
Nierównomierność elastyczności <i>j</i>	16 %
Długość odcinka naprężenia (2×750 m)	1500 m
Odsuw przewodów jezdnych na prostej	±0,4 m

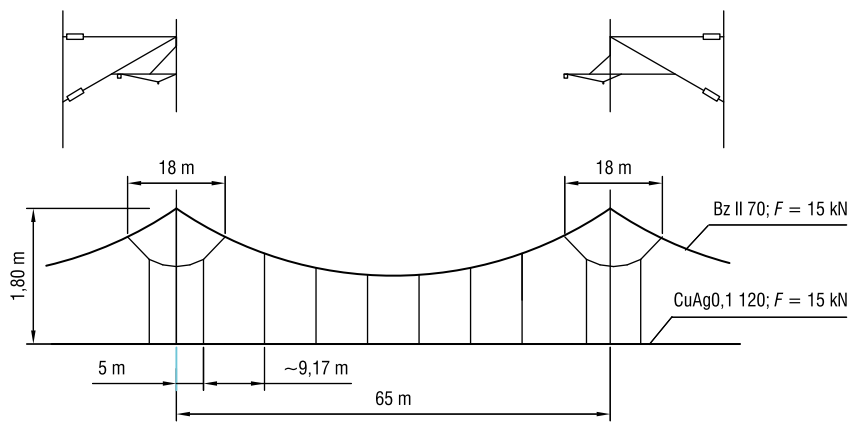
Linie kolejowe o maksymalnej prędkości jazdy powyżej 250 km/h są wyposażone w Niemczech w system trakcyjny typu



Rys. 6. Niemiecka sieć trakcyjna dla prędkości 100 km/h



Rys. 7. Konstrukcja sieci trakcyjnej prądu zmiennego AC 15 kV 17 Hz, typu Re 200



Rys. 8. Sieć trakcyjna dużych prędkości typu Re 250

Re 250 lub Re 330. Systemy te przy jeździe z dwoma pantografami dopuszczone są odpowiednio do prędkości 280 km/h lub 330 km/h.

## Charakterystyka systemu typu Re 250:

Przewód jezdny (RiS 120) o średnicy 120 mm <sup>2</sup>	CuAg0,1
Naciąg przewodu jezdnego	15,0 kN
Lina nośna o średnicy 70 mm <sup>2</sup>	Bz II 70
Naciąg liny nośnej	15,0 kN
Podwieszenie uelastyczniające typu Y	Bz II 35
Długość liny Y	18 m
Wieszaki	Bz II 16
Nierównomierność elastyczności	10,0%
Wysokość zawieszenia przewodu jezdnego	5,30 m

Maks. dopuszczalna rozpiętość przęsta	65 m
Odsuw przewodów jezdnych na prostej	+0,3 m
Długość odcinka naprężenia (2×600 m)	1200 m
Przęsta naprężenia	pięciopolowe
Wysokość konstrukcyjna	1,8 m
Przewód wzmacniający	Al 240 mm <sup>2</sup>
Maksymalna obciążalność prądowa (przy 20% zużyciu przewodu jezdnego)	1270 A
Dopuszczalna prędkość	280 km/h

Na linii kolejowej, wyposażonej w sieć trakcyjną Re 250 po jej uprzednim nieznacznie zmodernizowaniu, w 1988 r. zespołem trakcyjnym IC Experimental osiągnięto rekordową prędkość 407 km/h.

Na zlecenie niemieckiej kolei DB AG, we współpracy z firmami Siemens i Balfour Beatty Rail, powstał nowy system sieci trakcyjnej o nazwie Re 330, który został zastosowany na nowo wybudowanych liniach dużych prędkości Hannover – Berlin i Ingolstadt – Nürnberg (Norymbergia).

## Charakterystyka systemu Re 330

Przewód jezdny (RiM 120) o średnicy 120 mm <sup>2</sup>	CuMg0,7
Naciąg przewodu jezdnego	27,0 kN
Lina nośna o średnicy 120 mm <sup>2</sup>	Bz II 120
Naciąg liny nośnej	21,0 kN
Podwieszenie uelastyczniające typu Y	Bz II 35
Długość liny Y	18 m
Wieszaki	Bz II 16
Nierównomierność elastyczności	14,0%
Wysokość zawieszenia przewodu jezdnego	5,30 m
Maksymalna dopuszczalna rozpiętość przęsta	65 m
Odsuw przewodów jezdnych na prostej	±0,3 m
Długość odcinka naprężenia (2×625 m)	1250 m
Wysokość konstrukcyjna	1,8 m
Przewód wzmacniający	Al 240 mm <sup>2</sup>
Maksymalna obciążalność prądowa (przy 20% zużyciu)	1400 A
Dopuszczalna prędkość pociągów	330 km/h

Po zmianach strukturalnych w niemieckiej kolei Deutsche Bahn AG i na wskutek wprowadzanej etapami prywatyzacji nastąpiła zmiana w zasadach współpracy pomiędzy DB AG a koncernami Siemens, czy Balfour Beatty Rail. Firma Siemens wpro-

wadziła na rynek nowy typ sieci trakcyjnej typu SICAT H1.0, dopuszczony przez Niemiecki Urząd Kolejowy do prędkości 300 km/h. Linia dużych prędkości Frankfurt/M – Kolonia została wyposażona właśnie w ten system.

Różnice konstrukcyjne między systemem Re 330 a SICAT H1.0 zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

## Różnice konstrukcyjne między systemem Re 330 a SICAT H1.0

	Re 330	SICAT H 1.0
Przewód jezdny		CuMg0,7 120
Naciąg przewodu jezdnego		27 kN
Lina nośna		Brąz 70 mm <sup>2</sup>
Naciąg liny nośnej		21 kN
Podwieszenie uelastyczniające typu Y		Brąz 35 mm <sup>2</sup> o naciągu 3,5 kN
Długość liny Y	18 m	22 m
Wysokość zawieszenia przewodu jezdnego		5,30 m
Maksymalna dopuszczalna rozpiętość przęsła	65 m	70 m
Długość odcinka naprężenia	1250 m	1400 m
Odsuw przewodów jezdnych na prostej		0,30 m
Przęsła naprężenia	pięciciopolowe	trójpolowe
Wysokość konstrukcyjna	1,80 m	1,60 m
Izolowane przęsła naprężenia		pięciciopolowe
Lina powrotna	240/61-E-AL	240/40 E-AL/St

### Szwajcaria

W 1988 r. postanowiono dostosować istniejącą w Szwajcarii sieć trakcyjną do prędkości 160 km/h. W krajach sąsiadujących ze Szwajcarią były już sieci dla prędkości powyżej 160 km/h, więc postanowiono skorzystać z doświadczeń ościennych krajów. Celem było zbudowanie sieci trakcyjnej dla prędkości do 160 km/h na bazie istniejących rozwiązań. Kompatybilność z istniejącym systemem sieci półskompensowanej była więc priorytetem. Firma Furrer+Frej AG i BLS Lötschbergbahn AG (obsługuje linię Bern – Neuenburg) podjęły się tego zadania.

Skonstruowano nowy, zoptymalizowany system trakcji o nazwie FL 200 (rys. 9). Dla porównania zestawiono w tabeli 2 parametry sieci trakcyjnych stosowanych w Szwajcarii [8].

W grudniu 2004 r. oddano do użytku nowy, 45-kilometrowy, odcinek trasy Mattstetten – Rothrist. Zastosowano tam zmodernizowaną sieć trakcyjną austriackiej firmy ELIN, typu ELINCAT 230 (E230). Jazdy testujące wykonano z prędkością 230 km/h. Sieć (rys. 10) została dopuszczona dla prędkości 200 km/h.

### Dane techniczne sieci E 230 wersja SBB

Przewód jezdny (RiS 120) średnicy 120 mm <sup>2</sup>	CuAg0,1
Naciąg przewodu jezdnego	15,35 kN
Lina nośna średnicy 70 mm <sup>2</sup>	CuAg0,1
Naciąg liny nośnej	10,8 kN
Podwieszenie uelastyczniające typu Y	Bz II 35; 16 m
Wieszaki (min. długość 500 mm)	Bz II 10
Nierównomierność elastyczności	14,3%
Maksymalna obciążalność prądowa	2986 A
(z przewodami wzmacniającymi przy maksymalnej temperaturze przewodu)	
Wysokość zawieszenia przewodu jezdnego	5,40 m
Maksymalna dopuszczalna rozpiętość przęsła	60 m
Długość odcinka naprężenia	1500 m



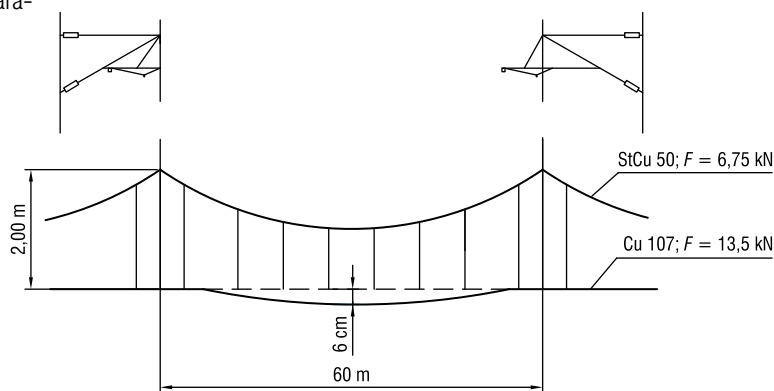
Fot. 1. Linia dużych prędkości Würzburg – Hannover

Fot. W. Rostkowski



Fot. 2. ICE 3 na stacji Frankfurt/M Airport

Fot. W. Rostkowski



Rys. 9. Szwajcarska sieć trakcyjna BLS FL 200 BN 160

Tabela 2

### Parametry sieci trakcyjnych stosowanych w Szwajcarii

Nazwa systemu	Lina nośna			Przewód jezdny		
	przekrój [mm <sup>2</sup> ]	materiał	naciąg [kN]	przekrój [mm <sup>2</sup> ]	materiał	naciąg [kN]
SBB R-FI 160	92	StCu	12,0	107	Cu	10,0
SBB R-FI 1990	102	CuAL	12,0	150	Cu	10,0
BLS BN 1961	50	StCu	6,0	107	Cu	8,0
BLS 1978	150	Cu	12,0	150	Cu	12,0
BLS FL 200 (BN 160)	50	StCu	6,75	107	Cu	13,5

Przewód wzmacniający stal-aluminium      St-AL 260/23 mm<sup>2</sup>  
 Przewód powrotny                              St-AL 260/23 mm<sup>2</sup>  
 (w odstępach, co 300 m uziemiony)

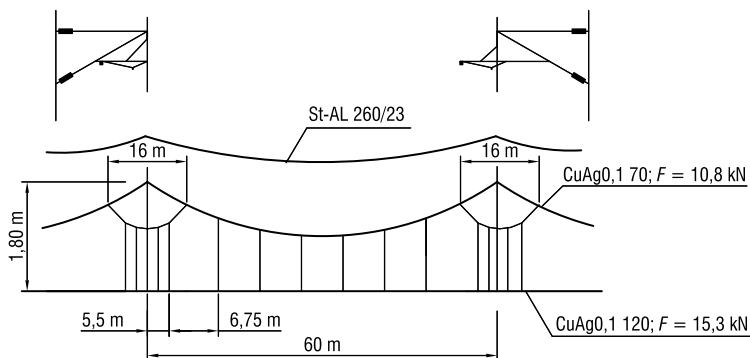
## Austria (ÖBB)

Od 1994 r. kolej austriacka wprowadza ujednolicony system sieci trakcyjnej. Zaletą takiego systemu jest standaryzacja elementów pozwalająca na zmniejszenie kosztów konserwacji.

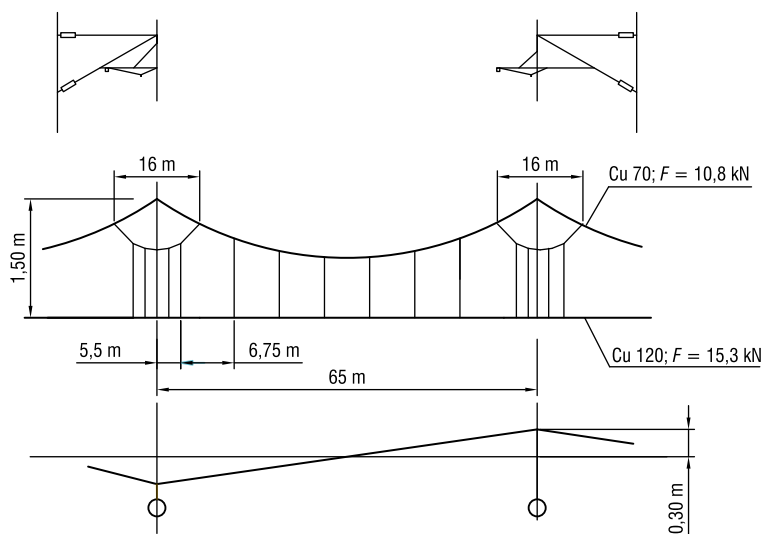
System ten jest tzw. systemem półskompensowanym. Lina nośna i przewód jezdny z jednej strony są zamocowane na stałe, a z drugiej zamontowane są urządzenia naprężające (systemy naciągu automatycznego). Długość odcinka naprężenia wynosi 750 m.

Konstrukcja wsporcza składa się ze słupa betonowego o przekroju kwadratowym i wysięgników ze stopu aluminium. Sieć jezdna składa się z miedzianej liny nośnej o przekroju 70 mm<sup>2</sup> i przewodu jezdnego Cu 120. System ten jest dopuszczony dla prędkości 200 km/h.

We wrześniu 2004 r. odbyły się pierwsze testy tego typu sieci trakcyjnej przy dużych prędkościach. Testy przeprowadzono na nowo wybudowanym 45-kilometrowym odcinku między St. Pölten a Ybbs nad Dunajem. Za pomocą niemieckiego pociągu testującego sprawdzono współdziałanie układu zestaw kołowy-szyna przy prędkości 300 km/h oraz jazdę z dwoma odbierakami prądu przy prędkości do 280 km/h. Wykonano również niezbędne pomiary przy dużych prędkościach w tunelu.



Rys. 10. Szwajcarska sieć trakcyjna E 230 na prędkość 200 km/h



Rys. 11. Nowa austriacka sieć trakcyjna (200 km/h)

## Norwegia (NSB)

Elektryfikację norweskich linii kolejowych rozpoczęto w 1908 r. Do 1940 r. stosowano różne rozwiązania techniczne samej sieci trakcyjnej, jak i sposobu zasilania. Norweska sieć trakcyjna zasilana jest prądem przemiennym AC 15 kV 16,7 Hz, który otrzymywany jest w stacjach przekształtnikowych zasilanych z ogólnokrajowej sieci energetycznej 3 AC 50 Hz. Norweska kolej stosuje generalnie trzy typy sieci trakcyjnej:

- 1) dla prędkości do 160 km/h
- 2) S20 dla prędkości do 200 km/h
- 3) S25 dla sieci dużych prędkości do 250 km/h

Sieci trakcyjne do 160 km/h nie mają podwieszenia uelastyczniającego typu Y, przęśla naprężenia są skonstruowane jako trójpolowe, natomiast odsuw przewodów jezdnych na prostej wynosi 0,3 m, a na łukach o promieniu mniejszym od 1600 m zwiększony jest do 0,4 m.

### Charakterystyka norweskiej sieci trakcyjnej S20 przeznaczony do jazdy z prędkością do 200 km/h

Przewód jezdny o średnicy 100 mm <sup>2</sup>	Cu
Naciąg przewodu jezdnego	10,0 kN
Lina nośna o średnicy 50 mm <sup>2</sup>	Bz II 50
Naciąg liny nośnej	10,0 kN
Podwieszenie uelastyczniające typu Y	Bz II 25
Długość liny Y	14 m
Maksymalna dopuszczalna rozpiętość przęśla	75 m
Odsuw przewodów jezdnych na prostej	±0,3 m
Wysokość konstrukcyjna	1,6 m
Maksymalna stała obciążalność prądowa	505 A

Konstrukcję sieci S25 pokazano na rysunku 12.

Sieć ta, poza odsuwem 0,20 m, nie różni się niczym od niemieckiej sieci Re 250.

### Sieci AC 25 kV 50 Hz

Nowoczesne sieci dla bardzo dużych prędkości zasilane są obecnie w systemie AC 25 kV 50 Hz lub AC 2×25 kV 50 Hz. Prekursorem w zastosowaniu tego systemu do zasilania kolejowej trakcji elektrycznej w Europie była Francja.

### Francja

18 maja 1990 r., jadąc pociągiem TGV, na linii Atlantique, Paryż – Tours (Le Mans), oddanej do użytku w 1989 r., Francuzi ustanowili nowy rekord świata 515 km/h. Cechą charakterystyczną tej rekordowej sieci trakcyjnej (rys. 13) jest – oprócz nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych – jej autotransformatorowe zasilanie. Niezbędnym do zasilania autotransformatorowego jest dodatkowy przewód, tzw. Negativfeeder AL/St 288 mm<sup>2</sup>. Drugim przedstawionym na rysunku przewodem, polepszającym właściwości obwodu powrotnego, jest lina powrotna AL/ST 288 mm<sup>2</sup>, zawieszona równoległe do sieci trakcyjnej na tej samej konstrukcji wsporczej.

Zestawienie francuskich sieci 25 kV 50 Hz linii dużych prędkości pokazano w tabeli 3, natomiast główne parametry techniczne sieci trakcyjnych do 300 km/h – w tabeli 4.

### Dane techniczne sieci trakcyjnej SNCF dla prędkości do 350 km/h (linia nr 6, tab. 3)

Przewód jezdny średnicy 150 mm<sup>2</sup>                              CuMg

Tabela 3

## Zestawienie francuskich linii dużych prędkości zasilanych napięciem 25 kV 50 Hz

Linia	Rok oddania do eksploatacji	Długość [km]	Prędkość dzisiejsza/docelowa [km/h]
1. Paryż – Lyon	1981–1983	820	260/300
2. Paryż – Le Mans/Tours	1989–1990	560	300
3. Paryż – Lille Calais	1993	660	300
4. Lyon – Valence	1992	240	300
Obwodnica Paryża	1994	150	300
5. Valence – Marseille	2001	600	320
6. Paryż – Strasburg	2007	800	320/350

Tabela 4

## Główne parametry techniczne sieci trakcyjnych do 300 km/h we Francji

	Linia nr	Linia nr				
		1	2	3	4	5
Lina nośna	[mm <sup>2</sup> ]	65	65	65	65	116
	[kN]	14	14	14	14	20
Lina jezdna	[mm <sup>2</sup> ]	120	150	150	150	150
	[kN]	15	20	20	20	25
Lina Y		tak	nie	nie	nie	nie
Zwis		a/1000	a/1000	a/2000	a/2000	a/2000

Naciąg przewodu jezdnego	25,0 kN
Lina nośna średnicy 116 mm <sup>2</sup>	Bz II 116
Naciąg liny nośnej	20,0 kN
Podwieszenie uelastyczniające typu Y	brak
Wieszaki	Bz II 12
Odstęp między wieszakami	6,75 m
Maksymalna dopuszczalna rozpiętość przęsta	63 m
Minimalna wysokość zawieszenia przewodu jezdnego	5,08 m
Wysokość konstrukcyjna	1,4 m
Przewód zasilający (-)	Al 288 mm <sup>2</sup>
Przewód powrotny	Al 288 mm <sup>2</sup>
Odsuw przewodów jezdnych	±200 mm

### Hiszpania

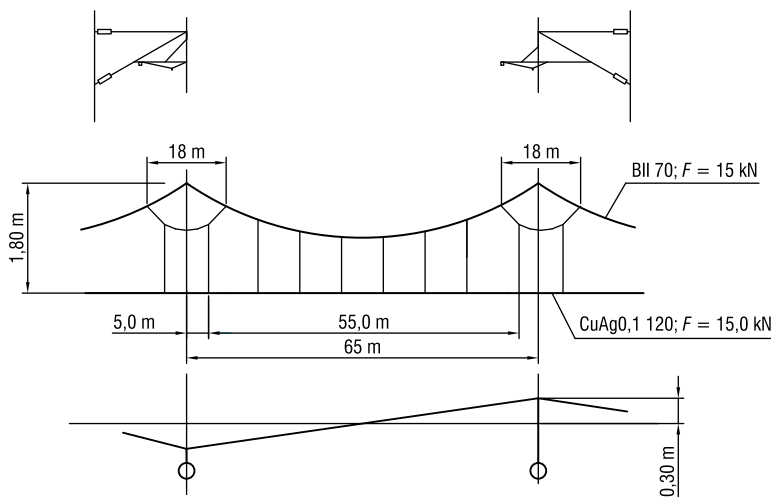
W 1992 r. oddano do użytku linię dla dużych prędkości Madryt-Sevilla należącą do hiszpańskiej kolei AVE (Alta Velocidad Española).

### Charakterystyka tego systemu

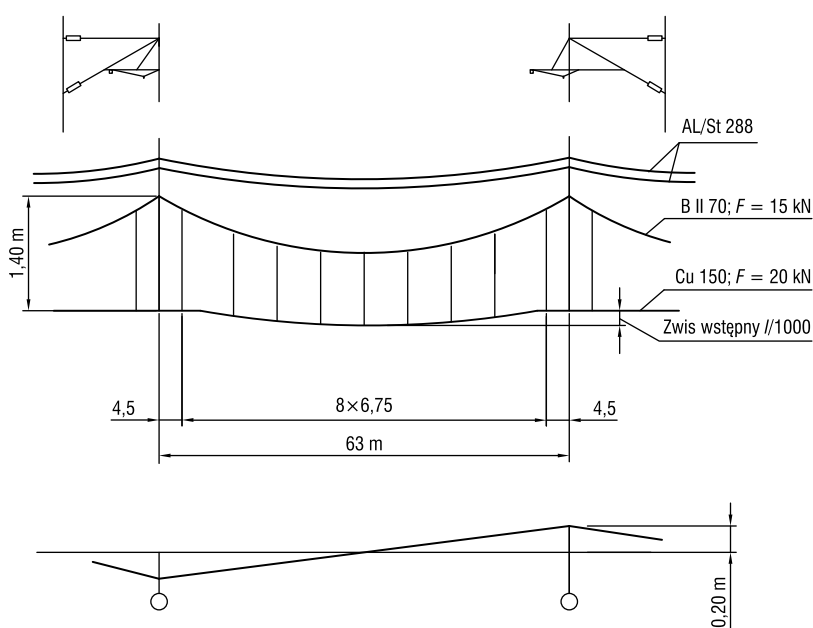
Przewód jezdny	Cu 120
Lina nośna	Bz II 70
Naciąg w przewodzie jezdnym	15 kN
Naciąg w lince nośnej	15 kN
Wysokość konstrukcyjna	1,40 m
Podwieszenie uelastyczniające typu Y	brak
Maksymalna dopuszczalna rozpiętość przęsta	63 m

Oddane do użytku sieci dużych prędkości jak:

- Madryt – Sevilla (od 1992 r., EXPO 92);
- Madryt – Lerida (od 2003 r., maks. 200 km/h, docelowo 350 km/h);
- Madryt – Toledo (listopad 2005 r., 270 km/h), czy znajdujące się w planie lub budowie:
- Lerida – Barcelona – kierunek Francja,



Rys. 12. Sieć trakcyjna S25 zbudowana na linii Oslo – Gardermoen

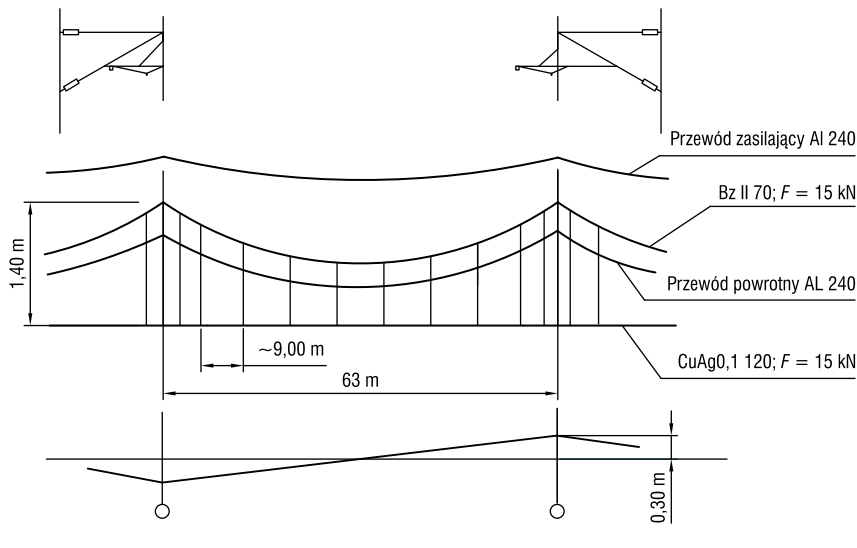


Rys. 13. Francuska sieć dużych prędkości AC 25 kV 50 Hz

- Cordoba – Malaga,
- Madryt – Valladolid – Vitoria – Francja,
- Madryt – Lizbona,

świadczą o bardzo dynamicznym rozwoju hiszpańskiej sieci kolejowej. Nowo zaprojektowaną sieć trakcyjną EAC 350 dla linii Madryt – Barcelona, spełniającą wymagania TSI, charakteryzuje [5]:

przewód jezdny średnicy 150 mm <sup>2</sup>	CuMg 150
naciąg przewodu jezdnego	31,50 kN
lina nośna średnicy 95 mm <sup>2</sup>	Cu
naciąg liny nośnej	15,75 kN
podwieszenie uelastyczniające typu Y	Bz II 35; 18 m
naciąg liny Y	3,15 kN,
wieszaki	Cu 25
wysokość konstrukcyjna	1,40 m
odsunięcie przewodu od osi	±0,20 m
wysokość zawieszenia przewodu jezdnego	5,40 m
maksymalna dopuszczalna rozpiętość przęsta	64 m
długość odcinka naprężenia	1280 m
przęsta naprężenia	czteropolowe



Rys. 14. Sieć trakcyjna dużych prędkości RENFE AC 25 kV 50 Hz

Do ciekawostek technicznych omawianej sieci EAC 350 należy zaliczyć powrót do czteropolowych przęseł naprężenia, tangensoidalnego podwieszenia ciągów sieciowych na przejściach rozjazdowych, jak również zastosowanie na wieszaki giętkiego przewodu miedzianego o przekroju 25 mm<sup>2</sup>. Przewód jezdny naprężono za pomocą urządzenia naprężającego o przekładni 1:5, natomiast linę nośną o przełożeniu 1:3.

Hiszpańskie linie RENFE (Red Nacional de los Ferrocarriles Espanoles) i AVE planują do 2020 r. rozbudowę swojej sieci dużych prędkości do około 7200 km. Oczekuje się zwiększenia pojemności przewozowej na trasie Madryt – Barcelona do 400% i oczywiście skrócenia czasu przejazdu między Madrytem a Leridą do 2 godz. i 40 min, między Madrytem a Barceloną do 3 godz. i Madrytem a Perpignan (Francja) do 3 godz. i 50 min. Głównym celem rozbudowy sieci kolejowej dużych prędkości w Hiszpanii jest skrócenie czasu przejazdu między Madrytem a stolicami prowincji do 4 godz.

### Grecja

Nowo zelektryfikowana linia między Atenami a Tesalonikami, długości 867 km, jest projektowana dla prędkości 200 km/h i 250 km/h. Główny odcinek, długości 516 km, ma być wyposażony

w typ sieci trakcyjnej umożliwiającej jazdę z prędkością do 250 km/h, a pozostały z prędkością do 200 km/h.

### Charakterystyka greckiej sieci trakcyjnej [6] Ateny – Tesaloniki

Przewód jezdny	107 mm <sup>2</sup> Cu
Naciąg przewodu jezdnego	14 kN (250 km/h) 12 kN (200 km/h)
Lina nośna	95 mm <sup>2</sup>
Naciąg liny nośnej	14 kN (250 km/h) 12 kN (200 km/h)
Przewód uziemiający	70/12 mm <sup>2</sup> Al/St
Wysokość zawieszenia przew. jezdnego	5,74 m
Wysokość konstrukcyjna	1,40 m
Odsuw przewodu jezdnego	± 200 mm
Wieszaki	10 mm <sup>2</sup> Bz II
Maks. dopuszczalna rozpiętość przęsła	63 m
Przełożenie urządzenia naprężającego	1:5 (układ szeregowy)

### Charakterystyka greckiej sieci dużych prędkości

- brak liny uelastyczniającej typu Y;
- kotwienie przewodu jezdnego i liny nośnej razem do jednej przekładni rolkowej;
- prowadzenie wzdłuż całej trasy liny uziemiającej, zawieszanej na konstrukcjach wsporczych (stupy stalowe), połączonej wielokrotnie z szyną w odstępach nie większych niż 1000 m, tworzącej w ten sposób system układu powrotnego;
- konstrukcja nośna zbudowana ze stalowych słupów;
- wysięgniki wykonane ze stopu aluminium.

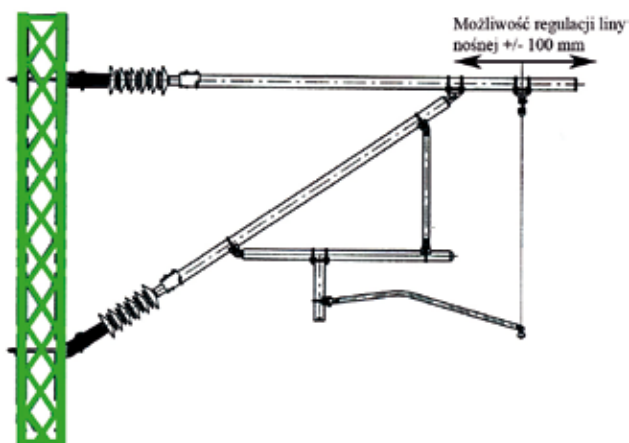
### Włochy

Włosi zrezygnowali z dalszej rozbudowy sieci DC 3 kV i planują do 2015 r. rozbudować swoją nową sieć dużych prędkości do ponad 1000 km. Nowe linie będą zasilane w systemie AC 2×25 kV 50 Hz. Do nowo budowanych linii należy zaliczyć:

- Rzym – Neapol, długość 221 km;
- Turyn – Novara, długość 86 km,
- Mediolan – Bolonia, długość 210 km,
- Bolonia – Florencja, długość 83 km.

### Dane techniczne nowej włoskiej sieci trakcyjnej dużych prędkości

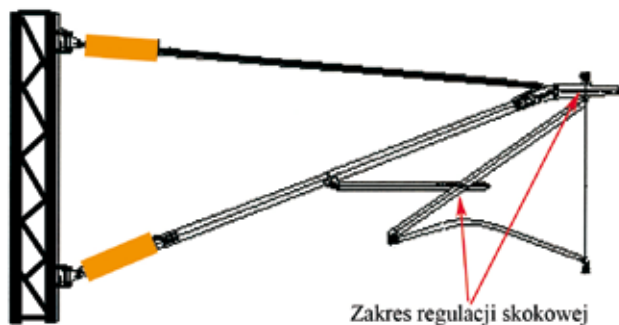
Przewód jezdny o średnicy 150 mm <sup>2</sup>	Cu
Naciąg przewodu jezdnego	20,0 kN
Lina nośna średnicy 120 mm <sup>2</sup>	Cu
Naciąg liny nośnej	16,25 kN
Podwieszenie uelastyczniające typu Y	brak
Maksymalna dopuszczalna rozpiętość przęsła	60 m
Długość odcinka naprężenia	1500 m
Minimalna wysokość zawieszenia przewodu jezdnego	5,30 m
Wysokość konstrukcyjna	1,25 m
Przewód zasilający (–)	Al/St 300 mm <sup>2</sup>
Przewód powrotny	Al 150 mm <sup>2</sup>
Kabel powrotny	Cu 95 mm <sup>2</sup>
Odsuw przewodów jezdnych	± 200 mm



Rys. 15. Konstrukcja podwieszenia przelotowego greckiej sieci trakcyjnej dużych prędkości

Do ciekawostek należy zaliczyć zastosowanie jako urządzeń naprężających przekładni szeregowych z pięcioma rolkami, jak

również nową konstrukcją wysięgnika, która pozwala na regulację położenia liny nośnej i przewodu jezdnego skokowo, co 25 mm, w granicach  $\pm 150$  mm.



Rys. 16. Konstrukcja wysięgnika nowej włoskiej sieci dużych prędkości

### Holandia

Nowo budowana linia dużych prędkości HSL Zuid bierze początek niedaleko lotniska Amsterdam Schiphol, przebiega przez Rotterdam i kończy się na granicy z Belgią. Odcinek linii, długości 9 km, przebiegający przez Rotterdam jest odcinkiem DC 1,5 kV o konstrukcji sieci trakcyjnej bez liny uelastyczniającej typu Y, wyposażonej w podwójny przewód jezdny CuAg0,1 120 mm<sup>2</sup> i linę nośną Bz 120 mm<sup>2</sup>. Maksymalna dopuszczalna prędkość wynosi 160 km/h. Pozostałe dwa odcinki, długości 43 km i 45 km, wyposażone są w sieć trakcyjną firmy Siemens SICAT H1.0 [7], umożliwiającą jazdę z prędkością do 300 km/h. Obie te sieci spełniają wymagania TSI.

Sieć DC 1,5kV jest wyposażona w izolatory 25 kV oraz zawieszona na takiej samej konstrukcji, jak sieć AC 25 kV. Umożliwi to w przyszłości bezproblemowe przejście na jednorodny system zasilania AC 25 kV 50 Hz. Ciekawostką linii holenderskiej jest widoczny udział architekta. Konstrukcja nośna wykonana jest z rur stalowych ściętych u góry pod kątem 15°. Pod takim samym kątem są pochylone ściany dźwiękochłonne i balustrady na wiaduktach. Na uwagę zasługuje specjalna konstrukcja rurowa mocująca urządzenia naprężające.

Sieć trakcyjna stosowana w tunelu jest dopasowana do przekroju tunelu, z uwzględnieniem mniejszych zmian temperatury i innych warunków dynamicznych.

### Podsumowanie

Z przytoczonych przykładów widać wyraźnie, że większość krajów europejskich postawiła na bardzo dynamiczny rozwój sieci dużych prędkości. Konstrukcje tych sieci można podzielić na dwie kategorie: bez liny uelastyczniającej Y oraz z podwieszeniem uelastyczniającym typu Y. Pozostałe różnice polegają na zastosowaniu różnych materiałów konstrukcyjnych. Omawianie zalet i wad poszczególnych rozwiązań przekracza ramy tego artykułu. □

### Literatura

- [1] Rostkowski W.: *Sieci trakcyjne prądu przemiennego i przejścia między systemami*. Materiały na kurs „Nowoczesna trakcja elektryczna” Politechnika Warszawska. Centrum Doskonałości ESEEMC. Warszawa 18 marzec 2005 r.
- [2] Kießling F., Puschmann R., Schmieder A., Schmidt P.: *Fahrleitungen elektrischer Bahnen*. 2. Auflage, Leipzig 1998.
- [3] Matthes R.: *Elektrische Bahnen 102 (2004)*, s. 433–438.
- [4] Kießling F. Semrau M. Tessun H. Zweig B-W.: *Neue Hochleistungsüberleitung Bauart Re 330 der Deutschen Bahn*. Elektrische Bahnen 92 (1994), s. 234–240.
- [5] *Fachtagung acrps-a.c. rail Power supply*. Leipzig 2005.
- [6] Protopappas I., Klinge R., Albert R.: *Elektrische Bahnen 103 (2005), Heft 9*.
- [7] Altmann M., Matthes R., Rister S.: *Elektrische Bahnen 103 (2005), Heft 4-5*.
- [8] Furrer B., Kocher M., B. Casali B.: *Elektrische Bahnen 96 (1998), Heft 1-2*.

### Autor

mgr inż. Witold Rostkowski  
Eurail-Ing „European Railway Engineer”  
DB Infrastruktur, ProjektBau GmbH  
w.rostkowski@arcor.de

### XVII Konferencja Naukowa

# POJAZDY SZYNOWE

Kazimierz Dolny, 13–15 września 2006 r.

### Patronat

JM Rektor Politechniki Warszawskiej ■ Komitet Transportu PAN

### Informacje

Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej  
POJAZDY SZYNOWE 2006  
00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75, pokój 320  
tel. +48 22 660 55 94, fax +48 22 629 25 86, +48 22 621 56 87  
e-mail: psz2006@it.pw.edu.pl  
http://www.it.pw.edu.pl