

ZAGADNIENIA SYSTEMÓW ZASILANIA LINII DUŻYCH PRĘDKOŚCI

SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Wymagania stawiane systemom zasilania trakcji elektrycznej na liniach dużych prędkości
3. Zasilanie linii dużych prędkości w Polsce
4. Wymagania stawiane sieci jezdnej dużych prędkości
5. Konstrukcja sieci jezdnej

STRESZCZENIE

W Europie są stosowane dwa podstawowe systemy zasilania pojazdów trakcyjnych: system prądu stałego i system prądu przemiennego. Podstawową różnicę między tymi systemami stanowią: wysokość napięcia oraz wielkość mocy możliwej do przesyłania do pojazdów szynowych, z czym jest związane osiągnięcie maksymalnej prędkości jazdy pociągów. W artykule przedstawiono wymagania oraz zasady modernizacji układów zasilania dla systemu prądu stałego, umożliwiającego prowadzenie pociągów z prędkością do 250 km/h i wymagania stawiane systemowi prądu przemiennego pozwalającego na jazdę z prędkością do 300 km/h, a nawet z prędkościami większymi.

1. WSTĘP

Podstawowym zadaniem układu zasilania trakcji jest przekazywanie energii elektrycznej z krajowego systemu elektroenergetycznego do pojazdu trakcyjnego, przy jednoczesnej zmianie parametrów tej energii. Wielkość energii, jaką zużywa pociąg zwiększa się wraz ze wzrostem prędkości i masy pociągu. Z drugiej strony, im większa jest prędkość pociągów, tym wyższe są wymagania dotyczące jakości energii elektrycznej.

Układ zasilania trakcji elektrycznej można podzielić na dwie podstawowe części. Pierwszą z nich są linie zasilające wraz z rozdzielniami oraz transformatory lub zespoły

prostownikowe w podstacjach trakcyjnych. Zadaniem tych elementów jest pobór energii z systemu elektroenergetycznego i zmiana wartości, a czasem również częstotliwości napięcia zasilającego sieć trakcyjną. Na drugą część składają się urządzenia rozdzielcze (rozdzielnie napięcia wyjściowego w podstacjach trakcyjnych i kabiny sekcyjne) oraz sieć trakcyjna, za pomocą której energia z podstacji jest przesyłana do pociągu.

W Polsce zelektryfikowane linie kolejowe wykorzystują kilkanaście typów sieci trakcyjnych, umożliwiających jazdę z różnymi, maksymalnymi prędkościami. Najstarsze z nich, stacyjne (KB70-C), dopuszczają prędkość jazdy 80 km/h. Ostatnio zmodernizowane odcinki siecią jezdnią typu C120-2C-3 na szlakach i stacjach Centralnej Magistrali Kolejowej (odcinek od Góry Włodowskiej do Knapówki) pozwalają na jazdę z prędkością do 200 km/h. Odcinek ten stanowi zaledwie 0,3% linii zelektryfikowanych w Polsce. Natomiast 21% długości linii zelektryfikowanych ma sieci jezdne umożliwiające jazdę z maksymalną prędkością równą 160 km/h.

Postęp techniczny w budowie pojazdów szynowych (wielosystemowe lokomotywy o mocy około 6 MW lub zespoły trakcyjne o mocy 8—9 MW, z silnikami asynchronicznymi, budowane również dla systemu 3 kV DC) oraz trendy europejskich przewoźników kolejowych powodują coraz śmielsze działania, mające na celu stworzenie w Polsce systemu kolei dużych prędkości. Liberalizacja rynku przewozów na terenie Polski w 2007 r. powoduje coraz większe zainteresowanie tym problemem.

2. WYMAGANIA STAWIANE SYSTEMOM ZASILANIA TRAKCJI ELEKTRYCZNEJ NA LINIACH DUŻYCH PRĘDKOŚCI

Systemom zasilania trakcji elektrycznej stawiane są liczne wymagania. Wymagania te zawarte są w prawie europejskim (dyrektywy [3 i 2], decyzja [1]) i polskim (ustawa [12] wraz ze zmianami i rozporządzenie [9]) oraz w licznych standardach i dokumentach normatywnych [1, 4, 6, 10, 11].

Część wymagań zawartych we wspomnianych dokumentach zestawiono w tablicy 1. Zestawienie zostało wykonane dla systemów zasilania 3 kV DC i 25 kV 50 Hz, zasilających linie dużych prędkości. System 15 kV $16^{2/3}$ Hz pominięto, ponieważ jest bardzo mało prawdopodobne, aby był on wprowadzony w Polsce.

T a b l i c a 1

Wybrane parametry systemu zasilania linii dużych prędkości

Parametr	3 kV DC	25 kV 50 Hz
Minimalne napięcie nietrwałe $U_{\min 2}$	2 000 V	17 000 V
Minimalne napięcie trwałe $U_{\min 1}$	2 000 V	19 000 V
Maksymalne napięcie trwałe $U_{\max 1}$	3 600 V	27 500 V
Maksymalne napięcie nietrwałe $U_{\max 2}$	3 900 V	29 000 V
Średnie napięcie użyteczne $U_{\text{mean useful}}$	2 800 V	22 500 V

Wybrane parametry systemu zasilania linii dużych prędkości

Parametr	3 kV DC	25 kV 50 Hz	
Częstotliwość	nie dotyczy	49,5—50,5 Hz	przez 95% tygodnia
		47,0—52,0 Hz	przez 100% tygodnia
Maksymalny prąd pobierany przez pociąg:			
— linie nowe	4 000 A	1 500 A	
— linie modernizowane	3 200 A	600 A	
Maksymalny prąd zwarciov	50 kA	15 kA	

Z tablicy 1 wynika, że napięcie w sieci trakcyjnej może się zmieniać w przedziale od $U_{\min 2}$ do $U_{\max 2}$. Jednak średnia wartość napięcia na pantografie podczas pracy trakcyjnej nie może być mniejsza niż średnie napięcie użyteczne, które można wyznaczyć z zależności (1):

$$U_{\text{meanuseful}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} U p_i \cdot |I p_i| \cdot dt}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} |I p_i| \cdot dt} \quad (1)$$

gdzie: T_i — okres analizy dla pociągu i ,

$U p_i$ — chwilowa wartość skuteczna napięcia dla częstotliwości podstawowej lub chwilowe napięcie średnie prądu stałego na pantografie pociągu i ,

$I p_i$ — chwilowa wartość skuteczna prądu dla częstotliwości sieciowej lub średnia prądu stałego, przepływającego przez pantograf pociągu i .

Średnie napięcie użyteczne oblicza się dla wszystkich pociągów na określonym obszarze (niezależnie, czy pobierają energię czy nie) oraz dla wybranego pociągu, z uwzględnieniem wpływu innych pociągów.

Innym parametrem, którego spełnienie jest wymagane od układu zasilania linii dużych prędkości, jest okład mocy, czyli wielkość mocy zainstalowanej w układzie zasilania przypadającej na kilometr linii. Moc ta powinna być tym większa, im większa jest prędkość na linii. Dla linii dużych prędkości zawiera się ona w przedziale od 0,8 MVA/km ($v = 200$ km/h) do 3 MVA/km (dla linii o $v \geq 300$ km/h).

ZASILANIE LINII DUŻYCH PRĘDKOŚCI W POLSCE

3.1. Stan obecny

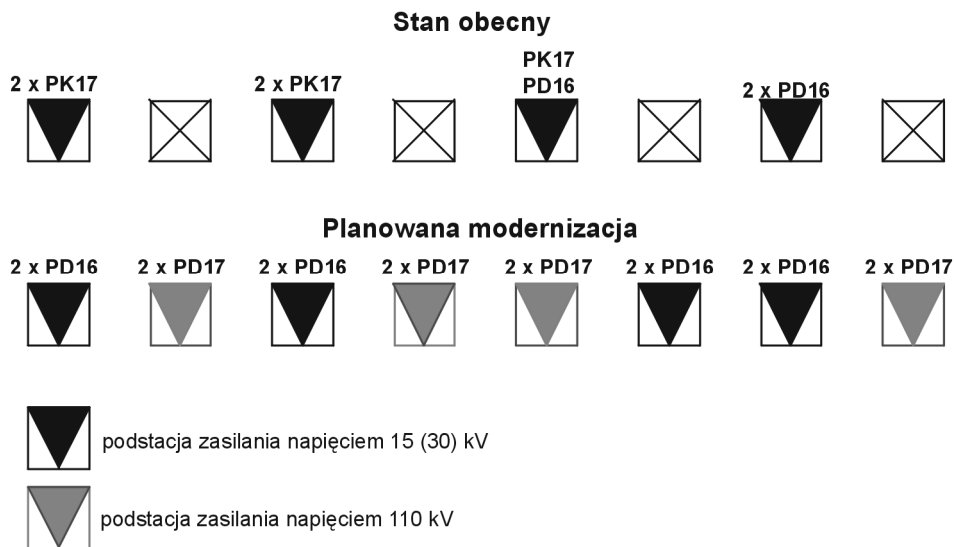
Jedyną linią w Polsce, którą można zaliczyć do linii dużych prędkości jest Centralna Magistrala Kolejowa. Linia ta jest zasilana z podstacji trakcyjnych — rozmieszczonych co około 17,5 km, (maksymalnie odległość ta wynosi nawet 22 km) — pomiędzy którymi znajdują się kabiny sekcyjne. W przeważającej większości tych podstacji są zainsta-

lowane 6-pulsowe zespoły prostownikowe typu PK17, z transformatorami o mocy 4,4 MVA i znamionowym prądzie wyprostowanym 750 A (w klasie przeciążalności VIb). Niezależnie od tego, że 6-pulsowe zespoły prostownikowe nie spełniają wymagań w zakresie emisji wyższych harmonicznych do publicznego systemu elektroenergetycznego, to także parametry i charakterystyki obecnego układu zasilania linii CMK nie pozwalają na spełnienie wymagań stawianych systemowi zasilającemu linię, na której ma być prowadzony ruch pociągów z prędkością co najmniej 200 km/h.

3.2. Układ zasilania na liniach modernizowanych

W wielu pracach studialnych, dotyczących modernizacji wybranych linii kolejowych, jedną z analizowanych opcji jest zwiększenie prędkości jazdy pociągów na linii do $v \geq 200$ km/h, czyli przebudowa linii konwencjonalnej na linię dużych prędkości.

Przebudowa linii konwencjonalnej na linię dużych prędkości wymaga nierzadko znacznej modernizacji układu zasilania. W ramach takiej modernizacji są wymieniane 6-pulsowe zespoły prostownikowe PK17 na zespoły 12-pulsowe, często o większej mocy (np. PD16 z transformatorami o mocy 5,85 MVA) oraz są przebudowywane kabiny sekcyjne na podstacje. Coraz częściej też wprowadza się zasilanie podstacji trakcyjnych (nowych i modernizowanych) napięciem 110 kV, szczególnie wówczas, gdy linie zasilające są o znacznej długości. Zmiana napięcia zasilania z 15 kV (czasem 20 lub 30 kV) na 110 kV umożliwia przesłanie do pociągu większej mocy, z zachowaniem wymaganych parametrów napięcia w sieci trakcyjnej. Przykładowy zakres modernizacji, dotyczący podstacji i kabin sekcyjnych, pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Zmiany układu zasilania w ramach modernizacji linii do $v \geq 200$ km/h

Przedstawione na rysunku 1 zespoły prostownikowe PD17 są obecnie jedynym typem stosowanym w Polsce, który jest zasilany napięciem 110 kV. Zespoły PD17 są wyposażone w transformatory, których moc uzwojeń prostownikowych ma wartość 6,3 MVA, a znamionowa wartość prądu wyprostowanego wynosi 1700 A, w III klasie przeciążalności. Elementy podstacji zasilanej napięciem 110 kV oraz zespołu prostownikowego typu PD17 przedstawiono na fotografiach (rysunki 2, 3, 4 i 5).



Rys. 2. Transformator o mocy 7,4 MVA do zespołu typu PD17



Rys. 3. Budynek podstacji trakcyjnej i transformator do zespołu typu PD17



Rys. 4. Rozdzielnia 110 kV i linia zasilająca podstację z zespołami typu PD17



Rys. 5. Prostownik diodowy — część zespołu typu PD17

Porównanie parametrów najstarszego, obecnie często używanego, zespołu prostownikowego typu PK17, z parametrami najnowszego zespołu typu PD17, zawiera tablica 2.

Tablica 2

Parametry zespołów prostownikowych typu PK17 i PD17

Parametr	PK17	PD17
Transformator		
Napięcie zasilania [kV]	15	115
Moc znamionowa [MVA]	4,4	7,3 (6,3)*
Przekładnia [kV]	15/2,56	115/16,5/1,3/1,3
Grupa połączeń	Yd11	Yn/y0-d11/d11
Procentowe napięcie zwarcia [%]	11	GN/DN 9.6 GN/SN 2.28
Prostownik		
Znamionowe napięcie wyprostowane [V]	3300	3300
Prąd znamionowy [A]	750	1700/1050
Klasa obciążalności	VIb	III/VIb
Liczba pulsów	6	12

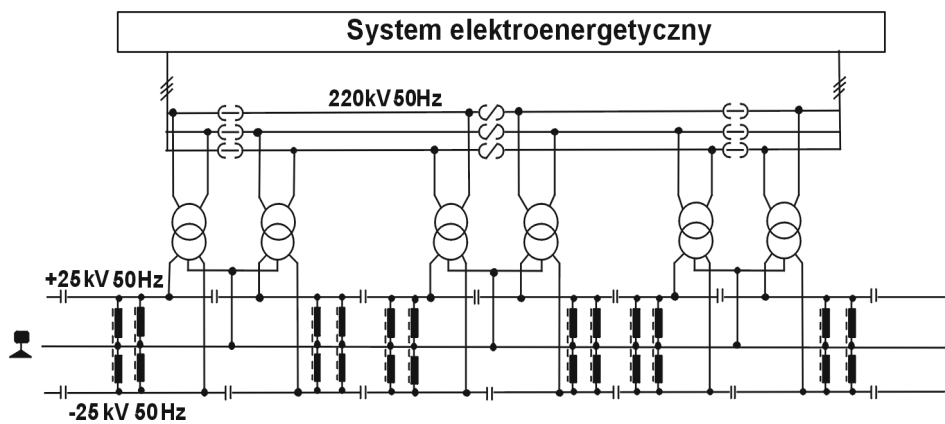
* Moc uzwojeń zasilających prostownik.

Aby układ zasilania w systemie 3 kV DC mógł dostarczyć ilość energii niezbędną do jazdy pociągów z prędkością 200 km/h — z jednoczesnym spełnieniem wymagań dotyczących jakości tej energii, w tym poziomu napięcia na pantografie — odstęp pomiędzy podstacjami trakcyjnymi nie powinien być większy niż 12—13 km (przy zastosowaniu sieci trakcyjnej o przekroju minimum 440 mm²). Dalsze zwiększanie prędkości jazdy wymaga zmniejszenia odległości pomiędzy podstacjami lub/i zwiększenia przekroju sieci trakcyjnej oraz zwiększenia mocy podstacji. Linia dużych prędkości, na której ruch pociągów odbywa się z $v = 250$ km/h, wymaga zasilania z podstacji trakcyjnych, wyposażonych w zespoły prostownikowe o łącznej mocy około 20 MW (np. $3 \times$ PD17), zasilanych napięciem 110 kV. Odległość pomiędzy tymi podstacjami nie powinna być większa niż 10—12 km, a przekrój sieci trakcyjnej należy zwiększyć do około 600 mm².

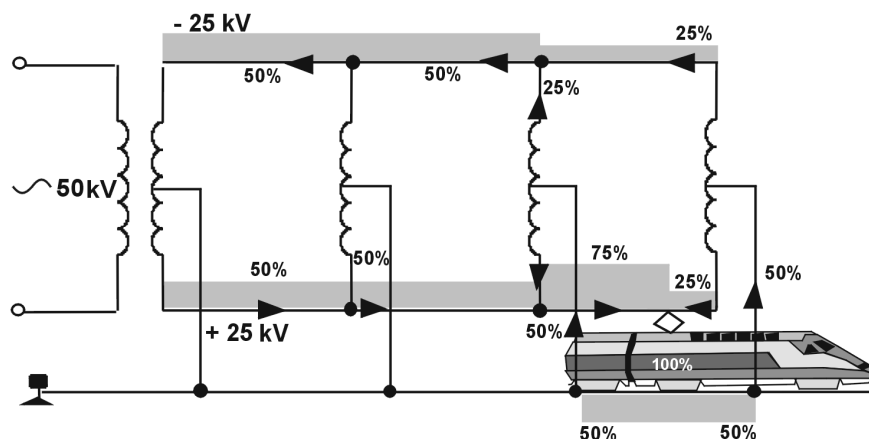
Prędkość jazdy pociągów 250 km/h wydaje się być graniczną prędkością dla systemu zasilania 3 kV DC. Linia dla prędkości większych od 250 km/h wymaga już zasilania z systemu o wyższym napięciu, przykładowo — 25 kV 50 Hz.

3.3. Nowe linie dużych prędkości

Przystępując do opracowania projektu nowej linii dużych prędkości jest uzasadnione rozważenie możliwości prowadzenia ruchu z prędkością co najmniej 300 km/h. Pociągi rozwijające takie prędkości mają znaczne moce, a energię najkorzystniej jest do nich przysyłać w systemie 25 kV 50 Hz, a właściwie 2×25 kV 50 Hz. W systemie tym — dzięki wysokiemu napięciu (50 kV), na jakim jest przesyłana energia — są najmniejsze straty energii i spadki napięć, a podstacje mogą być oddalone od siebie o 50—60 km. Schemat układu zasilania w systemie 2×25 kV 50 Hz pokazano na rysunku 6, a zasadę działania tego systemu przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 6. Układ zasilania w systemie $2 \times 25 \text{ kV } 50 \text{ Hz}$ [7]



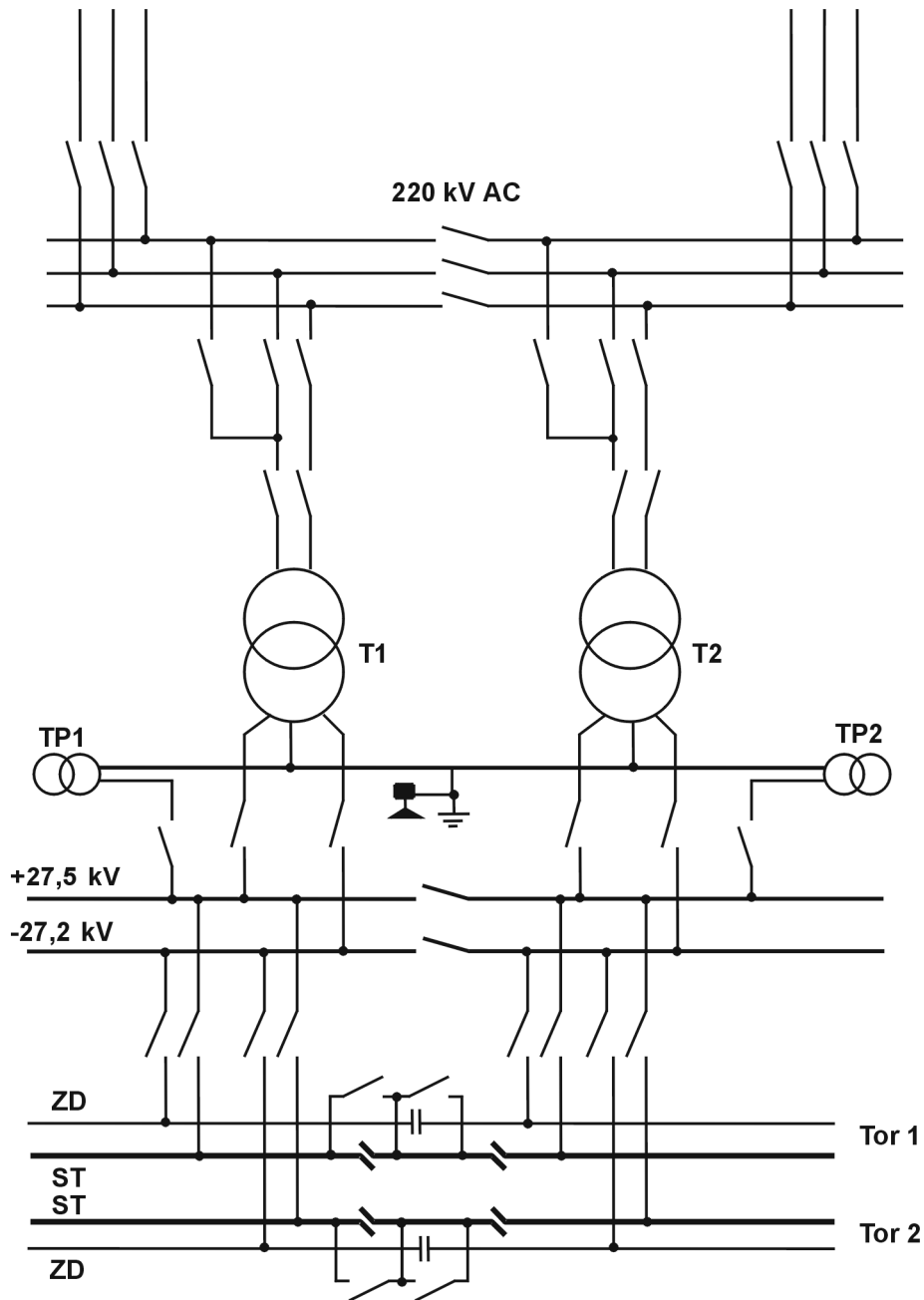
Rys. 7. Rozpływ prądów w systemie zasilania $2 \times 25 \text{ kV } 50 \text{ Hz}$ [7]

W każdej podstacji są instalowane dwa transformatory jednofazowe o mocy 40–60 MVA. Z powodu wymagań niezawodnościowych i dyspozycyjności, każda z podstacji powinna być zasilana dwustronnie, a moc zainstalowanych transformatorów powinna zapewniać stuprocentowy margines zapasu. Dzięki temu, w przypadku uszkodzenia jednego transformatora lub awarii całej podstacji, obciążenie może być przejęte przez drugi transformator lub sąsiednie podstacje. Środki te umożliwiają niezakłócony ruch pociągów nawet w przypadku poważnej awarii jednej z podstacji. Uproszczony schemat podstacji trakcyjnej w systemie $2 \times 25 \text{ kV } 50 \text{ Hz}$ przedstawiono na rysunku 8.

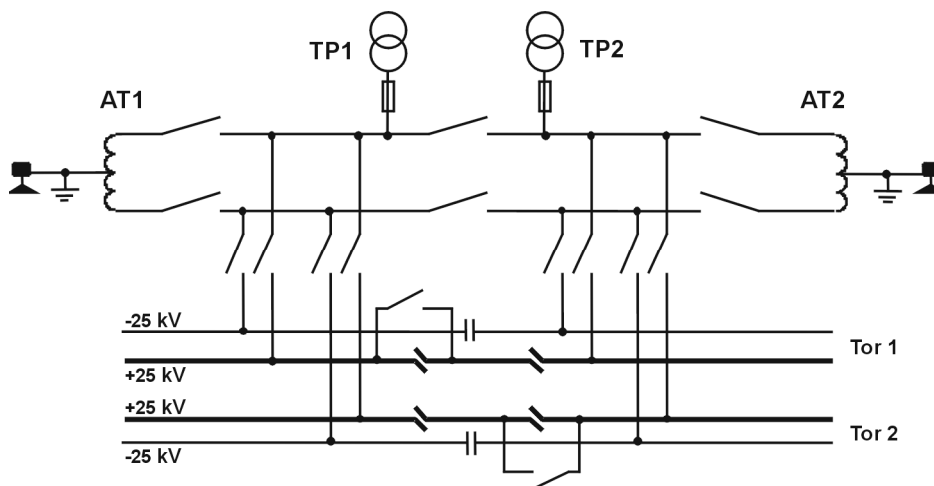
Aby uniknąć problemów wynikających z nierównomiernego obciążenia faz, podstacje trakcyjne powinny być zasilane z wydzielonej linii 220 kV AC w grupach, w których liczba jednofazowych transformatorów jest wielokrotnością liczby 3 (patrz rys. 6). Dzięki takiemu rozwiązaniu wewnątrz grupy następuje częściowe zrównoważenie obciążenia poszczególnych faz.

W układzie $2 \times 25 \text{ kV } 50 \text{ Hz}$ co około 10–15 km są instalowane kabiny sekcyjne (rys. 9), wyposażone w autotransformatory, które służą do kompensacji spadków napięcia i przekazywaniu energii z przewodu „ujemnego” do sieci trakcyjnej. Dodatkowo,

układ łączników znajdujący się w kabine sekcyjnej, który służy do połączenia równoległego dwóch torów i sekcjonowania odcinka pomiędzy podstacjami, umożliwia regulację obciążenia podstacji i poszczególnych faz systemu elektroenergetycznego.



Rys. 8. Uproszczony schemat podstacji trakcyjnej w systemie zasilania 2×25 kV



Rys. 9. Uproszczony schemat kabiny sekcyjnej z autotransformatorami w systemie zasilania 2×25 kV

4. WYMAGANIA STAWIANE SIECI JEZDNEJ DUŻYCH PRĘDKOŚCI

4.1. Uwagi ogólne

Europejski system kolei zasilanych 3 kV DC zakłada: dla magistralnych linii zmodernizowanych prędkości jazdy do 200 km/h, dla nowo wybudowanych — do 250 km/h. Wymagania dotyczące sieci trakcyjnych i zakresu jej badań określa techniczna specyfikacja dla interoperacyjności (TSI) do Dyrektywy Europejskiej (96/48) [2], normy (PN EN), bądź karty UIC. Jedna z grup roboczych, opracowująca kolejne TSI, zaproponowała przyjęcie granicznej dolnej wartości dużych prędkości równej 190 km/h.

Na terenie Polski jedyną siecią trakcyjną, którą można rozpatrywać jako sieć dużych prędkości jazdy jest sieć typu 2C120-2C-3, która jest zbudowana na części Centralnej Magistrali Kolejowej.

4.2. Podstawowe parametry sieci jezdnej dużych prędkości

4.2.1. Geometria sieci trakcyjnej

Wymagania określające geometrię sieci trakcyjnej, w zależności od zakresu prędkości jazdy pociągu, podano w tablicy 3.

Geometria sieci trakcyjnej

Lp.	Opis	$160 \leq v_{eksp} \leq 200$	$200 < v_{eksp} \leq 250$	$v_{eksp} > 250$
		km/h	km/h	km/h
1.	System zasilania	DC lub AC	DC lub AC	AC
2.	Wysokość zawieszenia przewodów jezdnych [mm]	od 5000 do 5500	5080 lub 5300	5080 lub 5300
3.	Tolerancja wysokości zawieszenia [mm]	0, +60	0, +20	+10
4.	Maksymalna różnica wysokości zawieszenia przewodów jezdnych między dwiema sąsiednimi konstrukcjami wsporczymi [mm]	30	10	10
5.	Minimalna wysokość zawieszenia przewodów jezdnych (punkty specjalne) [mm]	4900	4900	—
6.	Maksymalna wysokość zawieszenia przewodów jezdnych (punkty specjalne) [mm]	6200	5300	—
7.	Maksymalne profilowanie sieci trakcyjnej	2‰		nie przewiduje się
8.	Maksymalna zmiana profilowania sieci trakcyjnej	1‰		
9.	Dopuszczalne poprzeczne odchylenie przewodu jezdnych pod wpływem wiatru [mm]	400		

4.2.2. Prędkość rozchodzenia się fali mechanicznej

Maksymalna prędkość jazdy nie może przekroczyć 70% prędkości rozchodzenia się fali w przewodzie jezdnym.

4.2.3. Elastyczność i współczynnik nierównomierności elastyczności

Elastyczność i współczynnik nierównomierności elastyczności, liczony na długości przęsła, jest istotny dla wysokiej jakości odbioru prądu i redukcji zużycia przewodu jezdnych. Równomierność elastyczności może być określona przez współczynnik nierównomierności elastyczności u , obliczony według wzoru (2):

$$u = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\max} + e_{\min}} \cdot 100\% \quad (2)$$

gdzie: e_{\max} — maksymalna elastyczność przęsła,
 e_{\min} — minimalna elastyczność przęsła,

a jego graniczne wartości podano w tablicy 4.

Graniczne wartości współczynnika nierównomierności elastyczności

Typ sieci jezdnej	Prędkość jazdy [km/h]	
	200 do 230	230 do 300
Bez „Y”	<40	<40
Z „Y”	<20	<10

4.2.4. Jakość odbioru prądu i oddziaływanie pantografu na przewody jezdne w warunkach dynamicznych

Jakość odbioru prądu może być określana przez średnią wartość siły stykowej F_m i jej odchylenie standardowe σ oraz wartość graniczną uniesienia przewodów jezdnych pod słupem podczas dynamicznego oddziaływania pantografu. Odpowiednie wielkości podano w tablicy 5.

Tablica 5

Parametry określające jakość odbioru prądu

Opis	160 km/h $\leq v_{eksp} \leq 250$ km/h	160 km/h $\leq v_{eksp} \leq 350$ km/h
	DC	AC
Wartość średnia siły stykowej F_m	określa krzywa zależności $F_m = 0,00097 \cdot v^2 + 110$ (rys. 10)	określa krzywa zależności $F_m = 0,00097 \cdot v^2 + 70$ (rys. 11)
Odchylenie standardowe dla maksymalnej prędkości	0,3 F_m	0,3 F_m
Niezbędna przestrzeń dla uniesienia przewodów jezdnych pod słupem przy oddziaływaniu dynamicznym odbieraka prądu	100 mm	100 mm

4.2.5. Długość przęsła

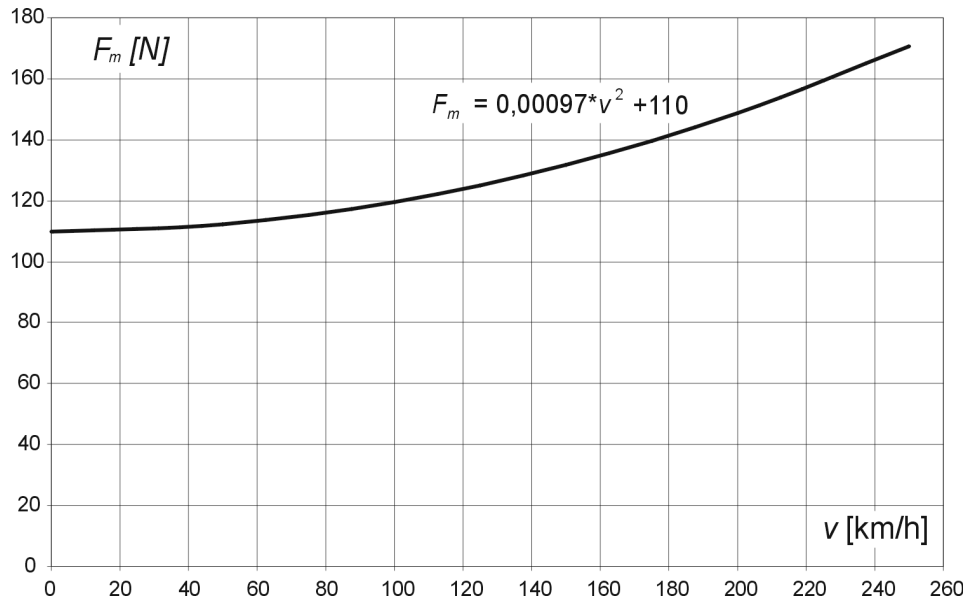
Maksymalna długość przęsła zawieszenia na prostej powinna wynosić:
 — 65 m dla v_{eksp} większego od 160 i mniejszego od 250 km/h, system DC lub AC,
 — 60—63 m dla v_{eksp} większego od 250 km/h, system AC.

4.2.6. Przekrój i liczba przewodów jezdnych

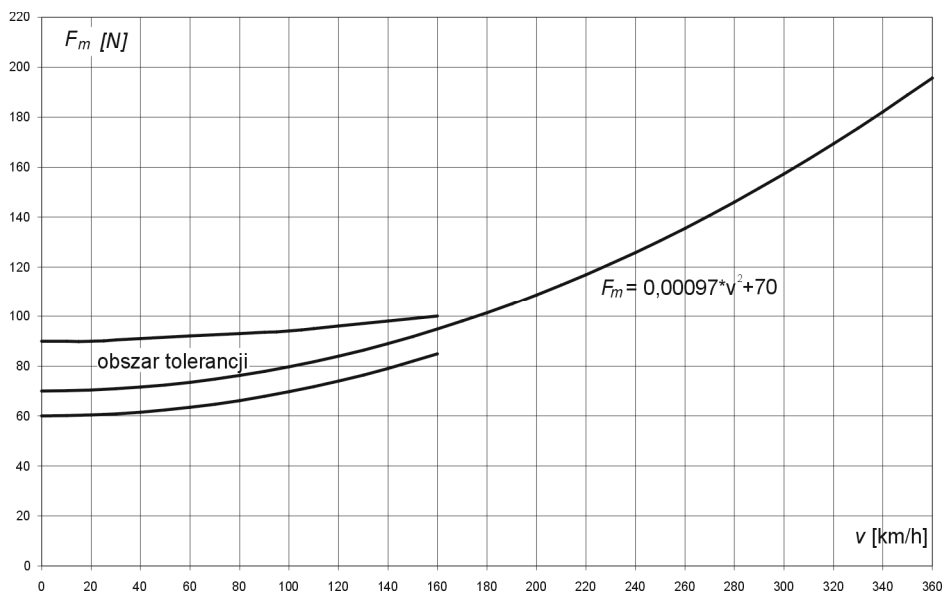
Dla systemu DC i mocy lokomotyw 6 MW jest wystarczająca sieć jezdna o przekroju 440 mm² Cu, czyli taka, jaka jest na CMK i na krótkich odcinkach linii E20.

Dla prądów pobieranych przez pojazdy szynowe rzędu 4 kA i mocy 8—12 MW niezbędny będzie przekrój sieci jezdnej około 600 mm² Cu. Takie sieci trakcyjne nie były dotychczas budowane w Polsce.

Prognozuje się, że dla systemu AC 2 × 25 kV 50 Hz będzie wystarczający przekrój sieci jezdnej rzędu od 200 do 300 mm² Cu.



Rys. 10. Zależność wartości średniej siły stykowej od prędkości jazdy dla systemu DC

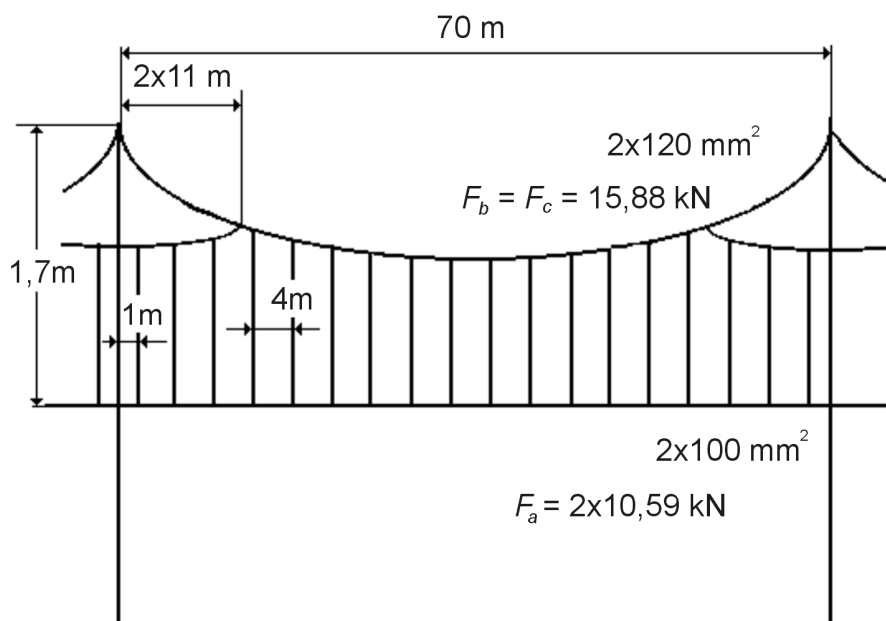


Rys. 11. Zależność wartości średniej siły stykowej od prędkości jazdy dla systemu AC

5. KONSTRUKCJA SIECI JEZDNEJ

5.1. System DC. Opis konstrukcji sieci 2C120-2C-3

Sieć tego typu jest siecią trakcyjną łańcuchową, ze scalonym układem lin nośnych. Istotą scalonego układu polega na tym, że liny nośna i nośna pomocnicza w przęśle są prowadzone równolegle obok siebie, rozchodzą się w obszarze konstrukcji wsporczej, gdzie lina nośna jest mocowana na ukośniku, a lina nośna pomocnicza tworzy uelastycznienie o długości 2×11 m (rys. 12). Każda lina nośna ma przekrój poprzeczny 120 mm^2 , a każdy przewód jezdny ma przekrój 100 mm^2 . Sumaryczny przekrój poprzeczny przewodów wynosi $440 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$.



Rys. 12. Sieć trakcyjna typu 2C120-2C-3

Przęsła naprężenia ma 6 słupów oraz rozdzielony naciąg lin nośnych i przewodów jezdnych. W środku przęsła wykonano tzw. „dynamiczną wspólną bieżnię”.

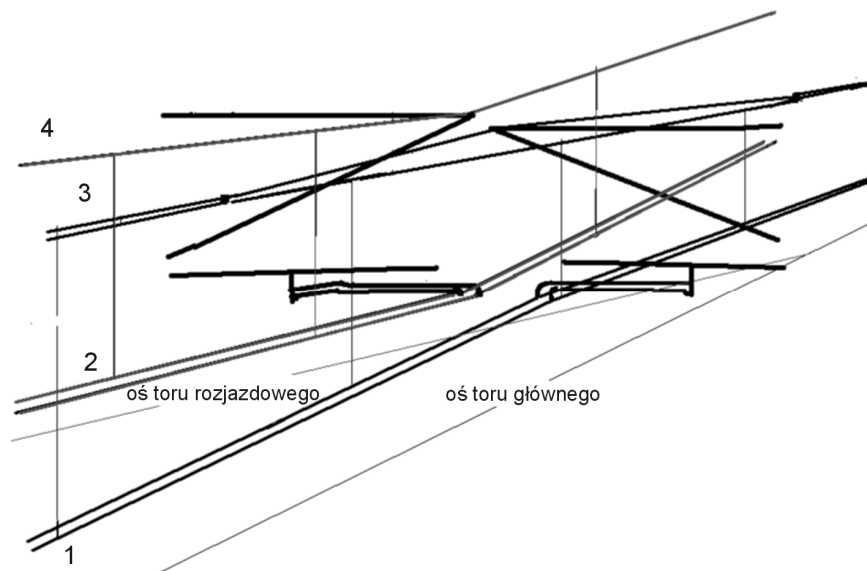
Parametry mechaniczne tej sieci są następujące:

- naciąg w linie nośnej $F_c = 15,88 \text{ kN}$,
- naciąg w linie pomocniczej $F_b = 15,88 \text{ kN}$,
- długość uelastycznienia $2 \times 11 \text{ m}$,
- wysokość konstrukcyjna 1700 mm ,
- rozmieszczenie wieszaków w przęśle — co 8 m na tym samym przewodzie,
- naciąg w przewodzie jezdnym $F_a = 2 \times 10,59 \text{ kN}$,

- elastyczność minimalna $e_{\min} = 3,14$ mm/dan,
- elastyczność pod słupem $e_s = 3,87$ mm/dan,
- elastyczność maksymalna $e_{\max} = 4,30$ mm/dan,
- współczynnik nierównomierności elastyczności, obliczony ze wzoru (2) $u = 15,5\%$,
- prędkość rozprzestrzeniania się fali mechanicznej v_c wynosi 393 km/h,
- współczynnik *Dopplera* dla prędkości jazdy $v_b = 200$ km/h wynosi: $\alpha = 0,35$, a dla $v_b = 250$ km/h — $\alpha = 0,27$ (taki sam, jak dla sieci TGV z przewodem jedynym CuRi 150 mm²),
- współczynnik odbicia fali zakłócającej $r = 0,58$,
- współczynnik wzmocnienia prędkości jazdy dla $v_b = 200$ km/h wynosi $\chi = 1,65$, a dla $v_b = 250$ km/h — $\chi = 2,16$.

5.2. Przejścia rozjazdowe sieci trakcyjnej 2C120-2C-3

W sieci trakcyjnej 2C120-2C-3 w rozjazdach zastosowano podwieszenie sieci jezdnych, w którym sieć toru rozjazdowego zbliża się (nie krzyżuje) do sieci jezdnej toru głównego (rys. 13). Konstrukcja ta zapewnia prawidłową współpracę odbieraków prądu z siecią toru głównego dla prędkości jazdy do 200 km/h, przy jeździe po torze głównym „na wprost”. W tym przypadku pantograf nie miał kontaktu z ciągiem sieci przejścia rozjazdowego. Rozjazd ten nie był badany dla prędkości jazdy przekraczających 200 km/h.



Rys. 13. Przejście rozjazdowe sieci trakcyjnej 2C120-2C-3

- 1 — przewody jezdne sieci toru głównego,
- 2 — przewody jezdne sieci toru rozjazdowego,
- 3 — lina nośna sieci toru głównego,
- 4 — lina nośna sieci toru rozjazdowego

W połączeniach między torami głównymi zasadniczymi lub między torem głównym zasadniczym a innymi liniami poprawna współpraca musi odbywać się z maksymalną prędkością jazdy równą 100 km/h.

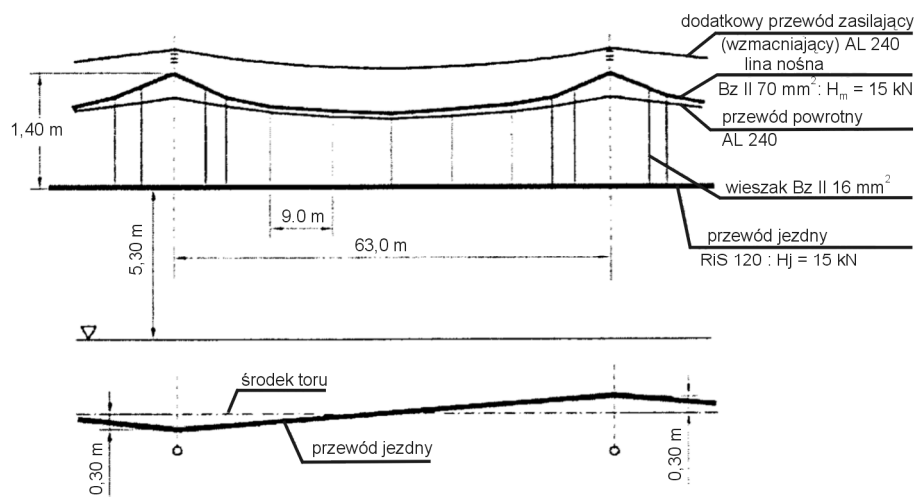
5.3. System AC 2 × 25 kV 50 Hz. Opis konstrukcji sieci

W 1992 r., w Hiszpanii kolej państwowa RENFE zakończyła budowę i oddała do eksploatacji sieć trakcyjną systemu prądu przemiennego 2 × 25 kV 50 Hz na linii *Madrid—Sevilla*.

Parametry mechaniczne tej sieci są następujące:

- przewód jezdny Djps o przekroju 120 mm²,
- przewód dodatkowy zasilający o przekroju 240 Al mm²,
- przewód powrotny o przekroju 240 Al mm²,
- lina nośna Bz o przekroju 70 mm²,
- naciąg w linie nośnej $F_c = 15,00$ kN,
- naciąg w przewodzie jezdnym $F_a = 15,00$ kN,
- długość uelastycznienia bez uelastycznienia,
- wysokość konstrukcyjna 1400 mm,
- rozmieszczenie wieszaków w przęśle — co 9 m, na tym samym przewodzie,
- prędkość rozprzestrzeniania się fali mechanicznej $v_c = 426$ km/h,
- współczynnik *Dopplera* dla prędkości jazdy $v_b = 250$ km/h $\alpha = 0,26$, a dla $v_b = 300$ km/h — $\alpha = 0,19$.

Konstrukcję tej sieci jezdnej pokazano na rysunku 14.



Rys. 14. Sieć trakcyjna dużych prędkości RENFE AC systemu 25 kV 50 Hz [8]

BIBLIOGRAFIA

1. Decyzja Komisji 733/2002/WE z dnia 30 maja 2002 r. dotycząca technicznej specyfikacji dla interoperacyjności podsystemu energia transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości, określonego w art. 6 ust. 1 dyrektywy 96/48/WE. Dz. Urz. WE L 245, s 280—369.
2. Directive 2004/50/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004. Official Journal of the European Union L 164/114, z 30.04. 2004 r.
3. Dyrektywa 96/48/WE Rady z dnia 23 lipca 1996 r. w sprawie interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości. Dz. Urz. WE L 325, z 17.09.1996 r.
4. EN 50388:2005: Railway applications — Power supply and rolling stock — Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability.
5. *Mierzejewski L.* i in.: Praca zbiorowa. Ocena układu zasilania linii CMK pod kątem wprowadzenia prędkości jazdy pociągów 250 km/h i wstępna analiza wprowadzenia jednostopniowej transformacji napięcia w podstacjach tej linii. Politechnika Warszawska, praca nr 501/043/478/1. Raport etapu II, Warszawa 1997.
6. PN-EN 50163:2005: Zastosowania kolejowe. Napięcia zasilania systemów trakcyjnych.
7. *Roman Z.:* Podstawy wyboru systemu zasilania trakcji elektrycznej. SEMTRAK'98, Zakopane, listopad 1998.
8. *Rostowski W.:* Sieci trakcyjne prądu przemiennego i przejścia między systemami. PW, Wydział Elektryczny IME, Warszawa 2005.
9. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 29 czerwca 2004 r. w sprawie zasadniczych wymagań dotyczących interoperacyjności kolei oraz procedur oceny zgodności dla transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości. Dz. U. z 2004 r. Nr 162, poz. 1679.
10. Standardy Techniczne dla linii CMK o $v = 200/250$ km/h. Opracowanie CNTK zatwierdzone przez PKP.
11. UIC 795: Minimum installed power line categories.
12. Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym. Dz. U. z 2003 r. Nr 86, poz. 789, z późniejszymi zmianami.