

**Wytyczne projektowania, budowy i odbioru sieci trakcyjnej  
oraz układów zasilania 2×25 kV AC  
dla linii kolejowych o prędkości do 350 km/h  
let-6**

Tekst jednolity uwzględniający:

Załącznik do zarządzenia Nr 14/2010 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 10 maja 2010 r.

Właściciel: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Wydawca: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Centrala Biuro Energetyki ul. Targowa 74, 03-734 Warszawa tel. 022 47 320 72 [www.plk-sa.pl](http://www.plk-sa.pl), e-mail: [ien@plk-sa.pl](mailto:ien@plk-sa.pl)

Wszelkie prawa zastrzeżone. Modyfikacja, wprowadzanie do obrotu, publikacja, kopiowanie i dystrybucja w celach komercyjnych, całości lub części instrukcji, bez uprzedniej zgody PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. – są zabronione

## Spis treści

1. WSTĘP .....	8
1.1. Podstawa opracowania.....	8
1.2. Przedmiot opracowania .....	8
1.3. Zakres zastosowania .....	8
1.4. Określenia .....	9
1.5. Symbole i oznaczenia.....	9
1.6. Informacje dodatkowe.....	9
1.7. Przepisy związane – dokumenty i normy .....	9
1.7.1. Dokumenty.....	9
1.7.2. Normy .....	13
1.8. Ocena zgodności i zakres koniecznych zmian lub uzupełnień w przepisach krajowych .....	16
1.9. Rekomendacje i zalecenia ogólne.....	18
2. PROJEKTOWANIE UKŁADÓW ZASILANIA.....	21
2.1. Układy zasilania w systemie 25 kV AC 50 Hz .....	21
2.1.1. Schematy elektryczne układu zasilania .....	21
2.1.2. Podstacje trakcyjne i kabiny sekcyjne .....	25
2.1.3. Sekcjonowanie sieci jezdnej i układu zasilania, kabiny sekcyjne.....	27
2.1.4. Zasilanie z sieci energetyki publicznej.....	30
2.1.5. Zasilanie obwodów potrzeb własnych i odbiorów nietrakcyjnych.....	34
2.1.6. Punkty stykowania układów zasilania różnych systemów.....	35
2.2. Aparatura i wyposażenie .....	35
2.2.1. Rozdzielnie i aparatura rozdzielcza.....	35
2.2.2. Transformatory główne (trakcyjne).....	36
2.2.3. Autotransformatory trakcyjne .....	44
2.2.4. Booster transformatory.....	44
2.2.5. Transformatory potrzeb własnych .....	44
2.2.6. Urządzenia kompensujące, tłumiące, symetryzujące .....	44
2.2.7. Ochrona odgromowa .....	45
2.2.8. Izolacja .....	46
2.2.9. Zasilacze sieci trakcyjnej.....	46
2.2.10. Przewody, szyny zbiorcze i połączenia prądowe.....	47
2.2.11. Uziomy.....	47
2.3. Obwody zabezpieczeń, sterowania, automatyki i pomiarów .....	47

2.3.1. Sieci i rozdzielnie WN .....	47
2.3.2. Zabezpieczenia i automatyka linii WN.....	48
2.3.3. Zabezpieczenia i automatyka transformatorów mocy WN/WN .....	49
2.3.4. Zabezpieczenia i automatyka transformatorów mocy WN/SN .....	49
2.3.5. Zabezpieczenia łączników szyn WN .....	50
2.3.6. Zabezpieczenia szyn WN.....	50
2.3.7. Zabezpieczenia linii SN i obwodów sieci trakcyjnej .....	52
2.3.8. Zabezpieczenia transformatorów olejowych SN/SN i SN/nN o mocy większej niż 1000 kVA.....	53
2.3.9. Zabezpieczenia łączników szyn SN .....	53
2.3.10. Zabezpieczenia pól pomiaru napięcia w rozdzielniach SN .....	53
2.3.11. Zabezpieczenia pól SN baterii kondensatorów.....	54
2.3.12. Zabezpieczenia transformatorów potrzeb własnych .....	54
2.3.13. Zabezpieczenia pól linii odpływowych rozdzielni SN .....	54
2.3.14. Automatyka SZR (samoczynnego załączenia rezerwy) w rozdzielni SN .....	54
2.3.15. Wymagania techniczne dla systemu nadzoru i telemechaniki .....	54
2.3.16. Wymagania techniczne dla układów pomiarowo-rozliczeniowych .....	57
<b>3. PROJEKTOWANIE SIECI TRAKCYJNEJ.....</b>	<b>60</b>
3.1. Wymagania ogólne .....	60
3.1.1. Skrajnia budowli.....	60
3.1.2. Wysokość zawieszenia przewodu jezdnego.....	60
3.1.3. Odległość sieci jezdnej od obiektów uziemionych .....	61
3.2. Rozwiązania konstrukcyjne nowych typów sieci trakcyjnej.....	60
3.2.1. Wymagania podstawowe .....	62
3.2.1.1. Strefy klimatyczne. ....	62
3.2.1.2. Temperatury charakterystyczne.....	62
3.2.1.3. Obciążenia mechaniczne.....	62
3.2.1.4. Obciążenia sadyż .....	62
3.2.1.5. Obciążenia wiatrem .....	63
3.2.1.6. Obciążenia przy montażu sieci i zerwaniu przewodów.....	63
3.2.1.7. Przewód jezdny .....	63
3.2.1.8. Lina nośna.....	64
3.2.1.9. Nacisk odbieraków prądu .....	64
3.2.2. Sieć jezdna .....	66
3.2.2.1. Konstrukcja górnej sieci jezdnej.....	66
3.2.2.2. Normalne przęsło zawieszenia sieci .....	67

3.2.2.3.	Przęsło naprężenia .....	69
3.2.2.4.	Odcinek naprężenia.....	71
3.2.2.5.	Sekcja separacji faz.....	71
3.2.2.6.	Sekcja separacji systemów.....	72
3.2.2.7.	Rozjazdy sieciowe .....	73
3.2.2.8.	Zawieszania poprzeczne .....	74
3.2.3.	Materiały do budowy sieci trakcyjnej .....	74
3.2.3.1.	Przewody jezdne .....	74
3.2.3.2.	Liny nośne .....	74
3.2.3.3.	Przewody zasilaczy dodatkowych dla systemu zasilania 2×25 kV, łączniki sieci jezdnej, przewody uziemiające, łączniki sieci powrotnej oraz uziomy .....	74
3.2.3.4.	Odciągi sieciowe, uelastycznienia, wieszaki .....	75
3.2.3.5.	Osprzęt.....	75
3.2.3.6.	Fundamenty, głowice fundamentowe i konstrukcje wsporcze .....	76
3.2.3.7.	Materiały izolacyjne .....	77
3.2.4.	Sieć powrotna (obwód powrotny sieci trakcyjnej) .....	77
3.2.5.	Ochrona przeciwporażeniowa .....	77
3.3.	Projektowanie techniczne sieci trakcyjnej.....	78
3.3.1.	Obliczenia i ustalenia podstawowe .....	78
3.3.2.	Fundamenty i głowice fundamentowe .....	79
3.3.3.	Konstrukcje nośne, odciągi .....	81
3.3.4.	Sieć jezdna .....	84
3.3.4.1.	Normalne przęsło zawieszania sieci .....	84
3.3.4.2.	Przęsło naprężenia .....	84
3.3.4.3.	Sekcja separacji faz.....	86
3.3.4.4.	Sekcja separacji systemów.....	86
3.3.4.5.	Odcinek naprężenia.....	86
3.3.4.6.	Odsuwy sieci jezdnej .....	87
3.3.4.7.	Profilowanie sieci jezdnej.....	88
3.3.4.8.	Zespoły podwieszeń .....	88
3.3.4.9.	Odciągi sieciowe.....	89
3.3.4.10.	Osprzęt.....	89
3.3.4.11.	Złącza przewodów jezdnych .....	89
3.3.4.12.	Przewody zasilaczy dodatkowych dla systemu zasilania 2×25 kV, łączniki sieci jezdnej, przewody uziemiające, łączniki sieci powrotnej...89	
3.3.4.13.	Wieszaki.....	90

3.3.4.14. Rozjazdy sieciowe .....	90
3.3.4.15. Sekcjonowanie sieci jezdnej .....	92
3.3.5. Skrzyżowania i zbliżenia sieci jezdnej z innymi sieciami elektrycznymi .....	98
3.3.6. Prowadzenie linii elektrycznych i innych instalacji na wspólnych konstrukcjach z siecią jezdną .....	99
3.3.7. Zbliżenia sieci jezdnej do budowli i urządzeń specjalnych.....	99
3.3.7.1. Prowadzenie sieci jezdnej w rejonie myjni i stacji paliw .....	99
3.3.7.2. Prowadzenie sieci jezdnej w pobliżu zbiorników i dystrybutorów z łatwopalnymi cieczami. ....	100
3.3.8. Sieć powrotna .....	100
3.3.9. Połączenia elektryczne sieci powrotnej .....	106
3.3.10. Ochrona przeciwporażeniowa .....	108
3.3.11. Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów błędzących .....	110
3.3.12. Ochrona odgromowa sieci jezdnej .....	110
3.3.13. Uziemienia i uziomy .....	110
3.3.14. Urządzenia sygnalizacyjne, ostrzegawcze i ochronne.....	112
3.3.14.1. Wymagania ERTMS .....	112
3.3.14.2. Wskaźniki .....	114
3.3.14.3. Tablice ostrzegawcze i informacyjne .....	114
3.3.14.4. Znaki ostrzegawcze i informacyjne .....	115
3.3.15. Bariery .....	115
4. ZAKRES OPRACOWAŃ TECHNICZNYCH – DOKUMENTACJE PROJEKTOWE .....	117
4.1. Wstęp .....	117
4.2. Wymagania ogólne .....	117
4.2.1. Dokumentacje przedprojektowe – etap I .....	117
4.2.2. Dokumentacje projektowe i realizacja inwestycji – etap II .....	118
4.3. Studium wykonalności.....	118
4.3.1. Definicja i przeznaczenie .....	118
4.3.2. Zawartość .....	118
4.3.2.1. Układy zasilania.....	118
4.3.2.2. Sieć trakcyjna .....	119
4.4. Program funkcjonalno-użytkowy .....	120
4.4.1. Definicja i przeznaczenie .....	120
4.4.2. Zawartość .....	120
4.5. Projekt budowlany.....	120
4.5.1. Wprowadzenie .....	120

4.5.2. Definicja i przeznaczenie .....	121
4.5.3. Zawartość .....	121
4.5.3.1. Projekt budowlany układu zasilania .....	122
4.5.3.2. Projekt budowlany sieci trakcyjnej .....	123
4.6. Projekt wykonawczy.....	124
4.6.1. Definicja i przeznaczenie. ....	124
4.6.2. Zawartość .....	124
4.6.2.1. Projekt wykonawczy układu zasilania .....	124
4.6.2.2. Projekty sieci trakcyjnej. ....	125
4.7. Wymagania dla personelu jednostki projektowej.....	125
4.7.1. Wymagania obligatoryjne.....	125
4.7.2. Wymagania warunkowe.....	126
5. OGÓLNE ZASADY OBOWIĄZUJĄCE PRZY BUDOWIE I ODBIORACH .....	127
5.1. Wymagania dla personelu wykonawcy.....	127
5.2. Wymagane zaplecze techniczne wykonawcy .....	127
5.3. Przepisy i dokumenty obowiązujące wykonawcę przy budowie i modernizacji .....	128
5.3.1.Przepisy obowiązujące projektanta, wykonawcę i producenta .....	128
5.3.2.Nadzór nad realizacją inwestycji.....	129
5.4. Rodzaje oraz procedury wykonywania odbiorów.....	129
5.4.1.Rodzaje odbiorów.....	129
5.4.1.1. Odbiory robót zanikających i podlegających zakryciu .....	130
5.4.1.2. Odbiory częściowe .....	130
5.4.1.3. Odbiorem końcowym obejmuje się całość robót zgodnie z zawartą umową. Określa się wtedy: .....	130
5.4.1.4. Odbiory pogwarancyjne .....	130
5.4.2.Procedury wykonywania odbiorów.....	131
5.5. Ogólne zasady odbiorów.....	132
5.5.1.Ogólne zasady odbioru układów zasilania .....	132
5.5.1.1. Wymagania dotyczące dokumentacji technicznej urządzeń i układów	132
5.5.1.2. Wymagania ogólne dotyczące urządzeń i układów .....	132
5.5.1.3. Warunki w miejscu zainstalowania urządzeń i/lub układów.....	133
5.5.2.Ogólne zasady odbioru sieci trakcyjnych .....	133
5.6. Zakres badań oraz prób odbiorczych .....	134
5.6.1.Elementy odbioru układów zasilania .....	134
5.6.2.Elementy odbioru sieci trakcyjnej.....	136
5.6.2.1. Dokumentacja .....	136

5.6.2.2. Parametry sieci jezdnej.....	138
6. ZAŁĄCZNIKI.....	142
7. INFORMACJE O ZESPOLE AUTORSKO-KONSULTACYJNYM.....	148

## **1. Wstęp**

### **1.1. Podstawa opracowania**

„Wytyczne projektowania, budowy i odbioru sieci trakcyjnej oraz układów zasilania 2×25 kV AC dla linii kolejowych o prędkości do 350 km/h” zwane dalej Wytycznymi, zostały opracowane przez grupę specjalistów, specjalnie do tego powołaną, przez Centralne Biuro Projektowo-Badawcze Budownictwa Kolejowego Kolprojekt Sp. z o.o. w Warszawie, na podstawie zawartej z PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. umowy nr A/13/07/001/5555/07 z dnia 18 lipca 2007 r.

### **1.2. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem Wytycznych są wymagania, uwarunkowania i ustalenia techniczne jakim powinna odpowiadać sieć trakcyjna i układ zasilania o napięciu roboczym 25 kV AC na liniach kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

### **1.3. Zakres zastosowania**

Wytyczne przeznaczone są do stosowania przy projektowaniu, budowie i odbiorach układów zasilania i sieci trakcyjnej o napięciu roboczym 25 kV AC na liniach kolejowych dużych prędkości. Za linie kolejowe dużych prędkości uważa się, zgodnie z Technicznymi Specyfikacjami Interoperacyjności, linie o prędkości rzędu 200 km/h i więcej.

W Wytycznych zawarto podstawowe wymagania techniczne związane z zagadnieniami ochrony przeciwporażeniowej oraz przeciwprzebieciowej, ochrony przed oddziaływaniem prądów błędzących i ochrony środowiska a także wymagania wynikające z obowiązujących przepisów związanych z procedurami projektowania, budowy i odbioru inwestycji w tym zakresie.

Wytyczne powinny znaleźć zastosowanie przy:

- a) opracowywaniu konstrukcji nowych typów sieci jezdnej dla prędkości jazdy od 200 do 350 km/h,
- b) opracowywaniu kart katalogowych wyposażenia sieci powrotnej, podstacji trakcyjnych i kabin sekcyjnych oraz zasilaczy sieci trakcyjnej,
- c) opracowywaniu dokumentacji techniczno-ruchowej elementów sieci trakcyjnej i układu zasilania,
- d) opracowanie projektów wstępnych, programów funkcjonalno-użytkowych, projektów budowlanych i projektów wykonawczych sieci trakcyjnej i układu zasilania oraz projektów zasilania odbiorów nieatrakcyjnych. Wykonanie projektów budowlanych



i wykonawczych sieci trakcyjnej uzależnione jest od opracowania i wdrożenie do stosowania – typu sieci trakcyjnej, katalogu wyposażenia oraz wykazu urządzeń zawierających dopuszczone do stosowania rozwiązania konstrukcyjne tj. posiadające niezbędne certyfikaty, atesty oraz świadectwa;

- e) wykonywaniu robót budowlanych i montażowych sieci trakcyjnej oraz układu zasilania,
- f) odbiorach technicznych wykonanych elementów sieci trakcyjnej i układu zasilania.

Dla sieci trakcyjnych projektowanych i budowanych do prędkości nie przekraczającej 200 km/h (np. stacje węzłowe), można stosować inne rozwiązania konstrukcyjne od wskazanych w niniejszych Wytycznych, zgodne z aktualnymi Technicznymi Specyfikacjami Interoperacyjności, odpowiednimi normami oraz innymi dokumentami, które zostaną przyjęte do stosowania na liniach kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

#### **1.4. Określenia**

W projektach i we wszystkich dokumentach technicznych dotyczących sieci trakcyjnej i układu zasilania stosowane są określenia podane w normie BN-75/8939-08 [95] oraz w powszechnie uznanych dokumentach krajowych i międzynarodowych.

#### **1.5. Symbole i oznaczenia**

W projektach i we wszystkich dokumentach technicznych dotyczących sieci trakcyjnej i układu zasilania stosowane są symbole i oznaczenia podane w normie BN-76/3500-12 [94] oraz w powszechnie uznanych dokumentach krajowych i międzynarodowych.

#### **1.6. Informacje dodatkowe**

Ze względu na innowacyjny charakter Wytycznych, opracowano do nich komentarz zawierający objaśnienia i uzasadnienia.

#### **1.7. Przepisy związane – dokumenty i normy**

Aktualność przywoływanych w opracowaniu dokumentów należy zweryfikować i sprawdzić w momencie stosowania.

##### **1.7.1. Dokumenty**

1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane – Dz.U. 2006 nr 156 poz. 1118 tekst jednolity z późniejszymi zmianami.

2. Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym – Dz.U. 2007 nr 16 poz. 94 tekst jednolity z późniejszymi zmianami.
3. Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym – Dz.U. 2007 nr 125 poz. 874 tekst jednolity z późniejszymi zmianami.
4. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska – Dz.U. 2006 nr 129 poz. 902 tekst jednolity z późniejszymi zmianami.
5. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach – Dz.U. 2007 nr 39 poz. 251 tekst jednolity z późniejszymi zmianami.
6. Ustawa z dnia 29 stycznia 2004 r. Prawo zamówień publicznych – Dz.U. 2007 nr 223 poz. 1655 tekst jednolity z późniejszymi zmianami.
7. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne – Dz.U. 1997 nr 54 poz. 348 tekst jednolity z późniejszymi zmianami.
8. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/57/WE z dnia 17 czerwca 2008 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie.
9. Decyzja komisji UE 2008/217/WE z dnia 20 grudnia 2007 r. dotycząca specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu „Infrastruktura” transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości (notyfikowana jako dokument nr C(2007) 6440).
10. Decyzja Komisji UE 2008/284/WE z dnia 6 marca 2008 r. dotycząca specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu „Energia” transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości (notyfikowana jako dokument nr C(2008) 807).
11. Decyzja Komisji UE 2008/232/WE z dnia 21 lutego 2008 r. dotycząca specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu „Tabor” transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości (notyfikowana jako dokument nr C(2008) 648).
12. Decyzja Komisji UE 2006/860/WE z dnia 7 listopada 2006 r. dotycząca specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu Sterowanie transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości oraz zmieniająca załącznik A do decyzji 2006/679/WE z dnia 28 marca 2006 r. dotyczącej specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu Sterowanie transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych (notyfikowana jako dokument nr C(2006) 5211).
13. Dyrektywa Rady 85/337/EWG z dnia 27 czerwca 1985 r. w sprawie oceny skutków niektórych publicznych i prywatnych przedsięwzięć dla środowiska, z późniejszymi zmianami wprowadzonymi Dyrektywą Rady 97/11/WE z dnia 3 marca 1997 r.
14. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 26 lutego 1996 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi i ich usytuowanie – Dz.U. 1996 nr 33 poz. 144 z późniejszymi zmianami.

15. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690 z późniejszymi zmianami.
16. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie – Dz.U. 1998 nr 151 poz. 987.
17. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 września 1999 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych – Dz.U. 1999 nr 80, poz. 912.
18. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych – Dz.U. 2004 nr 47 poz. 401.
19. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 lipca 2005 r. w sprawie ogólnych warunków prowadzenia ruchu kolejowego i sygnalizacji – Dz.U. 2005 nr 172 poz. 1444.
20. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach – Dz.U. 2003 nr 220 poz. 2181.
21. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego – Dz.U. 2003 nr 120 poz. 1133.
22. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego – Dz.U. 2004 nr 202 poz. 2072 z późniejszymi zmianami.
23. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego – Dz.U. 2007 nr 93 poz. 623.
24. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko – Dz.U. 2004 nr 257 poz. 2573.
25. Obwieszczenie Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego z dnia 8 sierpnia 2005 r. w sprawie ustalenia właściwych krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwi spełnienie zasadniczych wymagań

dotyczących interoperacyjności kolei – Dziennik Urzędowy Ministerstwa Infrastruktury nr 9 poz. 62.

26. Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej – PSE Operator S.A.
27. Uchwała nr 361 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 01 października 2007 r. w sprawie zasad gospodarowania materiałami z odzysku.
28. TZ-94003/01-TZ – Stosowanie fundamentów palowych dla konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej PKP – opracowane przez Centralne Biuro Projektowo-Badawcze Budownictwa Kolejowego w marcu 1994 r. na zlecenie Głównego Energetyka PKP.
29. Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budowle i urządzenia drogowe kolei normalnotorowych użytku publicznego – WTK rok 1992.
30. let-2 „Instrukcja utrzymania sieci trakcyjnej”, zatwierdzona Zarządzeniem Nr 9 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 30 czerwca 2004 r.
31. EBH-1 „Instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach elektroenergetyki kolejowej. Postanowienia wspólne”, zatwierdzona Uchwałą Nr 170 Zarządu „PKP Energetyka” spółka z o.o. z dnia 16 czerwca 2004 r.
32. EBH-1a „Instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach elektroenergetyki kolejowej. Prace przy i w pobliżu sieci trakcyjnej oraz linii potrzeb nietrakcyjnych zbudowanych na konstrukcjach sieci jezdnej”, zatwierdzona Uchwałą Nr 170 Zarządu „PKP Energetyka” spółka z o.o. z dnia 16 czerwca 2004 r.
33. EBH-1b „Instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach elektroenergetyki kolejowej. Prace przy i w pobliżu urządzeń rozdzielczych prądu przemiennego”, zatwierdzona Uchwałą Nr 170 Zarządu „PKP Energetyka” spółka z o.o. z dnia 16 czerwca 2004 r.
34. EBH-1c „Instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach elektroenergetyki kolejowej. Prace przy i w pobliżu urządzeń rozdzielczych prądu stałego”, zatwierdzona Uchwałą Nr 170 Zarządu „PKP Energetyka” spółka z o.o. z dnia 16 czerwca 2004 r.
35. le-1 „Instrukcja sygnalizacji le-1”, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Warszawa 2007 r. – przyjęta do stosowania w PKP PLK S.A. zarządzeniem nr 16/2007 Zarządu PKP PLK S.A. z dnia 21 czerwca 2007 r.
36. Wytyczne projektowania i warunki odbioru sieci trakcyjnej z uwzględnieniem standardów i wymogów dla linii interoperacyjnych, Kolprojekt 2006 – przyjęte do stosowania w PKP PLK S.A. zarządzeniem nr 07/2007 Zarządu PKP PLK S.A. z dnia 19 lutego 2007 r.
37. Wytyczne odbioru i eksploatacji fundamentów palowych stosowanych na liniach kolejowych dla ustawienia konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej. PKP PLK S.A. Warszawa 2005 r.

38. Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D-1), PKP PLK S.A. Warszawa 2005 – przyjęte do stosowania w PKP PLK S.A. zarządzeniem nr 14 Zarządu PKP PLK S.A. z dnia 18 maja 2005 r.
39. Katalog elementów elektryfikacji kolei. Sieć trakcyjna PKP. Podwieszenia rurowe. Podwieszenia teownikowe. Centralne Biuro Projektowo Badawcze Budownictwa Kolejowego „KOLPROJEKT” Sp. z o.o., PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2004 z uaktualnieniami – przyjęty do stosowania w PKP PLK S.A. decyzją nr 24 Członka Zarządu PKP PLK S.A. ds. Techniki i Rozwoju z dnia 20 grudnia 2004 r.
40. Wymagania techniczne dla wskaźników i tablic sygnałowych, Tom I Specyfikacja techniczna, Tom II Zasady konstrukcji i wzory barwne – ustanowione do stosowania w PKP Polskich Liniach Kolejowych S.A. pismem nr IAT2d-5030-2/07 z dnia 25 czerwca 2007 r.

### 1.7.2. Normy

- |                        |                                                                                                                                                   |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 41. PN-B-03020:1981    | Grunty budowlane – Posadowienie bezpośrednie budowli – Obliczenia statyczne i projektowanie                                                       |
| 42. PN-B-03200:1990    | Konstrukcje stalowe – Obliczenia statyczne i projektowanie. (ze zmianą Az3:1995)                                                                  |
| 43. PN-B-03264:2002    | Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone – Obliczenia statyczne i projektowanie.                                                                |
| 44. PN-E-04070:1969    | Transformatory. Metody badań.                                                                                                                     |
| 45. PN-E-04070-01:1981 | Transformatory. Metody badań. Badanie oleju. (ze zmianą Az1:2001)                                                                                 |
| 46. PN-E-04070-02:1981 | Transformatory. Metody badań. Sprawdzanie działania przełącznika zaczeów.                                                                         |
| 47. PN-E-04070-03:1981 | Transformatory. Metody badań. Pomiar wskaźników izolacji.                                                                                         |
| 48. PN-E-04070-05:1981 | Transformatory. Metody badań. Pomiar rezystancji uzwojeń.                                                                                         |
| 49. PN-E-04500:1993    | Elektroenergetyczne stalowe konstrukcje wsporcze. Powłoki ochronne cynkowe zanurzeniowe.                                                          |
| 50. PN-E-04700:1998    | Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych. Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych. (ze zmianą Az1:2000) |
| 51. PN-E-05100-1:1998  | Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa – Linie prądu przemiennego z przewodami roboczymi gołymi.                          |
| 52. PN-E-05115:2002    | Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV.                                                                     |

53. PN-E-90081:1974 Elektroenergetyczne przewody gołe. Przewody miedziane.
54. PN-E-90090:1996 Przewody jezdne z miedzi i miedzi modyfikowanej.
55. PN-EN 61000-2-4:2003 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 2-4: Środowisko. Poziomy kompatybilności dotyczące zaburzeń przewodzonych małej częstotliwości w sieciach zakładów przemysłowych.
56. PN-EN 10025-1:2007 Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 1: Ogólne warunki techniczne dostawy.
57. PN-EN 1562:2000 Odlewnictwo. Żeliwo ciągliwe.
58. PN-EN 1982:2002 Miedź i stopy miedzi. Gąski i odlewy.
59. PN-EN 206-1:2003 Beton Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność. (ze zmianami: Ap1:2004, A1:2005, A2:2006)
60. PN-EN 50119:2002 Zastosowania kolejowe. Urządzenia stosowane. Sieć jezdna górna trakcji elektrycznej.
61. PN-EN 50121-1:2008 Zastosowania kolejowe – Kompatybilność elektromagnetyczna – Część 1: Postanowienia ogólne.
62. PN-EN 50121-2:2006 Zastosowania kolejowe -- Kompatybilność elektromagnetyczna - - Część 2: Oddziaływanie systemu kolejowego na otoczenie. (ze zmianą AC:2008)
63. PN-EN 50122-1:2002 Zastosowania kolejowe. Urządzenia stacyjne. Część 1: Środki ochrony dotyczące bezpieczeństwa elektrycznego i uziemień.
64. PN-EN 50122-2:2003 Zastosowania kolejowe. Urządzenia stacyjne. Część 2: Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów błędnych wywołanych przez trakcję elektryczną prądu stałego.
65. PN-EN 50124-1:2007 Zastosowania kolejowe -- Koordynacja izolacji -- Część 1: Wymagania podstawowe -- Odstępy izolacyjne powietrzne i powierzchniowe dla całego wyposażenia elektrycznego i elektronicznego.
66. PN-EN 50149:2002 Zastosowania kolejowe. Urządzenia stacyjne. Trakcja elektryczna. Profilowane druty jezdne z miedzi i jej stopów. (ze zmianami: AC:2004, AC:2006)
67. PN-EN 50160:2008 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych.
68. PN-EN 50163:2006 Zastosowania kolejowe – Napięcia zasilania systemów trakcyjnych. (ze zmianą A1:2007)
69. BS EN 50179 Power installations exceeding 1 kV AC. CENELEC 1993

70. PN-EN 50182:2002 Przewody do linii napowietrznych. Przewody z drutów okrągłych skręconych współosiowo. (ze zmianą AC:2006)
71. PN-EN 50317:2003 Zastosowania kolejowe. Systemy odbioru prądu. Wymagania dotyczące walidacji wyników pomiarów oddziaływania dynamicznego pomiędzy pantografem a siecią jezdnią górną. (ze zmianami: A1:2005, A2:2007)
72. PN-EN 50318:2003 Zastosowania kolejowe. Systemy odbioru prądu. Walidacja symulacji oddziaływania dynamicznego pomiędzy pantografem a siecią jezdnią górną.
73. PN-EN 50328:2003 Zastosowania kolejowe. Urządzenia stacyjne. Elektroniczne przekształtniki mocy dla podstacji. (ze zmianą AC:2007)
74. PN-EN 50329:2003 Zastosowania kolejowe. Urządzenia stacyjne. Transformatory trakcyjne. (ze zmianą AC:2007)
75. PN-EN 50367:2006 Zastosowania kolejowe – Systemy odbioru prądu – Kryteria techniczne dotyczące wzajemnego oddziaływania między pantografem a siecią jezdnią górną (w celu uzyskania wolnego dostępu).
76. PN-EN 50388:2008 Zastosowania kolejowe – Zasilanie energią a tabor – Kryteria techniczne dotyczące koordynacji zasilania energią (podstacja) z taborem w celu uzyskania interoperacyjności.
77. PN-EN 50423-1:2007 Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV do 45 kV włącznie – Część 1: Wymagania ogólne – Specyfikacje wspólne.
78. PN-EN 50423-2:2005 Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV do 45 kV włącznie. Część 2: Wykaz normatywnych warunków krajowych.
79. PN-EN 60071-1:2008 Koordynacja izolacji – Część 1: Definicje, zasady i reguły.
80. PN-EN 60071-2:2000 Koordynacja izolacji. Przewodnik stosowania.
81. PN-EN 60099-5:1999 Ograniczniki przepięć. Zalecenia wyboru i stosowania. (ze zmianą A1:2004)
82. PN-EN 60383-1:2005 Izolatory do linii napowietrznych o znamionowym napięciu powyżej 1 kV. Część 1: Ceramiczne i szklane izolatory do sieci prądu przemiennego. Definicje, metody badań i kryteria oceny wyników.
83. PN-EN 61293:2000 Znakowanie urządzeń elektrycznych danymi znamionowymi dotyczącymi zasilania elektrycznego.
84. PN-H-82120:1977 Miedź. Gatunki.

- |                               |                                                                                                                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 85. PN-H-84018:1986           | Stal niskostopowa o podwyższonej wytrzymałości – Gatunki.                                                                  |
| 86. PN-IEC<br>60364-4-41:2000 | Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych –<br>Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona<br>przeciwporażeniowa. |
| 87. PN-IEC 1089:1994          | Przewody gołe okrągłe o skręcie regularnym do linii<br>napowietrznych. (ze zmianami: Ap1:1999, A1:2000)                    |
| 88. PN-K-89000:1997           | Sieć trakcyjna kolejowa. Osprzęt. Tablice ostrzegawcze przed<br>porażeniem prądem elektrycznym.                            |
| 89. PN-K-91001:1997           | Elektryczne pojazdy trakcyjne. Odbieraki prądu. Wymagania<br>i metody badań.                                               |
| 90. PN-K-91002:1997           | Sieć trakcyjna kolejowa. Osprzęt. Ogólne wymagania i metody<br>badań.                                                      |
| 91. Karta UIC<br>799 2002-3   | Characteristics of a.c. overhead contact systems for<br>high-speed lines worked at speeds of over 200 km/h                 |
| 92. N SEP-E-003               | Elektroenergetyczne linie napowietrzne.                                                                                    |
| 93. N SEP-E-004               | Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe.<br>Projektowanie i budowa.                                             |
| 94. BN-76/3500-12             | Sieć trakcyjna kolejowa. Symbole graficzne i oznaczenia.                                                                   |
| 95. BN-75/8939-08             | Sieć trakcyjna kolejowa. Podział, nazwy i określenia                                                                       |
| 96. BN-69/9317-75             | Osprzęt. Tablica numerowa                                                                                                  |
| 97. BN-77/9317-115            | Sieć trakcyjna kolejowa. Człon osłony przed porażeniem<br>prądem.                                                          |
| 98. BN-85/9317-90             | Sieć trakcyjna kolejowa. Roboty fundamentowo-słupowe.<br>Wymagania i badania przy odbiorze.                                |
| 99. BN-85/9317-92             | Sieć trakcyjna kolejowa. Sieć jezdna i powrotna. Wymagania<br>i badania przy odbiorze.                                     |
| 100. ZN-87/MTŻiŁ-CBP-11       | Sieć trakcyjna kolejowa. Stalowe konstrukcje wsporcze.<br>Obliczenia statyczne i projektowanie.                            |

Wskazane powyżej normy branżowe (BN), zakładowe (ZN) oraz inne nie zatwierdzone przez Polski Komitet Normalizacyjny, mogą być stosowane jako źródło informacji, w zakresie wynikającym z przywołań niniejszego opracowania.

### **1.8. Ocena zgodności i zakres koniecznych zmian lub uzupełnień w przepisach krajowych**

Przepisy w postaci dyrektyw UE, krajowych aktów prawnych takich jak ustawy, rozporządzenia, wytyczne, instrukcje itp. związane z zasilaniem elektroenergetycznym oraz



budową i eksploatacją obiektów elektroenergetycznych, wysokiego i średniego napięcia, a także normy krajowe i międzynarodowe, karty UIC i IEC, odnoszące się do tej grupy zagadnień są zestawione w punkcie 1.7.

Wśród przepisów międzynarodowych dominującą rolę dla procesów projektowania i odbioru oraz atestacji odgrywają Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności dla podsystemów: energia, infrastruktura, tabor i sterowanie.

Wymagania dyrektyw UE i TSI stanowiących załączniki do tych dokumentów odnoszą się przede wszystkim do zagadnień interoperacyjności, kompatybilności, bezpieczeństwa urządzeń i ochrony przeciwporażeniowej. Ponadto przepisy te stanowią ogólne wymagania dotyczące dostępności i obsługi urządzeń, niezawodności i eksploatacji oraz regulują procedury atestacji, certyfikacji i rejestrów infrastruktury. Przepisy te nie posiadają równorzędnych odpowiedników w ustawodawstwie krajowym i są w stosunku do tego ustawodawstwa nadrzędne w zakresie dotyczącym europejskiego systemu linii dużych prędkości i europejskiego systemu linii konwencjonalnych.

Przepisy i normy międzynarodowe (TSI, normy PN-EN, Karty UIC i IEC) nie zalecają stosowania szczegółowych rozwiązań konstrukcyjnych, poza przypadkami, w których rozwiązania te mają znaczenie dla interoperacyjności (np. odcinki izolowane sieci jezdnej, stykowanie różnych systemów zasilania itp.), pozostawiając w tym względzie dowolność poszczególnym zarządom infrastruktury kolejowej. Wymagania i zalecenia zawarte w tych przepisach odnoszą się tylko i wyłącznie do określonych parametrów poszczególnych podsystemów transportu kolejowego.

Przepisy i normy krajowe, szczególnie branżowe, odnoszą się do maksymalnych prędkości jazdy pociągów wynoszących 160-200 km/h. W związku z powyższym konieczne będzie ich zaktualizowanie, bądź uzupełnienie o wymagania i zalecenia dla prędkości jazdy z przedziału 200-350 km/h.

Powyższe stwierdzenie dotyczy w szczególności takich dokumentów jak:

- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie – Dz.U. 1998 nr 151 poz. 987 [16] – w zakresie: podziału linii na kategorie, skrajni i wygrodzeń,
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lipca 2005 r. w sprawie ogólnych warunków prowadzenia ruchu kolejowego i sygnalizacji – Dz.U. 2005 nr 172 poz. 1444 [19] – w zakresie urządzeń srk i oznakowania linii,
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz

urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach – Dz.U. 2003 nr 220 poz. 2181 [20] – w zakresie urządzeń srk i oznakowania skrzyżowań,

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego – Dz.U. 2007 nr 93 poz. 623 [23],
- let-2 (Et-2) „Instrukcja utrzymania sieci trakcyjnej”, zatwierdzona Zarządzeniem Nr 9 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 30 czerwca 2004 r. [30] – w zakresie systemów sygnalizacji,
- Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D-1), PKP PLK S.A. Warszawa 2005 [38] – w zakresie skrajni budowli,
- Katalog elementów elektryfikacji kolei. Sieć trakcyjna PKP. Podwieszenia rurowe. Podwieszenia teownikowe. Centralne Biuro Projektowo Badawcze Budownictwa Kolejowego „KOLPROJEKT” Sp. z o.o., PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2004 [39] – w zakresie wyposażenia,
- standardów, wytycznych dotyczących uszynień i uziemień oraz ochrony ziemnozwarciowej, instrukcji bezpieczeństwa przy prowadzeniu robót i remontów, wytycznych projektowania jedno i dwufazowych linii zasilaczy trakcyjnych, a także zaleceń konstrukcji montażu i eksploatacji łączników dwuobwodowych (wyłączniki mocy, rozłączniki, odłączniki, uziemniki) dla napięć 25, 42 i 50 kV oraz konstrukcji izolatorów przelotowych, wsporczych i liniowych dla wymienionych napięć.

Przepisy wykonawcze wynikające z ustawy Prawo Energetyczne [7] i Rozporządzenia Ministra Gospodarki w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego [23] dotyczą linii elektroenergetycznych bezpośrednich, to jest połączonych bez pośredniczących węzłów z systemem elektroenergetycznym dystrybutora. W układach zasilania 2×25 kV europejskich linii kolejowych powszechnie stosowane są linie wewnętrzne, będące w dyspozycji zarządcy kolejowej infrastruktury elektroenergetycznej.

### **1.9. Rekomendacje i zalecenia ogólne**

Istnieje szereg rozwiązań obwodów zasilania systemu trakcji elektrycznej 25 kV AC omówionych w literaturze i spotykanych w eksploatacji linii kolejowych (patrz pkt 2 oraz komentarz do niniejszych Wytycznych), z których każde charakteryzuje się specyficznym rozwiązaniem obwodu elektrycznego i konstrukcją stosowanych transformatorów oraz poziomem asymetrii obciążenia linii zasilających. Głównym aspektem wpływającym na wybór określonego rozwiązania obwodu jest wpływ jego niesymetrycznego obciążenia na asymetrię napięć w zasilającym systemie elektroenergetycznym.

Każde z rozwiązań konstrukcyjnych charakteryzuje się specyficzną wartością współczynnika asymetrii  $\alpha_u$  i wartością mocy asymetrii  $N$ , zależnych od układu połączeń transformatora (komentarz do wytycznych), związanych zależnością:

$$S_{zw} \times \alpha_u \geq N \times 100\%$$

(1)

pozwalającą na oszacowanie wartości  $\alpha$  lub  $N$  w zależności od mocy zwarciowej  $S_{zw}$ , gdzie:

$\alpha_u$  – dopuszczalna wartość współczynnika asymetrii napięcia: 1,0 [%],

$S_{zw}$  – moc zwarciowa we wspólnym węźle elektroenergetycznej sieci zasilającej [MVA],

$N$  – całkowita moc asymetrii obciążenia sieci zasilającej [MVA].

W przypadku odpowiednich wartości mocy zwarciowych elektroenergetycznego systemu zasilającego, zapewniających spełnienie zależności (1), dla najprostszych układów połączeń transformatorów (jednofazowych lub trójfazowych), nie ma uzasadnienia stosowania bardziej złożonych i znacznie droższych transformatorów o układach połączeń Woodgridge'a, Scott'a lub Le Blanc'a, będących w istocie pasywnymi filtrami składowej przeciwnej o ograniczonych możliwościach filtracji. Ze względu na koszty, względnie prostą technologię produkcji oraz możliwości stosowania typowych systemów zabezpieczeń, na liniach dużych prędkości powszechnie stosowane są transformatory jednofazowe lub trójfazowe o jednym, dwóch (niepełna gwiazda lub trójkąt) lub trzech uzwojeniach wtórnych.

Rekomenduje się w analizie struktury obwodu układu zasilania, dokonania wyboru rozwiązania najlepszego w oparciu o kryteria całkowitego kosztu oraz uzyskania wymaganej wartości współczynnika asymetrii, spośród wymienionych niżej rozwiązań:

- a) transformatory trójfazowe,
- b) transformatory jednofazowe,
- c) transformatory specjalne,
- d) transformatory typowe jedno lub trójfazowe z filtrami pasywnymi składowej przeciwnej,
- e) transformatory typowe jedno lub trójfazowe z filtrami aktywnymi składowej przeciwnej.

Odnosnie sieci jezdnej zaleca się stosowanie już opracowanych i skatalogowanych rozwiązań osprzętu i konstrukcji wsporczych w sytuacji, jeżeli elementy te spełniają wymagane kryteria. Katalog winien być uzupełniony o rozwiązania nowe niestosowane dotychczas, a specyficzne dla sieci jezdnej bardzo dużych prędkości jazdy, zasilanej napięciem 25 kV AC.

Należy podkreślić, że system zasilania 25 kV AC jest dla kolei polskich systemem dotąd niestosowanym i pierwsze wdrożenia wymagać będą wykonania opracowań o charakterze badawczym w celu dopracowania i uściślenia rozwiązań konstrukcyjnych dotyczących zarówno sieci jezdnej jak i układu zasilania.

Jednym z tematów wymagających dopracowania będzie zapewne spełnienie wszystkich wymagań dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej, określonych w normach: PN-EN 50121-1:2008 [61], PN-EN 50121-2:2006 [62].

## 2. Projektowanie układów zasilania

Układ zasilania linii dużych prędkości zgodnie z Decyzją Komisji UE 2008/284/WE z dnia 6 marca 2008 r. dotycząca specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu „Energia” transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości [10] należy zaprojektować w taki sposób, aby spełniał on wymagane parametry eksploatacyjne, a w szczególności:

- prędkość na linii kolejowej,
- minimalny dopuszczalny odstęp czasowy między pociągami,
- maksymalny prąd pobierany przez pociąg,
- współczynnik mocy pociągów,
- rozkład jazdy i planowanych czynności obsługowych,
- średnie napięcie użyteczne, odpowiednio do danej kategorii linii.

Zarządca infrastruktury w rejestrze infrastruktury deklaruje prędkość dla danej linii oraz maksymalny prąd pobierany przez pociąg. Konstrukcja systemu elektroenergetycznego powinna gwarantować możliwość uzyskania określonych parametrów pracy systemu zasilania.

Obliczone napięcie średnie „na pantografie” powinno być zgodne z wymaganiami normy PN-EN 50388:2008 [76], punkty 8.3 i 8.4, przy zastosowaniu parametrów projektowych dla współczynnika mocy podanych w PN-EN 50388:2008 [76], punkt 6, z wyjątkiem dotyczącym pociągów hotelowych stojących na placach i bocznicach, do których specyfikacje podane są w TSI „Tabor” dla kolei dużych prędkości [11], punkt 4.2.8.3.3.

Ocenę zgodności należy przeprowadzić według normy PN-EN 50388:2008 [76], punkty 14.4.1, 14.4.2 (tylko symulacja) oraz 14.4.3.

### 2.1. Układy zasilania w systemie 25 kV AC 50 Hz

W załącznikach do niniejszych Wytycznych zamieszczone są schematy z przykładowymi rozwiązaniami obwodów układu zasilania, podstacji trakcyjnych, stacji autotransformatorowych, transformatorów, kabin sekcyjnych, sekcjonowania sieci jezdnej. Szersze omówienie zagadnień ujętych w niniejszych Wytycznych zamieszczone jest w komentarzu.

#### 2.1.1. Schematy elektryczne układu zasilania

Określenie „system zasilania” odnosi się do rodzaju zasilania sieci trakcyjnej i obejmuje następujące parametry:

- rodzaj źródła zasilającego (AC),

- wartość napięcia,
- częstotliwość napięcia zasilającego (odnosi się do AC).

Określenie „układ zasilania” odnosi się do schematu głównego toru prądowego obwodu zasilania i określa jego podstawowe wyposażenie oraz układ przewodów sieci trakcyjnej zasilającej i powrotnej.

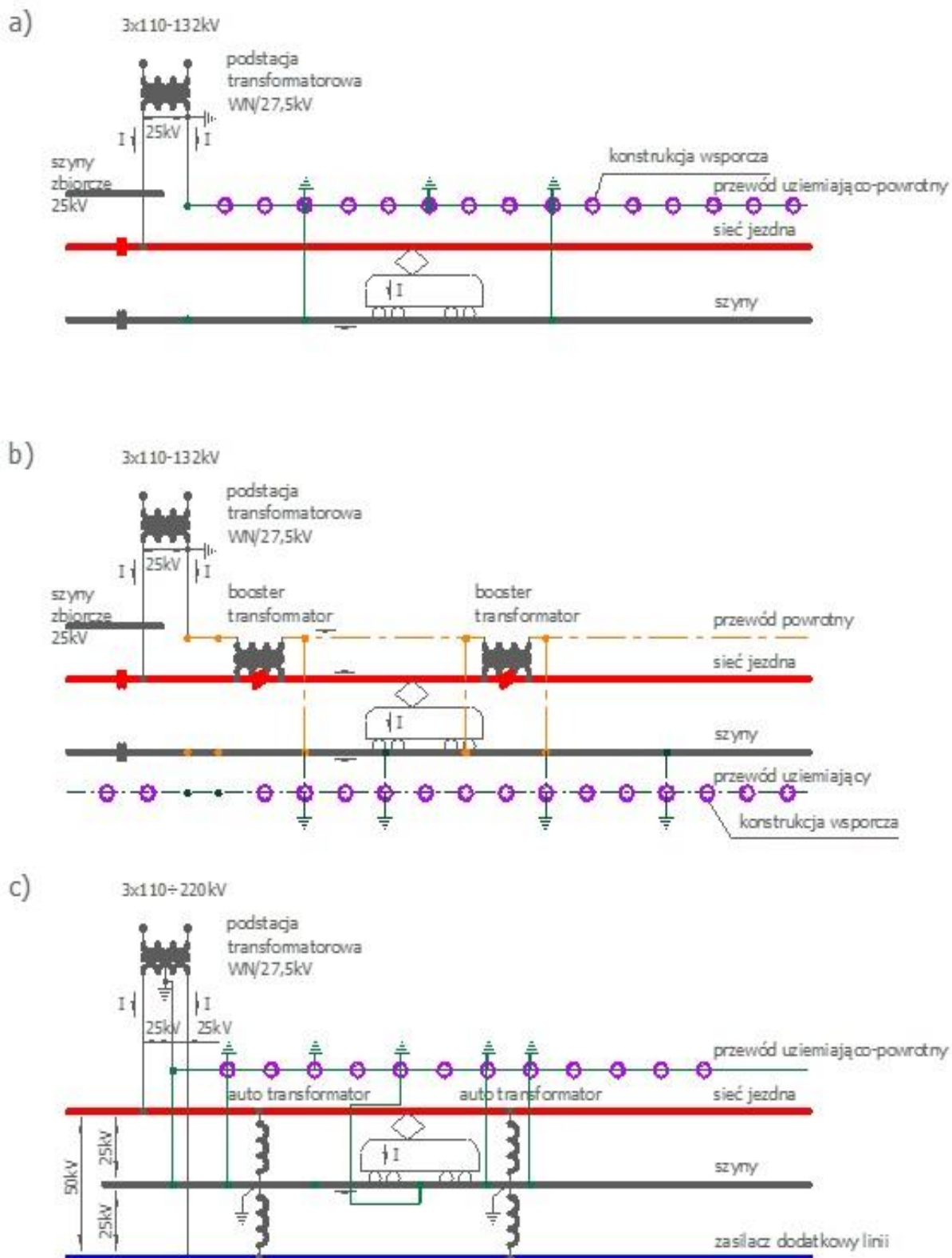
System zasilania trakcji elektrycznej 25 kV AC występuje w wielu rozwiązaniach układowych, które mogą być stosowane na każdej linii dużej prędkości łącznie, np. tory główne zasadnicze i szlakowe należy elektryfikować w układzie 2×25 kV, natomiast tory boczne dodatkowe, tory postojowe, odstawcze itp. w układzie 1×25 kV. Najczęściej stosowane w eksploatacji rozwiązania są scharakteryzowane w punktach 2.1.1.1. do 2.1.1.4.

W zależności od przyjętej zasady znakowania urządzeń elektrycznych danymi znamionowymi, spotkać można różne oznakowanie tych systemów. W specjalistycznej prasie zagranicznej można dla systemu zasilania 1×25 kV natknąć się na oznaczenie 1 AC 25 kV. System 2×25 kV może mieć oznaczenie 2 AC 50/25 kV 50 Hz, 2 AC 43,3/25 kV 50 Hz lub 2 AC 35,4/25 kV 50 Hz, co wynikać może z przesunięcia kąтового (180°, 120° lub 90°) pomiędzy fazami strony wtórnej zastosowanych transformatorów głównych. Oznaczenia odpowiadały zasadzie znakowania określonej w normie PN-EN 61293:2000 [83].

- 2.1.1.1. Układ zasilania jednofazowy 25 kV (prosty) jest zasilany z transformatorów głównych podstacji trakcyjnej, przy czym zasilająca sieć jezdna znajduje się pod potencjałem fazy a przewodem powrotnym są szyny jezdne. Punkty zerowe wtórnej strony transformatorów głównych podstacji trakcyjnej są uziemione i połączone z szynami jezdny. Obecnie nie buduje się nowych układów zasilania w takiej konfiguracji z uwagi na występujące duże upływności prądu do ziemi, wysokie potencjały sieci szynowej i duże wartości napięć dotykowych konstrukcji wsporczych w przypadku uszkodzenia izolacji głównej sieci jezdnej.
- 2.1.1.2. Układ zasilania jednofazowy 25 kV z przewodem uziemiająco-powrotnym jest zasilany podobnie jak układ prosty (pkt 2.1.1.1), z tym, że jest wyposażony w przewód powrotny będący jednocześnie przewodem ochronnym. Przewód uziemiająco-ochronny jest podwieszony bez izolacji na konstrukcjach wsporczych sieci jezdnej, łączy się z szynami i jest celowo uziemiony. Szyny jezdne i przewód uziemiająco-ochronny są połączone z uziemieniem podstacji trakcyjnej, do którego przyłączone są także punkty zerowe transformatorów głównych. Układ ten jest stosowany na liniach o niższych prędkościach jazdy (II i III kategoria linii według TSI „Infrastruktura” dla kolei dużych prędkości oraz tory boczne na liniach I kategorii), ze względu na występujące w nim stosunkowo duże spadki napięcia

przy zasilaniu lokomotyw o dużych mocach. Ponadto charakteryzuje się on stosunkowo dużą upływnością prądów powrotnych do ziemi szczególnie przy dużych mocach pobieranych przez lokomotywy. Uproszczony schemat zasilania sieci jezdnej i sieci powrotnej jest zamieszczony na rysunku 2.1.1.a).

- 2.1.1.3. Układ zasilania jednofazowy 25 kV z booster transformatorami charakteryzuje się dobrymi właściwościami sieci powrotnej przez zastosowanie transformatorów o charakterystyce przekładników prądowych, których uzwojenie pierwotne jest włączone szeregowo w sieć jezdnią (wymaga to instalowania przerwy izolacyjnej), a uzwojenie wtórne w ciągu izolowanego od szyn jezdnych i ziemi przewodu powrotnego, który jest łączony dwustronnie z szynami w miejscu zainstalowania booster transformatora. Pierwotnie instalowano booster transformatory w przerwie izolacyjnej szyn jezdnych, jednakże rozwiązanie to okazało się nieefektywne. Układ jest ponadto wyposażony w przewód ochronny podwieszony bez izolacji na konstrukcjach wsporczych sieci jezdnej połączony z szynami i celowo uziemiony. Pozostałe elementy układu zasilania są identyczne jak w układzie omówionym poprzednio, a więc szyny jezdne, przewody powrotne i ochronny są połączone z uziemieniem podstacji trakcyjnej, do którego są przyłączone punkty zerowe uzwojeń wtórnych transformatorów głównych. Wadą tego układu zasilania jest konieczność częstego izolowania wzdłużnego sieci jezdnej dla zainstalowania booster transformatorów (co 2÷3 km), przez co pogarszają się warunki współpracy z pantografem. Uproszczony schemat zasilania sieci jezdnej i sieci powrotnej jest zamieszczony na rysunku 2.1.1.b).
- 2.1.1.4. Układ zasilania dwufazowy 2×25 kV z autotransformatorami jest jedną z konfiguracji powszechnie stosowanych układów dwufazowych o różnych napięciach zasilacza dodatkowego. Jest to układ charakteryzujący się dużymi zdolnościami przesyłowymi mocy i energii, niewielkimi wartościami spadków napięć i bardzo niewielkimi prądami upływu z sieci powrotnej do ziemi. Układ ten jest stosowany jako podstawowy na liniach o prędkościach jazdy powyżej 300 km/h. Ponieważ jest rekomendowany w niniejszych Wytycznych do stosowania przez Zamawiającego, jego szczegółowe parametry i właściwości są dokładnie omówione w dalszej części Wytycznych. Uproszczony schemat zasilania sieci jezdnej i sieci powrotnej jest zamieszczony na rysunkach 2.1.1.c).
- 2.1.1.5. Z uwagi na występujące zjawisko asymetrii napięć fazowych w elektroenergetycznej sieci zasilającej WN należy stosować przemiennosc faz linii zasilającej transformatory w podstacjach trakcyjnych.



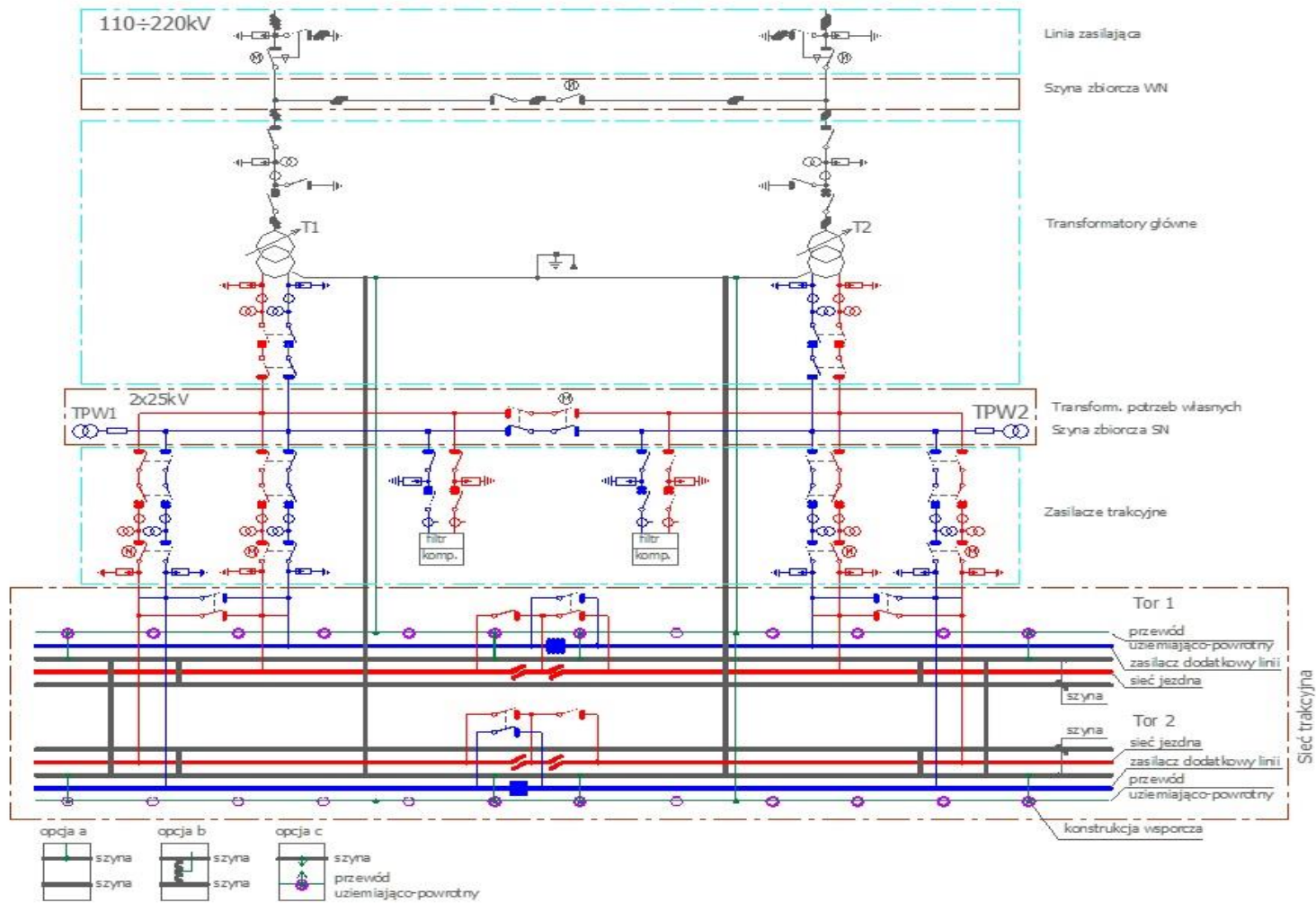
Rysunek 2.1.1. Schematy poglądowe układów zasilania 25 kV 50 Hz i 2×25 kV 50 Hz AT

- a) prosty schemat jednofazowy, zasilanie sieci jezdnej;
- b) prosty schemat jednofazowy z booster transformatorem;
- c) system dwufazowy z autotransformatorem;



## 2.1.2. Podstacje trakcyjne i kabiny sekcyjne

- 2.1.2.1. Ze względu na wymaganą wysoką niezawodność zasilania podstacje trakcyjne powinny mieć dwa niezależne równoważne źródła zasilania w energię elektryczną (dwie różne stacje rozdzielcze lub dwa niezależne układy szyn zbiorczych jednej stacji zasilane z oddzielnych transformatorów lub autotransformatorów). Zasilanie podstacji trakcyjnych może być wykonane w układzie tranzytowym, który spełnia wymagania niezawodności. Napięcie zasilania podstacji trakcyjnych powinno wynosić 110 kV (transformatory 110/25/25 kV) lub 220 kV (transformatory 220/25/25 kV). Rezerwa w mocy zainstalowanych transformatorów głównych podstacji trakcyjnej powinna wynosić 100%.
- 2.1.2.2. Ze względu na niesymetryczny charakter odbioru, jakim jest system trakcji elektrycznej prądu przemiennego 25 kV, wspólny punkt przyłączenia (węzeł sieci elektroenergetycznej) powinien być zlokalizowany na szynach zbiorczych węzła sieci elektroenergetycznej o napięciu nie mniejszym od 220 kV.
- 2.1.2.3. Układ linii zasilających, rozdzielni WN 110 kV (220 kV) i rozdzielni SN 2×25 kV powinien umożliwiać zasilanie każdego odcinka sieci trakcyjnej z jednej dowolnej linii zasilającej.
- 2.1.2.4. Sieć trakcyjną 2×25 kV lub 1×25 kV należy zasilać jednostronnie z każdej podstacji trakcyjnej, przy czym na liniach dwutorowych równoległe odcinki sieci trakcyjnej (oraz zasilacze dodatkowych linii) należy zasilać z tej samej fazy rozdzielni 25 kV (lub 2×25 kV). W projekcie należy uwzględnić możliwość zasilania awaryjnego przez sieć obszaru zasilania sąsiedniej podstacji trakcyjnej.
- 2.1.2.5. Zaleca się zasilanie odcinków sieci trakcyjnej i zasilaczy dodatkowych linii każdego z torów na lewo i na prawo od podstacji trakcyjnej przez oddzielne zasilacze trakcyjne wyprowadzone z rozdzielni 25 kV, podłączone do różnych faz.
- 2.1.2.6. Podstacje trakcyjne zaleca się projektować w wykonaniu napowietrznym (rozdzielnie i transformatory). Należy przewidzieć budynek lub kontener dla układów sterowania, automatyki i pomiarów, rozdzielni potrzeb własnych oraz dla personelu serwisowego. Przykładowy schemat obwodu głównego podstacji trakcyjnej wraz z przyłączami do publicznej sieci elektroenergetycznej i do sieci trakcyjnej jest zamieszczony na rysunku 2.1.2. Dopuszczalne jest również stosowanie rozdzielni w wykonaniu wnetrzowym.
- 2.1.2.7. W układach zasilania 2×25 kV należy stosować kabiny sekcyjne pośrednie i krańcowe (rys. 2.1.3 i 2.1.4).



Rysunek 2.1.2, Schemat elektryczny podstacji trakcyjnej 2x25 kV

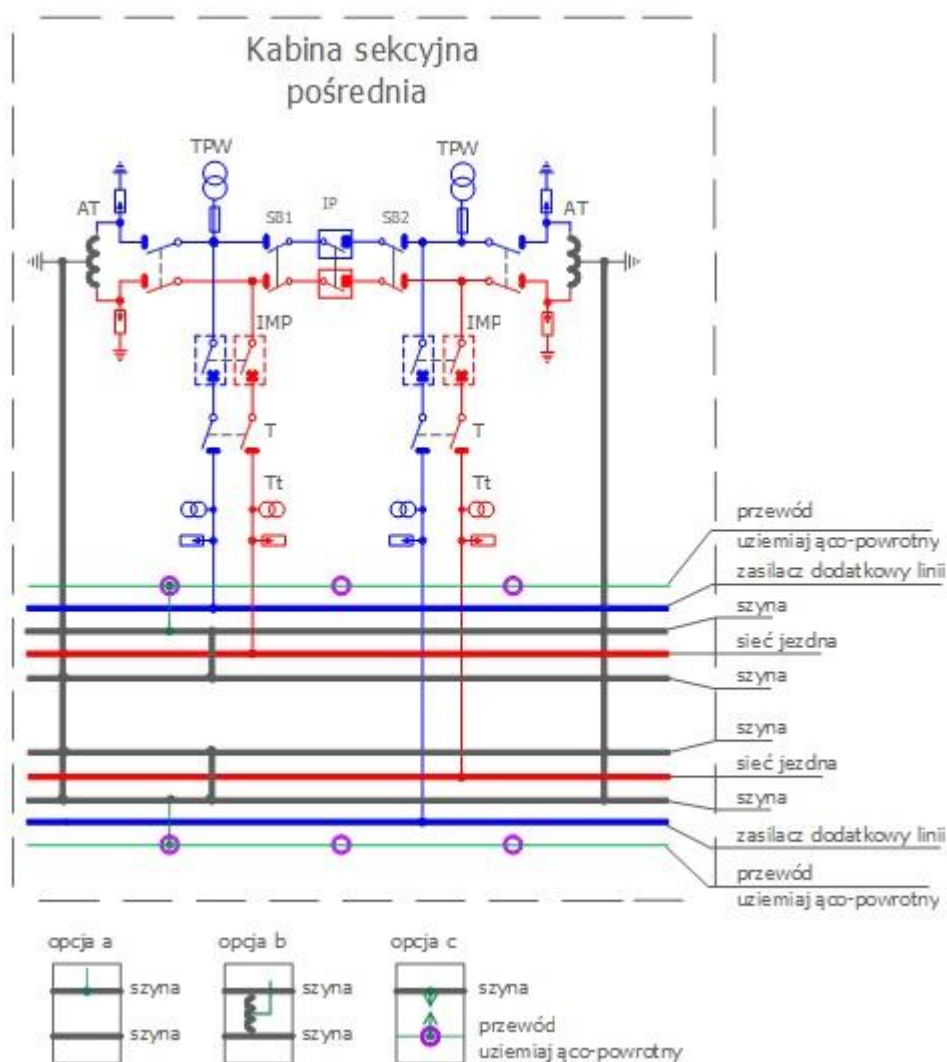
(zastosowane symbole graficzne odpowiadają bibliotece symboli PNE dla narzędzi informatycznych służących do rysowania schematów elektrycznych)

### **2.1.3. Sekcjonowanie sieci jezdnej i układu zasilania, kabiny sekcyjne**

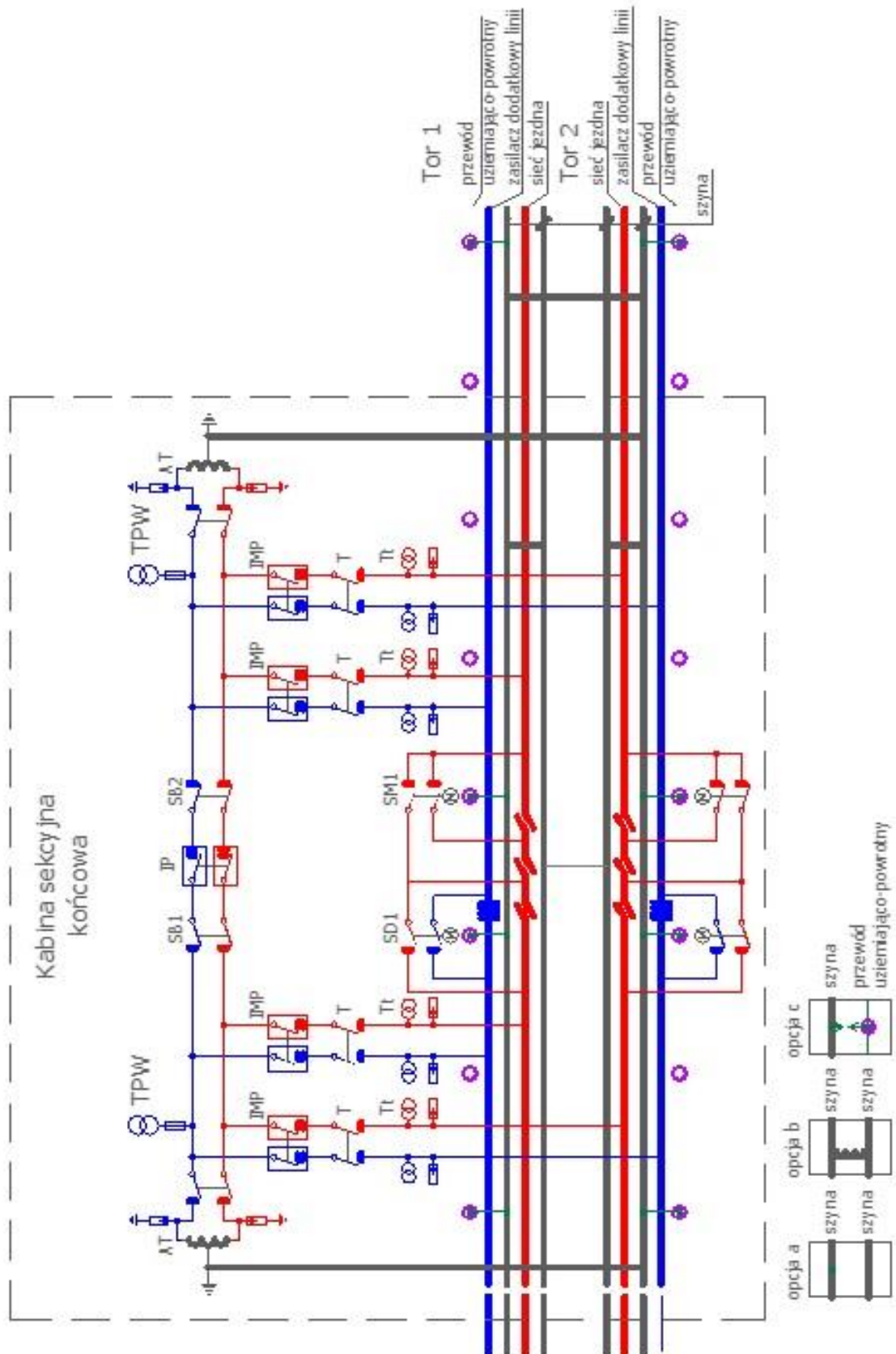
- 2.1.3.1. Do sekcjonowania wzdłużnego sieci jezdnej należy stosować w torach szlakowych i głównych zasadniczych tylko izolowane przęsła naprężenia.
- 2.1.3.2. Sekcjonowanie wzdłużne w punktach styku obszarów zasilania sąsiednich podstacji trakcyjnych i zmiany faz na sąsiadujących odcinkach należy wykonać z zastosowaniem sekcji separacji faz z wstawką neutralną (pkt 3.2.2.5 Wytucznych). Analogicznie w punktach styku systemu 2×25 kV z innymi systemami zasilania należy stosować sekcje separacji systemów z wstawką neutralną (pkt 3.2.2.6 Wytucznych).
- 2.1.3.3. Sieci jezdne i zasilacze dodatkowe linii, torów linii dwutorowej, powinny być od siebie wzajemnie odizolowane poprzecznie.
- 2.1.3.4. Zasilacze dodatkowe linii są sekcjonowane i w każdym przyłączu do podstacji trakcyjnej są wprowadzane do rozdzielni SN.
- 2.1.3.5. Sekcjonowanie sieci jezdnej w obszarach stacji należy wykonać wykorzystując izolowane przęsła naprężenia w sieci torów głównych zasadniczych i izolatory sekcyjne w sieci jezdnej pozostałych torów. Łączniki sekcyjne (rozłączniki mocy) należy instalować w rozdzielniach stacyjnych, oddzielnych dla każdej z głowic stacji. Połączenia pomiędzy rozdzielnią i siecią jezdnią zaleca się wykonywać jako kablowe.
- 2.1.3.6. Przewód uziemiająco-powrotny powinien w obrębie stacji zachować ciągłość elektryczną w torach głównych zasadniczych. Dla torów głównych dodatkowych i bocznych zaleca się prowadzenie dodatkowych przewodów uziemiająco-powrotnych, połączonych elektrycznie z przewodami torów głównych zasadniczych. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się przyłączanie pojedynczych konstrukcji wsporczych do przewodów uziemiająco-powrotnych torów sąsiednich, jednakże długość tych połączeń nie powinna przekraczać 50 m.
- 2.1.3.7. W obrębie stacji przewód zasilacza dodatkowego linii należy poprowadzić obejściem z pominięciem wszystkich lokalnych połączeń sieci jezdnej.
- 2.1.3.8. W układzie zasilania 2×25 kV (pomiędzy podstacją trakcyjną i końcem odcinka zasilania) nie zaleca się stosowania kabin sekcyjnych innych niż stacje autotransformatorowe.
- 2.1.3.9. Rolę połączeń poprzecznych w układzie zasilania 2×25 kV spełniają instalowane przeciętnie co 10 km stacje autotransformatorowe (spełniają rolę pośrednich kabin

sekcyjnych). Schemat przyłącza stacji transformatorowej (pośredniej kabiny sekcyjnej) do sieci trakcyjnej jest zamieszczony na rysunku 2.1.3.

- 2.1.3.10. W punktach styku z obszarami zasilania sąsiednich podstacji trakcyjnych należy instalować krańcowe kabiny sekcyjne z autotransformatorami i przerwą izolacyjną w sieci jezdnej (sekcja separacji faz z wstawką neutralną) oraz z przerwą w obwodzie zasilacza dodatkowego. Kabina sekcyjna krańcowa powinna zapewniać możliwość przełączenia zasilania na sąsiedni odcinek zarówno przez sieć jezdnią jak i zasilacz dodatkowy. Poglądowy schemat przyłącza krańcowej kabiny sekcyjnej do sieci trakcyjnej jest zamieszczony na rysunku 2.1.4. Stykowanie obszarów zasilania jest omówione w pkt 2.1.6 i 3.2.2.5.



Rysunek 2.1.3. Schemat elektryczny pośredniej kabiny sekcyjnej.



Rysunek 2.1.4. Schemat elektryczny krańcowej kabiny sekcyjnej

## 2.1.4. Zasilanie z sieci energetyki publicznej

### 2.1.4.1. Wymagania ogólne

Warunki techniczne, jakie powinny spełniać przyłączane do sieci dystrybucyjnej urządzenia, instalacje i sieci określa Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej (dalej IRiESD) właściwego Operatora Systemu Dystrybucyjnego (dalej OSD).

W przypadku przyłączenia do sieci przesyłowej, przyłączana sieć powinna spełniać warunki określone w Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej (dalej IRiESP) [26].

Podmioty ubiegające się o przyłączenie do sieci dystrybucyjnej lub przesyłowej urządzeń, instalacji i sieci są zobowiązane do projektowania obiektów, urządzeń, instalacji i sieci zgodnie z powszechnie obowiązującymi przepisami oraz w oparciu o otrzymane warunki przyłączenia.

Warunki przyłączenia określają w szczególności:

- a) miejsce przyłączenia;
- b) miejsce dostarczania energii elektrycznej;
- c) moc przyłączeniową;
- d) rodzaj przyłącza;
- e) zakres niezbędnych zmian w sieci związanych z przyłączeniem;
- f) dane znamionowe urządzeń, instalacji i sieci oraz dopuszczalne graniczne parametry ich pracy;
- g) dopuszczalny poziom zmienności parametrów technicznych energii elektrycznej;
- h) miejsce zainstalowania układu pomiarowo-rozliczeniowego;
- i) wymagania dotyczące układu pomiarowo-rozliczeniowego i systemu pomiarowo-rozliczeniowego;
- j) rodzaj i usytuowanie zabezpieczenia głównego, dane znamionowe oraz niezbędne wymagania w zakresie elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej i systemowej;
- k) dane umożliwiające określenie w miejscu przyłączenia wartości prądów:
  - zwarć wielofazowych i czasów ich wyłączenia,
  - zwarcia doziemnego i czasów ich wyłączenia lub trwania;
- l) wymagany stopień skompensowania mocy biernej;
- m) wymagania w zakresie:
  - dostosowania przyłączanych urządzeń, instalacji lub sieci do systemów sterowania dyspozytorskiego,

- przystosowania układu pomiarowo-rozliczeniowego do systemów zdalnego odczytu danych pomiarowych,
  - zabezpieczenia sieci przed zakłóceniami elektrycznymi powodowanymi przez urządzenia, instalacje lub sieci wnioskodawcy,
  - wyposażenia urządzeń, instalacji lub sieci, niezbędnego do współpracy z siecią, do której ma nastąpić przyłączenie;
- n) możliwości dostarczania energii elektrycznej w warunkach odmiennych od standardowych;
- o) dane i informacje dotyczące sieci niezbędne w celu doboru systemu ochrony przed porażeniami w instalacji lub sieci podmiotu, którego instalacje lub sieci będą przyłączane.

Przyłączane urządzenia, instalacje i sieci, muszą spełniać także wymagania określone w odrębnych przepisach, w szczególności przepisach: prawa budowlanego, o ochronie przeciwporażeniowej, o ochronie przeciwprzepięciowej, o ochronie przeciwpożarowej, o systemie oceny zgodności, w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego [23] oraz w przepisach dotyczących technologii wytwarzania energii.

- 2.1.4.2. Wybór napięcia zasilającego (110 kV lub 220 kV) powinien być dokonany w oparciu o analizę struktury układu zasilania (ew. warianty) oraz ekspertyzę wpływu projektowanego układu zasilania trakcji elektrycznej 25 kV na krajowy system elektroenergetyczny (pkt 4.3.2.1.).
- 2.1.4.3. Pożądane jest po transformacji 220/110 kV, 400/110 kV lub 400/220 kV zasilanie podstacji trakcyjnych liniami 110 kV (lub o napięciu wyższym) przeznaczonymi wyłącznie do zasilania linii kolejowej i stanowiącymi energetyczną infrastrukturę kolejową.
- 2.1.4.4. Projekt układu zasilania winien zawierać część dotyczącą zasilania w energię elektryczną łącznie z przyłączami do sieci napięć 110 kV, 220 kV lub 400 kV.
- 2.1.4.5. Projekt elektryfikacji linii kolejowej w systemie 2×25 kV powinien zakładać jako rozwiązanie docelowe zasilanie podstacji z dwóch niezależnych linii 110 kV lub 220 kV o jak najwyższym stopniu niezawodności.
- 2.1.4.6. Układ pracy przyłączanej sieci, dobór aparatury i jej parametry, a w szczególności wymagania dotyczące układów automatyki zabezpieczeniowej, układów pomiarowo-rozliczeniowych, telemechaniki i łączności oraz współpracy systemów sterowania dyspozytorskiego są szczegółowo określone przez OSD lub OSP (Operatora Systemu Przesyłowego) w zależności od miejsca przyłączenia.

Przyłączane do sieci dystrybucyjnych lub przesyłowych urządzenia, instalacje i sieci podmiotów ubiegających się o przyłączenie, muszą spełniać wymagania techniczne i eksploatacyjne zapewniające:

- 1) bezpieczeństwo funkcjonowania systemu elektroenergetycznego,
- 2) zabezpieczenie systemu elektroenergetycznego przed uszkodzeniami spowodowanymi niewłaściwą pracą przyłączonych urządzeń, instalacji i sieci,
- 3) zabezpieczenie przyłączonych urządzeń, instalacji i sieci przed uszkodzeniami w przypadku awarii lub wprowadzenia ograniczeń w poborze lub dostarczaniu energii,
- 4) dotrzymanie w miejscu przyłączenia urządzeń, instalacji i sieci parametrów jakościowych energii,
- 5) spełnianie wymagań w zakresie ochrony środowiska, określonych w odrębnych przepisach,
- 6) możliwość dokonywania pomiarów wielkości i parametrów niezbędnych do prowadzenia ruchu sieci oraz rozliczeń.

Dla umożliwienia unifikacji rozwiązań technicznych w obrębie sieci zamkniętej OSP publikuje „Standardy techniczne OSP stosowane w sieci przesyłowej”. Wymagania techniczne dotyczące urządzeń, instalacji i sieci, które nie są lub nie będą przyłączone do sieci zamkniętej, mogą być zmienione poprzez indywidualne ich określenie w umowach o przyłączenie do sieci, umowach o świadczenie usług dystrybucji albo umowach kompleksowych. Dokonanie zmiany wymagań technicznych, wymaga uzgodnienia z OSD lub OSP właściwym dla miejsca przyłączenia.

- 2.1.4.7. Budowa linii bezpośredniej wymaga, przed wydaniem decyzji o pozwoleniu na budowę w rozumieniu przepisów prawa budowlanego, uzyskania zgody Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki. Zgoda jest udzielana w drodze decyzji. Urządzenia, instalacje i sieci podmiotów ubiegających się o przyłączenie oraz podmiotów przyłączonych do sieci dystrybucyjnej lub przesyłowej nie mogą wprowadzać do sieci zaburzeń parametrów technicznych energii elektrycznej powyżej dopuszczalnych poziomów określonych w warunkach przyłączenia i/lub w IRiESD lub IRiESP [26], powodujących pogorszenie parametrów jakościowych energii elektrycznej określonych odpowiednio w rozporządzeniu wydanym na podstawie delegacji zawartej w ustawie Prawo energetyczne [7] lub w umowie o świadczenie usług dystrybucji lub umowie kompleksowej lub zawartych w IRiESD lub IRiESP [26].

- 2.1.4.8. Wymagania techniczne dla linii bezpośrednich



Warunkiem przystąpienia do budowy linii bezpośrednich jest wcześniejsze spełnienie wymagań zawartych w ustawie Prawo energetyczne [7] tj. wykonanie ekspertyzy przyłączeniowej zgodnie z warunkami określonymi przez OSP lub OSD, wystąpienie o warunki przyłączeniowe, a następnie zawarcie umowy przyłączeniowej.

Linie bezpośrednie oraz łączone za ich pośrednictwem urządzenia, instalacje, sieci oraz jednostki wytwórcze winny spełniać wymagania techniczne określone w IRiESD lub IRiESP [26].

Linie bezpośrednie należy wyposażać w układy i systemy pomiarowo-rozliczeniowe zgodnie z zapisami IRiESD-Bilansowanie.

OSD lub OSP może określić w warunkach przyłączenia inne lub dodatkowe wymagania techniczne związane z przyłączaniem linii bezpośrednich niż określone w IRiESD lub w IRiESP [26].

#### 2.1.4.9. Wymagania techniczne dla transformatorów WN/WN i WN/SN

Transformatory przyłączone do sieci o napięciu znamionowym 110 kV i wyższym, poprzez które zasilane są urządzenia, instalacje i sieci odbiorców, powinny być:

- a) wyposażone w regulację zaczepową działającą pod obciążeniem,
- b) przystosowane do współpracy z nadrzędnymi układami regulacji.

W celu spełnienia określonych wymaganych parametrów sieci uzwojenia transformatorów o napięciu znamionowym 110 kV i wyższym, powinny być połączone w gwiazdę z punktem neutralnym, przystosowanym do uziemienia lub odziemienia. W przypadku stosowania transformatorów w układzie połączeń Scott'a należy wyprowadzić w nim punkt zerowy uzwojenia pierwotnego. Kwestia uziemienia punktu zerowego leży w gestii Operatora Sieci Przesyłowej.

#### 2.1.4.10. Wymagania zwarciove

Urządzenia przyłączone do sieci 110 kV i SN muszą być przystosowane do warunków zwarciowych w miejscu ich przyłączenia do sieci dystrybucyjnej. W przypadku przyłączenia do sieci 220 lub 400 kV muszą być przystosowane do warunków zwarciowych w miejscu ich przyłączenia.

Poszczególne elementy sieci dystrybucyjnej lub przesyłowej muszą być wyposażone w urządzenia elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej niezbędne do samoczynnej, selektywnej likwidacji zakłóceń sieciowych.

Czasy trwania zwarć wyłączanych przez zabezpieczenie podstawowe w strefie podstawowej w urządzeniach przyłączonych do sieci 110 kV nie mogą być dłuższe

niż 150 ms, natomiast w urządzeniach przyłączonych do sieci 400 lub 220 kV nie mogą być dłuższe niż 120 ms.

Czas wyłączenia zwarć w urządzeniach przyłączonych do sieci 110 kV przez zabezpieczenie rezerwowe nie może być dłuższy niż ustalony przez operatora systemu dystrybucyjnego lub przesyłowego.

OSD lub OSP określa warunki stosowania elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej przez podmioty przyłączone do sieci 110 kV i SN, przy czym dla zapewnienia bezpiecznej pracy sieci przesyłowej i dystrybucyjnej nastawienia elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej w skoordynowanej sieci 110 kV są określane przez operatora systemu przesyłowego.

Urządzenia pierwotne przyłączone bezpośrednio do sieci 110 kV, powinny być wyposażone w układy lokalnej rezerwy wyłącznikowej. Czasy likwidacji zwarć, przez układy rezerwy lokalnej, nie mogą przekraczać 500 ms.

#### 2.1.4.11. Rekuperacja energii elektrycznej

Jeżeli OSP lub OSD wyrażą zgodę na wymianę energii powstającej podczas hamowania odzyskowego pociągów, wówczas urządzenia sterownicze i zabezpieczające podstacji trakcyjnych powinny być tak zaprojektowane, aby umożliwić wymianę energii do sieci elektroenergetycznej tego operatora. W przeciwnym wypadku obwód zasilaczy sieci trakcyjnej należy wyposażyć w system nie zezwalający na przesył nadmiernej energii rekuperacji pojazdów trakcyjnych do sieci zasilającej WN przez rozdzielnię WN/SN i transformatory podstacji trakcyjnej.

### **2.1.5. Zasilanie obwodów potrzeb własnych i odbiorów nietrakcyjnych**

2.1.5.1. Do zasilania rozdzielni potrzeb własnych w: podstacjach trakcyjnych, kabinach sekcyjnych, rozdzielniach stacyjnych sieci jezdnej, stacjach autotransformatorowych, należy zastosować transformatory jednofazowe zasilane z rozdzielni napięcia trakcyjnego.

2.1.5.2. Do zasilania obwodów nietrakcyjnych urządzeń liniowych należy zastosować następujące układy:

- a) transformatory jednofazowe SN/nN zasilane z sieci trakcyjnej, rozmieszczone w punktach odbioru,
- b) transformatory jednofazowe SN/nN zainstalowane w stacjach autotransformatorowych połączone liniami o podwyższonym napięciu roboczym nN,

- c) falowniki trójfazowe zainstalowane w podstacjach trakcyjnych, kabinach sekcyjnych i stacjach autotransformatorowych, zasilane napięciem jednofazowym 25 kV przez transformatory i prostowniki, połączone liniami potrzeb nietrakcyjnych o podwyższonym niskim napięciu pracy,
  - d) jako rezerwowe zasilanie należy przewidzieć zasilanie z sieci publicznej – jeżeli jest wymagane,
  - e) jako awaryjne źródła zasilania należy zastosować urządzenia UPS – jeżeli jest wymagane.
- 2.1.5.3. Obwody nietrakcyjne urządzeń na stacjach o dużym zapotrzebowaniu mocy nie powinny być zasilane z sieci jezdnej.
- 2.1.5.4. Linie potrzeb nietrakcyjnych niskiego napięcia należy budować tylko jako kablowe.

### **2.1.6. Punkty stykowania układów zasilania różnych systemów**

- 2.1.6.1. Na polskich zelektryfikowanych liniach kolejowych mogą wystąpić punkty styku systemu 2×25 kV i następujących systemów:
- a) systemu 1×25 kV AC 50 Hz,
  - b) systemu 3 kV DC,
  - c) systemu 15 kV AC 16,7 Hz
- 2.1.6.2. Sekcjonowanie sieci jezdnej w punktach stykowania należy wykonać z wykorzystaniem sekcji separacji faz z wstawką neutralną lub sekcji separacji systemów z wstawką neutralną zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 50367:2006 [75] i TSI „Energia” – pkt 4.2.22 [10].
- 2.1.6.3. Należy zapewnić odpowiednie warunki ochrony przeciwporażeniowej i przeciwzwarceniowej w obszarze stykowania. Szczególną uwagę należy zwrócić na systemy uziemień i uszynień stosowane w stykających się systemach AC i DC.
- 2.1.6.4. Rozwiązanie obwodów stykowania sieci powrotnych różnych systemów zasilania trakcji powinno być ujęte w projekcie sieci powrotnej (pkt: 3.2.4.2, 3.2.2.5, 3.2.2.6).

## **2.2. Aparatura i wyposażenie**

### **2.2.1. Rozdzielnie i aparatura rozdzielcza**

- 2.2.1.1. Rozdzielnia wysokiego napięcia podstacji trakcyjnej powinna być zaprojektowana w układzie „H”. Na etapie projektowania należy przewidzieć w uzasadnionych przypadkach możliwość rozbudowy układu „H” do układu szynowego

- 2.2.1.2. Projekt rozdzielni WN podstacji trakcyjnej należy wykonać zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz w oparciu o wydane, przez Operatora Systemu Przesyłowego (Dystrybucyjnego), warunki przyłączenia.
- 2.2.1.3. W celu ograniczenia ilości potrzebnej powierzchni gruntu, pod budowę rozdzielni WN, zaleca się stosowanie kompaktowych pól wyłącznikowych wysokiego napięcia.
- 2.2.1.4. Rozdzielnia średniego napięcia (SN) 2×25 kV do zasilania obwodów trakcyjnych powinna spełniać następujące wymagania.
- zapewnienie możliwości zasilania każdego zasilacza trakcyjnego z każdego transformatora,
  - praca w układzie awaryjnym umożliwiającym zasilanie sieci jezdnej w obszarze zasilania danej podstacji trakcyjnej z sąsiednich podstacji trakcyjnych, w sytuacji braku zasilania WN tej podstacji (praca kabinowa),
  - pole każdego zasilacza trakcyjnego powinno być wyposażone w dwuobwodowy wyłącznik mocy,
  - szyny głównych obwodów prądowych rozdzielni powinny być zdwojone (jeden tor zasilacza sieci jezdnej i jeden tor zasilacza dodatkowego) z izolacją na napięcie robocze międzyfazowe 58 kV i fazowe 29 kV,
  - wszystkie wyłączniki mocy, rozłączniki mocy, odłączniki i inne aparaty łączeniowe w obwodzie głównym rozdzielni powinny być dwuobwodowe z izolacją przystosowaną do napięcia roboczego międzyfazowego 58 kV i napięcia fazowego 29 kV.

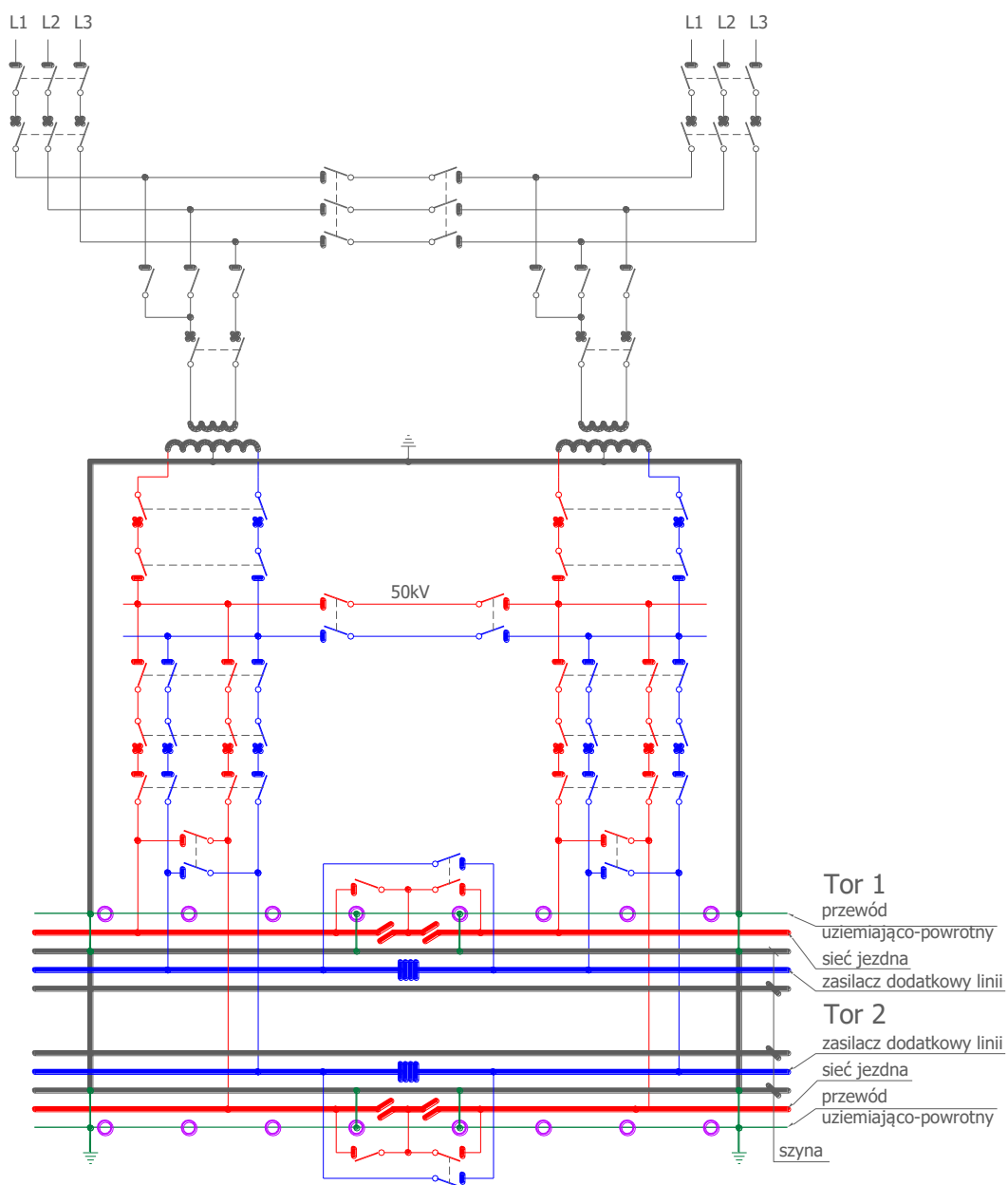
## **2.2.2. Transformatory główne (trakcyjne)**

- 2.2.2.1. Do zasilania systemu trakcji elektrycznej 2×25 kV stosowane są transformatory o różnych układach połączeń stosowanych w zależności od poziomu wprowadzanej do sieci zasilającej WN asymetrii. Na ogół operator systemu przesyłowego lub operator systemu dystrybucyjnego zastrzega w warunkach zasilania wyprowadzenie punktu zerowego transformatora po stronie pierwotnej WN. Z kolei układ zasilania trakcyjnego 2×25 kV wymaga wyprowadzonego punktu zerowego po stronie wtórnej transformatora. W niniejszych Wytocznych zaleca się następujące układy (schematy na rysunkach od 2.2.1 do 2.2.6):
- transformatory jednofazowe – rysunek 2.2.1.
  - transformatory trójfazowe w układzie gwiazda-niepełna gwiazda lub gwiazda-niepełny trójkąt – rysunek 2.2.2,

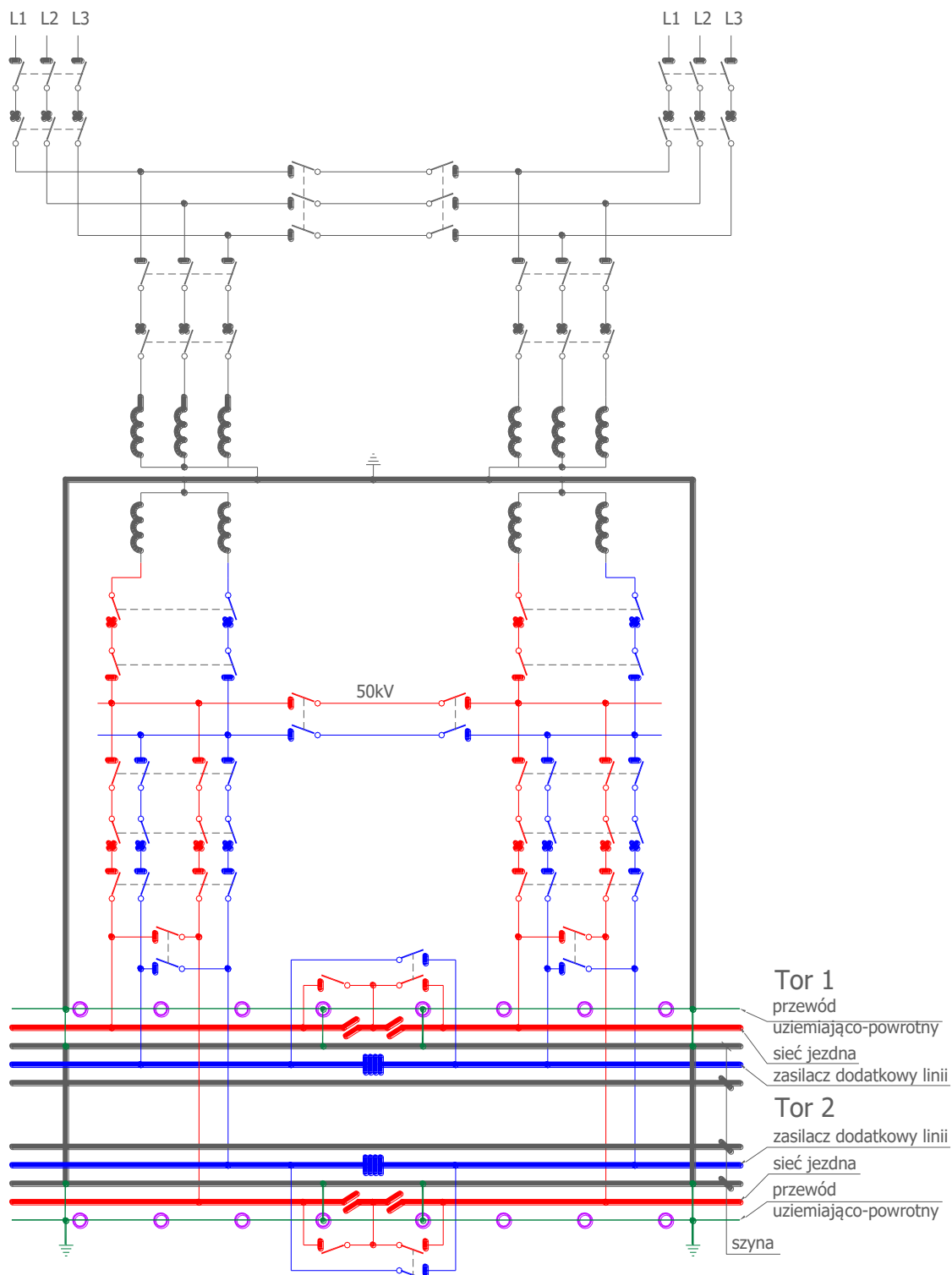
- c) transformatory o trójfazowym układzie połączeń strony pierwotnej i strony wtórnej (gwiazda-trójkąt) z wyprowadzonym punktem zerowym uzwojenia pierwotnego i uziemionym jednym wierzchołkiem trójkąta uzwojenia wtórnego – rysunek 2.3.3,
- d) transformatory specjalne zmniejszające asymetrię po stronie pierwotnej o układach połączeń Scott'a lub Woodgridge'a. Transformator w układzie Woodgridge'a wymaga stosowania dodatkowych autotransformatorów w celu uzyskania punktu zerowego po stronie wtórnej – rysunek 2.2.4, 2.2.5 i 2.2.6,

Na rysunkach 2.2.1÷2.2.6 zamieszczono poglądowe schematy obwodów głównych podstacji trakcyjnych z transformatorami o układach połączeń uzwojeń pierwotnych i wtórnych: jednofazowe/jednofazowe, trójfazowe/dwufazowe (gwiazda/niepełna gwiazda), trójfazowe/trójfazowe (gwiazda/trójkąt), trójfazowe/dwufazowe – wykonania specjalne (Scott'a, Woodgridge'a, Le Blanc'a) wraz z przyłączami do sieci elektroenergetycznej i do sieci trakcyjnej.

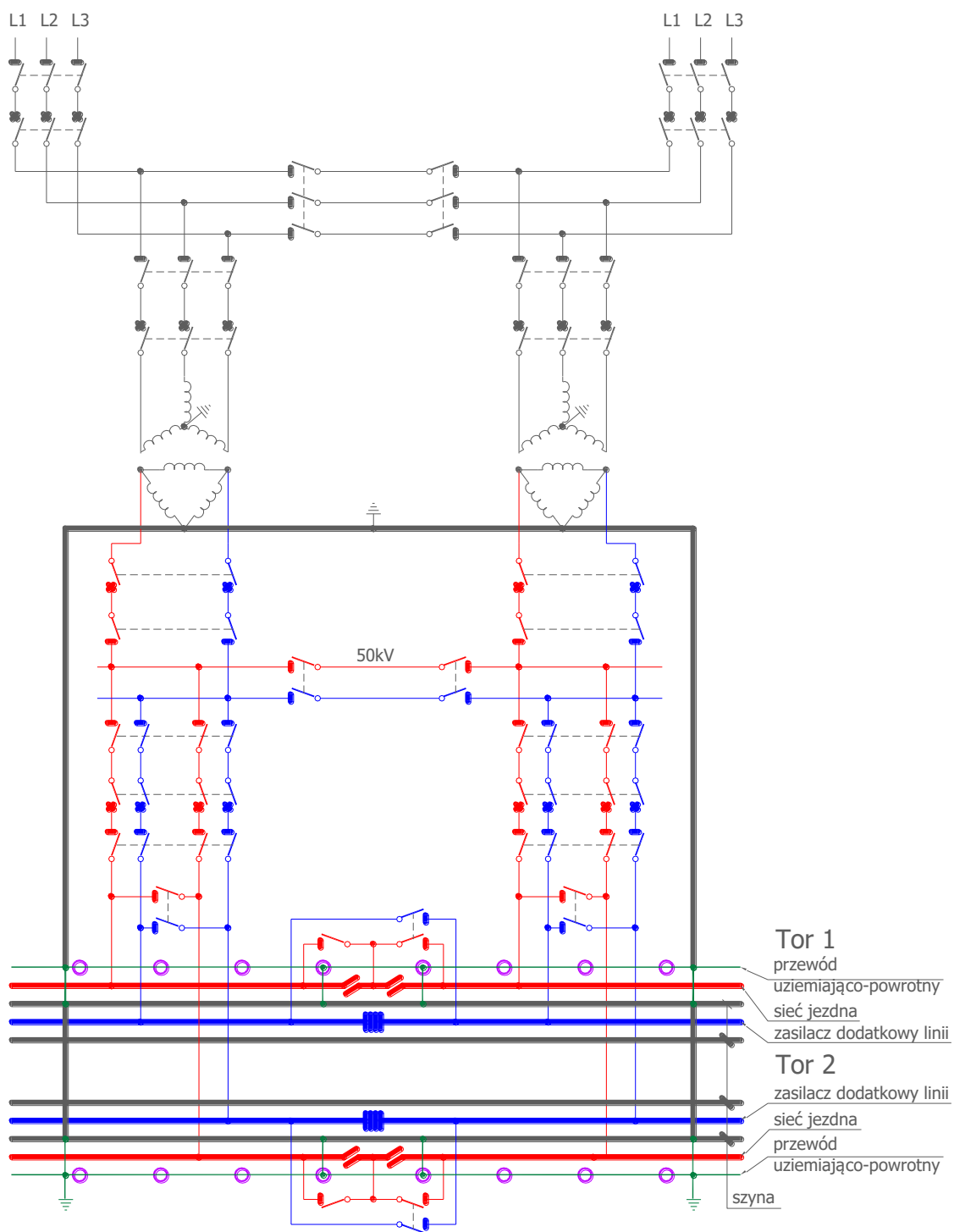
- 2.2.2.2. Transformatory główne powinny być wyposażone w układ regulacji napięcia pod obciążeniem.
- 2.2.2.3. Liczba zainstalowanych w podstacji trakcyjnej transformatorów głównych powinna zapewniać 100% rezerwy mocy i odpowiednią przeciążalność zgodnie z normą PN-EN 50329:2003 [74].
- 2.2.2.4. Punkty zerowe uzwojeń stron pierwotnej i wtórnej transformatorów głównych, jeżeli będą uziemiane, powinny być połączone z uziemieniem podstacji trakcyjnej.



Rysunek 2.2.1. Schemat podstacji trakcyjnej 2×25 kV z transformatorem jednofazowym

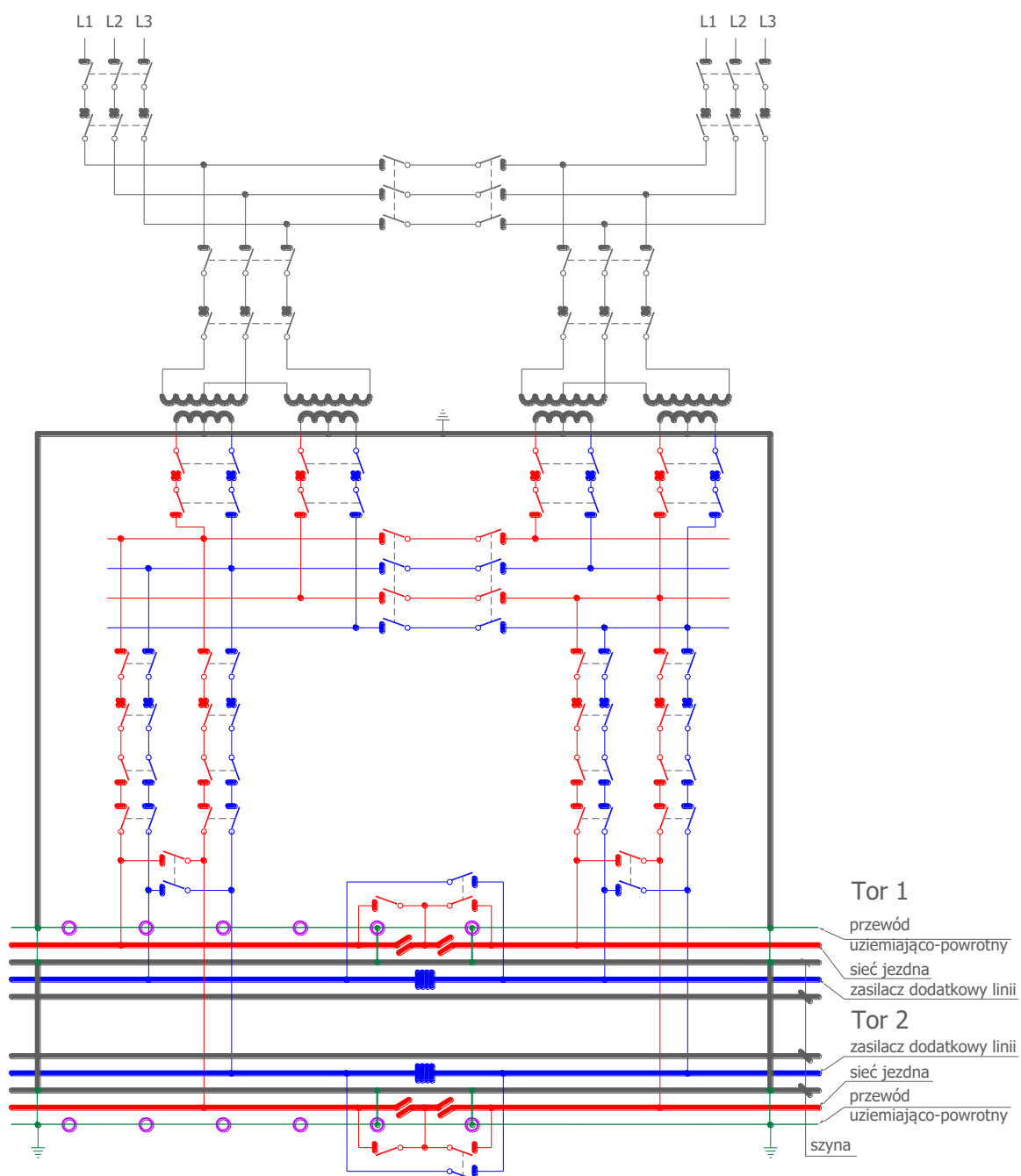


Rysunek 2.2.2. Schemat podstacji trakcyjnej 2x25 kV z transformatorem trójfazowym w układzie „V”.

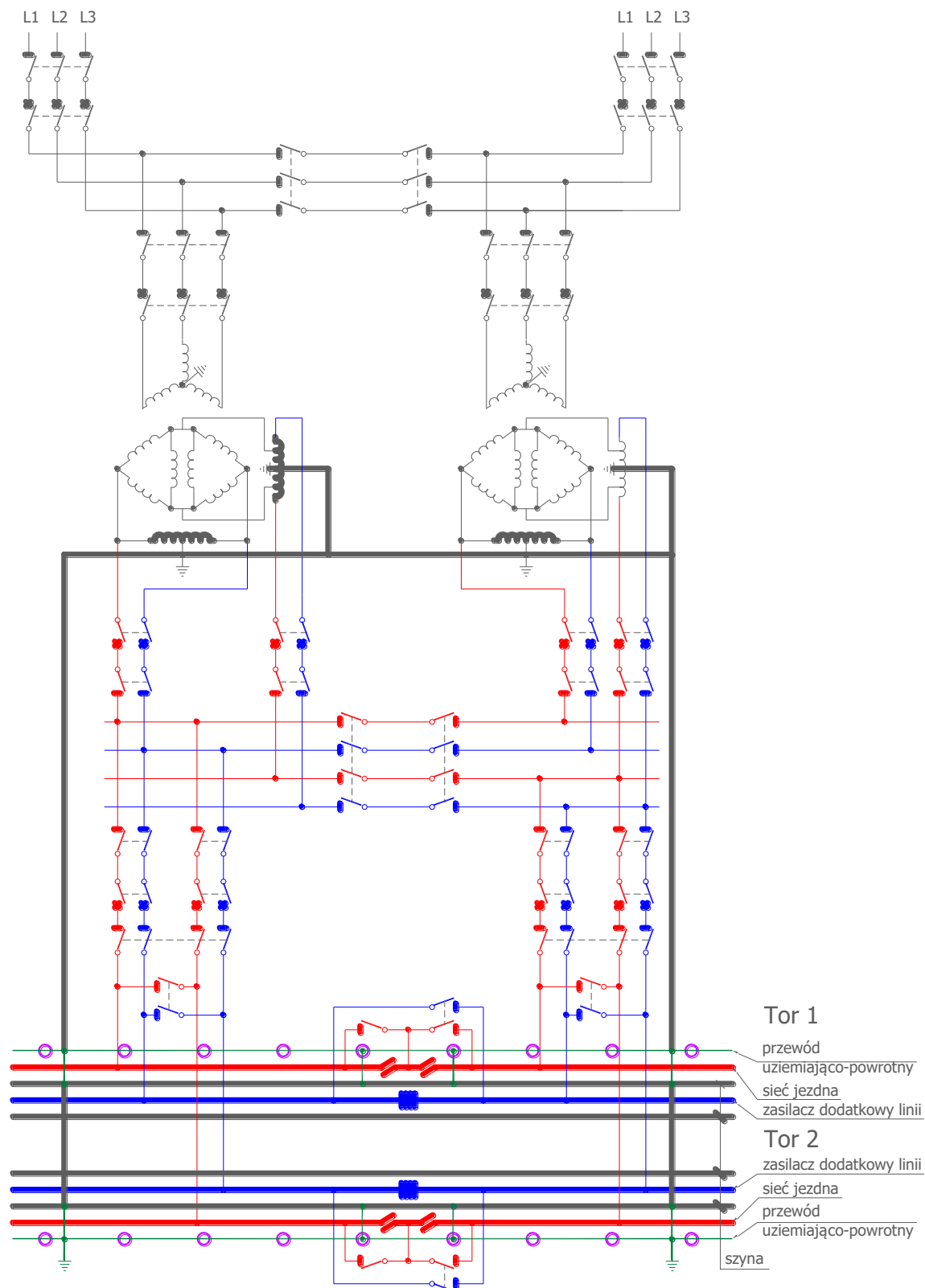


Rysunek 2.2.3. Schemat podstacji trakcyjnej 2×25 kV z transformatorem trójfazowym w układzie „Δ”.

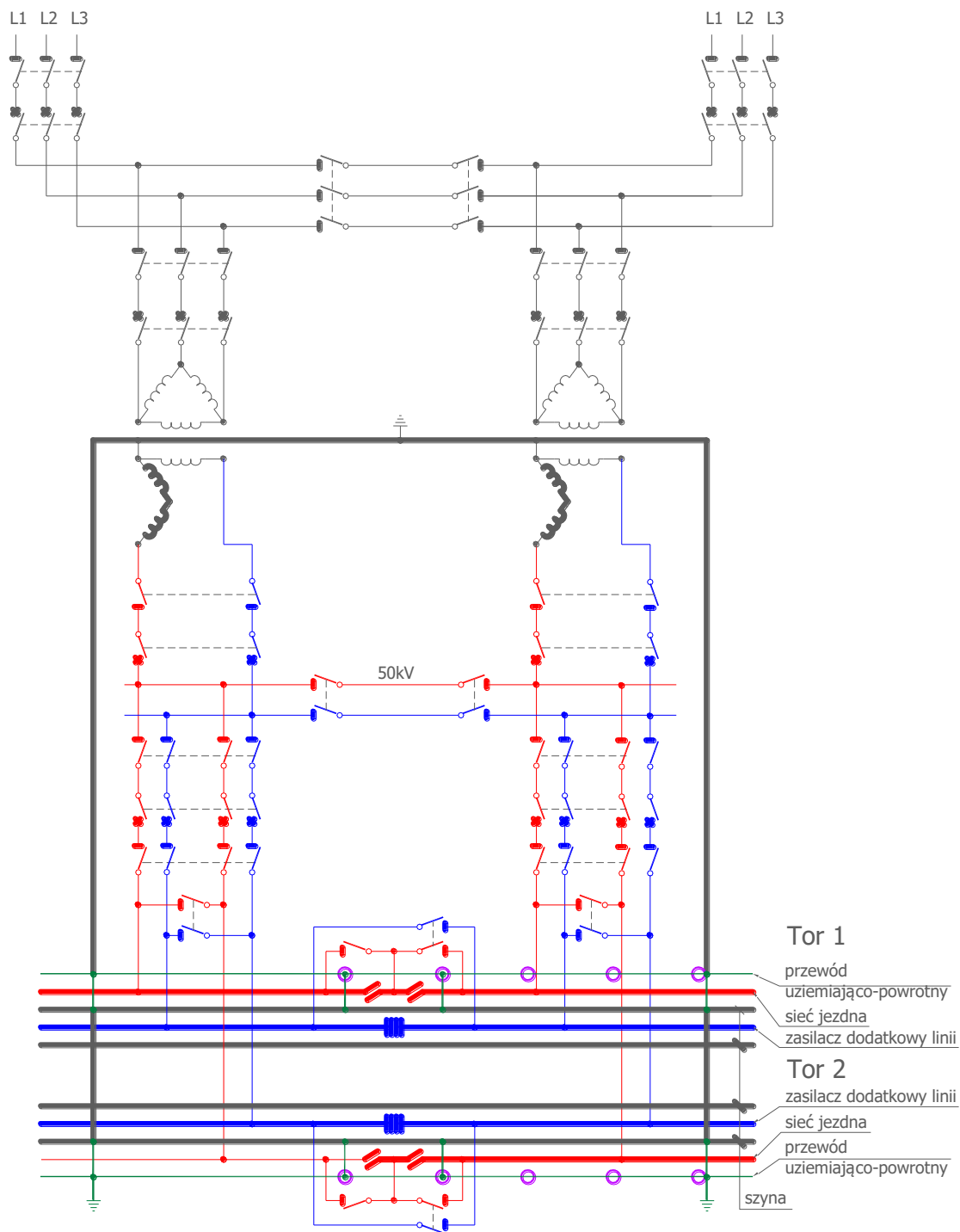




Rysunek 2.2.4. Schemat podstacji trakcyjnej 2×25 kV z transformatorem trójfazowym w układzie Scott'a.



Rysunek 2.2.5. Schemat podstacji trakcyjnej 2×25 kV z transformatorem trójfazowym w układzie Woodgridge'a



Rysunek 2.2.6. Schemat podstacji trakcyjnej 2x25 kV z transformatorem trójfazowym w układzie Le Blanc'a.

### **2.2.3. Autotransformatory trakcyjne**

- 2.2.3.1. Autotransformatory trakcyjne jednofazowe są przewidziane do pracy w obwodach o napięciach: 50/25, 43,3/25, 35,4/25 kV. Końce uzwojeń należy połączyć z siecią jezdnią i odpowiednio z zasilaczem dodatkowym, natomiast punkt środkowy z szynami i uziemieniem.
- 2.2.3.2. Autotransformatory powinny być wyposażone w układ regulacji napięcia pod obciążeniem.

### **2.2.4. Booster transformatory**

- 2.2.4.1. Booster transformatory są stosowane w układzie zasilania trakcji 1×25 kV.
- 2.2.4.2. Booster transformatory konstrukcyjnie są zbudowane jak jednofazowe dwuuzwojeniowe przekładniki prądowe o przekładni 1:1. Przenoszą pełny prąd powrotny. Uzwojenie pierwotne jest „wcięte” w obwód sieci jezdnej a uzwojenie wtórne w obwód przewodu powrotnego.

### **2.2.5. Transformatory potrzeb własnych**

- 2.2.5.1. Jednofazowe transformatory potrzeb własnych w podstacjach trakcyjnych są przeznaczone do zasilania obwodów sterowania, zabezpieczeń, automatyki, oświetlenia itp. Są zasilane z szyn rozdzielni średniego napięcia napięciem 25 kV. Zasilają rozdzielnię potrzeb własnych niskiego napięcia.
- 2.2.5.2. Jednofazowe transformatory potrzeb własnych instalowane w stacjach autotransformatorowych, stacjach rozdzielczych i kabinach sekcyjnych są zasilane napięciem 25 kV z obwodu zasilacza dodatkowego lub z sieci jezdnej.

### **2.2.6. Urządzenia kompensujące, tłumiące, symetryzujące**

- 2.2.6.1. Urządzenia do kompensacji mocy biernej, tłumienia oscylacji i kompensacji asymetrii oraz filtry mogą być instalowane opcjonalnie, w miarę potrzeb. Miejscem ich instalacji powinna być rozdzielnia SN podstacji trakcyjnej, chyba że warunki ich pracy będą wymagały innej lokalizacji (rys. 2.1.2).
- 2.2.6.2. Urządzenia kompensacyjne mocy biernej (baterie kondensatorów lub przekształtniki statyczne) instalowane są w rozdzielni SN podstacji trakcyjnej.
- 2.2.6.3. Filtry składowej przeciwnej prądu (symetryzatory) statyczne (pojemnościowo-indukcyjne), aktywne (przekształtnikowe), lub maszynowe, stosowane w celu zmniejszenia zjawiska asymetrii w elektroenergetycznej sieci zasilającej podstacje

trakcyjne, instalowane są w polach transformatorów (lub obok) po stronie SN podstacji trakcyjnej.

- 2.2.6.4. Filtry wyższych harmoniczných prądu i napięcia są na ogół elementem symetryzatora statycznego lub urządzenia do kompensacji mocy biernej.
- 2.2.6.5. Urządzenia tłumiące elektryczne oscylacje (obwody L–C) układu zasilania i sieci trakcyjnej instalowane są w wybranych punktach odcinków zasilania lub na ich końcach.

### **2.2.7. Ochrona odgromowa**

- 2.2.7.1. Podstacje trakcyjne, napowietrzne stacje autotransformatorowe, stacje rozdzielcze, kabiny sekcyjne oraz sieć trakcyjna powinny być zabezpieczone od przepięć atmosferycznych za pomocą odgromników rożkowych lub ochronników przepięciowych zaworowych lub półprzewodnikowych. Ochronie także podlegają uzwojenia transformatorów i autotransformatorów.
- 2.2.7.2. Odgromniki rożkowe lub ochronniki napięciowe powinny być rozmieszczone powyżej obiektów chronionych.
- 2.2.7.3. Zaciski niskiego potencjału odgromników i ograniczników przepięć należy łączyć z ziemią systemu trakcyjnego lub uziemieniem podstacji trakcyjnej.
- 2.2.7.4. Najwyższe napięcie robocze fazowe ciągłe  $U_{max1}$  systemu 2×25 kV wynosi 27,5 kV, a napięcie krótkotrwałe  $U_{max2}$  wynosi 29 kV (wartość  $U_{max1}$  i  $U_{max2}$  wg. normy PN-EN 50163:2006 [68]). Wartości: najwyższego napięcia roboczego, statycznego napięcia zapłonowego i wartość oraz parametry czasowe udarowego napięcia zapłonowego odgromników i ograniczników przepięć powinny być skoordynowane z wartościami napięć: znamionowych, znormalizowanych napięć wytrzymywanych (znamionowy poziom izolacji) oraz znormalizowanych, wytrzymywanych napięć udarowych – piorunowych izolacji (lub systemu izolacyjnego) określonych w normach PN-EN 50124-1:2007 [65] i PN-EN 60071-1:2008 [79].
- 2.2.7.5. Elementy ochrony odgromowej są montowane na:
  - a) liniach zasilających podstację trakcyjną w polach rozdzielni WN (zgodnie z wymaganiami dla WN),
  - b) doprowadzeniach WN uzwojeń pierwotnych transformatorów trakcyjnych w polach rozdzielni WN (zgodnie z wymaganiami dla WN),
  - c) wyprowadzeniach 25 kV uzwojeń wtórnych transformatorów trakcyjnych w polach rozdzielni SN,

- d) polach wyjściowych zasilaczy sieci jezdnej i zasilaczy dodatkowych w polach rozdzielni SN oraz na przyłączach do sieci trakcyjnej,
- e) doprowadzeniach SN autotransformatorów w punktach przyłączenia do sieci jezdnej i zasilacza dodatkowego,
- f) doprowadzeniach SN do rozdzielni stacyjnych i kabin sekcyjnych.

### **2.2.8. Izolacja**

- 2.2.8.1. Wymagane jest koordynowanie izolacji urządzeń stosowanych w układzie zasilania trakcji elektrycznej.
- 2.2.8.2. Urządzenia i aparatura wysokiego napięcia muszą mieć izolację skoordynowaną z izolacją systemu elektroenergetycznego, do którego są przyłączone.
- 2.2.8.3. Napięcia probiercze izolacji w rozdzielni SN powinny odpowiadać napięciom roboczym urządzeń tj. 27,5 kV do ziemi i 47,5 kV lub 55 kV pomiędzy fazami.
- 2.2.8.4. Urządzenia wysokiego i średniego napięcia instalowane w podstacjach trakcyjnych i w obwodach sieci trakcyjnej powinny być dobierane lub wymiarowane zgodnie z poziomami napięć, przepięć i prądów zwarcia występującymi w obwodach zasilania elektroenergetycznego.
- 2.2.8.5. Napięcia znamionowe, napięcia znormalizowane wytrzymywane (znamionowy poziom izolacji), napięcia wytrzymywane znormalizowane udarowe izolacji powinny być skoordynowane z największymi wartościami napięć roboczych ciągłych, zgodnie z zaleceniami i wymaganiami norm: PN-EN 50124-1:2007 [65], PN-EN 60071-1:2008 [79], PN-EN 60071-2: 2000 [80].

### **2.2.9. Zasilacze sieci trakcyjnej**

- 2.2.9.1. Zasilacze sieci trakcyjnej należy stosować w wykonaniu napowietrznym, a jeżeli nie pozwalają na to warunki terenowe to w wykonaniu kablowym. Końcowe odcinki zasilaczy napowietrznych, które krzyżują się z siecią jezdnią należy wykonywać jako kablowe, aby uniknąć prowadzenia linii zasilacza ponad siecią jezdnią.
- 2.2.9.2. Zasilacze napowietrzne sieci trakcyjnej należy w wykonaniu napowietrznym podwieszać na wspólnych konstrukcjach wsporczych. Konstrukcje te należy połączyć z ziemią systemu trakcyjnego, zaś żyły powrotne kabli zasilaczy kablowych należy połączyć z ziemią jednostronnie.
- 2.2.9.3. Pola zasilaczy sieci trakcyjnej rozdzielni SN podstacji trakcyjnej, stacji autotransformatorowej, kabiny sekcyjnej i przyłącza zasilaczy do sieci trakcyjnej

powinny być wyposażone w rozłączniki mocy lub wyłączniki i odłączniki dwuobwodowe ze wspólnym napędem dla obu par styków ruchomych.

- 2.2.9.4. Minimalne przekroje przewodów zasilaczy napowietrznych nie powinny być mniejsze od 120 mm<sup>2</sup> AFI, zaś zasilaczy kablowych nie mniejsze od 185 mm<sup>2</sup> Al.

### **2.2.10. Przewody, szyny zbiorcze i połączenia prądowe**

- 2.2.10.1. Przewody, szyny zbiorcze, połączenia prądowe nie powinny mieć przekroju mniejszego od wymaganego dla obwodu toru prądowego, w który są włączone.
- 2.2.10.2. Przewody, szyny zbiorcze, połączenia prądowe powinny wytrzymywać termiczne i dynamiczne oddziaływanie maksymalnych prądów zwarcia obliczonych dla obwodów, w których są zainstalowane.
- 2.2.10.3. Przewody, szyny zbiorcze linowe, linowe połączenia prądowe powinny mieć końcówki zabezpieczone przed korozją i zaprasowane zaciski pod śrubę.

### **2.2.11. Uziomy**

- 2.2.11.1. Wartości impedancji uziomów w układzie zasilania nie powinny być większe od wynikających z obliczeń dopuszczalnych wartości napięć rażeniowych i przyjętego systemu ochrony przeciwporażeniowej i przeciwprzebieciowej.
- 2.2.11.2. Rozmieszczenie uziomów należy określić na podstawie analizy napięć rażeniowych.
- 2.2.11.3. Uziemienie systemu trakcji elektrycznej prądu przemiennego pełni funkcje uziemienia ochronnego, roboczego i odgromowego.
- 2.2.11.4. Przewód uziemiająco-powrotny jest przewodem uziemiającym (ochronnym), powrotnym i jednocześnie stanowi zwód dla odprowadzenia ładunku piorunowego. Przewód uziemiający nie jest przewodem powrotnym, poza tym spełnia te same zadania co przewód uziemiająco-powrotny. Przewody uziemiające lub uziemiająco-powrotne są łączone w sposób bezpośredni z uziomami i w sposób bezpośredni lub pośredni z szynami.

## **2.3. Obwody zabezpieczeń, sterowania, automatyki i pomiarów**

### **2.3.1. Sieci i rozdzielnie WN**

- 2.3.1.1. Wymagania stawiane nowo wybudowanym i modernizowanym urządzeniom elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej podyktowane względami niezawodnościowymi są następujące:

- a) stosowane mogą być po dwa niezależne zestawy zabezpieczeń dla poszczególnych elementów sieci, przy czym wyjątek stanowią: zabezpieczenia szyn zbiorczych i układy lokalnej rezerwy wyłącznikowej oraz zabezpieczenia sieci SN. Rodzaj zabezpieczeń zostanie uściślony przez OSP lub OSD;
- b) w celu zapewnienia niezależności poszczególnych zestawów zabezpieczeń, każde z nich powinno współpracować z oddzielnymi: obwodami pomiarowymi prądowymi i napięciowymi, obwodami napięcia pomocniczego (sterowniczymi) oraz obwodami wyłączającymi (cewkami wyłączającymi),
- c) w celu zapewnienia wysokiej dyspozycyjności urządzeń elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej należy stosować urządzenia realizujące funkcje ciągłej kontroli i autotestowania oraz niezależny rejestrator napięć, prądów i dwustanów,
- d) zabezpieczenia podstawowe należy wyposażać w układy kontroli ciągłości obwodów wyłączania,
- e) w uzasadnionych przypadkach należy stosować urządzenia do synchronizacji,
- f) należy zapewnić zdalny dostęp drogą cyfrową do wszystkich zabezpieczeń.

#### 2.3.1.2. Wymagania dla przekładników prądowych.

W układach automatyki zabezpieczeniowej stosuje się następujące przekładniki prądowe:

- a) wolnostojące, pięciordzeniowe zainstalowane w polach elementów sieci przesyłowej, w których rdzenie 3, 4 i 5 są rdzeniami zabezpieczeniowymi klasy 5P20 o mocy odpowiedniej dla danych obwodów i zasilanych układów i urządzeń EAZ (elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej),
- b) kombinowane,
- c) zainstalowane w przepustach transformatorów – przewiduje się wykorzystywanie dla układów i urządzeń EAZ nie mniej niż dwóch rdzeni o odpowiednich parametrach,
- d) zainstalowane w przewodach uziemiających punkty zerowe transformatorów.

### 2.3.2. Zabezpieczenia i automatyka linii WN

2.3.2.1. Zabezpieczenia i automatyka linii WN należy dostosować do sposobu pracy i parametrów linii. Linie WN pracujące w układzie pierścieniowym wyposaża się w:

- a) zabezpieczenie podstawowe jako odcinkowe (różnicowe) lub odległościowe,
- b) zabezpieczenie rezerwowe odległościowe lub reagujące na zwarcie z ziemią,
- c) urządzenia automatyki 3-fazowego SPZ (samoczynnego ponownego załączenia) dla linii napowietrznych,



- d) w uzasadnionych przypadkach, w urządzenia synchronizacji np. w węzłach sieci połączonych liniami WN bezpośrednio z elektrowniami.

W przypadku, gdy zabezpieczenie odcinkowe jest zabezpieczeniem podstawowym, jako rezerwowe należy stosować zabezpieczenie odległościowe.

W przypadku, gdy zabezpieczenie odległościowe jest zabezpieczeniem podstawowym jako rezerwowe należy zastosować zabezpieczenie reagujące na zwarcie z ziemią.

2.3.2.2. Linie WN pracujące w układzie promieniowym wyposaża się w:

- a) zabezpieczenia podstawowe – odległościowe lub nadprądowe oraz rezerwowe reagujące na zwarcia z ziemią,
- b) urządzenia automatyki 3 fazowego SPZ (dla linii napowietrznych).

### **2.3.3. Zabezpieczenia i automatyka transformatorów mocy WN/WN**

2.3.3.1. Transformatory o napięciu górnym 400 kV i 220 kV powinny być wyposażone w następujące układy automatyki zabezpieczeniowej:

- a) dwa zabezpieczenia podstawowe (różnicowe), reagujące na zwarcia zlokalizowane w transformatorze, z wyjątkiem zwarć zwojowych,
- b) po dwa zabezpieczenia rezerwowe (zabezpieczenie odległościowe, zabezpieczenie ziemnozwarciowe) po każdej stronie uzwojenia górnego i dolnego napięcia transformatora,
- c) zabezpieczenie w punkcie gwiazdowym,
- d) zabezpieczenia fabryczne transformatorów: zabezpieczenie gazowo-przepływowo, modele cieplne oraz czujniki temperaturowe,
- e) układ sygnalizujący przeciążenie prądowe transformatora,
- f) układy automatycznej regulacji napięcia ARST (automatycznej regulacji stacji transformatorowej),
- g) układ monitorowania warunków pracy transformatorów, w przypadku jednostek nowych i po najbliższej modernizacji urządzeń,
- h) zawory bezpieczeństwa transformatora.

### **2.3.4. Zabezpieczenia i automatyka transformatorów mocy WN/SN**

2.3.4.1. Transformatory mocy dwu i wielouzwojeniowe WN/SN/SN powinny być wyposażone w następujące układy elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej:

- a) zabezpieczenia podstawowe reagujące na zwarcie w transformatorze (zwarciowo-prądowe, a dla transformatorów powyżej 5 MVA różnicowe). Dla transformatorów w układzie Scott'a, Woodgridge'a, Le Blanc'a należy

stosować specjalne układy zabezpieczeń z uwagi na różną liczbę faz po stronach pierwotnej i wtórnej.

- b) każda strona transformatora powinna być wyposażona w zabezpieczenia nadprądowo-zwłoczne,
- c) każda strona transformatora winna być wyposażona w zabezpieczenia przeciążeniowe (transformatory dwuuzwojeniowe zabezpiecza się tylko po jednej stronie),
- d) zabezpieczenia fabryczne transformatorów: temperaturowe oraz gazowo-przepływowe kadzi i gazowo-podmuchowe przełącznika zaczełów oraz zawory bezpieczeństwa transformatora,
- e) zaleca się, aby każda ze stron SN transformatora była wyposażona w zabezpieczenia umożliwiające skracanie czasu zwarcia na szynach SN,
- f) zabezpieczenia transformatora reagujące na zwarcia wewnętrzne i zewnętrzne.

2.3.4.2. Automatyczna regulacja napięcia transformatora winna realizować następujące funkcje:

- a) utrzymanie zadanego poziomu napięcia na szynach rozdzielni SN poprzez sterowanie napędem przełącznika zaczełów,
- b) kontrolę prawidłowości utrzymania napięcia w ramach dopuszczalnego zakresu.

### **2.3.5. Zabezpieczenia łączników szyn WN**

2.3.5.1. Łączniki szyn w stacjach systemowych WN wyposażać należy w następujące układy elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej:

- a) zabezpieczenie podstawowe, działające na wyłączenie 3–fazowe własnego wyłącznika, lub dwufazowe w przypadku stosowania transformatorów jednofazowych,
- b) dodatkowy zestaw zabezpieczeń i automatyki umożliwiający realizację wszystkich funkcji zabezpieczeniowych niezbędnych przy użyciu pola łącznika szyn do zastąpienia innego pola (rezerwacja pól odpływowych, transformatorowych i blokowych),

### **2.3.6. Zabezpieczenia szyn WN**

2.3.6.1. Szyny zbiorcze rozdzielni oraz stacji WN, dla których z warunków bezpiecznej pracy, wynika konieczność zastosowania zabezpieczenia szyn, należy wyposażać w jeden zespół zabezpieczenia szyn, zapewniający selektywne wyłączenie

systemów (sekcji) szyn zbiorczych, w tym także zwarć zlokalizowanych między wyłącznikiem, a przekładnikiem prądowym w polach łączników szyn.

W stacjach uproszczonych typu „H” dopuszcza się możliwość rozwiązania automatyki szyn w oparciu o wsteczne strefy zabezpieczeń odległościowych pól liniowych.

2.3.6.2. Automatyka lokalnego rezerwowania wyłączników (LRW) w rozdzielniach WN.

Nowobudowane, przebudowywane i remontowane rozdzielnie WN należy wyposażać w niezależne układy zabezpieczenia szyn zbiorczych i układy lokalnego rezerwowania wyłączników. Dopuszcza się stosowanie układu zabezpieczenia szyn zintegrowanego z układem lokalnej rezerwy wyłącznikowej. Ponadto:

- a) do kontroli wyłączenia się wyłącznika powinno być stosowane kryterium prądowe lub wyłącznikowe, przy wykorzystaniu styków sygnałowych wyłącznika, a w uzasadnionych przypadkach oba te kryteria,
- b) wyłączenie odpowiedniego systemu szyn, powinno być poprzedzone sterowaniem uzupełniającym poprzez element układu lokalnej rezerwy wyłącznikowej przypisany polu, w którym nastąpiło zawiedzenie wyłącznika.

2.3.6.3. Łącza dla współpracy zabezpieczeń Łącza w układach elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej powinny zapewnić realizację podstawowych funkcji zabezpieczeniowych. Należy dla realizacji tego celu stosować dedykowane łącze o parametrach wymaganych dla danego typu zabezpieczeń. W swojej konstrukcji, zasadach działania i sposobach eksploatacji urządzenia zabezpieczeń linii elektroenergetycznych i współpracujące z nimi łącza powinny być traktowane jako jeden zespół urządzeń.

2.3.6.4. Rejestratory zdarzeń i zakłóceń Rejestratory zakłóceń przeznaczone do wykonywania analiz przebiegu zakłóceń i działania urządzeń elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej oraz wyłączników powinny być instalowane w stacjach i rozdzielniach zgodnie ze znaczeniem stacji w systemie. W nowobudowanych i modernizowanych obiektach, w system rejestracji należy wyposażać każde pole WN.

Dla całej rozdzielni powinien być wspólny niezależny rejestrator napięć, prądów i dwustanów.

2.3.6.5. Automatyka samoczynnego częstotliwościowego odciążania – SCO

Urządzenia i instalacje odbiorców przyłączonych do sieci o napięciu znamionowym 6 kV lub wyższym powinny mieć zainstalowaną automatykę

samoczynnego częstotliwościowego odciążania SCO i automatykę samoczynnego napięciowego odciążania SNO, działające zgodnie z zasadami i standardami określonymi przez operatora systemu przesyłowego. Operator systemu przesyłowego określa zmiany wartości mocy wyłączanych przez automatykę SCO z podziałem pomiędzy poszczególnych operatorów systemów dystrybucyjnych, w terminach do końca marca każdego roku. Wartości mocy są obliczane dla poszczególnych stopni SCO w odniesieniu do szczytowego obciążenia KSE. Poszczególne stopnie SCO są ustalane dla zakresu częstotliwości między wartością górną 49,0 Hz i dolną 47,5 Hz. Operator systemu dystrybucyjnego określa dla każdego odbiorcy sposób nastawienia automatyki SCO tj. wartość mocy, jaka ma być wyłączona w określonym stopniu lub stopniach, a także czas nastawienia automatyki restytucyjnej SPZ.

### **2.3.7. Zabezpieczenia linii SN i obwodów sieci trakcyjnej**

2.3.7.1. Linie SN trójfazowe pracują z nieskutecznie uziemionym punktem zerowym, natomiast sieć trakcyjna 25 kV musi mieć skutecznie uziemiony punkt zerowy. Linie SN wyposaża się w:

- a) zabezpieczenia od zwarć wielofazowych działające na wyłączenie wyłącznika w polu danej linii,
- b) zabezpieczenia od zwarć doziemnych działające na wyłączenie lub na sygnalizację. Działanie zabezpieczeń ziemnozwarciowych na sygnalizację jest dopuszczalne (z wyjątkiem sieci uziemionej przez rezystor), w wypadku braku technicznej możliwości zapewnienia selektywnego wyłączenia, pod warunkiem nie przekraczania maksymalnych prądów zwarcia doziemnego,
- c) pola linii napowietrznych i napowietrzno-kablowych SN powinny być wyposażone w układy automatyki wielokrotnego SPZ z możliwością jej programowania i blokowania,
- d) sieć trakcyjna powinna być zabezpieczona przez układy posiadające następujące funkcje zabezpieczeniowe:
  - zabezpieczenie nad i podnapięciowe,
  - zabezpieczenie impedancyjne odległościowe,
  - zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne i bezzwłoczne,
  - zabezpieczenie przeciążeniowe reagujące na wartość prądu średniokwadratowego.

2.3.7.2. Jeżeli OSP lub OSD nie wyrażą zgody na wymianę energii powstającej podczas hamowania odzyskowego pociągów, wówczas obwód zasilaczy sieci trakcyjnej

należy wyposażyć w system nie zezwalający na przesył nadmiernej energii rekuperacji pojazdów trakcyjnych do sieci zasilającej WN przez rozdzielnię WN/SN i transformatory podstacji trakcyjnej.

- 2.3.7.3. Linie zasilaczy trakcyjnych łącznie z siecią jezdnią powinno się dodatkowo wyposażać w zabezpieczenia odległościowe z funkcją lokalizacji miejsca zwarcia. Należy przy tym zaznaczyć, że sieć 25 kV jedno lub dwufazowa pracuje ze skutecznie uziemionym punktem zerowym.

### **2.3.8. Zabezpieczenia transformatorów olejowych SN/SN i SN/nN o mocy większej niż 1000 kVA**

Transformatory olejowe SN/SN i SN/nN o mocy większej niż 1000 kVA posiadające wyłącznik przynajmniej po stronie wyższego napięcia wyposaża się w następujące układy automatyki zabezpieczeniowej:

- a) zabezpieczenie reagujące na zwarcia zlokalizowane w transformatorze (zabezpieczenie różnicowe dla transformatorów powyżej 5 MVA lub zwarcioowo – prądowe bezzwłoczne) działające na wyłączenie,
- b) zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne od zwarć zewnętrznych działające na wyłączenie,
- c) zabezpieczenia fabryczne transformatora,
- d) układ sygnalizujący przeciążenie transformatora.

### **2.3.9. Zabezpieczenia łączników szyn SN**

Łączniki szyn SN wyposaża się w następujące zabezpieczenia działające na wyłączenie własnego wyłącznika:

- a) zabezpieczenie rezerwujące działanie zabezpieczeń nadprądowych w polach odpływowych,
- b) zabezpieczenie zwarciooprądowe działające przy załączeniu pola łącznika szyn na zwarcie,
- c) w sieci z rezystorem wymagane jest zabezpieczenie ziemnozwarciowe lub dedykowany impuls wyłączający od transformatora uziemiającego.

### **2.3.10. Zabezpieczenia pól pomiaru napięcia w rozdzielniach SN**

Pola pomiaru napięcia w rozdzielniach SN w stacjach WN/SN powinny być wyposażone w działające na sygnalizację zabezpieczenia reagujące na:

- a) zanik napięcia na szynach SN,
- b) zwarcia doziemne w zasilanej sieci SN.

### **2.3.11. Zabezpieczenia pól SN baterii kondensatorów**

Pola SN baterii kondensatorów wyposaża się w następujące zabezpieczenia:

- a) nadprądowe od przeciążeń i zwarć zewnętrznych działające na wyłączenie baterii,
- b) od zwarć wewnętrznych działające na wyłączenie baterii.

### **2.3.12. Zabezpieczenia transformatorów potrzeb własnych**

Dobór zabezpieczeń dla ochrony transformatorów potrzeb własnych zależy od mocy transformatora oraz sposobu pracy punktu neutralnego sieci SN i jest ściśle związany z pracującymi na danej rozdzielni zabezpieczeniami ziemnozwarciowymi.

Każdy transformator potrzeb własnych powinien być zabezpieczony przed skutkami zwarć wewnętrznych i zewnętrznych.

### **2.3.13. Zabezpieczenia pól linii odpływowych rozdzielni SN**

Pola linii odpływowych rozdzielni SN w stacjach WN/SN powinny posiadać nawiązanie do obwodów dwustopniowej automatyki SCO i SPZ/SCO z możliwością ich zablokowania.

### **2.3.14. Automatyka SZR (samoczynnego załączenia rezerwy) w rozdzielni SN**

Rozdzielnia SN w stacjach WN/SN posiadająca przynajmniej dwa zasilania powinna być wyposażona w automatykę SZR.

Operator systemu dystrybucyjnego lub przesyłowego określa indywidualnie rodzaj lub warunki współpracy automatyki i zabezpieczeń oraz środków ochrony przeciwporażeniowej stosowanych przez odbiorców przyłączonych do sieci SN i nN, przy wydawaniu warunków przyłączenia oraz zmianie warunków pracy sieci.

### **2.3.15. Wymagania techniczne dla systemu nadzoru i telemechaniki**

2.3.15.1. Wymagania i zalecenia dotyczące nadzoru stacji elektroenergetycznych obowiązują operatora systemu dystrybucyjnego oraz podmioty przyłączone do sieci dystrybucyjnej. Wszystkie bezobsługowe stacje o górnym napięciu 110 kV i wyższym powinny być wyposażone w układy telesygnalizacji, telepomiarów i telesterowania umożliwiające zdalne prowadzenie ruchu stacji przez właściwe dyspozycje. Należy dążyć do wyposażenia w układy telemechaniki stacji elektroenergetycznych z obsługą.

Ogólne wymagania stawiane stacyjnemu i dyspozytorskiemu systemowi nadzoru,

a podyktowane głównie względami optymalizacyjnymi i niezawodnościowymi są następujące:

- a) obiektowe systemy nadzoru muszą być kompatybilne z dyspozytorskimi systemami w centrach nadzoru energetyki publicznej oraz zarządcy kolejowej infrastruktury elektroenergetycznej. Stacyjne systemy nadzoru muszą spełniać wymagania stosowne do rodzaju obsługiwanych stacji z uwzględnieniem wymogów jakościowych i konfiguracyjnych,
- b) obiektowe systemy nadzoru powinny być połączone z centrami nadzoru z wykorzystaniem niezawodnych i o właściwej przepływności łączy transmisyjnych, aby zapewnić odpowiednią szybkość przepływu informacji z/do centrów dyspozytorskich,
- c) systemy nadzoru powinny zapewniać archiwizację danych na okres zgodny z wymaganiami norm bezpieczeństwa informacji oraz umożliwić utrzymanie ciągłości nadzoru dyspozytorskiego i dokonywania analiz pracy sieci,
- d) połączenie systemów nadzoru w dyspozycjach powinno być wykonane jako redundantne. Zaleca się realizację z wykorzystaniem sieci komputerowej,
- e) należy dążyć do tego, aby wszelkie informacje uzyskiwane dla systemów dyspozytorskich posiadały znacznik czasu. Struktura sieci komunikacyjnych sygnałów telemechaniki winna zapewnić niezawodność i optymalizację przepływu informacji. Komunikacja winna być realizowana dwoma redundantnymi kanałami łączności. Jako rezerwową drogę transmisji dopuszcza się transmisje pakietowe,
- f) protokół transmisji danych musi być dostosowany do systemu sterowania posiadanego przez operatora systemu dystrybucyjnego lub przesyłowego,
- g) należy dążyć do tego, aby czas reakcji całego systemu nadzoru (stacyjnego i nadrzędnego) nie przekraczał kilku sekund, a rozdzielczość czasowa przesyłanych sygnałów zawierała się w granicach  $1 \div 100$  ms.

2.3.15.2. Rozdzielnie WN powinny być objęte co najmniej telemechaniką umożliwiającą: t

- a) telesterowanie:
  - sterowanie wyłącznikami,
  - sterowanie urządzeniami automatyk stacyjnych;
- b) telesygnalizację:
  - stanu położenia łączników,
  - stanu automatyk stacyjnych,
  - sygnalizację awaryjną indywidualną z poszczególnych pól rozdzielni,

- sygnalizacją zadziałania poszczególnych zabezpieczeń,
  - sygnalizację awaryjną z potrzeb własnych prądu stałego dotyczącą w szczególności: uszkodzenia prostownika, braku ciągłości obwodów prądu stałego wraz z baterią oraz doziemienia w obwodach prądu stałego,
  - sygnalizację awaryjną z urządzeń zasilania bezprzerwowego,
  - sygnalizację alarmową, włamaniową i przeciwpożarową;
- c) telemetrię:
- pomiar mocy biernej i czynnej ( oddanie i pobór ),
  - pomiar prądu w poszczególnych polach,
  - pomiar napięcia na poszczególnych układach szyn.

Rozdzielnie WN podmiotów zewnętrznych, w stosunku do dyspozycji prowadzącej ruch tej sieci, powinny retransmitować do tej dyspozycji co najmniej następujące informacje:

- a) sygnalizację położenia wszystkich łączników na rozdzielni WN,
- b) zbiorczą sygnalizację awaryjną,
- c) zbiorczą sygnalizację zadziałania zabezpieczeń,
- d) pomiar mocy biernej i czynnej (oddanie i pobór) oraz prądu w poszczególnych polach odpływowych rozdzielni WN, a także napięcia na poszczególnych układach szyn.

2.3.15.3. Rozdzielnie SN w stacjach WN/SN, a także ważne ruchowo rozdzielnie SN wyposażone w wyłączniki powinny być objęte co najmniej telemechaniką umożliwiającą:

- a) telesterowanie:
  - sterowanie wyłącznikami,
  - sterowanie urządzeniami automatyk stacyjnych;
- b) telesygnalizację:
  - stanu położenia wyłączników, odłączników szynowych i liniowych oraz uziemników,
  - stanu automatyk stacyjnych,
  - sygnalizację awaryjną indywidualną z poszczególnych pól rozdzielni,
  - sygnalizacją zadziałania poszczególnych zabezpieczeń,
  - sygnalizację awaryjną z potrzeb własnych prądu stałego dotyczącą w szczególności: uszkodzenia prostownika, braku ciągłości obwodów prądu stałego wraz z baterią oraz doziemienia w obwodach prądu stałego,
  - sygnalizację awaryjną z urządzeń zasilania bezprzerwowego,



- sygnalizację włamaniową i przeciwpożarową;
- c) telemetrię:
- pomiar prądu w poszczególnych polach,
  - pomiar napięcia na poszczególnych układach szyn.

Urządzenia telemechaniki winne być wyposażone w co najmniej dwa porty transmisji danych.

Urządzenia telemechaniki obiektowej powinny być zasilane z układu napięcia bezprzerwowego o czasie autonomii nie krótszym niż 6 godz., natomiast systemy nadzoru w dyspozycjach powinny być zasilane napięciem bezprzerwowym zapewniającym nieograniczony czas zasilania (układ z stacjonarnym lub przewoźnym agregatem prądotwórczym).

### **2.3.16. Wymagania techniczne dla układów pomiarowo-rozliczeniowych**

2.3.16.1. Sieć o napięciu znamionowym 110 kV i wyższym oraz urządzenia, instalacje i sieci podmiotów przyłączonych do sieci o napięciu 110 kV i wyższym powinny być wyposażone w układy pomiarowo-rozliczeniowe energii elektrycznej realizujące co najmniej funkcję pomiaru energii czynnej i biernej w dwóch kierunkach.

Wymagania techniczne dla układów pomiarowych są określane dla:

- a) układów pomiarowo-rozliczeniowych, dla których mierzone wielkości energii stanowią podstawę do rozliczeń,
- b) układów pomiarowych bilansowo-kontrolnych, dla których mierzone wielkości energii stanowią podstawę do monitorowania wskazań układów pomiarowo-rozliczeniowych oraz bilansowania obiektów i obszarów sieciowych.

2.3.16.2. Rozwiązania techniczne dla poszczególnych układów pomiarowych uzależnia się od wielkości mocy znamionowej przyłączanego urządzenia, instalacji lub sieci i dzieli się na 3 kategorie:

- a) kategoria 1 – dla pomiarów energii elektrycznej przy mocy znamionowej urządzenia równej 30 MVA lub wyższej,
- b) kategoria 2 – dla pomiarów energii elektrycznej przy mocy znamionowej urządzenia zawartej w przedziale od 1 MVA do 30 MVA,
- c) kategoria 3 – dla pomiarów energii elektrycznej przy mocy znamionowej urządzenia mniejszej niż 1 MVA.

2.3.16.3. Dla układów pomiarowych kategorii 1, o których mowa w pkt 2.3.16.2 a) obowiązują następujące wymagania:

- a) przekładniki prądowe i napięciowe w układach pomiarowo – rozliczeniowych powinny mieć dwa rdzenie i dwa uzwojenia pomiarowe o klasie dokładności 0,2 służące do pomiaru energii elektrycznej,
- b) liczniki energii elektrycznej w układach pomiarowo-rozliczeniowych powinny mieć klasę dokładności nie gorszą niż 0,2 dla energii czynnej i 1,0 dla energii biernej,
- c) przekładniki prądowe i napięciowe w układach pomiarowych bilansowo-kontrolnych powinny mieć klasę nie gorszą niż 0,5,
- d) liczniki energii elektrycznej w układach pomiarowych bilansowo-kontrolnych powinny mieć klasę dokładności nie gorszą niż 2,0 dla energii czynnej i 3,0 dla energii biernej,
- e) liczniki energii elektrycznej powinny umożliwiać współpracę z systemami automatycznej rejestracji danych.

2.3.16.4. Dla układów pomiarowych kategorii 2, o których mowa w pkt 2.3.16.2 b) obowiązują następujące wymagania:

- a) przekładniki prądowe i napięciowe powinny mieć klasę dokładności nie gorszą niż 0,5,
- b) liczniki energii elektrycznej w układach pomiarowo-rozliczeniowych powinny mieć klasę dokładności nie gorszą niż 0,5 dla energii czynnej i 3,0 dla energii biernej,
- c) liczniki energii elektrycznej w układach pomiarowych bilansowo-kontrolnych powinny mieć klasę dokładności nie gorszą niż 2,0 dla energii czynnej i 3,0 dla energii biernej,
- d) liczniki energii elektrycznej powinny umożliwiać współpracę z systemami automatycznej rejestracji danych.

2.3.16.5. Dla układów pomiarowych kategorii 3, o których mowa w pkt 2.3.16.2 c) obowiązują następujące wymagania:

- a) przekładniki prądowe i napięciowe powinny mieć klasę dokładności nie gorszą niż 0,5,
- b) liczniki energii elektrycznej w układach pomiarowo-rozliczeniowych powinny mieć klasę dokładności nie gorszą niż 1,0 dla energii czynnej i 3,0 dla energii biernej,
- c) liczniki energii elektrycznej w układach pomiarowych bilansowo-kontrolnych powinny mieć klasę dokładności nie gorszą niż 2,0 dla energii czynnej i 3,0 dla energii biernej,

- d) liczniki energii elektrycznej powinny umożliwiać współpracę z systemami automatycznej rejestracji danych.

2.3.16.6. Dla układów pomiarowo-rozliczeniowych energii elektrycznej kategorii 1 i 2 wymagane są dwa układy pomiarowe: układ pomiaru podstawowego i układ pomiaru rezerwowego.

Układ pomiaru rezerwowego powinien spełniać kryterium równoważności z układem podstawowym. Układy pomiarowo-rozliczeniowe energii elektrycznej powinny być zainstalowane m.in. w następujących miejscach:

- a) po stronie 110 kV transformatorów WN/110 kV stanowiących miejsce przyłączenia urzędzeń, instalacji lub sieci innych podmiotów,
- b) po stronie górnego napięcia transformatorów sieciowych lub w polach liniowych o napięciu znamionowym 110 kV i wyższym stanowiących miejsca przyłączenia odbiorców końcowych,
- c) w polach liniowych o napięciu znamionowym 110 kV linii stanowiących połączenia pomiędzy sieciami operatorów systemów dystrybucyjnych.

### **3. Projektowanie sieci trakcyjnej**

#### **3.1. Wymagania ogólne**

##### **3.1.1. Skrajnia budowli**

- 3.1.1.1. Zgodnie z wymaganiami zapisanymi w TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10] punkt 4.2.10, konstrukcja sieci trakcyjnej powinna odpowiadać skrajni infrastruktury określonej w TSI „Infrastruktura” dla kolei dużych prędkości [9] punkt 4.2.3, w odniesieniu do linii kategorii I.
- Linie kategorii I, zgodnie z zapisem w/w TSI „Infrastruktura” [9] punkt 4.2.1 to linie dużych prędkości, wybudowane jako dedykowane do prowadzenia tego rodzaju ruchu pociągów, wyposażone w infrastrukturę umożliwiającą ruch z prędkościami równymi lub wyższymi od 250 km/h.
- 3.1.1.2. Na odcinkach torów położonych w łukach, poziome odległości do przytorowych konstrukcji nad główką szyny należy zwiększyć w sposób określony w przyjętych, przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., przepisach to regulujących.
- 3.1.1.3. We wszystkich przypadkach należy uwzględniać ugięcie konstrukcji wsporczych przy największym obciążeniu.
- 3.1.1.4. Postanowienia dotyczące odległości konstrukcji wsporczych od osi najbliższego toru mają zastosowanie również do ustojów tych konstrukcji oraz do wszystkich konstrukcji pomocniczych i elementów osprzętu mocowanych na konstrukcjach wsporczych.

##### **3.1.2. Wysokość zawieszenia przewodu jezdnego**

- 3.1.2.1. Zgodnie z punktem 4.2.9 TSI „Energia” [10] oraz punktem 5.1 normy PN-EN 50367:2006 [75] dla linii kolejowych kategorii I nominalna wysokość zawieszenia przewodu jezdnego nad główką szyny, mierzona prostopadle do płaszczyzny przechodzącej przez powierzchnie toczne szyn, zawiera się w granicach od 5080 do 5300 mm. Poniżej przedstawione zostały wysokości zawieszenia przewodu jezdnego wszystkich kategorii linii kolejowych dużych prędkości.

Tabela 3.1.1. Wysokość zawieszenia sieci jezdnej według TSI „Energia”

Opis	Kategoria I	Kategoria II	Kategoria III
Znamionowa wysokość przewodu jezd- nego (mm)	od 5 080 do 5 300	od 5 000 do 5 500	od 5 000 do 5 750
Minimalna wysokość przewodu jezd- nego (mm)	---	4 950	
Maksymalna wysokość przewodu jezd- nego (mm)	---	6 000	

- 3.1.2.2. Dla sieci jezdnych torów bocznych, prowadzonych pod obiektami inżynierskimi, przy obliczaniu wysokości zawieszenia przewodu jezdnej należy uwzględnić występowanie sadzi.
- 3.1.2.3. W obszarze strefy oddziaływania odbieraków prądu wysokość przewodów wchodzących w skład sieci jezdnej, innych niż przewody jezdne, musi być wyższy, w najbardziej niekorzystnych obliczeniowych warunkach atmosferycznych, o co najmniej 250 mm w stosunku do poziomu przewodu jezdnej.

### 3.1.3. Odległość sieci jezdnej od obiektów uziemionych

- 3.1.3.1. Odległość pomiędzy elementami sieci jezdnej lub odbierakiem prądu znajdującym się pod napięciem, a obiektami uziemionymi powinna, w warunkach dynamicznych, wynosić co najmniej 150 mm.
- 3.1.3.2. Odległość sieci jezdnej lub jej elementów będących pod napięciem od części urządzeń sygnalizacji wzrokowej oraz od części urządzeń oświetlenia zewnętrznego zasilanego kablem, powinna wynosić co najmniej:
- 1500 mm od słupa sygnalizatora oraz od krawędzi oprawy oświetleniowej. W odniesieniu do urządzeń oświetleniowych odległość ta powinna być mierzona w płaszczyźnie poziomej,
  - 1000 mm od krawędzi oprawy sygnalizatora i innych elementów sygnalizacji wzrokowej.
- Odległości te powinny być zachowane we wszystkich położeniach pracy elementów sygnalizatorów i oświetlenia zewnętrznego przy najbardziej niekorzystnych obliczeniowych warunkach atmosferycznych.
- 3.1.3.3. Odległości pomiędzy siecią jezdną lub jej elementami będącymi pod napięciem a powierzchniami przeznaczonymi do przebywania ludzi określają zapisy normy PN-EN 50122-1:2002 [63] – punkt 5.1.2.

- 3.1.3.4. Odległości, o których mowa w punkcie 3.1.3.3 mogą być zmniejszone pod warunkiem zastosowania barier odpowiadających wymaganiom zapisanym w normie PN-EN 50122-1:2002 [63], punkt 5.1.3.

## **3.2. Rozwiązania konstrukcyjne nowych typów sieci trakcyjnej**

### **3.2.1. Wymagania podstawowe**

#### 3.2.1.1. Strefy klimatyczne

Przy projektowaniu nowej sieci trakcyjnej w obliczeniach wartości charakterystycznych należy stosować metody obliczeń opisane w normie PN-E-05100-1:1998 [51], z zastrzeżeniem zapisów punktu 3.2.1.3.2.2.1.

#### 3.2.1.2. Temperatury charakterystyczne

- 3.2.1.2.1. W obliczeniach nowej sieci jezdnej należy przyjmować następujące temperatury charakterystyczne:

a) temperatura minimalna (mrozu)	- 30° C,
b) temperatura sadzi	- 5° C,
c) temperatura normalna	+ 10° C,
d) temperatura przy wietrze	+ 15° C,
e) temperatura maksymalna (upału)	+ 40° C,
f) temperatura maksymalna przewodów	+ 80° C.

#### 3.2.1.3. Obciążenia mechaniczne

##### 3.2.1.3.1. Obciążenia trwałe:

- ciężar przewodów i osprzętu sieci jezdnej,
- naciąg przewodów.

##### 3.2.1.3.2. Obciążenia doraźne:

- ciężar sadzi,
- parcie wiatru,
- nacisk odbieraków prądu,
- obciążenia przy montażu sieci,
- obciążenia przy zerwaniu przewodów.

#### 3.2.1.4. Obciążenia sadią

- 3.2.1.4.1. Obciążenia sadią przewodów sieci jezdnej należy określać wg tabl. 4 normy PN-E-05100-1:1998 [51] – bez uwzględniania sadzi katastrofalnej.

3.2.1.4.2. W obliczeniach nie należy uwzględniać ciężaru sadzi na wieszakach, elementach osprzętu sieci oraz konstrukcjach wsporczych.

3.2.1.5. Obciążenia wiatrem

3.2.1.5.1. Obciążenia wiatrem należy obliczać przyjmując maksymalną prędkość wiatru na poziomie 33 m/s, przy czym dla odcinków linii dużych prędkości usytuowanych na wysokości przekraczającej 100 m ponad poziomem morza maksymalną prędkość wiatru należy przyjąć jako 37,1 m/s.

3.2.1.5.2. Dla przewodów i elementów usytuowanych w odległości pionowej do 10 m od poziomu terenu należy przyjmować prędkość wiatru wg wyżej wymienionej normy (tabl. 2) jak dla zakresu 10÷16 m.

3.2.1.5.3. Współczynnik opływu K dla przewodów sieci łańcuchowej należy obliczać z uwzględnieniem wpływu wieszaków uchwytów i zacisków.

3.2.1.5.4. Współczynnik opływu K dla pojedynczej liny nośnej należy przyjmować bez uwzględnienia wpływu wieszaków i uchwytów wieszakowych wg tabl. 3 normy PN-E-05100-1:1998 [51].

3.2.1.6. Obciążenia przy montażu sieci i zerwaniu przewodów

3.2.1.6.1. W obliczeniach parametrów sieci należy uwzględniać siły występujące w czasie montażu oraz zerwania przewodów. Wielkość ich ma wpływ na określenie nośności konstrukcji wsporczych.

3.2.1.7. Przewód jezdny

Przewód jezdny powinien spełniać wymagania normy PN-EN 50149:2002 [66], punkty: 4.1÷4.3, 4.5÷4.8. Materiały dopuszczone do stosowania w przewodach jezdnych to miedź oraz stopy miedzi. Dla sieci torów szlakowych i torów głównych zasadniczych stacji zaleca się stosowanie materiałów oznaczonych w wyżej wymienionej normie następującymi symbolami: CuMg0,2; CuMg0,5; CuSn 0,2. Minimalny zalecany przekrój przewodu jezdnego wynosi:

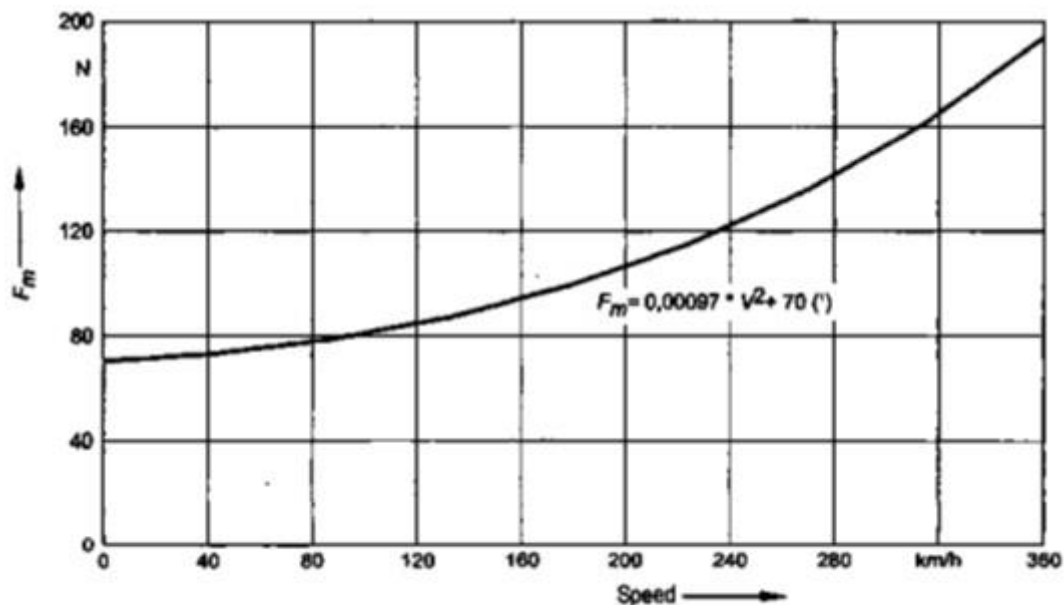
- a) 120 mm<sup>2</sup> dla sieci torów szlakowych i torów głównych zasadniczych oraz torów głównych dodatkowych stacji,
- b) 80 mm<sup>2</sup> dla sieci pozostałych torów stacyjnych.

3.2.1.7.1. Minimalne zalecane naprężenie robocze przewodu jezdnego wynosi:

- a) 200 MPa dla sieci torów szlakowych i torów głównych zasadniczych oraz torów głównych dodatkowych stacji,
- b) 70 MPa dla sieci pozostałych torów stacyjnych.

- 3.2.1.7.2. Naprężenia w stanie maksymalnego zużycia i w warunkach granicznych nie mogą przekroczyć wartości dopuszczalnych zgodnie z normą PN-EN 50119:2002 [60] – punkt 5.2.4.1, przy czym maksymalny poziom średniego zużycia przewodu jezdnego należy przyjmować na poziomie 20%.
- 3.2.1.8. Lina nośna
- 3.2.1.8.1. Materiały zalecane do stosowania jako liny nośne to miedź i jej stopy, spełniające wymagania normy PN-E-90081:1974 [53].
- 3.2.1.8.2. Minimalny zalecany przekrój liny nośnej wynosi:
- a) 95 mm<sup>2</sup> dla sieci torów szlakowych i torów głównych zasadniczych oraz torów głównych dodatkowych stacji,
  - b) 70 mm<sup>2</sup> dla sieci pozostałych torów stacyjnych.
- 3.2.1.8.3. Minimalne zalecane naprężenie robocze liny nośnej wynosi:
- a) 150 MPa dla sieci torów szlakowych i torów głównych zasadniczych oraz torów głównych dodatkowych stacji,
  - b) 70 MPa dla sieci pozostałych torów stacyjnych.
- 3.2.1.8.4. Naprężenia w stanie maksymalnego zużycia i w warunkach granicznych nie mogą przekroczyć wartości dopuszczalnych zgodnie z normą PN-EN 50119:2002 [60] – punkt 5.2.5.1.
- 3.2.1.9. Nacisk odbieraków prądu
- 3.2.1.9.1. Do obliczeń parametrów sieci jezdnej należy przyjmować:
- a) nacisk statyczny  $70_{-10}^{+20}N$  zgodnie z zapisami TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10], punkt 4.2.14,
  - b) nacisk dynamiczny – według krzywej przedstawionej w TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10], punkt 4.2.15 oraz w normie PN-EN 50367:2006 [75], punkt 7.2.

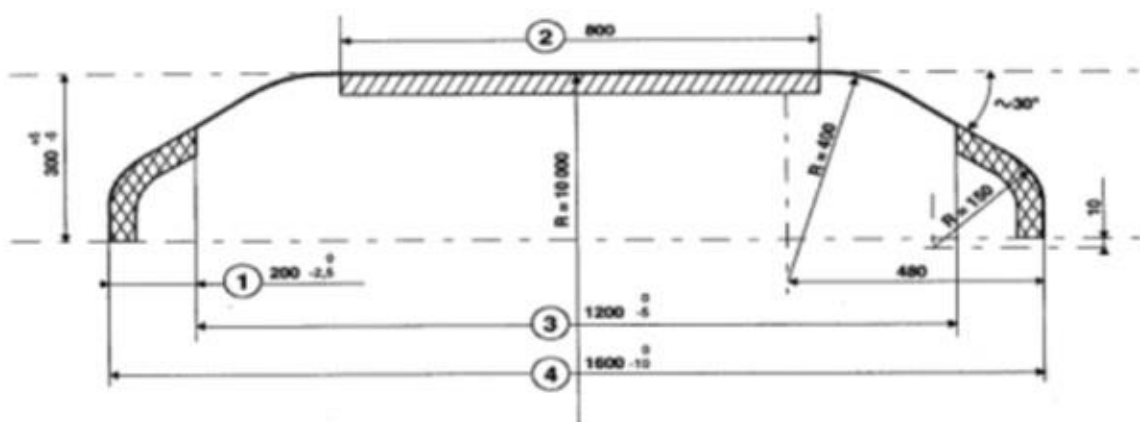




(\*)  $v$  in km/h

Rysunek 3.2.1. Krzywa zmienności wartości siły stykowej (źródło: [75])

3.2.1.9.2. Geometrię i profil ślizgacza odbieraka prądu (o długości 1600 mm) właściwego dla europejskiego systemu kolei dużych prędkości przedstawiono w TSI „Tabor” [11], punkt 4.2.8.3.7.2.



1. Nabieżnik wykonany z materiału izolacyjnego (projektowana długość 200 mm)
2. Minimalna długość nakładek stykowych 800 mm
3. Zasięg materiału przewodzącego ślizgacza 1 200 mm
4. Długość ślizgacza pantografu 1 600 mm

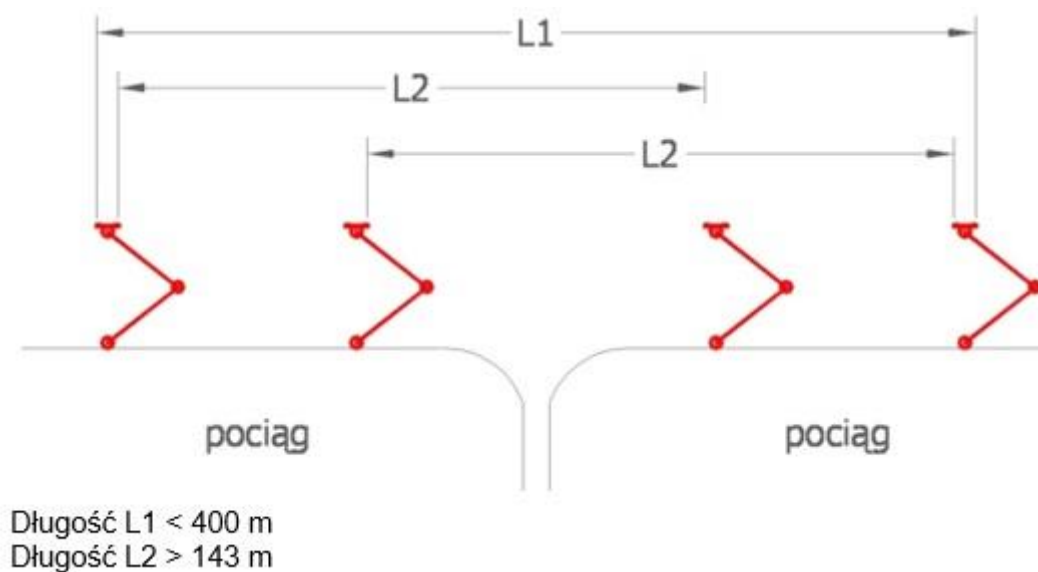
Rysunek 3.2.2. Profil ślizgacza odbieraka prądu (źródło: [11])

3.2.1.9.3. Warunki konstrukcyjne i eksploatacyjne sieci trakcyjnej należy przyjmować przy założeniu wyposażenia odbieraków prądu w urządzenia do automatycznego opuszczania odbieraka (ADD – Automatic Dropping Device), zgodnie z zapisami TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10] punkt 4.2.9.1.

### 3.2.2. Sieć jezdna

#### 3.2.2.1. Konstrukcja górnej sieci jezdnej

- 3.2.2.1.1. Konstrukcja sieci jezdnych powinna być dostosowana do wymaganej prędkości jazdy i największych poborów prądu taboru mającego kursować na danym odcinku linii kolejowej. Wymagania odnośnie ogólnej konstrukcji sieci jezdnych określa norma PN-EN 50119:2002 [60] – punkty: 5 i 6.
- 3.2.2.1.2. Zaleca się stosowanie sieci łańcuchowych skompensowanych z jedną linią nośną i jednym przewodem jezdny.
- 3.2.2.1.3. Zaleca się dla nowych typów sieci jezdnej stosowanie wysokości konstrukcyjnych określonych w punkcie 3.22 karty UIC 799:2002-3 [91]:
- a) 1,40 m dla sieci szlakowych i torów głównych zasadniczych stacji,
  - b) 0,80 m w tunelach,
  - c) 1,25 m dla pozostałych sieci stacyjnych (dla prędkości poniżej 230 km/h).
- 3.2.2.1.4. Zalecana minimalna długość najkrótszego wieszaka wynosi 0,60 m. W przypadku konieczności zastosowania wieszaków o mniejszej długości, należy określić maksymalną dopuszczalną prędkość jazdy pociągów stosując procedury, o których mowa w punkcie 3.2.2.2.7. W żadnym przypadku nie należy stosować wieszaków o długości mniejszej niż 0,25 m, zgodnie z zapisami karty UIC 799:2002-3 [91], punkt 3.21.
- 3.2.2.1.5. Zastosowane rozwiązania konstrukcyjne sieci jezdnej powinny zapewniać dobrą współpracę, dla pełnego zakresu prędkości eksploatacyjnej:
- a) z podniesionym jednym odbierakiem prądu elektrycznego pojazdu trakcyjnego,
  - b) z podniesionymi kilkoma odbierakami prądu, których usytuowanie spełnia jednocześnie następujące założenia:
    - rozmieszczenie odbieraków prądu – przedstawione na rysunku nr 3.2.3 według uwarunkowań wskazanych w TSI „Tabor” dla kolei dużych prędkości [11], punkt 4.2.8.3.6.2 oraz w normie PN-EN 50367:2006 [75], punkt A.1.6,
    - odległość pomiędzy kolejnymi czynnymi odbierakami prądu – 200 m, zgodnie z zapisami TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10], punkt 4.2.19.



Rysunek 3.2.3. Usytuowanie odbieraków prądu (źródło: [11], [75])

3.2.2.1.6. Konstrukcja sieci trakcyjnej systemu 25 kV AC obejmuje w szczególności:

- zastosowanie wstawek usytuowanych pomiędzy odcinkami sieci zasilanymi z różnych faz – sekcji separacji faz (wymagających stosowania sekcjonowania podłużnego sieci),
- zastosowanie odcinków łączących (punkty stykowania) sieci zasilanych w systemie 25 kV AC oraz sieci zasilanych w innych systemach – sekcji separacji systemów (wymagających stosowania sekcjonowania podłużnego sieci),
- zastosowanie połączeń sieci górnej i sieci powrotnej poprzez transformatory „odsysające” (booster transformator) (wymagające stosowania sekcjonowania podłużnego sieci),
- zastosowanie kabin sekcyjnych „krajowych” wymagające stosowania sekcjonowania podłużnego sieci,
- zastosowanie dodatkowych zasilaczy w systemie 2×25 kV AC,
- zastosowanie autotransformatorów, za pomocą których łączone są: sieć górna i dodatkowy zasilacz systemu 2×25 kV AC z siecią powrotną.

3.2.2.2. Normalne przęsło zawieszenia sieci

3.2.2.2.1. Wymagania dotyczące geometrii sieci jezdnej:

- wysokość zawieszenia przewodu jezdnej – w przedziale od 5080 mm do 5300 mm (jak w punkcie 3.1.2.1). Zalecana nominalna wysokość zawieszenia przewodu jezdnej wynosi 5200 mm,
- dopuszczalne zmiany pochylenia przewodu jezdnej – zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 50119:2002 [60] – punkt 5.2.8.2. Dla prędkości

powyżej 250 km/h nie dopuszcza się profilowania poziomego przewodu jezdnego,

- c) dopuszczalna wielkość bocznego wywiania wiatrowego sieci jezdnej – 400 mm, zgodnie z zapisami TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10] – punkt 4.2.9.2,
  - d) geometria ślizgacza odbieraka prądu – jak w punkcie 3.2.1.6.2.
- 3.2.2.2.2. Wymagania dotyczące parametrów wpływających na jakość współpracy sieci jezdnej z odbierakami prądu:
- a) maksymalna prędkość robocza pociągów nie może być większa od 70% wartości prędkości rozchodzenia się fali mechanicznej w sieci jezdnej zgodnie z zapisami TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10] – punkt 4.2.12;
  - b) jakość odbioru można ocenić na podstawie średniej wartości składowej pionowej siły stykowej  $F_m$  (będącej wypadkową składowej statycznej i aerodynamicznej z uwzględnieniem korekty dynamicznej) i odchylenia standardowego  $\sigma$  lub na podstawie obliczenia czasu przerw łukowych - zgodnie z zapisami TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10], punkt 4.2.16.1. Wartości powyższe określa się zgodnie z zapisami punktu 3.2.2.2.7. Do kwalifikacji parametrów pracy, w przypadku gdy stosowany jest więcej niż jeden czynny odbierak prądu, należy wziąć pod uwagę odbierak wykazujący najbardziej niekorzystne wartości;
  - c) mierzona w pionie minimalna wolna przestrzeń dla podniesienia ramienia odciągowego określana jest jako  $2S_0$ , przy czym w przypadku zastosowania rozwiązań konstrukcyjnych sieci jezdnej ograniczających pionowy ruch ramienia odciągowego dopuszczalne jest ograniczenie wolnej przestrzeni do  $1,5S_0$ , zgodnie z zapisem TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10], punkt 4.2.16.1;
  - d) za  $S_0$  jako maksymalne dopuszczalne podniesienie przewodu jezdnego, w punkcie styku ze ślizgaczem pantografu, występujące przy konstrukcji wsporczej w normalnych warunkach eksploatacyjnych, przy maksymalnej prędkości linii, przyjmuje się wartość określoną w punkcie 2.2-7 karty UIC 799 2002-3 [91] wynoszącą 120 mm. Zatem wolna przestrzeń dla podniesienia ramienia odciągowego  $2S_0$  powinna wynieść co najmniej 240 mm;
  - e) w przypadku zastosowania rozwiązań konstrukcyjnych sieci jezdnej ograniczających pionowy ruch ramienia odciągowego wolna przestrzeń dla podniesienia ramienia odciągowego powinna wynieść co najmniej 180 mm.

Zasada ta może zostać zastosowana np. w przypadku konstrukcji sieci jezdnej w tunelach.

- f) różnica między najwyższą a najniższą dynamiczną wysokością punktu styku między nakładką stykową pantografu a przewodem jezdny, w obrębie jednego przęsła, zgodnie z pkt 4.2.17 TSI „Energia” [10] nie powinna przekraczać 80 mm dla linii kat. I i 100 mm dla linii kat. II.
- 3.2.2.2.3. Całkowity przekrój sieci jezdnej powinien być projektowany w zależności od zakładanych maksymalnych obciążeń prądowych dla danej linii jak również mocy pojazdów szynowych oraz częstotliwości ich kursowania.
  - 3.2.2.2.4. Obciążalność prądowa sieci powinna być określana na podstawie zapisów TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10], punkt 4.2.18 oraz normy PN- EN 50388:2006 [76], punkt 7.1 (ustalającej podstawową dopuszczalną wartość pobieranego prądu na poziomie co najmniej 1 500 A), przy uwzględnieniu danych przedstawionych w normie PN-EN 50149:2002 [66], punkt 4.5 oraz wymagań normy PN-EN 50119:2002 [60], punkt 5.2.9.
  - 3.2.2.2.5. Zaleca się stosowanie rozpiętości normalnego przęsła o wartości m. W przypadku konieczności skracania rozpiętości przęseł należy przestrzegać warunku nie przekraczania 10% różnicy długości sąsiednich przęseł.
  - 3.2.2.2.6. Minimalne odstępy izolacyjne pomiędzy częściami roboczymi (nieizolowanymi) sieci jezdnej i elementami innych obwodów elektrycznych systemu 25 kV AC a elementami uziemionymi wynoszą, zgodnie z zapisami normy PN-EN 50119:2002 [60] – punkt 5.2.10:
    - a) w układzie statycznym – 270 mm,
    - b) w stanie dynamicznym – 150 mm.
  - 3.2.2.2.7. Nowe konstrukcje górnej sieci jezdnej należy oceniać z zastosowaniem metod symulacyjnych według zapisów normy PN-EN 50318:2003 [72] oraz poprzez pomiar odcinka próbnego nowej konstrukcji według normy PN-EN 50317:2003 [71]. Sposób przeprowadzenia procedury oceny zgodności sieci trakcyjnej jako składnika interoperacyjności określa TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10] punkt 4.2.16.2.1.
  - 3.2.2.3. Przęsło naprężenia
    - 3.2.2.3.1. Dla nowych konstrukcji sieci jezdnych należy stosować dwa rodzaje przęseł naprężenia:
      - a) izolowane, z połączeniem elektrycznym poprzez rozłącznik sekcyjny,

- b) zwarte, z bezpośrednim połączeniem elektrycznym.
- 3.2.2.3.2. Wspólna bieżnia w sieci torów szlakowych oraz torów głównych zasadniczych stacji powinna być tworzona w układzie dynamicznym, pod wpływem siły nacisku odbieraka prądu określonej dla maksymalnej prędkości jazdy.
- 3.2.2.3.3. W przypadku sieci torów głównych dodatkowych i torów bocznych stacji długość odcinka wspólnej jazdy, na którym przewody jezdne, w stanie bez-wietrznym, położone są na tym samym poziomie, powinna wynosić co najmniej 1 m, lecz nie więcej niż 2 m (w temperaturze normalnej).
- 3.2.2.3.4. Dla nowych konstrukcji sieci jezdnych torów szlakowych i torów głównych zasadniczych stacji należy podstawowo stosować przęsła naprężenia trójprzęsłowe sześciostupowe o odległościach między podwieszeniami krzyżowymi a konstrukcjami kotwowymi odpowiadających odległości przyjętej między podwieszeniami przelotowymi. W przypadku zastosowania konstrukcji bramkowych przęsła naprężenia należy konstruować na czterech konstrukcjach. W przypadkach szczególnych możliwe są inne rozwiązania spełniające wymagania eksploatacyjne danej linii.
- 3.2.2.3.5. Przy projektowaniu przęseł naprężenia należy stosować rozdzielone kotwienie liny nośnej i przewodu jezdnego.
- 3.2.2.3.6. Zalecane konstrukcje urządzeń naprężających to:
- a) rolkowe z szeregowym układem rolek,
  - b) przekładnie kołowe, o współosiowym zamontowaniu rolki naprężającej przewód trakcyjny i rolki połączonej z liną ciężarów naprężających.
- Zaleca się stosować urządzenia naprężające o przekładniach 1:3, 1:4 lub 1:5
- 3.2.2.3.7. Konstrukcje urządzeń naprężających, o których mowa w punkcie 3.2.2.3.6, powinny spełniać następujące wymagania:
- a) sprawność uwzględniająca poziom sił oporów ruchu oraz poziom sił naciągu przewodów powinna wynosić co najmniej 98% w pełnym przedziale temperatur pracy wskazanym w punkcie 3.2.1.2.1 oraz w warunkach oblodzenia elementów konstrukcyjnych i opadów zamarzającego deszczu;
  - b) musi być zapewniona możliwość montażu i regulacji urządzeń naprężających w zależności od temperatury otoczenia;
  - c) nie jest zalecane stosowanie urządzeń zabezpieczających przed zerwaniem liny urządzenia naprężającego o konstrukcji wpływającej na zwiększenie sił oporów ruchu przekładni naprężającej (dotyczy to np. stosowanych dotychczas

w konstrukcjach sieci jezdnych w Polsce cięgieł zabezpieczających typu „V” lub typu „U”);

- d) należy stosować rozwiązania zabezpieczające przed kradzieżą ciężarów naprężających lub jej następstwami w sposób nie powodujący zwiększenia sił oporów ruchu przekładni naprężającej (również poprzez stosowanie ciężarów monolitycznych, betonowych itp.),
- e) ich konstrukcja nie powinna narzucać konieczności ustawiania w stacjach konstrukcji wsporczych pomiędzy torami głównymi zasadniczymi oraz torem głównym zasadniczym i głównym dodatkowym (dotyczy stosowania takich konstrukcji bramkowych i rolek linowych umożliwiających lokalizację urządzenia naprężającego przy podporze konstrukcji bramkowej zlokalizowanej poza określonymi międzytorzami).

#### 3.2.2.4. Odcinek naprężenia

3.2.2.4.1. Odcinek naprężenia obustronnie naprężony musi być wyposażony w kotwienie środkowe sieci jezdnej. Sposób rozwiązania kotwienia środkowego powinien zapewniać:

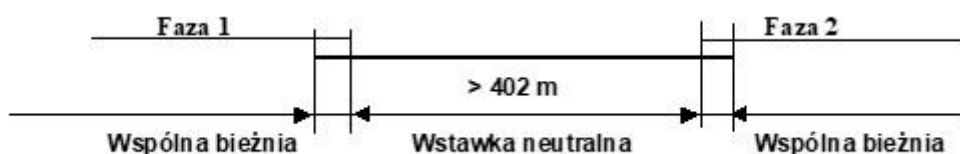
- a) uniemożliwienie przesuwania się sieci wzdłuż toru kolejowego,
- b) symetryczne obciążenie mechaniczne konstrukcji wsporczej środkowej kotwienia środkowego,
- c) ograniczenie skutków awarii do połowy odcinka naprężenia w przypadku zerwania liny nośnej lub przewodu jezdnego.

3.2.2.4.2. Na całej długości odcinka naprężenia największe odchylenie ruchomej części wysięgnika od płaszczyzny przechodzącej przez oś konstrukcji wsporczej i prostopadłej do osi toru, nie powinna być większa od  $12^\circ$ , w obliczeniowym przedziale zmienności temperatury. Ponadto, należy dobrać długość odcinka naprężenia ze szczególną starannością, uwzględniając straty siły naprężenia (naciągu) spowodowane oddziaływaniem przemieszczających się punktów zawieszenia. Strata siły naciągu nie powinna przekraczać  $10\div 11\%$ , uwzględniając około  $8\%$  stratę wynikającą z przemieszczania punktów zawieszenia wraz ze zmianami temperatury oraz stratę spowodowaną pracą urządzenia naprężającego na poziomie około  $2\div 3\%$ .

#### 3.2.2.5. Sekcja separacji faz

3.2.2.5.1. Konstrukcja sekcji separacji faz powinna spełniać warunki zapisane w TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10] punkt 4.2.21 zapewniając możliwość poruszania się pociągów od jednej sekcji do następnej, bez występowania galwanicznego mostkowania między dwoma fazami.

- 3.2.2.5.2. Należy zapewnić odpowiednie środki umożliwiające ponowne uruchomienie pociągu, który został zatrzymany w sekcji separacji faz. Konstrukcja sekcji separacji faz powinna umożliwić podłączenie go do jednej z sekcji przyległych za pomocą zdalnie sterowanych rozłączników
- 3.2.2.5.3. Dla prędkości jazdy pociągów przekraczających 250 km/h dopuszcza się stosowanie sekcji separacji faz, w której wszystkie odbieraki prądu najdłuższych pociągów zgodnych z TSI znajdują się wewnątrz wstawki neutralnej. Długość wstawki neutralnej powinna wynosić co najmniej 402 m. Szczegółowe wymagania podano w normie PN-EN 50367:2006 [75] – załącznik A.1.3. W dokumentach tych przedstawiono również rozwiązania sekcji separacji faz dla linii kolejowych dużych prędkości kategorii II i III.

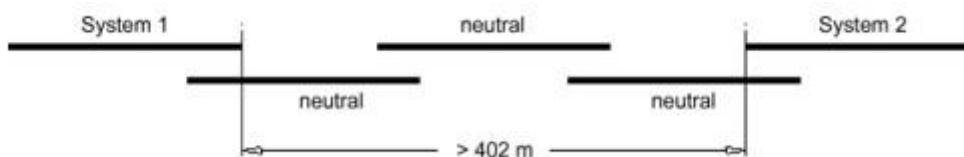


Rysunek 3.2.4. Konstrukcja sekcji separacji faz (źródło: [75])

- 3.2.2.5.4. Odcinki wspólnej jazdy (wspólnej bieżni) należy konstruować w formie izolowanych przęseł naprężenia.
- 3.2.2.5.5. Odcinki wspólnej jazdy (wspólnej bieżni) należy konstruować w formie izolowanych przęseł naprężenia.
- a) dla różnicy faz 120° elektr.:
    - w układzie statycznym – 400 mm,
    - w stanie dynamicznym – 230 mm,
  - b) dla różnicy faz 180° elektr.:
    - w układzie statycznym – 540 mm,
    - w stanie dynamicznym – 300 mm.
- 3.2.2.6. Sekcja separacji systemów
- 3.2.2.6.1. Konstrukcja sekcji separacji systemów powinna spełniać warunki zapisane w TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10] punkt 4.2.22 zapewniając możliwość poruszania się pociągów od jednego systemu zasilania do sąsiedniego, bez występowania galwanicznego mostkowania między dwoma systemami.
- 3.2.2.6.2. Istnieją dwie możliwości przejazdu pociągu przez sekcje separacji systemów:
- a) z uniesionymi odbierakami prądu pozostającymi w kontakcie z przewo-dami jezdnyymi,



b) z opuszczonymi odbierakami prądu.



Rysunek 3.2.5. Konstrukcja sekcji separacji systemów (źródło: [10])

3.2.2.6.3. W przypadku wyboru wariantu jak w punkcie 3.2.2.6.2 a) należy zapewnić:

a) zapobieżenie występowania zwarć lub galwanicznego mostkowania sąsiednich systemów zasilania poprzez odpowiednią konstrukcję sieci jezdnej.

Konstrukcja taka powinna obejmować trzy odcinki neutralne o sumarycznej długości przekraczającej 402 m, zgodnie z zapisami TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10], punkt 4.2.22.2,

b) zastosowanie odpowiednich zabezpieczeń w systemach zasilania w celu zapobieżenia występowania zwarć lub galwanicznego połączenia sąsiednich systemów, działających w sytuacji gdy nie nastąpi zadziałanie zabezpieczeń elektrycznych taboru.

3.2.2.6.4. W przypadku wyboru wariantu jak w punkcie 3.2.2.6.2 b) należy tak zaprojektować sekcję separacji aby uniknąć połączenia systemów przez przypadkowo uniesiony odbierak, stosując zabezpieczenia zapewniające wyłączenie zasilania obydwu systemów.

3.2.2.6.5. Odcinki wspólnej jazdy (wspólnej bieżni) należy konstruować w formie izolowanych przęseł naprężenia. Należy przy tym zapewnić jednakową wysokość zawieszenia przewodu jezdnych sąsiadujących sekcji mechanicznych, przy czym konstrukcja strefy wspólnej bieżni przęseł naprężenia powinna odpowiadać wymaganiom przedstawionym w punkcie 3.2.2.3.2.

3.2.2.6.6. Wymagania w stosunku do odległości izolacyjnych należy przyjmować jak w punkcie 3.2.2.2.6.

3.2.2.7. Rozjazdy sieciowe

3.2.2.7.1. Rozjazdy sieciowe zainstalowane w torach szlakowych i torach głównych zasadniczych stacji powinny być konstruowane jako przestrzenny układ lin nośnych i przewodów jezdnych bez występowania mechanicznych połączeń pomiędzy oboma ciągami sieci. Konstrukcje te powinny zapewniać płynne przejście ślizgacza odbieraka we wszystkich kierunkach, dla których jazda jest przewidziana.

- 3.2.2.7.2. Przy jeździe przez rozjazd, o którym mowa punkcie 3.2.2.7.1, na wprost, pantograf nie powinien mieć kontaktu z siecią jezdnią toru rozjazdowego.
- 3.2.2.7.3. Rozjazdy sieci jezdnych zainstalowane w torach innych niż szlakowe i tory główne zasadnicze stacji powinny być projektowane z zapewnieniem mechanicznego połączenia pomiędzy oboma ciągami sieci i powinny zapewniać płynny przejazd ślizgacza odbieraka prądu we wszystkich kierunkach, dla których przejście rozjazdowe jest przewidywane.
- 3.2.2.8. Zawieszania poprzeczne
- 3.2.2.8.1. W stacjach, gdzie przewiduje się ruch pociągów z prędkościami powyżej 250 km/h nie powinno się stosować zawiesznień poprzecznych dla sieci jezdnych.

### **3.2.3. Materiały do budowy sieci trakcyjnej**

- 3.2.3.1. Przewody jezdne
- 3.2.3.1.1. Dobór materiałów – jak w punkcie 3.2.1.4.
- 3.2.3.2. Liny nośne
- 3.2.3.2.1. Dobór materiałów – jak w punkcie 3.2.1.5.
- 3.2.3.3. Przewody zasilaczy dodatkowych dla systemu zasilania 2×25 kV, łączniki sieci jezdnej, przewody uziemiające, łączniki sieci powrotnej oraz uziomy
- 3.2.3.3.1. Własności elektryczne i mechaniczne przewodów zasilaczy dodatkowych dla systemu zasilania 2×25 kV powinny spełniać wymagania norm PN-IEC 1089:1994 [87] i PN-E-90081:1974 [53].
- 3.2.3.3.2. Przekrój znamionowy lin, o których mowa w punkcie 3.2.3.3.1 nie może być mniejszy niż:
  - a) 50 mm<sup>2</sup> w przypadku miedzianych,
  - b) 70 mm<sup>2</sup> w przypadku aluminiowych lub stalowo-aluminiowych.
- 3.2.3.3.3. Łączniki sieci jezdnej i powrotnej powinny być zaprojektowane z giętkich lin miedzianych o rezystancji nie większej niż podaje norma PN-E-90081:1974 [53].
- 3.2.3.3.4. Dopuszcza się zaprojektowanie sieci powrotnej z zastosowaniem innych dopuszczonych do eksploatacji łączników szynowych, niż określonych w punkcie 3.2.3.3.3.
- 3.2.3.3.5. Do wykonywania elektrycznych połączeń konstrukcji wsporczej z uziomem należy stosować stalowe ocynkowane pręty o minimalnym przekroju 50 mm<sup>2</sup>.

- 3.2.3.3.6. Uziomy indywidualne należy wykonywać jako prętowe. Uziomy prętowe indywidualne należy montować w odległości około 1 m od osi konstrukcji wsporczej, od strony nadjeżdżającego taboru – zgodnie z kierunkiem jazdy.
- 3.2.3.3.7. Pozostałe wymagania dotyczące przewodów uziemiających, łączników sieci powrotnej oraz uziomów przedstawiono w punktach: 3.3.8, 3.3.9, 3.3.13.
- 3.2.3.4. Odciągi sieciowe, uelastycznienia, wieszaki
  - 3.2.3.4.1. Do projektowania odciągów sieciowych, uelastycznienia i wieszaków sieci jezdnej należy stosować linki z miedzi lub jej stopów.
  - 3.2.3.4.2. Linki miedziane powinny spełniać wymagania norm PN-IEC 1089: 1994 [87] i PN-E-90081:1974 [53].
  - 3.2.3.4.3. Przekrój znamionowy linek nie może być mniejszy niż:
    - a) w przypadku odciągów sieciowych – 35 mm<sup>2</sup>,
    - b) w przypadku lin uelastyczniających – 25 mm<sup>2</sup>,
    - c) w przypadku wieszaków – 10 mm<sup>2</sup>,
- 3.2.3.5. Osprzęt
  - 3.2.3.5.1. Osprzęt sieci trakcyjnej powinien być wykonany z materiałów:
    - a) odpornych na drgania,
    - b) ekologicznych o niskim oddziaływaniu na środowisko i nie ulegających korozji,
    - c) o określonym i podlegającym sprawdzeniu składzie chemicznym,
    - d) o ustalonych własnościach wytrzymałościowych i elektrycznych.
  - 3.2.3.5.2. Do produkcji osprzętu powinny być stosowane następujące materiały:
    - a) miedź i jej stopy – wg normy PN-EN 1982:2002 [58],
    - b) żeliwo ciągliwe białe ZcB4505 – wg normy PN-EN 1562:2000 [57],
    - c) stal niestopowa S235JRG – wg normy PN-EN 10025-1:2007 [56],
    - d) stale stopowe nierdzewne,
    - e) stopy aluminium,
    - f) inne materiały dopuszczone do stosowania przez odpowiednią placówkę naukowo-badawczą.
  - 3.2.3.5.3. Dobór materiałów do wyrobu osprzętu powinien być dokonywany pod kątem wymagań nowoczesnych metod technologii produkcji jak spawalność, dobra lejność (odlewy), plastyczność (odkuwki) itp.
  - 3.2.3.5.4. Osprzęt sieci trakcyjnej przeznaczony do bezpośredniego zamocowania na przewodach miedzianych (lub ze stopów miedzi), części osprzętu przeznaczone

do przewodzenia prądu elektrycznego, drobne elementy (np. zawleczki), jak też osprzęt szczególnie narażony na korozję powinien być wykonany z miedzi i jej stopów (brąz, miedzionikiel) lub stali nierdzewnej.

- 3.2.3.5.5. Większe elementy konstrukcyjne osprzętu powinny być wykonywane ze stali niestopowych lub żeliwa ciągliwego białego, z wyjątkiem osprzętu stosowanego w tunelach, który należy wykonywać z miedzi, brązu, stali stopowych lub stopów aluminium.
- 3.2.3.5.6. Do budowy sieci trakcyjnej linii kolejowych dużych prędkości należy stosować jedynie elementy osprzętu sieciowego dopuszczone do użytkowania przez zarządcę infrastruktury kolejowej.
- 3.2.3.6. Fundamenty, głowice fundamentowe i konstrukcje wsporcze
  - 3.2.3.6.1. Konstrukcje wsporcze powinny być wykonywane z materiałów trwałych, odpornych na drgania, o określonym i podlegającym sprawdzeniu składzie chemicznym oraz ustalonych własnościach wytrzymałościowych.
  - 3.2.3.6.2. W przypadku zastosowania stalowych konstrukcji wsporczych należy wykonywać je ze stali konstrukcyjnych spawalnych. W jak najszerszym zakresie należy stosować profile stali walcowanej w postaci kątowników, ceowników i dwuteowników szerokostopowych.
  - 3.2.3.6.3. Konstrukcje wsporcze stalowe powinny być ocynkowane zanurzeniowo (ogniowo) zgodnie z wymaganiami normy PN-E-04500:1993 [49], a następnie dwukrotnie pomalowane farbami rodzaju i kolorze ustalonym przez zarządcę sieci trakcyjnej. Grubość powłoki cynkowej powinna wynosić co najmniej 60 µm.
  - 3.2.3.6.4. Konstrukcje wsporcze betonowe powinny być wykonane z betonu zbrojonego. Zaleca się zastosowanie konstrukcji wykonanych w technologii tzw. „wirowania” betonu.
  - 3.2.3.6.5. Materiały używane do wykonania betonu, sposób jego wykonania oraz badania próbek powinny odpowiadać wymaganiom norm PN-B-03264:2002 [43], BN-85/9317-90 [98].
  - 3.2.3.6.6. Fundamenty blokowe powinny być wykonywane z betonu klasy nie niższej niż B-30, zaś fundamenty palowe powinny być wykonywane zgodnie z „Wytycznymi odbioru i eksploatacji fundamentów palowych...” [37]. W przypadkach technicznie uzasadnionych dopuszcza się stosowanie betonu o większej wytrzymałości lub betonu zbrojonego.

- 3.2.3.6.7. Głowica fundamentowa powinna być wykonywana w sposób zapewniający jej trwałość i odporność na czynniki zewnętrzne. Wytrzymałość na ściskanie i wodoszczelność głowic betonowych należy zapewnić poprzez właściwy dobór klasy betonu z jakich zostaną wykonane – norma PN-EN 206-1:2003 [59].
- 3.2.3.7. Materiały izolacyjne
- 3.2.3.7.1. W urządzeniach sieci trakcyjnej należy stosować materiały izolacyjne o właściwościach elektrycznych, mechanicznych i termicznych odpowiednich do pracy w kolejowych warunkach eksploatacyjnych.
- 3.2.3.7.2. Jako materiały izolacyjne należy stosować materiały ceramiczne (porcelana elektrotechniczna) lub tworzywa organiczne dobierane ze szczególnym uwzględnieniem warunków środowiskowych, w tym promieniowania słonecznego.
- 3.2.3.7.3. Do izolacji urządzeń sieci trakcyjnej należy stosować izolatory znormalizowane, a w przypadku ich braku izolatory spełniające wymagania techniczne izolatorów znormalizowanych.

### **3.2.4. Sieć powrotna (obwód powrotny sieci trakcyjnej)**

- 3.2.4.1. Część zasilającego obwodu elektrycznego o niskim potencjale, zawarta pomiędzy odbiornikiem energii elektrycznej (pojazdem) a źródłem zasilania (podstacja trakcyjna) jest obwodem powrotnym, lub inaczej siecią powrotną układu zasilania. Sieć powrotna składa się z kabli powrotnych, szyn jezdnych, szyn lub przewodów powrotnych, połączeń elektrycznych, booster transformatorów, łączników impedancyjnych (dławików torowych). Obwód powrotny stanowi tor prądowy dla trakcyjnych prądów powrotnych, prądów zwarciovych, jest elementem ochrony przeciwporażeniowej i jest źródłem prądów błędzących.
- 3.2.4.2. Projekt układu zasilania winien zawierać rozwiązanie schematu elektrycznego obwodu sieci powrotnej.

### **3.2.5. Ochrona przeciwporażeniowa**

- 3.2.5.1. Spełnienie wymagań ochrony przeciwporażeniowej jest nadrzędne nad innymi wymaganiami technicznymi i środowiskowymi. Dla stosowania środków bezpieczeństwa i ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim mają zastosowanie wymagania norm: PN-EN 50122-1:2002 [63], PN-EN 50119:2002 [60], BS EN 50179 [69].

- 3.2.5.2. Ochrona przeciwporażeniowa w układzie zasilania trakcji elektrycznej 25 kV AC przed dotykiem pośrednim powinna zawierać jeden zintegrowany system bezpośredniego uziemienia szyn jezdnych stanowiący „ziemię systemu trakcyjnego”, zgodnie z zapisem normy PN-EN 50122-1:2002 [63] – punkt 3.5.3.

### **3.3. Projektowanie techniczne sieci trakcyjnej**

#### **3.3.1. Obliczenia i ustalenia podstawowe**

- 3.3.1.1. Podstawowe obliczenia i ustalenia dla projektowanej sieci jezdnej obejmują:

- a) ustalenie przekrojów i materiałów przewidywanych na przewody sieci jezdnej, pod kątem wymaganego przesyłu energii i dostosowania do założonej prędkości prowadzenia ruchu pociągów,
- b) obliczenia jednostkowych mechanicznych obciążeń poziomych i pionowych liny nośnej, przewodu jezdnej oraz całej sieci,
- c) ustalenie rozpiętości normalnego przęsła na prostej spełniającej wymagania dopuszczalnego wychylenia przewodów oraz stref klimatycznych,
- d) ustalenie długości przęseł naprężenia izolowanego i zwartego,
- e) ustalenie długości odcinka naprężenia (sekcji),
- f) poza podstawowymi obliczeniami należy ustalić parametry przewodów zasilaczy dodatkowych dla systemu zasilania 2×25 kV, przewodów uziemiających, łączników sieci jezdnej i powrotnej, przewodów połączeń elektrycznych, odciągów sieciowych, wysięgników podwieszonych sieci jezdnej, rodzaju kotwień ciężarowych itp.

- 3.3.1.2. Parametry współpracy sieci jezdnej z pantografem:

- a) konstrukcja sieci trakcyjnej, zgodnie z zapisami TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10] punkt 4.2.18, powinna zapewnić obciążalność prądową co najmniej na poziomie określonym w normie PN-EN 50388:2006 [76], punkt 7.1. Poziom ten wynosi dla linii dużych prędkości zasilanych w systemie 25 kV AC 1500 A.
- b) energia elektryczna powinna być dostarczona do odbieraków prądu przy wymaganej minimalnej wartości średniego napięcia użytecznego wynoszącego dla linii dużych prędkości zasilanych w systemie 25 kV AC 22,5 kV, zgodnie z zapisami normy PN-EN 50388:2006 [76] punkt 8.3. Wartości napięć dopuszczalnych krótkotrwałych i długotrwałych prezentuje norma PN-EN 50163:2006 [68], punkt 4.1.

- c) dla prędkości jazdy do 350 km/h, jako cechy charakterystyczne przewidziano (wartości poniższych parametrów mają charakter informacyjny):
- typową moc energii elektrycznej dostarczanej do odbieraków prądu pojazdu trakcyjnego na poziomie: 8÷20 MW - zgodnie z zapisami PN-EN 50388:2006 [76], Annex D.1,
  - minimalny możliwy odstęp między pociągami - 3 min (zgodnie z zapisami TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości w [nieobowiązującej] wersji z 2002 r.).
- 3.3.1.3. Podstawowe wzory zalecane do obliczeń sieci jezdnych podane są w „Wytocznych projektowania i warunkach odbioru sieci trakcyjnej...” [36] – załącznik nr 1.
- 3.3.1.4. Dla nowych konstrukcji sieci jezdnych należy sporządzać metrykę, której wzór przedstawiony został w „Wytocznych projektowania i warunkach odbioru sieci trakcyjnej...” [36], załącznik nr 2.
- 3.3.1.5. Projektowanie sieci trakcyjnej powinno uwzględniać wymagania określone w normie BN-85/9317-92 [99].
- 3.3.1.6. Przy opracowywaniu dokumentacji technicznej sieci trakcyjnej można stosować rozwiązania zawarte w „Katalogu sieci trakcyjnej” [39] lub korzystać z innych rozwiązań dopuszczonych dla prędkości powyżej 200 km/h.

### **3.3.2. Fundamenty i głowice fundamentowe**

- 3.3.2.1. Projektowanie fundamentów i konstrukcji wsporczych powinno uwzględniać wymagania podane w normie PN-B-03264:2002 [43] i BN-85/9317-90 [98].
- 3.3.2.1.1. Obsada konstrukcji wsporczych stalowych lub żelbetowych powinna być wykonywana w postaci:
- a) fundamentów betonowych prefabrykowanych palowych wyposażonych w śruby do montowania konstrukcji wsporczych,
  - b) fundamentów betonowych wylewanych w formy zagłębiane w grunt metodą wbijania lub wkręcania, wyposażonych w śruby do montowania konstrukcji wsporczych,
  - c) blokowych fundamentów betonowych prefabrykowanych,
  - d) blokowych fundamentów betonowych wylewanych w formy,
  - e) innych przyjętych do stosowania na liniach kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

- 3.3.2.1.2. Zaleca się w szerokim zakresie, na szlakach i stacjach, stosowanie fundamentów wskazanych w punktach: 3.3.2.1.1a), b). W uzasadnionych przypadkach należy stosować pozostałe spośród wskazanych w ww. punkcie typów fundamentów.
- 3.3.2.1.3. Do zabezpieczenia stalowych konstrukcji wsporczych posadowionych w blokowych fundamentach betonowych należy stosować głowice fundamentowe.
- 3.3.2.1.4. Miejsca styku konstrukcji wsporczych i odciągów z głowicami fundamentów należy dodatkowo zabezpieczać przed wpływami atmosferycznymi
- 3.3.2.1.5. Obliczenia statyczne i projektowanie nowych fundamentów konstrukcji wsporczych należy dokonywać na podstawie przyjętych do stosowania norm i przepisów oraz parametrów geotechnicznych podłoża gruntowego linii kolejowych.
- 3.3.2.1.6. Wartości parametrów geotechnicznych podłoża gruntowego powinny być ustalane na podstawie badań przeprowadzanych w miejscach usytuowania konstrukcji wsporczych.
- 3.3.2.1.7. Badania gruntu powinny być wykonywane w postaci wierceń i sondowań dla określenia jego rodzaju i stanu. Ponadto należy określić poziom wody gruntowej (gdy zalega do 2 m poniżej głowki szyny).
- 3.3.2.1.8. Wymagana głębokość wierceń powinna równać się długości (wysokości) najdłuższego fundamentu blokowego lub fundamentu palowego powiększonej o 1,0 m. Długość (wysokość) fundamentów należy przyjmować z obowiązujących katalogów.
- 3.3.2.1.9. Usytuowanie górnej płaszczyzny fundamentów, o których mowa w punkcie 3.3.2.1.1 a), b) powinno spełniać następujące warunki w zakresie odległości pionowych:
  - a) na szlaku:  $+0,40\text{ m} \pm 0,05\text{ m}$  – w stosunku do ławy torowiska,
  - b) na stacji:  $0,00\text{ m} \pm 0,05\text{ m}$  – w stosunku do powierzchni tocznej szyn,
  - c) na peronie:  $+0,20\text{ m} \pm 0,05\text{ m}$  – w stosunku do płaszczyzny peronu.
- 3.3.2.1.10. Usytuowanie górnej płaszczyzny fundamentów, o których mowa w punkcie 3.3.2.1.1 c), d) powinno spełniać następujące warunki w zakresie odległości pionowych:
  - a) na szlaku i równi stacyjnej:  $0,10\text{ m} \pm 0,05\text{ m}$  w stosunku do ławy torowiska,
  - b) na peronie: poniżej powierzchni peronu,  
przy czym należy zapewnić właściwą wysokość głowicy fundamentowej.



- 3.3.2.2. Odległość bocznej powierzchni fundamentów konstrukcji wsporczych od osi najbliższego toru, na głębokości do 1,50 m poniżej powierzchni tocznej szyn, powinna wynosić minimum 2,20 m.
- 3.3.2.3. Należy przestrzegać dopuszczalnych odległości pomiędzy krawędzią poszczególnych fundamentów a płaszczyzną zewnętrzną dowolnej instalacji zewnętrznej lub innej konstrukcji.

### **3.3.3. Konstrukcje nośne, odciągi**

- 3.3.3.1. Do podwieszania sieci jezdnej można wykorzystywać, jako konstrukcje nośne:
  - a) konstrukcje wsporcze,
  - b) budowle usytuowane nad lub w bezpośrednim sąsiedztwie torów elektryfikowanych jak: stropy lub ściany tuneli, wiaduktów, konstrukcji mostów i wiaduktów – za zgodą PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
- 3.3.3.2. W budowie sieci trakcyjnej należy stosować indywidualne konstrukcje wsporcze sieci jezdnej w formie:
  - a) stalowych słupów indywidualnych, ocynkowanych wykonanych z ceowników i dwuteowników szerokostopowych, mocowanych za pomocą śrub do fundamentów, o których mowa w punkcie 3.3.2.1.1 a), b),
  - b) konstrukcji wsporczych żelbetowych wykonanych z betonu wirowanego.
- 3.3.3.3. Na stacjach zaleca się stosować konstrukcje bramkowe wykonane ze stali ocynkowanej, ze słupami mocowanymi do pojedynczych lub podwójnych fundamentów, o których mowa w punkcie 3.3.2.1.1 a). Dopuszcza się również stosowanie konstrukcji bramkowych ze słupami posadowionymi w fundamentach, o których mowa w punkcie 3.3.2.1.1 b=d.
- 3.3.3.4. Obliczenia statyczne i projektowanie stalowych konstrukcji wsporczych należy dokonywać na podstawie normy ZN-87/MTŻŁ-CBP-11 [100] oraz PN-B-03200:1990 [42].
- 3.3.3.5. Obliczenia statyczne i projektowanie żelbetowych konstrukcji wsporczych należy dokonywać na podstawie normy PN-B-03264:2002 [43].
- 3.3.3.6. Dla określenia wielkości obciążeń poziomych i pionowych konstrukcji wsporczych należy korzystać z ustaleń w punktach: 3.2.1.3, 3.3.3.7.
- 3.3.3.7. Dla określenia wysokości wymaganych konstrukcji wsporczych należy brać pod uwagę:
  - a) usytuowanie fundamentów w stosunku do ławy torowiska,

- b) poziom zawieszenia przewodu jezdnego,
  - c) wysokość konstrukcyjną sieci jezdnej,
  - d) możliwość montażu przewodu uziemienia grupowego, przewodu powrotnego lub przewodu zasilacza dodatkowego dla systemu zasilania  $2 \times 25$  kV.
- 3.3.3.8. Nie stosuje się odizolowania od fundamentów konstrukcji wsporczych mocowanych do fundamentów palowych lub do fundamentów wylewanych w prefabrykowane formy pograżane w gruncie. Dotyczy to również odciągów konstrukcji wsporczych.
- 3.3.3.9. Przy torach szlakowych i głównych zasadniczych stacji konstrukcje wsporcze sieci jezdnej na odcinkach prostych należy lokalizować z uwzględnieniem wymagań zapisanych w punkcie 3.1.1.1, przy jednoczesnym zachowaniu następujących minimalnych odległości od osi toru:
- a) 2,80 m – w zakresie prędkości  $200 < V \leq 270$  km/h,
  - b) 3,00 m – w zakresie prędkości  $270 < V \leq 300$  km/h,
  - c) 3,20 m – w zakresie prędkości  $V > 300$  km/h.
- Podane wielkości nie dotyczą konstrukcji wsporczych, które w wyjątkowych sytuacjach usytuowane zostać muszą w międzytorzu. Dla konstrukcji w międzytorzu skrajnia wynikać będzie z przyjętych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. przepisów określających międzytorza stacji, dla przypadku lokalizacji w nim konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej.
- 3.3.3.10. Przy torach głównych dodatkowych i bocznych stacji, konstrukcje wsporcze sieci jezdnej na odcinkach prostych należy lokalizować z uwzględnieniem wymagań zapisanych w punkcie 3.1.1.1, przy jednoczesnym zachowaniu minimalnej odległości od osi toru wynoszącej 2,50 m.
- 3.3.3.11. Na odcinkach torów położonych w łukach na szlaku lub stacji oraz rejonie dróg rozjazdowych podane w punktach: 3.3.3.9, 3.3.3.10 odległości należy zwiększyć w sposób określony w przyjętych, przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., przepisach to regulujących.
- 3.3.3.12. W peronach konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej należy lokalizować z uwzględnieniem wymagań zapisanych w punkcie 3.1.1.1 oraz przyjętych przez PKP Polskie Linie Kolejowe przepisów określających m. in. wymaganą szerokość pasa bezpieczeństwa i pasa powierzchni użytkowej.
- 3.3.3.13. W planowanych podwieszeniach sieci jezdnych (szczególnie na stacjach) należy dążyć do przejrzystego i uporządkowanego, przestrzennego rozlokowania

- elementów należących do różnych obwodów elektrycznych oraz elementów uziemionych.
- 3.3.3.14. Zaleca się ustawianie konstrukcji sieci jezdnej, każdego toru szlaku dwutorowego, symetrycznie, naprzeciw siebie.
  - 3.3.3.15. Na stacjach należy unikać masowego ustawiania indywidualnych konstrukcji wsporczych sieci jezdnej, stosując konstrukcje bramkowe.
  - 3.3.3.16. Sieć jezdna każdego z torów wielotorowego szlaku, stanowiąca odrębny obwód elektryczny, powinna być podwieszana na indywidualnych konstrukcjach wsporczych, mechanicznie niezależnych od siebie. Podwieszanie sieci poszczególnych torów na indywidualnych wspornikach sieciowych bramki, obejmującej te tory, traktuje się jak podwieszenie indywidualne.
  - 3.3.3.17. Konstrukcje wsporcze sieci jezdnej powinny być tak rozstawiane, aby zachowana była widoczność sygnalizatorów świetlnych.
  - 3.3.3.18. Najmniejsza odległość pomiędzy lokalizowanymi konstrukcjami wsporczymi powinna wynosić:
    - a) 1 m w przypadku konstrukcji mocowanych do fundamentów, o których mowa w punkcie 3.3.2.1.1 a), b),
    - b) 3 m w przypadku konstrukcji posadowionych w fundamentach, o których mowa w punkcie 3.3.2.1.1 c), d).
  - 3.3.3.19. Konstrukcje sieci jezdnej powinny być rozstawiane w taki sposób, aby nie kolidowały z innymi urządzeniami stałymi.
  - 3.3.3.20. Nie należy obejmować wspólnymi konstrukcjami wsporczymi sieci jezdnych torów należących do różnych grup, z punktu widzenia przeznaczenia, kierunku jazdy itp.
  - 3.3.3.21. Należy unikać ustawiania konstrukcji wsporczych w peronach. W takich przypadkach tory z przyległymi peronami należy obejmować konstrukcjami bramkowymi. Dopuszcza się ustawianie konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej w obszarze peronów pod warunkiem zachowania odpowiednich odległości.
  - 3.3.3.22. Należy dążyć do unikania ustawiania konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej w międzytorzu torów szlakowych i torów głównych zasadniczych w stacji oraz pomiędzy torem głównym zasadniczym i głównym dodatkowym.
  - 3.3.3.23. Na odcinku toru, w odległości 5 m przed wykolejnicą i 30 m za nią, licząc w kierunku jazdy, nie wolno lokalizować konstrukcji wsporczych po tej stronie torów, na którą przewidywane jest wykolejenie taboru.

- 3.3.3.24. Nie należy ustawiać konstrukcji wsporczych bezpośrednio za kozłem oporowym żeberek ochronnych toru. Należy zachować minimalną odległość na poziomie 25 m.
- 3.3.3.25. Konstrukcje wsporcze ustawiane w rampach, placach ładunkowych itp. obiektach, należy zabezpieczać przed uszkodzeniami mechanicznymi.
- 3.3.3.26. Oznaczenia konstrukcji nośnych
- 3.3.3.26.1. Każda konstrukcja nośna powinna posiadać tablicę numerową z umieszczonym numerem konstrukcji zgodnie z normą BN-69/9317-75 [96] zawierającą:
- a) kilometr linii kolejowej (toru), na którym konstrukcja jest posadowiona,
  - b) kolejność konstrukcji na danym kilometrze linii kolejowej.
- 3.3.3.26.2. Konstrukcje nośne należy numerować w sposób następujący:
- a) na szlaku przy torze nieparzystym – kolejne numery nieparzyste,
  - b) na szlaku przy torze parzystym – kolejne numery parzyste,
  - c) na stacji, kolejno rzędami od strony lewej do prawej, odpowiednio na stronie parzystej i nieparzystej, w kierunku narastającego kilometra,
  - d) konstrukcje bramkowe otrzymują tylko jeden numer.
- 3.3.3.26.3. Konstrukcje nośne, dla których z powodu braku miejsca lub innych trudności nie można zastosować normalnych tablic numerowych (np. w tunelach) mogą być oznaczone w inny sposób uzgodniony z PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

#### **3.3.4. Sieć jezdna**

- 3.3.4.1. Normalne przęsło zawieszenia sieci
- 3.3.4.1.1. Największą obliczeniową rozpiętość przęsła na prostej określa się z warunku, aby przy parciu wiatru na przewody sieci nie zostało przekroczone dopuszczalne wychylenie przewodu jezdnego od osi toru, wynoszące 400 mm (TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10], punkt 4.1.2.1) oraz z warunków zagwarantowania właściwej dynamicznej współpracy sieci jezdnej z odbierakami prądu.
- 3.3.4.1.2. Rozpiętość przęsła na prostej, wynikająca z dopuszczalnego wychylenia przewodów jezdnych przy wietrze, powinna być obliczana dla odsuwów  $\pm 200$  mm:
- 3.3.4.2. Przęsło naprężenia
- 3.3.4.2.1. Należy stosować przęsła naprężenia trójprzęsłowe cztero lub sześciostupowe spełniające wymagania punktu 3.2.2.3.

- 3.3.4.2.2. Przewody obu sieci jezdnych, w trójprzęstowym przęśle naprężenia, prowadzone równoległe względem siebie, mogą być, w rzucie poziomym, zależnie od sytuacji terenowej, równoległe lub ukośne do osi toru.
- 3.3.4.2.3. Połączenia elektryczne w przęsłach naprężenia zaleca się lokalizować poza obszarem współpracy z odbierakiem prądu, w strefie pomiędzy podwieszeniami krzyżowymi.
- 3.3.4.2.4. W izolowanych przęsłach naprężenia zaleca się stosowanie izolacji termicznej lin nośnych, zabezpieczającej przed przepalaniem łukiem elektrycznym. Krzyżujące się przewody jezdne, prowadzone do kotwienia oraz wysięgnik pomocniczy słupa krzyżowego, należy izolować.
- 3.3.4.2.5. Należy unikać krzyżowania przewodów odchodzących do kotwienia z sieciami jezdny innymi torów, zwłaszcza należących do różnych obwodów elektrycznych.
- 3.3.4.2.6. W izolowanym przęśle naprężenia, przy obliczaniu maksymalnej rozpiętości, należy przyjmować:
- a) na odcinku gdzie przewody dwóch sieci prowadzone są równoległe, przewód jezdny sieci od strony wiatru wychyla się od osi toru o wielkość wytworzoną siłą parcia wiatru, zaś przewód jezdny drugiej sieci o połowę tej wielkości,
  - b) odległość pozioma prowadzonych równoległe przewodów sieci różnych odcinków naprężenia (mierzona między osiami najbliższych przewodów) powinna wynosić co najmniej:
    - w przypadku przęseł stanowiących element podziału elektrycznego obwodów o różnicy faz wynoszącej  $0^\circ$  elektr.: 270 mm w stanie statycznym, 150 mm w stanach dynamicznych (uwzględniając siły parcia wiatru oraz oddziaływanie odbieraków prądu),
    - w przypadku przęseł stanowiących element podziału elektrycznego obwodów, pomiędzy którymi może pojawić się o różnica faz wynosząca  $120^\circ$  elektr.: 400 mm w stanie statycznym, 230 mm w stanach dynamicznych (uwzględniając siły parcia wiatru oraz oddziaływanie odbieraków prądu),
    - w przypadku przęseł stanowiących element podziału elektrycznego obwodów, pomiędzy którymi może pojawić się o różnica faz wynosząca  $180^\circ$  elektr.: 540 mm w stanie statycznym, 300 mm w stanach dynamicznych (uwzględniając siły parcia wiatru oraz oddziaływanie odbieraków prądu),
  - c) odległość pionowa prowadzonych równoległe przewodów sieci różnych odcinków naprężenia, w miejscu ich krzyżowania, powinna spełniać, dla

przewodów gołych, warunki zapisane w punkcie b), zaś w przypadku przewodów, z których krzyżujące górą są w osłonie izolacyjnej - co najmniej 150 mm dla (odległości mierzone między osiami najbliższych przewodów),

- d) odległość między elementami osprzętu sieci różnych odcinków naprężenia (danego toru), należących do różnych obwodów elektrycznych powinna spełniać warunki zapisane w punkcie b).
- 3.3.4.2.7. W zwartym przęśle naprężenia, przy obliczaniu maksymalnej rozpiętości należy przyjmować:
- a) na odcinku gdzie przewody dwóch sieci prowadzone są równoległe, przewód jezdny sieci od strony wiatru wychyla się od strony osi toru o wielkość wywołaną siłą parcia wiatru, zaś przewód jezdny drugiej sieci o połowę tej wielkości,
  - b) odległość pozioma prowadzonych równoległe przewodów sieci różnych odcinków naprężenia powinna wynosić, w stanie bezwietrznym co najmniej 200 mm, zaś przy wietrze co najmniej 75 mm (odległości mierzone między osiami najbliższych przewodów),
  - c) odległość pionowa prowadzonych równoległe przewodów sieci różnych odcinków naprężenia, w miejscach ich krzyżowania, powinna wynosić co najmniej 150 mm (odległość mierzona między osiami najbliższych przewodów).
- 3.3.4.3. Sekcja separacji faz
- 3.3.4.3.1. Wymagania zapisane zostały w punktach: 3.2.2.3, 3.2.2.5, 3.3.4.2.
- 3.3.4.4. Sekcja separacji systemów
- 3.3.4.4.1. Wymagania zapisane zostały w punktach: 3.2.2.3, 3.2.2.6, 3.3.4.2.
- 3.3.4.5. Odcinek naprężenia
- 3.3.4.5.1. Maksymalna długość odcinka naprężenia (sekcji mechanicznej) nie powinna przekraczać 1260 m.
- 3.3.4.5.2. Dla odcinków naprężenia sieci jezdnej naprężonej obustronnie należy stosować kotwienia środkowe sieci. Maksymalna długość odcinka sieci jezdnej pomiędzy kotwieniem ciężarowym i kotwieniem stałym (środkowym) wynosi 630 m, przy maksymalnej ilości przęseł zawieszenia wynoszącej 10.
- 3.3.4.5.3. W przypadkach stosowania kotwienia środkowego na indywidualnych konstrukcjach wsporczych należy dążyć do wyrównania rozpiętości pomiędzy

słupem środkowym a słupami kotwienia środkowego. Dopuszcza się różnicę nie większą niż 2 m.

- 3.3.4.5.4. Do dźwigara bramki jednoprzęsłowej zaleca się mocowanie nie więcej niż trzech kotwień środkowych sieci jezdnej.
- 3.3.4.5.5. Nie należy projektować jednego odcinka naprężenia pomiędzy granicami elektrycznymi torów głównych zasadniczych stacji.
- 3.3.4.5.6. Należy tak ustalać długości odcinków naprężenia sieci jezdnej, aby lokalizowane przęsła naprężenia usytuowane w pobliżu semaforów wjazdowych i wyjazdowych stacji zapewniały maksymalną widoczność tych semaforów.
- 3.3.4.5.7. Należy tak ustalać długości odcinków naprężenia sieci jezdnej, aby lokalizowanie przęsła naprężenia było możliwe w odległości nie mniejszej niż 10 m przed peronem przystanku osobowego, zgodnie z właściwym kierunkiem jazdy.
- 3.3.4.5.8. Nie należy kotwić na jednym słupie więcej niż dwa odcinki naprężenia sieci jezdnej. Sieci kotwione na jednym słupie nie powinny należeć do różnych grup elektrycznych.
- 3.3.4.5.9. Kotwienia przewodów, naprężanych przy pomocy ciężarów, powinny zapewniać swobodny ruch ciężarów dla obliczeniowego zakresu zmienności temperatury (od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $+80^{\circ}\text{C}$ ). Obliczone teoretycznie granice należy zwiększyć co najmniej o 500 mm, w każdą stronę.
- 3.3.4.5.10. Naciąg w linie kotwienia środkowego powinien być ustalony tak, aby w temperaturze upału najniższy punkt liny znajdował się co najmniej 300 mm powyżej poziomu przewodu jezdnej.
- 3.3.4.6. Odsuwy sieci jezdnej
  - 3.3.4.6.1. Sieci jezdne łańcuchowe powinny być konstruowane jako pionowe tzn. z równoczesnym jednakowym odsuwem nadanym linie nośnej i przewodowi jezdnej. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się nadanie różnych odsuwów, jednak różnica między odsuwami linii nośnej a odsuwami przewodu jezdnej nie powinna być większa niż 10% wysokości konstrukcyjnej sieci i jednocześnie nie większa od 100 mm, pod warunkiem zachowania odsuwów przewodów jezdnych zgodnie z zapisami punktu 3.3.4.6.3.
  - 3.3.4.6.2. Odsuwy przewodu jezdnej powinny zapewniać możliwie równomierne ścieranie nakładek części roboczej ślizgacza odbieraka prądu.
  - 3.3.4.6.3. Odsuw przewodu jezdnej należy przyjmować według następujących zasad:

- a) dla promieni łuków  $R \geq 3000$  m odsuw powinien wynosić  $\pm 200$  mm;
  - b) dla promieni łuków  $R < 3000$  m przewód jezdny należy poprowadzić w środku przęsła stycznie do osi toru a odsuw w miejscu podwieszenia odpowiednio zwiększyć, nie przekraczając wartości 360 mm.
- 3.3.4.6.4. Pełny cykl odsuwów sieci jezdnej powinien zamykać się w dwóch bezpośrednio po sobie następujących przęsłach. W uzasadnionych przypadkach pełny cykl odsuwów może zamykać się w kilku przęsłach lub sieć jezdna może być prowadzona po osi toru.
- 3.3.4.6.5. Odsuwy nadawane sieciom jezdny na szlaku dwutorowym powinny zapewniać zachowanie odległości minimum 700 mm między częściami przeciwległych podwieszeń obu torów. Zaleca się stosowanie na przeciwległych podwieszeniach odsuwów o przeciwnych znakach.
- 3.3.4.7. Profilowanie sieci jezdnej
- 3.3.4.7.1. Dopuszczalne wartości pochylenia przewodu jezdnego zapisane są w treści normy PN-EN 50119:2002 [60] – punkt 5.2.8.2. Dla prędkości przekraczających 250 km/h nie dopuszcza się profilowania wysokości przewodu jezdnego.
- 3.3.4.7.2. Dopuszcza się obniżanie wysokości konstrukcyjnej sieci torów szlakowych i torów głównych zasadniczych stacji, przy czym:
- a) maksymalna zmiana wysokości konstrukcyjnej w kolejnych przęsłach zawieszenia sieci wynosi 10%, pod warunkiem odpowiedniego skrócenia długości tych przęseł;
  - b) minimalna wysokość konstrukcyjna wynosi 0,80 m.
- 3.3.4.8. Zespoły podwieszeń
- 3.3.4.8.1. Zespoły podwieszeń (i ich elementy) należy obliczać na obciążenia występujące na skutek działania sił:
- a) poziomych – od parcia wiatru i od naciągu przewodów, w najniekorzystniejszym ich układzie,
  - b) pionowych – wywołanych ciężarem zawieszonych elementów sieci wraz z sadzią.
- Siły parcia wiatru oblicza się dla przewodów nie pokrytych sadzią.
- 3.3.4.8.2. Naprężenia występujące w elementach wysięgnika nie powinny przekraczać naprężeń dopuszczalnych dla materiałów, z których elementy te są wykonywane.



- 3.3.4.8.3. Należy tak konstruować wysięgniki i ich elementy mocujące, aby oś obrotu była prostopadła do płaszczyzny poziomej układu torowego. Uchwyt mocujący odciąg ukośnika powinien umożliwiać regulację osi obrotu.
- 3.3.4.8.4. Należy stosować elementy zabezpieczające przed nadmiernym rozwarciem między wysięgnikiem pomocniczym a ramieniem odciągowym.
- 3.3.4.9. Odciagi sieciowe
  - 3.3.4.9.1. Liny odciągów sieciowych należy obliczać na obciążenia siłami poziomymi, działającymi w punktach zamocowania przewodów sieci jezdnych, w najbardziej niekorzystnym ich układzie.
- 3.3.4.10. Osprzęt
  - 3.3.4.10.1. Osprzęt zamocowany na przewodach jezdnych powinien odznaczać się odpowiednią wytrzymałością i niewielkim ciężarem, aby zapewnić najkorzystniejsze warunki elastyczności sieci jezdnej.
  - 3.3.4.10.2. Zaciski i złączki powinny być tak zaprojektowane, aby podczas przepływu prądu nie wykazywały spadku napięcia większego niż odcinek przewodu o analogicznej długości, przy czym temperatura tego osprzętu nie powinna być wyższa od temperatury przewodu.
  - 3.3.4.10.3. Współczynnik bezpieczeństwa dla zacisków i armatury instalacyjnej wykonanych metodą odlewniczą powinien dla normalnego obciążenia wynosić od 3,0 do 3,5. Zaciski dla lin i drutów muszą wytrzymywać min. 2,5-krotną wartość maksymalnej siły rozciągającej lub 85% nominalnej siły naprężającej liny lub drutu. Mniejsza z tych wartości jest wystarczająca.
  - 3.3.4.10.4. Osprzęt sieci trakcyjnej powinien być tak zaprojektowany, aby elementy łatwiej ulegające naturalnemu zużyciu lub uszkodzeniu mogły być w sposób szybki i łatwy wymieniane. Elementy osprzętu powinny być oznaczone trwałym znakiem wytwórcy.
- 3.3.4.11. Złącza przewodów jezdnych
  - 3.3.4.11.1. W nowych sieciach jezdnych torów szlakowych i głównych zasadniczych stacji niedozwolone jest stosowanie złącz przewodów jezdnych.
- 3.3.4.12. Przewody zasilaczy dodatkowych dla systemu zasilania 2×25 kV, łączniki sieci jezdnej, przewody uziemiające, łączniki sieci powrotnej

- 3.3.4.12.1. Napowietrzne przewody zasilaczy dodatkowych należy obliczać zgodnie z normą PN-E-05100-1:1998 [51]. Naprężenia w przewodach nie mogą przekraczać dopuszczalnych naprężeń normalnych podanych w tablicy nr 8 ww. normy.
- 3.3.4.12.2. Naprężenie w przewodach połączeń elektrycznych (łącznikach) sieci jezdnej nie powinno przekraczać 5 MPa.
- 3.3.4.12.3. Przekrój lin połączeń elektrycznych sieci jezdnych powinien wynosić co najmniej 50% większego z przekrojów sumarycznych (liny nośnej i przewodu jezdnego) łączonych sieci jezdnych.
- 3.3.4.12.4. Przewody uziemiające, powrotne oraz przewody zasilaczy dodatkowych powinny być prowadzone po przeciwnej stronie konstrukcji wsporczej niż sieć jezdna.
- 3.3.4.12.5. Przy krzyżowaniu się przewodu zasilacza dodatkowego z linią nośną powinien zostać, w najniekorzystniejszych warunkach, zachowany minimalny odstęp wynoszący 150 mm.
- 3.3.4.12.6. Nie należy prowadzić przewodów uziemiających i powrotnych oraz przewodów zasilaczy dodatkowych nad peronami. W przypadku konieczności takiego prowadzenia lub zbliżenia należy spełniać wymagania normy PN-E-05100-1:1998 [51] – tabl. 14 poz. 6 i tabl. 22 poz.1.
- 3.3.4.12.7. Linie zasilaczy dodatkowych należy kotwić w odstępach 3÷5 km na konstrukcjach wsporczych podwieszeń przelotowych sieci jezdnej, na których nie występuje kotwienie przewodów tej sieci (w tym kotwienie środkowe).
- 3.3.4.13. Wieszaki
  - 3.3.4.13.1. Wieszaki łączące linię nośną z przewodem jezdnyim powinny być tak konstruowane, aby umożliwiły wzajemne ruchy liny i przewodu jezdnego (konstrukcja elastyczna).
  - 3.3.4.13.2. Konstrukcja powinna zapewniać nieprzesuwne usytuowanie wieszaka w miejscu montażu na linii nośnej lub linii uelastyczniającej i na przewodzie jezdnyim
  - 3.3.4.13.3. Konstrukcja wieszaków powinna zapewniać przewodzenie prądu. Wieszaki powinny zostać wykonane z linki z miedzi stopowej o podwyższonej wytrzymałości, o przekroju wynikającym z analizy dynamiki sieci trakcyjnej i rozptyłu prądów zwarciovych, przy czym minimalny dopuszczalny przekrój wynosi 10 mm<sup>2</sup>.
  - 3.3.4.13.4. Długość pojedynczego wieszaka nie powinna być mniejsza od 250 mm.
- 3.3.4.14. Rozjazdy sieciowe

- 3.3.4.14.1. Konstrukcja rozjazdu sieciowego powinna zapewniać przejazd po torze głównym (na wprost) z prędkością maksymalną dla danego typu sieci jezdnej. Podczas jazdy po torze rozjazdowym prędkości są zależne od rodzaju zastosowanego rozjazdu torowego charakteryzującego się dwoma parametrami: skosem i promieniem łuku.
- 3.3.4.14.2. Sieć rozjazdowa powinna być wykonana co najmniej jako sieć jezdna jednostronnie skompensowana.
- 3.3.4.14.3. Konstrukcja rozjazdów sieci musi zapewniać swobodny ruch wzdłużny każdego z przewodów jezdnych w obowiązującym przedziale zmienności temperatury.
- 3.3.4.14.4. Kotwienia sieci krzyżujących się nad rozjazdem torowym powinny być tak lokalizowane, aby powstające przy zmianach temperatury ruchy wzdłużne przewodów jezdnych tworzących rozjazd miały ten sam kierunek. W przypadku trudności takiego zaprojektowania, jedna z sieci powinna być, w pobliżu rozjazdu, zakotwiona na stałe lub unieruchomiona kotwieniem środkowym.
- 3.3.4.14.5. Przewód jezdny sieci odchodzącej z rozjazdu do kotwienia, bezpośrednio za obszarem współpracy ze ślizgaczem odbieraka prądu, powinien być uniesiony i prowadzony możliwie wysoko, w stosunku do przewodów współpracujących z odbierakiem.
- 3.3.4.14.6. Sieci jezdne obu ciągów tworzących rozjazd należy połączyć elektrycznie.
- 3.3.4.14.7. Rozjazdy sieci jezdnych zainstalowane w torach szlakowych i torach głównych zasadniczych stacji
  - 3.3.4.14.7.1. Wymagania podstawowe dotyczące konstrukcji rozjazdów sieciowych zainstalowanych w torach szlakowych i torach głównych zasadniczych stacji – jak w punkcie 3.2.2.7.1.
  - 3.3.4.14.7.2. Dopuszczalny odsuw przewodów jezdnych odpowiednio od osi toru głównego zasadniczego i osi toru przejścia rozjazdowego wynosi 380 mm.
- 3.3.4.14.8. Rozjazdy sieci jezdnych zainstalowane w torach innych niż szlakowe i tory główne zasadnicze stacji
  - 3.3.4.14.8.1. Rozjazdy sieci powinny być projektowane z krzyżowaniem przewodów jezdnych i powinny zapewniać płynny przejazd ślizgacza odbieraka prądu we wszystkich kierunkach, dla których przejście rozjazdowe jest przewidywane.

- 3.3.4.14.8.2. Konstrukcja rozjazdu sieci powinna zapewniać unoszenie przewodów jezdnych obu krzyżujących się kierunków, przez ślizgacz odbieraka prądu, w przypadku nacisku tylko na przewody jednego kierunku.
- 3.3.4.14.8.3. Rozjazdy sieci należy w miarę możliwości projektować jako pojedynczo skrzyżowane.
- 3.3.4.14.8.4. Skrzyżowanie przewodów jezdnych tworzących rozjazd sieci powinno znajdować się jak najbliżej krzyżownicy rozjazdu torowego, dla umożliwienia pewnego i bezuderzeniowego wpisania się przewodu na płaszczyznę ślizgacza odbieraka prądu.
- 3.3.4.14.8.5. Ze względu na zapewnienie dobrej współpracy sieci z odbierakami prądu, przewody jezdne sieci przeznaczonej do jazdy z większą prędkością powinny być prowadzone pod przewodem sieci przejeżdżanej z prędkością mniejszą. Jeżeli obie sieci tworzące rozjazd przeznaczone są do jazdy z jednakową prędkością, niżej powinien być prowadzony przewód jezdny sieci toru o większym ruchu pojazdów.
- 3.3.4.14.8.6. Należy stosować prowadnicę na przewodzie jezdnym zabezpieczającą przed nadmiernym uniesieniem jednego przewodu w stosunku do drugiego.
- 3.3.4.15. Sekcjonowanie sieci jezdnej
- 3.3.4.15.1. Zasady sekcjonowania sieci jezdnej
- 3.3.4.15.1.1. Sekcjonowanie – podział elektryczny sieci jezdnej powinien zapewniać:
- wymagania technologiczne dotyczące ruchu pociągów w warunkach normalnych z uwzględnieniem prowadzenia ruchu w warunkach szczególnych – awaryjnych oraz planowych wyłączeniach toru lub torów,
  - niezawodne zasilanie sieci przy awariach z zagwarantowaniem minimalnych spadków napięcia,
  - możliwość wykonywania napraw i prac konserwacyjnych.
- Ze względów bhp nie należy nadmiernie rozbudowywać podziału elektrycznego sieci jezdnej.
- 3.3.4.15.1.2. Sekcjonowanie sieci jezdnej powinno być dokonywane przez:
- sekcjonowanie podłużne – elektryczny podział sieci jezdnej tego samego toru,
  - sekcjonowanie poprzeczne – elektryczny podział sieci jezdnych pomiędzy sąsiednimi torami.
- 3.3.4.15.1.3. Sekcjonowania podłużnego sieci należy dokonywać poprzez stosowanie:

- a) w sieci torów szlakowych i torów głównych zasadniczych stacji – izolowanych pręseł naprężenia lub wstawek neutralnych skonstruowanych z zastosowaniem izolowanych pręseł naprężenia,
  - b) w sieci torów pozostałych – izolowanych pręseł naprężenia lub izolatorów sekcyjnych.
- 3.3.4.15.1.4. Sekcjonowania poprzecznego sieci należy dokonywać poprzez stosowanie izolatorów sekcyjnych dostosowanych do wymaganej dla danego przejścia rozjazdowego prędkości jazdy.
- 3.3.4.15.1.5. Jako elementy łączeniowe sekcjonowania sieci należy stosować rozłączniki sekcyjne wyposażone w napęd silnikowy przystosowany do sterowania zdalnego oraz sterowania lokalnego oraz w napęd ręczny.
- 3.3.4.15.1.6. Konstrukcja rozłączników sekcyjnych powinna zapewniać przepływ prądu nie mniejszy od dopuszczalnego prądu obciążenia sieci jezdnej.
- 3.3.4.15.2. Sekcjonowanie podłużne
- 3.3.4.15.2.1. Sieć jezdnią torów głównych na szlaku należy odizolować od sieci należących do stacji w taki sposób, aby w głowicy wjazdowej i wyjazdowej stacji możliwe było prowadzenie ruchu pociągów zgodnie z postawionymi wymaganiami technologicznymi posterunków ruchu.
- Sekcjonowanie to powinno zapewniać również możliwość odłączenia spod napięcia, w celu naprawy lub konserwacji, odcinka sieci szlakowej lub torów na stacji, w taki sposób aby możliwy był przejazd pociągu:
- a) z właściwego toru szlakowego na niewłaściwy tor główny zasadniczy stacji – przy wyłączonym spod napięcia właściwym torze głównym zasadniczym stacji,
  - b) z właściwego toru głównego zasadniczego stacji na tor niewłaściwy szlaku – przy wyłączonym spod napięcia właściwym torze szlakowym.
- 3.3.4.15.2.2. Elementy sekcjonowania podłużnego usytuowane w obrębie stacji należy rozmieszczać z zapewnieniem widoczności semaforów, patrząc w kierunku jazdy.
- 3.3.4.15.3. Sekcjonowanie poprzeczne
- 3.3.4.15.3.1. Na liniach dwu lub więcej torowych sieci jezdne torów na szlaku i sieci torów głównych zasadniczych w obrębie stacji powinny być wzajemnie od siebie odizolowane.
- 3.3.4.15.3.2. W obrębie stacji należy również odizolować wzajemnie od siebie sieci jezdne torów o różnych przeznaczeniach funkcyjnych, a w szczególności:

- a) sieci trakcyjne torów głównych dodatkowych od sieci torów głównych zasadniczych,
  - b) sieci trakcyjne torów bocznych od sieci torów głównych dodatkowych,
  - c) sieci trakcyjne grup torów bocznych o jednym przeznaczeniu od sieci torów bocznych o innym przeznaczeniu.
- 3.3.4.15.3.3. Liczba sieci torów głównych dodatkowych stanowiących elektrycznie jedną całość nie powinna być większa od dwóch, a liczba sieci torów bocznych od czterech.
- 3.3.4.15.4. Zasady stosowania rozłączników sekcyjnych
- 3.3.4.15.4.1. Należy stosować jedynie rozłączniki sekcyjne, spełniające wymagania zapisane w punkcie 3.3.4.15.1.5.
- 3.3.4.15.4.2. Wszystkie rozłączniki sekcyjne danej stacji (lub grupy torów / głowic stacji w przypadku występowania znacznie rozbudowanych układów torowych) należy montować na specjalnych konstrukcjach (rozdzielnicach w wykonaniu napowietrznym) ustawionych na zewnątrz torowiska, w odległości od osi najbliższego toru wynoszącej co najmniej 4 m.
- 3.3.4.15.4.3. Powyższe stosuje się odpowiednio w przypadku lokalizowania rozłączników zasilaczy wyprowadzonych z podstacji trakcyjnych, kabin sekcyjnych, autotransformatorów w systemie zasilania 2×25 kV, transformatorów „odsysających” (booster transformatorów).
- 3.3.4.15.4.4. Zasady ochrony przeciwporażeniowej konstrukcji, o której mowa w punkcie 3.3.4.15.4.2, przed dotykiem bezpośrednim i dotykiem pośrednim – zgodnie z zapisami normy PN-EN 50122-1:2002 [63] – punkty: 5.1, 5.2.
- 3.3.4.15.4.5. Wymagania w stosunku do połączeń elektrycznych – jak w punkcie 3.3.4.12.
- 3.3.4.15.4.6. Należy unikać stosowania, w układzie szeregowym, więcej rozłączników sekcyjnych niż dwa, tj. jeden odcinający sieć całej grupy torów i jeden dalszego podziału. Zasada ta nie dotyczy sieci torów, przez które przewiduje się zasilanie awaryjne oraz sieci torów komunikacyjnych.
- 3.3.4.15.4.7. Sieć jezdna zasilana przez rozłącznik ze stykiem uziemiającym może być zasilana tylko poprzez ten jeden rozłącznik.

3.3.4.15.4.8. Sieć jezdna prowadzona w tunelach powinna mieć możliwość obustronnego (na jego końcach) odizolowania, poprzez rozłączniki ze stykiem uziemiającym, od pozostałej części sieci. Szczegółowe rozwiązania techniczne należy dobierać w sposób właściwy dla konkretnej lokalizacji, na podstawie szczegółowych zaleceń zarządcy infrastruktury linii kolejowej.

3.3.4.15.5. Zasady oznaczania rozłączników

3.3.4.15.5.1. Rozłączniki montowane:

- a) na elementach sekcjonowania podłużnego,
- b) do łączenia sieci jezdnych torów normalnie wzajemnie odizolowanych,
- c) do odłączania zasilaczy od sieci jezdnej, powinny być oznaczone numerami jedno, dwu lub trzycyfrowymi.

3.3.4.15.5.2. Rozłączniki montowane na elementach sekcjonowania podłużnego przy podstacjach trakcyjnych i kabinach sekcyjnych powinny być oznaczane podstawowo numerami trzycyfrowymi kończącymi się cyfrą 1 lub 2. Ostatnia cyfra numeru służy do określenia toru (nieparzysty, parzysty), na którym sieć jezdna jest sekcjonowana podłużnie.

3.3.4.15.5.3. Rozłączniki montowane do odłączania od sieci jezdnej zasilaczy z podstacji trakcyjnych, kabin sekcyjnych lub autotransformatorów powinny być oznaczane numerami dwu lub trzycyfrowymi, w których ostatnią cyfrą jest zero. Liczba nieparzysta lub parzysta, występująca przed cyfrą 0 powinna określać tor (nieparzysty i parzysty), nad którym sieć jezdna jest zasilana.

3.3.4.15.5.4. Rozłączniki odcinające sieci jezdne poszczególnych torów w hali elektrowozowni powinny być oznaczane numerem głównego rozłącznika odcinającego sieci grupy torów wprowadzanych do hali, łamanym przez numer toru w elektrowozowni.

3.3.4.15.5.5. Rozłączniki rozdzielni odcinających zasilanie kolejnych torów w grupie zasilanej osobnym zasilaczem powinny być oznaczane numerem głównego rozłącznika zasilacza z dodaniem dużej litery alfabetu.

3.3.4.15.5.6. Ostatnia cyfra numeru lub numer jednocyfrowy powinien charakteryzować przeznaczenie ruchowe rozłącznika. Pozostałe cyfry służą do odróżnienia pomiędzy sobą rozłączników, których cyfry charakterystyczne są takie same.

3.3.4.15.5.7. W rejonie danej stacji każdy rozłącznik powinien być oznaczony innym numerem.

3.3.4.15.6. Numeracja rozłączników

3.3.4.15.6.1. Numery rozłączników należy oznaczać w sposób następujący:

- a) 1;11...91 – rozłącznik montowany na elemencie sekcjonowania podłużnego oddzielającego sieć toru nieparzystego szlaku od sieci toru głównego zasadniczego stacji - po stronie wjazdu na stację,
- b) 2;12...92 – rozłącznik montowany na elemencie sekcjonowania podłużnego oddzielającego sieć toru parzystego szlaku od sieci toru głównego zasadniczego stacji - po stronie wjazdu na stację,
- c) 3;13...93 – rozłącznik montowany na elemencie sekcjonowania podłużnego oddzielającego sieć toru nieparzystego szlaku od sieci toru głównego zasadniczego stacji - po stronie wyjazdu ze stacji,
- d) 4;14...94 – rozłącznik montowany na elemencie sekcjonowania podłużnego oddzielającego sieć toru parzystego szlaku od sieci toru głównego zasadniczego stacji - po stronie wyjazdu ze stacji,
- e) 5;15...95 – rozłącznik służący do bezpośredniego połączenia sieci nieparzystego toru szlaku lub głównego zasadniczego stacji z siecią parzystego toru szlaku lub głównego zasadniczego stacji,
- f) 6;16...96;206...306... – rozłącznik ze stykiem uziemiającym służący do odłączenia i uziemienia sieci jezdnej,
- g) 106;116...196 – rozłącznik ze stykiem uziemiającym służący do odłączenia i uziemienia sieci grupy torów wprowadzanych do hali (np. elektrowozowni),
- h) 106/1;106/2... – rozłącznik ze stykiem uziemiającym służący do odłączenia i uziemienia sieci poszczególnych kolejnych torów wprowadzanych do hali (np. elektrowozowni),
- i) 7;17...97 – rozłącznik montowany na elemencie sekcjonowania podłużnego dzielącego sieć nieparzystego toru głównego zasadniczego na niezależne elektrycznie części,
- j) 107;117...197 – rozłącznik służący do odłączania sieci nieparzystych torów głównych dodatkowych lub bocznych od sieci nieparzystego toru głównego zasadniczego,
- k) 8;18...98 – rozłącznik montowany na elemencie sekcjonowania podłużnego dzielącego sieć parzystego toru głównego zasadniczego na niezależne elektrycznie części,
- l) 108;118...198 – rozłącznik służący do odłączania sieci parzystych torów głównych dodatkowych lub bocznych od sieci parzystego toru głównego zasadniczego,



- m) 9;19...99;109... – rozłącznik służący do łączenia między sobą sieci torów lub grup torów położonych w rejonie stacji, a nie objętych określeniami podanymi wyżej.

Dla rozłączników o tej samej ostatniej cyfrze charakteryzującej przeznaczenie ruchowe serii 7;107 lub 8;108 montowanych na elementach sekcjonowania podłużnego lub poprzecznego sieci numeracja powinna narastać zgodnie z kierunkiem jazdy, podstawowego toru odniesienia (tor główny zasadniczy nieparzysty, parzysty). W przypadku trudności z określeniem głównego kierunku jazdy, dla rozłączników serii 5;15 i 6;16 lub grupy torów serii 9;19 numeracja powinna narastać zgodnie z kierunkiem głównego kilometrażu linii.

- n) 101;111...191 – rozłącznik usytuowany w sieci nieparzystego toru głównego na elemencie sekcjonowania podłużnego przynależnego do podstacji trakcyjnej lub kabiny sekcyjnej,
- o) 102;112...192 – rozłącznik usytuowany w sieci parzystego toru głównego na elemencie sekcjonowania podłużnego przynależnego do podstacji trakcyjnej lub kabiny sekcyjnej,
- p) 10;110...910 – rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnej nieparzystego toru szlaku, usytuowany po stronie wjazdu na stację albo rozłącznik przy podstacji trakcyjnej lub kabinie sekcyjnej odłączający zasilacz od sieci jezdnej toru nieparzystego, usytuowany przed elementem sekcjonowania podłużnego, patrząc w kierunku jazdy lub, odpowiednio, zasilacz autotransformatora,
- q) 20;120...920 – rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnej parzystego toru szlaku, usytuowany po stronie wjazdu na stację albo rozłącznik przy podstacji trakcyjnej lub kabinie sekcyjnej odłączający zasilacz od sieci jezdnej toru parzystego, usytuowany przed elementem sekcjonowania podłużnego, patrząc w kierunku jazdy lub, odpowiednio, zasilacz autotransformatora,
- r) 30;130...930 – rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnej nieparzystego toru szlaku, usytuowany po stronie wyjazdu ze stacji albo rozłącznik przy podstacji trakcyjnej lub kabinie sekcyjnej odłączający zasilacz od sieci jezdnej toru nieparzystego, usytuowany za elementem sekcjonowania podłużnego, patrząc w kierunku jazdy lub, odpowiednio, zasilacz autotransformatora,
- s) 40;140...940 – rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnej parzystego toru szlaku, usytuowany po stronie wyjazdu ze stacji albo rozłącznik przy podstacji trakcyjnej lub kabinie sekcyjnej odłączający zasilacz od sieci jezdnej toru parzystego, usytuowany za elementem sekcjonowania podłużnego, patrząc w kierunku jazdy lub, odpowiednio, zasilacz autotransformatora.

- t) 60 – rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnych grupy torów wprowadzanych do hali (np. elektrowozowni),
- u) 70 – rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnych nieparzystej strony stacji,
- v) 80 – rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnych parzystej strony stacji,
- w) 90;...190 – rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnych wydzielonej grupy torów w obrębie stacji.

Rozłączniki o numerach 10; 20; 30; 40 wraz z pochodnymi powinny zostać ponumerowane podobnie do rozłączników usytuowanych w pobliżu na elementach sekcjonowania podłużnego w myśl poniższych zasad:

- przed rozłącznikiem nr 1 lub 101 na elemencie sekcjonowania podłużnego, patrząc w kierunku jazdy, wystąpi rozłącznik nr 10 zasilacza,
- przed rozłącznikiem nr 11 lub 111 wystąpi rozłącznik nr 110 zasilacza,
- za rozłącznikiem nr 3 lub 103 na elemencie sekcjonowania podłużnego, patrząc w kierunku jazdy wystąpi rozłącznik nr 30 zasilacza,
- za rozłącznikiem nr 13 lub 113 wystąpi rozłącznik nr 130 zasilacza.

W przypadku budowy, bezpośrednio za rozłącznikiem 70; 80; 90;...190 rozdzielni umożliwiającej odłączanie sieci poszczególnych torów lub grupy torów, poszczególne dalsze rozłączniki należy numerować numerem zasadniczym z dodaniem myślnika i dużej kolejnej litery alfabetu np. 70-A; 70-B itd. z tym, że nie należy korzystać z liter I, J, Ł, O, Q, R, V, X oraz Y.

3.3.4.15.6.2. Numeracja rozłączników powinna być namalowana na skrzynkach napędowych białą farbą na niebieskim tle.

### **3.3.5. Skrzyżowania i zbliżenia sieci jezdnej z innymi sieciami elektrycznymi**

- 3.3.5.1. Skrzyżowania i zbliżenia napowietrznych linii elektroenergetycznych z przewodami sieci trakcyjnej powinny odpowiadać wymaganiom normy PN-E-05100-1:1998 [51].
- 3.3.5.2. Skrzyżowania napowietrznych linii elektroenergetycznych niskiego napięcia z przewodami sieci trakcyjnej są niedozwolone.
- 3.3.5.3. Przy skrzyżowaniu linii elektroenergetycznej z linią kolejową zelektryfikowaną, odległość pionowa (h) przewodów linii elektroenergetycznej od przewodów sieci trakcyjnej (lin nośnych, przewodów zasilających) powinna wynosić co najmniej: przy skrzyżowaniu z linią o napięciu od 1 kV do 110 kV:

$$h = 2 + \frac{U}{150} [m], \quad (3.3.1)$$

a) przy skrzyżowaniu z linią o napięciu wyższym niż 110 kV:

$$h = 2,5 + \frac{U}{150} [m], \quad (3.3.2)$$

gdzie:

U – napięcie znamionowe linii elektroenergetycznej w [kV].

3.3.5.4. Zaleca się, aby skrzyżowanie z siecią trakcyjną linii elektroenergetycznej, nie wchodzącej w skład układu zasilania trakcji elektrycznej, występowało w środku rozpiętości przęsła sieci jezdnej. Minimalne odległości poziome skrajnego przewodu linii elektroenergetycznej od konstrukcji wsporczej sieci trakcyjnej powinny wynosić:

- a) 5 m dla linii od 1 kV do 15 kV,
- b) 10 m dla linii powyżej 15 kV do 30 kV,
- c) 15 m dla linii powyżej 30 kV.

3.3.5.5. Odległość pionowa najniższego przewodu nieuziemionego krzyżującej linii elektroenergetycznej od dźwigara bramki lub wierzchołka indywidualnej konstrukcji wsporczej sieci trakcyjnej, przy odległości poziomej najbliższej zlokalizowanego przewodu mniejszej od 10 m, powinna być zgodna z wymaganiami normy PN-E-05100-1:1998 [51] – punkt 16.2, tabl. 17 poz. 3.

### **3.3.6. Prowadzenie linii elektrycznych i innych instalacji na wspólnych konstrukcjach z siecią jezdną**

3.3.6.1. Na liniach kolejowych dużych prędkości kategorii I (według definicji przedstawionej w punkcie 3.1.1.1) nie dopuszcza się prowadzenia, po konstrukcjach wsporczych sieci jezdnej, przewodów żadnych innych linii elektroenergetycznych lub innych instalacji.

### **3.3.7. Zbliżenia sieci jezdnej do budowli i urządzeń specjalnych**

3.3.7.1. Prowadzenie sieci jezdnej w rejonie myjni i stacji paliw

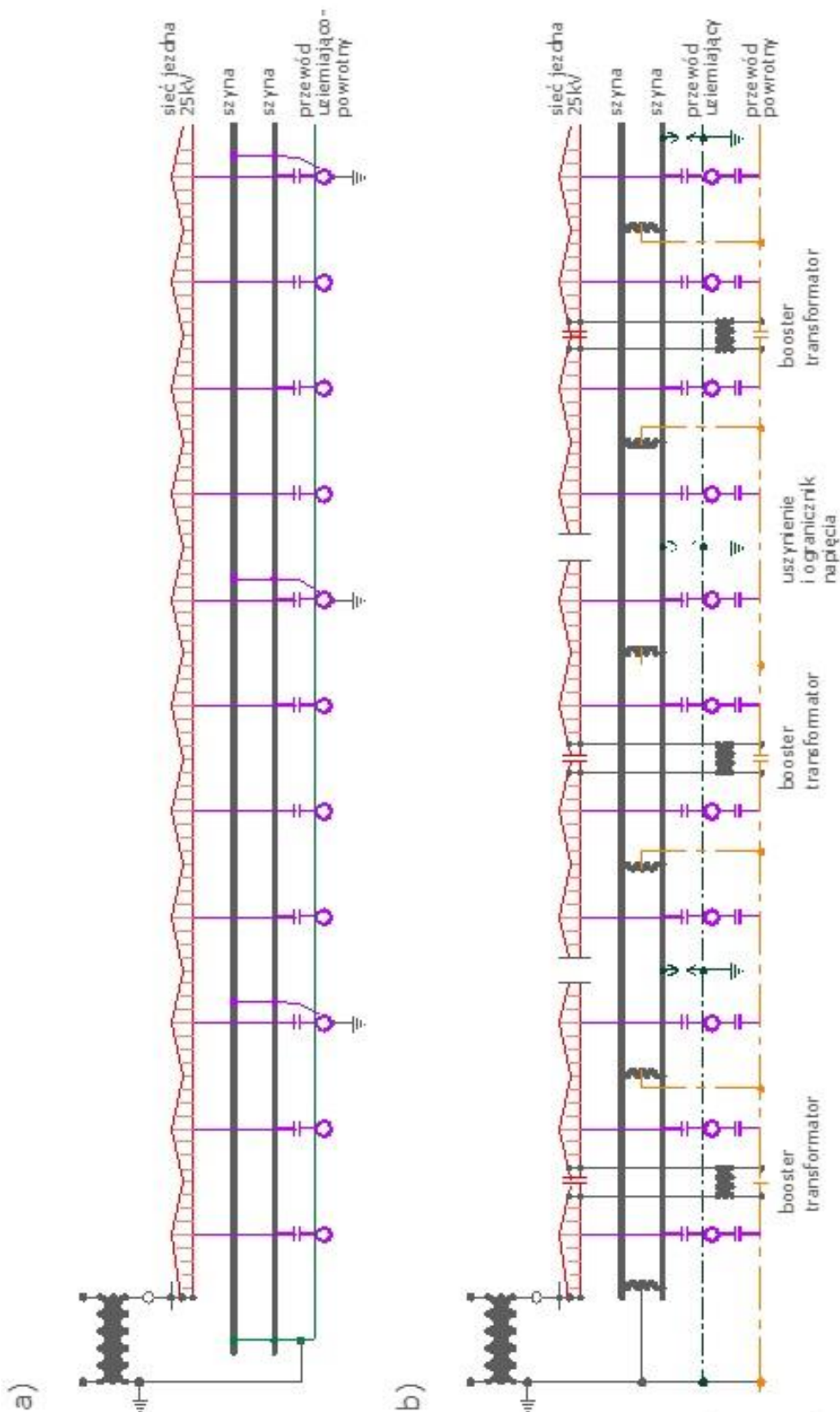
3.3.7.1.1. Sieć jezdna toru, na którym znajduje się urządzenie do mycia taboru powinna odpowiadać wymaganiom przedstawionym w punkcie 3.3.4.15.4.9.

- 3.3.7.2. Prowadzenie sieci jezdnej w pobliżu zbiorników i dystrybutorów z łatwopalnymi cieczami.
  - 3.3.7.2.1. Nie należy elektryfikować toru, na którym odbywa się przetaczanie paliw płynnych a także torów przyległych (równoległych), jeżeli szerokość międzytorza wynosi mniej niż 6 m.
  - 3.3.7.2.2. Tory, na których odbywa się napełnianie i opróżnianie cystern należy elektrycznie odizolować od torów, nad którymi zawieszona jest sieć jezdna, a które stanowią sieć powrotną dla prądów trakcyjnych.
  - 3.3.7.2.3. Wykonanie izolacji, o której mowa w punkcie 3.3.7.2.2 powinno spełniać wymagania normy PN-EN 50122-1:2002 [63].

### **3.3.8. Sieć powrotna**

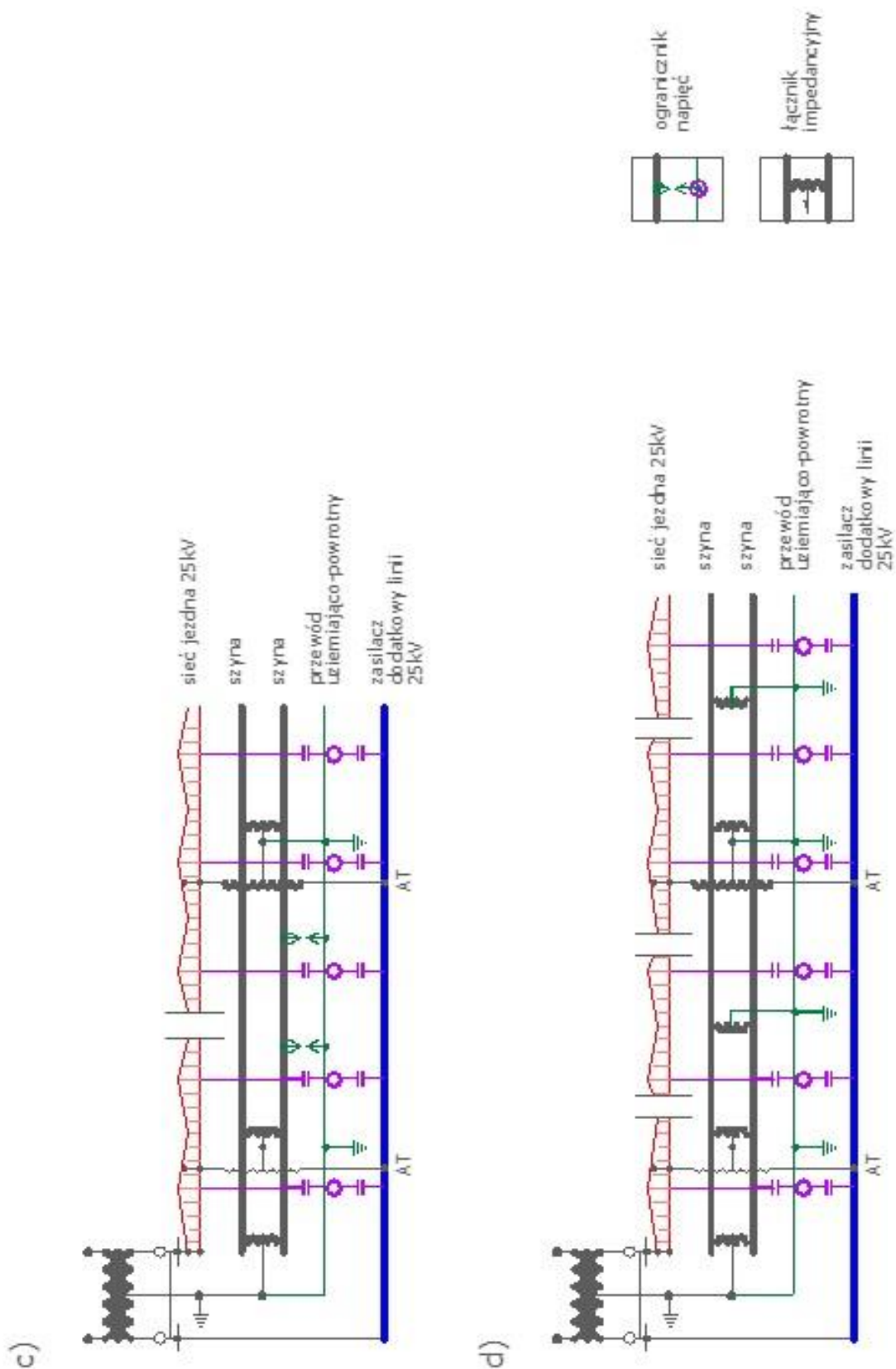
- 3.3.8.1. Projekt układu zasilania w części dotyczącej sieci trakcyjnej powinien uwzględniać wymagania norm: PN-EN 50122-1:2002 [63], BS EN 50179 [69], PN-EN 50119:2002 [60] w zakresie ochrony przeciwporażeniowej.
- 3.3.8.2. Ze względów bezpieczeństwa i wymagań ochrony przeciwporażeniowej szyny jezdne zawsze stanowią element obwodu powrotnego w systemie trakcji elektrycznej 25 kV AC. Oprócz szyn jezdnych obwód powrotny może zawierać następujące przewody wzdłużne:
  - a) przewód lub szynę powrotną, izolowane od ziemi i połączone z szynami jezdnyymi przez łączniki impedancyjne,
  - b) przewód uziemiająco-powrotny, uziemiony bezpośrednio i połączony z szynami jezdnyymi bezpośrednio lub przez łączniki impedancyjne, lub przez ograniczniki napięcia, lub przez łączniki impedancyjne i ograniczniki napięcia,
  - c) przewód uziemiający, uziemiony bezpośrednio i połączony z szynami bezpośrednio lub przez ograniczniki napięcia.Na rysunku 3.3.1 zamieszczono poglądowe schematy połączeń elektrycznych sieci powrotnej dla różnych konfiguracji obwodów sieci trakcyjnej systemu 1×25 kV i 2×25 kV.
- 3.3.8.3. Sieć powrotna stanowi jeden obwód elektryczny, który może zawierać następujące przewody elektryczne wzdłużne, połączenia poprzeczne i elementy składowe:
  - a) szyny jezdne,
  - b) przewód uziemiająco-powrotny lub przewód uziemiający i przewód powrotny,
  - c) kable lub przewody powrotne łączące szyny jezdne, przewody powrotne lub uziemiająco-powrotne z szyną powrotną podstacji trakcyjnej,

- d) połączenia poprzeczne,
  - e) łączniki impedancyjne,
  - f) booster transformatory.
- 3.3.8.4. Szyny jezdne wraz z przewodem uziemiającym lub powrotno-uziemiającym, uziemione celowo stanowią „ziemię systemu trakcyjnego”, zgodnie z zapisami normy PN-EN 50122-1:2002 [63] – punkt 3.5.3.
- 3.3.8.5. Szyny jezdne stalowe stanowiące część obwodu powrotnego ze względu na występujące zjawisko naskórkowości charakteryzują się stosunkowo dużą impedancją wzdłużną i nie powinny być jedynym przewodem powrotnym w obwodzie. Połączenia szyn jezdnych z uziemioną szyną powrotną podstacji trakcyjnej należy dokonać przez łącznik impedancyjny lub bezpośrednio, jeżeli pozwalają na to warunki pracy obwodów szynowych srk.
- 3.3.8.6. Obwód powrotny musi zachować ciągłość elektryczną i połączenie z szyną powrotną w podstacji trakcyjnej w każdych warunkach eksploatacyjnych.
- 3.3.8.7. Wszystkie połączenia bezpośrednio do szyn jezdnych należy wykonywać do jednego toku szynowego.



Rysunek 3.3.1. Sieci powrotne - schematy połączeń elektrycznych

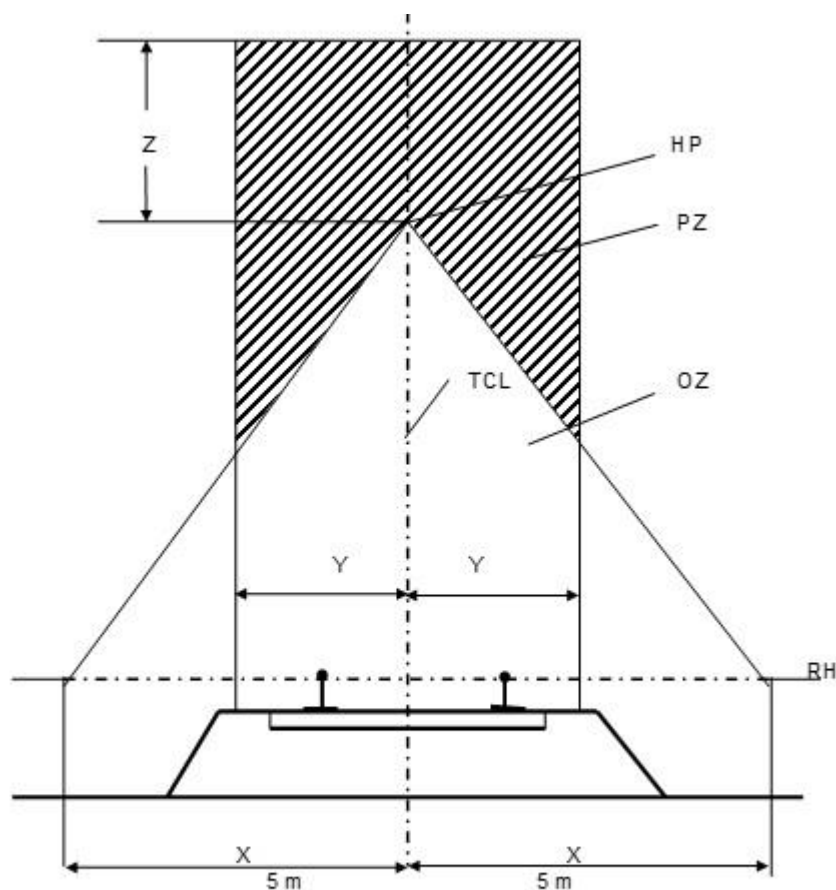
- a) układ prosty,
- b) układ z booster transformatorem, łącznikiem impedancyjnym, ogranicznikiem napięć i uzziemieniem bezpośrednim.



Rysunek 3.3.1. Sieci powrotne - schematy połączeń elektrycznych

- c) układ z AT, ogranicznikiem napięć i uziemieniem otwartym,
- d) układ z AT, łącznikiem impedancyjnym i uziemieniem bezpośrednim.

- 3.3.8.8. Lokalizacje uzemień i impedancje uziomów, przewodów uziemiających lub uziemiająco-powrotnych (ziemia systemu trakcyjnego) należy określić na podstawie analizy napięć dotykowych i dostępnych.
- 3.3.8.9. Przewód uziemiający ma za zadanie wyrównanie potencjałów konstrukcji wsporczych i innych części przewodzących znajdujących się w strefie oddziaływania sieci jezdnej i odbieraków prądu. Przekrój przewodu uziemiającego nie powinien być mniejszy od 70 mm<sup>2</sup> AFL. Przewód uziemiający jest mocowany na sztywno do konstrukcji wsporczych i jest stosowany przeważnie w sieci powrotnej wyposażonej w booster transformatory.
- 3.3.8.9.1. Strefa oddziaływania sieci jezdnej i odbieraków prądu określona jest w normie PN-EN 50122-1:2002 [63]. Na rysunku 3.3.2. podano zalecane wartości parametrów X, Y i Z.



RH - główka szyny, HP - najwyższy punkt sieci jezdnej, TCL - oś toru,  
 OZ - strefa sieci jezdnej, PZ - strefa odbieraka prądu  
 Z=0,70 m, Y=1,40 m

Rysunek 3.3.2. Strefa sieci jezdnej i odbieraków prądu (źródło: [68])

- 3.3.8.10. Przewód uziemiająco-powrotny ma za zadanie wyrównanie potencjałów konstrukcji wsporczych i innych części metalowych przewodzących znajdujących



się w strefie oddziaływania sieci jezdnej i odbieraków prądu oraz przewodzenie roboczego prądu powrotnego na drodze do podstacji trakcyjnej lub najbliższego autotransformatora (w systemie 2×25 kV). Przekrój przewodu uziemiająco-powrotnego nie powinien być mniejszy od 120 mm<sup>2</sup> AFL. Przewód uziemiająco-powrotny należy na metalowych konstrukcjach wsporczych podwieszać na sztywno, wykorzystując zacisk elektrycznie przewodzący. Połączenie z szynami (szyną przewodzącą) należy wykonywać co 250÷300 m. Odległość pomiędzy połączeniami powinna zapewniać wartości napięć rażeniowych poniżej dopuszczalnych, określonych w normie PN-EN 50122-1:2002 [63].

- 3.3.8.11. Przewód powrotny ma za zadanie przewodzenie roboczych prądów powrotnych i jest stosowany przeważnie w układzie sieci powrotnej wyposażonej w booster transformatory. W takim przypadku musi być izolowany od ziemi. Przekrój przewodu powrotnego nie powinien być mniejszy od 120 mm<sup>2</sup> AFL. Przewód powrotny pracuje w układzie sieci powrotnej z wydzielonym przewodem uziemiającym.
- 3.3.8.12. Przewody uziemiające i powrotne lub uziemiająco-powrotne należy instalować dla sieci trakcyjnej każdego toru oddzielnie. Pomędzy przewodami uziemiająco-powrotnymi lub uziemiającymi poszczególnych torów należy instalować połączenia wyrównawcze poprzeczne przyłączane obustronnie przez łączniki impedancyjne lub bezpośrednio do szyn.
- 3.3.8.13. Wykonywanie bezpośrednich poprzecznych połączeń wzajemnych przewodów uziemiających lub uziemiająco-powrotnych sieci powrotnej oraz ich bezpośrednie przyłączanie do toków szynowych jest dopuszczalne tylko w przypadkach, w których zezwalają na to warunki pracy obwodów srk.
- 3.3.8.14. Jeżeli szyny jezdne lub dostępne części przewodzące łącznie z konstrukcjami wsporczymi nie mogą być bezpośrednio połączone z ziemią systemu trakcyjnego (uziemiony przewód powrotny lub uziemiająco-powrotny) z uwagi na warunki pracy obwodów srk, powinny być zastosowane urządzenia ograniczające napięcie i umożliwiające przepływ prądu w przypadku występowania napięcia na szynach jezdnych lub dostępnych częściach przewodzących, w tym na konstrukcjach wsporczych.
- 3.3.8.15. Jeżeli połączenia przewodów powrotnych lub uziemiająco-powrotnych z szynami nie mogą być wykonane w sposób bezpośredni z uwagi na warunki pracy obwodów srk, połączenia te należy wykonać przez łączniki impedancyjne.

3.3.8.16. Dopuszcza się następujące połączenia indywidualne lub grupowe do sieci powrotnej (z uwzględnieniem wymagań zapisanych w punktach: 3.3.8.10, 3.3.8.11):

- a) pomiędzy ziemią systemu trakcyjnego i szynami jezdnyymi,
- b) pomiędzy uziemieniem podstacji trakcyjnej lub stacji rozdzielczej i obwodem powrotnym,
- c) pomiędzy szyną powrotną podstacji trakcyjnej ewentualnie środkowym punktem autotransformatora i szynami jezdnyymi.

### **3.3.9. Połączenia elektryczne sieci powrotnej**

3.3.9.1. W sieci powrotnej występują następujące połączenia elektryczne:

- a) wzdłużne łączniki szynowe,
- b) poprzeczne łączniki szynowe międzytokowe,
- c) poprzeczne łączniki szynowe międzytorowe,
- d) poprzeczne połączenia wyrównawcze pomiędzy przewodami powrotnymi lub uziemiającymi każdego z torów,
- e) połączenia obejściowe,
- f) poprzeczne połączenia impedancyjne (dławiki torowe),
- g) połączenia szyn z przewodami lub szynami powrotnymi i przewodami uziemiającymi,
- h) połączenia szyn z dostępnymi częściami przewodzącymi (uszynienia – uziemienia),
- i) połączenia szyn lub przewodów uziemiających z uziomami,
- j) przyłącza autotransformatorów,
- k) przyłącza booster transformatorów,
- l) przyłącza kabli powrotnych.

3.3.9.2. Przewody sieci powrotnej i połączenia elektryczne przewodzące w normalnych warunkach eksploatacji prądy robocze powinny mieć przekroje odpowiednie dla przepływu maksymalnego zastępczego 15-minutowego prądu roboczego. Przekrój kabli powrotnych powinien uwzględniać rezerwę. Ponadto powinna być sprawdzona wytrzymałość termiczna tych przewodów oraz przewodów uziemiających na obciążenia maksymalnymi prądami zwarciovymi.

3.3.9.3. Połączenia poprzeczne (wyrównawcze) szynowej sieci powrotnej, na liniach, na których stosowane będą obwody torowe wykorzystujące szyny do transmisji sygnałów systemów srk, powinny być wykonane z wykorzystaniem łączników impedancyjnych. Rozmieszczenie połączeń poprzecznych pomiędzy torami

- powinno być ustalone z uwzględnieniem wartości napięć dotykowych i dostępnych, warunków pracy obwodów torowych oraz powinno być skoordynowane z ogólnym projektem układu zasilania. Zaleca się instalowanie połączeń poprzecznych na obszarze co drugiego obwodu torowego.
- 3.3.9.4. Dla torów przeznaczonych do elektrycznego ogrzewania pociągów należy zapewnić połączenie z torami zelektryfikowanymi.
  - 3.3.9.5. Połączenia obejściowe rozjazdów, odcinków izolowanych szyn należy wykonać przewodami o przekroju spełniającym wymagania zapisane w punkcie 3.3.9.2.
  - 3.3.9.6. Połączenia poprzeczne wyrównawcze oraz połączenia obejściowe powinny być wykonane łącznikami o przekroju nie mniejszym od 50 mm<sup>2</sup> Cu lub równoważnym.
  - 3.3.9.7. Połączenia wyrównawcze międzytorowe oraz połączenia wyrównawcze pomiędzy przewodami uziemiająco-powrotnymi na liniach dwutorowych należy wykonać jako kablowe tak ażeby uniknąć prowadzenia przewodów nad siecią jezdnią.
  - 3.3.9.8. Jeżeli warunki pracy obwodów srk na to pozwalają, wszystkie uziemienia ochronne (konstrukcji wsporczych, semaforów, kładek, płotów itp.) należy łączyć bezpośrednio do jednego toku szynowego. Do tego samego toku szyn należy przyłączyć uziomy ziemi systemu trakcyjnego.
  - 3.3.9.9. Jeżeli warunki pracy obwodów srk nie dopuszczają połączeń bezpośrednich do szyn jezdnych przewodów powrotnych lub uziemiająco-powrotnych, połączenia takie należy wykonać jako grupowe przez łączniki impedancyjne.
  - 3.3.9.10. Jeżeli na liniach z obwodami torowymi srk bezpośrednio uziemienie szyn jezdnych jest niedopuszczalne, przewód uziemiający należy połączyć z szynami przez ogranicznik napięciowy.
  - 3.3.9.11. Jeżeli na liniach z obwodami torowymi srk bezpośrednio uziemienie szyn jezdnych jest niedopuszczalne przewód uziemiająco-powrotny należy połączyć z szynami przez łącznik impedancyjny i następnie cały układ połączyć z uziemieniem przez ogranicznik napięciowy.
  - 3.3.9.12. Połączenia do uziomów wymienione w punktach: 3.3.9.9 do 3.3.9.11 należy wykonać jako grupowe z uwzględnieniem wymagań zapisanych w punkcie 3.3.9.3. Długości sekcji pomiędzy łącznikami impedancyjnymi i uziomami nie powinny być krótsze od długości dwóch sekcji obwodów torowych srk.

### **3.3.10. Ochrona przeciwporażeniowa**

- 3.3.10.1. Podstawowym środkiem ochrony przed dotykiem pośrednim w sieci powrotnej jest uziemienie części przewodzących znajdujących się w strefie oddziaływania sieci trakcyjnej i odbieraków prądu.
- 3.3.10.2. Ziemię systemu trakcyjnego stanowi uziemiony pośrednio lub bezpośrednio obwód szyn jezdnych, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 50122-1:2002 [63] – punkt 5.2.2.1 a także punkt 3.3.8.4 niniejszych Wytycznych.
- 3.3.10.3. Z ziemią systemu trakcyjnego są połączone bezpośrednio wszystkie części przewodzące w strefie oddziaływania sieci trakcyjnej i odbieraków prądu, znajdujące się w normalnych warunkach pracy w stanie beznapięciowym. Połączenia z ziemią systemu trakcyjnego są uziemieniami ochronnymi i stanowią część toru prądowego dla prądów zwarciovych i powrotnych.
- 3.3.10.4. Dopuszcza się grupowe lub indywidualne połączenia części przewodzących i konstrukcji wsporczych przewodem uziemiającym lub uziemiająco-ochronnym z szynami jezdными bezpośrednio lub pośrednio. Przyłącza do szyn jezdnych punktów uziemienia wtórnych uzwojeń transformatorów podstacji i autotransformatorów oraz przewodów uziemiająco-powrotnych należy wykonywać jako bezpośrednie lub przez dławiki torowe, natomiast przewody uziemiające bezpośrednio lub przez ograniczniki napięcia (szczegóły na rysunkach 2.1.2, 2.1.3 i 2.1.4).
- 3.3.10.5. Nie dopuszcza się stosowania jakichkolwiek aparatów łączeniowych (odłączników, rozłączników, wyłączników, zwierników, uziemników) w torach prądowych sieci powrotnej.
- 3.3.10.6. W miejscach dostępnych należy stosować środki ochrony podstawowej przed dotykiem bezpośrednim do przewodów sieci jezdnej znajdujących się pod napięciem w normalnych warunkach pracy zgodnie z wymaganiami norm wskazanych w punkcie 3.2.5.1.
- 3.3.10.7. Każdorazowe wyłączenie napięcia zasilającego sieć trakcyjną w podstacji trakcyjnej systemu 2×25 kV niezależnie od przyczyny powinno następować jednocześnie przez wyłącznik zasilacza sieci i wyłącznik zasilacza dodatkowego.
- 3.3.10.8. Znajdujące się w strefie oddziaływania górnej sieci jezdnej przewodzące prąd elektryczny przedmioty i elementy o wymiarach wzdłużnych (mierzonych wzdłuż toru) nie przekraczających 2 m i nie wyposażone w jakiegokolwiek instalacje

elektryczne, nie wymagają uziemienia – zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 50122-1:2002 [63].

3.3.10.9. W miejscach dostępnych (kładki nad torami, wiadukty, mosty, tunele, wiaty itp.) należy stosować środki ochrony podstawowej przed dotykiem bezpośrednim do części górnej sieci jezdnej znajdujących się pod napięciem w normalnych warunkach pracy. Do środków ochrony podstawowej zalicza się: osłony izolacyjne, ekrany, wstawki izolacyjne, przegrody - zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 50122-1:2002 [63] – punkt 5.1.

W ww. normie zawarte są wymagania i zalecenia dotyczące:

- a) powierzchni do przebywania dla osób postronnych,
- b) powierzchni do przebywania dla osób wykonujących prace,
- c) minimalnej wysokości zawieszenia przewodu jezdnej na przejazdach,
- d) wysokości zawieszenia przewodów zasilających powyżej dróg załadunkowych,
- e) odstępu pomiędzy systemem górnej sieci jezdnej i drzewami,
- f) stosowania barier,
- g) środków ochrony przed wspinaniem,
- h) znaków ostrzegawczych,
- i) minimalnych odstępów izolacyjnych.

3.3.10.10. Potencjał szyny względem ziemi stanowi w stanach awaryjnych o wielkości napięć dotykowych lub napięć dostępnych w stanach roboczych. Norma PN-EN 50122-1:2002 [63] określa wartości dopuszczalne napięć dotykowych i dostępnych oraz czasy ich trwania.

3.3.10.11. Wartość obliczeniowego potencjału szyny (norma PN-EN 50122-1:2002 [63] – załącznik „C”) powinna być określona dla maksymalnych wartości prądu roboczego i prądu zwarcowego płynącego w szynie jezdnej (z uwzględnieniem wartości początkowej prądu zwarcowego). Jeżeli obliczeniowe wartości napięć dotykowych lub dostępnych przekraczają dopuszczalne wartości (z uwzględnieniem czasu ich trwania) należy zastosować środki zalecane w normie PN-EN 50122-1:2002 [63] – punkt 7.2.7.

3.3.10.12. Dodatkowe środki i wymagania ochrony dla:

- a) obszarów gdzie sieci trakcyjne przebiegają przez tereny, na których w strefach zagrożenia są stosowane płyny lub gazy łatwo palne,
- b) instalacji zasilania, instalacji telekomunikacyjnych i innych instalacji nN; są zamieszczone w normie PN-EN 50122-1:2002 [63] – punkt 6.

3.3.10.13. Przewody zasilaczy dodatkowych sieci trakcyjnych należy prowadzić zgodnie z wymaganiami normy PN-E-05100:1998 [51].

### **3.3.11. Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów błędzących**

3.3.11.1. W systemie trakcji elektrycznej 25 kV stosowane są środki bierne ochrony przed oddziaływaniem prądów błędzących. Zawierają się one w zapewnieniu stosowania odpowiednich rozwiązań technicznych na etapie projektowania.

3.3.11.2. W celu ograniczenia upływów prądów, z uziemionych szyn do ziemi, należy zapewnić jak najmniejszą impedancję wzdłużną sieci powrotnej poprzez dodanie do obwodu szyn jezdnych równoległych przewodów powrotnych lub uziemiająco-powrotnych. Stosowane są także transformatory odprowadzające płynące w ziemi prądy do sieci powrotnej (booster transformatory).

3.3.11.3. Stosowanie systemu 2×25 kV z autotransformatarami ogranicza przepływ prądu w szynach do odcinka zawartego pomiędzy dwoma sąsiednimi autotransformatarami lub do odcinka pomiędzy podstacją trakcyjną i najbliższym autotransformatorem.

3.3.11.4. Wymagane jest połączenie z przewodem uziemiająco-powrotnym lub uziemiającym wszystkich konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej i zasilaczy dodatkowych.

### **3.3.12. Ochrona odgromowa sieci jezdnej**

3.3.12.1. Sieć jezdna i zasilacz dodatkowy linii powinny być zabezpieczone przed skutkami przebiegów atmosferycznych poprzez zastosowanie odgromników rożkowych, zaworowych lub półprzewodnikowych.

3.3.12.2. Przy ustalaniu rozstawienia zabezpieczeń od przebiegów atmosferycznych wzdłuż sieci jezdnej należy oprócz określonej strefy działania uwzględnić obszary o zwiększonej aktywności burzowej. Zaleca się instalację zabezpieczeń w odległości co około 600 m.

3.3.12.3. Zacisk niskiego potencjału odgromnika, należy połączyć bezpośrednio z przewodem uziemiająco-powrotnym lub uziemiającym.

### **3.3.13. Uziemienia i uziomy**

3.3.13.1. Wartości rezystancji i lokalizacja uziomów sieci powrotnej powinny być skoordynowane z wartościami napięć dotykowych (dostępnych). Bezpośrednie połączenia uziomów z obwodem powrotnym należy wykonać do jednego toku szyn.

- 3.3.13.2. Przewód uziemiający lub uziemiająco-powrotny łączy bezpośrednio (grupowo) konstrukcje wsporcze sieci jezdnej z uziomami punktowymi przy spełnieniu wymagań zawartych w punkcie 3.3.13.1. Jest on także łączony z szynami jezdnyymi bezpośrednio do jednego toku szyn lub pośrednio przez nie spolaryzowany ograniczniki napięcia albo przez łączniki impedancyjne (rys. 2.1.2, 2.1.3 i 2.1.4).
- 3.3.13.3. Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 501222-1:2002 [68] pkt 5.2, wszystkie dostępne części przewodzące w strefie oddziaływania sieci jezdnej i pantografu należy uziemić i połączyć bezpośrednio z przewodem uszyniającym lub uszyniająco-powrotnym.
- 3.3.13.4. Jeżeli szyny jezdne nie mogą być bezpośrednio połączone z ziemią ze względu na warunki pracy obwodów torowych systemów srk, należy stosować urządzenia ograniczające napięcie (niespolaryzowane ograniczniki napięcia), umożliwiające przepływ prądu w sytuacji, kiedy potencjał szyn jezdnych w stosunku do ziemi systemu trakcyjnego lub do części przewodzących przekroczy wartości dopuszczalne. Tworzy się w takim przypadku otwarte połączenie szyn jezdnych z uziemieniem (ziemią systemu trakcyjnego) lub otwarte połączenie części przewodzących i konstrukcji wsporczych z szynami.
- 3.3.13.5. W stosunku do rozwiązania z punktu 3.3.10.3 może być zastosowane zamiennie połączenie do szyn wykonane przez łączniki impedancyjne.
- 3.3.13.6. Połączenia do szyn jezdnych wymienione w punktach: 3.3.10.3, 3.3.10.4 można wykonać jako grupowe.
- 3.3.13.7. W systemie 25 kV AC obwód powrotny sieci trakcyjnej powinien być połączony bezpośrednio z systemem uziemienia podstacji trakcyjnej.
- 3.3.13.8. W przypadku systemu trakcji elektrycznej 25 kV AC wartość napięcia dopuszczalna ciągła, szyny w stosunku do ziemi, wynosi 60 V (z ograniczeniem do 25 V na terenie hal, warsztatów itp.). Jest to jednocześnie dopuszczalna wartość napięcia dostępnego. W przypadku kiedy czas zadziałania zabezpieczeń i wyłączenia prądu zwarciovego pozwala na przyjęcie wyższej wartości dopuszczalnej napięcia dotykowego, poziom napięcia zadziałania ogranicznika napięciowego można zwiększyć zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 50122-1:2002 [63] – punkt 7. Powyższe należy brać pod uwagę przy projektowaniu uziomów i lokalizacji punktów ich przyłączenia do przewodu uziemiającego lub uziemiająco-powrotnego i połączeń z szynami jezdnyymi.
- 3.3.13.9. W obszarze podstacji trakcyjnej należy zainstalować następujące uziemienia:

- odgromowe dla przewodów odgromowych zasilających linii napowietrznych WN oraz dla instalacji odgromowej napowietrznych rozdzielni WN i SN,
- robocze dla punktów zerowych transformatorów trakcyjnych i potrzeb własnych (dla stron WN, SN, nN),
- ochronne dla ochrony przed dotykiem pośrednim do części przewodzących urządzeń znajdujących się na terenie podstacji,
- ochronne dla ogrodzenia podstacji trakcyjnej.

Wszystkie uziomy w obszarze podstacji trakcyjnej oprócz uziomu dla ogrodzenia należy połączyć w jeden system uziemienia i połączyć go z szynami jezdnyymi torów zelektryfikowanych.

### **3.3.14. Urządzenia sygnalizacyjne, ostrzegawcze i ochronne**

#### **3.3.14.1. Wymagania ERTMS**

(ERTMS) European Railway Traffic Management System – stanowi jedno z kluczowych przedsięwzięć, których celem jest zapewnienie jak największej interoperacyjności transportu, szczególnie kolei w Europie. Interoperacyjność kolejowa dotyczy zarówno linii istniejących jak i nowo budowanych, dotyczy istniejących systemów sygnalizacyjnych i ERTMS-u. System ten składa się z:

- Europejskiego Systemu Sterowania Pociągiem (ETCS),
- systemu transmisji radiowej GSM-R,
- Europejskiej Warstwy Zarządzania Pociągami ETML.

System GSM-R to cyfrowa łączność radiowa przeznaczona zarówno do zapewnienia łączności głosowej (głównie między dyspozytorami ruchu i maszynistami) jak i do zapewnienia cyfrowej transmisji danych (niezbędnych do funkcjonowania różnych systemów informatycznych obsługujących przewozy kolejowe).

System ETCS zapewnia wysoki poziom bezpieczeństwa, poprzez przekazywanie do kabiny maszynisty informacji z urządzeń instalowanych na liniach kolejowych.

Zakłada się, że system ERTMS/ETCS będzie nadrzędnym systemem sygnalizacyjnym stosowanym na liniach kolejowych dużych prędkości.

Dotychczasowe systemy sygnalizacji polegające na umieszczaniu odpowiednich wskaźników dotyczących urządzeń sieci trakcyjnej i układu zasilania będą spełniały rolę uzupełniającą i rezerwującą.

System ERTMS w zakresie współpracy z podsystemem „Energia” powinien spełniać wymagania zgodne z obowiązującą dokumentacją TSI CCS HS –



Decyzja Komisji nr 2002/731/WE z dnia 30 maja 2002 r. dotycząca specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu kontrolno-decyzyjnego oraz sygnalizacyjnego transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości, o którym mowa w art. 6 ust. 1 dyrektywy Rady 96/48/WE (notyfikowana jako dokument nr C(2002) 1947), wraz z dokumentami powiązаныmi: Specyfikacją Wymagań Funkcjonalnych FRS wersja 5.0 i Specyfikacją Wymagań Systemowych SRS 2.3.0 d.

#### 3.3.14.1.1. Główne założenia ETCS

System ETCS spełniać musi wszystkie funkcje aktualnie stosowanych systemów sygnalizacyjnych, przy czym niektóre funkcje podstawowe będą obowiązujące dla wszystkich linii wyposażonych w ETCS, a inne będą wykorzystywane w miarę potrzeby. System ten ma umożliwić prowadzenie ruchu zgodnie z wymaganiami i przepisami poszczególnych zarządców kolejowych oraz zapewniać bezpieczeństwo na wysokim poziomie, nie niższym niż dotychczas.

Ze względu na uwarunkowania dotyczące energii elektrycznej jak i współpracy mechanicznej pantografu (odbieraka prądu) z siecią jezdnią, informacje o infrastrukturze dostępne w systemie ETCS muszą być transmitowane do pociągu.

System ETCS powinien zapewnić informacje dotyczące:

- 1) danych koniecznych dla wyboru pantografu;
- 2) opuszczania i podnoszenia pantografu:
  - a) opuszczenie pantografu musi być wykonane najpóźniej jak to możliwe, uwzględniając czas konieczny na opuszczenie pantografu,
  - b) podniesienie pantografu musi być wykonane najwcześniej jak to możliwe;
- 3) załączania i odłączania głównego obwodu zasilania pojazdu (jazdy bez poboru prądu):
  - a) odłączenie głównego obwodu zasilania pojazdu musi być wykonywane najpóźniej jak to możliwe, uwzględniając czas konieczny na jego wykonanie,
  - b) załączenie głównego obwodu zasilania pojazdu musi być wykonywane najwcześniej jak to możliwe,
  - c) zakazu wjazdu elektrycznych pojazdów trakcyjnych.

W przypadku, gdy pantograf będzie sterowany ręcznie przez maszynistę, to urządzenia pokładowe ETCS muszą wizualnie i akustycznie przekazać maszyniście informacje pozwalające sterować pantografem i głównym obwodem zasilania pojazdu. Moment informowania musi być dobrany tak aby zapewnić

odpowiedni czas na opuszczanie pantografu i odłączenie głównego obwodu zasilania pojazdu.

Opuszczanie/podnoszenie pantografu oraz odłączanie/załączanie obwodu głównego muszą być dostępne niezależnie i w możliwych kombinacjach.

Na liniach kolejowych dużej prędkości system ETCS powinien informować o konieczności sterowania pantografem i obwodem głównym zasilania pojazdu w miejscach, gdzie znajdują się wskaźniki obecnie stosowane na liniach zelektryfikowanych, a które na liniach dużych prędkości stosowane powinny być jako sygnalizacja rezerwująca.

#### 3.3.14.2. Wskaźniki

- 3.3.14.2.1. Sieć trakcyjna powinna być osygnalizowana wskaźnikami zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 18 lipca 2005 r. [19] oraz „Instrukcją sygnalizacji le-1” [35].
  - 3.3.14.2.2. Obrazy sygnałowe wskaźników oraz ich barwy powinny być zgodne z postanowieniami Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 18 lipca 2005 r. [19], a ich wymiary zgodne z „Wymaganiami technicznymi dla wskaźników i tablic sygnałowych” [40].
  - 3.3.14.2.3. Wskaźniki „We” powinny być wykonane z materiałów odblaskowych tak, aby były widoczne w nocy.
  - 3.3.14.2.4. Zabrania się mocowania wskaźników do przewodów sieci jezdnej.
  - 3.3.14.2.5. Mocowanie wskaźników na konstrukcjach wsporczych dopuszczalne jest tylko jeśli umiejscowienie wskaźnika nie koliduje z przyjętą minimalną skrajnią, dla danego zakresu prędkości.
- #### 3.3.14.3. Tablice ostrzegawcze i informacyjne
- 3.3.14.3.1. Treść, kształt, wymiary i sposób rozmieszczenia tablic ostrzegawczych powinny być zgodne z wymaganiami normy PN-K-89000:1997 [88].
  - 3.3.14.3.2. Na każdym peronie stacji i przystanku osobowego linii zelektryfikowanych powinny znajdować się po dwie tablice ostrzegawcze peronowe.
  - 3.3.14.3.3. Na każdej konstrukcji wsporczej ustawionej w peronach, rampach i w innych miejscach ogólnie dostępnych dla osób nie będących pracownikami kolejowymi, należy umieścić dwie tablice ostrzegawcze na przeciwnych stronach konstrukcji.

- 3.3.14.3.4. Tablice ostrzegawcze powinny być tak rozmieszczone, aby były łatwo widoczne dla osób mogących nadmiernie zbliżyć się do urządzeń sieci trakcyjnej będących lub mogących znaleźć się pod napięciem.
- 3.3.14.3.5. Tablice ostrzegawcze powinny być mocowane w taki sposób aby odległość ich krawędzi od strony toru nie była mniejsza od określonej w pkt: 3.3.3.9÷3.3.3.12. Dopuszcza się zmniejszenie o 0,75 m wymiarów podanych w pkt: 3.3.3.9÷3.3.3.12 dla tablic informacyjnych, których dolna krawędź jest umieszczona nad poziomem peronu powyżej 2,25 m.
- 3.3.14.4. Znaki ostrzegawcze i informacyjne
- 3.3.14.4.1. Konstrukcje wsporcze, na których podwieszono są sieci jezdne nie połączone ze sobą elektrycznie na stałe, powinny być oznaczone białym pasem o szerokości 150 mm namalowanym 1 000 mm poniżej miejsca zamocowania najniżej zamontowanego elementu podwieszenia sieci jezdnej.
- 3.3.14.4.2. Konstrukcje wsporcze, których odległość czołowej płaszczyzny od osi toru jest mniejsza od wymaganej (lokalizowane w wyjątkowych przypadkach za zgodą PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.), powinny być oznaczone przez namalowanie na nich przemiennie pasów koloru żółtego i czarnego o szerokości 120 mm. Oznaczenia pasami należy wykonywać do wysokości 1 200 mm od powierzchni główki szyny, na płaszczyźnie czołowej konstrukcji wsporczej od strony toru, w ten sposób, że najwyżej położony pas powinien być koloru czarnego.

### **3.3.15. Bariery**

- 3.3.15.1. Mosty, wiadukty, kładki oraz w razie potrzeby inne budowle, pod którymi prowadzona jest sieć jezdna, powinny być zaopatrzone w bariery pionowe chroniące ludzi mogących znajdować się na tych budowlach, od przypadkowego dotknięcia elementów sieci trakcyjnej będących pod napięciem oraz sieć jezdna od uszkodzenia wskutek takiego przypadkowego dotknięcia lub wskutek upadku przedmiotów na sieć jezdna.
- 3.3.15.2. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się stosowanie barier poziomych stanowiących konstrukcyjną całość z budowlą.
- 3.3.15.3. Konstrukcja bariery powinna być zgodna z wymaganiami normy BN-77/9317-115 [97] oraz wymaganiami podanymi w PN-EN 50122-1:2002 [63] – pkt 5.1.3.1.
- 3.3.15.4. Minimalne wymiary barier oraz odstępów izolacyjnych stosowanych na powierzchniach do przebywania w obszarach ogólnie dostępnych zdefiniowane są w PN-EN 50122-1:2002 [63] – pkt 5.1.3.3.

- 3.3.15.5. Na kładkach lub pomostach przeznaczonych wyłącznie dla personelu kolejowego, bariery należy wykonywać zgodnie z punktem 5.1.3.2 PN-EN 50122-1:2002 [63].
- 3.3.15.6. Bariery poziome znajdujące się w miejscach ogólnie dostępnych muszą być tak zbudowane, aby nie stanowiły w żadnym wypadku powierzchni umożliwiającej swobodne stanie. Powierzchnie te muszą być pochylone zgodnie z załącznikiem A normy PN-EN 50122-1:2002 [63].

## **4. Zakres opracowań technicznych – dokumentacje projektowe**

### **4.1. Wstęp**

Każda inwestycja budowlana musi mieć wcześniej przygotowaną dokumentację odpowiednią dla danego etapu realizacji, przy czym:

Etap I dotyczy dokumentacji niezbędnej do podjęcia decyzji inwestycyjnej – jak studia i analizy przedinwestycyjne.

Etap II dotyczy:

- opracowania dokumentacji budowlanej,
- uzyskania pozwolenia na budowę,
- przeprowadzenia procedury przetargowej i wyboru wykonawcy,
- wykonania robót budowlanych.

Niezależnie od tego Unia Europejska ustaliła określone procedury dla swoich członków związane z dofinansowaniem inwestycji. Inwestor, aby uzyskać na swoje zamierzenie inwestycyjne dodatkowe środki musi dysponować:

- studium wykonalności inwestycji,
- oceną oddziaływania na środowisko – raportem oddziaływania na środowisko,
- dokumentami dotyczącymi zagospodarowania przestrzennego oraz pozostałymi wymaganymi przez podmiot udzielający dofinansowania, zgodnie z opracowanymi przez te instytucje wzorami wniosków.

### **4.2. Wymagania ogólne**

Projekty układów zasilania i sieci trakcyjnej mogą być opracowane jako wyodrębnione samodzielne opracowania lub jako część wielobranżowych projektów dotyczących budowy lub modernizacji linii kolejowych.

W obydwu ww. przypadkach zawartość projektów oraz ich stopień uszczegółowienia jest uzależniony od ich przeznaczenia i etapu realizacji inwestycji.

#### **4.2.1. Dokumentacje przedprojektowe – etap I**

W ramach etapu I dla podjęcia decyzji inwestycyjnej, oraz dla zadań w ramach Narodowego Planu Rozwoju należy opracować następujące dokumentacje przedprojektowe:

- a) studium wykonalności wraz z ewentualnym opracowaniem koncepcji programowo-przestrzennej,
- b) wniosek dla uzyskania decyzji środowiskowej,
- c) wniosek dla uzyskania decyzji lokalizacyjnej,

- d) materiały przetargowe zawierające program funkcjonalno-użytkowy (przy realizacji projektu w systemie „projektuj i buduj) dla przeprowadzenia postępowania przetargowego na wyłonienie wykonawcy projektu budowlanego, wykonawczego oraz wykonawcy robót (wykonawcy etapu II).

#### **4.2.2. Dokumentacje projektowe i realizacja inwestycji – etap II**

W niniejszym opracowaniu ten zakres procesu inwestycyjnego określono jako etap II, który obejmuje:

- a) projekt budowlany,
- b) projekt wykonawczy,
- c) materiały przetargowe (w tym specyfikacje techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych, dokumentację projektową, przedmiar robót),
- d) kosztorys inwestorski,
- e) dokumentacja powykonawcza.

Wymagania dotyczące formy wyszczególnionych tu projektów, obejmujące między innymi spis zawartości, formę strony tytułowej, sposób opisu rysunków, ich skali, numeracji oraz techniki graficznej i oprawy, są szczegółowo opisane w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego [21] i Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego [22].

### **4.3. Studium wykonalności**

#### **4.3.1. Definicja i przeznaczenie**

Studium wykonalności zamierzenia inwestycyjnego jest oceną celowości ekonomicznej realizacji inwestycji i niezbędnym dokumentem do podjęcia decyzji w sprawie przygotowania dokumentacji. Poza tym, w studium wykonalności są określone elementy warunkujące sprawne przygotowanie i przeprowadzenie inwestycji oraz działania zmierzające do zminimalizowania ryzyka podjęcia niewłaściwej czy błędnej decyzji. Jest to także dokument niezbędny dla instytucji związanych z finansowaniem inwestycji.

#### **4.3.2. Zawartość**

##### **4.3.2.1. Układy zasilania**

Część techniczna Studium Wykonalności w zakresie zasilania elektroenergetycznego powinna zawierać:

- stan istniejący układu zasilania w przypadku modernizacji i przebudowy linii istniejącej,
- wskazanie projektowanych źródeł zasilania, ich parametrów technicznych, lokalizacji, oraz ich właściciela na podstawie informacji uzyskanych od odpowiednich podmiotów,
- obliczenia impedancji i konduktancji sieci trakcyjnej, analizy i badania symulacyjne obciążeń energetycznych podstacji trakcyjnych, zasilaczy i sieci trakcyjnej dla rozwiązań wariantowych wyposażenia układu zasilania, z uwzględnieniem spełnienia wymaganych kryteriów technicznych i środowiskowych,
- analiza efektywności wyłączania zwarć, generacji przepięć komutacyjnych oraz przepięć wynikających z oscylacji i rezonansów wyższych harmonicznnych, wraz z zaleceniami odnośnie stosowania środków ochrony w postaci zabezpieczeń, kompensacji i filtracji,
- zalecenia dotyczące systemu ochrony przeciwporażeniowej w stanach roboczych i awaryjnych,
- uzasadnione badaniami symulacyjnymi zalecenia stosowania systemu kompensacji mocy biernej, filtrów wyższych harmonicznnych, kompensacji asymetrii,
- ekspertyzę wpływu projektowanego układu zasilania na krajowy system elektroenergetyczny, zgodnie z zapisami Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego [23],
- schemat układu zasilania, ewentualne warianty i uzasadnienie zalecanego wyboru wraz ze schematem sieci powrotnej,
- dane techniczne i topograficzne linii zasilających WN i SN,
- lokalizacje i uproszczony schemat ideowy podstacji trakcyjnych, stacji autotransformatorowych, booster transformatorów, kabin sekcyjnych oraz stacji zasilających odbiory nietrakcyjne,
- sposób zasilania sieci trakcyjnej i odbiorów nietrakcyjnych,
- sposób rozwiązania sterowania zdalnego i lokalnego,
- ocenę możliwości współpracy istniejących urządzeń srk i DSAT z systemem zasilania.

#### 4.3.2.2. Sieć trakcyjna

Część techniczna Studium Wykonalności w zakresie sieci trakcyjnej powinna zawierać:

- stan istniejącej sieci trakcyjnej i jej otoczenia w przypadku modernizacji lub przebudowy linii istniejącej,
- typy projektowanych sieci trakcyjnych,
- rodzaj konstrukcji wsporczych i fundamentów,
- system ochrony od porażeń prądem elektrycznym, system ochrony odgromowej,
- uproszczony plan trasy o ile wymaga tego inwestor,
- schemat sekcjonowania sieci trakcyjnej dla wszystkich posterunków ruchu i w rejonie punktów zasilania tj. podstacji trakcyjnych, stacji autotransformatorowych, booster transformatorów, kabin sekcyjnych, rozdzielni sekcjonujących.

#### **4.4. Program funkcjonalno-użytkowy**

##### **4.4.1. Definicja i przeznaczenie**

Ustawodawca w art. 31 Ustawy z dnia 29 stycznia 2004 r. Prawo zamówień publicznych [6] uwzględnił specyfikę opisu przedmiotu zamówienia na roboty budowlane i określił dokumenty służące do tego opisu. Zgodnie z nią, jeżeli przedmiotem zamówienia jest zaprojektowanie i wykonanie robót budowlanych, opis przedmiotu zamówienia dokonuje się w dokumencie zwanym programem funkcjonalno-użytkowym.

Program funkcjonalno-użytkowy służy do ustalenia zakresu robót i planowanych kosztów prac projektowych oraz robót budowlanych, a także do przygotowania oferty, szczególnie w zakresie obliczania ceny oferty oraz wykonania prac projektowych.

##### **4.4.2. Zawartość**

Zakres i forma tego dokumentu została szczegółowo ustalona w rozdz. 4 Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury [22] i powinien on zawierać:

- stronę tytułową, która obejmuje dane wg § 17,
- opis programu funkcjonalno-użytkowego wg § 18.1,
- część informacyjną wg § 19,

#### **4.5. Projekt budowlany**

##### **4.5.1. Wprowadzenie**

Projekty budowlane inwestycji ujętych w niniejszych Wytycznych, zgodnie z art. 3 Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane [1], dotyczą obiektów liniowych z wyłączeniem podstacji trakcyjnych, kabin sekcyjnych i wyodrębnionych GPZ oraz rozdzielni WN, które są obiektami budowlanymi. Obiekty liniowe, a takimi są linie WN, SN oraz sieć trakcyjna o



znaczeniu ponadlokalnym wymagają na wniosek inwestora uzyskania decyzji lokalizacyjnej. Decyzja lokalizacyjna dla obiektu liniowego o znaczeniu ponadregionalnym jest wydawana przez wojewodę i stanowi podstawowy dokument ustalający lokalizację danej inwestycji. Zgodnie z Prawem Budowlanym [1] wniosek o wydanie decyzji lokalizacyjnej przygotowuje i składa do wojewody inwestor. Decyzja lokalizacyjna uściślająca lokalizację obiektu liniowego lub kubaturowego jest dokumentem, który łącznie z projektem budowlanym będzie składany do wojewody o wydanie decyzji o pozwolenie na budowę.

#### **4.5.2. Definicja i przeznaczenie**

Jednym ze składników dokumentacji projektowej w II etapie przygotowań do realizacji inwestycji wymagających pozwolenia na budowę jest projekt budowlany zawierający rysunki przedstawiające usytuowanie projektowanych obiektów, a także wszystkie niezbędne dane techniczne i ilościowe zastosowanych rozwiązań.

#### **4.5.3. Zawartość**

Podane poniżej wymagania dotyczące formy projektu budowlanego opracowano na podstawie rozdziału 2 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego [21].

1. W projekcie budowlanym należy na stronie tytułowej zamieścić:
  - a) nazwę, adres obiektu budowlanego i numery ewidencyjne działek, na których obiekt jest usytuowany,
  - b) nazwę i adres inwestora,
  - c) nazwę i adres jednostki projektowania,
  - d) imiona i nazwiska projektantów z określeniem zakresu tematycznego, specjalności, numeru posiadanych uprawnień, podpisy i datę,
  - e) imiona i nazwiska sprawdzających z określeniem zakresu tematycznego, specjalności, numeru posiadanych uprawnień, podpisy i datę,
  - f) spis zawartości projektu budowlanego wraz z wykazem załączników.
2. Na rysunkach wchodzących w skład projektu budowlanego należy umieścić metrykę projektu zawierającą:
  - a) nazwę i adres obiektu budowlanego,
  - b) tytuł (nazwę), skalę i numer rysunku,
  - c) imię i nazwisko, specjalność, numer uprawnień budowlanych, datę i podpis projektanta oraz osoby potwierdzającej sprawdzenie.
3. Forma redakcyjno-wydawnicza projektu budowlanego powinna spełniać następujące wymagania:

- a) wszystkie strony, arkusze, załączniki i rysunki stanowiące części projektu budowlanego powinny być opatrzone numeracją, która powinna być zgodna ze spisem zawartości projektu,
- b) projekt budowlany należy sporządzić w czytelnej technice graficznej oraz oprawić w okładkę formatu A4 w sposób uniemożliwiający dekompletację projektu,
- c) do zamierzenia budowlanego zawierającego więcej niż jeden obiekt budowlany można stosować oprawę wielotomową,
- d) projekt budowlany należy opracować w języku polskim, stosując zasady wymiarowania oraz oznaczenia graficzne i literowe określone w PN lub inne objaśnione w legendzie,
- e) projekt budowlany sporządza się w 4 egzemplarzach, chyba że większa ilość została określona w umowie zawartej pomiędzy inwestorem a jednostką projektową.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury [21], poza wymaganiami dotyczącymi formy projektu budowlanego, zawiera także wymagania dotyczące zawartości części składowych tej dokumentacji – projektu zagospodarowania działki (obiekty kubaturowe) lub terenu (obiekty liniowe).

Poniżej podane zostaną wymagania dla projektów budowlanych układu zasilania i sieci trakcyjnej zasilanej napięciem 25 kV AC dla prędkości jazdy  $V \leq 350$  km/h. Wymagania te muszą być zawarte w projekcie budowlanym dla spełnienia i uzupełnienia ogólnych warunków podanych w rozdz. 4 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury [21].

#### 4.5.3.1. Projekt budowlany układu zasilania

Projekt budowlany układu zasilania zawierać musi:

- wskazanie uzgodnionych źródeł zasilania elektroenergetycznego na podstawie technicznych warunków przyłączenia wydanych przez odpowiedni podmiot oraz umowy przyłączeniowej,
- dane techniczne i trasy linii WN zasilających podstacje trakcyjne,
- lokalizacje i rozwiązania podstacji trakcyjnych, stacji autotransformatorowych, booster transformatorów i kabin sekcyjnych,
- dane techniczne i trasy zasilaczy sieci trakcyjne,
- sieć powrotną,
- lokalizacje i rozwiązania stacji zasilających odbiory nietrakcyjne,
- dane techniczne i trasy linii elektroenergetycznych zasilających odbiory nietrakcyjne.

Do projektu budowlanego należy dołączyć poświadczenie uzyskania przez inwestora praw dysponowania gruntami przewidzianymi pod zabudowę urządzeń. Wstępna analiza techniczna źródeł zasilania ujęta w studium wykonalności, w projekcie budowlanym powinna być pogłębiona i zawierać nie tylko ich lokalizację, ale też wszystkie obliczenia, schematy i rysunki niezbędne do uzyskania uzgodnień i zapewnienia w sieci trakcyjnej oraz w instalacjach zasilających odbiory nietrakcyjne odpowiedniej mocy i poziomu napięć. W szczególności stanowić to będzie:

- a) opis techniczny,
- b) schemat układu zasilania z uwzględnieniem zasilanej sieci trakcyjnej,
- c) rysunki obrazujące projektowane wyposażenie lub rozbudowę GPZ,
- d) plany trasy projektowanych linii WN w czytelnej skali,
- e) schematy podstacji trakcyjnych, stacji autotransformatorowych, booster transformatorów, kabin sekcyjnych i stacji zasilających odbiory nietrakcyjne łącznie z dobozem podstawowych urządzeń i aparatury,
- f) rysunki podstacji trakcyjnych, stacji autotransformatorowych, kabin sekcyjnych i stacji zasilających odbiory nietrakcyjne obejmujące lokalizację, zagospodarowanie terenu, rozwiązania urządzeń elektroenergetycznych i konstrukcyjno-budowlanych,
- g) opis lub rysunki systemu zabezpieczeń, sterowania, monitoringu oraz ochrony odgromowej i przepięciowej oraz ochrony od porażeń prądem elektrycznym,
- h) obliczenia jeśli są niezbędne do uzasadnienia przyjętych rozwiązań i doboru urządzeń,
- i) plany tras projektowanych zasilaczy pomiędzy podstacjami trakcyjnymi a siecią trakcyjną,
- j) ocena oddziaływania na środowisko – raport oddziaływania na środowisko,
- k) informacja BIOZ (Bezpieczeństwo i Ochrona Zdrowia),

#### 4.5.3.2. Projekt budowlany sieci trakcyjnej

Projekt budowlany sieci trakcyjnej zawierać musi:

- a) opis techniczny,
- b) stan istniejący sieci trakcyjnej i jej otoczenia w przypadku przebudowy,
- c) typ projektowanej sieci trakcyjnej,
- d) rozwiązania sekcji separacji faz oraz systemów zasilania,
- e) konstrukcje wsporcze i rodzaj fundamentów,
- f) zestawienie konstrukcji wsporczych, fundamentów i głowic fundamentowych z uwzględnieniem montażu i ewentualnie demontażu,

- g) rozwiązania i osprzęt sieci trakcyjnej,
- h) plan sytuacyjny w czytelnej skali,
- i) schemat sekcjonowania sieci trakcyjnej o ile projekt obejmuje stacje, posterunki rozgałęźne lub punkty zasilania w rejonie podstacji trakcyjnych, booster transformatorów, kabin sekcyjnych,
- j) system ochrony od porażeń prądem elektrycznym, system ochrony odgromowej i analizę systemu ograniczającego prądy błędzące,
- k) studium ochrony środowiska w przypadku projektu jednobranżowego,
- l) informacja BIOZ (Bezpieczeństwo i Ochrona Zdrowia)

#### **4.6. Projekt wykonawczy**

##### **4.6.1. Definicja i przeznaczenie.**

Zgodnie z § 5 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury [22] projekt wykonawczy uzupełnia i uszczegóławia projekt budowlany w zakresie i w stopniu niezbędnym do sporządzenia przedmiaru robót, kosztorysu inwestorskiego, przygotowania oferty przez wykonawcę i realizacji robót budowlanych.

Należy tu wyjaśnić, że wykonanie nieskomplikowanych robót budowlanych może być realizowane na podstawie projektu budowlanego, ale obiekty budowlane objęte niniejszymi Wytycznymi z uwagi na specyficzne i trudne pod względem technicznym rozwiązania muszą być realizowane na podstawie projektu wykonawczego.

##### **4.6.2. Zawartość**

###### **4.6.2.1. Projekt wykonawczy układu zasilania**

Projekt wykonawczy powinien zawierać wszystkie elementy i rozwiązania, które wymagane są dla projektu budowlanego – pkt 4.5.2.1.

Ponadto do projektu wykonawczego należy dołączyć:

- a) projekty rozwiązań konstrukcyjnych (widoki, rzuty, przekroje) rozdzielni i linii WN oraz rozdzielni i linii SN,
- b) projekty fundamentów,
- c) lokalizację projektowanych obiektów, linii i urządzeń na aktualnych planach geodezyjnych,
- d) projekty usunięcia kolizji,
- e) schematy montażowe instalacji zabezpieczeń, pomiarów, sterowania i monitoringu,
- f) projekty ochrony odgromowej, przepięciowej i przeciwporażeniowej,
- g) projekt sieci powrotnej,

- h) projekty instalacji w obiektach podstacji trakcyjnych,
- i) projekty sieci dostarczających media w obiektach podstacji trakcyjnych
- j) projekty dróg oraz ich odwodnień,
- k) projekt zmian w zakresie urządzeń srk i DSAT, jeżeli taka konieczność wystąpi,
- l) inne projekty specjalistyczne.

#### 4.6.2.2. Projekty sieci trakcyjnej.

Projekt wykonawczy powinien zawierać wszystkie elementy i rozwiązania, które wymagane są dla projektu budowlanego – pkt 4.5.2.2.

Ponadto do projektu wykonawczego należy dołączyć:

- a) schemat sekcjonowania sieci trakcyjnej o ile przewidziane są stacje, posterunki rozgałęźne lub punkty zasilania w rejonie podstacji trakcyjnych,
- b) system ochrony od porażeń,
- c) profilowanie sieci trakcyjnej o ile występuje taka konieczność,
- d) dobór typu i określenie obciążeń fundamentów palowych,
- e) współrzędne fundamentów,
- f) wykaz typów oraz zestawia ilościowe konstrukcji wsporczych, fundamentów i głowic fundamentowych,
- g) schematy nietypowych bramek o ile przewiduje się takie konstrukcje,
- h) karty montażowe wyposażenia,
- i) rysunki nietypowych rozwiązań jeśli takie występują,
- j) wykaz demontowanych wyposażenia sieci jezdnej jeśli takie występują,
- k) projekty usunięcia kolizji jeśli takie występują.

### 4.7. Wymagania dla personelu jednostki projektowej

#### 4.7.1. Wymagania obligatoryjne

Zgodnie z § 3 i 4 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury [21] każdy projekt dla określonego zadania inwestycyjnego musi zawierać:

- a) imię, nazwisko i podpis projektanta wraz z numerem i specjalnością posiadanych uprawnień budowlanych do projektowania oraz datą wykonania projektu. Wszystkie te dane muszą znajdować się na stronie tytułowej, pod opisem technicznym wraz z obliczeniami i na każdym rysunku technicznym. Do projektu należy dołączyć również potwierdzoną kopię uprawnień budowlanych;
- b) dokument potwierdzający przynależność projektanta do Izby Inżynierów Budownictwa;

- c) imię, nazwisko i podpis sprawdzającego wraz z numerem i specjalnością uprawnień budowlanych do projektowania oraz datą sprawdzenia projektu. Do projektu należy dołączyć również potwierdzoną kopię uprawnień budowlanych;
- d) dokument potwierdzający przynależność sprawdzającego do Izby Inżynierów Budownictwa;
- e) oświadczenie projektanta i sprawdzającego o opracowaniu projektu zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz o tym, że jest on kompletny i nadaje się do realizacji.

#### **4.7.2. Wymagania warunkowe**

PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. może wymagać od jednostki projektowej udokumentowania posiadanego odpowiedniego doświadczenia dającego gwarancję jakościowego i optymalnego wykonania zadania. Może to dotyczyć wszystkich branż i specjalności jakie powinna posiadać jednostka projektowa podejmująca się wielobranżowego opracowania projektu linii kolejowej dużej prędkości.

## **5. Ogólne zasady obowiązujące przy budowie i odbiorach**

Wytyczne dotyczące zasad przy budowie i odbiorach sieci trakcyjnych należy traktować łącznie z przepisami Prawa budowlanego i przepisami TSI. W myśl § 53 ust. 2 Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie [16]. Wytyczne stanowią uszczegółowienie przepisów zawartych w wyżej wymienionych aktach prawnych.

### **5.1. Wymagania dla personelu wykonawcy**

W zależności od zakresu robót wykonawca zapewnia personel kierowniczy oraz personel wykonawczy posiadający niezbędną wiedzę i doświadczenie do wykonywania zadania:

- dyrektor projektu (dla mniejszych zadań kierownika projektu) posiadający wykształcenie wyższe (techniczne lub inne związane z przedmiotem zamówienia), przynajmniej 5-cio letnie doświadczenie zawodowe w realizacji projektów inwestycyjnych związanych z budową sieci trakcyjnej, w tym 3 lata doświadczenia na stanowisku kierowniczym,
- kierownik budowy posiadający wykształcenie wyższe (techniczne lub inne związane z przedmiotem zamówienia), przynajmniej 5-cio letnie doświadczenie zawodowe w realizacji projektów inwestycyjnych związanych z budową linii kolejowych, w tym 3 lata doświadczenia na stanowisku kierowniczym,
- kierownik kontroli jakości posiadający wykształcenie wyższe, przynajmniej 4 lata doświadczenia zawodowego, w tym co najmniej 2 lata doświadczenia na stanowisku zarządzania jakością,
- kierownik robót elektrotrakcyjnych posiadający przynajmniej 4 lata doświadczenia zawodowego w tym co najmniej 2 lata doświadczenia jako kierownik robót, posiadającego uprawnienia budowlane oraz ubezpieczenie OC,
- personel wykonawczy posiadający wymagane uprawnienia kwalifikacyjne i kompetencje.

### **5.2. Wymagane zaplecze techniczne wykonawcy**

W zależności od rodzaju robót wykonawca zapewnia niezbędne pojazdy, maszyny, aparaty i inne urządzenia potrzebne do realizacji i ukończenia robót oraz usuwania wszelkich stwierdzonych wad przy zachowaniu przepisów BHP i ochrony środowiska w tym:

- a) pociąg montażowy lub inne pojazdy służące do budowy sieci trakcyjnej, umożliwiające wywieszenie sieci jezdnej pod naciągami, posiadające obowiązujące dopuszczenia do poruszania się po torach kolejowych;

- b) pociąg fundamentowo-słupowy lub inny zestaw pojazdów, posiadających odpowiednie dopuszczenia, służących do rozwożenia i posadowienia:
- blokowych fundamentów prefabrykowanych,
  - blokowych fundamentów wylewanych w formy,
  - słupów trakcyjnych,
  - fundamentów palowych;
- c) urządzenie do zagęszczania gruntu;
- d) niezbędne aparaty i urządzenia służące do wykonania systemu ochrony przeciwporażeniowej i sieci powrotnej;
- e) pojazd diagnostyczny umożliwiający dokonanie prób dynamicznych współpracy odbieraka prądu z siecią trakcyjną, posiadający świadectwo dopuszczenia do eksploatacji (jeżeli umowa nie stanowi inaczej), wyposażony w system pomiarowy spełniający wymagania normy PN-EN 50317:2003 [71].

### **5.3. Przepisy i dokumenty obowiązujące wykonawcę przy budowie i modernizacji**

#### **5.3.1. Przepisy obowiązujące projektanta, wykonawcę i producenta**

Podczas całego procesu inwestycyjnego związanego z budową lub modernizacją układów zasilania i sieci trakcyjnej należy stosować:

- przepisy Prawa budowlanego,
- Rozporządzenia Ministra właściwego ds. infrastruktury i transportu,
- dokumentację projektową,
- techniczne specyfikacje dla interoperacyjności systemu transeuropejskich kolei dużych prędkości,
- Warunki kontraktu na budowę dla robót budowlanych i inżynierskich projektowanych przez zamawiającego FIDIC,
- Warunki kontraktowe dla urządzeń oraz projektowania i budowy dla urządzeń elektrycznych i mechanicznych oraz robót inżynierskich i budowlanych projektowanych przez wykonawcę FIDIC,
- obowiązujące normy zharmonizowane,
- polskie normy,
- normy wskazane przez inwestora,
- standardy techniczne,
- materiały i urządzenia posiadające stosowne świadectwa o dopuszczeniu do stosowania (eksploatacji),
- przepisy i instrukcje służbowe,
- umowy pomiędzy zamawiającym i wykonawcą,



- zalecenia z przeprowadzonych kontroli,
- ustalenia i zalecenia sformułowane przez inżyniera kontraktu lub zamawiającego w dziennikach budowy,
- przepisy dotyczące ochrony środowiska,
- niniejsze Wytyczne,
- „Wytyczne odbioru i eksploatacji fundamentów palowych stosowanych na liniach kolejowych dla ustawienia konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej” [37],
- wymagania techniczne dla wskaźników i tarcz sygnałowych [20, 35, 40].

### **5.3.2. Nadzór nad realizacją inwestycji**

Nadzorowi, przez organ wyznaczony do kontroli i oceny zgodności budowanego obiektu z TSI (jednostce notyfikowanej), zgodnie z TSI, podlegają:

- projekt układu zasilania i sieci trakcyjnej,
- systemy jakości produkcji producenta i wykonawcy,
- wszystkie etapy budowy/modernizacji.

Prawa, obowiązki i zakres kontroli wynikają bezpośrednio z Decyzji Komisji UE 2008/284/WE z dnia 6 marca 2008 r. dotyczącej specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu „Energia” transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości [10]. Zgodnie z tym dokumentem jednostka notyfikowana na zlecenie zamawiającego przeprowadza badanie elementarnych części składowych, grupy części składowych, podzespołów lub zespołów wyposażenia włączonego lub przeznaczonego do włączenia do podsystemu TSI i wydaje tzw. „świadectwo zgodności z wymaganiami interoperacyjności”. Badanie przeprowadza się w fazie produkcji zgodnie z „Modułem B” albo „Modułem C” załącznika A. Badania można również przeprowadzić w fazie planowania zgodnie z „Modułem H2, załącznika A, wyżej wymienionej Decyzji.

Podczas robót związanych z budową układu zasilania i sieci trakcyjnej należy zapewnić również nadzór projektantów (nadzór autorski).

Wszystkie zmiany dokonywane w w/w dokumentacji projektowej mogą być wykonywane tylko przez projektantów i podlegają zaopiniowaniu przez jednostkę notyfikowaną.

## **5.4. Rodzaje oraz procedury wykonywania odbiorów**

### **5.4.1. Rodzaje odbiorów**

Odbiory przeprowadzane są jako:

- robót zanikających i podlegających zakryciu,
- częściowe,

- końcowe,
- pogwarancyjne.

#### 5.4.1.1. Odbiory robót zanikających i podlegających zakryciu

Wykonawca winien przekazać sporządzony obmiar robót do sprawdzenia inspektorowi nadzoru w okresie umożliwiającym dokonanie kontroli prawidłowości określenia ilości wykonanych robót, co ma istotne znaczenie w odniesieniu do robót zanikających lub podlegających zakryciu. Obmiar robót zanikających i podlegających zakryciu przeprowadza się bezpośrednio po ich wykonaniu. Odbioru robót zanikających i podlegających zakryciu dokonuje inspektor nadzoru po uprzednim ich zgłoszeniu przez Wykonawcę.

#### 5.4.1.2. Odbiory częściowe

Odbiory częściowe przeprowadzane są gdy:

- wykonawca ubiega się o zapłatę za częściowo wykonane roboty, stanowiące całość funkcjonalną lub wykonawczą, a zawarta umowa przewiduje taki sposób rozliczeń,
- przed przystąpieniem do kolejnej fazy robót zachodzi potrzeba określenia jakości i ilości robót zakrywanych,
- zachodzi potrzeba oceny jakości zmontowanego elementu lub urządzenia (np. zmontowane urządzenie przed podłączeniem),
- pewna faza robót przekazywana jest innemu wykonawcy,
- element, urządzenie lub część obiektu przekazywana jest do eksploatacji.

Podczas odbioru częściowego określa się ilość i jakość robót (o ile umowa nie przewiduje inaczej) oraz zgodność robót z dokumentacją projektową, umową, warunkami technicznymi, normami i przepisami. W zależności od umownych ustaleń możliwe jest określenie podczas odbioru częściowego przydatności obiektu lub zespołu obiektów do podjęcia eksploatacji.

#### 5.4.1.3. Odbiorem końcowym obejmuje się całość robót zgodnie z zawartą umową.

Określa się wtedy:

- ilość i jakość robót (o ile umowa nie przewiduje inaczej),
- zgodność robót z dokumentacją projektową, umową, warunkami technicznymi, normami i przepisami,
- przydatność obiektu lub zespołu obiektów do podjęcia eksploatacji,
- tryb postępowania w przypadku wystąpienia usterek,
- ewentualne zmiany warunków gwarancji ustalonych w umowie.

#### 5.4.1.4. Odbiory pogwarancyjne

Odbiory pogwarancyjne przeprowadza się przed zakończeniem okresów gwarancji określonych w umowach w celu:

- oceny wykonanych robót związanych z usunięciem wad stwierdzonych przy odbiorze końcowym i zaistniałych w okresie gwarancyjnym,
- całkowitego lub częściowego zwolnienia kaucji gwarancyjnej.

#### **5.4.2. Procedury wykonywania odbiorów**

- 5.4.2.1. Odbiory częściowe, końcowe i pogwarancyjne przeprowadza komisja powoływana przez zamawiającego.
- 5.4.2.2. W celu przeprowadzenia odbiorów częściowych wykonawca jest zobowiązany w terminie 14 dni przed planowanym terminem zgłosić gotowość do odbioru inżynierowi kontraktu i dostarczyć mu stosowne oświadczenie z dołączonymi do niego niezbędnymi dokumentacjami, instrukcjami, protokołami badań (wykaz dokumentów zawiera pkt 5.6.1).
- 5.4.2.3. W celu przeprowadzenia odbiorów końcowych wykonawca jest zobowiązany w terminie 21 dni przed planowanym terminem zgłosić gotowość do odbioru inżynierowi kontraktu i dostarczyć mu stosowne oświadczenie z dołączonymi do niego niezbędnymi dokumentacjami, instrukcjami, protokołami odbioru poszczególnych faz robót, protokołami usunięcia usterek stwierdzonych przy odbiorze poszczególnych faz oraz protokołami badań (wykaz dokumentów zawiera pkt 5.6.2.1).
- 5.4.2.4. Odbiory pogwarancyjne przeprowadzane są w terminie 21 dni od zgłoszenia przez wykonawcę przed końcem upływu terminu gwarancji.
- 5.4.2.5. W celu umożliwienia wykonania odbiorów częściowych, końcowych i pogwarancyjnych wykonawca dostarcza całą aparaturę, sprzęt, przyrządy, siłę roboczą, wykwalifikowany personel kierowniczy, dokumenty i inne informacje, energię elektryczną, paliwo jakie są potrzebne do przeprowadzenia w/w czynności.
- 5.4.2.6. Koszt przeprowadzenia w/w odbiorów i prób z nimi związanych ponosi wykonawca.
- 5.4.2.7. Zamawiający ustala imienny skład komisji przeprowadzającej odbiory, w jej skład wchodzi przedstawiciele:
  - zamawiającego,

- organu wyznaczonego do kontroli i oceny zgodności budowanego lub modernizowanego obiektu z TSI (jednostki notyfikowanej),
- inżyniera kontraktu,
- wykonawcy,
- użytkowników.

## **5.5. Ogólne zasady odbiorów**

### **5.5.1. Ogólne zasady odbioru układów zasilania**

Zakres badań pomontażowych i odbiorczych dla poszczególnych urządzeń i elementów sieci takich jak linie napowietrzne, linie kablowe, transformatory, wyłączniki itp., określony jest normą PN-E-04700:1998 [50].

#### 5.5.1.1. Wymagania dotyczące dokumentacji technicznej urządzeń i układów

##### 5.5.1.1.1. Dokumentacja techniczna powinna być zgodna z wymaganiami norm wyrobu dotyczących poszczególnych urządzeń i powinna zawierać co najmniej:

- a) schematy i instrukcje potrzebne do zainstalowania i pierwszego uruchomienia urządzenia,
- b) schematy i instrukcje montażu urządzenia, jeżeli urządzenie jest dostarczone w elementach do montażu w miejscu zainstalowania,
- c) opis budowy i działania przekaźników, dane techniczne, schematy wewnętrzne i wartości nastawień,
- d) inne instrukcje wytwórcy np. dotyczące transportu, konserwacji i eksploatacji,
- e) aktualne i zawierające pozytywne wyniki badań protokoły prób typu (prób pełnych) i wyrobu (prób niepełnych).

##### 5.5.1.1.2. Dokumentacja powinna zawierać również następujące dokumenty:

- a) dokument stwierdzający wykonanie u wytwórcy odbioru urządzenia, jeżeli urządzenie podlega odbiorowi u wytwórcy,
- b) dokument sporządzony przez wykonawcę montażu albo przedstawiciela wytwórcy lub zlecającego badania stwierdzające zakończenie montażu,
- c) inne dokumenty wymagane w przepisach dotyczące dopuszczania do produkcji, obrotu lub przekazania do eksploatacji.

#### 5.5.1.2. Wymagania ogólne dotyczące urządzeń i układów

Do wymagań ogólnych dotyczących urządzeń i układów należą w szczególności:

- a) właściwe oznaczenie urządzenia i jego opis,
- b) tabliczka znamionowa zgodna z normą wyrobu,

- c) powierzchnie zewnętrzne urządzenia nie powinny być uszkodzone,
- d) montaż urządzenia i/lub układu powinien być wykonany zgodnie z dokumentacją, wymaganiami wytwórcy i użytkownika,
- e) metalowe konstrukcje wsporcze i nośne powinny być zabezpieczone przed korozją,
- f) zaciski przyłączeniowe właściwie dobrane i połączone prawidłowo,
- g) ochrona przeciwporażeniowa powinna spełniać wymagania podane w odpowiednich przepisach i normach,
- h) dopuszczalny poziom hałasu i drgań,
- i) zakłócenia radioelektryczne nie większe niż dopuszczalne,
- j) działanie urządzeń i układów zgodne z dokumentacją i wymaganiami podanymi w przepisach, przy próbie sterowania ręcznego bez użycia nadmiernej siły,
- k) należy jednocześnie uwzględnić ewentualne wymagania zawarte w warunkach przyłączeniowych, jak również zalecenia operatora sieci przesyłowej lub operatora sieci dystrybucyjnej, do którego sieci następuje przyłączenie.

#### 5.5.1.3. Warunki w miejscu zainstalowania urządzeń i/lub układów

Warunki w miejscu zainstalowania urządzeń i/lub układów powinny odpowiadać warunkom, na które urządzenie lub układ został zaprojektowany, zbudowany i dobrany w zakresie: bezpieczeństwa obsługi, zagrożenia porażeniowego, pożarowego, wybuchowego, zagrożenia urazami mechanicznymi, drganiami oraz w zakresie temperatury, wilgotności, stopnia zapylenia i nasłonecznienia, oświetlenia, natężenia pól elektrycznych i magnetycznych, stężenia gazów i par chemicznych.

### 5.5.2. Ogólne zasady odbioru sieci trakcyjnych

- 5.5.2.1. Odbiorom podlegają urządzenia, obiekty, budowle, teren budowy oraz najbliższe otoczenie miejsca robót.
- 5.5.2.2. Celem odbioru jest sprawdzenie czy urządzenia, obiekty lub elementy spełniają wymagania techniczne i inne określone w dokumentach będących podstawą wykonania robót, w szczególności zaś określone w punkcie 5.3.
- 5.5.2.3. Podczas odbioru określa się zakres i kompletność wykonanych prac, ich jakość i przydatność techniczną oraz terminowość wykonania. Ocenia się wpływ wykonanych robót na przyległe elementy infrastruktury i ewentualne ich uszkodzenia, uprzątnięcie miejsca robót oraz sposób postępowania w przypadku

wystąpienia usterek. Szczególnemu sprawdzeniu podlegają urządzenia, elementy i obiekty mające wpływ na ochronę środowiska.

## **5.6. Zakres badań oraz prób odbiorczych**

### **5.6.1. Elementy odbioru układów zasilania**

5.6.1.1. Program pomontażowych badań odbiorczych urządzenia i/lub układu obejmuje wykonanie co najmniej następujących prób i sprawdzeń:

- a) sprawdzanie dokumentacji,
- b) oględziny urządzenia,
- c) próby i pomiary parametrów i/lub układu,
- d) sprawdzenie działania urządzenia i/lub układu oraz próby działania w warunkach pracy, o ile jest to możliwe,
- e) badania dodatkowe.

5.6.1.2. Do przeprowadzenia badań i pomiarów należy przystąpić po zakończeniu montażu potwierdzonym przez wykonawcę, przedstawiciela wytwórcy lub zlecającego badania.

Badania mogą być przeprowadzone w trakcie ruchu próbnego lub w czasie eksploatacji wstępnej, jednak wówczas przeprowadzający badania nie wykonuje łączy w obwodach głównych.

W przypadku negatywnych wyników badań po usunięciu usterki czy przyczyny nieprawidłowych wyników pomiarów, pomiary należy powtórzyć, do uzyskania pozytywnych rezultatów.

Przyrządy pomiarowe stosowane w badaniach powinny mieć świadectwa potwierdzające ich sprawność techniczną.

5.6.1.3. Zakres badań i pomiarów:

5.6.1.3.1. Pomiary w obwodach WN i SN

a) pomiar rezystancji izolacji obejmuje:

- kable zasilaczy i kable powrotne,
- przekładniki prądowe,
- przekładniki napięciowe,
- szyny zbiorcze rozdzielni,
- wyłączniki mocy,
- transformatory trakcyjne,

- autotransformatory,
- transformatory potrzeb własnych,
- b) pomiar współczynnika absorpcji R60 /R15 obejmuje:
  - transformatory,
  - autotransformatory,
  - przekładniki prądowe,
  - przekładniki napięciowe,
  - wyłączniki mocy olejowe,
  - transformatory potrzeb własnych,
- c) pomiar wytrzymałości izolacji obejmuje:
  - próbę napięciową szyn rozdzielni,
  - próbę napięciową kabli zasilaczy,
- d) pomiar rezystancji uzwojeń obejmuje:
  - transformatory trakcyjne,
  - autotransformatory,
  - transformatory potrzeb własnych,
- e) pomiar rezystancji uziomów,
- f) pomiar skuteczności ochrony przeciwporażeniowej.

#### 5.6.1.3.2. Badania w obwodach WN i SN

- a) badania oleju:
  - transformatorów,
  - autotransformatorów,
  - wyłączników olejowych,
- b) sprawdzenie ciśnienia gazu w rozdzielnicach i wyłącznikach SF6
- c) sprawdzenie ciągłości żył kabli powrotnych.

#### 5.6.1.3.3. Próby ruchowe w obwodach WN i SN

- a) sprawdzenie działania obwodów sterowania i automatyki,
- b) sprawdzenie działania obwodów zdalnego sterowania,
- c) sprawdzenie działania obwodów zabezpieczeń:
  - transformatorów,
  - autotransformatorów,
  - linii zasilających,
  - zasilaczy trakcyjnych,
- d) próby zwarciove.

5.6.1.3.4. Badania i pomiary zabezpieczeń prądowych, rezystancji izolacji układów sterowania, skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w obwodach nN.

Dokumenty związane z wykonaniem prób, badań i pomiarów:

- deklaracje zgodności,
- atesty,
- certyfikaty,
- aprobaty techniczne,
- protokoły prób fabrycznych,
- świadectwa kontroli jakości,
- protokoły badań fabrycznych,
- dokumentacja techniczno-ruchowa,

odnoszące się do urządzeń, materiałów, osprzętu, kabli i przewodów oraz innych elementów zastosowanych w budowie podstacji trakcyjnych, stacji autotransformatorowych, stacji rozdzielczych i kabin sekcyjnych.

Badania należy wykonywać stosując metody określone w odpowiednich normach wyrobu, jeżeli metody te mogą być zastosowane w miejscu zainstalowania urządzenia

5.6.1.4. Próby napięciowe i prądowe

Po sprawdzeniu kompletności wymaganej dokumentacji i wykonaniu badań i pomiarów zakończonych wynikiem pozytywnym osoba uprawniona przekazuje informację do odpowiednich służb ruchowych o gotowości urządzeń do podania napięcia.

Proces podania napięcia i próba obciążeniowa opisane są szczegółowo w programie uruchomienia nowych urządzeń i/lub układów. Program wykonany przez lub na zlecenie właściciela nowo uruchamianych urządzeń musi być uzgodniony i zatwierdzony przez OSD i/lub OSP zgodnie z zapisami IRiESP [26] i IRiESD danego operatora w części dotyczącej przyłącza do systemu elektroenergetycznego. Przed realizacją programu uruchomienia lub w jego trakcie zgodnie z zapisami programu muszą być zmienione nastawy zabezpieczeń wg EAZ odpowiednio: OSP dla sieci 400 i 220 kV i OSD dla sieci 110 kV. Zmiany nastaw wykonują uprawnione do tego służby. Po realizacji programu uruchomienia wymagany jest powrót do konfiguracji sieci zgodnej z normalnym układem pracy i powrót do określonych przez EAZ nastaw zabezpieczeń.

## 5.6.2. Elementy odbioru sieci trakcyjnej

### 5.6.2.1. Dokumentacja



W czasie odbioru wykonawca przedstawia:

- dziennik budowy;
- dokumentację powykonawczą;
- protokoły odbioru poszczególnych faz robót oraz protokoły usunięcia usterek stwierdzonych przy odbiorze poszczególnych faz;
- oświadczenie kierownika budowy o wykonaniu obiektu budowlanego zgodnie z projektem budowlanym i warunkami określonymi w pozwoleniu na budowę oraz z obowiązującymi normami i przepisami;
- informacje wynikające z „Wytycznych odbioru i eksploatacji fundamentów palowych stosowanych na liniach kolejowych dla ustawienia konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej” [37];
- protokół pomiarów geometrii sieci jezdnej zawierający:
  - wysokości zawieszenia przewodu jezdnego w stanie statycznym,
  - odsuwy przewodu jezdnego w stanie statycznym,
  - pionowe odległości wysięgników pomocniczych od powierzchni przewodu jezdnego;
- protokół pomiaru ograniczników napięciowych;
- protokół pomiaru wypadkowej rezystancji uziomów sekcji uziemienia grupowego;
- protokół wyników współpracy pantografu z siecią jezdną z pomiarów wykonanych zgodnie z pkt 5.6.2.2.2;
- protokoły przewidywanych odzysków (protokoły przekazania materiałów z demontażu, protokół z rozliczenia złomu);
- pisemne oświadczenie stwierdzające, że zastosowane urządzenia i materiały są atestowane;
- protokół usunięcia usterek stwierdzonych podczas odbiorów częściowych;
- dokumenty związane z wykonaniem robót dodatkowych (dokumentacja, protokoły odbioru);
- oryginały lub kserokopie poświadczane za zgodność z oryginałem świadectw dopuszczenia, atestów, certyfikatów, świadectw zgodności lub innych dokumentów dotyczących wbudowanych materiałów z dokonanyymi adnotacjami kierownika robót i inspektora nadzoru o miejscach zabudowy w/w materiałów;
- wyniki badań, wykonanych przez laboratorium notyfikowane, jakości próbek wykonanego betonu;

- oświadczenie kierownika budowy o doprowadzeniu do należytego stanu i porządku terenu budowy, a także ulicy, sąsiedniej nieruchomości, budynku lub lokalu – w przypadku korzystania z nich.

#### 5.6.2.2. Parametry sieci jezdnej

##### 5.6.2.2.1. Elementy odbioru statycznego

Podczas odbioru statycznego sieci jezdnej sprawdzeniu podlega:

- stan dokręcenia śrub i zabezpieczeń nakrętek przed zluzowaniem,
- stan techniczny oraz zgodność typów zastosowanych konstrukcji wsporczych, fundamentów z dokumentacją techniczną oraz prawidłowości ich posadowienia i ustawienia (skrajnia),
- stan techniczny oraz zgodność położenia z tabelami montażowymi urządzeń naprężających,
- stan techniczny oraz zgodność położenia z tabelą montażową podwieszonych sieci trakcyjnej (przelotowych, krzyżowych, rozjazdowych itp.) i ich elementów,
- wielkość zwisu liny kotwienia środkowego i wykonania połączenia „V”,
- wysokość zawieszenia przewodów jezdnych, lin nośnych, zasilaczy dodatkowych, przewodów powrotnych,
- rozstawienie wieszaków oraz prawidłowość wykonania,
- odsuw sieci jezdnej,
- prawidłowość wykonania połączeń elektrycznych,
- prawidłowość działania rozłączników sieciowych, ich napędów, wykonania połączeń elektrycznych oraz numeracji,
- prawidłowość montażu odgromników,
- prawidłowość montażu uelastycznienia,
- prawidłowość montażu izolatorów sekcyjnych,
- prawidłowość montażu rozjazdu sieciowego,
- prawidłowość wykonania przęseł naprężenia,
- prawidłowość wykonania sekcji separacji faz,
- prawidłowość wykonania sekcji separacji systemów,
- prawidłowość zabezpieczenia antykorozyjnego konstrukcji wsporczych,
- prawidłowość wykonania głowic fundamentowych oraz klasę betonu,
- prawidłowość wykonania lokat konstrukcji wsporczych,
- ustawienie wskaźników We, tablic ostrzegawczych i informacyjnych,

- odległość izolacyjnych elementów sieci trakcyjnej lub odbieraka prądu będących pod napięciem 25 kV od przedmiotów uziemionych lub należących do innych grup zasilania.

#### 5.6.2.2.2. Elementy odbioru dynamicznego

Sprawdzenie współpracy sieci jezdnej z odbierakiem prądu w warunkach dynamicznych wykonywać należy zgodnie metodyką przedstawioną w pkt 4.2.16 oraz 4.2.17 TSI „Energia” dla kolei dużych prędkości [10], a dotyczącą badania:

- przemieszczenia pionowego punktu styku pantografu z przewodem jezdny i albo,
- średniej siły nacisku  $F_m$  oraz odchylenia standardowego  $\sigma_{max}$ ,
- lub procentowego udziału wyładowań łukowych (metodyka pomiaru według

Dodatkowo należy sprawdzić prawidłowość wykonania:

- sekcji separacji faz i sekcji separacji systemów,
- wspólnej bieżni przęseł naprężenia,
- rozjazdów sieciowych.

Dokładność badań musi spełniać wymagania PN-EN 50317:2002 [71].

Podczas wykonywania badań, w celu zapewnienia powtarzalności

i porównywalności wyników, należy odnotować:

- prędkość pociągu pomiarowego i jego dane techniczne (konfiguracje, kierunek jazdy itp.),
- warunki środowiskowe (temperaturę powietrza, prędkości i kierunek wiatru),

## 5.6.2.2.3. Kryteria oceny oraz dopuszczalne odchyłki

Lp.	Nazwa parametru	Wartości i opis
1.	Typ sieci oraz naciągi w przewodach jezdnych, linach nośnych	Typ sieci trakcyjnej musi spełnić wymagania dokumentacji dopuszczenia typu.
2.	Maksymalna prędkości robocza sieci jezdnej	Nie może być większa, niż 70% prędkości rozchodzenia się fali mechanicznej.
3.	Długość zawieszenia „Y”	Zgodnie z dokumentacją projektową i metryką typu sieci trakcyjnej, dopuszczalna tolerancja $\pm 50$ mm.
5.	Maksymalne dopuszczalne uniesienie przewodu jezdnego przez pantograf w miejscu jego podwieszenia	$\leq 120$ mm
6.	Udział procentowy przerw stykowych	$\leq 0,14\%$
7.	Średnia siła stykowa $F_m$	$F_m$ nie większa niż $0,00097 \cdot v^2 + 70$ [N]
8.	Odchylenie standardowe przy maksymalnej prędkości linii $\sigma_{max}$ (N)	$\leq 0,3 F_m$
9.	Konstrukcje wsporcze	Tolerancja posadowienia konstrukcji wsporczej nie może przekraczać: - w płaszczyźnie równoległej do osi toru $\pm 500$ mm, - w płaszczyźnie prostopadłej do osi toru: 0 mm (w kierunku do osi toru) oraz 50 mm (w kierunku od osi toru). Odchyłki od pionu słupa przy wierzchołku: $\pm 20$ mm Konstrukcje wsporcze nie mogą posiadać uszkodzeń zewnętrznych warstw farby, natomiast fundamenty nie mogą mieć pęknięć betonu lub wystających na zewnątrz prętów zbrojeniowych.
10.	Nominalna wysokość zawieszenia przewodu jezdnego	od 5080 do 5300 mm z tolerancją $\pm 20$ mm
11.	Różnica wysokości zawieszenia przewodów jezdnych nad płaszczyzną główki szyn pomiędzy sąsiednimi punktami podwieszenia	Nie dopuszcza się zmiany wysokości.
12.	Pionowa odległość wysięgnika pomocniczego od powierzchni ślizgowej przewodów jezdnych	$\geq 2 \cdot S_0$ – gdzie $S_0$ określa maksymalne uniesienie przewodu jezdnego wywołane oddziaływaniem odbieraka prądu, w miejscu podwieszenia, przy maksymalnej prędkości jazdy, jednak nie mniej niż 240 mm.
13.	Ustawienie wysięgników ruchomych w zależności od temperatury otoczenia	Zgodnie z dokumentacją projektową, przy czym maksymalny kąt odchylenia wysięgnika od płaszczyzny poziomej powinien być $\leq 12^\circ$ .
14.	Dopuszczalne przemieszczenie poprzeczne zewnętrznego przewodu jezdnego pod naporem wiatru	$\leq 400$ mm

16.	Wysokość zawieszenia ciężarów naprężających oraz odległość między rolkami przy kotwieniu ciężarowym	Zgodnie z dokumentacją techniczną i tabelą katalogową osprzętu sieci trakcyjnej.
17.	Zwis liny kotwienia środkowego	Zgodnie z dokumentacją techniczną i tabelą katalogową osprzętu sieci trakcyjnej, jednak nie niżej niż 300 mm ponad wysokością zawieszenia przewodu jezdnego danego toru, tolerancja zwisu liny kotwienia środkowego $\pm 20$ mm.
18.	Zwis zasilacza dodatkowego lub przewodu uziemiająco-powrotnego	Zgodnie z dokumentacją techniczną, różnica wysokości w stosunku do wartości podanych w dokumentacji może przekroczyć $\pm 100$ mm i przewody te nie powinny się znajdować poniżej przewodów jezdnych.
19.	Rozstaw wieszaków i ich ilość wzdłuż przęsła zawieszenia	Zgodnie z tabelą montażową i dokumentacją techniczną, tolerancja rozstawienia wieszaków $\pm 50$ mm.

## 6. Załączniki

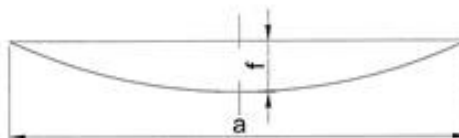
Załącznik nr 1

### PODSTAWOWE WZORY ZALECANE DO OBLICZEŃ SIECI JEZDNYCH

#### 1. Zwis przewodu rozpiętego

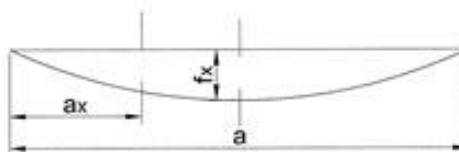
##### 1.1. w środku rozpiętości przęsła

$$f = \frac{a^2 \cdot G}{8X} \quad [\text{m}]$$



##### 1.2. w dowolnym punkcie przęsła

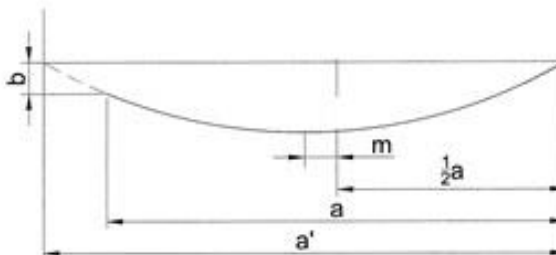
$$f_x = \frac{a_x \cdot (a - a_x) \cdot G}{2X} \quad [\text{m}]$$



#### 2. Mimośród w przęśle pochyłym

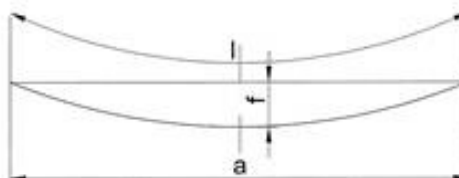
$$m = \frac{b \cdot X}{a \cdot G} \quad [\text{m}]$$

$$a' = a + 2m$$



#### 3. Długość linki w przęśle

$$l = a + \frac{8 \cdot f^2}{3a} \quad [\text{m}]$$



#### 4. Parcie wiatru na przewody

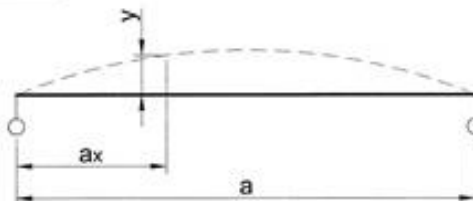
$$w = C \cdot K \cdot p \cdot A \quad [\text{daN/m}]$$

gdzie: wartość współczynnika opływu K wg. punktu 3.1.5.5; C - wg. PN-E-05100-1:1998

#### 5. Wywianie liny lub przewodu w dowolnym punkcie

##### 5.1. lina nośna

$$y_{ln} = \frac{(a - a_x) \cdot w_{ln}}{2X} \quad [\text{m}]$$



##### 5.2. przewód jezdny

$$y_{qd} = \frac{(a - a_x) \cdot w_{qd}}{2N} \quad [\text{m}]$$

6. Wychylenie sieci od parcia wiatru6.1. wychylenie na prostej

$$U = \frac{a^2 \cdot w}{8 \cdot (X+N)} + \frac{(z_1 - z_2)^2}{2a^2 \cdot \frac{W}{(X+N)}} \pm \frac{z_1 + z_2}{2} \quad [m]$$

gdy  $z_1 = z_2 = z$ 

$$U = \frac{a^2 \cdot w}{8 \cdot (X+N)} + \frac{2 \cdot (X+N)}{a^2 \cdot w} \cdot z^2 \quad [m]$$

6.2. wychylenie na łuku

$$U = \frac{a^2}{8} \cdot \left( \frac{w}{X+N} \mp \frac{1}{R} \right) + \frac{(z_1 - z_2)^2}{2 \cdot a^2 \left( \frac{w}{X+N} \mp \frac{1}{R} \right)} \pm \frac{z_1 + z_2}{2} \quad [m]$$

gdy  $|z_1| = |z_2| = z$ 

$$U = \frac{a^2}{8} \left( \frac{w}{X+N} \mp \frac{1}{R} \right) \pm z \quad [m]$$

7. Maksymalna rozpiętość przęsła7.1. rozpiętość na prostej

$$a_{\max} = \sqrt{\frac{2(X+N)}{w} \left\{ 2 \cdot U_m \mp (z_1 + z_2) + \sqrt{[2 \cdot U_m \mp (z_1 + z_2)]^2 - (z_1 - z_2)^2} \right\}} \quad [m]$$

wzór odpowiada przypadkowi, gdy odsuwy sieci są na przemian po jednej i po drugiej stronie osi toru

gdy  $|z_1| = |z_2| = z$ 

$$a_{\max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{(X+N)}{w} \cdot \left( U_m + \sqrt{U_m^2 - z^2} \right)} \quad [m]$$

7.2. rozpiętość na łuku

$$a_{\max} = \sqrt{\frac{2(X+N)}{w \mp \frac{X+N}{R}} \left\{ 2 \cdot U_m \mp (z_1 + z_2) + \sqrt{[2 \cdot U_m \mp (z_1 + z_2)]^2 - (z_1 - z_2)^2} \right\}} \quad [m]$$

górne znaki odpowiadają kierunkowi wiatru od wewnątrz łuku.

Wzory z p-któw 6 i 7 są słuszne gdy:

$$\frac{w_{dl}}{w_{ln}} = \frac{X}{N}$$

w innych przypadkach wychylenie lub maksymalną rozpiętość należy określić oddzielnymi obliczeniami dla liny i przewodów jezdných.

8. Rozpiętość zastępcza

$$a_z = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}} \quad [m]$$

9. Rozpiętość przelomowa

$$a_p = p \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot \alpha \cdot (t_s - t_m)}{g_s^2 - g_m^2}} \quad [\text{m}]$$

w sieci trakcyjnej  $a_p > a$  (największe naprężenie występuje przy mrozie)

10. Równanie stanów

$$p_2 - \frac{a^2 \cdot g_2^2}{24 \cdot \beta \cdot p_2^2} = p_1 - \frac{a^2 \cdot g_1^2}{24 \cdot \beta \cdot p_1^2} + \frac{\alpha}{\beta} (t_2 + t_1)$$

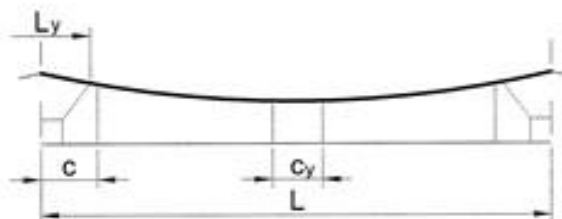
11. Elastyczność

11.1. w punkcie podwieszenia

$$e_o = \frac{l}{\frac{2(X - Z_y)}{0,5 \cdot L_y} \cdot \gamma + \frac{2(N - Z_y)}{L}} \quad [\text{mm / N}]$$

$$\gamma = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{0,5 \cdot L_y \cdot N}{c \cdot X}}$$

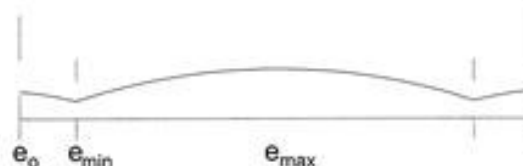
c - odl. pierwszego wieszaka za Y [m]



11.2. w punkcie 1-szego wieszaka za "Y"

$$e_{\min} = \frac{c \cdot (L - c)}{L \cdot (X + \varphi N)} \quad [\text{mm / N}]$$

$$\varphi = \frac{(L - 2c)^2}{L^2}$$



11.3. w środku rozpiętości

a. bez wieszaka w środku przęsła

$$e_{\max} = \frac{L \cdot N + c_1 X}{4N(X + N)} \quad [\text{mm / N}]$$

$c_1$  - odl. między wieszakami w środku przęsła

b. z wieszakiem w środku przęsła

$$e_{\max} = \frac{L}{4 \cdot (X + N)} \quad [\text{mm / N}]$$



12. Wsp. nierównomierności elastyczności

$$u = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\max} + e_{\min}} \cdot 100 \quad [\%]$$

13. Częstotliwość drgań własnych

$$f = \frac{0,436}{L} \sqrt{\frac{X + N}{m_1 + m_{d1}}} \quad [\text{Hz}]$$

14. Okres drgań własnych

$$T = \frac{1}{f} \quad [\text{s}]$$

15. Prędkość krytyczna

$$V_{kr} = 3,6 \cdot 0,46L \sqrt{\frac{X + N}{m_1 + m_{d1}}} \quad [\text{km/h}]$$

16. Prędkość rozchodzenia się impulsu

$$V_p = 3,6 \sqrt{\frac{X + N}{m_1 + m_{d1}}} \quad [\text{km/h}]$$

17. Wsp. Dopplera

$$\alpha = \frac{V_p - V}{V_p + V}$$

18. Wsp. odbicia fali zakłóceniewej

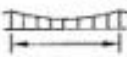
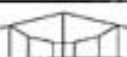
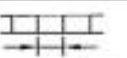
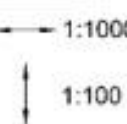
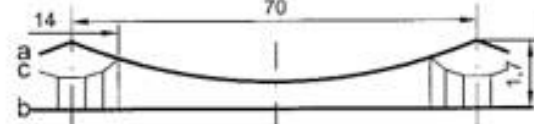
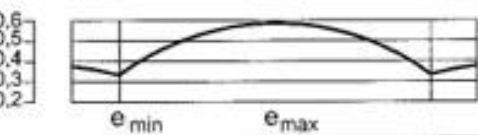

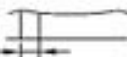
$$r = \frac{\sqrt{X \cdot m_1}}{\sqrt{X \cdot m_1} + \sqrt{N \cdot m_{d1}}}$$

**OZNACZENIA:**

X	- naciąg w linii nośnej	- daN lub N
N	- naciąg w przewodach jezdnych	- daN lub N
Z <sub>γ</sub>	- naciąg w lince zaw. elastycznego	- daN lub N
a, L, l	- rozpiętość przęsła	- m
L <sub>γ</sub>	- długość zawieszenia elastycznego	- m
a <sub>x</sub>	- odległość od p-ktu podwieszenia	- m

$b$	– różnica poziomów p-któw podwieszenia	– m
$R$	– promień łuku	– m
$z_1, z_2$	– odsuwy sieci jezdnej (wartość względna)	– m
$U_m$	– dopuszczalne wychylenie przewodu	– m
$\alpha$	– wsp. wydłużenia cieplnego	– $1/1^\circ\text{C}$
$\beta$	– wsp. wydłużenia sprężystego	– $\text{mm}^2/\text{N}$
$t_1, t_2$	– temperatury w stanach 1 i 2	– $^\circ\text{C}$
$t_s$	– temperatura w warunkach sady	– $^\circ\text{C}$
$t_m$	– temperatura w warunkach mrozu	– $^\circ\text{C}$
$p_1, p_2$	– naprężenia przewodu w stanach 1 i 2	– Mpa
$p$	– zastosowane naprężenie w przewodzie	– Mpa
$g_1, g_2$	– jednostkowe obciążenia przewodów w stanie 1 i 2	– $\text{daN}/\text{m mm}^2$
$g_s$	– jednostkowe obciążenie przewodu w stanie sady	– $\text{daN}/\text{m mm}^2$
$g_m$	– jednostkowe obciążenie przewodu w stanie mrozu	– $\text{daN}/\text{m mm}^2$
$w$	– parcie wiatru na sieć jezdnią	– $\text{daN}/\text{m}$
$w_n$	– parcie wiatru na linę nośną	– $\text{daN}/\text{m}$
$w_{ej}$	– parcie wiatru na przewody jezdne	– $\text{daN}/\text{m}$
$G$	– jednostkowy ciężar przewodów	– $\text{daN}/\text{m}$
$A$	– rzut powierzchni przewodów na płaszczyznę prostopadłą do kierunku wiatru	– $\text{m}^2$
$V$	– prędkość zakładana	– $\text{km}/\text{h}$
$m_l$	– jednostkowa masa liny nośnej	– $\text{kg}/\text{m}$
$m_{ej}$	– jednostkowa masa przewodów jezdnych	– $\text{kg}/\text{m}$

**METRYKA SIECI JEZDNEJ Y<sub>ws</sub> C120-2C-1**

SIEĆ JEZDNA DLA PRĘDKOŚCI DO 160 km/h				
1			rodzaj sieci	skompensowana
2	mm <sup>2</sup>	a+b+c	przekrój	Cu120+2Cu100+Cu25
3	m		rozpiętość przęsła	70
4	m		dł. zawieszenia "Y"	14
5	m		odległość między wieszakami	4
6			konstrukcja a - lina nośna b - przew. jezdne c - lina uelast. "Y"	
7	$\frac{\text{mm}}{\text{N}}$	e	elastyczność wzdłuż przęsła	
8	daN	F <sub>a</sub>	naciąg w linie nośnej	1576
9	daN	F <sub>b</sub>	naciąg w przew. jezdnych	1918
10	daN	F <sub>c</sub>	naciąg w linie uelast. "Y"	345
11	$\frac{\text{mm}}{\text{N}}$	e <sub>max</sub>	elastyczność max.	0,586
12	%		położenie % rozpiętości	50
13	$\frac{\text{mm}}{\text{N}}$	e <sub>min</sub>	elastyczność min.	0,312
14	%		położenie % rozpiętości	10
15	$\frac{\text{mm}}{\text{N}}$	e <sub>sr</sub>	elastyczność średnia	0,449
16	%	u	wsp. nierównomierności elastyczności	30,4
17	s	T	okres drgań własnych	1,38
18	Hz	f	częstotliwość drgań własnych	0,725
19	$\frac{\text{km}}{\text{h}}$	V <sub>k</sub>	prędkość krytyczna	182,6
20	$\frac{\text{km}}{\text{h}}$	V <sub>p</sub>	prędkość rozchodzenia się impulsu	397,0
21		α	wsp. Dopplera	0,425
22		r	wsp. odbicia fali zakłóceniewej	0,41
23	cm		zwis przew. jezdne	0

## 7. Informacje o zespole autorsko-konsultacyjnym

W opracowaniu dokumentu uczestniczyły następujące osoby:

prof. nzw. dr hab. inż. Adam Szelaǵ – konsultant naukowy

doc. dr inż. Leszek Mierzejewski – kierownik projektu

dr inż. Paweł Korobłowski

dr inż. Tadeusz Maciołek

mgr inż. Jarosław Boratyński

mgr inż. Jerzy Freliszka

mgr inż. Joanna Futymska

mgr inż. Marek Kaniewski

mgr inż. Jerzy Wrotek

mgr inż. Jacek Zgiep

inż. Zbigniew Siennicki – koordynator projektu z ramienia CBP-BBK

„KOLPROJEKT” Spółka z o.o.

mgr inż. Radosław Burak-Romanowski – koordynator projektu z ramienia  
PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

**Tabela zmian**

Lp. zmiany	Przepis wewnętrzny, którym zmiana została wprowadzona (rodzaj, nazwa i tytuł)	Jednostki redakcyjne w obrębie których wprowadzono zmiany	Data wejścia zmiany w życie