
	<p style="text-align: center;">STANDARDY TECHNICZNE SZCZEGÓŁOWE WARUNKI TECHNICZNE DLA BUDOWY INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ CENTRALNEGO PORTU KOMUNIKACYJNEGO - WYTYCZNE PROJEKTOWANIA</p>	
<p style="text-align: center;">ul. J. Chłopickiego 50 04-275 Warszawa</p>	<p style="text-align: center;">TOM II.1 SIEĆ TRAKCYJNA I ZASILANIE TRAKCYJNE 2 x 25 KV 50 HZ AC</p>	<p style="text-align: center;">Al. Jerozolimskie 142B 02-305 Warszawa</p>

STANDARDY TECHNICZNE
SZCZEGÓŁOWE WARUNKI TECHNICZNE DLA BUDOWY
INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ CENTRALNEGO PORTU
KOMUNIKACYJNEGO - WYTYCZNE PROJEKTOWANIA

TOM II.1
SIEĆ TRAKCYJNA I ZASILANIE TRAKCYJNE
2 x 25 KV 50 HZ AC

[strona intencjonalnie pozostawiona pusta]

Zestawienie tomów współtworzących szczegółowe warunki techniczne dla budowy infrastruktury kolejowej Centralnego Portu Komunikacyjnego:

Tom A	Wprowadzenie do standardów kolejowych CPK
Tom I.1	Droga szynowa – układy geometryczne
Tom I.2	Droga szynowa – konstrukcja obiektów budowlanych
Tom I.3	Droga szynowa – odwodnienie układu torowego
Tom I.4	Droga szynowa – skrajnia
Tom I.5	Droga szynowa – badania i projektowanie geotechniczne
Tom II.1	Sieć trakcyjna i zasilanie trakcyjne 2x25 kV 50 Hz AC Określa zasady projektowania, budowania i odbioru układów zasilania i sieci trakcyjnej systemów zasilania 2 x 25 kV
Tom II.2	Sieć trakcyjna i zasilanie trakcyjne 3 kV DC
Tom III.1	Obiekty inżynieryjne
Tom III.2	Tunele
Tom IV	Elektroenergetyka nietrakcyjna
Tom V.1	Drogi niepubliczne
Tom V.2	Drogi publiczne
Tom VI.1	Sterowanie ruchem kolejowym – wyposażenie podstawowe
Tom VI.2	Sterowanie ruchem kolejowym – Europejski System Sterowania Pociągami ETCS
Tom VII.1	Łączność przewodowa i bezprzewodowa oraz transmisja danych
Tom VII.2	Teletechnika i telematyka
Tom VII.3	Detekcja stanów awaryjnych taboru (DSAT)
Tom VIII.1	Budynki stacji i dworców kolejowych
Tom VIII.2	Budynki techniczne
Tom VIII.3	Budowle
Tom VIII.4	Mała architektura
Tom IX	Środki minimalizujące oddziaływanie na środowisko
Tom X	Kolizje z sieciami zewnętrznymi
Tom XI	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)
Tom XII	Osłona linii kolejowych
Tom XIII	Zaplecze techniczne
Tom XIV	Systemy wspomagania zdrowia oraz bezpieczeństwa osób i mienia
Tom XV	Osnowa geodezyjna
Tom XVI	Tabor kolejowy
Tom XVII	Systemy automatycznej odprawy bagażu
Tom XVIII	Wymagania w zakresie spójności bezpieczeństwa, ochrony i cyberbezpieczeństwa

[strona intencjonalnie pozostawiona pusta]

Wersjonowanie dokumentu „Szczegółowe warunki techniczne dla budowy infrastruktury kolejowej Centralnego Portu Komunikacyjnego; Tom II.1; Sieć trakcyjna i zasilanie trakcyjne 2 x 25 kV 50 Hz AC”:

wersja	zmiany
1.0.0	Opracowanie dokumentu
	Opracowanie zamknięto w dniu 29.04.2021 r.
1.1.0	Uwzględnienie istotnych i edycyjnych uwag z pisma CPK nr KRI/1901/2021/GB/25
	Opracowanie zamknięto w dniu 10.06.2021 r.
1.2.0	Uwzględnienie istotnych i edycyjnych uwag z pisma CPK nr KRI/2025/2021/NAB.1983/GB/25
	Opracowanie zamknięto w dniu 8.07.2021 r.
1.3.0	Uwzględnienie istotnych i edycyjnych uwag z pisma CPK nr KRI/2658/2021/25/GB
	Opracowanie zamknięto w dniu 5.08.2021 r.
2.0.0	Uwzględnienie uwag z konsultacji z rynkiem wykonawców
	Opracowanie zamknięto w dniu 8.07.2022 r.
3.0.0	Uwzględnienie propozycji zmian zgłoszonych przez zamawiającego w trakcie trwania nadzoru nad standardami
	Opracowanie zamknięto w dniu 25.09.2023 r.

UWAGA: Przywołane w dokumencie akty prawne zostały wskazane na dzień opracowania wersji 1.0.0. Późniejsze zmiany uwzględniono tylko w przypadku zmian bezpośrednio wpływających na kluczowe parametry infrastruktury kolejowej CPK. Jednocześnie zwraca się uwagę, że użytkownicy tego dokumentu z mocy prawa zobowiązani są do stosowania dokumentów wiążących prawnie także wówczas, gdy niniejszy dokument wskazuje wcześniejszy stan prawny.

[strona intencjonalnie pozostawiona pusta]

Spis treści

1.	Wprowadzenie	9
1.1.	Zakres techniczny	9
1.2.	Powiązania z innymi tomami	9
1.3.	Definicje użytych określeń	9
2.	Wymagania zasadnicze podstawowe i ogólne dla infrastruktury kolejowej CPK	13
3.	Szczegółowe warunki techniczne dla budowy infrastruktury kolejowej CPK	17
3.1.	Ustalenia formalne	17
3.2.	Wymagania ogólne dla systemu zasilania 2 x 25 kV AC	17
3.2.1.	Prądy robocze i zwarciovowe	19
3.2.2.	Napięcie w sieci trakcyjnej	20
3.3.	Podstacje trakcyjne, stacje autotransformatorowe w systemie 2 x 25 kV AC	20
3.3.1.	Lokalizacja podstacji trakcyjnej i stacji autotransformatorowych	20
3.3.2.	Wymagania i podstawowe parametry aparatury i wyposażenia	21
3.3.2.1.	Zasilanie podstacji trakcyjnych i linie zasilające	21
3.3.2.2.	Rozdzielnica prądu przemiennego NN (WN)	21
3.3.2.3.	Rozdzielnica prądu przemiennego 2x27,5 kV	22
3.3.2.4.	Transformatory trakcyjne	23
3.3.2.5.	Autotransformatory trakcyjne	23
3.3.2.6.	Urządzenia kompensujące, symetryzujące, tłumiące	24
3.3.2.7.	Zasilanie obwodów potrzeb własnych i odbiorców nietrakcyjnych	24
3.3.2.8.	Zasilacze	25
3.3.3.	Automatyka lokalna i urządzenia zabezpieczeń	25
3.3.3.1.	Wymagania ogólne	25
3.3.3.2.	Rozdzielna WN	26
3.3.3.3.	Zabezpieczenie transformatorów trakcyjnych	27
3.3.3.4.	Rozdzielnia 2x27,5 kV	28
3.3.3.5.	Zabezpieczenie autotransformatorów	30
3.3.3.6.	Zabezpieczenia pól 25 kV baterii kondensatorów	30
3.4.	Sieć trakcyjna w systemie 2x25 kV AC	30
3.4.1.	Parametry sieci jezdnej	30
3.4.1.1.	Zalecenia ogólne	30
3.4.1.2.	Sieć trakcyjna w tunelu	31
3.4.1.3.	Prędkość propagacji fali mechanicznej	32
3.4.1.4.	Geometria, konstrukcja i prowadzenie sieci jezdnej	32
3.4.1.5.	Odległości izolacyjne	33
3.4.1.6.	Konstrukcje wsporcze i fundamenty	34
3.4.1.7.	Przewody i materiały elementów sieci jezdnej	35

3.4.1.8.	Izolatory	36
3.4.1.9.	Materiały osprzętu sieci trakcyjnej.	37
3.4.2.	Linie kablowe 25kV AC	38
3.4.3.	Sekcjonowanie sieci jezdnej	39
3.4.3.1.	Sekcjonowanie na szlakach, stacjach, posterunkach odgałęźnych	39
3.4.3.2.	Sekcja separacji faz	40
3.4.3.3.	Sekcja separacji systemów	40
3.4.4.	Rozjazdy sieci jezdnej	41
3.4.5.	Sieć powrotna	41
3.4.6.	Ochrona przeciwporażeniowa i bezpieczeństwo	42
3.4.6.1.	Zalecenia ogólne	42
3.4.6.2.	Osłony	44
3.4.6.3.	Ochrona odgromowa sieci jezdnej	44
3.4.7.	Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów ziemnopowrotnych	44
3.4.8.	Konstrukcja przęsła naprężenia	44
3.4.9.	Współpraca pantografu z siecią jezdnią górną	45
3.4.9.1.	Średnia siła nacisku	45
3.4.9.2.	Charakterystyka dynamiczna i jakość odbioru prądu	46
3.4.9.3.	Rozstaw pantografów	46
4.	Dokumenty referencyjne	48
4.1.	Dokumenty prawne	48
4.2.	Dokumenty prawne RP	48
4.3.	Dokumenty normatywne	48

1. Wprowadzenie

Niniejszy tom II.1 Standardów technicznych - Wytycznych projektowania jest jednym z 30 tomów zawierających opis szczegółowych warunków technicznych dla budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 350$ km/h.

1.1. Zakres techniczny

Niniejsze wytyczne dotyczą wszystkich kategorii linii kolejowych. Wytyczne określają zasady projektowania, budowania i odbioru układów zasilania i sieci trakcyjnej systemów zasilania 2 x 25 kV. W niniejszych wytycznych zostały zawarte wymagania techniczne związane z parametrami ogólnymi dla systemu zasilania 2 x 25 kV, podstawowymi parametrami podstacji trakcyjnych i autotransformatorów, parametrami projektowymi sieci trakcyjnej 25 kV a także wymaganiami przeciwporażeniowymi i bezpieczeństwa. Przestrzeganie wytycznych umożliwia niezawodne funkcjonowanie systemu zasilania 2 x 25 kV.

1.2. Powiązania z innymi tomami

Powiązania niniejszego tomu Standardów z innymi tomami przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1

Nr tomu	Tytuł tomu	Zawartość powiązania
Tom I.1	Droga szynowa – Układ geometryczny.	Wymagania dotyczące parametrów geometrycznych w płaszczyźnie poziomej
Tom II.2	Sieć trakcyjna i zasilanie trakcyjne 3 kV DC	Wymagania dotyczące sposobu sekcjonowania sieci trakcyjnej na stacjach oraz posterunkach odgałęźnych
Tom III.2	Tunele	Wymagania dotyczące sieci trakcyjnej i zasilanie trakcyjnego w tunelu
Tom IV	Elektroenergetyka nietrakcyjna	Wymagania dotyczące układów zasilania odbiorników nietrakcyjnych
Tom VI.1	Sterowanie ruchem kolejowym – wyposażenie podstawowe	Wymagania dotyczące znaków informacyjnych na granicach sekcji separacji systemów; wymagania dotyczące rozmieszczenia semaforów w strefach sekcji separacji systemów oraz faz
Tom VIII.2	Budynki techniczne	Wymagania dotyczące lokalizacji podstacji trakcyjnej
Tom X	Kolizje z sieciami zewnętrznymi	Wymagania dotyczące zbliżeń dla sieci i instalacji nie związanych z prowadzeniem ruchu kolejowego
Tom XI	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)	Wymagania dotyczące odporności obwodów SRK na zakłócenia wytwarzane przez linie elektroenergetyczne przy zbliżeniach lub skrzyżowaniach z liniami kolejowymi

1.3. Definicje użytych określeń

- 1) Parametr podstawowy

Warunki prawne, techniczne lub eksploatacyjne kluczowe dla interoperacyjności, określone w odpowiednich TSI

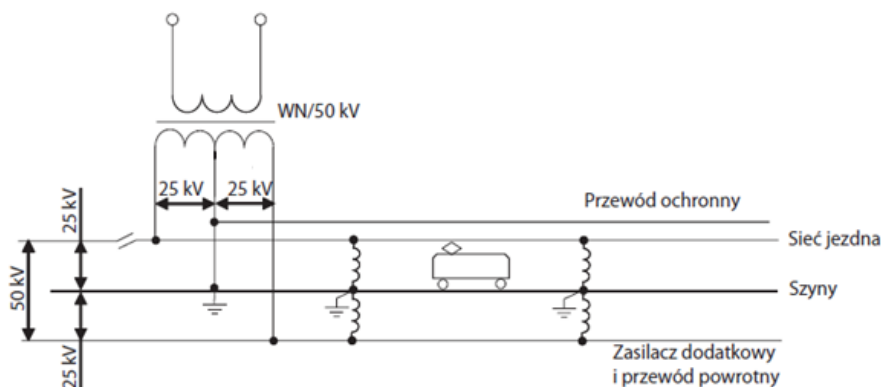
[zgodnie z definicją zawartą w Dyrektywie o Interoperacyjności systemu kolei UE [1]

- 2) Zarządca infrastruktury

Podmiot odpowiedzialny za zarządzanie infrastrukturą kolejową, jej eksploatację, utrzymanie, odnowienie lub udział w rozwoju tej infrastruktury, a w przypadku budowy nowej infrastruktury, podmiot, który przystąpił do jej budowy w charakterze inwestora;

[zgodnie z definicją zawartą w Ustawie o Transporcie Kolejowym [2]]

- 3) **System zasilania** obejmuje następujące parametry:
- rodzaj źródła zasilającego (AC),
 - wartość napięcia,
 - częstotliwość napięcia zasilającego (AC).
- 4) **Układ zasilania** - schemat głównego toru prądowego obwodu zasilania, określający jego podstawowe wyposażenie oraz układ przewodów sieci trakcyjnej, zasilającej i powrotnej.
- 5) **Prąd zwarciovowy** I_{ss} [short-circuit current] – spodziewany prąd ustalony w następstwie zwarcia wywołanego uszkodzeniem albo nieprawidłowym połączeniem w obwodzie elektrycznym
- 6) **Wysokie napięcie** – napięcie o wartości 110, 220, 400 kV
- 7) **System zasilania trakcyjnego 2 x 25 kV 50 Hz** – system zasilania, w którym transformatory zainstalowane w podstacjach trakcyjnych posiadają po dwa uzwojenia wtórne o napięciu 25 kV 50 Hz, których wspólny środkowy zacisk jest uziemiony i połączony z szynami oraz przewodem powrotnym. Koniec jednego z uzwojeń połączony jest z siecią jezdnią, a koniec drugiego z dodatkowym przewodem zasilającym. Pomiędzy podstacjami znajdują się autotransformatory rozmieszczone w odległościach od kilku do kilkunastu kilometrów od siebie. Są one włączone między sieć jezdnią a dodatkowy przewód zasilający. W wyniku tego napięcie pomiędzy siecią trakcyjną a szynami jezdniowymi wynosi 25 kV, a przesył energii z podstacji do autotransformatorów odbywa się na poziomie od 35,4 do 50 kV, w zależności od rozwiązania transformatora – kąta przesunięcia napięć wyjściowych względem siebie. W punktach styku z obszarami zasilania sąsiednich podstacji trakcyjnych instaluje się krańcowe kabiny autotransformatorowe z przerwą izolacyjną w sieci jezdnej (sekcja separacji faz z wstawką neutralną) oraz z przerwą w obwodzie zasilacza dodatkowego. Krańcowa kabina autotransformatorowa powinna zapewniać możliwość przełączenia zasilania na sąsiedni odcinek zarówno przez sieć jezdnią, jak i zasilacz dodatkowy. Na rysunku 1.1 przedstawiono układ zasilania 2 x 25 kV (z transformatorami jednofazowymi). W skład systemu 2 x 25 kV 50 Hz wchodzi odcinki linii lub tory, na których sieć jezdnią zasilana jest z autotransformatora lub podstacji, lecz nie występuje na nich zasilacz dodatkowy.



Rysunek 1.1- Schemat układu zasilania trakcji elektrycznej w systemie 2 x 25 kV 50 Hz

- 8) **Transformator trakcyjny jednofazowy** - transformator trakcyjny posiadający jedno uzwojenie pierwotne i dwa uzwojenia wtórne posiadające wspólny punkt uziemiony i połączony przewodem uziemiająco-powrotnym z szynami. Napięcie na stronie wtórnej 2x27,5 kV przesunięte względem siebie o 180°.

[strona intencjonalnie pozostawiona pusta]

2. Wymagania zasadnicze podstawowe i ogólne dla infrastruktury kolejowej CPK

Zestawione poniżej wymagania zasadnicze dla systemu kolei (ogólne) oraz dla podsystemów z dyrektywy 797/2016 oraz wymagania podstawowe z prawa budowlanego i ustawy o wyrobach budowlanych oraz stanowiące ich uzupełnienie wymagania ogólne, zdefiniowane w kontekście roli jaką pełnić będzie linie kolejowe w polskim systemie transportowym, stanowią podstawę weryfikacji kompletności szczegółowych warunków technicznych dla budowy linii kolejowych. Z tego względu każdy tom w rozdziale 2 zawiera w formie tabelarycznej (z odwołaniem do numeracji poniżej) powiązania szczegółowych warunków technicznych z tymi wymaganiami zasadniczymi dla linii kolejowych.

Tabela 2 definiuje powiązanie szczegółowych warunków technicznych z wymaganiami zasadniczymi, podstawowymi i ogólnymi dla linii kolejowych.

Tabela 2

podrozdział niniejszego tomu definiujący szczegółowe warunki techniczne	wymagania zasadnicze (dyrektywa w sprawie interoperacyjności kolei)						wymagania podstawowe	wymagania ogólne dla infrastruktury kolejowej CPK			
	1.1. bezpieczeństwo	1.2. niezawodność i dostępność	1.3. zdrowie	1.4. ochrona środowiska naturalnego	1.5. zgodność techniczna	1.6. dostępność	2.1. nośność i stateczność 2.2. bezpieczeństwo pożarowe 2.3. higiena, zdrowie i środowisko 2.4. bezpieczeństwo użytkowania i dostępność 2.5. ochrona przed hałasem 2.6. oszczędność energii i izolacyjność cieplna 2.7. zrównoważone wykorzystanie zasobów nat.	3.1. ukierunkowanie na potrzeby gospodarki	3.2. ukierunkowanie na potrzeby pasażera	3.3. ukierunkowanie na potrzeby przewoźników	3.4. zgodność z infrastrukturą kolejową połączoną z infrastrukturą kolejową CPK
3.1	1.1.1, 1.1.7				1.5.3		2.4.1, 2.6.1				
3.2	1.1.1, 1.1.3, 1.1.7				1.5.3		2.4.1, 2.6.1				
3.2.1					1.5.3						
3.2.2					1.5.3						
3.3	1.1.1, 1.1.3, 1.1.7			1.4.3	1.5.3		2.4.1, 2.6.1				
3.3.1	1.1.1, 1.1.7			1.4.3			2.4.1, 2.6.1				
3.3.2	1.1.3			1.4.3	1.5.3		2.4.1, 2.6.1				
3.3.2.1	1.1.3				1.5.3		2.4.1				
3.3.2.2	1.1.3				1.5.3		2.4.1				
3.3.2.3	1.1.3				1.5.3		2.4.1				
3.3.2.4	1.1.3			1.4.3	1.5.3		2.4.1, 2.6.1				
3.3.2.5	1.1.3			1.4.3	1.5.3		2.4.1, 2.6.1				
3.3.2.6	1.1.3			1.4.3	1.5.1		2.4.1, 2.6.1				
3.3.2.7	1.1.3			1.4.3	1.5.1		2.4.1, 2.6.1				
3.3.2.8	1.1.3				1.5.1						
3.3.3	1.1.1, 1.1.7										
3.3.3.1	1.1.1, 1.1.7										
3.3.3.2	1.1.1, 1.1.7										
3.3.3.3	1.1.1, 1.1.7										
3.3.3.4	1.1.1., 1.1.7										

3.3.3.5	1.1.1, 1.1.7									
3.3.3.6	1.1.1, 1.1.7									
3.4	1.1.1, 1.1.3, 1.1.7		1.4.2	1.5.3		2.1.1, 2.4.1				
3.4.1	1.1.1, 1.1.3, 1.1.7		1.4.2	1.5.3		2.1.1, 2.4.1				
3.4.1.1	1.1.1, 1.1.7			1.5.3		2.1.1., 2.4.1				
3.4.1.2				1.5.3						
3.4.1.3				1.5.3						
3.4.1.4				1.5.3						
3.4.1.5	1.1.1, 1.1.7					2.4.1				
3.4.1.6				1.5.3		2.1.1				
3.4.1.7	1.1.3, 1.1.7		1.4.2	1.5.3		2.1.1				
3.4.2	1.1.1, 1.1.7			1.5.3						3.4.1
3.4.2.1	1.1.1, 1.1.7			1.5.3						
3.4.2.2	1.1.1, 1.1.7			1.5.3		2.1.1				3.4.1
3.4.2.3	1.1.7									
3.4.3				1.5.3						
3.4.4	1.1.1, 1.1.7			1.5.1		2.4.1				
3.4.5	1.1.1, 1.1.5, 1.1.7					2.4.1				
3.4.5.1	1.1.1, 1.1.7					2.4.1				
3.4.5.2	1.1.1, 1.1.5					2.4.1				
3.4.5.3	1.1.1					2.4.1				
3.4.6	1.1.1									
3.4.7	1.1.1, 1.1.7					2.4.1				
3.4.8				1.5.3						
3.4.9				1.5.3						
3.4.10				1.5.3						
3.4.10.1				1.5.3						
3.4.10.2				1.5.3		2.1.1, 2.4.1				

Cyberbezpieczeństwo

Rozwiązania techniczne, które gromadzą, przechowują, przetwarzają, udostępniają lub transmitują dane zapewniające spełnianie wymagań zasadniczych w odniesieniu do bezpieczeństwa (wymagania od 1.1.1. do 1.1.11. podane w Tomie A standardów kolejowych CPK) oraz wymagań ogólnych dla infrastruktury kolejowej CPK w odniesieniu do ochrony (wymagania 1.1.12. oraz 1.1.13 podane w Tomie A standardów kolejowych CPK) powinny być konstruowane z uwzględnieniem cyberbezpieczeństwa., czyli „bezpieczeństwa sieci i systemów informatycznych”, które zdefiniowane zostało w Dyrektywie w sprawie środków na rzecz wysokiego wspólnego poziomu bezpieczeństwa sieci i systemów informatycznych następująco:

„bezpieczeństwo sieci i systemów informatycznych” oznacza odporność sieci i systemów informatycznych, przy danym poziomie zaufania, na wszelkie działania naruszające dostępność, autentyczność, integralność lub poufność przechowywanych lub przekazywanych, lub przetwarzanych danych lub związanych z nimi usług oferowanych lub dostępnych poprzez te sieci i systemy informatyczne;

[zgodnie z art. 4 Dyrektywy 2016/1148]

Cyberbezpieczeństwo uwzględnia dwa rodzaje zagrożeń wynikających z nieuprawnionego dostępu do systemów/urządzeń/sieci, które gromadzą, przechowują, przetwarzają, udostępniają lub transmitują dane:

1) zagrożenia bezpieczeństwa fizycznego

Konieczne jest zapewnienie ochrony systemów/urządzeń/sieci przed bezpośrednim dostępem, który mógłby umożliwić spowodowanie (w sposób zamierzony lub niezamierzony) zagrożeń dla bezpieczeństwa funkcjonalnego.

2) zagrożenia bezpieczeństwa informatycznego

Konieczne jest zapewnienie ochrony systemów/urządzeń/sieci przed dostępem logicznym za pośrednictwem systemów/urządzeń/sieci informatycznych, który mógłby umożliwić spowodowanie (w sposób zamierzony lub niezamierzony) zagrożeń dla bezpieczeństwa funkcjonalnego.

Tak zdefiniowane cyberbezpieczeństwo ma zastosowanie zarówno do systemów informatycznych wykorzystywanych dla potrzeb transportu kolejowego jak i do systemów eksploatacyjnych wykorzystywanych dla potrzeb transportu kolejowego przy czym standardy kolejowe CPK nie obejmują wymagań dla systemów informatycznych np. systemów do tworzenia rozkładów jazdy.

Zagrożenia bezpieczeństwa fizycznego i zagrożenia bezpieczeństwa informatycznego dla systemów eksploatacyjnych, dla których wymagania zdefiniowano w standardach kolejowych CPK, powinny być uwzględniane przez podmioty odpowiedzialne za kolej w ramach oceny ryzyka i przez projektantów/producentów/wykonawców w ramach kontroli zagrożeń. Dodatkowo wymaga się, aby zastosowane zabezpieczenia podlegały dokumentowaniu i weryfikacji zgodnie z wymaganiami zawartymi w Tomie XVIII standardów kolejowych CPK.

Cyberbezpieczeństwo w zakresie niniejszego tomu standardów kolejowych CPK

Obecnie w obszarze objętym niniejszym tomem standardów nie występują sieci i systemy informatyczne, których bezpieczeństwo mogłoby być naruszone. Istnieje jednak możliwość, że takie sieci i systemy informatyczne lub rozwiązania techniczne, które gromadzą, przechowują, przetwarzają, udostępniają lub transmitują dane mogą się pojawić. Przykładowo może zostać wykorzystany system czujników, które za pośrednictwem sieci przewodowych lub bezprzewodowych, publicznych lub niepublicznych lub bezpośrednio, będą łączyły się np. z jakimś systemem zarządcy infrastruktury. Wówczas powinny one zostać zabezpieczone przed zagrożeniami bezpieczeństwa fizycznego i bezpieczeństwa informatycznego w sposób zgodny z wymaganiami Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji SZBI wdrożonego przez spółkę CPK.

Jednocześnie należy wziąć pod uwagę, że system SZBI będzie podlegał zmianom ponieważ utrzymywanie wymaganego poziomu cyberbezpieczeństwa nie jest możliwe przez jednorazowe wypełnienie wymagań standardów, gdyż cyberbezpieczeństwo jest procesem, a nie stanem. Aby zminimalizować liczbę i rozmiar cyberzagrożeń należy w procesach eksploatacyjnych w sposób ciągły przestrzegać wymagań (obowiązków) zawartych w ustawie z dnia 5 lipca 2018 r. o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa w Rozdziale 3 dla operatorów usług kluczowych, w Rozdziale 5 dla podmiotów publicznych oraz korzystać wyłącznie z usług dostawców usług cyfrowych wypełniających obowiązki opisane w Rozdziale 4 tej ustawy.

[strona intencjonalnie pozostawiona pusta]

3. Szczegółowe warunki techniczne dla budowy infrastruktury kolejowej CPK

3.1. Ustalenia formalne

- 1) Układ zasilania linii kolejowej zgodnie z [3] należy zaprojektować w taki sposób, aby umożliwił osiągnięcie pełnych parametrów eksploatacyjnych dla stanów normalnych biorąc pod uwagę:
 - a) prędkość na linii kolejowej,
 - b) minimalne następstwo pociągów,
 - c) maksymalny prąd pobierany przez pociąg,
 - d) współczynnik mocy pociągów,
 - e) rozkład jazdy i planowane czynności obsługowe,
 - f) wymagane średnie napięcie użyteczne, odpowiednio do danej kategorii linii.
- 2) Istniejące rozwiązania techniczne dotyczące obwodów zasilania systemu trakcji elektrycznej 2 x 25 kV AC, które mogą być wykorzystane w eksploatacji różną się konstrukcją stosowanych transformatorów oraz poziomem asymetrii wprowadzanej w punktach podłączenia do systemu elektroenergetycznego. Wybór rozwiązania obwodu musi być dokonany na podstawie analizy jego wpływu na asymetrię napięć wprowadzaną do systemu elektroenergetycznego.
- 3) Wymagania niniejszego tomu mają również zastosowanie do tuneli kolejowych zgodnych z Tomem III.2

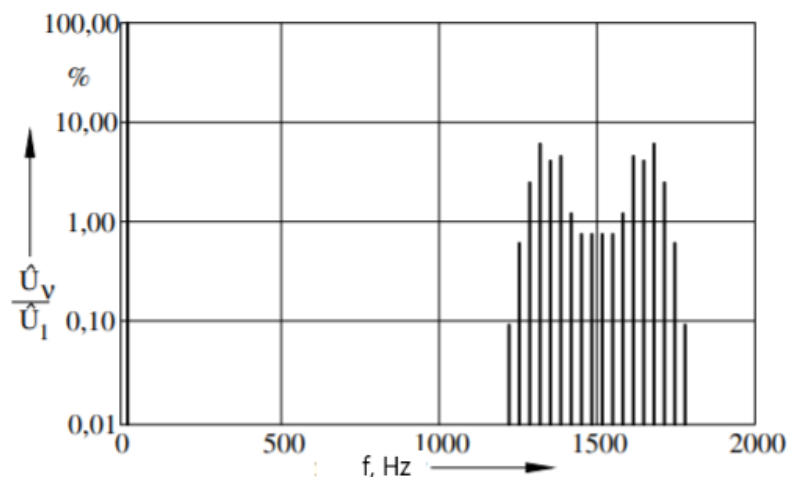
3.2. Wymagania ogólne dla systemu zasilania 2 x 25 kV AC

- 1) Na nowo budowanych liniach kolejowych, dla których wybrany został system AC zasilania sieci trakcyjnej, z reguły należy stosować odmianę systemu o symbolu 2 x 25 kV 50 Hz.
- 2) Dopuszczalne są wyjątki:
 - a) dla odcinków kolei dużych prędkości w węzłach kolejowych z istniejącym systemem zasilania trakcji prądem stałym. Na takich odcinkach możliwe jest zastosowanie systemu zasilania trakcji prądem stałym z odpowiednim studium wykonalności z ograniczeniem prędkości jazdy do 250 km / h,
 - b) dla odcinków czołowych (terminale, zajezdnie, zaplecze techniczne itp.) można zastosować system zasilania trakcji prądem przemiennym 25 kV – zasilanie sieci trakcyjnej z podstacji lub stacji autotransformatorowej bez zastosowania zasilacza dodatkowego,
 - c) na odcinkach linii dochodzących do sekcji separacji systemów stosuje się zasilanie sieci trakcyjnej napięciem 25 kV z podstacji lub stacji autotransformatorowej bez zastosowania zasilacza dodatkowego,
 - d) inne uzasadnione technicznie przypadki.
- 3) Jeżeli na linii kolejowej znajdują się sekcje wyposażone w systemy zasilania trakcyjnego prądu stałego i przemiennego, obliczenia techniczno-ekonomiczne powinny uwzględniać potrzebę łączenia odcinków prądu stałego i przemiennego w punktach zmiany rodzaju prądu i stosowanie dwusystemowego taboru elektrycznego.
- 4) Układ zewnętrznego zasilania zelektryfikowanego systemu kolei musi dostarczać energię do podstacji trakcyjnych z systemu elektroenergetycznego, tak aby uszkodzenie jednej z podstacji (odcinki magistralne) systemu elektroenergetycznego lub linii zasilającej nie skutkowało wyłączeniem podstacji trakcyjnej. W tym celu podstacje trakcyjne powinny mieć, co do zasady, zasilanie dwustronne z sieci przesyłowej lub z sieci dystrybucyjnej lub przez dwie linie promieniowe z różnych szyn jednej podstacji systemu elektroenergetycznego posiadającego co najmniej dwa źródła zasilania.
- 5) Wybór napięcia zasilającego podstacje trakcyjne (110 kV, 220 kV lub 400 kV) powinien być dokonany w oparciu o analizę struktury układu zasilania (ew. warianty) oraz ekspertyzę wpływu projektowanego układu zasilania trakcji elektrycznej 2x25 kV na krajowy system elektroenergetyczny w punkcie przyłączenia do systemu energetycznego. Warunki techniczne, jakie powinny spełniać przyłączane do sieci dystrybucyjnej urządzenia, instalacje i sieci określa

Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej (IRiESD) właściwego Operatora Systemu Dystrybucyjnego (OSD). W przypadku przyłączenia do sieci przesyłowej, przyłączana sieć powinna spełniać warunki określone w Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej (IRiESP) [4].

- 6) Wybór wartości wysokiego napięcia zasilającego podstacje trakcyjne infrastruktury kolejowej (110 kV, 220 kV lub 400 kV) powinien być dokonany na podstawie wyników obliczeń trakcyjnych i elektrycznych, pod warunkiem niezawodnego zasilania trakcji, możliwości realizacji zakładanego rozkładu jazdy, nakładów inwestycyjnych na budowę urządzeń trakcyjnych oraz kosztów przyłączenia do sieci dystrybucyjnej lub do sieci przesyłowej. Należy opracować Studium Wykonalności dla każdego odcinka zasilania.
- 7) Podczas wyboru sposobów podłączenia podstacji trakcyjnych do sieci systemu elektroenergetycznego oraz wyposażenia podstacji trakcyjnych należy minimalizować asymetrię i odkształcenie napięć w trójfazowych zewnętrznych sieciach elektroenergetycznych. Jakość energii elektrycznej powinna spełniać zapisy Rozdziału 10 .Rozporządzenia Ministerstwa Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, nr 623 [5].
- 8) Podstacje trakcyjne muszą być zasilane z dwóch niezależnych źródeł energii elektrycznej. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się zasilanie podstacji dwiema liniami z jednego głównego punktu zasilania (GPZ), lecz z różnych sekcji WN.
- 9) W przypadku sieci powrotnej systemu zasilania trakcyjnego kolei przewidziany jest przewód uziemiająco-powrotny, ułożony wzdłuż słupów sieci trakcyjnej i podłączony do szyn. Możliwe jest także podwieszenie przewodu uziemiająco-powrotnego na słupach trakcyjnych po obu ich stronach, a także na konstrukcjach nie będących słupami trakcyjnymi np. na ścianach obiektów, tuneli itp. Przekrój przewodu uziemiająco-powrotnego powinien być z AFL i mieć przekrój wynikający z obliczeń obciążalności prądowej. Odległość połączeń przewodu uziemiająco-powrotnego do szyn powinna się zawierać w przedziale 250 do 300m, w taki sposób żeby były spełnione warunki ochrony przeciwporażeniowej zgodnie z normą PN-EN 50122-1:2023-06 [9].
- 10) System zasilania trakcji infrastruktury kolejowej musi zapewniać możliwość wykorzystania hamowania odzyskowego przez tabor elektryczny.
- 11) System zasilania trakcji kolejowej musi zapewniać możliwość elektrycznego topienia lodu lub prewencyjnego podgrzewania przewodów sieci trakcyjnej torów głównych stacji i szlakowych.
- 12) Projektując urządzenia dla systemu zasilania trakcyjnego infrastruktury kolejowej należy określić następujące podstawowe parametry:
 - a) odległości między sąsiednimi podstacjami trakcyjnymi,
 - b) lokalizację stacji autotransformatorowych,
 - c) moc, liczbę i typ transformatorów w podstacjach trakcyjnych,
 - d) prąd znamionowy aparatów rozdzielczych i łączeniowych,
 - e) moc i liczbę autotransformatorów w strefach pomiędzy podstacjami,
 - f) rodzaje i moc urządzeń podstacji trakcyjnych zapewniających zwiększenie jakości energii elektrycznej w zasilającym systemie elektroenergetycznym i sieci trakcyjnej,
 - g) typ, przekrój i ilość przewodów sieci trakcyjnej, przewodów i kabli dodatkowych zasilacze i przewodów uziemiająco-powrotnych. Przy czym przekrój zasilacza dodatkowego musi być co najmniej jak przekrój sieci jezdnej z uwzględnieniem rezystywności materiału.
- 13) Wybór głównych parametrów dokonuje się zgodnie z wynikami obliczeń trakcyjnych i elektrycznych z zadaniem rozkładem ruchu pociągów z najmniejszym odstępem między pociągami. Wybór głównych parametrów odbywa się z uwzględnieniem trybu rekuperacji.
- 14) Wykonując obliczenia trakcyjne i elektryczne, należy uwzględnić rozkład jazdy, który generuje największe obciążenia dla układu zasilania z uwzględnieniem rekuperacji a także wartości chwilowe napięcia na pantografach taboru elektrycznego zgodnie z normą PN-EN 50388-1:2023-05 [6].
- 15) W Projekcie Wykonawczym i ewentualnie Projekcie Powykonawczym sieci trakcyjnej należy oprócz opisów obliczeń powyżej podanych parametrów nanieść na mapy geodezyjnych w skali 1:500 zaprojektowaną sieć trakcyjną i istotną dla projektu infrastrukturę kolejowa.

- 16) Jako dane wyjściowe do wykonania obliczeń trakcyjnych i elektrycznych przyjmuje się: plan i profil podłużny kolei; charakterystyki trakcyjne i energetyczne taboru elektrycznego; masy pociągów, najmniejszy odstęp między przejeżdżającymi pociągami; liczba pociągów na godzinę maksymalnego ruchu.
- 17) Dla wybranych parametrów systemu zasilania trakcyjnego dla warunków normalnej eksploatacji należy określić minimalne dopuszczalne następstwo pociągów i najwyższe prędkości pociągów w trybach pracy awaryjnej:
 - a) jeden transformator w podstacji nie pracuje,
 - b) jeden autotransformator nie pracuje,
 - c) jedna podstacja trakcyjna nie pracuje.
- 18) W miejscu równoległego przebiegu systemów trakcji elektrycznej 2 x 25 kV AC i 3 kV DC przy odległościach pomiędzy nimi mniejszych od 50 m istnieje strefa wzajemnego oddziaływania. W takich przypadkach muszą być spełnione wymagania normy PN-EN 50122-3:2023-06 [7].
- 19) Parametry systemu zasilania trakcji oraz jego elementów powinny zapewniać realizację zakładanego rozkładu jazdy w przypadku wyłączenia jednej linii zasilającej podstację lub jednego transformatora w podstacji trakcyjnej.
- 20) Szczegółowe wymagania w zakresie EMC dla systemu zasilania 2x25 kV zawarto w Tomie XI Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC).
- 21) Źródłem wyższych harmonicznych jest pojazd trakcyjny. Przykładowe spektrum napięć dla pojazdów trakcyjnych wyposażonych w nowoczesne przekształtniki czterokwadransowe przedstawiono na rys. 3.1.



Rysunek 3.1 Spektrum napięć pojazdów trakcyjnych wyposażonych w czterokwadransowe przekształtniki¹

3.2.1. Prądy robocze i zwarciove

- 1) Parametry, o których jest mowa w pkt. 3.2.1 służą do wymiarowania aparatury i nie zastępują rozkładu jazdy przy wykonywaniu symulacji.
- 2) Maksymalny prąd pobierany przez pociąg na liniach P1, M1 należy przyjmować o wartości 1500 A, zgodnie z tab. D1 PN-EN 50388-1:2023-05 [6].
- 3) Maksymalny prąd pobierany przez pociąg na liniach P2, M2 należy przyjmować o wartości 600 A, zgodnie z tab. D1 PN-EN 50388-1:2023-05 [6].
- 4) Maksymalny prąd pobierany przez pociąg na liniach P3, P4, M3 należy przyjmować o wartości 500 A, zgodnie z tab. D1 PN-EN 50388-1:2023-05 [6].
- 5) Obwody główne wszystkich urządzeń zasilania i sieci trakcyjnej powinny charakteryzować się

¹ Podano przykład literaturowy z monografii *F. Kiessling, R. Puschmann, A. Schmieder, and E. Schneider. 2018. Contact Lines for Electric Railways: Planning, Design, Implementation, Maintenance, 3rd Edition. Wiley.*

- wytrzymałością na przepływ prądu zwarciovego 15 kA, zgodnie z PN-EN 50388-1:2023-05 [6].
- 6) Każde urządzenie systemu zasilania 2 x 25 kV musi być zaprojektowane tak, aby miało wytrzymałość równą lub wyższą niż maksymalna wartość prądu zwarciovego obliczoną lub podaną dla odpowiedniego miejsca.

3.2.2. Napięcie w sieci trakcyjnej

- 1) Wartość napięcia w sieci trakcyjnej, jego wahania oraz częstotliwość powinny być zgodne z wymaganiami normy PN-EN 50163:2006 [8].
- 2) Niezależnie od stanu pracy systemu zasilania trakcji, uwzględniając harmoniczne, rezonanse i inne zakłócenia napięcie w sieci trakcyjnej nie może przekraczać 29 000 V oraz 50 kV chwilowej wartości szczytowej.
- 3) W procesie projektowania należy sprawdzić czy zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 50163:2006 [8] najniższe napięcie nietrwałe nie jest niższe od 17 500 V, najniższe napięcie trwałe nie jest niższe niż 19 000 V, najwyższe napięcie trwałe nie przekracza 27 500 V, a najwyższe napięci nietrwałe nie przekracza 29 000 kV. Ponadto należy sprawdzić, czy uwzględniając harmoniczne, rezonanse i inne zakłócenia napięcie w sieci trakcyjnej nie przekracza 29 000 V oraz 50 kV chwilowej wartości szczytowej.
- 4) Wartość średniego napięcia użytecznego na pantografie powinna wynosić zgodnie z PN- EN 50388-1:2023-05 [6]:
 - a) 22500 V – na liniach kolejowych P1,M1,
 - b) 22000 V – na liniach kolejowych P2,M2, P3, P4, M3.
- 5) Jak podano w p. 4.2 PN-EN 50163:2006 [8] dla systemu zasilania 25 kV 50 Hz prądu przemiennego wartość średnia częstotliwości mierzonej przez 10 sekund powinna być zawarta w przedziałach:
 - a) dla systemów z synchronicznym połączeniem z systemem wzajemnie sprzężonym:

- 50 Hz ± 1 %	(tj. 49,5 Hz...50,5 Hz)	przez 99,5% roku,
- 50 Hz + 4 %/- 6 %	(tj. 47 Hz...52 Hz)	przez 100% czasu.
 - b) dla systemów z niesynchronicznym połączeniem z systemem wzajemnie sprzężonym (np. systemy zasilania na pewnych wyspach):

- 50 Hz ± 2 %	(tj. 49 Hz...51 Hz)	przez 95% tygodnia,
- 50 Hz ± 15 %	(tj. 42,5 Hz...57,5 Hz)	przez 100% czasu.
- 6) Zgodnie z wymaganiem 4.2.6 TSI „Energia” [3] system zasilania trakcji infrastruktury kolejowej musi zapewniać możliwość wykorzystania hamowania odzyskowego przez tabor elektryczny.

3.3. Podstacje trakcyjne, stacje autotransformatorowe w systemie 2 x 25 kV AC

3.3.1. Lokalizacja podstacji trakcyjnej i stacji autotransformatorowych

- 1) Podstacje trakcyjne, stacje autotransformatorowe powinny być zlokalizowane w odległościach zapewniających dostarczenie mocy wymaganej przez pojazdy oraz wymagany poziom średniego napięcia użytecznego na pantografie.
- 2) Lokalizacja podstacji trakcyjnych, stacji autotransformatorowych powinna być wybrana tak, aby umożliwić dojazd ciągników z przyczepą niskopodłogową, lub umożliwić doprowadzenie drogi dojazdowej o wymaganych parametrach. Wymagania dotyczące lokalizacji budynków podstacji trakcyjnych zawarte w p.3.7 Tomu VIII.2 Budynki techniczne.
- 3) Odległość pomiędzy ostatnim autotransformatorem a sekcją separacji systemów nie powinna przekraczać połowy odległości pomiędzy stacjami autotransformatorowymi,
- 4) Teren pod projektowaną podstacją, stację autotransformatorową powinien umożliwiać zabudowanie wszystkich niezbędnych urządzeń i aparatów, wybudowanie budynku podstacji trakcyjnej, dróg dojazdowych. Wielkość i ukształtowanie terenu pod podstacją lub stacją autotransformatorową nie

może przeszkadzać wymianie urządzeń podczas eksploatacji podstacji lub stacji autotransformatorowej. Teren podstacji powinien umożliwiać wybudowanie systemu uziemienia pomiędzy budynkiem a ogrodzeniem podstacji, spełniającym wymagania normy PN-EN 50122-1:2023 [9]

- 5) Podstacje trakcyjne, stacje autotransformatorowe oraz drogi dojazdowe zaleca się zlokalizować na terenach kolejowych, na gruntach o możliwie niskiej klasie bonitacyjnej.

3.3.2. Wymagania i podstawowe parametry aparatury i wyposażenia

3.3.2.1. Zasilanie podstacji trakcyjnych i linie zasilające

- 1) Podstacje trakcyjne powinny być zasilane liniami WN o napięciu 110 kV AC, 220 kV AC lub 400 kV AC biorąc pod uwagę moc zwarciovą w punkcie przyłączenia do systemu energetycznego.
- 2) Niezależnie od wartości napięcia zasilającego powinny być spełnione wymagania dotyczące brzegowych wartości współczynników asymetrii napięcia w systemie elektroenergetycznym [5].
- 3) Każda podstacja powinna mieć dwa przyłącza: podstawowe i rezerwowe. Powinny one być wyprowadzone bezpośrednio z dwóch różnych rozdzielni GPZ lub z oddzielnych sekcji rozdzielni GPZ.
- 4) Linie zasilające podstacji 400, 220 lub 110 kV AC powinny być podłączone do układu energetyki zawodowej w GPZ-tach, rozdzielczych punktach zasilania (RPZ-tach) lub do linii (wcinka).
- 5) Podstacje trakcyjne mogą być podłączone do linii WN za pomocą przekształtników statycznych, zapewniających idealnie zrównoważone 3-fazowe obciążenie WN, nawet przy podłączaniu do sieci WN 110 kV z niską wartością mocy zwarciovą.
- 6) W przypadku zasilania podstacji trakcyjnych z przekształtnikami statycznymi nie są wymagane strefy separacji faz między sekcjami zasilającymi.
- 7) System zasilania umożliwia wykorzystanie hamowania odzyskowe i zwrot energii do systemu elektroenergetycznego. Energia pobierana i regenerowana musi być dokładnie i oddzielnie rejestrowana.

3.3.2.2. Rozdzielnica prądu przemiennego NN (WN)

- 1) Rozdzielnica NN (WN) powinna być wykonana z izolacją powietrzną.
- 2) Rozdzielnica NN (WN) zawiera następujące główne elementy:
 - a) wyłączniki,
 - b) odłączniki,
 - c) przekładniki prądowe / napięciowe,
 - d) ograniczniki przepięć.
- 3) Rozdzielnica NN (WN) powinna mieć pojedynczy układ szyn zbiorczych i powinna być wyposażona w pola transformatorowe i pola liniowe oraz sprzęgło wyposażone w wyłączniki. Szczegółowe rozwiązania muszą wynikać z Warunków Technicznych Przyłączenia i Umowy Przyłączeniowej zawartych z właściwym terytorialnie operatorem systemu dystrybucyjnego. Dokumenty te określają również granice eksploatacyjne pomiędzy operatorem systemu dystrybucyjnego a odbiorcą energii, wymagania co do aparatury zabezpieczeniowej, układu telemechaniki oraz podstawowe dane (moce i prądy zwarciovie w węzłach zasilających) niezbędne do obliczeń układu zasilania.
- 4) Wszystkie napędy oraz obwody sterownicze powinny być dostosowane do zasilania napięciem 220 V DC dla unifikacji z istniejącymi rozwiązaniami.
- 5) Odłączniki powinny być aparatami napowietrznymi, dwukolumnowymi, jedno przerwowymi z jednym lub z dwoma kompletami noży uziemiających oraz niezbędną liczbą biegunów. Izolacja powinna być porcelanowa lub kompozytowa.
- 6) Przekładniki prądowe, napięciowe i prądowo – napięciowe (kombinowane) należy wykonać jako napowietrzne, stojące, jednofazowe z obudową porcelanową lub kompozytową. Obudowa powinna być hermetyczna, przeciwwybuchowa, uniemożliwiająca rozerwanie przekładnika przy zwarciu

wewnętrznym poprzez kontrolowany wyrzut medium izolacyjnego i produktów jego rozkładu w kierunku bezpiecznym dla obsługi.

- 7) Zalecane dane techniczne rozdzielnic WN przedstawione w tab. 3.

Tabela 3 Zalecane wartości parametrów rozdzielnic WN

Parametr	Zalecane wartości dla napięcia znamionowego		
	110 kV	220 kV	400 kV
Najwyższe napięcie dla sprzętu (stałe), kV	170	362	420
Znormalizowane wytrzymałwane napięcie udarowe, kV	750	1175	1425
Temperatura otoczenia, °C	-20 ... +40		

3.3.2.3. Rozdzielnicza prądu przemiennego 2x27,5 kV

- 1) Rozdzielnicza w izolacji gazowej lub powietrznej 2x27,5 kV rozdziela moc trakcyjną do odpowiednich sekcji. Dla zasilania autotransformatora 2 x 27,5 kV rozdzielnicza musi posiadać sekcyjny system szyn zbiorczych 2x27,5 kV. Każda sekcja szyn zbiorczych powinna być zasilana przez jeden z dwóch transformatorów WN / 2 x 27,5 kV.
- 2) W przypadku awarii jednego transformatora niezbędnym jest zabezpieczenie możliwości zdalnego przesekjonowania rozdzielniczy, tak aby umożliwić zasilanie wszystkich pól odpływowych z jednego transformatora.
- 3) Każda podstacja trakcyjna musi być wyposażona w oddzielne pola odpływowe do zasilania powiązanych sekcji wyposażone w wyłączniki i odłączniki. Poszczególne linie zasilające będą odpowiednio blokowane, biorąc pod uwagę możliwe konfiguracje obwodów, aby zapewnić bezpieczeństwo personelu i sprzętu.
- 4) Zalecane podstawowe charakterystyki elektryczne rozdzielnic 2x27,5 kV:
 - a) Częstotliwość (fr): 50 Hz
 - b) Liczba faz: 2
 - c) Napięcie znamionowe (Un): 27,5 kV (wartość skuteczna)
 - d) Napięcie probiercze piorunowe udarowe:
 - do ziemi i między fazami: 170 kV
 - wzdłuż przerwy izolacyjnej: 200 kV
 - e) Napięcie probiercze o częstotliwości sieciowej
 - do ziemi, między fazami i wzdłuż otwartego łącznika 80 kV
 - wzdłuż przerwy izolacyjnej 90 kV
 - f) Znamionowe napięcie zasilania obwodów pomocniczych: 220 V DC
 - g) Prąd znamionowy ciągły dla linii kolejowych P1, M1
 - pola liniowego: 1700 A
 - szyny obejściowe: 1300 A
 - h) Prąd znamionowy ciągły dla linii kolejowych P2, M2
 - pola liniowego: 700 A
 - szyny obejściowe: 450 A
 - i) Prąd znamionowy ciągły dla linii kolejowych P3, P4, M3
 - pola liniowego: 630 A
 - szyny obejściowe: 400 A
 - j) Prąd szczytowy wytrzymałwany: 63 kA
 - k) Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymałwany: 25 kA/ 1s

3.3.2.4. Transformatory trakcyjne

- 1) W systemach zasilania 2x25 kV podstawowym układem połączenia transformatorów jest układ z transformatorami jednofazowymi,
- 2) W jednej podstacji należy zainstalować transformatory tego samego typu.
- 3) Dla dokonania wyboru układu połączeń należy przeanalizować poziom asymetrii, która wprowadzana jest się do systemu elektroenergetycznego na poziomie wysokiego napięcia w punkcie podłączenia do systemu elektroenergetycznego.
- 4) Olejowe transformatory trakcyjne muszą mieć chłodzenie ONAN i wyposażone w układ regulacji napięcia pod obciążeniem. Transformatory muszą być zaprojektowane zgodnie z normą IEC 60076:2011 [10] oraz PN-EN 50329:2003/A1:2010 [28].
- 5) Aby osiągnąć wysoką niezawodność systemu zasilania trakcyjnego, wszystkie podstacje trakcyjne muszą być wyposażone co najmniej w dwa transformatory trakcyjne.
- 6) Każdy z transformatorów trakcyjnych powinien przenosić całkowite obciążenie dla warunków normalnej eksploatacji w przypisanej sekcji zasilania, a także w trybie awaryjnym wyłączenia jednej podstacji. Moc znamionowa transformatorów musi być określona na etapie studium wykonalności w oparciu o pracę przewozową.
- 7) Transformatory muszą spełniać warunki przeciążalności zgodnie z normą PN- EN 50329:2003/A1:2010 [28] oraz IEC 60076:2011 [10] z uwzględnieniem spodziewanego ruchu [11].
- 8) Trakcyjne olejowe transformatory muszą być zainstalowane na zewnątrz w pobliżu rozdzielni WN.
- 9) Transformatory powinny być chronione przed przepięciami przez ograniczniki przepięć, skoordynowane i zwymiarowane zgodnie z ogólnym studium koordynacji izolacji.
- 10) Zalecane dane techniczne transformatorów trakcyjnych jednofazowych przedstawione w tab. 4.

Tabela 4 Zalecane wartości parametrów transformatorów trakcyjnych jednofazowych

Dane techniczne transformatorów	Zalecane wartości parametrów			
Napięcie górne znamionowe, KV	110 ² , 220, 400			
Moc znamionowa, MVA	16 ²	25	40	60
Napięcie ze strony dolnej, kV	2x27,5			
Napięcie zwarcia, %	≤10			

3.3.2.5. Autotransformatory trakcyjne

- 1) Olejowe autotransformatory trakcyjne powinny mieć chłodzenie ONAN i być zaprojektowane zgodnie z normą IEC 60076-1:2011 [10],
- 2) Autotransformatory powinny posiadać zdolność do wytrzymywania zwarć zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 60076-5:2009 [12],
- 3) Zalecane dane techniczne autotransformatorów trakcyjnych przedstawione w tab.5.

Tabela 5 Zalecane wartości parametrów autotransformatorów trakcyjnych

Dane techniczne autotransformatorów	Zalecane wartości parametrów	
Napięcie górne znamionowe, KV	55 ³	
Moc znamionowa, MVA	10	15
Napięcie zwarcia, %	≤1	≤1

² Dla linii kolejowych P3, P4, M3

³ Dla transformatorów jednofazowych

Maksymalne straty obciążeniowe, kW	18	21
Maksymalne straty stanu jałowego, kW	8	10

3.3.2.6. Urządzenia kompensujące, symetryzujące, tłumiące

- 1) Podstawowym miejscem instalacji urządzeń kompensujących, symetryzujących i tłumiących jest rozdzielnia 2x27,5 kV podstacji trakcyjnych,
- 2) Dopuszcza się stosowanie urządzeń symetryzujących (aktywnych, pasywnych) w przypadkach jeżeli współczynnik asymetrii przekracza wartość brzegową. Zaleca się instalować urządzenia symetryzujące w polach transformatorów podstacji trakcyjnych po stronie 27,5 kV,
- 3) Urządzenia kompensujące moc bierną zaleca się rozmieścić w rozdzielniach 2x27,5 kV podstacji trakcyjnych.
- 4) Zaleca się instalowanie urządzeń tłumiących w punktach odcinków zasilania wybranych na podstawie obliczeń lub na końcach odcinków zasilania.

3.3.2.7. Zasilanie obwodów potrzeb własnych i odbiorców nietrakcyjnych

- 1) W skład systemu zasilania potrzeb własnych podstacji trakcyjnej, stacji autotransformatorów wchodzi następujące urządzenia:
 - a) dwa transformatory potrzeb własnych SN/nN,
 - b) rozdzielnica prądu przemiennego 230 V,
 - c) rozdzielnica prądu stałego 220 V,
 - d) bateria akumulatorów bezobsługowych,
 - e) rozdzielnica instalacyjna 230 V prądu przemiennego,
 - f) falownik (opcjonalnie).
- 2) Dla zasilania obwodów potrzeb własnych w podstacjach trakcyjnych, stacjach autotransformatorowych należy stosować transformatory potrzeb własnych jednofazowe, zabudowane w polach rozdzielnic 2x27,5 kV,
- 3) Zalecane parametry techniczne transformatorów potrzeb własnych:
 - a) Moc znamionowa: 250 kVA i 100 kVA,
 - b) Napięcie znamionowe ze strony górnej: 27,5 kV,
 - c) Regulacja napięcia pierwotnego: $\pm 2,5\%$, $\pm 5\%$,
 - d) Napięcie znamionowe wtórne: 240 V,
 - e) Częstotliwość znamionowa: 50 Hz,
 - f) Napięcie zwarcia (przy 120 ° C): 6% (tolerancja $\pm 7,5\%$).
- 2) Rozdzielnica prądu przemiennego 230 V powinna być wykonana jako szafa przyścienna. Połączenia pomiędzy transformatorami a rozdzielnicą należy wykonać jako kablowe. Rozdzielnica powinna posiadać układ samoczynnego załączania rezerwy (SZR). Po odstawieniu automatyki SZR powinna być możliwa praca równoległa transformatorów potrzeb własnych, o ile są spełnione warunki pracy równoległej tychże transformatorów. W sytuacji, gdy konieczne jest bezprzerwowe zasilanie wybranych obwodów prądu przemiennego (z falownika), obwody te powinny być wydzielone.
- 3) Rozdzielnica prądu stałego 220 V powinna współpracować z baterią akumulatorów bezobsługową. Z rozdzielnic tej są zasilane następujące obwody:
 - a) napędów wyłączników WN i SN prądu przemiennego i prądu stałego (oddzielne obwody dla każdej rozdzielnicy),
 - b) automatyki, zabezpieczeń i sterowania (oddzielne obwody dla każdej rozdzielnicy),
 - c) sygnalizacji (wspólne dla całej podstacji),
 - d) oświetlenia bezpieczeństwa,
 - e) ryglowania,

- f) falownika (jeśli występuje).
- 4) Prostownik ładowania baterii akumulatorów powinien być zasilany z rozdzielnicy prądu przemiennego i połączony z baterią w układzie buforowym.
 - 5) Układ połączeń prostownika powinien umożliwiać okresowe ładowanie baterii z pominięciem rozdzielnicy prądu stałego.
 - 6) Poszczególne obwody potrzeb własnych powinny być zabezpieczone odpowiednimi filtrami przeciwzakłóceniovymi i przeciwprzepięciowymi z zachowaniem odpowiedniego stopniowania tej ochrony.
 - 7) Z rozdzielnicy instalacyjnej prądu przemiennego 230 V dopuszcza się zasilac wszelkie obwody niezwiązane bezpośrednio z technologią podstacji. Należą do nich m.in.: oświetlenie, ogrzewanie, gniazda, wentylacja, itp.
 - 8) Wymagania dotyczące układów zasilania odbiorników nietrakcyjnych są przedstawione w Tomie IV Elektroenergetyka nietrakcyjna.

3.3.2.8. Zasilacze

- 1) Zasilacze należy projektować jako linie kablowe o jak najmniejszej impedancji na 1 km. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się zasilacze wykonane jako linie napowietrzne.
- 2) Przekrój zasilaczy kablowych dobiera się na podstawie wartości skutecznej prądu 30-minutowego jednak nie mniejszy niż 185 mm² Al.
- 3) Do budowy zasilaczy należy stosować kable z żyłą roboczą aluminiową o napięciu znamionowym izolacji minimum 25 kV, w izolacji, powłoce i osłonie polwinitowej, z pancerzem między powłoką a osłoną. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się stosować kable z żyłą roboczą miedzianą. Nigdy nie wolno stosować ferromagnetycznego pancerza w kablach z niezbalansowanym polu magnetycznym. Dopuszcza się stosowanie innych typów kabli, o ile żyła ochronna tych kabli będzie wytrzymywać prądy zwarciovie mogące występować w przypadku uszkodzenia kabla zasilacza.
- 4) Zakończenia wewnętrzne kabli zasilaczy należy wykonać głowicami wewnętrznymi, które umożliwiają wyprowadzenie pancerza do uziemienia. Od strony sieci jezdnej należy stosować głowice napowietrzne.
- 5) Zaleca się stosowanie muf przelotowych z żywic syntetycznych lub termoutwardzalnych o napięciu znamionowym izolacji minimum 30 kV, które muszą spełniać wymagania normy PN-EN 60137:2018-02 [29].
- 6) Żyłę powrotną / ekran kabla trakcyjnego 25 kV należy podzielić na izolowane sekcje i każdą z sekcji należy uziemić. Projektant powinien sprawdzić jak długie mogą być połączone sekcje żyły powrotnej / ekranu, aby zaindukowane napięcie nie przekroczyło dopuszczalnych wartości podanych w normie EN 50122.
- 7) W projekcie technicznym należy wykonać analizę indukowanych napięć na nieuziemionym końcu kabla. W przypadku przekroczenia dopuszczalnych wartości napięć dotykowych, w projekcie należy przewidzieć uziemienia pośrednie kabla na trasie kabla.
- 8) W projekcie należy podać wymaganą wartość rezystancji uziemień pośrednich kabla.
- 9) Punkty takie powinny być oznaczone w terenie i mieć wyprowadzone złącze kontrolne do pomiaru rezystancji uziemienia pośredniego kabla.

3.3.3. Automatyka lokalna i urządzenia zabezpieczeń

3.3.3.1. Wymagania ogólne

- 1) Automatyka lokalna i zabezpieczenia powinny być realizowane w oparciu o mikrokomputerowe urządzenia cyfrowe zgodnie z wymaganiami IEC 61850.
- 2) We wszystkich obiektach zasilania należy stosować jeden typ magistrali protokołu transmisji danych. W przypadku stosowania zabezpieczeń wykorzystujących do pracy inne magistrale i protokoły transmisji warunkiem ich użycia jest zapewnienie modułu realizującego konwersję sygnałów z niestandardowej magistrali na wybrany standard,

- 3) Podstacje trakcyjne, stacje autotransformatorowe i kabiny sekcyjne powinny być standardowo w pełni przygotowane do pracy zdalnej,
- 4) Automatyka podstacji trakcyjnych powinna mieć możliwość pracy w następujących trybach:
 - a) tryb pracy zdalnej – sterowanie pracą urządzeń odbywa się z Nastawni Centralnej,
 - b) tryb pracy lokalnej – sterowanie pracą urządzeń odbywa się bezpośrednio z podstacji trakcyjnej,
 - c) tryb pracy częściowo lokalnej – sterowanie pracą urządzeń odbywa się z Nastawni Centralnej oraz wybranymi polami rozdzielni lub urządzeniami z podstacji trakcyjnej.
- 5) Operacje sterownicze powinny być dopuszczone do realizacji tylko z miejsca określonego wybranym trybem pracy (Nastawia Centralna dla pracy zdalnej lub podstacja trakcyjna dla pracy lokalnej) z wyjątkiem operacji wyłączenia dla wybranych urządzeń, które powinny być dopuszczalne z każdego miejsca niezależne od wybranego trybu pracy,
- 6) System sterowania zdalnego powinien być kompatybilny z systemem sterowania sąsiedniego obiektu zasilania obsługiwane przez innego operatora,
- 7) Urządzenia automatyki i sterowania pracujące w podstacji powinny mieć możliwość pracy w następujących trybach (niezależnie od trybu pracy podstacji trakcyjnej):
 - a) automatycznie – sterowanie pracą urządzeń odbywa się za pośrednictwem łącza transmisyjnego; polecenia przesyłane przez łącze transmisyjne odbierane są przez sterowniki realizujące operacje sterownicze aparatami elektroenergetycznymi (z terminala komputerowego na podstacji lub zdalnie),
 - b) ręcznie – sterowanie pracą urządzeń odbywa za pośrednictwem przycisków lub manetek współpracujących bezpośrednio ze sterownikiem urządzenia (z zachowaniem zabezpieczeń),
 - c) remontowo – urządzenia wyłączone są z normalnej pracy (rozłączone obwody główne), sterowanie aparatami elektrycznymi w tym trybie służy do kontroli poprawności ich funkcjonowania.
- 8) Sterowniki powinny mieć wyświetlacze zapewniające jednoznaczny wizualizację stanu sterowanych aparatów i menu w języku polskim.
- 9) Konstrukcja i oprogramowanie sterownika powinny zapewniać zabezpieczenie przed nieprawidłowym lub niezamierzonym sterowaniem, również w przypadku uszkodzenia sterownika.
- 10) Sterowniki powinny mieć funkcję rejestracji zdarzeń z zapisem daty i czasu z dokładnością dostosowaną do zdarzenia (przeciętnie 10 ms). Sterownik powinien umożliwiać przegląd zdarzeń i ich zerowanie.
- 11) Wybór metod zabezpieczenia niezawodności systemu zasilania, sposobów dyskryminacji wyłączeń zwarć, sposobów zabezpieczenia selektywności powinien odpowiadać zaleceniom normy EN 50633:2016 [13].

3.3.3.2. Rozdzielna WN

- 1) W rozdzielni WN wymaga się stosowania cyfrowych terminali zabezpieczeniowych i automatyk stacyjnych. Wszystkie urządzenia powinny być dostarczone z oprogramowaniem do konfiguracji, odczytu danych oraz do wykonania zmian nastaw i konfiguracji.
- 2) Urządzenia powinny być wyposażone w interfejsy komunikacyjne służące do:
 - a) współpracy z systemem sterowania i nadzoru do komunikacji z Operatorem Dystrybucyjnym,
 - b) współpracy z systemem sterowania i nadzoru operatora podstacji;
 - c) realizacji kanału inżynierskiego,
 - d) lokalnej komunikacji z urządzeniem.
- 3) Wszystkie zabezpieczenia i automatyki stacyjne powinny być wyposażone w rejestratory zdarzeń i zakłóceń.
- 4) Należy stosować zabezpieczenia podstawowe i rezerwowe posługujące się różnymi kryteriami wykrywania zwarć. Zabezpieczenia powinny współpracować z odrębnymi obwodami prądowymi i napięciowymi. Wyzwalanie powinno odbywać się w obu obwodach wyłączających.
- 5) Zabezpieczenia powinny mieć co najmniej dwa banki nastaw. Wybór banku nastaw powinien być możliwy lokalnie i zdalnie.

- 6) Jedno z zastosowanych zabezpieczeń powinno pełnić rolę sterownika pola. Zabezpieczenie takie powinno być wyposażone w graficzny wyświetlacz odwzorowujący stany liczników w polu, oraz powinno umożliwiać sterowanie wszystkimi licznikami wyposażonymi w napędy elektryczne.
- 7) Powinna być lokalna sygnalizacja zadziałania funkcji zabezpieczeń w postaci świetlnej (diod).
- 8) Każde zabezpieczenie powinno mieć swoją listwę kontrolną umożliwiającą bezpieczne testowanie.
- 9) Zabezpieczenia powinny posiadać funkcję samokontroli oraz logiki programowalnej. Powinny być zasilane napięciem 220V DC.
- 10) Pola linii WN należy wyposażać w następujące zabezpieczenia:
 - a) podstawowe - odległościowe lub różnicowe. Dla linii kablowych lub napowietrznych o długości do 2 km należy stosować zabezpieczenie różnicowe,
 - b) rezerwowe - odległościowe lub ziemnozwarciowe dla linii promieniowych prądowe,
 - c) automatyka SPZ zaimplementowana w zabezpieczeniu odległościowym.
- 11) Zabezpieczenia różnicowe oraz odległościowe pracujące współbieżnie powinny komunikować się za pomocą odpowiednio dobranych interfejsów światłowodowych, poprzez wydzielone włókna światłowodowe.
- 12) Pole łącznika szyn WN wyposażone w wyłącznik należy wyposażać w zabezpieczenie nadprądowe lub w uzasadnionych przypadkach zabezpieczenie odległościowe.
- 13) W zależności od potrzeb rozdzielni WN należy wyposażać w układ SZR. Automatykę SZR należy zrealizować za pomocą dedykowanego urządzenia. Powinna być możliwość wyłączenia automatyki SZR.
- 14) Automatyka SRZ powinna blokować się automatycznie po zadziałaniu zabezpieczeń w polach liniowych WN, zabezpieczenia szyn zbiorczych WN, lokalnej rezerwy wyłącznikowej WN.
- 15) W stacjach w układzie H dopuszcza się stosowanie lokalnej rezerwy wyłącznikowej oraz zabezpieczenia szyn jako jednego urządzenia.
- 16) Lokalna rezerwa wyłącznikowa powinna być pobudzana przez wszystkie zainstalowane zabezpieczenia poszczególnych pól.
- 17) Działanie lokalnej rezerwy wyłącznikowej powinno opierać o kryterium prądowe oraz wyłącznikowe.
- 18) Zabezpieczenie szyn powinno być wyposażone w funkcję rozpoznawania martwej strefy.
- 19) Lokalna rezerwa wyłącznikowa powinna działać w dwóch stopniach:
 - a) Impulsowanie na wyłączenie wyłącznika w polu, w którym nastąpiło pobudzenie tzw. retrip,
 - b) impulsowanie na wyłączenie wszystkich wyłączników odpowiedniej sekcji lub systemu szyn zbiorczych.
- 20) Lokalna rezerwa wyłącznikowa i zabezpieczenie szyn powinny samoczynnie dopasowywać strefy działania do aktualnej konfiguracji rozdzielni WN.
- 21) Automatyka lokalnej rezerwy wyłącznikowej i zabezpieczenie szyn powinny pozwalać na rozbudowanie o kolejne pole bez potrzeby przebudowy całego układu.
- 22) Automatyka lokalnej rezerwy wyłącznikowej i zabezpieczenie szyn powinny posiadać dwa redundantne zasilacze z czego przynajmniej jeden powinien być zasilany napięciem 220 V DC.
- 23) W każdym polu powinna być możliwość odstawienia pobudzenia i wyłączenia lokalnej rezerwy wyłącznikowej danego pola. Sygnalizacja z przeliczników powinna być wprowadzona do systemu nadrzędnego.
- 24) Automatykę samoczynnego ponownego załączenia (SPZ) należy stosować w liniach napowietrznych i napowietrzno-kablowych.
- 25) Należy stosować SPZ trójfazowy jednokrotny, pobudzany przez zabezpieczenia podstawowe i rezerwowe.
- 26) SPZ powinien blokować się przy operacyjnym załączaniu linii oraz rozbrojenia napędu wyłącznika.
- 27) Powinna istnieć możliwość lokalnej i zdalnej blokady działania automatyki SPZ.

3.3.3.3. Zabezpieczenie transformatorów trakcyjnych

- 1) Transformatory trakcyjne olejowe powinny być wyposażone w następujące zabezpieczenia:

- a) zabezpieczenia różnicowe oraz nadprądowe. Takie zabezpieczenia chronią transformator od zwarć wewnętrznych i działają na wyłączenie,
- b) zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne od zwarć zewnętrznych działające na wyłączenie,
- c) zabezpieczenie fabryczne transformatora:
 - zabezpieczenia temperaturowe I i II stopnia,
 - zabezpieczenia gazowo-przepływowe I i II stopnia,
 - sygnalizację obniżenia poziomu oleju,
 - zawór bezpieczeństwa działający na wyłącz.

3.3.3.4. Rozdzielnia 2x27,5 kV

- 1) W rozdzielni SN wymaga się stosowania cyfrowych terminali zabezpieczeniowych i automatyk stacyjnych. Wszystkie urządzenia powinny być dostarczone z oprogramowaniem do konfiguracji, odczytu danych oraz do wykonania zmian nastaw i konfiguracji.
- 2) Automatyka rozdzielnic 2x27,5 kV powinna być zasilana napięciem 220 V DC. Dopuszcza się wprowadzenie napięcia 230V AC dla oświetlenia szaf i gniazd serwisowych.
- 3) Zabezpieczenia powinny posiadać funkcje samokontroli oraz logiki programowalnej.
- 4) Urządzenia powinny posiadać następujące kanały transmisji danych:
 - a) podstawowy,
 - b) rezerwowo,
 - c) inżynierski,
 - d) dodatkowe interfejsy komunikacyjne (w razie konieczności).
- 5) Zabezpieczenia powinny wyzwać działanie wyłącznika, z wykorzystaniem dwóch niezależnych napięć sterowniczych.
- 6) Zabezpieczenia powinny mieć co najmniej dwa banki nastaw. Wybór banku nastaw powinien być możliwy lokalnie i zdalnie.
- 7) Urządzenie zabezpieczenia pola powinno pełnić rolę sterownika pola, być wyposażone w graficzny wyświetlacz odwzorowujący stany łączników w polu oraz umożliwiać sterowanie wszystkimi łącznikami wyposażonymi w napędy elektryczne.
- 8) Urządzenia powinny lokalnie sygnalizować działanie funkcji zabezpieczeniowych na panelach zabezpieczeń.
- 9) W celu zapewnienia skuteczności i selektywności działania zabezpieczeń, urządzenia zabezpieczeń rozdzielnic 2x27,5 kV powinny realizować automatykę zabezpieczenia szyn oraz lokalnej rezerwy wyłącznikowej. Synchronizacja zabezpieczenia szyn oraz lokalnej rezerwy wyłącznikowej powinna być realizowana przez wszystkie zainstalowane zabezpieczenia poszczególnych pól poza polami, w których zabezpieczenie jest tylko odbiorcą tego sygnału. Automatyka zabezpieczenia szyn oraz lokalnej rezerwy wyłącznikowej powinna umożliwiać indywidualne odstawianie dla poszczególnych zabezpieczeń.
- 10) Pole linii zasilającej powinno być wyposażone w następujące zabezpieczenia i automatykę:
 - a) zabezpieczenie zwarciove,
 - b) zabezpieczenie nadprądowe niezależne, min. 3 stopnie,
 - c) zabezpieczenia ziemnozwarciowe z funkcją kierunkową,
 - d) zabezpieczenie podnapięciowe i nadnapięciowe,
 - e) zabezpieczenie częstotliwościowe,
 - f) wejścia automatyki lokalnej rezerwy wyłącznikowej, zabezpieczeń szyn i samoczynnego załączania rezerwy.
- 11) Pole linii odpływowej powinno zawierać następujące zabezpieczenia i automatyki:
 - a) zabezpieczenie zwarciove,
 - b) zabezpieczenie nadprądowe niezależne, min. 3 stopnie,
 - c) zabezpieczenia nadprądowe ziemnozwarciowe bezkierunkowe, min 2 stopnie,
 - d) zabezpieczenie nadprądowe ziemnozwarciowe kierunkowe,
 - e) zabezpieczenia admitancyjne doziemne z funkcją kierunkową,

- f) automatyka SPZ dla linii napowietrznych i napowietrzno-kablowych, pobudzana od dowolnego zabezpieczenia,
 - g) automatyka przyspieszenia działania zabezpieczeń przy załączeniu linii na zwarcie,
 - h) automatyka lokalnej rezerwy wyłącznikowej, zabezpieczenia szyn i samoczynnego załączania rezerwy.
- 12) Wszystkie zabezpieczenia działają na wyłączenie odpowiedniego wyłącznika.
- 13) Pole transformatora potrzeb własnych powinno zawierać następujące zabezpieczenia i automatyki:
- a) zabezpieczenie nadprądowe niezależne dwustopniowe (I i II),
 - b) zabezpieczenie różnicowe,
 - c) zabezpieczenia fabryczne transformatora,
 - d) automatyka lokalnej rezerwy wyłącznikowej oraz zabezpieczeń szyn.
- 14) Zadziałanie wyłącznika w polu powinno odbywać się w przypadku działania zabezpieczeń:
- a) nadprądowego,
 - b) fabrycznych transformatora II stopnia.
- 15) Działanie pozostałych zabezpieczeń wymienionych w punkcie 13, powinno pobudzić sygnalizację.
- 16) Pole łączników szyn powinno zawierać automatykę lokalnej rezerwy wyłącznikowej i zabezpieczeń szyn oraz zabezpieczenia działające na wyłączenie wyłącznika:
- a) zwarciove,
 - b) nadprądowe niezależne min. 2 stopnie,
 - c) nadprądowe ziemnozwarciowe (w sieci uziemionej przez rezystor).
- 17) Rozdzielnica 2x27,5 kV powinna być wyposażona w pomiar napięcia wraz z zabezpieczeniami pod- i nadnapięciowymi.
- 18) Rozdzielnica 2x27,5 kV powinna być wyposażona w układ automatyki SZR.
- 19) Zespół automatyki SZR powinien posiadać:
- a) układ pomiaru napięć z możliwością nastaw stopni nad- i podnapięciowych oraz nastaw czasowych,
 - b) układ automatyki z możliwością wyboru typu rezerwy,
 - c) układ sygnalizacji zewnętrznej z możliwością wystawiania stanów alarmowych,
 - d) układ sygnalizacji wewnętrznej i samokontroli z możliwością nadzoru stanów łączników i wewnętrznych uszkodzeń sterownika,
 - e) układ rejestracji zdarzeń,
 - f) układ zdalnego i lokalnego sterowania oraz sygnalizacji.
- 20) Zadziałanie zabezpieczeń zwarciovych i nadprądowych w polach linii zasilających, polach transformatorów zasilających, polach łączników szyn oraz zadziałanie niektórych zabezpieczeń w polach potrzeb własnych powinno blokować automatykę SZR.
- 21) Automatyka SZR powinna umożliwiać zdalne i lokalne zablokowanie i odblokowanie oraz mieć możliwość lokalnego (ręcznego) odstawienia.
- 22) Zaleca się, aby rozdzielnica 2x27,5 kV, w izolacji powietrznej, była wyposażona w zabezpieczenie łukoochronne, działające o kryterium światła i napięcia.
- 23) Zabezpieczenie łukoochronne powinno działać na wyłączenie wyłączników pól linii zasilających i pola łącznika szyn.
- 24) Zabezpieczenia łukoochronne powinny wykryć zwarcie łukowe w czasie poniżej 10 ms i je wyłączyć w czasie do 50 ms.
- 25) Typowy układ zabezpieczeniowy sieci trakcyjnej powinien posiadać następujące zabezpieczenia:
- a) zabezpieczenie odległościowe trzech stopniowe (I, II, III),
 - b) zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne oraz bezzwłoczne,
 - c) zabezpieczenie przeciążeniowe,
 - d) zabezpieczenie nad oraz podnapięciowe,
 - e) układ wykrycia miejsca uszkodzenia w sieci trakcyjnej,
 - f) układ zapobiegania mylnemu działaniu wyłącznika.

- 26) Zabezpieczenia odległościowe wymienione w pkt.25) powinny posiadać możliwość zdalnego regulowania nastawy dla dopasowania zmian niezbędnych w przypadkach wyizolowania podstacji (toru) z systemu do utrzymania lub z powodu usterki.
- 27) Selektowność zabezpieczeń w systemie zasilania 2 x 25 kV powinna być zachowana w taki sposób żeby podczas awarii wyłączony został tylko odcinek sieci, na którym wynikła awaria.

3.3.3.5. Zabezpieczenie autotransformatorów

- 1) Autotransformatory olejowe powinny być wyposażone w następujące układy zabezpieczenia:
 - a) zabezpieczenie różnicowe od zwarć wewnętrznych w autotransformatorze działające na wyłączenie,
 - b) zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne od zwarć zewnętrznych działające na wyłączenie,
 - c) zabezpieczenie fabryczne autotransformatora (Bucholza),
 - d) zabezpieczenie przeciążeniowe działające na sygnalizację.

3.3.3.6. Zabezpieczenia pól 25 kV baterii kondensatorów

- 1) Pola SN baterii kondensatorów powinny posiadać następujące zabezpieczenia:
 - a) zabezpieczenie nadprądowe od zwarć zewnętrznych działające na wyłączenie baterii,
 - b) zabezpieczenie od zwarć wewnętrznych działające na wyłączenie baterii.

3.4. Sieć trakcyjna w systemie 2x25 kV AC

3.4.1. Parametry sieci jezdnej

3.4.1.1. Zalecenia ogólne

- 1) Na liniach kolejowych przy projektowaniu konstrukcji wsporczych należy uwzględniać skrajnie infrastruktury określonych na podstawie kinematycznego zarysu podanego w normie PN- EN 15273-2+A1:2017-03 (kolumna pierwsza tab. A.2 załącznika A) [14], które zostały opisane w TSI „Tabor” – lokomotywy i tabor pasażerski systemu kolei w Unii Europejskiej” Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1302/2014 [15] i lub skrajni kinematycznej i budowlanej GC.
- 2) 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) Do sieci trakcyjnej zalicza się:
 - a) fundamenty;
 - b) konstrukcje wsporcze i wsporniki;
 - c) podwieszenia sieci jezdnej;
 - d) lina nośna, przewód jezdny, wieszaki, połączenia elektryczne;
 - e) zasilacz dodatkowy wraz z osprzętem;
 - f) urządzenia naprężające;
 - g) sieć powrotna;
 - h) system ochrony przeciwporażeniowej i odgromowej;
 - i) izolatory sekcyjne, aparatura łączeniowa.
- 4) Parametrami eksploatacyjnymi jakimi powinny cechować się sieci jezdne są zawarte w p. 4.2.2.2 TSI „Energia” [3].
- 5) Podczas dokonywania obliczeń sieci trakcyjnej należy przyjąć maksymalną prędkość jazdy równą:
 - a) 350 km/h dla linii kolejowej P1, M1,
 - b) 250 km/h dla linii kolejowej P2, M2,
 - c) 200 km/h dla linii kolejowej P3, P4, M3.
- 6) Dla dokonania obliczeń należy przyjąć projektowy promień łuku poziomego i łuku pionowego zawarty w Tomie I.1 Droga szynowa – Układ geometryczny.

- 7) Podczas dokonywania obliczeń należy przyjmować następujące temperatury charakterystyczne otoczenia:
 - a) temperatura minimalna: - 30° C,
 - b) temperatura sadzi: - 5° C,
 - c) temperatura normalna: + 10° C,
 - d) temperatura przy wietrze: + 15° C,
 - e) temperatura maksymalna: + 40° C,
- 8) Temperaturę maksymalną dopuszczalną długotrwałą przewodów, w tym zasilacza dodatkowego należy przyjąć zgodnie z PN-EN 50119:2020, PN-EN 50149:2012. Do obliczeń należy przyjmować nagrzewanie się elementów sieci od przepływu prądu.
- 9) Podczas obliczeń wytrzymałościowych należy uwzględnić siły trwale działające tj. ciężar przewodu i osprzętu sieci jezdnej, naciąg przewodów.
- 10) Podczas obliczeń wytrzymałościowych należy uwzględnić obciążenia doraźne tj. ciężar sadzi, parcie wiatru, nacisk odbieraków prądu, obciążenia przy montażu sieci, obciążenia przy zerwaniu przewodów.
- 11) We wszystkich przypadkach należy uwzględniać ugięcie konstrukcji wsporczych przy największym charakterystycznym obciążeniu również obciążeniem wiatrowym. Obciążenie wiatrowe należy przyjąć według normy PN-EN 50341-2-22:2022-06.
- 12) Obciążenia wiatrem przewodów sieci trakcyjnej należy obliczać zgodnie z wymaganiami podanymi w p.4.3 normy PN-EN 50341-2-22:2022-06 [18]. Współczynnik opływu sieci trakcyjnej należy obliczyć według zasad podanych p. 6.2.4 normy PN-EN 50119:2020 [17] uwzględniając wpływ wieszaków i uchwytów wieszakowych.
- 13) Obciążenia sadyi przewodów sieci trakcyjnej należy określać według p.4.5 normy PN-EN 50341-2-22:2022-06 [18].
- 14) Nie uwzględnia się sadzi katastrofalnej. Nie należy uwzględniać ciężaru sadzi na wieszakach i elementach osprzętu sieci trakcyjnej.
- 15) Szczegółowe wymagania dotyczące zbliżeń dla sieci i instalacji nie związanych z prowadzeniem ruchu kolejowego zawarte w Tomie X Koliduje z sieciami zewnętrznymi.

3.4.1.2. Sieć trakcyjna w tunelu

- 1) Podstawowo w tunelach zaleca się stosowanie sieci trakcyjnej łańcuchowej. W tunelach bądź w innych obiektach o ograniczonej skrajni dopuszcza się stosowanie górnej sztywnej sieci jezdnej. Wymagania dotyczące zasilania energią elektryczną w tunelu są przedstawione w Tomie III.2 – Tunele. Taka sieć trakcyjna może być zastosowana do zasilania pojazdów szynowych w tunelach, na mostach, a także w halach serwisowych w systemie zasilania 2x25 kV.
- 2) Zasadniczymi częściami górnej sztywnej sieci są: szyna prądowa z zaciśniętym przewodem jezdny, wsporniki z izolatorami do mocowania do sufitu tunelu lub do ściany tunelu, kotwienie środkowe. W mocowaniu sztywnej sieci należy wbudować izolator przystosowany do pracy w systemie napięcia 25 kV lub wyższym. Do podziału elektrycznego należy użyć izolator sekcyjny lub izolowane przęsło.
- 3) Górna sztywna sieć trakcyjna może być zawieszona na zaprojektowanych do tego celu wolnostojących konstrukcjach wsporczych.
- 4) W strefie przejściowej pomiędzy górną sztywną siecią jezdnią a siecią łańcuchową składającą się z liny nośnej i przewodu jezdny, należy zaprojektować element górnej sztywnej sieci jezdnej, o zmiennej elastyczności, dopasowujący elastyczność sztywnej sieci jezdnej do elastyczności sieci łańcuchowej. Dopuszcza się zastosowanie innego rozwiązania zapewniającego dopasowanie elastyczności sieci sztywnej z siecią łańcuchową. Dopuszcza się zastosowanie innego rozwiązania zapewniającego dopasowanie elastyczności sieci sztywnej z siecią łańcuchową. Zastosowane rozwiązanie musi spełniać wymagania TSI „Energia” w zakresie współpracy dynamicznej pantografu z siecią jezdnią.
- 5) W tunelach sieć jezdna powinna posiadać możliwość obustronnego (na jego końcach) odizolowania, poprzez rozłączniki ze stykiem uziemiającym, od pozostałej części sieci.

- 6) Sieć trakcyjną w tunelach należy projektować zgodnie z wymaganiami producentów, biorąc pod uwagę lokalizację oraz zalecenia zarządcy infrastruktury.
- 7) W przypadku sekcjonowania sieci trakcyjnej w tunelu, należy zapewnić przestrzeń dla aparatury.

3.4.1.3. Prędkość propagacji fali mechanicznej

- 1) Prędkość propagacji fali mechanicznej należy tak dobrać, ażeby prędkość maksymalna jazdy na danej linii nie była większa od 70 % prędkości propagacji fali.

3.4.1.4. Geometria, konstrukcja i prowadzenie sieci jezdnej

- 1) Zaleca się stosowanie sieci łańcuchowych skompensowanych składających się z jednej liny nośnej i jednego przewodu jezdnej.
- 2) Zaleca się stosowanie następujących wysokości konstrukcyjnych:
 - a) 1,40 – 1,80 m dla sieci łańcuchowych szlakowych i torów głównych zasadniczych stacji,
 - b) 1,30 m dla sieci łańcuchowych torów bocznych stacyjnych.
- 3) Dla sieci trakcyjnej (górnjej) systemu zasilania 25 kV w obszarze pantografu zgodnie z p. 4.2.10 TSI „Energia” [3] żadna z części podsystemu „Energia” nie może wchodzić w mechaniczną skrajnię kinematyczną (GC) pantografu za wyjątkiem przewodu jezdnej i ramienia odciągowego połączonego ze słupem. Opis postępowania przy obliczaniu mechanicznej skrajni został podany w dodatku D do TSI „Energia”. Skrajnia pantografu jest zachowana jeżeli jednocześnie zachowana jest skrajnia mechaniczna i elektryczna.
- 4) Dla systemu zasilania 2x25 kV sieć trakcyjną należy zaprojektować dla pantografu o długości ślizgacza 1600 mm zgodnie z p. A 2.1 normy PN-EN 50367:2021-06 [16].
- 5) Sieć trakcyjną należy budować zgodnie z wymaganiami podanymi w p. 4.2 TSI „Energia” [3] oraz p. 5 i 6 PN-EN 50119:2020 [17]. Ogólną konstrukcję urządzeń i parametry sieci trakcyjnej określa karta IRS 70799:2019 [19].
- 6) Zgodnie z wymaganiami p. 4.2.9.1 TSI „Energia” [3] i p. 5.2.3 normy PN-EN 50367:2021-06 [16] dla prędkości jazdy powyżej 250 km/h znamionowa wysokość sieci jezdnej powinna zawierać się pomiędzy 5080 a 5300 mm.
- 7) Dla prędkości jazdy równej 250 km/h i wyższej nie dopuszcza się profilowania wysokości przewodu jezdnej. Dla niższych prędkości dopuszczalne wartości pochylenia przewodu jezdnej zapisane są w treści normy PN-EN 50119:2020 [17] – punkt 5.10.3. Jeżeli ze względu na warunki lokalne, np. mosty, konieczna jest zmiana wysokości przewodu jezdnej, wartości projektowe gradientu i zmiany gradientu nie powinny przekraczać wartości podanych w p. 5.10.3 normy PN-EN 50119:2020 [17].
- 8) Wysokość zawieszenia przewodu jezdnej zgodnie z p. 4.2.9 TSI „Energia” [3] dla prędkości:
 - a) równej lub większej od 250 km/h powinna znajdować się w przedziale od 5080 mm do 5300 mm,
 - b) mniejszej od 250 km/h powinna znajdować się w przedziale od 5000 mm do 5700 mm,
 - c) dla prędkości 250 km/h i wyższych nie dopuszcza się profilowania poziomu przewodu jezdnej.
- 9) Maksymalne poprzeczne odchylenia przewodu pod wpływem wiatru bocznego liczone od osi toru, dla pantografu o długości ślizgacza 1600 mm oraz 1950 mm musi być zgodne z wartościami podanymi w tabeli 4.2.9.2. TSI „Energia” [3].
- 10) Odsuw przewodu jezdnej powinien wynosić:
 - a) na prostej ± 200 mm,
 - b) na łukach o $R < 4000$ m przewód jezdny należy poprowadzić w środku przęsła stycznie do osi toru a odsuw w miejscu podwieszenia zwiększyć, nie powinien przekraczać wartości 300 mm.
 - c) W rejonie rozjazdów i przęseł naprężenia odsuwy mogą się różnić od wartości nominalnych, ale nie większych niż 360 mm.
- 11) Zaleca się, aby pełny cykl odsuwów sieci jezdnej zamykał się w dwóch bezpośrednio po sobie następujących przęsłach, odsuw liny nośnej i przewodu jezdnej powinien być taki sam i w tym samym kierunku.
- 12) Maksymalne odchylenie poprzeczne przewodu jezdnej względem osi toru pod wpływem wiatru bocznego wynosi 400 mm dla pantografu o długości 1600 mm. Podaną wartość należy skorygować uwzględniając ruch pantografu oraz tolerancję toru zgodnie z p. D.i.4 TSI „Energia”.

- 13) Największą rozpiętość przęsła na prostej określa się z warunku wywiania wiatrowego. Nie może być przekroczone dopuszczalne wychylenie przewodu jezdnego od osi toru, podane w TSI „Energia” [3] – punkt 4.2.9.2 w warunkach zagwarantowania właściwej dynamicznej współpracy sieci jezdnej z odbierakami prądu.
- 14) Maksymalna długość odcinka naprężenia i kotwienia środkowego zależy od typu sieci jezdnej z uwzględnieniem obliczeń rozszerzalności cieplnej.
- 15) Dla odcinków naprężenia sieci jezdnej naprężonej obustronnie należy stosować kotwienia środkowe sieci. Maksymalna długość odcinka sieci jezdnej pomiędzy kotwieniem krańcowym i kotwieniem środkowym dobiera się w zależności od maksymalnego odchylenia podwieszenia oraz zakresu pracy urządzenia naprężającego.
- 16) 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.
- 17) 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.
- 18) W przypadku stosowania kilku podwieszeń (na rozstawionych wspornikach) na jednym konstrukcji wsporczej musi być zapewniona możliwość wychylenia wszystkich podwieszeń w pełnym zakresie temperatur oraz jeśli to konieczne należy zapewnić odległość izolacyjne między podwieszeniami w stanie statycznym i dynamicznym.
- 19) Różnica długości między kolejnymi, sąsiadującymi przęsłami nie powinna być większa niż 10m.
- 20) W celu ochrony przed występowaniem zjawisk rezonansowych w sieci, należy ograniczać dopuszczalną liczbę przęseł następujących po sobie o jednakowej długości. Dopuszczalna liczba jednakowych następujących po sobie przęseł będzie zależna od typu sieci i będzie określał przez projektanta. Różnica długości kolejnego sąsiadującego z takim ciągiem przęsła do poprzedniego nie może być większa niż 10%.
- 21) Przy rozstawieniu konstrukcji i obliczaniu maksymalnej długości odcinka naprężenia należy uwzględniać w obliczeniach kompensację wydłużenia obiektów.
- 22) Kotwienie środkowe należy wykonać dla liny nośnej oraz stosować połączenie przewodu jezdnego z liną nośną w celu zapobieżenia nadmiernego przesunięcia elementu w przypadku zerwania jednego z nich.
- 23) Podstawowo, w otwartej przestrzeni, kotwienia krańcowe sieci jezdnej oraz pozostałych przewodów umieszczać na słupach bramek lub indywidualnych z odciągami.

3.4.1.5. Odległości izolacyjne

- 1) W najniekorzystniejszych obliczeniowych warunkach atmosferycznych odległość pomiędzy siecią trakcyjną i jej elementami będącymi pod napięciem w normalnym stanie pracy lub odbierakiem prądu znajdującym się pod napięciem a obiektami uziemionymi, powinna wynosić co najmniej 270 mm w warunkach statycznych i 150 mm w warunkach dynamicznych, o ile w dalszej części nie jest postanowione inaczej, zgodnie z normą PN-EN 50119:2020 [17].
- 2) Minimalne odstępy izolacyjne pomiędzy częściami roboczymi sieci jezdnej systemu 2 x 25 kV AC podłączonymi do różnych faz powinny być zgodne z normą PN-EN 50119:2020 [17].
- 3) Odległość sieci jezdnej lub jej elementów będących pod napięciem od części urządzeń sygnalizacji wzrokowej oraz od części urządzeń oświetlenia zewnętrznego, powinna być zgodna z normą PN-EN 50124-1:2017 [30] oraz PN-EN 50122-1:2023 [9]
- 4) Odległości te powinny być zachowane we wszystkich położeniach pracy elementów sygnalizatorów i oświetlenia zewnętrznego przy najbardziej niekorzystnych obliczeniowych warunkach atmosferycznych.
- 5) Odległości pomiędzy siecią jezdną lub jej elementami będącymi pod napięciem a powierzchniami przeznaczonymi do przebywania ludzi określają zapisy normy PN-EN 50122-1:2023 [9] – punkt 5.2.1.
- 6) Odległości, o których mowa w punkcie 3.4.1.4 4) mogą być zmniejszone pod warunkiem zastosowania barier odpowiadających wymaganiom zapisanym w normie PN-EN 50122-1:2023 [9]

– punkt 5.3.1.

- 7) Zaleca się, aby krzyżujące się sieci stanowiły jedną grupę elektryczną i były połączone między sobą połączeniem elektrycznym wyrównawczym. W izolowanym przęśle naprężenia należy stosować izolator przed każdym słupem krzyżowym.

3.4.1.6. Konstrukcje wsporcze i fundamenty

- 1) W sieciach trakcyjnych systemu zasilania 2x25kV należy stosować konstrukcje wsporcze gładkopowierzchniowe o jak najmniejszym śladzie węglowym.
- 2) Jeżeli zostaną zastosowane stalowe konstrukcje wsporcze, to powinny być ocynkowane zanurzeniowo warstwą cynku 150 µm zgodnie z wymaganiami normy PN-93/E-04500 [22] lub wykonane ze stali trudnokorodującej.
- 3) Stalowe konstrukcje wsporcze należy wykonywać ze stali S355J0 w klasie korozyjności C4.
- 4) W przypadku stosowania konstrukcji stalowych powierzchnia metalu musi być wstępnie przygotowana np. poprzez piaskowanie.
- 5) Nie dopuszcza się stosowania konstrukcji wsporczych, nie będących gładkopowierzchniowymi w swoim podstawowym wykonaniu, a obudowanych dodatkowymi osłonami.
- 6) Konstrukcje wsporcze powinny być zabezpieczone gwarancją nie ulegania korozji przez min 50 lat.
- 7) Podstawowo zaleca się wykonanie fundamentów metodą wiercenia, umożliwiającą betonowanie konstrukcji bezpośrednio w fundamencie. W sytuacjach wyjątkowych można zastosować wykonanie fundamentów metodą wiercenia ze śrubami do montażu słupów stopowych. Dopuszcza się również wykonanie fundamentów techniką palowania, a w szczególnych przypadkach zakopywanie fundamentów blokowych z warstwowym zagęszczeniem gruntu.
- 8) Fundamenty słupowe oraz głowice fundamentowe należy wykonać zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 13670:2011 [31].
- 9) Minimalna klasa betonu dla fundamentów konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej wynosi C35/45
- 10) Minimalna klasa betonu dla głowic fundamentowych wynosi C30/37.
- 11) Wymagania dotyczące mieszanki betonowej i stwardniałego betonu powinny być zgodne z normą PN-EN 206+A2:2021-08 [32]. Składniki użyte do wykonania mieszanki betonowej powinny spełniać wymagania jakościowe określone przez stosowne normy: PN-EN 197-1:2012 [33] i PN-EN 12620+A1:2010 [34]. Ze względu na właściwe ułożenie mieszanki betonowej w fundamentach zaleca się stosować kruszywo o ziarnach nie przekraczających $d_g = 16$ mm.
- 12) Kruszywo zastosowane do betonu powinno posiadać odpowiednią odporność na zamrażanie / rozmrażanie zgodnie z normą PN-EN 12620+A1:2010 [34], natomiast mieszanka betonowa powinna charakteryzować się minimalną zawartością powietrza 4,0% PN-EN 206+A2:2021-08 [32], a stwardniały beton nasiąkliwością poniżej 5% (jak dla betonów narażonych na bezpośrednie na działanie czynników atmosferycznych według normy PN-B-06265:2022-08 [35] oraz odpornością na działanie mrozu F150 zgodnie z normą PN-B-06265:2022-08 [35]).
- 13) Mieszanka betonowa nie może zawierać Marconitu, dodatku poprawiającego przewodność elektryczną betonu.
- 14) Dla konstrukcji wsporczych betonowych głowice fundamentowe nie są wymagane.
- 15) Wymagania dla konstrukcji wsporczych:
 - a) w budowie sieci trakcyjnej należy podstawowo stosować konstrukcje wsporcze sieci jezdnej w formie słupów indywidualnych, gładkopowierzchniowych. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się zastosowanie konstrukcji wsporczych gładkopowierzchniowych do bramek lub półbramek oraz podwieszeń poprzecznych.
 - b) W wyjątkowych przypadkach dopuszcza się zastosowanie konstrukcji wsporczych o specjalnych rozwiązaniach.
 - c) obliczenia statyczne i projektowanie stalowych konstrukcji wsporczych należy dokonywać na podstawie normy ZN-87/MTŻiŁ-CBP-11 [36] oraz PN-EN 1993-1-1:2006 [37],
 - d) obliczenia statyczne i projektowanie żelbetowych konstrukcji wsporczych należy dokonywać na

- podstawie norm PN-EN 1992-1-1:2008 [38] i ZN-89/MŻiŁ-CBP-10 [39],
- e) podczas projektowania wysokości konstrukcji wsporczych należy wziąć pod uwagę konieczność mocowania do nich przewodu uziemienia grupowego, przewodu powrotnego oraz przewodu zasilacza dodatkowego dla systemu zasilania 2x25 kV,
 - f) należy dążyć do ustawiania konstrukcji wsporczych sieci jezdnej każdego toru szlaku dwutorowego symetrycznie, naprzeciw siebie, przy założeniu unikania zastosowania dwóch przeciwległych podwieszów „od słupa”.
 - g) konstrukcje wsporcze sieci jezdnej powinny być tak rozstawiane, aby zachowana była widoczność sygnalizatorów świetlnych.
- 16) Zabrania się montowania wsporników sieci trakcyjnej do dźwigara lub wysięgu na dwa tory nad peronami .
 - 17) Uziemienie konstrukcji wsporczych opisano w pkt. Ochrona przeciwporażeniowa i bezpieczeństwo
 - 18) Dla konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej (słupowych i odciągów) zlokalizowanych w strefie separacji systemów należy zabudować fundamenty palowe z tulejkami izolacyjnymi.
 - 19) Konstrukcje wsporcze w strefach separacji systemów muszą się odróżniać wizualnie od pozostałych konstrukcji. W sekcji separacji systemów należy zabudowywać konstrukcje typu 1655, 1668, 1669, 1909, 3118, 3119, 3128.
 - 20) Konstrukcje wsporcze zasadniczo należy lokalizować na zewnątrz ławy torowiska. W rejonie posterunków ruchu, dopuszcza się lokalizowanie konstrukcji w międzytorzach, a wyjątkowo wewnątrz torów szlakowych i głównych zasadniczych w rejonie Miejsca Ewakuacji i Ratownictwa, przy założeniu spełnienia odległości zgodnie z Tomem I.4 – Droga szynowa – skrajnia.
 - 21) Nie przewiduje się stosowania zawieszów poprzecznych dla sieci jezdnych przeznaczonych do eksploatacji z maksymalną prędkością pociągów na poziomie 250 km/h i powyżej.

3.4.1.7. Przewody i materiały elementów sieci jezdnej

- 1) Przewód jezdny powinien spełniać wymagania normy PN-EN 50149:2012 [20]– tablice 1, 3, 4 i 5.
- 2) Materiały dopuszczone do stosowania w przewodach jezdnych to miedź oraz stopy miedzi. Zaleca się stosowanie materiałów oznaczonych w przedmiotowej normie następującymi symbolami: Cu-ETP; CuAg010; CuMg0,2; CuMg0,5.
- 3) Zalecany przekrój przewodu jezdnego powinien wynosić od 100 mm² do 150 mm².
- 4) Naprężenia w stanie maksymalnego zużycia przewodu nie mogą przekroczyć wartości dopuszczalnych zgodnie z normą PN-EN 50119:2020 [17] – punkt 5.3.1. Obliczenia należy dokonać przyjmując maksymalne miejscowe zużycie przewodu jezdnego 30 %.
- 5) Lina nośna powinna być wykonana z miedzi lub stopu miedzi o przekroju od 70 mm² do 150 mm² i spełniać wymagania normy PN-E-90081:1974 [21].
- 6) Zasilacze dodatkowe sieci trakcyjnej z reguły należy stosować w wykonaniu napowietrznym. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się stosowanie zasilacza dodatkowego w wykonaniu kablowym.
- 7) Własności elektryczne i mechaniczne przewodów zasilaczy dodatkowych dla systemu zasilania 2x25 kV powinny spełniać wymagania norm PN-IEC 1089:1994 [25] i PN-E-90081:1974 [21]. Zaleca się stosowanie przewodów AFL, przekrój należy dobrać na podstawie obliczeń.
- 8) Przewody uziemiające, powrotne oraz przewody zasilaczy dodatkowych powinny być mocowane w osi na górze konstrukcji wsporczej lub po przeciwnej stronie konstrukcji wsporczej w stosunku do osi toru,
- 9) Przy krzyżowaniu się przewodu zasilacza dodatkowego z linią nośną powinien zostać, w najniekorzystniejszych warunkach, zachowany minimalny odstęp wynoszący 540 mm ,
- 10) Nie należy prowadzić przewodów uziemiających i uziemiająco-powrotnych oraz przewodów zasilaczy dodatkowych nad peronami. W przypadku konieczności należy postępować zgodnie z postanowieniami podanymi w p. 3.6 Tomu X Koliduje z sieciami zewnętrznymi.

- 11) Skrzyżowania i zbliżenia napowietrznych linii elektroenergetycznych z przewodami sieci trakcyjnej powinny odpowiadać wymaganiom normy PN-EN 50341-1:2013-03 [40].
- 12) W kotwieniu środkowym dopuszcza się zastosowania linki stalowej.

3.4.1.8. Izolatory

- 1) Wymagania ogólne:
 - a) Podstawowo w linach, przewodach oraz jako sekcyjne należy stosować izolatory z takich materiałów, które podlegają procesowi recyklingu. Zabrania się stosowania izolatorów kompozytowych w podwieszeniach sieci trakcyjnej i zasilacza dodatkowym, w pozostałych przypadkach zastosowanie izolatorów kompozytowych ograniczyć do uzasadnionego niezbędnego minimum.
 - b) Kształt i ułożenie kloszów należy projektować/dobierać zgodnie z zastosowaniem izolatora, tak aby uniknąć gromadzenia się w kloszach wody deszczowej.
 - c) Wymiary i profil kloszów izolatora muszą być zgodne z normą IEC TS 60815-2:2008 [42].
 - d) O ile nie określono inaczej, tolerancje wymiarów izolatora są określone przez IEC 60383-1:2023 [41].
 - e) Każdy izolator musi być opatrzony numerem seryjnym umożliwiającym identyfikację izolatora i jego producenta.
 - f) Każdy izolator powinien być indywidualnie pakowany tak, aby był chroniony przed zniszczeniem.
 - g) Stosowanie ołowiu jest zabronione.
 - h) Izolacja wielostronna jest zabroniona.
- 2) Charakterystyka elektryczna izolatorów:
 - a) Izolatory są przystosowane do najwyższych napięć elektrycznych, jakie muszą wytrzymać podczas pracy.
 - b) Elektryczna wytrzymałość izolatorów musi być zgodna z poziomami napięć zawartymi w normach PN-EN 50163:2006 [8] oraz PN-EN 50388-1:2023-05 [6], które należy traktować jako przypisane napięcie izolacji izolatorów i należy je uwzględnić przy definiowaniu znamionowego napięcia odporności na wyładowania określonego w normie PN-EN 50124-1:2017 [30].
 - c) Zgodnie z normą PN-EN 50124-1:2017 [30] sieć trakcyjna wymaga przepisów przepięciowych charakteryzujących się kategorią przepięciową OV3.
 - d) Znamionowe napięcie udarowe (U_{Ni}) wynosi 250 kV, a napięcie testowe częstotliwości przemysłowej (U_a) wynosi 95 kV. Wartości te są charakterystykami elektrycznymi, które należy wziąć pod uwagę przy badaniach elektrycznych izolatorów.
 - e) Minimalny odstęp izolacyjny powierzchniowy ustala się na 1200 mm zgodnie z normą PN-EN 50124-1:2017 [30], która zaleca wymiarowanie odstępu izolacyjnego powierzchniowego min 24 mm/kV w normalnych warunkach pracy.
- 3) Właściwości mechaniczne izolatorów:
 - a) Izolatory muszą być przystosowane do najwyższych naprężeń mechanicznych, jakie powinny wytrzymać podczas pracy.
 - b) Stosunek sił powodujących pęknięcie izolatorów do sił odpowiadających maksymalnym obciążeniom mechanicznym powinien wynosić więcej niż 3.
- 4) Badania:
 - a) Izolatory podwieszonych, odciągowe, kotwowe, zawieszonych i połączeń powinny spełniać wymagania normy IEC 60383-1:2023 [41].
 - b) Izolatory wsporcze powinny spełniać wymagania normy IEC 60168:1994+AMD1:1997+AMD2:2000 CSV [43].
 - c) Izolatory muszą być również poddawane testowi sztucznego zanieczyszczenia zgodnie z wymaganiami normy IEC 60507:2013 [26] o poziomie zasolenia równym 80g/litr wody, napięcie probiercze do tego testu jest większe niż 38,7 kV.
 - d) Ponadto izolatory odciągowe i wsporcze podwieszonych sieci trakcyjnej oraz zasilacza

dotatkowego muszą być badane odpowiednio na zginanie, ściskanie lub rozrywanie" przy normalnych, szczególnych i maksymalnych obciążeniach mechanicznych.

- e) Oczekiwany efekt na koniec każdego z tych badań jest następujące:
- przy obciążeniach mechanicznych dla normalnych warunków pracy podczas I_{min} : brak odkształceń szczątkowych,
 - przy obciążeniach mechanicznych dla szczególnych warunków pracy równych 2-krotności I_{min} : dopuszczalne jest tylko odkształcenie plastyczne łączenia,
 - przy obciążeniach mechanicznych dla maksymalnych warunków pracy równych 3-krotności I_{min} : brak pęknięcia izolatora.

3.4.1.9. Materiały osprzętu sieci trakcyjnej.

- 1) Osprzęt nośno-przewodzący (złączki, uchwyty itp.) powinien być wykonywany z miedzi lub na bazie stopów miedzi w technologii kucia i charakteryzować się następującymi własnościami:
 - a) Przewodność elektryczna: min. 20 MS/m,
 - b) Twardość: min. 220 HV10,
 - c) Wytrzymałość na rozciąganie: min. 700MPa,
 - d) Brak wad wewnętrznych oraz wad spójności elementów osprzętu po procesie wytwarzania,
 - e) Wysoka odporność korozyjna umożliwiającą pracę wyrobów przez okres min. 50 lat,
 - f) Rezystancja połączenia mniejsza lub równa od rezystancji odcinka przewodu o mniejszym przekroju poprzecznym i długości odpowiadającej długości połączenia.
- 2) W sieci jezdnej, poza tulejkami wieszaków, należy stosować wyłącznie złącza i złączki śrubowe.
- 3) Siła wyślizgu dla osprzętu przynoszącego siłę naciągu powinna wynosić co najmniej 85 % siły zrywającej przewód. W przypadku łączenia przewodów o różnych przekrojach ta siła powinna wynosić co najmniej 85 % siły zrywającej przewód o mniejszym przekroju.
- 4) W nowych sieciach jezdnych torów szlakowych i głównych zasadniczych stacji niedozwolone jest stosowanie złącz przewodów jezdnych,
- 5) Przekrój lin połączeń elektrycznych sieci jezdnych powinien wynosić co najmniej 50% większego z przekrojów sumarycznych (liny nośnej i przewodu jezdnego) łączonych sieci jezdnych,
- 6) Wymagania dla wieszaków są następujące:
 - a) konstrukcja powinna zapewniać stałe (nieprzesuwalne) usytuowanie wieszaka w miejscu montażu na linii nośnej, linii uelastyczniającej i na przewodzie jezdnym,
 - b) w zależności od typu sieci wieszaki powinny zostać wykonane z linki miedzianej (Cu) lub stopu miedzi (BzII) o przekroju od 10 mm² do 35 mm²,
- 7) Należy stosować podwieszenia sieci trakcyjnej w wykonaniu o niskich kosztach utrzymania i jak najmniejszym śladzie węglowym.
- 8) Elementy podwieszek powinny być zabezpieczone gwarancją nie ulegania korozji przez min 50 lat.
- 9) Stalowe elementy podwieszek należy wykonywać ze stali S355J0 w klasie korozyjności C4.
- 10) Przy stosowaniu elementów rurowych jako poszczególne części podwieszek muszą one być w wykonaniu bezszwowym.
- 11) Aparatura łączeniowa sieci trakcyjnej powinna spełniać wymagania normy EN 50152-2. Łączniki sieci trakcyjnej muszą być wyposażone w napędy mechaniczne sterowane ręczne, lokalnie oraz zdalnie kablowo i radiowo.
- 12) Należy stosować kotwienia bezciężarowe.
- 13) Należy stosować system monitorowania sieci trakcyjnej
 - a) system musi być wyposażony niezależne źródło zasilania;
 - b) rejestrujący minimalny naciąg indywidualnie przewodów jezdnych i lin nośnych z informacją alarmową;
 - c) informujący o oblodzeniu sieci trakcyjnej na danej sekcji;
 - d) stwierdzający napięcie w sieci trakcyjnej;
 - e) do systemu monitorowania sieci należy również system monitorowania pantografu i system kontroli pojawienia się napięcia na sekcji neutralnej SSS;
 - f) system monitorowania pantografu należy zabudowywać w odległości 500-1000m od SSS w

kierunku jazdy z zasilaniem AC.

14) Należy stosować system odciążania sieci trakcyjnej.

3.4.2. Linie kablowe 25kV AC

- 1) Elektroenergetyczne linie kablowe 25 kV służące zasilaniu trakcyjnemu, zaleca się prowadzić wzdłuż linii kolejowej po terenie będącym w dyspozycji zarządcy infrastruktury kolejowej w przestrzeni pomiędzy ekranem akustycznym a ogrodzeniem w odległości co najmniej 1,5 m od fundamentów ekranów akustycznych lub innych konstrukcji.
- 2) Lokalizacja poszczególnych ciągów kablowych w tym również kabli 25 kV podana jest w Tomie IV Elektroenergetyka nietrakcyjna.
- 3) Minimalna głębokość ułożenia kabli 25 kV, mierzona jako odległość pomiędzy poziomem gruntu a powłoką górnej zewnętrznej krawędzi rury osłonowej, powinna wynosić:
 - a) 0,8 m poza stacjami,
 - b) 1,2 m w obrębie stacji.
- 4) W miejscach skrzyżowań lub zbliżeń budowanych linii kablowych 25 kV z innymi obiektami lub przeszkodami terenowymi kable należy układać w rurach osłonowych lub w dwuwarstwowych rurach karbowanych odpornych na uszkodzenia mechaniczne, a tam gdzie to niezbędne również na promieniowanie UV. W przypadku układania kabli w rurach osłonowych, należy stosować rury przeznaczone do wykopów otwartych, karbowane dwuścienne, a w przypadku przecisków i przewiertów rury gładkie.
- 5) Kable na słupach należy układać w rurach osłonowych odpornych na promieniowanie UV i uszkodzenia mechaniczne.
- 6) Sposób układania kabli powinien być zgodny z normą N-SEP-004.
- 7) W przypadku skrzyżowań z torami należy zachować następującą odległość wynikającą ze skrajni budowlanej poniżej główki szyny linii kolejowej:
 - a) co najmniej 1,5 m od górnej powierzchni tocznej główki szyny,
 - b) co najmniej 0,5 m od dna rowu odwadniającego,
 - c) co najmniej 0,8 m od dolnej rury kanału technologicznego i dna kanału kablowego służącego prowadzeniu kabli elektroenergetycznych niskiego napięcia i kabli teletechnicznych.
- 8) Kable układane pod torami należy umieszczać w rurach osłonowych sztywnych.
- 9) Kabel nie może znajdować się w zarysie skrajni budowlanej poniżej główki szyny (opis w Tomie I.4 Droga Szynowa – Skrajnia), czyli w odległości mniejszej niż 2,2 m liczonej od osi toru i na głębokości mniejszej niż 1,5 m liczonej od główki szyny.
- 10) Projektowanie i budowę linii kablowych 25 kV należy prowadzić w oparciu o rozwiązania techniczne i materiały, powszechnie stosowane w energetyce, posiadające stosowne atesty i aprobaty techniczne, dopuszczone do stosowania w budownictwie.
- 11) Kable podczas układania należy oznakować. Na zewnętrznej powłoce rury ochronnej lub bezpośrednio na kablu w odstępach, nie większych niż 1 m powinny być umieszczone przez wykonawcę następujące informacje:
 - a) typ kabla,
 - b) napięcie znamionowe,
 - c) oznaczenia właściciela linii,
 - d) znacznik bieżącej długości kabla,
 - e) miejsce zasilania.
- 12) Trasa kabla powinna być oznakowana.
- 13) Zasilacze sieci trakcyjnej zaleca się realizować w wykonaniu kablowym, a tylko w wyjątkowych przypadkach jako linie napowietrzne. Dla wykonania kablowego stosować wymagania jak dla linii kablowych 25 kV AC.
- 14) Elektroenergetyczne linie kablowe 25 kV służące zasilaniu trakcyjnemu, powinny być prowadzone w sposób eliminujący zagrożenia wynikające ze szkodliwego oddziaływania pól elektromagnetycznych na kable telekomunikacyjne i teletechniczne.
- 15) W przypadku uzasadnionego odstępstwa od prowadzenia kabli podanego w punkcie 3.4.1.1 należy

przestrzegać podanych zasad:

- a) kablowe linie elektroenergetyczne 25 kV służące zasilaniu trakcyjnemu nie mogą w żadnym punkcie stykać się z liniami elektroenergetycznymi niskiego napięcia i teletechnicznymi,
- b) przy zbliżeniach kable teletechniczne należy umieszczać w rurze osłonowej dwudzielnej metalowej uziemionej, przy czym należy zachować co najmniej 1 m odległości,
- c) maksymalna długość zbliżenia nie może przekraczać 10 m,
- d) przy skrzyżowaniach linii elektroenergetycznych 25 kV z kablami teletechnicznymi, kable teletechniczne należy umieszczać w rurze osłonowej dwudzielnej metalowej uziemionej, przy czym należy zachować co najmniej odległość 0,5 m,
- e) każde zbliżenie i skrzyżowanie nie zachowujące podanych odległości wymaga wykonania analizy oddziaływania elektromagnetycznego na kable teletechniczne.

3.4.3. Sekcjonowanie sieci jezdnej

3.4.3.1. Sekcjonowanie na szlakach, stacjach, posterunkach odgałęźnych

- 1) Sekcjonowanie sieci jezdnej powinno być dokonywane przez:
 - a) sekcjonowanie podłużne – elektryczny podział sieci jezdnej tego samego toru,
 - b) sekcjonowanie poprzeczne – elektryczny podział sieci jezdnej pomiędzy sąsiednimi torami.
- 2) 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 za pomocą sekcjonowania poprzecznego.
- 3) W obrębie stacji należy również odizolować wzajemnie od siebie sieci jezdne torów o różnych przeznaczeniach funkcyjnych.
- 4) W torach głównych zasadniczych oraz szlakowych zabrania się używania izolatorów sekcyjnych jako elementu sekcjonowania podłużnego.
- 5) W celu bezpieczeństwa, podstawowo zaleca się stosować aparaturę łączeniową dwubiegunową w torach szlakowych, umożliwiające jednoczesne czynności łączeniowe na sieci jezdnej i przewodzie zasilacza dodatkowego. Nie dotyczy to aparatury łączeniowej w strefie separacji faz, natomiast w stacjach oraz innych posterunkach ruchu należy to rozpatrywać indywidualnie.
- 6) Należy dążyć do takiego sekcjonowania, które umożliwi zastosowanie zasilacza dodatkowego w wykonaniu napowietrznym.
- 7) Należy unikać stosowania, w układzie szeregowym, większej liczby aparatów łączeniowych 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.
- 8) Sieć jezdna prowadzona w tunelach (w tym podcięcia i na dojazdach do wejścia) powinna mieć możliwość obustronnego (na jego końcach) odizolowania, poprzez aparaturę łączeniową ze stykiem uziemiającym, od pozostałej części sieci. Należy uwzględnić wymagania Tomu III.2 oraz TSI „Bezpieczeństwo w tunelach”. Obydwa aparaty powinny być sprzężone w sposób zapewniający jednoczesne uziemienie. Aparatami łączeniowym ze stykiem uziemiającym należy również obejmować Miejsca Ewakuacji i Ratownictwa.
- 9) Rozmieszczenie aparatury łączeniowej w każdym, nieopisanym wyżej przypadku należy rozpatrywać indywidualnie.
- 10) Wymagania dotyczące sposobów numerowania sekcji, aparatury łączeniowej zawarte są w pkt. 3.4.2 Tomu II.2.

3.4.3.2. Sekcja separacji faz

- 1) Biorąc pod uwagę fakt że transformatory podstacji trakcyjnej są podłączone do dwóch faz sieci WN, sekcje zasilania po lewej i prawej stronie podstacji trakcyjnej mają różne kąty fazowe i dlatego muszą być oddzielone strefami separacji faz.
- 2) Sekcja separacji faz powinna być zaprojektowana zgodnie z wymaganiami pkt. 4.2.15 TSI „Energia” [3] w taki sposób aby zapewnić możliwość jazdy pociągów z jednej sekcji do sąsiedniej bez mostkowania tych dwóch faz.
- 3) Należy zapewnić odpowiednie środki umożliwiające ponowne uruchomienie pociągu, który został zatrzymany w obrębie sekcji separacji faz.
- 4) Długość odcinków neutralnych powinna być obrana zgodnie z zasadami normy PN-EN 50367:2021-06 [16], uwzględniając odstępy zgodnie z pkt. 5 normy EN 50119:2020 [17] oraz uniesienie S_0 .
- 5) Dla linii kolejowych preferowana jest długa sekcja separacji faz (długość odcinka neutralnego wynosi co najmniej 402 m), w której wszystkie pantografy najdłuższych pociągów zgodnych z TSI znajdują się w obrębie odcinka neutralnego. Wymagania dla takiej sekcji separacji faz podano w TSI Energia oraz w pkt. A.1.2 normy PN-EN 50367:2021-06 [16]. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się stosowanie innych rozwiązań sekcji separacji faz, jakie są przewidziane w TSI Energia oraz w normie PN-EN 50367:2021-06 [16];
- 6) Położenie wskaźnika zatrzymania w stosunku do położenia sekcji neutralnej należy zaprojektować biorąc pod uwagę profil linii, maksymalną prędkość, parametry pociągów - moc, masę przyspieszenie, opory ruchu.
- 7) Odległość semaforów od sekcji separacji faz podlega uzgodnieniu międzybranżowemu z uwzględnieniem parametrów linii kolejowej oraz taboru na etapie projektowania.

3.4.3.3. Sekcja separacji systemów

- 1) Konstrukcja sekcji separacji systemów musi odpowiadać wymaganiom podanym w pkt. 4.2.16 TSI „Energia” [3] i powinna pozwalać na przejazd pociągów w jedną z dwóch metod:
 - a) z pantografami uniesionymi i dotykającymi przewodu jezdnego,
 - b) z pantografami opuszczonymi i niedotykającymi przewodu jezdnego.
- 2) Zarządcy infrastruktury sąsiadujących systemów powinny uzgodnić metodę przejazdu pociągów przez sekcję separacji systemów zasilania,
- 3) Długość odcinków neutralnych powinna być obrana zgodnie z zasadami normy PN-EN 50367:2021-06 [16], uwzględniając odstępy zgodnie z pkt. 5 normy EN 50119:2020 [17] oraz uniesienie S_0 .
- 4) Jeżeli została obrana metoda przejazdu pociągu z pantografami uniesionymi, to muszą być spełnione następujące warunki:
 - a) konstrukcja elementów sieci trakcyjnej powinna zapobiec powstaniu zwarć lub mostkowań obydwu systemów zasilania,
 - b) w podsystemie „Energia” należy zastosować zabezpieczenia, które zapobiegają mostkowaniu obydwu sąsiadujących systemów zasilania energią w przypadkach gdy nie dojdzie do zadziałania wyłączników pokładowych,
 - c) różnice wysokości przewodu jezdnego w sekcji separacji systemów zasilania powinny odpowiadać wymaganiom pkt. 5.10.3 normy EN 50119:2020 [17].
- 5) Metoda przejazdu pociągu przez sekcję separacji systemów z pantografami opuszczonymi należy stosować kiedy nie mogą być spełnione warunki jazdy z uniesionymi pantografami.
- 6) Jeżeli została obrana metoda przejazdu pociągu z pantografami opuszczonymi sekcja separacji systemów zasilania musi być zaprojektowana w taki sposób, aby uniknąć elektrycznego połączenia dwóch systemów w przypadku przypadkowo uniesionych pantografów.
- 7) Na początku oraz końcu sekcji separacji systemów należy ustanowić znaki informacyjne, informujące o zmianie systemu zasilania (wskaźnik wjazdu do strefy 25 kV AC oraz wskaźnik wyjazdu ze strefy zasilania 25 kV AC). Szczegółowe warunki podane w Tomie VI.1 Sterowanie ruchem kolejowym – wyposażenie podstawowe.

- 8) Odległość semaforów od sekcji separacji systemów podlega uzgodnieniu międzybranżowemu z uwzględnieniem parametrów linii kolejowej oraz taboru na etapie projektowania.
- 9) Należy stosować system wykrywania napięcia w sekcji neutralnej w kierunku zasadniczym i przeciwnym do zasadniczego.

3.4.4. Rozjazdy sieci jezdnej

- 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.
- 2) Dla prędkości jazdy większej od 160 km/h 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) Dla prędkości jazdy równej 160 km/h i mniejszej rozjazdy powinny być projektowane ze krzyżowaniem przewodów jezdnych i powinny zapewniać płynny przejazd ślizgacza odbieraka prądu we wszystkich kierunkach, dla których przejście rozjazdowe jest przewidywane.
- 4) Na przejściach rozjazdowych o prędkości powyżej 160 km/h po kierunku zwrotnym, nie stosować izolatorów sekcyjnych.

3.4.5. Sieć powrotna

- 1) Dopuszczalne wartości skuteczne napięcia dotykowego podano w p.4.2.2 normy PN-EN 50122-1:2023 [9].
- 2) Sieć powrotna jest siecią połączeń ochrony przeciwporażeniowej i jest źródłem prądów ziemnopowrotnych.
- 3) Szyny jezdne wraz z przewodem uziemiającym lub powrotno-uziemiającym, uziemione celowo stanowią ziemię systemu trakcyjnego, zgodnie z zapisami normy PN-EN 50122-1:2023 [9] – punkt 3.5.3.
- 4) Wszystkie połączenia bezpośrednie do szyn jezdnych należy wykonywać do jednego toku szynowego. W przypadku, gdy urządzenia stosowane w branży SRK na to pozwalają, wskazane jest łączenie do dwóch toków.
- 5) Lokalizacje uziemień i impedancje uziomów, przewodów uziemiających lub uziemiająco-powrotnych (ziemia systemu trakcyjnego) należy określić na podstawie analizy napięć dotykowych i dostępnych zgodnie z PN-EN 50122-1:2023 [9].
- 6) 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 powinien być z AFL i mieć przekrój wynikający z obliczeń obciążalności prądowej. Przewód uziemiająco-powrotny mocowany jest do metalowych konstrukcji wsporczych i należy go podwieszać na sztywno, wykorzystując zacisk elektrycznie przewodzący. Połączenie z szynami należy wykonywać co 250÷300 m. Odległość pomiędzy połączeniami powinna zapewniać wartości napięć rażeniowych poniżej dopuszczalnych.
- 7) 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.
- 8) Projekt układu zasilania powinien zawierać oprócz schematu sieci jezdnej również schemat elektrycznego obwodu sieci powrotnej.

- 9) 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) połączenia szyn z przewodami lub szynami powrotnymi i przewodami uziemiającymi,
 - g) połączenia szyn z dostępnymi częściami przewodzącymi (uszynienia – uziemienia),
 - h) połączenia szyn lub przewodów uziemiających z uziomami,
 - i) przyłącza autotransformatorów,
 - j) przyłącza kabli powrotnych.
- 10) Przewody sieci powrotnej i połączenia elektryczne przewodzące w normalnych warunkach eksploatacji prądy robocze powinny mieć przekroje odpowiednie dla przepływu maksymalnego zastępczego 30-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.
- 11) Połączenia poprzeczne wyrównawcze oraz połączenia obejściowe powinny być wykonane łącznikami o przekroju nie mniejszym od 50 mm² Cu lub równoważnym.
- 12) Połączenia wyrównawcze międzytorowe oraz połączenia wyrównawcze pomiędzy przewodami uziemiająco-powrotnymi na liniach dwutorowych należy instalować tak ażeby uniknąć prowadzenia przewodów nad siecią jezdnią.
- 13) Wartości rezystancji i lokalizacja uziomów sieci powrotnej powinny być skoordynowane z wartościami napięć uziomowych. Bezpośrednie połączenia uziomów z obwodem powrotnym należy wykonać do jednego toku szyn.
- 14) Połączenia elektryczne do szyn, poprzez wiercenie otworów w szynie, należy wykonywać w jej strefie neutralnej mechanicznie.

3.4.6. Ochrona przeciwporażeniowa i bezpieczeństwo

3.4.6.1. Zalecenia ogólne

- 1) Spełnienie wymagań ochrony przeciwporażeniowej jest nadrzędne nad innymi wymaganiami technicznymi i środowiskowymi. Dla stosowania środków bezpieczeństwa i ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem mają zastosowanie wymagania norm: PN-EN 50122-1:2023[9], PN-EN 50119:2020 [17].
- 2) Ochrona przeciwporażeniowa w układzie zasilania trakcji elektrycznej 25 kV AC przed dotykiem powinna zawierać jeden zintegrowany system bezpośredniego uziemienia szyn jezdnych stanowiący „ziemię systemu trakcyjnego”, zgodnie z zapisem p. 3.5.3 normy PN-EN 50122-1:2023 [9].
- 3) 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 50122-1:2023 [9].
- 4) W systemie 25 kV AC obwód powrotny sieci trakcyjnej powinien być połączony bezpośrednio z systemem uziemienia podstacji trakcyjnej.
- 5) W przypadku systemu trakcji elektrycznej 25 kV AC wartość napięcia dopuszczalna ciągła wynosi 60 V (z ograniczeniem do 25 V na terenie hal, warsztatów itp.). Jest to jednocześnie dopuszczalna wartość napięcia dostępnego.
- 6) 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 50122-1:2023 [9] – 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.

- 7) Wszystkie dostępne części przewodzące znajdujące się w strefie oddziaływania sieci trakcyjnej i odbieraków prądu powinny być bezpośrednio połączone z ziemią systemu trakcyjnego zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 50122-1:2023 [9] – punkt 5.2. Połączenia należy wykonać do jednego toku szyn.
- 8) Przewód uziemiający jako element ochrony przeciwporażeniowej ma za zadanie wyrównanie potencjałów urządzeń nietrakcyjnych i innych części przewodzących znajdujących się w strefie oddziaływania sieci jezdnej i odbieraków prądu. Przekrój przewodu uziemiającego nie powinien być mniejszy od 120 mm² AFL. Przewód uziemiający jest mocowany na sztywno do elementów i urządzeń.
- 9) Podstawowym środkiem ochrony przed dotykiem pośrednim w sieci powrotnej jest uziemienie części przewodzących znajdujących się w strefie oddziaływania sieci trakcyjnej i odbieraków prądu.
- 10) Ziemię systemu trakcyjnego stanowi uziemiony pośrednio lub bezpośrednio obwód szyn jezdnych, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 50122-1:2023 [9].
- 11) 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. Wszystkie obiekty znajdujące się w strefie oddziaływania sieci trakcyjnej i odbieraków prądu powinny być wyposażone w specjalne wypusty służące do połączenia z ziemią systemu trakcyjnego. Połączenia z ziemią systemu trakcyjnego są uziemieniami ochronnymi i stanowią część toru prądowego dla prądów zwarciovych.
- 12) Dopuszcza się grupowe lub indywidualne połączenia części przewodzących i konstrukcji wsporczych przewodem uziemiającym lub uziemiająco-ochronnym z szynami jezdnyymi bezpośrednio lub pośrednio.
- 13) Wszystkie konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej powinny posiadać uziom sztuczny indywidualny dla konstrukcji zabudowanej bezpośrednio na gruncie oraz wzdłużny (przewód uziemiający) na całej długości linii.
- 14) 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.
- 15) Każdorazowe wyłączenie napięcia zasilającego sieć trakcyjną w podstacji trakcyjnej systemu 2x25 kV niezależnie od przyczyny powinno następować jednocześnie przez wyłącznik zasilacza sieci i wyłącznik zasilacza dodatkowego.
- 16) 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 50122-1:2023[9] – punkt 5.
- 17) W wyżej wymienionej normie zawarte są wymagania i zalecenia dotyczące:
 - a) powierzchni do przebywania dla pasażerów,
 - 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 na konstrukcje w pobliżu sieci trakcyjnej,
 - h) znaków ostrzegawczych,
 - i) minimalnych odstępów izolacyjnych.
- 18) Potencjał szyny względem ziemi stanowi w stanach awaryjnych o wielkości napięć dotykowych lub napięć dostępnych w stanach roboczych. Norma PN-EN 50122-1:2023 [9] określa wartości dopuszczalne napięć dotykowych i dostępnych oraz czasy ich trwania.

- 19) Wartość obliczeniowego potencjału szyny (norma PN-EN 50122-1:2023 [9] – załącznik „C”) powinna być określona dla maksymalnych wartości prądu roboczego i prądu zwarciovego płynącego w szynie jezdnej (z uwzględnieniem wartości początkowej prądu zwarciovego). Jeżeli obliczeniowe wartości napięć dotykowych lub dostępnych przekraczają dopuszczalne wartości (z uwzględnieniem czasu ich trwania) należy zastosować środki zalecane w normie PN-EN 50122-1:2023 [9].
- 20) Dodatkowe środki i wymagania ochrony dla instalacji zasilania, instalacji telekomunikacyjnych i innych instalacji nN są zamieszczone w normie PN-EN 50122-1:2023 [9] – punkt 7.
- 21) Co piąty słup trakcyjny należy wyposażyć w miejsce podłączenia uziemiacza trakcyjnego. Miejsce to powinno być od strony torów i odpowiednio oznakowane.

3.4.6.2. Osłony

- 1) Mosty, wiadukty, kładki oraz w razie potrzeby inne budowle, pod którymi prowadzona jest sieć jezdna, powinny być zaopatrzone w osłony 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.
- 2) Semafor wolnostojące obok których prowadzona jest sieć jezdna, w razie konieczności, powinny być zaopatrzone w osłony chroniące ludzi mogących znajdować się na tych obiektach, od przypadkowego dotknięcia elementów sieci trakcyjnej będących pod napięciem. Wszystkie płaszczyzny (np. perony) dla przebywania osób bez ograniczeń zlokalizowane nad siecią jezdna (wiadukty drogowe i kładki dla pieszych itp.) należy wyposażyć w osłony pionowe lub poziome (siatki ochronne) zgodne z wymaganiami PN-EN 50122-1:2023-06 [9] p. 5.3.2 i Załącznik A rys.A.2. Osłony należy zamontować nad każdym torem zelektryfikowanym z obu stron obiektu, symetrycznie w osi toru. Szerokość zastosowanych osłon musi być nie mniejsza niż szerokość strefy pantografu przyjętej na PKP (3400 mm) z uwzględnieniem kąta skrzyżowania osi toru i krawędzi obiektu inżynierskiego. Warunek dotyczy obiektów nowych jak i już eksploatowanych bez względu na właściciela obiektu.

3.4.6.3. Ochrona odgromowa sieci jezdnej

- 1) Sieć jezdna i zasilacz dodatkowy powinny być zabezpieczone przed skutkami przepięć atmosferycznych oraz łączeniowych poprzez zastosowanie odgromników zaworowych lub półprzewodnikowych zgodnie z wymaganiami PN-EN 50122-1:2023-06 [9].
- 2) Przy ustalaniu rozstawienia zabezpieczeń od przepięć atmosferycznych wzdłuż sieci jezdnej należy oprócz określonej strefy działania uwzględnić obszary o zwiększonej aktywności burzowej. Zaleca się instalację w normalnych warunkach po dwa zabezpieczenia na jednym odcinku naprężenia sieci jezdnej jeżeli odległość odcinka naprężenia jest około 1200 m.

3.4.7. Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów ziemnopowrotnych

- 1) W systemie trakcji elektrycznej 2x25 kV stosowane są środki biernej ochrony przed oddziaływaniem prądów ziemnopowrotnych. Zawierają się one w zapewnieniu stosowania odpowiednich rozwiązań technicznych na etapie projektowania.
- 2) Stosowanie systemu 2x25 kV z autotransformatorem ogranicza przepływ prądu w szynach do odcinka zawartego pomiędzy dwoma sąsiednimi autotransformatorem lub do odcinka pomiędzy podstacją trakcyjną i najbliższym autotransformatorem.
- 3) Wymagane jest połączenie z przewodem uziemiająco-powrotnym lub uziemiającym wszystkich konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej i zasilaczy dodatkowych.

3.4.8. Konstrukcja przęsła naprężenia

- 1) W sieciach jezdnych o nowej konstrukcji należy opracować dwa rodzaje przęsła naprężenia:

- a) izolowane, z połączeniem elektrycznym poprzez rozłącznik sekcyjny,
 - b) zwarte, z bezpośrednim połączeniem elektrycznym,
 - c) przęsła izolowane bez łączników.
- 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) Zależnie od typu sieci dopuszcza się stosowanie przęseł naprężenia od minimum 4 podwieszeń. Połączenia elektryczne w przęsłach naprężenia należy lokalizować poza obszarem współpracy z odbierakiem prądu, w strefie pomiędzy podwieszeniem krzyżowym a kotwieniem siecią bieżnią należy wyliczyć w warunkach dynamicznych.
 - 4) W izolowanym przęsle naprężenia, przy obliczaniu maksymalnej rozpiętości, należy przyjmować:
 - a) odległość pozioma prowadzonych równolegle 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° : 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 180° : 540 mm w stanie statycznym, 300 mm w stanach dynamicznych (uwzględniając siły parcia wiatru oraz oddziaływanie odbieraków prądu),
 - b) odległość pionowa prowadzonych równolegle przewodów sieci różnych odcinków naprężenia powinna, w miejscu ich krzyżowania spełniać, dla przewodów gołych, warunki zapisane w podpunkcie a), zaś w przypadku przewodów, z których krzyżujące się górną przewody są w osłonie izolacyjnej - co najmniej 150 mm dla (odległości mierzone między osiami najbliższych przewodów),
 - c) odległość między elementami osprzętu sieci różnych odcinków naprężenia (danego toru), należących do różnych obwodów elektrycznych powinna spełniać warunki zapisane w podpunkcie a).
 - 5) 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° , w całym obliczeniowym przedziale zmienności temperatury.

3.4.9. Współpraca pantografu z siecią jezdnią górną

3.4.9.1. Średnia siła nacisku

- 1) Dla systemu 25 kV nacisk statyczny zdefiniowany jest w normie p. 7.2 PN-EN 50367:2021-06 [16] i wywierany jest przez pantograf na przewodzie jezdny. Sieć trakcyjną należy zaprojektować dla siły nacisku statycznego o wartościach od 60 do 90 N zgodnie z punktem 7.2 normy PN-EN 50367:2021-06 [16].
- 2) Dla zapewnienia właściwej jakości odbioru prądu bez powstawania niepożądanych łuków elektrycznych, oraz w celu ograniczenia zużycia i zagrożeń dla nakładek stykowych należy spowodować żeby wartości średniej siły nacisku F_m wywieranej przez pantograf na przewód jezdny w funkcji prędkości jazdy pociągu była zgodna z zależnością opisaną w PN-EN 50367:2021-06 [16]:
- 3) Maksymalna siła (F_{max}) na szlaku powinna mieścić się w zakresie F_m plus trzy odchylenia standardowe σ . W innych miejscach mogą występować wyższe wartości. Wartości górne F_{max} przedstawione w pkt. 5.2.5. EN 50119:2020 [17]
- 4) Dla linii kolejowych ocenę zgodności przeprowadza się zgodnie z zapisami pkt. 6 normy PN-EN 50317:2012 [24].

3.4.9.2. Charakterystyka dynamiczna i jakość odbioru prądu

- 1) Definicje, wartości oraz metody testów lub symulacji podane są w normach PN-EN 50317:2012 [24] i PN-EN 50318:2019-02 [23].
- 2) Sieć trakcyjna musi osiągnąć wartości właściwości dynamicznych i uniesienia przewodu jezdnego. Wymagania charakterystyki dynamicznej oraz jakości odbioru prądu przedstawione w tabeli 4.2.12 TSI „Energia” [3]. Przestrzeń, w której następuje uniesienie ramienia odciągowego oznaczamy przez $2 S_0$, Natomiast S_0 jest to obliczone, symulowane lub zmierzone uniesienie przewodu jezdnego przy ramieniu odciągowym, występujące w normalnych warunkach eksploatacyjnych, dla jednego lub większej liczby pantografów wywierających maksymalną siłę równą górnej granicy F_m przy maksymalnej prędkości na linii.
- 3) W p. 6.1.4.1 TSI „Energia” [3] dla oceny charakterystyki dynamicznej i jakości odbioru prądu wymagane jest wykonanie symulacji dla sieci jezdnej. Dla celów symulacji należy wykonać dla dwóch odcinków naprężenia ze wspólnym przęsem naprężenia w środku. Metodę symulacji należy zweryfikować według zaleceń normy PN-EN 50318:2019-02 [23].
- 4) Wartości średniej siły stykowej w funkcji prędkości dla systemu zasilania AC podano w pkt. A4 [16]
- 5) Sieć trakcyjna musi być zaprojektowana w sposób umożliwiający wytrzymanie górnej wartości granicznej siły nacisku F_m podanej w tabeli 6 [16].
- 6) Odchylenie standardowe przy maksymalnej prędkości linii σ_{max} [N] musi być nie większe od $0,3 F_m$, $\sigma_{max} \leq 0,3 F_{max}$
- 7) Sieć trakcyjna musi być zaprojektowana w sposób umożliwiający współpracę co najmniej dwóch pantografów z siecią. Sieć trakcyjna musi być zaprojektowana w sposób umożliwiający współpracę co najmniej dwóch pantografów z siecią. Odstęp pomiędzy osiami ślizgaczy współpracujących pantografów powinien odpowiadać p.4.2.13 TSI „Energia” [3] .
- 8) Uniesienie przewodu jezdnego dla projektowanej maksymalnej prędkości linii powinno wynosić maksymalnie S_0 .
- 9) Geometria i profile interpretacyjnych ślizgaczy pantografów o długości 1600 mm oraz 1950 mm podano w pkt. A.2 normy PN-EN 50367:2021-06 [16]

3.4.9.3. Rozstaw pantografów

- 1) Zgodnie z wymaganiami podanymi w p. 4.2.13 TSI „Energia” [3] rozstaw pantografów ocenia się na podstawie uniesienia przewodu jezdnego pod wpływem co najmniej dwóch pantografów znajdujących się w odległości jak podano w tablicy 4.2.13 TSI „Energia” [3]. Pantografy muszą być certyfikowane jako zgodne z TSI „Tabor-lokomotywy i tabor pasażerski” w transeuropejskim systemie kolei konwencjonalnych 1302/2014 [15].
- 2) Dla systemu zasilania prądu przemiennego i prędkości jazdy rozstaw pantografów należy stosować zgodnie z TSI „Energia”.
- 3) Nowe konstrukcje górnej sieci jezdnej należy oceniać poprzez symulację przeprowadzoną według zapisów normy PN-EN 50318:2019-02 [23] oraz poprzez pomiar odcinka próbnego nowej konstrukcji według normy PN-EN 50317:2012 [24].

[strona intencjonalnie pozostawiona pusta]

4. Dokumenty referencyjne

Dla potrzeb opracowania Tomu II.1 wykorzystano następujące dokumenty referencyjne:

4.1. Dokumenty prawne

[1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/797 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej (Dz.U.UE L 138/44 z dnia 26.05.2016). 2016.

4.2. Dokumenty prawne RP

[2] Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym. Dz.U.2020. Poz. 1043. 2020.

4.3. Dokumenty normatywne

[3] COMMISSION REGULATION (EU) No 1301/2014 of 18 November 2014 on the technical specifications for interoperability relating to the 'energy' subsystem of the rail system in the Union (TSI Energy). 2014.

[4] PSE. Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej. 2018.

[5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz. U. z 2007 r. Nr 93, poz. 623). 2007.

[6] PN-EN 50388-1:2023-05 - wersja angielska. Zastosowania kolejowe -- Urządzenia stacyjne i tabor - Warunki techniczne koordynacji pomiędzy systemem zasilania trakcji elektrycznej i taborem w celu osiągnięcia interoperacyjności -- Część 1: Postanowienia ogólne, 2023.

[7] PN-EN 50122-3:2023-06 - wersja angielska. Zastosowania kolejowe -- Urządzenia stacyjne -- Bezpieczeństwo elektryczne, uziemianie i sieć powrotna -- Część 3: Oddziaływanie wzajemne systemów trakcji prądu przemiennego i stałego, 2023.

[8] PN-EN 50163:2006 Zastosowania kolejowe - Napięcia zasilania systemów trakcyjnych, 2006.

[9] PN-EN 50122-1:2023-06 - wersja angielska. Zastosowania kolejowe -- Urządzenia stacyjne -- Bezpieczeństwo elektryczne, uziemianie i sieć powrotna -- Część 1: Środki ochrony przed porażeniem elektrycznym, 2023.

[10] IEC 60076-1:2011 Power transformers - Part 1: General, 2011.

[11] PN-EN 50329:2003/A1:2010 - wersja angielska. Zastosowania kolejowe. Urządzenia stacyjne. Transformatory trakcyjne, 2010.

[12] PN-EN 60076-5:2009 Transformatory - Część 5: Wytrzymałość zwarciova, 2009.

[13] EN 50633 Railway applications - Fixed installations - Protection principles for AC and DC electric traction systems, 2016.

[14] PN-EN 15273-2+A1:2017-03 - wersja angielska. Kolejnictwo - Skrajnie - Część 2: Skrajnia pojazdów szynowych, 2017.

[15] COMMISSION REGULATION (EU) No 1302/2014 of 18 November 2014 concerning a technical specification for interoperability relating to the 'rolling stock — locomotives and passenger rolling stock' subsystem of the rail system in the European Union.

[16] PN-EN 50367:2021-06 - wersja angielska. Zastosowania kolejowe - Urządzenia stacyjne i tabor kolejowy - Kryteria w celu osiągnięcia kompatybilności technicznej między pantografami a siecią jezdnią górną, 2021.

[17] PN-EN 50119:2020-12 - wersja angielska. Zastosowania kolejowe -- Urządzenia stacyjne -- Sieć jezdna górna trakcji elektrycznej, 2020.

[18] PN-EN 50341-2-22:2022-06 – Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV - Część 2-22: Krajowe Warunki Normatywne (NNA) dla Polski (oparte na EN 50341-1:2012), 2016.

[19] IRS 70799:2019 Characteristics of AC overhead contact systems for high speed lines worked at speeds od over 200km/h. 2019.

[20] PN-EN 50149:2012 - wersja angielska. Zastosowania kolejowe - Urządzenia stacyjne - Trakcja

- elektryczna - Profilowane przewody jezdne z miedzi i jej stopów, 2012.
- [21] PN-E-90081:1974 Elektroenergetyczne przewody gołe -- Przewody miedziane, 1974.
- [22] PN-93/E-04500 Elektroenergetyczne stalowe konstrukcje wsporcze. Powłoki ochronne cynkowe zanurzeniowe.
- [23] PN-EN 50318:2019-02 - wersja angielska. Zastosowania kolejowe - Systemy odbioru prądu - Walidacja symulacji oddziaływania dynamicznego pomiędzy pantografem a siecią jezdnią górną.
- [24] PN-EN 50317:2012 Zastosowania kolejowe - Systemy odbioru prądu - Wymagania dotyczące walidacji wyników pomiarów oddziaływania dynamicznego pomiędzy pantografem a siecią jezdnią górną.
- [25] PN-IEC 1089:1994 Przewody gołe okrągłe o skręcie regularnym do linii napowietrznych. 1994.
- [26] IEC 60507:2013 Artificial pollution tests on high-voltage ceramic and glass insulators to be used on a.c. systems.
- [27] N SEP-E-004:2014. Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa
- [28] PN-EN 50329:2003/A1:2010 - wersja angielska. Zastosowania kolejowe -- Urządzenia stacjonarne -- Transformatory trakcyjne, 2010.
- [29] PN-EN 60137:2018-02 - wersja angielska. Izolatory przepustowe na napięcia przemienne powyżej 1 000 V, 2008.
- [30] PN-EN 50124-1:2017-09 - wersja angielska. Zastosowania kolejowe - Koordynacja izolacji – Część 1: Wymagania podstawowe - Odstępy izolacyjne powietrzne i powierzchniowe dla całego wyposażenia elektrycznego i elektronicznego, 2017.
- [31] PN-EN 13670:2011. Wykonywanie konstrukcji z betonu, 2011.
- [32] PN-EN 206+A2:2021-08. Beton - Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność, 2021.
- [33] PN-EN 197-1:2012 Cement -- Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku, 2012.
- [34] PN-EN 12620+A1:2010 Kruszywa do betonu, 2010.
- [35] PN-B-06265:2022-08 Beton -- Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność -- Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A2:2021-08.
- [36] ZN-87/MTZiŁ-CBP-11 Sieć trakcyjna kolejowa. Stalowe konstrukcje wsporcze. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [37] PN-EN 1993-1-1:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych -- Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [38] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 -- Projektowanie konstrukcji z betonu -- Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [39] ZN-89/MTZiŁ-CBP-10 Sieć trakcyjna kolejowa. Słupy żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [40] PN-EN 50341-1:2013-03 Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV -- Część 1: Wymagania ogólne - Specyfikacje wspólne.
- [41] IEC 60383-1:2023 Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V - Part 1: Ceramic or glass insulator units for a.c. systems - Definitions, test methods and acceptance criteria.
- [42] IEC TS 60815-2 Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions - Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems
- [43] IEC 60168:1994+AMD1:1997+AMD2:2000 CSV - Consolidated version. Tests on indoor and outdoor post insulators of ceramic material or glass for systems with nominal voltages greater than 1000 V

--- ---