
	<p style="text-align: center;">STANDARDY TECHNICZNE SZCZEGÓŁOWE WARUNKI TECHNICZNE DLA BUDOWY INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ CENTRALNEGO PORTU KOMUNIKACYJNEGO - WYTYCZNE PROJEKTOWANIA</p>	
<p><b>ul. J. Chłopickiego 50</b> <b>04-275 Warszawa</b></p>	<p style="text-align: center;">TOM II.2 SIEĆ TRAKCYJNA I ZASILANIE TRAKCYJNE 3 KV DC</p>	<p><b>Al. Jerozolimskie 134</b> <b>02-305 Warszawa</b></p>

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

**TOM II.2**  
**SIEĆ TRAKCYJNA I ZASILANIE TRAKCYJNE**  
**3 KV DC**

[strona intencjonalnie pozostawiona pusta]

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

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

[strona intencjonalnie pozostawiona pusta]

Wersjonowanie dokumentu „Szczegółowe warunki techniczne dla budowy infrastruktury kolejowej Centralnego Portu Komunikacyjnego; Tom II.2; Sieć trakcyjna i zasilanie trakcyjne 3 kV DC”:

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	Zmiana wersji ze względu na potrzeby dostosowania finalnego wydania standardów
	Opracowanie zamknięto w dniu 5.08.2021 r.
2.0.0	Uwzględnienie uwag z konsultacji z rynkiem wykonawców
	Opracowanie zamknięto w dniu 08.07.2022 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
2	Wymagania zasadnicze, podstawowe i ogólne dla infrastruktury kolejowej CPK	11
3	Wymagania ogólne dla systemu zasilania 3 kV DC	15
3.1.	Ustalenia formalne	15
3.2.	Wymagania ogólne dla systemu zasilania 3 kV DC	15
3.2.1.	Prądy robocze i zwarciove	15
3.2.2.	Napięcie w sieci trakcyjnej	15
3.2.3.	Prądy błędzące	15
3.3.	Podstacje trakcyjne i kabiny sekcyjne w systemie 3 kV DC	17
3.3.1.	Lokalizacja podstacji trakcyjnej i kabiny sekcyjnej	17
3.3.2.	Wymagania i podstawowe parametry aparatury i wyposażenia	17
3.3.2.1.	Charakterystyka zewnętrzna podstacji	17
3.3.2.2.	Zasilanie podstacji trakcyjnych i linie zasilające	17
3.3.2.3.	Rozdzielnice prądu przemiennego WN	18
3.3.2.4.	Rozdzielnica prądu przemiennego SN	18
3.3.2.5.	Zespoły prostownikowe	19
3.3.2.6.	Urządzenie wygładzające	21
3.3.2.7.	Rozdzielnica prądu stałego 3 kV	21
3.3.2.8.	Wyłączniki szybkie	22
3.3.2.9.	Celka minusowa oraz kable powrotne i uszyniające	23
3.3.2.10.	Linie zasilaczy 3 kV	23
3.3.2.11.	Zasilanie potrzeb własnych	24
3.3.2.12.	Zasilanie transformatorów potrzeb własnych oraz odbiorców nietrakcyjnych	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.	Rozdzielnia SN	27
3.3.3.4.	Rozdzielnia prądu stałego 3 kV	29
3.3.3.5.	Celka minusowa	32
3.3.3.6.	Potrzeby własne	32
3.3.3.7.	Terminal podstacyjny	33
3.3.3.8.	System uzależnień wyłączników szybkich	33
3.3.3.9.	Urządzenia pomiarowe i rozliczeniowe	33
3.3.3.10.	Systemy sygnalizacji włamaniovej i ppoż.	34

---

3.3.3.11.	Wyposażenie w zakresie łączności i transmisji danych	34
3.3.3.12.	Wymagania szczegółowe dla podstacji trakcyjnych, rozmieszczonych na poziomie „-1”	35
3.4.	Sieć trakcyjna w systemie 3 kV DC	35
3.4.1.	Parametry sieci jezdnej	35
3.4.1.1.	Zalecenia ogólne	35
3.4.1.2.	Sieć trakcyjna w tunelu	36
3.4.1.3.	Geometria sieci jezdnej	36
3.4.1.4.	Odległości izolacyjne	38
3.4.1.5.	Konstrukcje wsporcze i fundamenty	38
3.4.1.6.	Przekroje i materiały elementów sieci jezdnej	40
3.4.2.	Sekcjonowanie sieci jezdnej	41
3.4.3.	Rozjazdy sieci jezdnej	45
3.4.4.	Sieć powrotna	45
3.4.5.	Ochrona przeciwporażeniowa, ziemnozwarciowa, odgromowa i bezpieczeństwo	46
3.4.5.1.	Zalecenia ogólne	46
3.4.5.2.	Osłony	47
3.4.5.3.	Uszynienie grupowe	47
3.4.5.4.	Ochrona odgromowa sieci jezdnej	47
3.4.6.	Współpraca pantografu z siecią jezdnią górną	48
3.4.6.1.	Średnia siła nacisku	48
3.4.6.2.	Charakterystyka dynamiczna i jakość odbioru prądu	48
3.4.6.3.	Rozstaw pantografów	48
4.	Dokumenty referencyjne	50
4.1.	Dokumenty normatywne	50



# 1 Wprowadzenie

Niniejszy tom II.2 Standardów technicznych - Wytycznych projektowania jest jednym z 30 tomów zawierających opis szczegółowych warunków technicznych dla budowy linii kolejowych do prędkości  $V_{max} \leq 250$  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 3 kV. W niniejszych wytycznych zostały zawarte wymagania techniczne związane z parametrami ogólnymi dla systemu zasilania 3 kV, podstawowymi parametrami podstacji trakcyjnych, parametrami projektowymi sieci trakcyjnej 3 kV a także wymaganiami przeciwporażeniowymi i bezpieczeństwa. Przestrzeganie wytycznych umożliwia niezawodne funkcjonowanie systemu zasilania 3 kV.

## 1.2. Powiązania z innymi tomami

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

Tabela 1

Nr tomu	Tytuł tomu	Zawartość powiązania
Tom I.1	Droga szynowa – Układ geometryczny	Wymagania dotyczące łuku poziomego toru
Tom II.1	Sieć trakcyjna i zasilanie trakcyjne 2x25 kV AC 50 Hz	Wymagania dotyczące sekcji separacji systemów zasilania oraz miejsc wzajemnego oddziaływania systemów zasilania AC oraz DC
Tom III.2	Tunele	Wymagania dotyczące sieci trakcyjnej i zasilanie trakcyjnego w tunelu
Tom IV	Elektroenergetyka nietrakcyjna	Wymagania dotyczące układów zasilania odbiorników nietrakcyjnych
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
Tom I.4	Droga szynowa – skrajnia	Wymagania dotyczące minimalnej wysokości, od której obowiązuje odległość konstrukcji wsporczych wraz z wyposażeniem

[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 infrastruktura CPK w polskim systemie transportowym, stanowią podstawę weryfikacji kompletności szczegółowych warunków technicznych dla budowy infrastruktury kolejowej CPK. 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 infrastruktury kolejowej CPK.

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													
3.2.3					1.5.3													
3.3	1.1.1, 1.1.3, 1.1.7			1.4.3	1.5.3, 1.5.1		2.4.1, 2.6.1											
3.3.1	1.1.1, 1.1.7			1.4.3	1.5.3,1.5.1		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					1.5.3													
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				1.5.3		2.4.1											
3.3.2.5	1.1.3				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											

3.3.2.7	1.1.3				1.5.3		2.4.1				
3.3.2.8	1.1.3				1.5.3						
3.3.2.9	1.1.3				1.5.3						
3.3.2.10	1.1.3				1.5.1						
3.3.2.11	1.1.3			1.4.3	1.5.3		2.4.1, 2.6.1				
3.3.2.12	1.1.3			1.4.3	1.5.3		2.4.1, 2.6.1				
3.3.3	1.1.1, 1.1.7			1.4.3	1.5.3						
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										
3.3.3.7	1.1.1, 1.1.7										
3.3.3.8	1.1.1, 1.1.7										
3.3.3.9					1.5.3						
3.3.3.10	1.1.1, 1.1.7										
3.3.3.11				1.4.3	1.5.3						
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	1.1.1, 1.1.7						2.4.1				
3.4.1.5					1.5.3		2.1.1				
3.4.1.6	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						
3.4.3					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, 1.1.7						2.4.1				
3.4.5.4	1.1.1						2.4.1				
3.4.6					1.5.3						
3.4.6.1					1.5.3						
3.4.6.2					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 zarządzający infrastrukturą. 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.

## 3 Wymagania ogólne dla systemu zasilania 3 kV DC

### 3.1. Ustalenia formalne

- 1) System zasilania trakcji, w tym moc podstacji i odległości między nimi, należy zaprojektować i wybudować w taki sposób, aby zapewniał on, przy uwzględnieniu parametrów sieci trakcyjnej, wymagane parametry eksploatacyjne zakładane dla rozpatrywanej linii, a w szczególności:
  - a) prędkość na linii kolejowej,
  - b) minimalne dopuszczalne następstwo pociągów,
  - c) maksymalny prąd (moc) pobierany przez pociąg,
  - d) rozkład jazdy i planowanych czynności obsługowych,
  - e) średnie napięcie użyteczne.
- 2) Szczegółowe wymagania w zakresie EMC dla systemu zasilania 3 kV zawarto w Tomie XI.
- 3) Wymagania niniejszego tomu mają również zastosowanie do tuneli kolejowych zgodnych z Tomem III.2

### 3.2. Wymagania ogólne dla systemu zasilania 3 kV DC

#### 3.2.1. Prądy robocze i zwarciove

- 1) Maksymalny prąd pobierany przez pociąg należy przyjmować o wartości:
  - a) 2500 A – na linii o  $v \leq 200$  km/h;
  - b) 3200 A – na linii nowobudowanej do  $v > 200$  km/h.
- 2) Obwody główne wszystkich urządzeń zasilania i sieci trakcyjnej powinny charakteryzować się odpornością na przepływ prądu zwarciovego 50 kA.
- 3) System zasilania powinien być zaprojektowany i wybudowany w taki sposób, aby zapewnić niezakłócony przepływ prądów roboczych w normalnym stanie pracy oraz wyłączanie minimalnych prądów zwarciowych w stanach awaryjnych:
  - a) wartość nastawy zabezpieczeń podnapięciowych,
  - b) dwustronne lub jednostronne zasilanie,
  - c) uzależnienie lub brak uzależnienia wyłączników przy zasilaniu dwustronnym,
  - d) istnienie lub brak kabin sekcyjnych,
  - e) sposób zasilania w warunkach awaryjnych,
  - f) stosowanie mikroprocesorowych sterowników celek zasilaczy z funkcją wyzwalaania wyłączników szybkich.

#### 3.2.2. Napięcie w sieci trakcyjnej

- 1) Wartość napięcia w sieci trakcyjnej i jego zmiany powinny być zgodne z wymaganiami normy PN-EN 50163:2006 [16].
- 2) Wartość średniego napięcia użytecznego na pantografie powinna wynosić:
  - a) 2700 V – na linii o  $v \leq 200$  km/h;
  - b) 2800 V – na linii o  $v > 200$  km/h.

#### 3.2.3. Prądy błędzące

- 1) Systemy uziemienia i uszynienia ochronnego stosowane jako ochrona przed zwarciami w sieci prądu stałego oraz ochrona od porażeń, powinny być od siebie rozdzielone i izolowane.

W stosunku do elementów uziemionych lub połączonych z ziemią, należy stosować uszynienie otwarte.

- 2) W układzie zasilania sieci trakcyjnej oraz systemie zasilania odbiorów nietrakcyjnych należy zastosować następujące środki ograniczające przepływ prądów błędnych:
  - a) w podstacjach trakcyjnych należy izolować szynę minusową od uziemienia podstacji;
  - b) podstacje trakcyjne muszą być wyposażone w urządzenia ochrony ziemnozwarciowej powodujące samoczynne uziemienie szyny minusowej podstacji w sytuacjach awaryjnych oraz umożliwiające uziemienie szyny minusowej na czas wykonywania prac konserwacyjnych;
  - c) pancerze (żyły powrotne) kabli zasilaczy powinny być jednostronnie przyłączone do uziomu podstacji trakcyjnej lub kabiny sekcyjnej. W kabinach sekcyjnych, pracujących w systemie uszynienia, połączenie to należy wykonać do magistrali uszyniającej kabinę. Połączenia te powinny być wykonane linką Cu o przekroju min. 35 mm<sup>2</sup>. Niedopuszczalne jest uszynianie (uziemianie) pancerzy kabli od strony sieci trakcyjnej w sposób bezpośredni lub z wykorzystaniem ogranicznika niskonapięciowego;
  - d) żyły powrotne kabli SN zasilających podstacje trakcyjne powinny być uziemione jednostronnie w stacji energetycznej (GPZ lub podstacji, na terenie której zainstalowany jest transformator 110/15 (20) kV), a w podstacji trakcyjnej zwarte między sobą. W przypadku braku zgody energetyki publicznej na jednostronne uziemienie żył powrotnych, należy w podstacji trakcyjnej połączyć je z uziemieniem przez ogranicznik niskonapięciowy;
  - e) żyły powrotne kabli linii potrzeb nietrakcyjnych wychodzących z podstacji trakcyjnych powinny być jednostronnie uziemiane w podstacji. Drugi koniec żył powrotnych linii kablowej przechodzącej w część napowietrzną powinien być izolowany. W przypadku, gdy linia kablowa zasilą bezpośrednio stację transformatorową, żyły powrotne w tej stacji należy zewrzeć między sobą i odizolować lub połączyć z uziomem stacji przez ogranicznik niskonapięciowy. Na odcinku pomiędzy stacjami transformatorowo – rozdzielczymi zaleca się uziemianie żył powrotnych od strony źródła zasilania podstawowego. Żyły powrotne wstawek kablowych linii potrzeb nietrakcyjnych powinny być uziemione jednostronnie;
  - f) żyły powrotne linii kablowych SN pomiędzy podstacjami trakcyjnymi należy uziemiać jednostronnie w podstacjach trakcyjnych, a izolować przy pierwszej mufie lub stacji transformatorowej. Żyły powrotne części środkowych linii kablowej należy uziemiać jednostronnie lub łączyć z uziomem przez ogranicznik niskonapięciowy;
  - g) żyły powrotne odcinków kablowych linii elektroenergetycznych średniego napięcia wyprowadzanych z punktów zasilania (podstacji trakcyjnych) oraz korpusy metalowe głowic kablowych należy uziemiać jednostronnie od strony punktu zasilania, natomiast izolować od konstrukcji słupa, na który jest wprowadzany kabel, niezależnie od miejsca jego ustawienia;
  - h) elementy linii napowietrznej nie będące normalnie pod napięciem, a pozostające w zasięgu dotyku obsługi przy czynnościach eksploatacyjnych podlegają uziemieniu jeśli znajdują się poza strefą oddziaływania sieci trakcyjnej lub uszynieniu, jeśli znajdują się w strefie oddziaływania sieci trakcyjnej. W przypadku stosowania wstawek kablowych żyły powrotne kabli oraz korpusy metalowe głowic kablowych na słupach krańcowych należy uziemiać lub uszyniać według następujących zasad:
    - jeżeli słupy krańcowe znajdują się w poza strefą oddziaływania sieci trakcyjnej, żyły powrotne kabli oraz korpusy metalowe głowic kablowych należy uziemić na jednym słupie, a izolować od uziemienia na drugim słupie,
    - jeżeli jeden słup krańcowy znajduje się poza strefą oddziaływania sieci trakcyjnej, a drugi w strefie, żyły powrotne kabli oraz korpusy metalowe głowic kablowych należy uziemić na słupie stojącym poza strefą, a odizolować na drugim słupie.
- 3) Wszelkie konstrukcje budowlane, obiekty inżynieryjne, urządzenia i elementy małej architektury wykonane z materiałów przewodzących prąd elektryczny i znajdujące się w strefie oddziaływania trakcji elektrycznej powinny być uszynione przez ograniczniki niskonapięciowe lub podłączone w system uszynienia grupowego. Wymaganie to nie ma zastosowania do elementów, o których mowa w pkt. 3.4.5.1 4).



### **3.3. Podstacje trakcyjne i kabiny sekcyjne w systemie 3 kV DC**

#### **3.3.1. Lokalizacja podstacji trakcyjnej i kabiny sekcyjnej**

- 1) Podstacje trakcyjne powinny być oddalone od siebie na odległość zapewniającą wymagany poziom minimalnych prądów zwarcia oraz średniego napięcia użytecznego na pantografie.
- 2) Zaleca się, aby odległość między sąsiednimi podstacjami trakcyjnymi nie przekraczała 15 km chyba, że z analizy układu zasilania odległość może być większa przy jednoczesnym spełnieniu wszystkich parametrów wydajności układu oraz koordynacji zabezpieczeń zwarciovych wynikających z TSI Energia i obowiązujących norm.
- 3) Podstacje trakcyjne powinny być zlokalizowane w miejscach wymagających zastosowania możliwe krótkich linii zasilających.
- 4) Kabiny sekcyjne należy lokalizować w pobliżu skrzyżowań lub odgałęzień linii tak, aby kable zasilaczy miały jak najmniejszą długość.
- 5) W przypadku konieczności zmniejszenia spadków napięcia w sieci trakcyjnej lub zwiększenia wartości minimalnych prądów zwarcia należy zastosować kabinę sekcyjną lub kabinę połączenia poprzecznego jak najbliżej połowy odległości między podstacjami trakcyjnymi.
- 6) Lokalizacja podstacji trakcyjnej lub kabiny sekcyjnej powinna zapewniać:
  - a) możliwość dojazdu ciągników z przyczepą niskopodłogową lub możliwość doprowadzenia drogi dojazdowej o wymaganych parametrach;
  - b) możliwie prostą i krótką trasę linii zasilaczy i kabli powrotnych;
  - c) odległość pomiędzy uziomem otokowym podstacji lub kabiny a skrajną szyną toru linii zelektryfikowanej co najmniej 20 m (w szczególnie trudnych warunkach dopuszcza się odległość 16 m). W stosunku do szyn toru nieelektryfikowanego odległość ta może być mniejsza pod warunkiem zamontowania w torze wkładek izolacyjnych.

#### **3.3.2. Wymagania i podstawowe parametry aparatury i wyposażenia**

##### **3.3.2.1. Charakterystyka zewnętrzna podstacji**

- 1) Parametry zespołów prostownikowych i układu zasilania podstacji trakcyjnej powinny zapewniać uzyskanie charakterystyki zewnętrznej dwuzespołowej podstacji trakcyjnej, z uwzględnieniem systemu zasilania i linii zasilających, odpowiadającej zastępczej rezystancji wewnętrznej podstacji  $R_p \leq 0,1\Omega$ .

##### **3.3.2.2. Zasilanie podstacji trakcyjnych i linie zasilające**

- 1) Podstacje trakcyjne powinny być zasilane liniami WN o napięciu 110 kV AC lub SN o napięciu 15 lub 20 kV AC.
- 2) Każda podstacja zasilana SN powinna mieć dwa przyłącza: podstawowe i rezerwowe. Powinny one być wyprowadzone bezpośrednio z dwóch różnych rozdzielni GPZ lub z oddzielnych sekcji rozdzielni GPZ, najlepiej z wydzielonych transformatorów WN/SN.
- 3) Dopuszcza się zasilanie podstacji jedną linią 110 kV.
- 4) Linie zasilające 110 kV AC powinny być podłączone do układu energetyki zawodowej w GPZ-tach, RPZ-tach lub do linii 110 kV.
- 5) Przy obliczeniach linii zasilających należy uwzględnić: lokalizację podstacji trakcyjnej i stacji rozdzielczej GPZ, moc zwarcia na wyjściu z tej stacji, moc 15 minutową i chwilową podstacji trakcyjnej oraz rezerwę mocy na cele nietrakcyjne.
- 6) Przekrój linii powinien być dobrany według trzech kryteriów:
  - a) obciążalności termicznej;
  - b) dopuszczalnych spadków napięcia;
  - c) wytrzymałości zwarciovowej.

### 3.3.2.3. Rozdzielnice prądu przemiennego WN

- 1) Rozdzielnica WN powinna mieć pojedynczy układ szyn zbiorczych i powinna być wyposażona w pola transformatorowe i pola liniowe oraz ewentualnie 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 zwarciove w węzłach zasilających) niezbędne do obliczeń układu zasilania.
- 2) Rozdzielnica WN 110 kV powinna posiadać następujące parametry:
  - a) napięcie znamionowe – 123 kV;
  - b) poziom izolacji – 550 kV;
  - c) prąd znamionowy – 1600 A;
  - d) prąd wyłączalny – 40 kA.
- 3) Wszystkie napędy oraz obwody sterownicze powinny być dostosowane do zasilania napięciem 220 V DC.
- 4) Punkt gwiazdowy uzwojenia WN w transformatorze prostownikowym powinien mieć możliwość uziemienia poprzez odłącznik z napędem silnikowym oraz powinien być chroniony poprzez odgromnik zaworowy.
- 5) Należy stosować wyłączniki napowietrzne, trójfazowe, z sześćciofluorkiem siarki jako medium izolacyjne i gaszące łuk elektryczny i izolacją porcelanową lub kompozytową.
- 6) Odłącznik powinny być aparatami napowietrznymi, trójbiegunowymi, dwukolumnowymi, jedno przerwowymi z jednym lub z dwoma kompletami noży uziemiających. Izolacja powinna być porcelanowa brązowa lub kompozytowa.
- 7) 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 izolatora przy zwarciu wewnętrznym poprzez kontrolowany wyrzut medium izolacyjnego i produktów jego rozkładu w kierunku bezpiecznym dla obsługi.

### 3.3.2.4. Rozdzielnica prądu przemiennego SN

- 1) Rozdzielnica SN prądu przemiennego w podstacjach trakcyjnych zasilanych napięciem SN powinna mieć pojedynczy układ szyn zbiorczych sekcjonowany odłącznikiem lub wyłącznikiem z odłącznikami. W skład każdej sekcji powinny wchodzić następujące pola:
  - a) 1 pole liniowe;
  - b) 1 pole transformatora prostownikowego;
  - c) 1 pole transformatora potrzeb własnych;
  - d) połowa pól odpływowych.
- 2) Rozdzielnica SN prądu przemiennego w podstacji zasilanej napięciem 110 kV pełni funkcję pomocniczą i służy głównie do zasilania odbiorów nietrakcyjnych oraz potrzeb własnych podstacji. Rozdzielnica ta powinna mieć pojedynczy układ szyn zbiorczych sekcjonowany odłącznikiem lub wyłącznikiem z odłącznikami. W skład każdej sekcji powinny wchodzić następujące pola:
  - a) 1 pole zasilające;
  - b) 1 pole transformatora symetryzującego (o ile jest konieczny);
  - c) 1 pole transformatora potrzeb własnych;
  - d) połowa pól odpływowych.
- 3) Zaleca się stosowanie rozdzielnic podwójnie sekcjonowanych.

- 4) Wyłączniki powinny mieć napędy elektryczne, zasobnikowe, przystosowane do sterowania zdalnego. Odłączniki SN powinny mieć napęd ręczny, chyba że inne uwarunkowania wymuszają zastosowanie napędów elektrycznych.
- 5) Wymagane parametry rozdzielnicy SN prądu przemiennego:
  - a) napięcie znamionowe – 17,5 (24) kV, 50 Hz;
  - b) znamionowy prąd ciągły dla pól zasilających, pola sprzęgła, szyn zbiorczych – wynikający z liczby i mocy zespołów prostownikowych oraz innych odbiorów;
  - c) znamionowy prąd ciągły dla pozostałych pól – 630 A;
  - d) prąd zwarcioowy szczytowy – 63 kA;
  - e) prąd znamionowy 1-sekundowy – 25 kA.
- 6) Szyny zbiorcze i połączenia szynowe wewnątrz rozdzielnicy należy dobierać z uwzględnieniem obciążalności długotrwałej i obciążalności zwarciowej 1-sekundowej.
- 7) Dobór przekładników napięciowych powinien być oparty o wartość napięcia pracy obwodów, w których będą stosowane.
- 8) Do doboru przekładników należy stosować prądy robocze obliczone dla docelowej mocy podstacji w sposób następujący:
  - a) dla pól zasilających i szyn zbiorczych – prąd obliczony na podstawie mocy 15 minutowej podstacji;
  - b) dla pól zespołów prostownikowych – prąd znamionowy ciągły zespołu w III klasie przeciążalności;
  - c) dla pól potrzeb nietrakcyjnych – prąd wynikający z łącznej mocy odbiorów zasilanych jednocześnie z danej linii;
  - d) dla pól potrzeb własnych – prąd obliczony na podstawie mocy transformatorów potrzeb własnych.
- 9) W rozdzielnicach SN powinny być stosowane wyłączniki próżniowe w wersji z członem wysuwym.
- 10) Wszystkie aparaty elektryczne rozdzielnicy SN powinny mieć obwody pomocnicze zasilane napięciem 220 V DC.

### 3.3.2.5. Zespoły prostownikowe

- 1) W podstacjach trakcyjnych należy stosować zespoły prostownikowe o pulsacji 12 fazowej.
- 2) Zespoły powinny być znamionowane w III klasie przeciążalności o napięciach wyjściowych:
  - a) znamionowe napięcie wyprostowane:  $U_d \geq 3300 \text{ V}$ ;
  - b) napięcie jałowe zespołu:  $U_{d0} \leq 3600 \text{ V}$ .
- 3) Rezystancja zastępcza zespołu prostownikowego  $R_z \leq 0,05 \Omega$ .
- 4) Moce uzwojeń transformatora i prostownika powinny być dostosowane do zakładanego ruchu i taboru na zasilanych liniach oraz zapewniać rezystancję zastępczą podstacji dwuzespołowej  $R_p \leq 0,1 \Omega$ .
- 5) Transformator prostownikowy w podstacjach zasilanych napięciem 15 lub 20 kV powinien być wykonany jako napowietrzny i mieć trzy uzwojenia: jedno pierwotne i dwa wtórne o napięciu 1,3 kV przesuniętym względem siebie o  $30^\circ$  elektrycznych. Uzwojenie pierwotne powinno mieć wyprowadzone zaczepty umożliwiające regulację napięcia w stanie beznapięciowym w granicach  $+3 \times 2,5\% \div -1 \times 2,5\%$ .
- 6) Zalecane parametry transformatorów prostownikowych zasilanych napięciem 15 lub 20 kV:
  - a) moc znamionowa:
    - uzwojenie pierwotne GN:  $P_{GN} = 6,3 \text{ MVA}$ ;
    - uzwojenia wtórne DN1 i DN2:  $P_{DN1} = P_{DN2} = 3,15 \text{ MVA}$
  - b) napięcie znamionowe uzwojenia górnego napięcia:  $U_{GN} = 15,75 \text{ kV}$  lub  $21 \text{ kV}$ ;
  - c) układ połączeń: Yy0d11;
  - d) straty mocy biegu jałowego:  $P_0 \leq 5 \text{ kW}$ ;
  - e) straty mocy przy obciążeniu znamionowym:  $P_{Cu} \leq 50 \text{ kW}$ ;

- f) napięcie zwarcia w konfiguracji GN-DN1 oraz GN-DN2:  $U_{z\%} \leq 5,2 \%$ .
- 7) Transformator prostownikowy w podstacji zasilanej napięciem 110 kV powinien być wykonany jako napowietrzny i uzwojenia: jedno pierwotne, dwa wtórne o napięciu 1,3 kV przesuniętym względem siebie o  $30^\circ$  elektrycznych. Transformator po stronie górnego napięcia powinien być wyposażony w przełącznik zaczepeków pod obciążeniem współpracujący z odpowiednim regulatorem napięcia w zakresie  $\pm 10 \%$ .
- 8) Transformator prostownikowy w podstacji zasilanej napięciem 110 kV może być wyposażony w czwarte uzwojenie o napięciu 15 lub 20 kV służące do zasilania rozdzielnicy SN.
- 9) Zalecane parametry transformatorów prostownikowych zasilanych napięciem 110 kV:
- moc znamionowa:
    - uzwojenie pierwotne GN:  $P_{GN} = 7,3 \text{ MVA}$ ;
    - uzwojenie SN:  $P_{SN} = 1 \text{ MVA}$ ;
    - uzwojenia wtórne DN1 i DN2:  $P_{DN1} = P_{DN2} = 3,15 \text{ MVA}$ ;
  - napięcie znamionowe uzwojenia górnego napięcia:  $UGN = 115 \text{ kV}$ ;
  - układ połączeń: YN(d11)y0d11;
  - straty mocy biegu jałowego:  $P_0 \leq 5 \text{ kW}$ ;
  - straty mocy przy obciążeniu znamionowym:  $P_{Cu} \leq 50 \text{ kW}$ ;
  - napięcie zwarcia:
    - w konfiguracji GN-DN1 oraz GN-DN2:  $U_{z\%} \leq 10 \%$ ;
    - w konfiguracji GN-SN:  $U_{z\%} \leq 18 \%$
- 10) Transformator powinien być wyposażony w następujące zabezpieczenia fabryczne:
- zabezpieczenia temperaturowe I i II stopnia,
  - zabezpieczenia gazowo-przepływowe I i II stopnia,
  - sygnalizację obniżenia poziomu oleju,
  - zawór bezpieczeństwa działający na wyłącz.
- 11) Prostownik półprzewodnikowy powinien składać się z zestawów diod połączonych w układzie podwójnego mostka trójfazowego. Mostki diodowe powinny współpracować ze sobą w układzie szeregowym. Wymagane jest, aby diody w prostowniku miały chłodzenie naturalne.
- 12) W podstacjach zasilanych napięciem 110 kV powinny być zastosowane zespoły prostownikowe o znamionowym prądzie wyprostowanym minimum 1 700 A, a w podstacjach zasilanych napięciem 15 lub 20 kV – zespoły prostownikowe o znamionowym prądzie wyprostowanym minimum 1 600 A.
- 13) Prostowniki powinny być znamionowane w III klasie przeciążalności.
- 14) Należy minimalizować liczbę diod w prostowniku i jego straty przy zachowaniu wysokiej niezawodności i podatności na uszkodzenia (możliwość pracy prostownika w przypadku przebicia jednej diody).
- 15) Prostownik należy wyposażać w układy minimalizujące przepięcia komutacyjne, których wartości nie powinny przekraczać 600 Vpp.
- 16) Zalecane parametry prostowników do zespołów prostownikowych zasilanych napięciem 15 (20) kV lub 110 kV:
- znamionowe napięcie wyprostowane:  $U_{dn} \geq 3300 \text{ V}$ ;
  - znamionowy prąd wyprostowany:  $I_{dn} \geq 1700 \text{ A}$ ;
  - klasa przeciążalności: III;
  - straty przy  $I_{dn}$ :  $P_s \leq 17 \text{ kW}$ ;
  - równomierność rozkładu napięcia wstecznego na diodach połączonych szeregowo:  $\geq 0,9$ ;
  - przepięcia komutacyjne w zakresie prądu obciążenia od 0 do 200%  $I_{dn}$ :  $up \leq 600 \text{ Vpp}$ ;
  - wytrzymałość zwarciowa:  $I_{zw} \geq 18,5 \text{ kA}$ .
- 17) Na wyjściu „+” każdego prostownika powinien być zainstalowany dławik wygładzający.
- 18) Zespół prostownikowy powinien być przyłączony do szyn zbiorczych prądu przemiennego za pośrednictwem wyłącznika i odłącznika, a do szyny +3 kV prądu stałego za pośrednictwem odłącznika i wyłącznika szybkiego.

- 19) Połączenie „-” prostownika z celką minusową nie powinno zawierać żadnych aparatów łączeniowych
- 20) Należy stosować dławiki wygładzające o indukcyjności 4 mH (-0 %, +10 %) lub 6 mH (-0 %, +10 %), w zależności od zastosowanego urządzenia wygładzającego.
- 21) Prąd znamionowy dławika wygładzającego powinien być taki sam jak prąd znamionowy prostownika. Przeciążalność prądowa dławików w klasie III.
- 22) Wytrzymałość zwarciova:  $I_{zw} \geq 18,5$  kA.
- 23) Każdy dławik wygładzający powinien być wyposażony w układ przeciwprzepięciowy, który aktykuje się po przekroczeniu napięcia 500V i rozprasza energię zgromadzoną w dławiku

### 3.3.2.6. Urządzenie wygładzające

- 1) W podstacjach należy stosować urządzenia wygładzające, w skład których wchodzi dławik wygładzający wraz z baterią kondensatorów z opornikiem rozładowczym indywidualne oraz ewentualnie gałęzie LC. Urządzenie lub urządzenia wygładzające powinny zapewnić ograniczenie psometrycznego napięcia zakłócającego do wartości 0,5 %  $U_d$ , niezależnie od obciążenia podstacji oraz przy uwzględnieniu asymetrii napięcia zasilającego podstację.
- 2) Urządzenie wygładzające należy zabezpieczyć bezpiecznikiem włączonym od strony szyny zbiorczej +3 kV. Układ połączeń urządzenia wygładzającego powinien zapewniać samoczynne rozładowanie się kondensatorów w przypadku wyłączenia lub zaniku napięcia prądu stałego.
- 3) Urządzenie wygładzające powinno zawierać elementy ograniczające prąd rozładowania kondensatorów w przypadku wystąpienia zwarcia na szynach rozdzielnic 3 kV lub układzie sieci trakcyjnej.
- 4) Zalecane jest stosowanie aperiodycznych urządzeń wygładzających:
  - a) indywidualnego z baterią kondensatorów  $C = 0,8$  mF współpracującego z dławikami o indukcyjności 6 mH  
lub
  - b) centralnego z baterią kondensatorów  $C = 0,8$  mF i gałęzią rezonansową do tłumienia harmonicznymi o częstotliwości 600 Hz współpracującego z dławikami o indukcyjności 4 mH.
- 5) Indywidualne urządzenia wygładzające powinny być stosowane dla każdego pojedynczego zespołu prostownikowego. Jedno centralne urządzenie wygładzające może współpracować z zespołami prostownikowymi w liczbie od 1 do 3.

### 3.3.2.7. Rozdzielnic prądu stałego 3 kV

- 1) Rozdzielnica prądu stałego 3 kV powinna być wykonana jako prefabrykowana, typu wnętrzego, celkowa z wyłącznikiem szybkim zamontowanym na wysuwym wózku.
- 2) Rozdzielnica powinna być wyposażona w podwójny układ „plusowych” szyn zbiorczych (szyna podstawowa i szyna obejściowa), podwójnie sekcjonowanych przy użyciu dwóch odłączników dwubiegunowych. W stanie pracy normalnej rozdzielnic oba odłączniki sekcyjne powinny być zamknięte. W środkowej sekcji rozdzielnic powinno znajdować się pole wyłącznika zapasowego oraz urządzenie ochrony podnapięciowej.
- 3) Układ przestrzenny rozdzielnic oraz zastosowana automatyka powinny zapewniać możliwość zastąpienia dowolnego wyłącznika zasilacza wyłącznikiem zapasowym.
- 4) W przypadku stosowania centralnego urządzenia wygładzającego, należy je ulokować w sekcji środkowej rozdzielnic.
- 5) W przypadku stosowania indywidualnych urządzeń wygładzających należy je umieszczać w polach zasilających rozdzielnic 3 kV, które znajdują się zazwyczaj w sekcjach skrajnych rozdzielnic 3 kV.
- 6) Pola zasilaczy powinny być rozmieszczone symetrycznie w skrajnych sekcjach rozdzielnic.
- 7) Napięcia pracy rozdzielnic powinny być zgodne z normą PN-EN 50163:2006, a parametry prądowe powinny być dostosowane do układu zasilania.

- 8) Napięcie znamionowe obwodów pomocniczych powinno wynosić 220 V DC.
- 9) Rozmieszczenie celek zasilaczy w rozdzielnicy powinno odpowiadać rozmieszczeniu w terenie zasilanych odcinków torów.
- 10) Każdy wyłącznik szybki w rozdzielnicy 3 kV prądu stałego powinien być wyposażony w układ SPZ (samoczynnego ponownego załączenia) oraz układ próby stanu izolacji linii.
- 11) Wymagane parametry rozdzielnicy prądu stałego:
  - a) napięcie znamionowe – 3,3 kV;
  - b) najwyższe napięcie pracy – 3,6 kV;
  - c) wytrzymałość zwarciova – 50 kA, 0,25 s;
  - d) napięcie obwodów pomocniczych – 220 V DC.
  - e) znamionowy prąd szyny zbiorczej podstawowej i odłączników sekcyjnych:
    - minimum 4 kA dla linii o  $v < 200$  km/h
    - minimum 6 kA dla nowych linii o  $v < 250$  km/h;
  - f) znamionowy prąd szyny zbiorczej obojętnej, pół zasilaczy i wyłącznika zapasowego oraz pół zasilających:
    - minimum 2,5 kA dla linii o  $v < 200$  km/h;
    - minimum 4 kA dla nowych linii o  $v < 250$  km/h.

#### 3.3.2.8. Wyłączniki szybkie

- 1) Typ wyłącznika szybkiego prądu stałego zastosowany w rozdzielnicy 3kV DC musi posiadać świadectwo dopuszczenia do eksploatacji wydane przez UTK.
- 2) Wyłącznik szybki powinien być jednobiegunowy, przeznaczony do łączenia prądów roboczych, przeciążeniowych i zwarcioowych, niespolaryzowany, przeznaczony do eksploatacji w warunkach klimatu umiarkowanego w pomieszczeniach znajdujących się na wysokości do 2000m npm.
- 3) Wyłącznik powinien być wyposażony w elektromagnetyczny układ wydmuchowy.
- 4) Wyłącznik szybki powinien zapewniać następujące parametry:
  - a) znamionowe napięcie pracy – 3 kV DC;
  - b) znamionowy prąd roboczy – zgodnie ze znamionowym prądem celki zasilacza lub wyższy;
  - c) zdolność łączeniowa prądów zwarcioowych – 50 kA DC;
  - d) napięcie pobiercze 50 Hz – 15 kV;
  - e) zakres nastaw prądów wyzwalacza pierwotnego zapewniający prawidłową wyłączalność minimalnych prądów zwarcia oraz przeciążeń obciążeń roboczych;
  - f) trwałość łączeniowa -  $\geq 1000$  łączeń;
  - g) trwałość mechaniczna -  $\geq 20\ 000$  przestawień;
  - h) czas własny -  $\leq 5$  ms;
  - i) całkowity czas wyłączenia -  $\leq 20$  ms;
  - j) czas łukowy przy wyłączaniu prądów krytycznych -  $\leq 500$  ms;
  - k) komora łukowa – bezazbestowa;
  - l) napięcie obwodów sterowania – 220 V DC.
- 5) Dla nastaw wyzwalaczy pierwotnych wyłączników szybkich mniejszych od 3000 A minimalne prądy zwarcioowe powinny być co najmniej o 300 A większe od nastaw wyzwalaczy wyłączników szybkich zasilających dany odcinek zasilania. Dla nastaw wyzwalaczy pierwotnych wyłączników szybkich równych lub większych od 3000 A minimalne prądy zwarcioowe powinny być co najmniej o 10% większe od nastaw wyzwalaczy wyłączników szybkich zasilających dany odcinek zasilania.
- 6) Prąd nastawy wyzwalacza pierwotnego wyłącznika szybkiego powinien być o 200 A większy od maksymalnego prądu płynącego przez wyłącznik szybki jaki wynika z chwilowych obciążeń.
- 7) Wyłączniki szybkie powinny posiadać funkcję załączania i wyłączania sygnałami zewnętrznymi.

### 3.3.2.9. Celka minusowa oraz kable powrotne i uszyniające

- 1) Podstacja trakcyjna powinna być wyposażona w jedną, wspólną dla wszystkich zespołów prostownikowych, celkę minusową.
- 2) Szyna zbiorcza minusowa powinna być wykonana jako niesekcjonowana i izolowana od ziemi. Poziom izolacji szyny minusowej powinien wynosić 1 kV. Połączenia szyny minusowej z biegunem ujemnym prostowników oraz z siecią powrotną powinny być wykonane bezpośrednio za pomocą kabli. W obwodzie szyny minusowej nie należy montować jakichkolwiek łączników.
- 3) Celka minusowa powinna być wygradzona. W obwodach kabli powrotnych wychodzących z celki minusowej powinny być zamontowane amperomierze.
- 4) Integralną częścią celki minusowej powinno być urządzenie ochrony ziemnozwarciowej oraz tester kontroli kabli powrotnych i uziemienia.
- 5) Celka powinna zapewniać możliwość przyłączenia następującej ilości kabli:
  - a) kable minusowe z zespołu prostownikowego - 5 x YAKY 1x240 (1kV) / /zespół;
  - b) kable minusowe do rozdz. 3kV DC - 3 x YKY 1x50 (1kV);
  - c) połączenie z urządzeniem ochrony ziemnozwarciowej - YKY 1x120 (1kV);
  - d) kable powrotne - zgodnie z dokumentacją projektową.
- 6) Odprowadzenie prądu z szyn jezdnych toru zelektryfikowanego do podstacji trakcyjnej powinno odbywać się kablami powrotnymi.
- 7) Projektując trasę kabli powrotnych oraz miejsce ich przyłączenia do torów należy dołożyć wszelkich starań, aby ich długość była możliwie jak najkrótsza i nie przekraczała 1000 m.
- 8) Trasa kabli powrotnych powinna przebiegać w obrębie terenu w dyspozycji zarządcy infrastruktury kolejowej. Przejście przez teren niekolejowy dopuszczalne jest tylko w sytuacji, gdy znacznie to skróci trasę, a teren nie jest przewidziany pod zabudowę. Ponadto należy dołożyć wszelkich starań, aby unikać skrzyżowań i zbliżeń z rurociągami cieplnymi, gazowymi oraz kablami SRK.
- 9) Trasa powinna zapewniać łatwy dostęp podczas budowy i eksploatacji sieci powrotnej.
- 10) Ilość kabli powrotnych w wiązce dobiera się na podstawie wartości skutecznej 15 minutowej prądu podstacji z uwzględnieniem zmniejszonej obciążalności kabli prowadzonych w wiązce równoległej według odpowiedniej normy. Liczbę kabli wynikającą z obliczeń należy zwiększyć o jeden kabel rezerwowo.

### 3.3.2.10. Linie zasilaczy 3 kV

- 1) Zasilacze należy projektować jako linie kablowe o jak najmniejszej długości.
- 2) Przekrój zasilaczy kablowych dobiera się na podstawie wartości skutecznej prądu 15-minutowego jednak nie mniejszy niż 1000 mm<sup>2</sup>.
- 3) Do budowy zasilaczy należy stosować kable z żyłą roboczą aluminiową o przekroju 1x500 mm<sup>2</sup> o napięciu znamionowym izolacji 6 kV, w izolacji, powłoce i osłonie polwinitowej, z pancierzem z drutów stalowych między powłoką a osłoną. Oporność pancerza nie powinna przekraczać 1 Ω/km. Dopuszcza się stosowanie innych typów kabli, o ile żyła ochronna tych kabli będzie wytrzymywać prądy zwarciove mogące występować w przypadku uszkodzenia kabla zasilacza. Przekrój żyły powrotnej powinien zapewniać wyłączalność zwarć na końcu zasilacza. Do obliczeń należy przyjmować jako minimalny prąd zwarcia 150% prądu nastawienia przekaźnika nadprądowego ochrony ziemnozwarciowej podstacji trakcyjnej.
- 4) Zakończenia wewnętrzne kabli zasilaczy należy wykonać głowicami wewnętrznymi, które umożliwiają wyprowadzenie pancerza do uziemienia. Od strony sieci jezdnej należy stosować głowice napowietrzne. Uziemionych w podstacji trakcyjnej pancerzy kabli zasilaczy, od strony sieci trakcyjnej nie należy uszyniać w sposób bezpośredni ani z wykorzystaniem iskiernika lub ogranicznika niskonapięciowego. Żyła robocza na głowicy powinna być zabezpieczona odgromnikiem beziskiernikowym.

- 5) Zaleca się stosowanie muf przelotowych z żywic syntetycznych lub termoutwardzalnych o napięciu znamionowym izolacji minimum 6 kV.

### 3.3.2.11. Zasilanie potrzeb własnych

- 1) W skład systemu potrzeb własnych podstacji trakcyjnej wchodzi następujące urządzenia:
- dwa transformatory SN/nN;
  - rozdzielnica prądu przemiennego 230/400 V;
  - rozdzielnica prądu stałego 220 V;
  - bateria akumulatorów bezobsługowych;
  - rozdzielnica instalacyjna 230/400 V prądu przemiennego;
  - falownik (opcjonalnie).
- 2) Potrzeby własne podstacji powinny być zasilane z dwóch transformatorów SN/0,4 kV zabudowanych w polach rozdzielnic SN. Należy stosować transformatory w wykonaniu wewnętrznym.
- 3) Transformatory potrzeb własnych SN/nN przeznaczone są do zasilania w układzie TN-C rozdzielnic potrzeb własnych 230/400V AC i powinny zapewniać moc niezbędną do zasilania urządzeń nN koniecznych dla prawidłowej pracy podstacji.
- 4) W przypadku zastosowania w podstacji trakcyjnej dławika kompensującego, dopuszcza się, zamiast transformatorów potrzeb własnych, wykorzystanie jako źródło napięcia dla rozdzielnic potrzeb własnych 230/400V AC dodatkowego, niezależnego od uzwojenia kompensującego, dedykowanego dla potrzeb własnych uzwojenia dławika, przy spełnieniu przez nie właściwych parametrów technicznych dla konkretnego obiektu.
- 5) Moc znamionową transformatorów SN/nN należy dobierać z typoszeregu: 1; 3,6; 6,3; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600 kVA.
- 6) Grupa połączeń transformatorów SN/nN Yzn5 - do mocy 160 kVA i Dyn5 - od mocy 250 kVA.
- 7) Napięcie zwarcia: 4,5%  $\pm$ 10% dla transformatorów do 400 kVA i 6,0%  $\pm$ 10% dla transformatorów powyżej 400 kVA.
- 8) Transformatory o mocy powyżej 16 kVA powinny mieć możliwość regulacji napięcia  $\pm 3 \times 2,5$  %.
- 9) Rozdzielnic prądu przemiennego 230/400 V powinna być wykonana jako szafa przyścienna. Połączenia pomiędzy transformatorami a rozdzielnicą należy wykonać jako kablowe. Rozdzielnica powinna posiadać układ 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.
- 10) Rozdzielnica prądu stałego 220 V powinna współpracować z baterią akumulatorów bezobsługową. Z rozdzielnic tej są zasilane następujące obwody:
- napędów wyłączników WN i SN prądu przemiennego i prądu stałego (oddzielne obwody dla każdej rozdzielnicy);
  - automatyki, zabezpieczeń i sterowania (oddzielne obwody dla każdej rozdzielnicy);
  - sygnalizacji (wspólne dla całej podstacji);
  - oświetlenia bezpieczeństwa;
  - ryglowania;
  - falownika (jeśli występuje).
- 11) Prostownik ładowania baterii akumulatorów powinien być zasilany z rozdzielnic prądu przemiennego i połączony z baterią w układzie buforowym.
- 12) Układ połączeń prostownika powinien umożliwiać okresowe ładowanie baterii z pominięciem rozdzielnic prądu stałego.
- 13) Urządzenia podstacji trakcyjnej powinny umożliwiać tzw. pracę „kabinową” podstacji, której warunkiem jest czynna ochrona podnapięciowa i ziemnozwarciowa. Zastosowane urządzenia powinny umożliwiać pracę „kabinową” podstacji przez czas nie krótszy niż osiem godzin.



- 14) Poszczególne obwody potrzeb własnych powinny być zabezpieczone odpowiednimi filtrami przeciwzakłóceń i przeciwprzepięciowymi z zachowaniem odpowiedniego stopniowania tej ochrony.
- 15) Z rozdzielnic instalacyjnej prądu przemiennego 230/400 V należy zasilac wszelkie obwody niezwiązane bezpośrednio z technologią podstacji. Należą do nich m.in.: oświetlenie, ogrzewanie, gniazda, wentylacja, hydrofor itp.

### **3.3.2.12. Zasilanie transformatorów potrzeb własnych oraz odbiorców nietrakcyjnych**

- 1) Rozdzielnic SN podstacji, z której zasilane są transformatory potrzeb własnych, zasilana jest:
- w podstacjach zasilanych napięciem 15 lub 20 kV liniami SN zasilającymi podstację z GPZ,
  - w podstacjach zasilanych napięciem 110 kV z:
    - uzwojenia SN transformatora prostownikowego,
    - transformatora 110 kV/SN przeznaczonego do zasilania odbiorów nietrakcyjnych.
- 2) Transformatory 110 kV/SN przeznaczone do zasilania odbiorów nietrakcyjnych budowane są, gdy moc odbiorów nietrakcyjnych przekracza moc uzwojenia SN transformatora prostownikowego (1 MVA).
- 3) Odbiory nietrakcyjne zasilane są liniami SN, wyprowadzonymi z rozdzielnic SN podstacji.
- 4) Wymagania dotyczące układów zasilania odbiorników nietrakcyjnych są przedstawione w Tomie IV.

### **3.3.3. Automatyka lokalna i urządzenia zabezpieczeń**

#### **3.3.3.1. Wymagania ogólne**

- Automatyka lokalna i zabezpieczenia powinny być realizowane w oparciu o mikrokomputerowe urządzenia cyfrowe.
- 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.
- Podstacje i kabiny sekcyjne powinny być standardowo w pełni przygotowane do pracy zdalnej.
- Automatyka podstacji trakcyjnej powinna mieć możliwość pracy w następujących trybach:
  - tryb pracy zdalnej – sterowanie pracą urządzeń odbywa się z Nastawni Centralnej;
  - tryb pracy lokalnej – sterowanie pracą urządzeń odbywa się bezpośrednio z podstacji trakcyjnej;
  - tryb pracy częściowo lokalnej – sterowanie pracą urządzeń odbywa się z Nastawni Centralnej oraz wybranymi polami rozdzielni lub urządzeniami z podstacji trakcyjnej.
- Operacje sterownicze powinny być dopuszczone do realizacji tylko z miejsca określonego wybranym trybem pracy (Nastawnia Centralna dla pracy zdalnej lub podstacja trakcyjna dla pracy lokalnej) z wyjątkiem operacji wyłączenia dla wybranych urządzeń, które powinny być dopuszczalne z każdego miejsca niezależnie od wybranego trybu pracy.
- System sterowania zdalnego powinien być kompatybilny z systemem sterowania sąsiedniego obiektu zasilania obsługiwanego przez innego operatora.
- Urządzenia automatyki i sterowania pracujące w podstacji powinny mieć możliwość pracy w następujących trybach (niezależnie od trybu pracy podstacji trakcyjnej):
  - 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),
  - 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 jednoznaczną wizualizację stanów 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.

### 3.3.3.2. Rozdzielna WN

- 1) W rozdzielni WN wymaga się stosowania cyfrowych terminali zabezpieczeniowych i automatów 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 te powinny współpracować z odrębnymi obwodami prądowymi i napięciowymi. Impulsowanie na wyłącz 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 impulsować na obie cewki wyłącznika z dwóch niezależnych wyjść urządzenia, z wykorzystaniem, dwóch niezależnych napięć sterowniczych. W obwodach wyłączających i załączających zaleca się stosowanie przekaźników pośredniczących.
- 10) Zabezpieczenia powinny posiadać funkcję samokontroli oraz logiki programowalnej. Powinny być zasilane napięciem 220V DC.
- 11) Pola linii WN należy wyposażyć w następujące zabezpieczenia:
- a) podstawowe - odległościowe lub odcinkowe. Dla linii kablowych lub napowietrznych o długości do 2 km należy stosować zabezpieczenie odcinkowe;
  - b) rezerwowe - prądowe odległościowe lub ziemnozwarciowe dla linii promieniowych;
  - c) automatyka SPZ zaimplementowana w zabezpieczeniu odległościowym.
- 12) Zabezpieczenia różnicowe oraz odległościowe pracujące wspólnie powinny komunikować się za pomocą odpowiednio dobranych interfejsów światłowodowych, poprzez wydzielone włókna światłowodowe.
- 13) Pole łącznika szyn WN wyposażone w wyłącznik należy wyposażyć w zabezpieczenie nadprądowe lub w uzasadnionych przypadkach zabezpieczenie odległościowe.

- 14)W zależności od potrzeb rozdzielnię WN należy wyposażyć w układ samoczynnego załączania rezerwy (SZR). Automatykę SZR należy zrealizować za pomocą dedykowanego urządzenia. Powinna być możliwość wyłączenia automatyki SZR.
- 15)Automatyka SRZ powinna blokować się automatycznie po zadziałaniu zabezpieczeń w polach liniowych WN, zabezpieczenia szyn zbiorczych WN, lokalnej rezerwy wyłącznikowej WN.
- 16)W stacjach w układzie H dopuszcza się stosowanie lokalnej rezerwy wyłącznikowej oraz zabezpieczenia szyn jako jednego urządzenia.
- 17)Lokalna rezerwa wyłącznikowa powinna być pobudzana przez wszystkie zainstalowane zabezpieczenia poszczególnych pól.
- 18)Działanie lokalnej rezerwy wyłącznikowej powinno opierać się o kryterium prądowe oraz wyłącznikowe.
- 19)Zabezpieczenie szyn powinno być wyposażone w funkcję rozpoznawania martwej strefy.
- 20)Lokalna rezerwa wyłącznikowa powinna działać w dwóch stopniach:
  - a) Impulsowanie na wyłączenie wyłącznika w polu, w którym nadtopiło pobudzenie tzw. retrip;
  - b) impulsowanie na wyłączenie wszystkich wyłączników odpowiedniej sekcji lub systemu szyn zbiorczych.
- 21)Lokalna rezerwa wyłącznikowa i zabezpieczenie szyn powinny samoczynnie dopasowywać strefy działania do aktualnej konfiguracji rozdzielni WN.
- 22)Automatyka lokalnej rezerwy wyłącznikowej i zabezpieczenie szyn powinny pozwalać na rozbudowanie o kolejne pole bez potrzeby przebudowy całego układu.
- 23)Automatyka lokalnej rezerwy wyłącznikowej i zabezpieczenie szyn powinny posiadać dwa redundantne zasilacze z czego przynajmniej jeden powinien być zasilany napięciem 220 V DC.
- 24)W każdym polu powinna być możliwość odstawienia pobudzenia i wyłączenia lokalnej rezerwy wyłącznikowej danego pola. Sygnalizacja z przeliczników powinna być wprowadzona do systemu nadrzędnego.
- 25)Automatykę samoczynnego ponownego załączenia (SPZ) należy stosować w liniach napowietrznych i napowietrzno-kablowych.
- 26)Należy stosować SPZ trójfazowy jednokrotny, pobudzany przez zabezpieczenia podstawowe i rezerwowe.
- 27)SPZ powinien blokować się przy operacyjnym załączaniu linii oraz rozbrojenia napędu wyłącznika.
- 28)Powinna istnieć możliwość lokalnej i zdalnej blokady działania automatyki SPZ.

### 3.3.3.3. Rozdzielnia SN

- 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 SN powinna być zasilania napięciem 220 V DC. Dopuszcza się wprowadzenie napicia 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) rezerwowy;
  - c) inżynierski.
  - d) dodatkowe interfejsy komunikacyjne (w razie konieczności).
- 5) Zabezpieczenia powinny impulsować na obie cewki wyłączające wyłącznika z dwóch niezależnych wyjść urządzenia, 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 zadziałanie funkcji zabezpieczeniowych na panelach zabezpieczeń.
- 9) W celu zapewnienia skuteczności i selektywności zadziałania zabezpieczeń, urządzenia zabezpieczeń rozdzielnic SN powinny realizować automatykę zabezpieczenia szyn oraz lokalnej rezerwy wyłącznikowej. Pobudzenie zabezpieczenia szyn oraz lokalnej rezerwy wyłącznikowej powinno być realizowane 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 automatów lokalnej rezerwy wyłącznikowej, zabezpieczeń szyn i samoczynnego załączania rezerwy.
- 11) Pole linii odplywowej (LPN) powinno zawierać następujące zabezpieczenia i automatyki:
- a) zabezpieczenie zwarciove;
  - b) zabezpieczenie nadprądowe niezależne, min. 3 stopnie;
  - c) zabezpieczenia nadprądowe ziemnozwarciowe bezkierunkowe, min 2 stopnie (linia z uzimieniem punktu neutralnego przez rezystor);
  - d) zabezpieczenie nadprądowe ziemnozwarciowe kierunkowe;
  - e) zabezpieczenia admitancyjne 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 zespołu prostownikowego powinno zawierać następujące zabezpieczenia i automatyki:
- a) zabezpieczenie zwarciove;
  - b) zabezpieczenie nadprądowe niezależne, min. 3 stopnie;
  - c) zabezpieczenie nadprądowe zależne;
  - d) zabezpieczenie nadprądowe ziemnozwarciowe;
  - e) zabezpieczenia fabryczne transformatora:
    - temperaturowe I° i II°;
    - gazowo-przepływowe I° i II°;
    - niski poziom oleju;
    - zadziałanie zaworu bezpieczeństwa;
  - f) zabezpieczenie częstotliwościowe;
  - g) wejścia automatów lokalnej rezerwy wyłącznikowej oraz zabezpieczeń szyn;
  - h) automatyka nadzoru przekroczenia mocy.
- 14) Zadziałanie zabezpieczeń temperaturowego I°, gazowo-przepływowego I° oraz niski poziom oleju powodują włączenie sygnalizacji. Pozostałe zabezpieczenia powodują wyłączenie wyłącznika pola.
- 15) Dodatkowo układy zabezpieczeń i automatyki powinny realizować wyłączenie wyłącznika pola w przypadku:

- a) awarii prostownika trakcyjnego;
  - b) zadziałania zabezpieczenia rozdzielnic 3 kV DC.
- 16) Pole transformatora potrzeb własnych (uziemiającego) powinno zawierać następujące zabezpieczenia i automatyki:
- a) zabezpieczenie nadprądowe niezależne dwustopniowe (I i II);
  - b) zabezpieczenie nadprądowe ziemnozwarciowe dla kryterium pomiaru prądu z dławika (dla sieci kompensowanej);
  - c) zabezpieczenia fabryczne transformatora;
  - d) zabezpieczenia fabryczne dławika i rezystora wymuszania składowej czynnej (dla sieci kompensowanej);
  - e) zabezpieczenie ziemnozwarciowe kierunkowe (dla sieci izolowanej);
  - f) automatyka wymuszania składowej czynnej (dla sieci kompensowanej);
  - g) automatyka lokalnej rezerwy wyłącznikowej oraz zabezpieczeń szyn.
- 17) Zadziałanie wyłącznika w polu powinno odbywać się w przypadku działania zabezpieczeń:
- a) nadprądowego;
  - b) ziemnozwarciowego II stopnia;
  - c) fabrycznych transformatora II stopnia.
- 18) Działanie pozostałych zabezpieczeń wymienionych w punkcie 16, powinno pobudzić sygnalizację.
- 19) 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);
- 20) Rozdzielnica SN powinna być wyposażona w pomiar napięcia wraz z zabezpieczeniami pod- i nadnapięciowymi.
- 21) Rozdzielnica SN powinna być wyposażona w układ automatyki SZR.
- 22) 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.
- 23) Zadziałanie zabezpieczeń zwarciowych i nadprądowych w polach linii zasilających, polach transformatorów zasilających, polach łączników szyn oraz zadziałanie niektórych zabezpieczeń w polach potrzeb własnych powinno blokować automatykę SZR.
- 24) Automatyka SZR powinna umożliwiać zdalne i lokalne zablokowanie i odblokowanie oraz mieć możliwość lokalnego (ręcznego) odstawienia.
- 25) Zaleca się, aby rozdzielnica SN, w izolacji powietrznej, była wyposażona w zabezpieczenie łukoochronne, działające w kryterium światła i napięcia.
- 26) Zabezpieczenie łukoochronne powinno działać na wyłączenie wyłączników pól linii zasilających i pola łącznika szyn.
- 27) Zabezpieczenia łukoochronne powinny wykryć zwarcie łukowe w czasie poniżej 10 ms i je wyłączyć w czasie do 50 ms.

#### **3.3.3.4. Rozdzielnia prądu stałego 3 kV**

- 1) Automatyka i układy sterowania rozdzielnic 3 kV DC powinny być zasilane napięciem 220 V DC.

- 2) Urządzenia powinny być wyposażone w kanały transmisji danych podstawowy i rezerwy oraz inżynierski. W razie konieczności mogą być wyposażone w dodatkowe interfejsy komunikacyjne.
- 3) Pola zasilaczy powinny być wyposażone w wyłączniki szybkie z wyzwalaczami nadprądowymi.
- 4) Wyzwalacze nadprądowe wyłączników szybkich powinny zapewniać odpowiedni zakres nastawienia wartości prądów. Maksymalne wartości nastawienia wyzwalaczy nadprądowych wyłączników szybkich nie mogą być większe od wartości minimalnego prądu zwarcia, pomniejszone o 10 %, lecz nie mniej niż 300 A.
- 5) Automatyka zasilaczy powinna zapewniać samoczynną próbę izolacji linii przed załączeniem wyłącznika. Graniczna wartość dopuszczalnego obciążenia występującego w czasie próby linii powinna być regulowana.
- 6) Wyłączniki szybkie zasilające wspólnie jeden odcinek linii z wyłącznikami sąsiedniej podstacji powinny być powiązane systemem uzależnień.
- 7) Szyna zbiorcza +3 kV prądu stałego powinna być wyposażona w ochronę podnapięciową.
- 8) Sterownik celki wyłącznika 3 kV powinien zapewniać sterowanie i nadzór nad wyłącznikiem szybkim 3 kV i pozostałą aparaturą celki. Sterowanie pracą wyłącznika powinno być możliwe zarówno z poziomu sterowania ręcznego, jak również za pośrednictwem magistrali CAN-Bus/RS485 (wydawanie poleceń z terminala podstacyjnego albo z NC). Sterownik powinien także zapewniać współpracę z obsługą uzależnień.
- 9) W przypadku rozdzielni 3 kV prądu stałego ze sterowanymi odłącznikami szyny obejściowej lub szyny obejściowej i głównej, sterownik nie powinien obsługiwać sterowania tymi odłącznikami dla nadzorowanego wyłącznika szybkiego. Funkcje te może realizować sterownik wyłącznika zapasowego lub inny, przeznaczony tylko do tego celu sterownik.
- 10) Sterownik celki rozdzielni 3 kV wraz z urządzeniami współpracującymi powinien być przystosowany do instalacji w celce wyłącznika w sposób zapewniający bezpieczny i wygodny dostęp do elementów sterowniczych i informacji podawanych przez sterownik.
- 11) Dokładność pomiarów napięć 3 kV DC i prądów płynących przez wyłączniki szybkie 3 kV realizowanych przez sterowniki celek powinna być nie mniejsza niż:
  - a) 2% dla napięć w zakresie wartości znamionowych  $\pm 30\%$ ,
  - b) 10% dla prądów w zakresie od 10000A do 4000A,
  - c) 5% dla prądów w zakresie od 4000A do 2000A,
  - d) 2% dla prądów w zakresie od 2000A do 1000A,
  - e) 5% dla prądów w zakresie od 1000A do 500A,
  - f) 10% dla prądów w zakresie od 500A do 200A.
- 12) Prądy powinny być mierzone w obu kierunkach.
- 13) Przetwornik pomiarowy prądu i napięcia powinien być zasilany napięciem mierzonym 3 kV DC i zapewniać separację galwaniczną.
- 14) Konstrukcja i oprogramowanie sterownika powinny zapewniać zabezpieczenie przed nieprawidłowym oraz niezamierzonym sterowaniem zarówno w czasie normalnej pracy sterownika jak również w wypadku jego uszkodzenia.
- 15) Sterownik powinien zapewniać współpracę z uzależnionym wyłącznikiem w sąsiednim obiekcie, komunikując się przez magistralę komunikacyjną i dodatkowy sterownik obsługujący transmisję uzależnień.
- 16) Opisy elementów sterowniczych powinny być wyraźne, jednoznaczne oraz trwałe. Podawane przez sterownik informacje powinny być wyraźne i jednoznaczne. Informacje te powinny obrazować stan nadzorowanego wyłącznika i innych aparatów w celce, stan i tryb pracy wyłącznika uzależnionego, napięcie podawane do sieci trakcyjnej oraz pobierany prąd.
- 17) Główną funkcją spełnianą przez sterownik celki wyłącznika 3 kV w podstacji trakcyjnej jest zapewnienie sterowania pracą wyłącznika szybkiego 3 kV. Sterownik powinien umożliwiać:
  - a) załączenie operacyjne (zamierzone) wyłącznika,
  - b) wyłączenie operacyjne (zamierzone) wyłącznika,
  - c) załączenie uzależnione wyłącznika,

- d) wyłączenie uzależnione wyłącznika,
- e) samoczynne załączenie wyłącznika po wyłączeniu nadmiarowym lub uzależnionym wyłącznika,
- f) wyłączenie wyłącznika od zabezpieczenia nadprądowego,
- g) wyłączenie wyłącznika od innych zabezpieczeń nie realizowanych bezpośrednio przez sterownik (np. zadziałanie ochrony podnapięciowej lub ziemnozwarciowej w podstacji).
- 18) Każde załączenie wyłącznika, za wyjątkiem załączenia remontowego, musi być poprzedzone wykonaniem próby linii, której wynik decyduje o przystąpieniu do załączania wyłącznika (gdy wynik próby jest pozytywny) lub rezygnacji z załączania wyłącznika (gdy wynik jednej lub kilku kolejnych prób jest negatywny). Maksymalna ilość prób linii wykonywana przed załączeniem wyłącznika powinna być określona na 2 lub 3. Negatywny wynik wszystkich dopuszczalnych prób linii powinien powodować blokowanie załączania wyłącznika do czasu wykonania załączenia operacyjnego (zamierzonego).
- 19) Samoczynne załączenie wyłącznika powinno następować po wyłączeniu nadmiarowym wyłącznika. W przypadku wyłączenia nadmiarowego następującego w czasie do 10 sekund po samoczynnym załączeniu wyłącznika, kolejne samoczynne załączenie nie powinno być możliwe do czasu wykonania załączenia operacyjnego (zamierzonego).
- 20) Załączenie wyłącznika powinno być możliwe dopiero po czasie zależnym od maksymalnej wartości prądu odczytanego w czasie ostatniego wyłączenia. Oprogramowanie sterownika powinno umożliwiać określenie zależności między czasem do inicjowania załączenia, a wartością prądu, przy którym nastąpiło ostatnie wyłączenie w oparciu o dane producenta wyłącznika szybkiego.
- 21) Operacyjne załączenie i wyłączenie wyłącznika musi być możliwe zarówno za pomocą elementów sterowniczych (np. przycisku lub manetki) jak również za pomocą poleceń przesłanych do sterownika przez magistralę komunikacyjną (np. z terminala lub Nastawni Centralnej).
- 22) W przypadku równoczesnego wyłączenia samoczynnego więcej niż jednego wyłącznika, sterowniki celek rozdzielni 3 kV powinny zapewniać odstrojenie czasowe między załączaniem kolejnych wyłączników.
- 23) W celu realizacji próby linii sterownik musi umożliwiać sterowanie stycznikiem (stycznikami) próby linii, oraz odczytywać wynik próby przez pomiar wartości napięcia zasilającego sieć trakcyjną. Przebieg załączenia wyłącznika z próbą linii powinien być następujący:
- a) odczekanie przed próbą linii (min. 5 s),
  - b) załączenie stycznika (styczników) próby linii,
  - c) odczekanie określonego czasu do określenia wyniku próby linii (0,5 ÷ 2 s)
  - d) odczytanie wyniku próby linii przez pomiar napięcia,
  - e) wyłączenie stycznika (styczników) próby linii,
  - f) jeśli wynik próby będzie negatywny, to po czasie nie krótszym niż dwie sekundy powinno nastąpić ponowne inicjowanie próby linii,
  - g) jeśli wynik próby będzie pozytywny, to powinno nastąpić zainicjowanie załączenia wyłącznika.
- 24) W przypadku rozdzielni 3 kV prądu stałego ze sterowanymi odłącznikami szyny obejściowej (lub szyny obejściowej i głównej) automatyka rozdzielni 3 kV podstacji trakcyjnej powinna zapewniać możliwość sterowania tymi odłącznikami.
- 25) Odłącznik szyny obejściowej umożliwia rezerwowanie właściwego wyłącznika szybkiego wyłącznikiem zapasowym. Zapewnia to możliwość podania napięcia do sieci trakcyjnej w przypadku uszkodzenia wyłącznika szybkiego właściwego lub jego obwodów sterowniczych.
- 26) Sterowanie odłącznikiem szyny obejściowej powinno być możliwe tylko, gdy:
- a) wyłącznik właściwy jest wyłączony,
  - b) odłączniki szyny zapasowej w pozostałych celkach rozdzielni są otwarte,
  - c) wyłącznik zapasowy jest wyłączony.
- 27) Sterowanie powinno umożliwiać otwarcie i zamknięcie odłącznika szyny zapasowej pod warunkiem spełnienia powyższych wymogów i powinno być możliwe zarówno za pomocą

manipulatorów (przycisków lub manetek) współpracujących ze sterownikiem, jak również za pomocą polecenia przesłanego przez magistralę komunikacyjną.

28) Sterowanie odłącznikiem szyny głównej powinno być możliwe tylko, gdy:

- a) wyłącznik właściwy jest wyłączony,
- b) odłącznik szyny zapasowej jest otwarty.

29) Zarówno sterowanie odłącznikiem szyny obejściowej jak i głównej nie powinno być realizowane przez automatykę (sterownik) celki, w której te urządzenia pracują. Funkcje te powinien realizować sterownik wyłącznika zapasowego lub inny, przeznaczony tylko do tego celu sterownik.

30) Sterownik celki wyłącznika 3 kV powinien zapewniać rejestrację minimum 200 ostatnich operacji sterowniczych wyłącznikiem z zapisem następujących danych:

- a) data i czas z dokładnością do 10 milisekund,
- b) przyczyna (polecenie, zmiana samoczynna, itp.),
- c) maksymalny prąd w czasie wyłączenia.

31) W przypadku samoczynnego wyłączenia wyłącznika lub wyłączenia od uzależnień powinna być zapewniona także rejestracja w kolejności następstwa zdarzeń, tzn. czy najpierw nastąpiło samoczynne wyłączenie, a następnie nadeszło polecenie wyłączenia wyłącznika od uzależnień czy odwrotnie.

32) Sterownik powinien także rejestrować ilość wyłączeń wykonywanych przez wyłącznik w rozbiciu na minimum sześć grup (liczników) zależnych od prądu, przy którym nastąpiło wyłączenie. Wartości progowe prądu dla poszczególnych liczników powinny być nastawiane przez użytkownika.

33) Użytkownik powinien mieć możliwość zerowania i przeglądania liczników wyłączeń oraz przeglądania zarejestrowanych zdarzeń.

34) Sterowniki powinny umożliwiać zdalne odczytanie zarejestrowanych zdarzeń (np. przez terminal podstacyjny lub z Nastawni Centralnej).

#### **3.3.3.5. Celka minusowa**

1) Szyna zbiorcza minusowa powinna być wyposażona w urządzenie ochrony ziemnozwarciowej zawierające szynę minusową z uziemieniem przy wzroście potencjału szyny minusowej powyżej zadanego progu. Zabezpieczenie to powinno posiadać również przełącznik nadprądowy powodujący wyłączenie rozdzielni 3 kV i zespołów prostownikowych.

2) W obwodach kabli powrotnych powinny być zabudowane amperomierze pozwalające na pomiar rozprywu prądu na poszczególne grupy kabli. Zapewniona powinna być również sygnalizacja zadziałania ochrony ziemnozwarciowej, doziemienia szyny minusowej oraz obecności napięć zasilających.

3) Zalecane jest stosowanie w celce minusowej urządzeń kontroli uziemienia i kabli powrotnych.

#### **3.3.3.6. Potrzeby własne**

1) Obwody niskiego napięcia prądu przemiennego powinny być zabezpieczone wyłącznikami samoczynnymi, a w uzasadnionych przypadkach bezpiecznikami topikowymi.

2) Obwody prądu stałego należy zabezpieczać bezpiecznikami topikowymi lub wyłącznikami samoczynnymi, przeznaczonymi do stosowania w obwodach prądu stałego.

3) Prostownik ładowniczy należy zabezpieczyć zgodnie z instrukcją producenta.

4) Baterie akumulatorów należy zabezpieczyć bezpiecznikami topikowymi.

5) Rozdzielnia powinna zapewniać pomiar zdalny i lokalny napięcia baterii oraz wykrywać nieprawidłowości takie jak doziemienie baterii. Zalecana jest też w miarę możliwości realizacja pomiarów niskiego napięcia prądu przemiennego.



### 3.3.3.7. Terminal podstacyjny

- 1) Podstawowymi funkcjami terminala podstacyjnego jest informowanie o stanie nadzorowanych urządzeń i zapewnienie sterowania tymi urządzeniami.
- 2) Informacje, które powinny być podawane przez terminal to przede wszystkim:
  - a) pełne informacje dotyczące urządzeń obwodu głównego podstacji (wyłączniki, odłączniki, ochrona ziemnozwarciowa, ochrona podnapięciowa itp.),
  - b) informacje o urządzeniach w obiektach zasilania współpracujących z podstacją (współpracujące wyłączniki szybkie w sąsiednich podstacjach),
  - c) informacje o pracy rozdzielni potrzeb własnych podstacji,
  - d) informacje o pracy baterii akumulatorów wraz z układem ładującym,
  - e) informacje o pracy urządzeń zewnętrznych sterowanych z podstacji (np. odłączniki sieci trakcyjnej i LPN),
  - f) informacje o pracy urządzeń pomocniczych w podstacji (takich jak sterowniki klimatyzacji, sygnalizacja włamaniowa, sygnalizacja przeciwpożarowa itp.).
- 3) Dodatkowo, terminal powinien umożliwiać wyświetlanie wartości pomiarów realizowanych przez poszczególne urządzenia, w szczególności:
  - a) wartości napięć na liniach zasilających i liniach potrzeb nietrakcyjnych,
  - b) wartości napięć na szynach 3 kV podstacji,
  - c) wartości prądów płynących przez poszczególne wyłączniki szybkie w rozdzielni 3 kV,
  - d) wartości napięć potrzeb własnych i baterii akumulatorów.
- 4) Na ekranie terminala powinna być podana także nazwa podstacji oraz, w razie potrzeby, nazwy sąsiednich podstacji trakcyjnych.
- 5) Sterowanie pracą urządzeń powinno być możliwe jedynie po przełączeniu podstacji w tryb pracy lokalnej i powinno być realizowane w sposób zapewniający jednoznaczność sterowania (funkcja ponownego potwierdzania żądanej przez operatora operacji sterowniczej).
- 6) We wszystkich trybach pracy informacje o pracy urządzeń powinny być prawidłowo podawane na ekranie terminala podstacyjnego i w Centrum Zdalnego Sterowania.

### 3.3.3.8. System uzależnień wyłączników szybkich

- 1) Wyłączniki szybkie zasilające wspólnie z wyłącznikami sąsiedniej podstacji (kabiny) jeden odcinek linii powinny być wyposażone w system uzależnień.
- 2) System uzależnień powinien gwarantować odpowiednią separację napięciową linii transmisyjnych. Uzależnienia niezależnie od środka transmisji powinny wykorzystywać protokół transmisji dla uzależnień stosowany na sąsiednich odcinkach zasilania, niezależnie od operatora systemu zasilania.
- 3) Czas reakcji uzależnień od pojawienia się sygnału wyłączenia samoczynnego z wyłącznika do zainicjowania wyłączenia wyłącznika uzależnionego nie powinien być dłuższy niż 100 ms.
- 4) Uzależnienia powinny również zapewniać w przypadku załączenia wyłącznika zapasowego, samoczynne przełączenie uzależnień z wyłącznika zastępowanego na wyłącznik zapasowy.
- 5) Informacje o pracy uzależnionego wyłącznika powinny zawierać:
  - a) stan wyłącznika (załączony / wyłączony),
  - b) przyczynę wyłączenia wyłącznika (wyłączenie nadmiarowe, użycie przycisku wyłączenia awaryjnego, zadziałanie ochrony podnapięciowej lub ziemnozwarciowej).

### 3.3.3.9. Urządzenia pomiarowe i rozliczeniowe

- 1) System nadzoru poboru mocy i rozliczania zużycia energii powinien tworzyć system niezależny od systemu zdalnego sterowania. Nie oznacza to jednak braku powiązań między systemami. Należy dążyć do wspólnego wykorzystania urządzeń transmisji danych.

- 2) Systemy nadzoru poboru mocy i rozliczania zużycia energii powinny zapewniać możliwość zbierania informacji za pośrednictwem zdalnego sterowania i udostępniania ich w NC. Zbieranie informacji o bieżącym poborze energii (dla nadzoru mocy 15 minutowej) powinno być realizowane w czasie rzeczywistym (zwłoka rzędu 2 - 6 sekund).
- 3) W przypadku dłuższych czasów zwłoki powstaje brak możliwości odpowiednio szybkiego reagowania w celu ograniczenia poboru mocy. Wybrane informacje z systemu nadzoru i rozliczania zużycia energii powinny być udostępniane dyspozytorowi zasilania. Wymaga to organizowania odpowiedniego połączenia pomiędzy systemami.
- 4) Automatykę nadzoru przekroczenia mocy powinno stosować się w polach transformatorów zespołów prostownikowych w podstacjach trakcyjnych zasilanych napięciem SN.
- 5) Zadaniem automatyki nadzoru przekroczenia mocy jest wyłączenie zespołu prostownikowego po przekroczeniu mocy 15-min podstacji oraz sygnalizacja do NC.
- 6) Źródłem pobudzenia automatyki przekroczenia mocy są liczniki energii związane pomiarem z liniami zasilającymi. Po przekroczeniu ustawialnego progu mocy 15-min. sygnał podawany jest na wejścia sterowników (zabezpieczeń) pół zespołów prostownikowych.
- 7) Wyłączenia poszczególnych zespołów prostownikowych powinno być uzależnione od stanu wyłącznika sprzęgła. Dla układu z otwartym sprzęgłem, wyłączane są tylko zespoły na sekcji, na której nastąpiło przerodzenie mocy. Dla układu z zamkniętym sprzęgłem, sygnał przekroczenia mocy wyłącza wszystkie zespoły prostownikowe.
- 8) Po ustaniu sygnału przekroczenia mocy powinno nastąpić samoczynne załączenie wyłącznika zespołu prostownikowego po spełnieniu warunków:
  - a) przyczyną wyłączenia było przekroczenie mocy;
  - b) nastąpiło odwzbudzenie wejścia, na które sygnał przekroczenia był podawany;
  - c) brak blokady działania automatyki nadzoru przekroczenia mocy.
- 9) Powinna być możliwość zdalnego i lokalnego zablokowania i odblokowania automatyki nadzoru przekroczenia mocy.

#### **3.3.3.10. Systemy sygnalizacji włamaniowej i ppoż.**

- 1) Podstacje trakcyjne i kabiny sekcyjne powinny być wyposażane w instalacje sygnalizacji włamaniowej i pożarowej.
- 2) Do budowy systemów należy wykorzystywać wysokiej jakości elementy gwarantujące brak fałszywych alarmów.
- 3) Systemy te powinny być wyposażone we własne akumulatory pozwalające na co najmniej 8-godzinną pracę bez zasilania.
- 4) Oba systemy powinny zapewniać współpracę z systemem zdalnego sterowania oraz posiadać niezbędne certyfikaty.
- 5) Sygnalizacja włamaniowa powinna obejmować wszystkie pomieszczenia.
- 6) Sygnalizacja ppoż. poza pomieszczeniami powinna posiadać czujki również w ważniejszych tunelach kablowych.

#### **3.3.3.11. Wyposażenie w zakresie łączności i transmisji danych**

- 1) Każda podstacja trakcyjna i kabina sekcyjna powinna być wyposażona w telefon przyłączony do ogólnieeksploatacyjnej sieci łączności.
- 2) Dla podstacji lub kabiny należy także zapewnić zapasowy środek łączności. Środkiem tym w zależności od lokalnych warunków może być łączność selektorowa, radiowa w paśmie kolejowym, telefon innego operatora oraz GSM-R.
- 3) W przypadkach, gdy na linii kolejowej stosowane są nowoczesne rozwiązania łączności oparte o urządzenia cyfrowe nie należy traktować selektora jako łączność zapasową, gdyż cała łączność określana jest jako tradycyjna przewodowa i jest realizowana przez te same tory transmisji i centrali.

### 3.3.3.12. Wymagania szczegółowe dla podstacji trakcyjnych, rozmieszczonych na poziomie „-1”.

- 1) W podstacjach trakcyjnych rozmieszczonych na poziomie „-1” parametry elementów wyposażenia są takie same jak w podstacjach na poziomie „0” za wykluczeniem transformatorów prostownikowych oraz potrzeb własnych.
- 2) Transformatory prostownikowe oraz potrzeb własnych podstacji trakcyjnych na poziomie „-1” powinny być w wykonaniu suchym. Pozostałe parametry transformatorów powinny być takie jak dla podstacji na poziomie „0”.
- 3) Ekrany kabli SN zasilających podstacje trakcyjne na poziomie „-1” zaleca się przyłączać do wyizolowanej od konstrukcji rozdzielnic szyny, zwieranej z uziemieniem rozdzielni przez niskonapięciowy ogranicznik napięcia o poziomie wyzwalań 60 V.

## 3.4. Sieć trakcyjna w systemie 3 kV DC

### 3.4.1. Parametry sieci jezdnej

#### 3.4.1.1. Zalecenia ogólne

- 1) Na liniach kolejowych infrastruktury kolejowej kategorii I przy projektowaniu konstrukcji wsporczych należy uwzględniać skrajnię infrastruktury określoną na podstawie kinematycznego zarysu podanego w normie PN-EN 15273-2+A1:2017 (kolumna pierwsza załącznika A.3.12) [1], która została opisana w TSI „Tabor” – lokomotywy i tabor pasażerski systemu kolei w Unii Europejskiej” Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1302/2014 [2] i lub skrajni kinematycznej i budowlanej GC oraz z uwzględnieniem wymagań Tomu I.4 Droga szynowa – skrajnia.
- 2) Na odcinkach torów położonych w łukach poziome odległości do przytorowych konstrukcji nad główką szyny należy zwiększyć o wielkość określoną podaną w odnośnych dokumentach.
- 3) We wszystkich przypadkach należy uwzględniać ugięcie konstrukcji wsporczych przy największym charakterystycznym obciążeniu również obciążeniem wiatrowym.
- 4) Postanowienia dotyczące odległości konstrukcji wsporczych od osi najbliższego toru mają zastosowanie również do ustojów tych konstrukcji oraz do wszystkich konstrukcji pomocniczych i elementów osprzętu mocowanych na konstrukcjach wsporczych.
  - a) 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) 250 km/h dla linii kolejowej P2, M2,
  - b) 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 otoczenia charakterystyczne:
  - 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 przewodu wzmacniającego należy przyjąć zgodnie z PN EN 50119:2020 [4], PN EN 50149:2012 [10]. Do obliczeń należy przyjmować nagrzewanie się elementów sieci od przepływu prądu.

- 9) 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.
- 10) Szczegółowe wymagania dotyczące zbliżeń dla sieci i instalacji nie związanych z prowadzeniem ruchu kolejowego zawarte w Tomie X.
- 11) Minimalną wysokość, od której obowiązuje odległość konstrukcji wsporczych wraz z wyposażeniem podano w Tomie I.4 na rys. 1.

#### **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 3 kV DC.
- 2) Podstawowe parametry jakimi powinny się cechować sieci sztywne to:
  - a) Maksymalna prędkość jazdy do 250 km/h.
  - b) Prąd znamionowy co najmniej 2400 A.
  - c) Maksymalny odsuw:  $\pm 250$  mm.
  - d) Maksymalna wysokość aluminiowej szyny prądowej 110 mm.
  - e) Praca w temperaturze otoczenia  $+40$  °C.
  - f) Zaciskany w szynie prądowej przewód jezdny powinien mieć przekrój 100 mm<sup>2</sup> lub 150 mm<sup>2</sup>.
- 3) 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 3 kV DC. Do podziału elektrycznego należy użyć izolatora sekcijnego lub izolowane przęsło.
- 4) Górna sztywna sieć trakcyjna może być zawieszona na zaprojektowanych do tego celu wolnostojących konstrukcjach wsporczych.
- 5) W strefie przejściowej pomiędzy górną sztywną siecią jezdnią a siecią łańcuchową składającą się z liny nośnej i przewodu jezdnego, 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. Zastosowane rozwiązanie musi spełniać wymagania TSI „Energia” w zakresie współpracy dynamicznej pantografu z siecią jezdnią.
- 6) W tunelach sieć jezdna powinna posiadać możliwość obustronnego (na jego końcach) odizolowania, poprzez rozłączniki ze stykiem uziemiającym, od pozostałej części sieci.
- 7) Sieć trakcyjną w tunelach należy projektować zgodnie z wymaganiami producentów, biorąc pod uwagę lokalizację oraz zalecenia zarządcy infrastruktury.
- 8) W przypadku sekcjonowania sieci trakcyjnej w tunelu, należy zapewnić przestrzeń dla aparatury.

#### **3.4.1.3. Geometria sieci jezdnej**

- 1) Sieć jezdna dla systemu zasilania 3 kV DC powinna być zaprojektowana dla pantografów o długości ślizgacza 1950 mm.
- 2) Znamionowa wysokość przewodu jezdnego zgodnie z p. 4.2.9 TSI „Energia” [3] dla prędkości:
  - a) równej 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 5750 mm.
- 3) Dla prędkości 250 km/h i wyższych nie dopuszcza się profilowania poziomego przewodu jezdnych. Dopuszczalne zmiany profilowania przewodu jezdnych w zakresie prędkości do 250 km/h podane są w p. 5.10.3. normy PN-EN 50119:2020 [4].
- 4) Maksymalne poprzeczne odchylenie przewodu pod wpływem wiatru bocznego liczone od osi toru wynosi 550 mm, dla pantografu o długości ślizgacza 1950 mm i musi być zgodne z wartościami podanymi w tabeli 4.2.9.2.TSI "Energia" [3]. Wartości te należy skorygować uwzględniając ruch pantografu oraz tolerancję toru zgodnie z dodatkiem D TSI „Energia”.
- 5) Poziom dowolnego przewodu sieci jezdnych nie może być niższy od poziomu przewodu jezdnych toru, do którego ten przewód należy, w najbardziej niekorzystnych obliczeniowych warunkach atmosferycznych.
- 6) Odsuw przewodu jezdnych powinien wynosić:
- a) na prostej  $\pm 200$  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 360 mm,
- c) zasadniczo pełny cykl odsuwów sieci jezdnych powinien zamykać się w dwóch bezpośrednio po sobie następujących przęsłach, odsuw liny nośnej i przewodu jezdnych powinien być taki sam i w tym samym kierunku.
- 7) Zaleca się dla nowych typów sieci jezdnych stosowanie następujących wysokości konstrukcyjnych:
- a) 1,70 m dla sieci szlakowych i torów głównych zasadniczych stacji,
- b) 1,30 m dla sieci torów bocznych stacyjnych.
- 8) Dla sieci trakcyjnej (górnej) systemu zasilania 3 kV w obszarze pantografu zgodnie z p. 4.2.10 TSI „Energia” [3] żadna z części podsystemu „Energia” nie może wchodzić w mechaniczną skrajnie kinematyczną (GC) pantografu za wyjątkiem przewodu jezdnych i ramienia odciągowego. Opis postępowania przy obliczaniu mechanicznej skrajni został podany w dodatku D do TSI „Energia” [3]. Skrajnia pantografu jest zachowana jeżeli jednocześnie zachowana jest skrajnia mechaniczna i elektryczna.
- 9) Obciążenia wiatrem należy obliczać zgodnie z wymaganiami podanymi w p. 4.3. ab. 2 normy PN-EN 50341-2-22:2022 [6]. Współczynnik opływu sieci trakcyjnej należy obliczyć według zasad podanych p. 6.2.4 normy EN 50119:2020 [4] uwzględniając wpływ wieszaków i uchwyty wieszakowych.
- 10) Tolerancja posadowienia konstrukcji wsporczej nie może przekraczać:
- a) w płaszczyźnie równoległej do osi toru  $\pm 500$  mm,
- b) w płaszczyźnie prostopadłej do osi toru: 0 mm (w kierunku do osi toru) oraz 50 mm (w kierunku od osi toru).
- c) Odchyłki od pionu osi słupa przy wierzchołku:  $\pm 20$  mm. Konstrukcje wsporcze nie mogą posiadać uszkodzeń zewnętrznych warstw farby, natomiast fundamenty nie mogą mieć pęknięć betonu lub wystających na zewnątrz prętów zbrojeniowych.
- 11) Wysokość konstrukcyjna sieci trakcyjnej. Na poszczególnych podwieszeniach zgodnie z dokumentacją, tolerancja wysokości konstrukcyjnej  $\pm 30$  mm.
- 12) Tolerancja wysokości zawieszenia przewodów jezdnych nad płaszczyzną główki szyn;
- a) 0-60 mm dla linii o prędkości od 100 do 160 km/h,
- b) 0-40 mm dla linii o prędkości od 160 do 200 km/h,
- c) 0-20 mm dla linii o prędkości powyżej 200 km.
- 13) Różnica wysokości zawieszenia pomiędzy sąsiednimi podwieszeniami nie może być większa niż:
- a) 50 mm dla linii o prędkości od 100 do 160 km/h,
- b) 30 mm dla linii o prędkości od 160 do 200 km/h,
- c) 10 mm dla linii o prędkości powyżej 200 km/h.

#### 3.4.1.4. Odległości izolacyjne

- 1) Odległość pomiędzy elementami sieci jezdnej lub odbierakiem prądu znajdującym się pod napięciem, a obiektami uziemionymi powinna wynosić co najmniej 200mm. Odległość może być zmniejszona do 150mm, jeżeli dalsze wzajemne zbliżenie elementów jest trwale ograniczone przez zastosowanie konstrukcji usztywniającej lub elementów izolacyjnych.
- 2) Odległość sieci jezdnej lub jej elementów będących pod napięciem od części urządzeń sygnalizacji wzrokowej oraz od części urządzeń oświetlenia zewnętrznego zasilanego kablem, powinna wynosić co najmniej:
  - a) 1500 mm od słupa sygnalizatora oraz od krawędzi oprawy oświetleniowej. W odniesieniu do urządzeń oświetleniowych odległość ta powinna być mierzona w płaszczyźnie poziomej,
  - b) 1000 mm od krawędzi oprawy sygnalizatora i innych elementów sygnalizacji wzrokowej.
- 3) Odległości te powinny być zachowane we wszystkich położeniach pracy elementów sygnalizatorów i oświetlenia zewnętrznego przy najbardziej niekorzystnych obliczeniowych warunkach atmosferycznych.
- 4) Odległości pomiędzy siecią jezdnią lub jej elementami będącymi pod napięciem a powierzchniami przeznaczonymi do przebywania ludzi określają zapisy normy PN-EN 50122-1:2023 [8] – punkt 5.1.2. Te odległości mogą być zmniejszone pod warunkiem zastosowania barier odpowiadających wymaganiom zapisanym w normie PN-EN 50122-1:2023 [8] – punkt 5.1.3.
- 5) 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 [8] – punkt 5.1.3.
- 6) W izolowanym przęśle naprężenia, przy obliczaniu maksymalnej rozpiętości, należy przyjmować:
  - a) na odcinku gdzie przewody dwóch sieci prowadzone są równolegle, przewody jezdne sieci od strony wiatru wychylają się od osi toru o wielkość wytworzoną siłą parcia wiatru, zaś przewody jezdne drugiej sieci o połowę tej wielkości,
  - b) odległość pozioma prowadzonych równolegle przewodów sieci różnych odcinków naprężenia powinna wynosić, w stanie bezwietrznym co najmniej 200 mm, zaś przy wietrze co najmniej 75 mm (odległości mierzone między osiami najbliższych przewodów),
  - c) odległość pionowa prowadzonych równolegle przewodów sieci różnych odcinków naprężenia powinna, w miejscu ich krzyżowania, wynosić dla przewodów gołych co najmniej 200 mm, zaś co najmniej 150 mm dla przewodów, z których krzyżujące górą są w osłonie izolacyjnej (odległości mierzone między osiami najbliższych przewodów),
  - d) odległość między elementami osprzętu sieci różnych odcinków naprężenia, należących do różnych obwodów elektrycznych powinna wynosić 200 mm, w najgorszych warunkach atmosferycznych (wiatr).

#### 3.4.1.5. Konstrukcje wsporcze i fundamenty

- 1) W sieciach trakcyjnych systemu 3 kV należy stosować konstrukcje wsporcze gładkopowierzchniowe wykonane ze stali bądź ze strunobetonu wzmocnionych od dołu prętami stalowymi.
- 2) Stalowe konstrukcje wsporcze powinny być ocynkowane zanurzeniowo zgodnie z wymaganiami normy PN-93/E-04500 [12], a następnie dwukrotnie pomalowane farbami koloru i rodzaju ustalonym przez zarządcę sieci trakcyjnej. Grubość powłoki cynkowej powinna wynosić co najmniej 60  $\mu\text{m}$ .
- 3) Nie dopuszcza się stosowania konstrukcji wsporczych, nie będących gładkopowierzchniowymi w swoim podstawowym wykonaniu, a obudowanych dodatkowymi osłonami.
- 4) Konstrukcje wsporcze powinny być zabezpieczone gwarancją nie ulegania korozji przez min 50 lat.

- 5) Fundamenty konstrukcji wsporczych zaleca się wykonywać jako:
  - a) fundamenty palowe
  - b) wiercone i betonowane na miejscu z wstawioną w fundament konstrukcją wsporczą,
  - c) wiercone i betonowane na miejscu ze śrubami do montażu konstrukcji,
  - d) dopuszcza się wykonywanie fundamentów jako blokowe i wylewane.
- 6) Fundamenty słupowe oraz głowice fundamentowe należy wykonać zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 13670:2011 [7].
- 7) Minimalna klasa betonu dla fundamentów konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej wynosi C35/45.
- 8) Minimalna klasa betonu dla głowic fundamentowych wynosi C30/37.
- 9) Wymagania dotyczące mieszanki betonowej i stwardniałego betonu powinny być zgodne z normą PN-EN 206+A2:2021-08 [17]. Składniki użyte do wykonania mieszanki betonowej powinny spełniać wymagania jakościowe określone przez stosowne normy: PN-EN 197-1:2012 [18] i PN-EN 12620+A1:2010 [19]. Ze względu na właściwe ułożenie mieszanki betonowej w fundamentach zaleca się stosować kruszywo o ziarnach nie przekraczających  $d_g = 16$  mm.
- 10) Kruszywo zastosowane do betonu powinno posiadać odpowiednią odporność na zamrażanie / rozmrażanie zgodnie z normą PN-EN 12620+A1:2010 [19], natomiast mieszanka betonowa powinna charakteryzować się minimalną zawartością powietrza 4,0% PN-EN 206+A2:2021-08 [17], a stwardniały beton nasiąkliwością poniżej 5% (jak dla betonów narażonych na bezpośrednie działanie czynników atmosferycznych według normy PN-B-06265:2022-08 [20]) oraz odpornością na działanie mrozu F150 zgodnie z normą PN-B-06265:2022-08 [20].
- 11) Mieszanka betonowa nie może zawierać Marconitu, dodatku poprawiającego przewodność elektryczną betonu.
- 12) Dla konstrukcji wsporczych betonowych głowice fundamentowe nie są wymagane.
- 13) 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 [9], PN-EN 1993-1-1:2006 [21].
  - d) obliczenia statyczne i projektowanie żelbetowych konstrukcji wsporczych należy dokonywać na podstawie norm PN-EN 1992-1-1:2008 [22] i ZN-89/MŻiŁ-CBP-10 [13],
  - e) podczas projektowania wysokości konstrukcji wsporczych należy wziąć pod uwagę konieczność mocowania do nich przewodu uziemienia grupowego oraz przewodu wzmacniającego,
  - f) należy dążyć do ustawiania konstrukcji wsporczych sieci jezdnej każdego toru szlaku dwutorowego symetrycznie, naprzeciw siebie, przy założeniu unikania zastosowania dwóch przeciwnych podwieszeń „od słupa”,
  - g) konstrukcje wsporcze sieci jezdnej powinny być tak rozstawiane, aby zachowana była widoczność sygnalizatorów świetlnych.
- 14) Zabrania się montowania wsporników sieci trakcyjnej do dźwigara lub wysięgu na dwa tory nad peronami.
- 15) Wszystkie konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej powinny posiadać uziom sztuczny o głębokości min. 6m.
- 16) Dla konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej (słupowych i odciągów) zlokalizowanych w strefie separacji systemów należy zbudować fundamenty palowe z tulejkami izolacyjnymi.
- 17) Konstrukcje wsporcze w strefach separacji systemów muszą się odróżniać wizualnie od pozostałych konstrukcji. W sekcji separacji systemów należy zbudowywać konstrukcje typu 1655, 1668, 1669, 1909, 3118, 3119, 3128.
- 18) 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.

#### 3.4.1.6. Przekroje i materiały elementów sieci jezdnej

- 1) Sieć trakcyjną należy budować zgodnie z wymaganiami podanymi w p. 4.2 TSI „Energia” [3] oraz p. 5 i 6 PN-EN 50119:2020 [4].
- 2) Zaleca się stosowanie sieci łańcuchowych skompensowanych składających się w zależności od zapotrzebowania w energię elektryczną: z jednej liny nośnej i jednego przewodu jezdnego, jednej liny nośnej i dwóch przewodów lub dwóch lin nośnych i dwóch przewodów.
- 3) Dla systemu zasilania 3 kV należy zastosować minimalne odstępy izolacyjne pomiędzy elementami sieci trakcyjnej będącymi pod napięciem a elementami uziemionymi zgodnie z p. 5.1.3 normy PN-EN 50119:2020 [4] równe 150 mm w warunkach statycznych i 50 mm w warunkach dynamicznych.
- 4) Przewód jezdny powinien spełniać wymagania normy PN-EN 50149:2012 [10]– tablice 1, 3, 4 i 5. Materiały dopuszczone do stosowania w przewodach jezdnych to miedź oraz stopy miedzi. Zaleca się stosowanie materiałów oznaczonych w przedmiotowej normie następującymi symbolami: Cu-ETP; CuAg0,10; CuMg0,02.
- 5) Zalecane przekroje przewodu jezdnego to 100 mm<sup>2</sup> i 150 mm<sup>2</sup>.  
Naprężenia w stanie maksymalnego zużycia przewodu nie mogą przekroczyć wartości dopuszczalnych zgodnie z normą PN-EN 50119:2020 [4] – punkt 5.3.1.
- 6) Lina nośna powinna być wykonana z miedzi lub stopu miedzi i spełniać wymagania normy PN-E-90081:1974 [11].
- 7) Zalecany przekrój liny nośnej wynosi od 95 mm<sup>2</sup> do 150 mm<sup>2</sup>.
- 8) Siły naciągu lin nośnych określone według p. 5.4.1 normy PN-EN 50119:2020 [4] nie mogą przekroczyć wartości dopuszczalnych.
- 9) Obciążenia mechaniczne trwałe i doraźne przewodów. Należy uwzględnić siły trwale działające tj. ciężar przewodu i osprzętu sieci jezdnej, naciąg przewodów. Należy uwzględnić również obciążenia doraźne tj. ciężar sadzi, parcie wiatru, nacisk odbieraków prądu, obciążenia przy montażu sieci, obciążenia przy zerwaniu przewodów.
- 10) Obciążenia sadią przewodów sieci jezdnej należy określać według p 4.5 tabl. 4 normy PN-EN 50341-2-22:2022 [6].
- 11) Nie uwzględniania się sadi katastrofalnej. Nie należy uwzględniać ciężaru sadi na wieszakach, elementach osprzętu sieci trakcyjnej.
- 12) Osprzęt nośno-przewodzący (złączki, uchwyty itp.) powinien być wykonany ze stopów miedzi w technologii kucia.
- 13) Wymagania dotyczące osprzętu
  - a) Aby zapewnić największą równomierność elastyczności sieci jezdnej osprzęt zamocowany na przewodach jezdnych powinien odznaczać się jak najmniejszym ciężarem zapewniającym spełnienie wymagań mechanicznych i elektrycznych podanych w normie PN EN 50119:2020 [4],
  - b) Zaciski i złączki powinny być tak zaprojektowane, aby podczas przepływu prądu nie wykazywały spadku napięcia większego niż odcinek przewodu o analogicznej długości, przy czym temperatura tego osprzętu nie powinna być wyższa od temperatury przewodu.
  - c) Wytrzymałość mechaniczna na rozciąganie uchwytów i złączek powinna być co najmniej równa sile zrywającej przewód. Wytrzymałość mechaniczna uchwytów, dostosowanych do zamocowania dwóch lub więcej przewodów lub lin o różnym przekroju, powinna być co najmniej równa sile zrywającej przewody lub liny o mniejszym przekroju.
  - d) Do łączenia elementów osprzętu nie zaleca się stosować śrub o wymiarze poniżej M12, o ile zezwalają na to względy konstrukcyjne danego elementu.
  - e) Osprzęt nośno-przewodzący powinien zostać wykonany przy pomocy metody kucia matrycowego lub wyciskania z miedzi lub jej stopów.



- f) Lina lub przewód nie powinien wysliznąć się ze złączek i uchwytów po obciążeniu ich siłą równą 0,9 siły zrywającej przewód (linę) wielodrutowy i 0,8 siły zrywającej przewód jezdny.
- 14) Złącza przewodów jezdnych
- a) W nowych sieciach jezdnych torów szlakowych i głównych zasadniczych stacji niedozwolone jest stosowanie złączy przewodów jezdnych.
  - b) Przekrój lin połączeń elektrycznych sieci jezdnych powinien wynosić co najmniej 50% większego z przekrojów sumarycznych (liny nośnej i przewodu jezdnego) łączonych sieci jezdnych.
- 15) Wieszaki
- a) Konstrukcja powinna zapewniać stałe (nieprzesuwalne) usytuowanie wieszaka w miejscu montażu na linie nośnej, linie uelastyczniającej lub na przewodzie jezdnym.
  - b) Konstrukcja wieszaków powinna zapewniać przewodzenie prądu. W zależności od typu sieci wieszaki powinny zostać wykonane z linki miedzianej (Cu) o przekroju 10-16 mm<sup>2</sup>.
- 16) Systemy i elementy podwieszenia sieci jezdnej powinny posiadać odporność na korozję zapewniającą ich użytkowanie przez 50 lat.
- 17) W sieciach w systemie 3 kV DC zaleca się stosowanie urządzeń naprężających bezciągarowych.

### 3.4.2. Sekcjonowanie sieci jezdnej

- 1) Sekcjonowanie - podział elektryczny sieci jezdnej powinien zapewniać:
  - a) wymagania technologiczne dotyczące ruchu pociągów w warunkach normalnych z uwzględnieniem prowadzenia ruchu w warunkach szczególnych – awaryjnych lub planowych wyłączeń toru lub torów,
  - b) niezawodne zasilanie sieci w czasie awarii z zagwarantowaniem minimalnych spadków napięcia,
  - c) możliwość wykonywania napraw i prac konserwacyjnych.
- 2) Ze względów BHP nie należy nadmiernie rozbudowywać podziału elektrycznego sieci jezdnej.
- 3) 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.
- 4) Sekcjonowania podłużnego i poprzecznego sieci należy dokonywać poprzez stosowanie:
  - a) izolowanych przęseł naprężenia,
  - b) izolatorów sekcyjnych,
  - c) wstawek izolacyjnych.
- 5) Jako elementy łączeniowe sekcjonowania sieci należy stosować rozłączniki i odłączniki sekcyjne.
- 6) Zaleca się stosowanie rozłączników (umożliwiających wyłączenie prądów roboczych) w miejscach:
  - a) podziału zasilania sieci jezdnej (podstacje, kabiny sekcyjne),
  - b) granic elektrycznych stacji,
  - c) punktów zasilania sieci jezdnej.
- 7) W miejscach nie wymienionych w punkcie „6)”, jako elementy łączeniowe, zaleca się stosowanie odłączników sekcyjnych.
- 8) Konstrukcja rozłączników i odłączników sekcyjnych powinna zapewniać przepływ prądu nie mniejszy od dopuszczalnego prądu obciążenia sieci jezdnej.
- 9) Sieć jezdną torów głównych na szlaku należy odizolować od sieci należących do stacji w taki sposób, aby w głowicy wjazdowej i wyjazdowej stacji było możliwe prowadzenie ruchu pociągów zgodnie z postawionymi wymaganiami technologicznymi posterunku ruchu. Sekcjonowanie to powinno zapewniać również możliwość odłączenia spod napięcia, w celu naprawy lub konserwacji, odcinka sieci szlakowej lub torów na stacji w taki sposób, aby możliwy był przejazd pociągu:

- a) z właściwego toru szlakowego na niewłaściwy tor główny zasadniczy stacji przy wyłączonym spod napięcia właściwym torze głównym zasadniczym stacji,
- b) z właściwego toru głównego zasadniczego stacji na tor niewłaściwy szlaku przy wyłączonym spod napięcia właściwym torze szlakowym.
- 10) Elektryczne granice stacji powinny stanowić izolowane przęsła naprężenia. W przypadku konieczności zastosowania izolatora sekcyjnego, jako elektrycznej granicy stacji, należy go sytuować w pobliżu kotwienia środkowego lub stałego sieci jezdnej. Kotwienie środkowe (stałe) powinno znajdować się między izolatorem sekcyjnym a siecią szlakową.
- 11) Izolowane przęsła naprężenia stanowiące granice różnych obwodów zasilania należy sytuować uwzględniając lokalizację podstacji trakcyjnych, kabin sekcyjnych i semaforów, w taki sposób, aby zachowana była możliwość przejazdu pojazdów elektrycznych z wyłączonymi obwodami głównymi.
- 12) Elementy sekcjonowania podłużnego usytuowane w obrębie stacji należy rozmieszczać za semaforami, patrząc w kierunku jazdy.
- 13) 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.
- 14) W obrębie stacji należy również odizolować wzajemnie od siebie sieci jezdne torów o różnych przeznaczeniach funkcyjnych, a w szczególności:
- a) sieci trakcyjne torów głównych dodatkowych od sieci torów głównych zasadniczych,
- b) sieci trakcyjne torów bocznych od sieci torów głównych dodatkowych,
- c) sieci trakcyjne grup torów bocznych o jednym przeznaczeniu od sieci torów bocznych o innym przeznaczeniu (np. sieci grupy torów przyjazdowych od sieci grupy torów odjazdowych lub sieci torów ładunkowych od sieci innych torów).
- 15) Liczba sieci torów głównych dodatkowych stanowiących elektrycznie jedną całość nie powinna być większa od dwóch, a liczba sieci torów bocznych od czterech.
- 16) Każda grupa torów, ważna ruchowo, powinna mieć przynajmniej dwa niezależne od siebie kierunki zasilania.
- 17) Należy unikać umieszczania rozłączników i odłączników sekcyjnych na słupach kotwowych sieci jezdnej, zwłaszcza przy rozdzielonym kotwieniu lin nośnych i przewodów jezdnych oraz przy kotwieniu dwóch odcinków naprężenia na jednym słupie.
- 18) Nie należy umieszczać na jednym słupie rozłączników lub odłączników sekcyjnych sieci jezdnej i rozłączników punktów zasilania.
- 19) Należy unikać stosowania, w układzie szeregowym, więcej odłączników sekcyjnych niż dwa, tj. jeden odcinający sieć całej grupy torów i jeden dalszego podziału. Zasada ta nie dotyczy sieci torów, przez które przewiduje się zasilanie awaryjne oraz sieci torów komunikacyjnych.
- 20) Odłączniki z napędem ręcznym w obrębie stacji należy, w miarę możliwości, grupować tak, aby znajdowały się jak najbliżej punktu, z którego mają być obsługiwane.
- 21) Sieć jezdna zasilana przez odłącznik ze stykiem uszyniającym może być zasilana tylko poprzez ten jeden odłącznik z wyjątkiem ustaleń określonych w punktach 23 i 25.
- 22) Sieć jezdna przebiegająca nad torami: ładunkowymi, torami postojowymi dla drobnych napraw taboru, powinna być odizolowana od pozostałej części sieci będącej pod napięciem i wyposażona w odłącznik ze stykiem powodującym jej uszynienie po odłączeniu.
- 23) Sieć jezdna przebiegająca nad torami: stanowisk napiaszczania elektrowozów, kanałów rewizyjnych, pomostów do regulacji odbieraków prądu, mycia taboru, powinna być odizolowana od pozostałej części sieci będącej pod napięciem oraz powinna być wyposażona w odłącznik ze stykiem powodującym uszynienie tego odcinka, po jego odłączeniu. Z drugiej strony odcinka sieci powinien być zainstalowany drugi odłącznik (połączony jednostronnie do sieci odcinka wyłączonego, bez możliwości załączenia napięcia) ze stykiem powodującym uszynienie go dopiero, po uszynieniu przez pierwszy odłącznik. Obydwa odłączniki powinny być sprzężone w sposób zapewniający odpowiednią blokadę ich wzajemnego położenia i sygnalizację stanu napięcia. W przypadku, gdy sieć jezdna kończy się w niedalekiej odległości poza omawianymi stanowiskami i nie istnieje możliwość dwustronnego zasilania odcinka, drugi odłącznik jest zbędny.

- 24) Sieć jezdna wprowadzana do budynku (np. elektrowozowni) powinna być odizolowana od pozostałej i wyposażona w odłącznik ze stykiem powodującym uszynienie sieci wewnątrz budynku, po odłączeniu napięcia. Odłącznik powinien posiadać sygnalizację stanu położenia (otwarty, zamknięty) widoczną z zewnątrz oraz wewnątrz budynku, z każdego miejsca, w którym mogą być wykonywane prace w pobliżu sieci.
- 25) Sieć jezdna prowadzona w tunelach powinna mieć możliwość obustronnego (na jego końcach) odizolowania, poprzez odłączniki ze stykiem uszyniającym, od pozostałej części sieci. Należy uwzględnić wymagania Tomu III.2 oraz TSI „Bezpieczeństwo w tunelach”. Obydwa odłączniki powinny być sprzężone w sposób zapewniający jednoczesne uszynienie.
- 26) Wymagania dotyczące sekcji separacji systemów zasilania zawarte w Tomie II.1
- 27) Wymagania dotyczące odcinka naprężenia: Ograniczeniem maksymalnej długości sekcji jest maksymalne odchylenie podwieszenia oraz zakres pracy urządzenia naprężającego.
- a) Dla odcinków naprężenia sieci jezdnej naprężonej obustronnie należy stosować kotwienia środkowe sieci.
- b) 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.
- c) 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.
- 28) Oznaczanie rozłączników sekcyjnych od odłączników sekcyjnych powinno się odróżniać symbolem graficznym.
- 29) Rozłączniki lub odłączniki montowane: na elementach sekcjonowania podłużnego, do łączenia sieci jezdnych torów normalnie wzajemnie odizolowanych, do odłączania zasilaczy od sieci jezdnej, powinny być oznaczone numerami jedno, dwu lub trzycyfrowymi.
- 30) Rozłączniki montowane na elementach sekcjonowania podłużnego przy podstacjach trakcyjnych i kabinach sekcyjnych powinny być oznaczane wyłącznie numerami trzycyfrowymi kończącymi się cyfrą 1 lub 2. Ostatnia cyfra numeru służy do określenia toru (nieparzysty, parzysty), na którym sieć jezdna jest sekcjonowana podłużnie.
- 31) Rozłączniki montowane do odłączania od sieci jezdnej zasilaczy z podstacji trakcyjnych lub kabin sekcyjnych powinny być oznaczane numerami dwu lub trzycyfrowymi, w których ostatnią cyfrą jest zero. Liczba nieparzysta lub parzysta powinna określać tor (nieparzysty i parzysty), nad którym sieć jezdna jest zasilana.
- 32) Odłączniki odcinające sieci jezdne poszczególnych torów w hali elektrowozowni powinny być oznaczane numerem głównego odłącznika odcinającego sieci grupy torów wprowadzanych do hali, łamanym przez numer toru w elektrowozowni.
- 33) Odłączniki rozdzielni odcinających zasilanie kolejnych torów w grupie zasilanej osobnym zasilaczem powinny być oznaczane numerem głównego odłącznika zasilacza z dodaniem dużej litery alfabetu.
- 34) Ostatnia cyfra numeru lub numer jednocyfrowy powinien charakteryzować przeznaczenie ruchowe rozłącznika lub odłącznika. Pozostałe cyfry służą do odróżnienia pomiędzy sobą rozłączników lub odłączników, których cyfry charakterystyczne są takie same. W rejonie danej stacji każdy rozłącznik lub odłącznik powinien być oznaczony innym numerem.
- 35) Numery rozłączników lub odłączników należy oznaczać w sposób następujący:
- a) 1; 11...91 - rozłącznik lub odłącznik montowany na elemencie sekcjonowania podłużnego oddzielającego sieć toru nieparzystego szlaku od sieci toru głównego zasadniczego stacji - po stronie wjazdu na stację,
- b) 2; 12...92 - rozłącznik lub odłącznik montowany na elemencie sekcjonowania podłużnego oddzielającego sieć toru parzystego szlaku od sieci toru głównego zasadniczego stacji - po stronie wjazdu na stację,
- c) 3; 13...93 - rozłącznik lub odłącznik montowany na elemencie sekcjonowania podłużnego oddzielającego sieć toru nieparzystego szlaku od sieci toru głównego zasadniczego stacji - po stronie wyjazdu ze stacji,

- d) 4; 14...94 - rozłącznik lub odłącznik montowany na elemencie sekcjonowania podłużnego oddzielającego sieć toru parzystego szlaku od sieci toru głównego zasadniczego stacji - po stronie wyjazdu ze stacji,
- e) 5; 15...95 - rozłącznik lub odłącznik służący do bezpośredniego połączenia sieci nieparzystego toru szlaku lub głównego zasadniczego stacji z siecią parzystego toru szlaku lub głównego zasadniczego stacji,
- f) 6; 16...96; 206...306... - odłącznik ze stykiem uszyniającym służący do odłączenia i uszynienia sieci jezdnej,
- g) 106; 116...196 - odłącznik ze stykiem uszyniającym służący do odłączania i uszynienia sieci grupy torów wprowadzanych do hali (np. elektrowozowni),
- h) 106/1 ;106/2... - odłącznik ze stykiem uszyniającym służący do odłączenia i uszynienia sieci poszczególnych kolejnych torów wprowadzanych do hali (np. elektrowozowni),
- i) 7; 17...97 - odłącznik montowany na elemencie sekcjonowania podłużnego dzielącego sieć nieparzystego toru głównego zasadniczego na niezależne elektrycznie części,
- j) 107;117...197 - odłącznik służący do odłączania sieci nieparzystych torów głównych dodatkowych lub bocznych od sieci nieparzystego toru głównego zasadniczego,
- k) 8; 18...98 - odłącznik montowany na elemencie sekcjonowania podłużnego dzielącego sieć parzystego toru głównego zasadniczego na niezależne elektrycznie części,
- l) 108; 118...198 - odłącznik służący do odłączania sieci parzystych torów głównych dodatkowych lub bocznych od sieci parzystego toru głównego zasadniczego,
- m) 9; 19...99; 109... - odłącznik służący do łączenia między sobą sieci torów lub grup torów położonych w rejonie stacji, a nie objętych określeniami podanymi wyżej.
- 36) Dla odłączników o tej samej ostatniej cyfrze charakteryzującej przeznaczenie ruchowe serii 7; 107 lub 8; 108 montowanych na elementach sekcjonowania podłużnego lub poprzecznego sieci numeracja powinna narastać zgodnie z kierunkiem jazdy, podstawowego toru odniesienia (tor główny zasadniczy nieparzysty, parzysty). W przypadku trudności z określeniem głównego kierunku jazdy, dla odłączników serii 5; 15 i 6; 16 lub grupy torów serii 9; 19 numeracja powinna narastać zgodnie z kierunkiem głównego kilometrażu linii:
- a) 101; 111... 191 - rozłącznik usytuowany w sieci nieparzystego toru głównego na elemencie sekcjonowania podłużnego przynależnego do podstacji trakcyjnej lub kabiny sekcyjnej,
- b) 102;112...192 - rozłącznik usytuowany w sieci parzystego toru głównego na elemencie sekcjonowania podłużnego przynależnego do podstacji trakcyjnej lub kabiny sekcyjnej,
- c) 10;110...910 - rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnej nieparzystego toru szlaku, usytuowany po stronie wjazdu na stację albo rozłącznik przy podstacji trakcyjnej lub kabinie sekcyjnej odłączający zasilacz od sieci jezdnej toru nieparzystego, usytuowany przed elementem sekcjonowania podłużnego, patrząc w kierunku jazdy,
- d) 20; 120...920 - rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnej parzystego toru szlaku, usytuowany po stronie wjazdu na stację albo rozłącznik przy podstacji trakcyjnej lub kabinie sekcyjnej odłączający zasilacz od sieci jezdnej toru parzystego, usytuowany przed elementem sekcjonowania podłużnego, patrząc w kierunku jazdy,
- e) 30; 130...930 - rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnej nieparzystego toru szlaku, usytuowany po stronie wyjazdu ze stacji albo rozłącznik przy podstacji trakcyjnej lub kabinie sekcyjnej odłączający zasilacz od sieci jezdnej toru nieparzystego, usytuowany za elementem sekcjonowania podłużnego, patrząc w kierunku jazdy,
- f) 40; 140...940 - rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnej parzystego toru szlaku, usytuowany po stronie wyjazdu ze stacji albo rozłącznik przy podstacji trakcyjnej lub kabinie sekcyjnej odłączający zasilacz od sieci jezdnej toru parzystego, usytuowany za elementem sekcjonowania podłużnego, patrząc w kierunku jazdy.
- 37) Rozłączniki o numerach 10; 20; 30; 40 wraz z pochodnymi powinny posiadać podobną numerację do rozłączników usytuowanych w pobliżu na elementach sekcjonowania podłużnego w myśl zasady:
- a) przed rozłącznikiem nr 1 lub 101 na elemencie sekcjonowania podłużnego, patrząc w kierunku jazdy, wystąpi rozłącznik nr 10 zasilacza,

- b) przed rozłącznikiem nr 11 lub 111 wystąpi rozłącznik nr 110 zasilacza,
  - c) za rozłącznikiem nr 3 lub 103 na elemencie sekcjonowania podłużnego, patrząc w kierunku jazdy; wystąpi rozłącznik nr 30 zasilacza,
  - d) za rozłącznikiem nr 13 lub 113 wystąpi rozłącznik nr 130 zasilacza.
  - e) 60 - rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnych grupy torów wprowadzanych do hali (np. elektrowozowni),
  - f) 70- rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnych nieparzystej strony stacji,
  - g) 80- rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnych parzystej strony stacji,
  - h) 90;... 190 - rozłącznik odłączający zasilacz od sieci jezdnych wydzielonej grupy torów w obrębie stacji.
- 38) Numer rozłącznika powinien być poprzedzony literą „R” jak np. R1, R101.
- 39) W przypadku budowy, bezpośrednio za rozłącznikiem 70; 80; 90;...190 rozdzielni umożliwiającej odłączanie sieci poszczególnych torów lub grupy torów, poszczególne dalsze odłączniki należy numerować numerem zasadniczym z dodaniem myślnika i dużej kolejnej litery alfabetu np. 70-A; 70-B itd. z tym, że nie należy korzystać z liter I, J, Ł, O, Q, R, V, X oraz Y.

### 3.4.3. 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 mogą być projektowane ze skrzyżowaniem przewodów jezdnych i powinny zapewniać płynny przejazd ślizgacza odbieraka prądu we wszystkich kierunkach, dla których przejście rozjazdowe jest przewidywane.

### 3.4.4. Sieć powrotna

- 1) Prąd trakcyjny powraca do podstacji obwodem powrotnym, który tworzą: szyny jezdne oraz przewody powrotne.
- 2) W normalnych warunkach wartość dopuszczalnych napięć dotykowych występujących w sieci powrotnej jest zależna od czasu trwania i została określona w p. 6.2.2 i tablicy 6. W normie PN-EN 50122-1:2023 [8].
- 3) 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.
- 4) Projekt Wykonawczy sieci trakcyjnej powinien zawierać, oprócz schematu sieci jezdnej, również schemat elektrycznego obwodu sieci powrotnej.
- 5) 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,
  - e) połączenia obejściowe,
  - f) przyłącza kabli powrotnych.
- 6) 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.

- 7) Połączenia poprzeczne (wyrównawcze) szynowej sieci powrotnej na liniach z obwodami torowymi wykorzystującymi szyny do transmisji sygnałów systemów srk powinny być wykonane z wykorzystaniem łączników impedancyjnych. Rozmieszczenie połączeń poprzecznych pomiędzy torami powinno być ustalone z uwzględnieniem wartości napięć dotykowych i dostępnych, warunków pracy obwodów torowych oraz powinno być skoordynowane z ogólnym projektem układu zasilania. Zaleca się instalowanie połączeń poprzecznych na obszarze co drugiego obwodu torowego.
- 8) Połączenia poprzeczne wyrównawcze oraz połączenia obejściowe powinny być wykonane łącznikami o przekroju nie mniejszym od 50 mm<sup>2</sup> Cu lub równoważnym.
- 9) Połączenia wyrównawcze międzytorowe oraz połączenia wyrównawcze pomiędzy przewodami uziemiająco-powrotnymi na liniach dwutorowych należy wykonać jako kablowe tak ażeby uniknąć prowadzenia przewodów nad siecią jezdnią.
- 10) Jeżeli warunki pracy obwodów srk nie dopuszczają połączeń bezpośrednich do szyn jezdnych przewodów powrotnych, połączenia takie należy wykonać jako grupowe przez łączniki impedancyjne.

### **3.4.5. Ochrona przeciwporażeniowa, ziemnozwarciowa, odgromowa i bezpieczeństwo**

#### **3.4.5.1. Zalecenia ogólne**

- 1) Spełnienie wymagań ochrony przeciwporażeniowej jest nadrzędne nad innymi wymaganiami technicznymi i środowiskowymi. Dla stosowania środków bezpieczeństwa i ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim mają zastosowanie wymagania norm: PN-EN 50122-1:2023 [8], PN-EN 50119:2020 [4].
- 2) W normie PN-EN 50122-1: 2023 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 jezdniowego na przejazdach,
  - d) wysokości zawieszenia przewodów zasilających powyżej dróg załadunkowych,
  - e) odstępów pomiędzy systemem górnej sieci jezdniowej i drzewami,
  - f) stosowania barier,
  - g) środków ochrony przed wspinaniem na konstrukcje w pobliżu sieci trakcyjnej,
  - h) znaków ostrzegawczych,
  - i) minimalnych odstępów izolacyjnych.
- 3) Potencjał szyny względem ziemi stanowi w stanach awaryjnych o wielkości napięć dotykowych lub napięć dostępnych w stanach roboczych. Norma PN-EN 50122-1:2023 [8] określa wartości dopuszczalne napięć dotykowych i dostępnych oraz czasy ich trwania.
- 4) Znajdujące się w strefie oddziaływania górnej sieci jezdniowej przewodzące prąd elektryczny przedmioty i elementy o wymiarach wzdłużnych (mierzonych wzdłuż toru) nie przekraczających 3 m i nie wyposażone w jakiegokolwiek instalacje elektryczne, nie wymagają zastosowania środków ochrony przed dotykiem pośrednim – zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 50122-1:2023 [8].
- 5) Podstawowym środkiem ochrony przed dotykiem pośrednim w sieci powrotnej jest uszynienie (połączenie z szyną) części przewodzących znajdujących się w strefie oddziaływania sieci trakcyjnej i odbieraków prądu.
- 6) Nie dopuszcza się stosowania jakichkolwiek łączników manewrowych lub zwarciovych w torach prądowych sieci powrotnej.
- 7) W miejscach dostępnych (kładki nad torami, wiadukty, mosty, tunele, wiaty itp.) należy

stosować środki ochrony podstawowej przed dotykiem bezpośrednim do części 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.

- 8) Wartość obliczeniowego potencjału szyny (norma PN-EN 50122-1:2023) 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 50122-1:2011 [8]
- 9) Dodatkowe środki i wymagania ochrony dla instalacji zasilania, instalacji telekomunikacyjnych i innych instalacji nN są zamieszczone w normie PN-EN 50122-1:2023 [8].

#### **3.4.5.2. 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) 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 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.

#### **3.4.5.3. Uszynienie grupowe**

- 1) Jako podstawowy środek ochrony przeciwporażeniowej należy stosować system uszynienia grupowego przy zastosowaniu ograniczników niskonapięciowych. Urządzenia te posiadają znamionowe napięcie wyzwalające  $U_{Tn} - 120 \text{ V}$ . Niektóre konstrukcje tych urządzeń cechują się prądem zwarciovym do 20 kA przez 40 ms lub 12 kA przez 100 ms.
- 2) Urządzenia te w stanie normalnym mają wysoką rezystancję, ale gdy nastąpi uszkodzenie na przykład izolatora ukośnika sieci jezdnej i wzrośnie wartość napięcia na stykach tego urządzenia powyżej 120 V, nastąpi połączenie sieci trakcyjnej z szynami co spowoduje wyłączenie napięcia w podstacji.
- 3) Lina lub kabel uszynienia grupowego powinny mieć przekrój minimum  $120 \text{ mm}^2$  wykonane z aluminium.

#### **3.4.5.4. Ochrona odgromowa sieci jezdnej**

- 1) Sieć jezdna powinna być zabezpieczona przed skutkami przepięć atmosferycznych poprzez zastosowanie odgromników rożkowych, zaworowych lub półprzewodnikowych.
- 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 o długości około 1200m. W przypadkach odcinków można stosować jedno zabezpieczenie.

### 3.4.6. Współpraca pantografu z siecią jezdnią górną

#### 3.4.6.1. Średnia siła nacisku

- 1) Dla systemu 3000 V nacisk statyczny zdefiniowany jest w p. 7.2 normy PN-EN 50367:2021 [5] i wywierany jest przez pantograf na przewodzie jezdny. Sieć trakcyjną należy zaprojektować dla siły nacisku statycznego o wartościach od 90 do 120 N zgodnie z punktem 7.2 normy PN-EN 50367:2021 [5].
- 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 [5]:
- 3) Maksymalna siła ( $F_{max}$ ) na szlaku powinna mieścić się w zakresie  $F_m$  plus trzy odchylenia standardowe  $\sigma$ ; w innych miejscach mogą występować wyższe wartości. Wartości górne  $F_{max}$  przedstawione w pkt. 5.2.5. EN 50119:2020 [4].
- 4) Prędkość propagacji fali mechanicznej należy tak dobrać, ażeby prędkość maksymalna jazdy na danej linii nie była większa od 70 % prędkości propagacji fali.
- 5) Dla linii kolejowych ocenę zgodności przeprowadza się zgodnie z zapisami pkt. 6 normy PN- EN 50317:2012 [15].

#### 3.4.6.2. Charakterystyka dynamiczna i jakość odbioru prądu

- 1) Nowe konstrukcje górnej sieci jezdnej należy oceniać poprzez symulację przeprowadzoną według zapisów normy PN-EN 50318:2018 [14] oraz poprzez pomiar odcinka próbnego nowej konstrukcji według normy PN-EN 50317:2012 [15].
- 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) Wartości średniej siły stykowej w funkcji prędkości dla systemu zasilania DC podano w p. A10 normy PN-EN 50367:2021 [5].
- 4) Sieć trakcyjna musi być zaprojektowana w sposób umożliwiający wytrzymanie górnej wartości granicznej siły nacisku  $F_m$  podanej w tabeli 6 normy PN-EN 50367:2021 [5].
- 5) Odchylenie standardowe przy maksymalnej prędkości linii  $\sigma_{max}$  [N] musi być nie większe od  $0,3 F_{max}$ ,  $\sigma_{max} \leq 0,3 F_{max}$ .
- 6) Sieć trakcyjna musi być zaprojektowana w sposób umożliwiający współpracę co najmniej dwóch pantografów z siecią trakcyjną. Odstęp pomiędzy osiami ślizgaczy współpracujących pantografów powinien odpowiadać p.4.2.13 TSI „Energia” [3] .
- 7) Zgodnie z wymaganiem p. 4.2.12 TSI „Energia” [3] uniesienie przewodu jezdnego dla projektowanej maksymalnej prędkości linii powinno wynosić maksymalnie  $S_0$ .
- 8) Geometria i profile interpretacyjnych ślizgaczy pantografów o długości 1600 mm oraz 1950 mm podano w pkt. A.2 normy EN 50367:2021 [5].

#### 3.4.6.3. 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 [2].

- 2) Dla systemu zasilania prądu stałego i prędkości jazdy rozstaw pantografów należy stosować zgodnie z TSI „Energia”.

## 4. Dokumenty referencyjne

Dla potrzeb opracowania Tomu II.2 wykorzystano następujące dokumenty referencyjne:

### 4.1. Dokumenty normatywne

1. PN-EN 15273-2+A1:2017-03 - wersja angielska, Kolejnictwo -- Skrajnie -- Część 2: Skrajnia pojazdów szynowych,2017
2. 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.
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. PN-EN 50119:2020-12 - wersja angielska, Zastosowania kolejowe -- Urządzenia stacyjne - Sieć jezdna górna trakcji elektrycznej, 2020
5. 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.
6. PN-EN 50341-2-22:2022-06 - wersja angielska, Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV -- Część 2-22: Krajowe Warunki Normatywne (NNA) dla Polski (oparte na EN 50341-1:2012), 2022
7. PN-EN 13670:2011 - wersja polska, Wykonywania konstrukcji z betonu,2011
8. 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
9. ZN-87/MTŻiŁ-CBP-11 Sieć trakcyjna kolejowa. Stalowe konstrukcje wsporcze. Obliczenia statyczne i projektowanie.
10. PN-EN 50149:2012 Zastosowania kolejowe - Urządzenia stacyjne - Trakcja elektryczna - Profilowane przewody jezdne z miedzi i jej stopów: PN-EN 50149:2012-wersja angielska. 2012. 35 p.
11. PN-E-90081:1974 Elektroenergetyczne przewody gołe -- Przewody miedziane: PN-E-90081:1974. 2 p.
12. PN-E-04500:1993 - wersja polska, Elektroenergetyczne stalowe konstrukcje wsporcze -- Powłoki ochronne cynkowe zanurzeniowe
13. ZN-89/MTŻiŁ-CBP-10 Sieć trakcyjna kolejowa. Słupy żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
14. PN-EN 50318:2019-02 - wersja angielska. Zastosowania kolejowe -- Systemy odbioru prądu -- Walidacja symulacji oddziaływania dynamicznego pomiędzy pantografem a siecią jezdnią górną, 2019
15. PN-EN 50317:2012 Zastosowania kolejowe -- Systemy odbioru prądu -- Wymagania dotyczące walidacji wyników pomiarów oddziaływania dynamicznego pomiędzy pantografem a siecią jezdnią górną: EN 50317:2012. 18 p.
16. PN-EN 50163:2006 - wersja polska Zastosowania kolejowe -- Napięcia zasilania systemów trakcyjnych,2006
17. PN-EN 206+A2:2021-08, Beton -- Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność,2022
18. PN-EN 197-1:2012 - wersja polska, Cement -- Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku, 2013
19. PN-EN 12620+A1:2010 - wersja polska, Kruszywa do betonu, 2010

20. PN-B-06265:2022-08 - wersja polska, Beton -- Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność -- Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A2:2021-08,2022
21. PN-EN 1993-1-1:2006 - wersja polska, Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych -- Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków, 2006.
22. PN-EN 1992-1-1:2008 - wersja polska, Eurokod 2 -- Projektowanie konstrukcji z betonu -- Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków, 2008
23. ZN-87/MTŻiŁ-CBP-11 Sieć trakcyjna kolejowa. Stalowe konstrukcje wsporcze. Obliczenia statyczne i projektowanie.

--- ---