

Załącznik do zarządzenia Nr 46/2015 Zarządu Spółki PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 27 października 2015 r.

STANDARDY TECHNICZNE

**szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii
kolejowych**

**do prędkości $V_{\max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) /
250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem)**

TOM V ELEKTROENERGETYKA NIETRAKCYJNA

Wersja 1.1

Warszawa 2009

WYKAZ ZMIAN

[illegible]

SPIS TREŚCI

1. Linie elektroenergetyczne sn.....	8
1.1. Wymagania ogólne i podstawowe parametry.....	8
1.2. Rozwiązania linii elektroenergetycznych sn	8
1.2.1. Zasilanie LPN, dobór napięcia i przekroju.....	8
1.2.2. Sterowanie i zabezpieczenia w miejscu zasilania LPN	9
1.2.3. Ochrona od przepięć, uziemianie i uszynianie	10
1.3. Sekcjonowanie	11
1.4. Sterowanie łącznikami lpn	12
1.5. Ochrona przeciwporażeniowa i odgromowa	13
2. Stacje transformatorowe.....	14
2.1. Rozwiązania stacji transformatorowych, wymagania ogólne i podstawowe parametry	14
2.2. Ochrona przeciwporażeniowa i odgromowa	15
3. Linie elektroenergetyczne nn	17
3.1. Wymagania ogólne i podstawowe parametry.....	17
3.2. Rozwiązania linii elektroenergetycznych nn.....	17
3.3. Ochrona przeciwporażeniowa i odgromowa	18
4. Inne rozwiązania zasilania	22
4.1. Wymagania ogólne i podstawowe parametry.....	22
4.2. Parametry funkcjonalne	24
5. Pewność zasilania	25
6. Urządzenia elektrycznego ogrzewania rozjazdów.....	26
6.1. Wymagania ogólne i podstawowe parametry.....	26
6.2. Elementy konstrukcyjne rozjazdów, wymagające ogrzewania w warunkach zimowych.	27
6.2.1. Opornice zwrotnicy rozjazdu na długości ruchomej części iglicy.	27
6.2.2. Zamknięcia nastawcze.	27
6.2.3. Krzyżownice z ruchomym dziobem	27
6.2.4. Kanały podzamknięciowe, podrozjazdnice zespolone.....	28

6.2.5. Inne elementy wg wymagań konstrukcyjnych rozjazdu	28
6.3. Ogólna charakterystyka urządzeń eor	28
6.3.1. Podział urządzeń eor pod względem funkcjonalnym	28
6.4. Urządzenia wykonawcze eor	28
6.4.1. Grzejniki eor	28
6.4.2. Uchwyty dociskowe eor	29
6.5. Urządzenia zasilające eor.....	29
6.5.1. Transformatory eor	29
6.5.2. Szafy rozdzielcze eor.....	30
6.6. Urządzenia sterowania eor	31
6.6.1. Sterownik eor.....	31
6.6.2. Czujniki sterownika eor	32
6.6.3. Pulpit operatora	33
6.7. Monitoring i komunikacja w systemach eor.....	33
6.7.1. Sposoby poprawienia efektywności ogrzewania rozjazdów	35
6.7.2. Inne systemy ogrzewania rozjazdów.	35
6.8. Ochrona przeciwporażeniowa.	35
7. Oświetlenie zewnętrzne	36
7.1. Wymagania ogólne i podstawowe parametry.....	36
7.2. Charakterystyka urządzeń oświetlenia zewnętrznego.....	37
7.2.1. Źródła światła	37
7.2.2. Oprawy oświetleniowe	38
7.2.3. Konstrukcje wsporcze	40
7.2.4. Linie zasilające urządzenia oświetleniowe	41
7.3. Oświetlenie obiektów kolejowych.....	41
7.3.1. Oświetlenie peronów	41
7.3.2. Oświetlenie przejść podziemnych	42
7.3.3. Oświetlenie przejść nad torami i schodów przyległych.....	42
7.3.4. Oświetlenie przejazdów kolejowych i przejść w poziomie szyn	43
7.3.5. Oświetlenie torów i rozjazdów stacji osobowych	43
7.3.6. Oświetlenie stacji towarowych	44
7.3.7. Oświetlenie placów ładunkowych i ramp.....	45
7.3.8. Oświetlenie tuneli liniowych	45
7.4. Monitoring i sterowanie.....	46

7.5. Ochrona przeciwporażeniowa i przeciwprzepięciowa	46
8. Instalacje elektryczne w budynkach	47
8.1. Wymagania podstawowe	47
8.2. Ochrona przeciwporażeniowa, przepięciowa i odgromowa	48
9. Literatura.....	53

Tablica powiązania punktów z typami linii

Punkt	P250	P200	M200	P160	M160	P120	M120	T120	P80	M80	T80	T40
1.1.1.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1.2.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1.3.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1.4.				X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1.5.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1.6.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1.7.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.2.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.3.1.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.3.2.1.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.3.2.2.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.3.2.3.a)				X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.3.2.3.b)	X	X	X									
1.3.3.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.3.4.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.4.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.5.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.6.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7.1.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7.2.1.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7.2.2.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7.2.3.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7.2.4.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

7.3.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7.3.1.	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-	-
7.3.2.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7.3.3.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7.3.4.	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7.3.5.	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-	-
7.3.6.	-	-	X	-	X	-	X	X	-	X	X	X
7.3.7.	-	-	X	-	X	-	X	X	-	X	X	X
7.3.8.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7.4.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7.5.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

1. Linie elektroenergetyczne SN

1.1. Wymagania ogólne i podstawowe parametry

- 1.1.1. Elektroenergetyczne odbiory nietrakcyjne podstawowo należy zasiląć z napowietrznej linii SN, zwanej linią potrzeb nietrakcyjnych (LPN), prowadzonej wzdłuż linii kolejowej.
- 1.1.2. Podstawowym rozwiązaniem LPN jest linia napowietrzna z przewodami nieizolowanymi prowadzona na konstrukcjach wsporczych niezależnych od konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej. W uzasadnionych przypadkach (np. obszary leśne) dopuszcza się stosowanie linii napowietrznej z przewodami izolowanymi.
- 1.1.3. W obszarze stacji kolejowych i tam gdzie niemożliwe jest poprowadzenie linii napowietrznej dopuszcza się kablowe wykonanie LPN.
- 1.1.4. W uzasadnionych przypadkach, po uzyskaniu zgody inwestora, dla linii P160, M160, P120, M120, T120, M80, P80, T80 i T40 dopuszcza się budowę LPN na konstrukcjach wsporczych sieci trakcyjnej (wspólne konstrukcje wsporcze LPN i sieci trakcyjnej) .
- 1.1.5. Zaleca się prowadzenie LPN wzdłuż linii kolejowej po terenie będącym w dyspozycji zarządcy infrastruktury kolejowej. LPN powinna być prowadzona po przeciwnej stronie torów niż kable teletechniczne lub napowietrzne linie teletechniczne. Trasę linii należy ustalać pod kątem łatwego dojazdu do stacji transformatorowych i słupów z odłącznikami.
- 1.1.6. LPN należy projektować zgodnie z odpowiednimi normami dotyczącymi projektowania i budowy elektroenergetycznych linii napowietrznych i kablowych.
- 1.1.7. Projektowanie i budowę LPN należy prowadzić w oparciu o typowe rozwiązania techniczne, powszechnie stosowane w energetyce, posiadające stosowne atesty i aprobaty techniczne.

1.2. Rozwiązania linii elektroenergetycznych SN

1.2.1. Zasilanie LPN, dobór napięcia i przekroju

- 1.2.1.1. Napięcie pracy LPN –15 lub 20 kV AC.
- 1.2.1.2. Jako podstawowe źródło zasilania LPN należy przyjmować rozdzielnie SN podstacji trakcyjnych, stanowiące podstawowe (z jednej strony linii) i rezerwowe (z drugiej strony linii) źródło zasilania.
- 1.2.1.3. Na liniach niezelektryfikowanych LPN powinna być zasilana z rozdzielni SN w GPZ.

- 1.2.1.4. Do projektowania obciążenia LPN należy przyjmować sumę mocy przyłączeniowych wszystkich odbiorów przy współczynniku jednoczesności 0,85 wraz z przewidywaną rezerwą, z wyjątkiem sytuacji, gdy z LPN są zasilane odbiory charakteryzujące się dużymi chwilowymi wahaniami poboru mocy – takie przypadki powinny być rozpatrywane indywidualnie.
- 1.2.1.5. Rezerwę zdolności przesyłowych LPN należy przyjmować na poziomie 25 %.
- 1.2.1.6. Przekrój przewodów linii napowietrznych ustala się wg kryterium dopuszczalnego spadku napięcia obliczonego przy jednostronnym zasilaniu całej linii z uwzględnieniem przewidywanych odbiorów i rezerwy. Dopuszczalny spadek napięcia nie powinien przekraczać 5 %. Niezależnie od wykonanych obliczeń przekrój linii napowietrznej nie powinien być mniejszy niż 50 mm².
- 1.2.1.7. Przekrój przewodów linii w wykonaniu kablowym lub odcinków kablowych należy ustalić wg kryterium przeciążalności zwarciowej. Przekrój linii kablowej (odcinków) powinien być większy od przekroju linii napowietrznej wchodzącej w skład tego samego odcinka.

1.2.2. Sterowanie i zabezpieczenia w miejscu zasilania LPN

- 1.2.2.1. Sterowanie i zabezpieczenia w miejscu zasilania LPN
 1. nadprądowe (zwarciove) z krótką zwłoką (0.2 s ÷ 0.6 s),
 2. ziemnozwarciowe reagujące na kierunek doziemienia ze zwłoką 0.5 s ÷ 2 s.
- 1.2.2.2. Dodatkowo, w zależności od potrzeb pole wyłącznika mocy LPN może być wyposażone w zabezpieczenia:
 1. podnapięciowe,
 2. nadprądowe zwłoczne (ze zwłoką od kilku do kilkunastu sekund),
 3. kierunkowo – mocowe (zalecane przy zasilaniu podstacji z LPN – odwrotny przepływ mocy).
- 1.2.2.3. Nastawy zabezpieczeń powinny zapewniać wyłączalność zwarc, przeciążeń i doziemień oraz selektywność wyłączania i być skorelowane z nastawami w polach linii zasilających podstację oraz w stacjach energetycznych 110/SN zasilających podstację. Przy doborze nastaw należy uwzględniać sposób pracy punktu neutralnego sieci SN (izolowany, uziemiony przez rezystor, uziemiony przez dławik).
- 1.2.2.4. W przypadku trudności w uzyskaniu selektywności pomiędzy zabezpieczeniami w polu LPN i polach linii zasilających należy stosować układy zabezpieczenia szyn (ZS). Zaleca się stosowanie układów lokalnej rezerwy wyłącznikowej (LRW).

- 1.2.2.5. W obiektach nowych oraz modernizowanych w polach LPN należy stosować zabezpieczenia cyfrowe oraz sterowniki współpracujące z cyfrową magistralą przesyłu danych (np. CAN-Bus/RS485). Dotyczy to również dobudowy pól LPN w istniejących podstacjach, jeśli aktualnie nie posiadają cyfrowej magistrali przesyłu danych.
- 1.2.2.6. Nie zaleca się stosowania układów SZR oraz SPZ.
- 1.2.2.7. Zaleca się, aby automatyka pola LPN umożliwiała podanie napięcia na szyny SN podstacji trakcyjnej z sąsiedniej podstacji poprzez LPN, przy zachowaniu odpowiednich blokad i uzależnień, w celu rezerwowego zasilania potrzeb własnych podstacji lub innych LPN wychodzących z tej podstacji podczas długotrwałego zaniku napięcia na liniach zasilających. W szczególności dotyczy to podstacji trakcyjnych mających jedną linię zasilającą.

1.2.3. Ochrona od przepięć, uziemianie i uszynianie

- 1.2.3.1. LPN w wykonaniu napowietrznym wymaga stosowania ochrony od przepięć pochodzenia atmosferycznego w miejscach usytuowania stacji transformatorowych. Ochronie od przepięć atmosferycznych podlegają transformatory i odcinki kablowe linii. W celu ochrony odgromowej należy stosować ograniczniki przepięć.
- 1.2.3.2. Żyły powrotne odcinków kablowych 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.
- 1.2.3.3. W przypadku stosowania wstawek kablowych, żyły powrotne kabli oraz korpusy metalowe głowic kablowych na słupach krańcowych należy uziemiać lub uszyniać według następujących zasad:
 1. słupy krańcowe znajdują się w odległości 5m i większej od osi toru zelektryfikowanego – żyły powrotne kabli oraz korpusy metalowe głowic kablowych należy uziemić na jednym słupie, a izolować od uziemienia na drugim słupie,
 2. słupy krańcowe znajdują się w odległości mniejszej niż 5 m od osi toru zelektryfikowanego – żyły powrotne kabli oraz korpusy metalowe głowic kablowych należy uszynić na jednym słupie, a izolować od uszynienia na drugim słupie,

3. jeden słup znajduje się w odległości 5 m lub większej od osi toru zelektryfikowanego, a drugi w odległości mniejszej -żyły powrotne kabli oraz korpusy metalowe głowic kablowych należy uziemić na słupie stojącym w odległości równej lub większej od 5 m, a odizolować na drugim słupie.
- 1.2.3.4. Żyły powrotne kablowych LPN należy uziemiać jednostronnie w punktach zasilania (podstacjach trakcyjnych) oraz w stacjach transformatorowo – rozdzielczych. Na odcinku pomiędzy podstacją trakcyjną a pierwszą stacją transformatorowo – rozdzielczą zaleca się uziemianie żył powrotnych od strony podstacji trakcyjnej, natomiast na odcinku pomiędzy stacjami transformatorowo – rozdzielczymi od strony źródła zasilania podstawowego.

1.3. Sekcjonowanie

- 1.3.1. Do sekcjonowania LPN należy używać odłączników lub rozłączników. Rozłączniki należy stosować w przypadkach, gdy przewiduje się operacje manewrowe pod obciążeniem. Łączniki mogą posiadać napęd ręczny lub silnikowy. Napęd silnikowy może być sterowny przewodowo lub radiowo.
- 1.3.2. Łączniki sekcyjne w LPN należy ustawiać według następujących zasad:
 1. przy przejściu linii napowietrznej w kablową,
 2. z obu stron odczepu,
 3. odległość między łącznikami powinna zapewniać, w przypadku awarii wyłączenie maksymalnie:
 - a) trzech stacji transformatorowych na liniach P160, M160, P120, M120, T120, M80, P80, T80 i T40;
 - b) jednej stacji transformatorowej na liniach P250, P200 i M200.
- 1.3.3. Przy wyborze rodzaju sterowania napędami silnikowymi (przewodowe, radiowe) należy kierować się następującymi zasadami:
 1. zanik napięcia w LPN pozbawia napięcia stacje transformatorowe z niej zasilane, a tym samym może uniemożliwić sterowanie przewodowe i wysekcjonowanie uszkodzonego odcinka LPN,
 2. przy sterowaniu radiowym należy brać pod uwagę zasięg sterowania ograniczony propagacją fal radiowych,
 3. sterownie przewodowe (kablami miedzianymi) nie powinno się odbywać na odległość większą od 3 km.
- 1.3.4. Decyzja o rozwiązaniach technicznych sterowania oraz rodzajach aparatów (odłącznik lub rozłącznik) powinna być podjęta na etapie projektowania.

1.4. Sterowanie łącznikami LPN

- 1.4.1. Sterowanie łącznikami LPN może być realizowane przy wykorzystaniu urządzeń sterowania radiowego i przewodowego.
- 1.4.2. Sterowanie przewodowe można realizować przy wykorzystaniu urządzeń sterowania odłącznikami sekcjonowania sieci trakcyjnej.
- 1.4.3. Sterowanie radiowe powinno być realizowane w przypadkach, gdy rozwiązanie oparte na sterowaniu przewodowym nie byłoby uzasadnione z przyczyn ekonomicznych.
- 1.4.4. Urządzenia sterowania radiowego powinny się składać z urządzeń bazowych umieszczanych na podstawach trakcyjnych (w uzasadnionych przypadkach w stacjach) oraz urządzeń terenowych umieszczonych przy obsługiwanych odłącznikach.
- 1.4.5. Rozwiązania oparte o sterowanie radiowe powinny spełniać następujące wymagania:
 1. gwarantować zasięg niezależnie od warunków pogodowych,
 2. zapewniać bezpieczną transmisję i kodowanie informacji w celu wykluczenia niewłaściwej interpretacji przesyłanych informacji,
 3. stosować rozwiązania urządzeń, które w przypadku uszkodzeń pojedynczych elementów nie powodują błędnych decyzji sterowniczych. Wszystkie uszkodzenia powinny być wykrywane w ramach autodiagnostyki.
- 1.4.6. Urządzenia bazowe powinny dodatkowo spełniać następujące wymagania:
 1. zapewniać możliwość włączenia do sterowania zdalnego jednym z przyjętych na PKP dla tych celów interfejsów lub za pośrednictwem wejść/wyjść cyfrowych,
 2. zapewniać przełączenie trybu sterowania zdalnie /lokalnie,
 3. zapewniać prostą obsługę.
- 1.4.7. Urządzenia terenowe powinny dodatkowo spełniać następujące wymagania:
 1. zapewniać bezobsługową pracę w zakresie temperatur od -30 do +40°C,
 2. zasilanie potrzeb własnych z obsługiwanej linii (dopuszcza się stosowanie baterii słonecznych),
 3. układ rezerwowego zasilania akumulatorowego powinien zabezpieczać pracę bez podstawowego zasilania co najmniej przez 8 godzin wraz z 8-krotnym przestawieniem napędu (przy stosowaniu baterii słonecznych pełne doładowanie akumulatora powinno być zapewnione przy najgorszych warunkach, jakie występują w roku, a gwarantowany czas pracy powinien wynosić 18 godzin),

4. zapewniać ochronę akumulatorów przed nadmiernym rozładowaniem powodującym utratę pojemności (w przypadku, jeżeli użyte akumulatory tego wymagają),
5. umożliwiać ręczne manewrowanie napędem,
6. zapewniać kontrolę napięć,
7. zapewniać możliwość podłączenia detektorów zwarć.

1.5. Ochrona przeciwporażeniowa i odgromowa

- 1.5.1. Ochronę przeciwporażeniową linii SN, poprzez ograniczenie napięć dotykowych rażeniowych należy uzyskać stosując uziemienia ochronne.
- 1.5.2. Ochroną przeciwporażeniową należy objąć:
 1. metalowe lub wykonane z betonu zbrojonego słupy i inne konstrukcje wsporcze elektroenergetycznych linii napowietrznych i kablowych,
 2. osłony przewodów oraz głowice kablowe, powłoki, pancerze i żyły powrotne kabli,
 3. elementy napędów i urządzeń pomocniczych do obsługi urządzeń rozdzielczych,
 4. metalowe pomosty montażowe, poprzeczniki oraz inne konstrukcje wsporcze aparatów i urządzeń.
- 1.5.3. Wartości napięcia dotykowego rażeniowego nie powinny przekraczać dopuszczalnych wartości zgodnych z normą PN-E-05115 [9].
- 1.5.4. Czas trwania przepływu prądu jednofazowego zwarcia doziemnego t_{Fw} urządzeniach wysokiego napięcia należy przyjmować zgodnie z p. 3.3.11.
- 1.5.5. Największą spodziewaną wartość napięcia dotykowego rażeniowego U_{Tp} w miejscu występowania zagrożenia porażeniowego należy obliczyć stosując zależności podane w normie PN-E-05115 [9]
- 1.5.6. Linie elektroenergetyczne SN należy chronić przed przepięciami stosując ograniczniki przepięć lub iskierniki.
- 1.5.7. Zalecany prąd wyładowczy ograniczników przepięć wynosi 10 kA.
- 1.5.8. Napięcie trwałej pracy ograniczników przepięć dla linii SN z izolowanym punktem neutralnym lub kompensacją prądu ziemnozwarciowego powinno być nie mniejsze niż maksymalne napięcie międzyfazowe sieci:
 1. linie 15 kV - najwyższe napięcie sieci 17,5 kV,
 2. 2. linie 20 kV - najwyższe napięcie sieci 24 kV.

1.5.9. Linie elektroenergetyczne SN należy chronić od przepięć atmosferycznych w następujących przypadkach:

1. przy połączeniu linii mającej słupy lub poprzeczniki z materiałów nieprzewodzących z linią na słupach stalowych lub żelbetowych,
2. w miejscach pomiaru energii elektrycznej, znajdujących się na słupach linii napowietrznej,
3. przy połączeniach linii napowietrznej z linią kablową,
4. na słupach ograniczających przęsło specjalne o rozpiętości większej niż 250 m,
5. w miejscach połączenia linii z przewodami gołymi z linią wykonaną przewodami niepełnoizolowanymi,
6. w miejscach połączenia linii z przewodami pełnoizolowanymi z linią wykonaną przewodami gołymi lub niepełno izolowanymi.

1.5.10. Największa dopuszczalna wartość rezystancji uziemienia odgromowego słupów wynosi:

1. 10 Ω dla gruntów o rezystywności $< 1000 \Omega m$,
2. 15 Ω dla gruntów o rezystywności $\geq 1000 \Omega m$.

1.5.11. Przewody niepełnoizolowane należy chronić przed skutkami łuku za pomocą układów łukoochronnych w następujących miejscach:

1. na słupach skrzyżowaniowych, przy drogach i zabudowaniach,
2. na słupach zlokalizowanych na granicy terenów niezabudowanego i leśnego oraz słupach zlokalizowanych na wzniesieniach terenu,
3. na słupach linii prowadzonej w terenie płaskim niezabudowanym nie rzadziej niż na co trzecim słupie, a w terenie leśnym nie rzadziej niż na co piątym słupie linii,
4. na słupach odporowych i rozgałęźnych linii.

1.5.12. Stosowanie układów łukoochronnych nie jest wymagane na słupach, na których zastosowano ograniczniki przepięć.

2. Stacje transformatorowe

2.1. Rozwiązania stacji transformatorowych, wymagania ogólne i podstawowe parametry

2.1.1. Elektroenergetyczne odbiory nietrakcyjne usytuowane wzdłuż linii kolejowej (na szlakach) należy zasilać z LPN poprzez słupowe stacje transformatorowe SN/nN.

2.1.2. Podstawowym rozwiązaniem stacji transformatorowych są napowietrzno-słupowe stacje transformatorowe. Na terenach stacji kolejowych oraz w obszarach gdzie

LPN prowadzona jest w wykonaniu kablowym stacje transformatorowe należy wykonywać jako małogabarytowe stacje transformatorowo-rozdzielcze w wykonaniu budynkowym lub kontenerowym.

- 2.1.3. Wszystkie stacje transformatorowe należy zasiląć z LPN poprzez rozłączniki.
- 2.1.4. Stacje transformatorowe należy projektować i budować/modernizować zgonie z odpowiednimi normami dotyczącymi projektowania i budowy elektroenergetycznych stacji transformatorowych SN/nN.
- 2.1.5. Do określenia mocy transformatora (-ów) stacji transformatorowej należy przyjmować sumę mocy przyłączeniowych poszczególnych odbiorów przy współczynniku jednoczesności 0,85 wraz z przewidywaną 20 % rezerwą, z wyjątkiem sytuacji, gdy ze stacji transformatorowej są zasilane odbiory charakteryzujące się dużymi chwilowymi wahaniami poboru mocy – takie przypadki powinny być rozpatrywane indywidualnie.
- 2.1.6. Stacja transformatorowa powinna być wyposażona w typową rozdzielnicę niskiego napięcia. Liczba obwodów wyjściowych zgodnie z lokalnymi potrzebami.
- 2.1.7. Każdy z obwodów wyjściowych powinien posiadać zabezpieczenie zwarciorowe i przeciążeniowe. Stan zabezpieczeń powinien być możliwy do odczytu z miejsca oraz zdalnie z centrum sterowania.
- 2.1.8. Podstawowe parametry rozdzielnic nN:
 1. napięcie znamionowe: 400 V,
 2. napięcie znamionowe izolacji: 660 V,
 3. znamionowy prąd ciągły:
 - a) szyn zbiorczych: 1250/1600 A,
 - b) pola liniowego (odpływowego): 400/630 A,
 4. zwarciorowy znamionowy prąd 1-sek.: 16 kA,
 5. zwarciorowy znamionowy prąd szczytowy: 35 kA.

2.2. Ochrona przeciwporażeniowa i odgromowa

- 2.2.1. Ochronę przeciwporażeniową w stacjach transformatorowych należy realizować za pomocą uziemienia ochronnego, zarówno po stronie wysokiego napięcia jak i po stronie niskiego napięcia.
- 2.2.2. Ochroną przeciwporażeniową należy objąć:
 1. każdy transformatora,
 2. metalową obudowę rozdzielnic wysokiego napięcia,
 3. metalową obudowę rozdzielnic niskiego napięcia,

4. elementy napędów i urządzeń pomocniczych do obsługi urządzeń rozdzielczych,
 5. metalowe pomosty montażowe, poprzeczniki i inne konstrukcje wsporcze aparatów i urządzeń,
 6. uzwojenia wtórne przekładników,
 7. metalowe lub wykonane z betonu zbrojonego konstrukcje wsporcze stacji,
 8. osłony przewodów oraz głowice kablowe, powłoki, pancerze i żyły powrotne kabli.
- 2.2.3. Uziemienia ochronne należy wykonywać jako wspólne dla urządzeń wysokiego i niskiego napięcia, jeżeli spełnione są warunki określone w p. 3.3.9. lub 3.3.10. odpowiednio dla sieci nN pracującej w układzie TN lub TT.
- 2.2.4. Jeżeli warunki określone w p. 3.3.9. lub 3.3.10. nie są spełnione uziemienia należy wykonać jako oddzielne zgodnie z p. 3.3.16.
- 2.2.5. W przypadku wykonania uziemienia punktu neutralnego sieci nN jako niezależnego od uziemienia urządzeń wysokiego napięcia izolacja urządzeń niskiego napięcia na terenie stacji jest narażona na przebiecia o wartości $(U_0 + U_E)$. Zwarcia o wartości $(U_0 + U_E)$ powinny być wyłączone w czasie odpowiadającym poziomowi izolacji urządzeń nN znajdujących się na terenie stacji transformatorowej, gdzie: U_0 – napięcie fazowe w sieci niskiego napięcia; U_E – napięcie uziomowe.
- 2.2.6. Rezystancja uziemienia ochronnego powinna zapewniać utrzymanie napięcia dotykowego w czasie zwarcia po stronie wysokiego napięcia, na poziomie zgodnie z normą PN-E-05115 [9], a w przypadku zwarcia po stronie niskiego napięcia powinna zapewniać spełnienie warunku podanego w p. 3.3.20.
- 2.2.7. Uziemienia ochronne w stacjach transformatorowych powinny spełniać wymagania określone w [1] i [9].
- 2.2.8. Urządzenia stacji, połączonych z liniami napowietrznymi bezpośrednio lub za pośrednictwem linii kablowych ułożonych w ziemi, krótszych niż 150m, należy chronić od przebiec atmosferycznych, stosując ograniczniki przebiec.
- 2.2.9. Ograniczniki przebiec powinny być rozmieszczone w taki sposób, aby przy każdym transformatorze był zainstalowany komplet ograniczników oraz izolacja urządzeń stacyjnych była chroniona przez jeden komplet ograniczników.
- 2.2.10. Zaleca się stosowanie ograniczników do ochrony urządzeń szaf sterowniczych, oświetlenia, aparatury alarmowej, sygnalizacyjnej itp.
- 2.2.11. W transformatorach, w których uzwojenie wysokiego napięcia jest chronione ogranicznikami, należy chronić także uzwojenia niskiego napięcia.
- 2.2.12. Prąd wyładowczy ograniczników po stronie SN według p.1.5.7.

- 2.2.13. Napięcie trwałej pracy ograniczników po stronie SN według p. 1.5.8.
- 2.2.14. Prąd wyładowczy ograniczników po stronie nN według 3.3.23.
- 2.2.15. Napięcie znamionowe ograniczników po stronie nN według 3.3.24.
- 2.2.16. Rezystancja uziemienia ograniczników przepięć nie powinna przekraczać 10 Ω .
- 2.2.17. Uziemienie ograniczników przepięć powinno być wykonane w jako wspólne z uziemieniem roboczym stacji.

3. Linie elektroenergetyczne nN

3.1. Wymagania ogólne i podstawowe parametry

- 3.1.1. Linie elektroenergetyczne nN służą do doprowadzenia zasilania ze stacji transformatorowych lub stacji transformatorowo-rozdzielczych SN/nN do poszczególnych odbiorów.
- 3.1.2. Linie elektroenergetyczne nN należy wykonywać jako linie kablowe.
- 3.1.3. W uzasadnionych przypadkach linie zasilające mogą być wykonane jako linie napowietrzne z przewodami izolowanymi.
- 3.1.4. Napięcie znamionowe linii elektroenergetycznych nN – 400V.
- 3.1.5. Linie elektroenergetyczne nN należy projektować zgonie z odpowiednimi normami dotyczącymi projektowania i budowy elektroenergetycznych linii kablowych i napowietrznych.
- 3.1.6. Projektowanie i budowę linii elektroenergetycznych nN należy prowadzić w oparciu o typowe rozwiązania techniczne, powszechnie stosowane w energetyce zawodowej, posiadające stosowne atesty i aprobaty techniczne.

3.2. Rozwiązania linii elektroenergetycznych nN

- 3.2.1. Linie kablowe nN należy wykonywać kablami z żyłami aluminiowymi o izolacji żył z polietylenu usieciowanego i powłoce z polwinitu.
- 3.2.2. W kablowych liniach głównych (magistralnych) należy stosować kable o przekroju żył nie mniejszym niż 120 mm².
- 3.2.3. W liniach kablowych zasilających poszczególne odbiory należy stosować kable o przekroju żył wynikającym z obliczeń jednak nie mniejszym niż 35 mm².
- 3.2.4. W liniach kablowych należy stosować złącza kablowe w obudowach z tworzyw termoutwardzalnych.
- 3.2.5. Na skrzyżowaniach z innymi urządzeniami podziemnymi, drogami itp. kable należy chronić rurami giętkimi z polietylenu.
- 3.2.6. Przy wykonywaniu przecisków pod drogami, torami itp. należy stosować rury z twardego polietylenu.

- 3.2.7. Przy wejściach kabli na słupy należy kable chronić rurami z polietylenu przeznaczonymi dla przestrzeni otwartych.
- 3.2.8. Linie napowietrzne nN należy wykonywać przewodami samonośnymi o powłoce z polietylenu usieciowanego.
- 3.2.9. W liniach napowietrznych głównych (magistralnych) należy stosować przewody o przekroju nie mniejszym niż 70mm².
- 3.2.10. W liniach napowietrznych zasilających poszczególne odbiory należy stosować przewody o przekroju żył wynikającym z obliczeń jednak nie mniejszym niż 25 mm².
- 3.2.11. Słupy linii napowietrznych nN należy wykonywać z żerdzi wiobetonowych lub żelbetowych.

3.3. Ochrona przeciwporażeniowa i odgromowa

- 3.3.1. Jako przewody PEN powinny być stosowane przeznaczone do tego żyły przewodów wiązkowych i kabli.
- 3.3.2. Przekroje przewodów PEN powinny spełniać wymagania:
 - 1. norm dotyczących linii napowietrznych i kablowych – w zakresie wytrzymałości mechanicznej,
 - 2. dotyczące przewodu neutralnego N odnośnie obciążalności prądowej.
- 3.3.3. Przewody PEN powinny być oznaczone w sposób wyróżniający je od innych przewodów.
- 3.3.4. Przewody PEN powinny zapewniać niezawodną ciągłość połączeń metalicznych na całej ich długości.
- 3.3.5. W przewodach PEN nie należy umieszczać łączników i bezpieczników.
- 3.3.6. Należy wykonać bezpośrednie uziemienie wszystkich punktów neutralnych sieci, wykonane na każdym transformatorze lub prądnicy zasilających sieć lub w ich najbliższym sąsiedztwie.
- 3.3.7. W sieci TN przewody PEN prowadzone wzdłuż trasy linii należy, wszędzie tam gdzie jest to możliwe, łączyć z istniejącymi uziomami naturalnymi i sztucznymi niezależnie od ich rezystancji, jeżeli nie spowoduje to znacznych nakładów finansowych i jeśli nie ma innych przeciwwskazań.
- 3.3.8. W sieci TN uziemienie punktu neutralnego powinno spełniać wymagania zawarte w N-SEP-E-001 [1].
- 3.3.9. Punkt neutralny sieci pracującej w układzie TN i przewody PEN mogą być połączone z uziemieniem urządzeń wysokiego napięcia, jeżeli są spełnione wymagania zawarte w N-SEP-E-001 [1].

3.3.10. Punkt neutralny sieci pracującej w układzie TT może być połączony z uziemieniem urządzeń wysokiego napięcia, jeżeli przepięcie wywołane zwarcie doziemnym w urządzeniach wysokiego napięcia nie stwarza zagrożenia dla izolacji urządzeń nN. Zagrożenie to nie wystąpi, jeżeli napięcie uziomowe U_E podczas zwarcia doziemnych w urządzeniach wysokiego napięcia nie przekroczy:

1. 1200 V, gdy czas zwarcia doziemnego nie przekracza 5 s,
2. 250 V, gdy czas zwarcia doziemnego przekracza 5 s.

3.3.11. Czas trwania przepływu prądu jednofazowego zwarcia doziemnego t_F w urządzeniach wysokiego napięcia należy przyjmować jako równy:

1. sumie czasu działania zabezpieczeń i najdłuższego czasu wyłączania łączników działających przy zwarciach – w przypadku zastosowania samoczynnego wyłączenia zwarcia doziemnych,
2. sumie czasów trwania przepływu prądów – w przypadku zastosowania automatyki SPZ o czasie bezprądowym krótszym niż 3 s.

3.3.12. Rozmieszczenie uziemień przewodów PEN linii napowietrznych i kablowych nN powinno spełniać następujące wymagania:

1. na końcu każdej linii i na końcu każdego odgałęzienia o długości większej niż 200 m należy wykonać uziemienie o rezystancji nie większej niż 30 Ω .
2. na obszarze koła o średnicy 300 m określonego dookoła końcowego odcinka każdej linii i jej odgałęzień powinny znajdować się uziemienia o wartości wypadkowej rezystancji nie przekraczającej 5 Ω , obliczonej przy uwzględnieniu jedynie tych uziemień, których rezystancja jest nie większa niż 30 Ω

3.3.13. W liniach napowietrznych dodatkowo odległość pomiędzy sąsiednimi uziemieniami o rezystancji 30 Ω (lub mniejszej) mierzona wzdłuż trasy linii nie powinna przekroczyć 500 m.

3.3.14. Jeżeli rezystywność gruntu jest większa lub równa 500 Ω m, to wartości 30 Ω i 5 Ω w p. 3.3.12. i 3.3.13. można zastąpić wartościami odpowiednio $\rho_{min}/16$ i $\rho_{min}/100$.

3.3.15. Jeżeli nie jest spełniony warunek podany w p. 3.3.9. dla sieci pracującej w układzie TN lub podany w p. 3.3.10. dla sieci pracującej w układzie TT, punkt neutralny sieci nN powinien mieć oddzielne niezależne o uziemienia urządzeń wysokiego napięcia uziemienie. Odległość między uziomami urządzeń o napięciu przekraczającym 1000 V, lecz niższym od 50 kV, a oddzielnym uziomem sieci nN powinna wynosić co najmniej 20 m.

3.3.16. W liniach napowietrznych i kablowych nN ochronę przy dotyku pośrednim należy realizować przez samoczynne wyłączenie zasilania, natomiast dla urządzeń

zasilanych z tych linii i zainstalowanych na konstrukcjach wsporczych linii napowietrznych nN dopuszcza się stosowanie separacji elektrycznej lub urządzeń II klasy ochronności.

- 3.3.17. Jako urządzenia ochronne samoczynnie wyłączające zasilanie elektroenergetycznych linii nN i obwodów odbiorczych odbiorników zainstalowanych na liniach należy stosować zabezpieczenia przetężeniowe.
- 3.3.18. W sieci TN ochrona przez samoczynne wyłączenie napięcia powinna być tak wykonana, aby spełniony był warunek zawarty w N-SEP-E-001 [1].
- 3.3.19. W sieci TT wszystkie części przewodzące dostępne i obce linii nN powinny być uziemione. Części, które mogą być jednocześnie dostępne powinny być połączone z tym samym uziemem. Rezystancja uziemienia R_A powinna być nie większa niż $R_A \leq 50/I_a$, gdzie: I_a – prąd wyłączający, powodujący zadziałanie zabezpieczeń zwarciovych w czasie nie przekraczającym 5 s; 50 – dopuszczalne długotrwałe napięcie dotykowe w V.
- 3.3.20. Ochrona przy dotyku pośrednim nie jest wymagana dla:
1. dostępnych osłon przewodzących o długości do 2 m, chroniących przewody od uszkodzeń mechanicznych,
 2. dostępnych odcinków rur metalowych lub osłon przewodzących chroniących kable wprowadzone na słupy albo inne konstrukcje linii,
 3. uchwytów, obejm i wieszaków metalowych służących do mocowania przewodów i kabli,
 4. metalowych obudów liczników oraz tablic, na których są umieszczone przyrządy taryfowe,
 5. będących poza zasięgiem ręki metalowych stojaków dachowych i przejściowych przyłączy wraz z ich konstrukcjami mocującymi,
 6. słupów stalowych i betonowych (w sieci TT), na których poza przewodami nie ma innych urządzeń elektrycznych lub występują urządzenia oddzielone od słupów izolacją dodatkową,
 7. innych słupów betonowych o niedostępnym zbrojeniu,
 8. metalowych drzwiczek i osłon złączy osadzonych w ścianie z materiału nieprzewodzącego i nie połączonych z częściami przewodzącymi dostępnymi znajdującymi się wewnątrz tych złączy,
 9. innych części przewodzących dostępnych o małych wymiarach (nie przekraczających 50x50 mm) albo umieszczonych tak, że człowiek nie może ich uchwycić ani zetknąć się z nimi na większej powierzchni.

- 3.3.21. Linie elektroenergetyczne nN należy chronić przed przepięciami stosując ograniczniki przepięć.
- 3.3.22. W liniach napowietrznych z przewodami pełnoizolowanymi stosować ograniczniki przepięć przeznaczone do stosowania w tego rodzaju liniach.
- 3.3.23. Znamionowy prąd wyładowczy ograniczników przepięć powinien być nie mniejszy niż 5 kA
- 3.3.24. Napięcie znamionowe ograniczników przepięć powinno być nie mniejsze niż 500V dla sieci o napięciu znamionowym 230/400 V.
- 3.3.25. Linie elektroenergetyczne nN należy chronić od przepięć atmosferycznych w następujących przypadkach:
1. na krańcach linii napowietrznych oraz w taki sposób, aby na każde 0,5 km długości linii przypadał przynajmniej jeden komplet ograniczników,
 2. na krańcach linii kablowych, w miejscach przyłączenia do linii napowietrznych,
 3. w liniach nN zasilających bezpośrednio instalacje odbiorcze w budynkach użyteczności publicznej przeznaczonych dla dużej liczby osób oraz w budynkach przeznaczonych do gromadzenia znacznych ilości materiałów łatwopalnych lub wybuchowych,
 4. w miejscach połączenia linii z przewodami gołymi z linią wykonaną przewodami pełnoizolowanymi
- 3.3.26. W sieci elektroenergetycznej nN pracującej w układzie TN w ograniczniki należy wyposażyć przewody fazowe.
- 3.3.27. W sieci elektroenergetycznej nN pracującej w układzie TT w ograniczniki należy wyposażyć przewody fazowe i przewód neutralny. W miejscu gdzie przewód neutralny jest pewnie uziemiony nie jest konieczne stosowanie ogranicznika przepięć dla tego przewodu.
- 3.3.28. Rezystancja uziemienia ograniczników przepięć nie powinna przekraczać 10 Ω .
- 3.3.29. Uziemienie ograniczników przepięć powinno być wykonane w jako wspólne z uziemieniem przewodu PEN

4. Inne rozwiązania zasilania

4.1. Wymagania ogólne i podstawowe parametry

- 4.1.1. Do zasilania odbiorów nietrakcyjnych, w przypadkach uzasadnionych technicznie lub ekonomicznie, dopuszcza się stosowanie innych rozwiązań, takich jak przetwornice stacyjne 3 kV DC/0,4 kV AC, baterie słoneczne itp..
- 4.1.2. Niezależnie od zastosowanego rozwiązania napięcie wyjściowe powinno spełniać następujące wymagania:
1. Znamionowe napięcie wyjściowe U_N : 230 V AC lub 3x400 V AC
 2. Dopuszczalne zmiany wartości napięcia wyjściowego: $\pm 10\%$ (zgodnie z rozporządzeniem [17] i normą PN-EN 50160 [12])
 3. Znamionowa częstotliwość napięcia wyjściowego f_N : 50 Hz
 4. Dopuszczalne zmiany częstotliwości napięcia wejściowego: $\pm 1\%$ przez 95 % tygodnia; $+4\%$ / -6% przez 100 % tygodnia (zgodnie z rozporządzeniem [17] i normą PN-EN 50160 [12])
 5. Maksymalna wartość współczynnika THD napięcia wyjściowego, uwzględniający wyższe harmoniczne do rzędu 40: 8 % (zgodnie z rozporządzeniem [17] i normą PN-EN 50160 [12])
 6. Maksymalne wartości harmoniczných zgodnie z poniższą tablicą (zgodnie z rozporządzeniem [17])
 7. Dopuszczalne zmiany wartości napięcia między fazami oraz siecią główną: 5 % (zgodnie z pracą [6])
 8. Minimalna przeciążalność: 150 % przez 5 minut.
 9. Maksymalna wartość przepięć o częstotliwości sieciowej: $U_N + 250$ V dla $t > 5$ s; $U_N + 1200$ V dla $t < 5$ s (zgodnie z normą PN-IEC 60364 [16]).
 10. Kompatybilność elektromagnetyczna zgodnie normą PN-EN 50121-2 [10].

Tabela 1. Dopuszczalne wartości harmonicznych napięcia wyjściowego [17].

Rząd harmonicznej	Wartość względna napięcia w stosunku do składowej podstawowej [%]	Rząd harmonicznej	Wartość względna napięcia w stosunku do składowej podstawowej [%]	Rząd harmonicznej	Wartość względna napięcia w stosunku do składowej podstawowej [%]
2	2	11	3,5	20	0,5
3	5	12	0,5	21	0,5
4	1	13	3	22	0,5
5	6	14	0,5	23	1,5
6	0,5	15	0,5	24	0,5
7	5	16	0,5	25	1,5
8	0,5	17	2	>25	0,5
9	1,5	18	0,5		
10	0,5	19	1,5		

4.1.3. Przetwornice stacjonarne 3 kV DC/0,4 kV AC, oprócz parametrów określonych w punkcie 4.1.2., powinny posiadać następujące parametry:

1. Znamionowe napięcie wejściowe U_{WN} : 3kV DC
2. Dopuszczalne zmiany wartości napięcia wejściowego: 2000 –3900 V (zgodnie z normą PN-EN 50163 [13] oraz kartą UIC 550 [18])
3. Minimalna sprawność : η 85 %
4. Maksymalne napięcie zakłócające wprowadzane do górnej sieci trakcyjnej: 15 V
5. Maksymalne wartości zakłóceń generowanych do sieci powrotnej sieci trakcyjnej zgodnie z pracą CNTK [4].
6. Minimalna rezystancja izolacji dla warunków normalnej wilgotności/największej wilgotności względnej:
 - a) toru 3 kV względem elementów uziemionych i uszynionych: 20/4 M Ω ;
 - b) toru 3 kV względem obwodów 400 V 50 Hz, pomocniczych i sterowniczych: 20/4 M Ω ;
 - c) obwodów 400 V 50 Hz, pomocniczych i sterowniczych 110 V DC względem ziemi i wzajemnie: 10/1 M Ω ;
 - d) obwodów pomocniczych i sterowniczych 24 V DC względem ziemi i wzajemnie: 3/0,5 M Ω .
7. Wytrzymałość elektryczna izolacji:
 - a) toru 3 kV względem elementów uziemionych i uczynionych: 15 kV 50 Hz przez 60 s;

- b)) toru 3 kV względem obwodów 400 V 50 Hz, pomocniczych i sterowniczych: 15 kV 50 Hz przez 60 s;
- c) obwodów 400 V 50 Hz względem ziemi i wzajemnie: 3 kV 50 Hz przez 60 s;
- d) pomocniczych i sterowniczych względem ziemi i wzajemnie o napięciu 110 V i 24 V: 1 kV 50 Hz przez 60 s

4.1.4. Niezależnie od zastosowanego rozwiązania urządzenie powinno spełniać wymagania klimatyczne zgodne z normą PN-EN 60721-3-4 [14] dla klasy 4K2, przy:

- 1. zmianach temperatury otoczenia od -33°C do + 40°C,
- 2. zmianach wilgotności względnej powietrza od 15% do 100%,
- 3. zmianach ciśnienia atmosferycznego od 700 hPa do 1060 hPa,
- 4. wibracjach i uderzeniach określonych dla klasy 4M2:
 - a) amplituda przemieszczenia: 1,5 mm,
 - b) amplituda przyspieszenia: 5 m/s²,
 - c) przedziały częstotliwości: 2 ÷ 9 Hz i 9 ÷ 200 Hz,
 - d) widmo reakcji na uderzenie: typ I,
 - e) przyspieszenie szczytowe uderzenia: 40 m/s².

4.1.5. Urządzenia zasilające powinny być budowane jako słupowe lub budynkowe (kontenerowe).

4.2. Parametry funkcjonalne

4.2.1. Przetwornice stacjonarne 3 kV DC/0,4 kV AC powinny być wyposażone:

- 1. zabezpieczenie zwarciovie (wyłącznik szybki lub bezpiecznik),
- 2. odłącznik (w wykonaniu z wyłącznikiem szybkim) lub rozłącznik (w wykonaniu z bezpiecznikiem) umożliwiający zdalne i lokalne odłączenie przetwornicy od sieci trakcyjnej i zapewniający widoczną przerwę,
- 3. licznik energii elektrycznej prądu stałego,
- 4. baterię akumulatorów zapewniającą pracę obwodów pomocniczych (w tym licznika), co najmniej przez 14 dni oraz wykonanie minimum pięciu operacji łączeniowych przez wyłącznik i odłącznik lub rozłącznik,
- 5. zabezpieczenia przeciwprzepięciowe i przeciwporażeniowe,
- 6. rozdzielnicę niskonapięciową,
- 7. systemy umożliwiające włączenie przetwornicy w system zdalnego sterowania. Sterowanie zdalne może się odbywać za pomocą kabli teletechnicznych

w systemie cyfrowego sterowania zdalnego, radiowo w systemie GSM, GSM-R lub innym wybranym przez użytkownika.

4.2.2. Rozdzielnia niskiego napięcia powinna charakteryzować się:

1. liczbą obwodów wyjściowych zgodnie z lokalnymi potrzebami,
2. każdy z obwodów wyjściowych powinien posiadać zabezpieczenie zwarciorowe i przeciążeniowe,
3. stan zabezpieczeń powinien być możliwy do odczytu z miejsca oraz zdalnie z centrum sterowania,
4. podstawowe parametry rozdzielnic nN
 - a) napięcie znamionowe: 400 V,
 - b) napięcie znamionowe izolacji: 660 V,
 - c) znamionowy prąd ciągły:
 - 1) szyn zbiorczych: 1250/1600 A,
 - 2) pola przetwornicy: 1250/1600 A,
 - 3) pola liniowego (odpływowego): 400/630 A,
 - d) zwarciorowy znamionowy prąd 1-sek.: 16 kA,
 - e) zwarciorowy znamionowy prąd szczytowy: 35 kA.
5. w rozdzielnic nN powinny być umieszczone
 - a) wyświetlacz licznika energii elektrycznej,
 - b) panel komunikacyjny i sterowniczy rozdzielnic,
 - c) panel sterowniczo-diagnostyczny wyłącznika szybkiego (dotyczy stacji słupowych),
 - d) urządzenia sterownia zdalnego (opcjonalnie).

5. Pewność zasilania

- 5.1. Kolejowe odbiory elektroenergetyczne muszą mieć zapewniony odpowiedni poziom pewności zasilania, zależnie od charakteru odbioru i spełnianej funkcji.
- 5.2. Odbiory elektroenergetyczne na liniach kolejowych należy zasiląć podstawowo z linii potrzeb nietrakcyjnych (LPN). Zasilanie z LPN zapewnia standardowy poziom pewności zasilania. Linie potrzeb nietrakcyjnych zasilanych dwustronnie z dwóch podstawic trakcyjnych należy traktować jako dwie linie zasilające z dwóch różnych źródeł.
- 5.3. Stacyjne odbiory elektroenergetyczne związane z zapewnieniem bezpieczeństwa ruchu kolejowego wymagają zwiększonej pewności zasilania. Zwiększona pewność

zasilania powinna być uzyskana poprzez doprowadzenie linii zasilających, które powinny być zasilane niezależnie (np. z LPN i sieci operatora systemu dystrybucyjnego). Przełączanie linii zasilających powinno być realizowane za pośrednictwem SZR.

5.4. Zwiększonej pewności zasilania wymagają następujące odbiory:

1. centra sterowania LCS – w tym urządzenia łączności i teletransmisji, urządzenia sterowania ruchem kolejowym,
2. dworce kolejowe – w tym dźwigi towarowo-osobowych, urządzenia wentylacyjne w obiektach zamkniętych i podziemnych, schody i pochylnie ruchome, automaty biletowe, terminale opłat bezgotówkowych itp.
3. urządzenia wentylacyjne i bezpieczeństwa w magazynach substancji toksycznych, łatwopalnych, wybuchowych itp.

5.5. Obiory elektroenergetyczne, w których zainstalowane są urządzenia i systemy wpływające bezpośrednio na bezpieczeństwo ruchu kolejowego (np. LCS) powinny być dodatkowo wyposażone w stacjonarne agregaty prądotwórcze.

5.6. Dla urządzeń łączności i telekomunikacji oraz urządzeń sterowania ruchem kolejowym wpływających pośrednio na bezpieczeństwo ruchu kolejowego powinna być przewidziana możliwość podłączenia przewoźnego agregatu prądotwórczego.

5.7. Urządzenia wymagające zasilania bezprzerwowego muszą być wyposażone urządzenia podtrzymujące zasilanie (np. UPS) o wydajności energetycznej pozwalającej na pracę przez czas niezbędny do przywrócenie zasilania podstawowego bądź rezerwowego (jeżeli takie istnieje).

5.8. Dla zapewnienia odpowiedniego poziomu pewności zasilania i bezawaryjnej pracy urządzeń powinien być prowadzony w centrach sterowania monitoring zasilania obiektów i urządzeń.

6. Urządzenia elektrycznego ogrzewania rozjazdów

6.1. Wymagania ogólne i podstawowe parametry

Dla urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów zabudowywanych na liniach modernizowanych do prędkości $v_{\max} 200 \leq \text{km/h} / 250 \text{ km/h}$ nie przewiduje się dodatkowych wymagań. Wymagania dla systemów elektrycznego ogrzewania rozjazdów, dla szybkości 200–250 km/h nie różnią się od ogólnych wymagań dla urządzeń i systemów elektrycznego ogrzewania obowiązujących w PKP PLK S.A. Szczegółowe wymagania dotyczące elektrycznego ogrzewania rozjazdów przedstawione są w następujących dokumentach PKP PLK S.A.: [30], [31], [33], [34], [35], i [36].

6.2. Elementy konstrukcyjne rozjazdów, wymagające ogrzewania w warunkach zimowych.

W zależności od typu rozjazdu, w warunkach zimowych ogrzewane powinny być następujące elementy konstrukcyjne rozjazdu:

- 6.2.1. opornice zwrotnicy rozjazdu na długości ruchomej części iglicy,
- 6.2.2. zamknięcia nastawcze,
- 6.2.3. krzyżownice z ruchomym dziobem
- 6.2.4. kanały podzamknięciowe, podrozjazdnice zespolone,
- 6.2.5. inne elementy wg wymagań konstrukcyjnych rozjazdu.

Dobór i rozmieszczenie grzejników w rozjazdach podany jest w Kartach eor , stanowiących załącznik nr 1 do „Wytocznych projektowania urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów - tom 1”.

6.2.1. Ogrzewanie opornic rozjazdu.

W celu wytopienia śniegu i oblodzeń w rozjeździe, musi być ogrzewana przestrzeń pomiędzy opornicą a iglicą na całej długości ruchomej części iglicy oraz wszystkie płyty ślizgowe.

Do ogrzewania służą grzejniki opornicowe przytwierdzone do stopki opornicy i stykające się z płytami ślizgowymi.

6.2.2. Ogrzewanie zamknięć nastawczych.

Ogrzewanie zamknięć nastawczych realizuje się za pomocą grzejników dostosowanych do typu zamknięcia nastawczego. Najczęściej stosowanym zamknięciem nastawczym jest zamknięcie suwakowe. Ogrzewanie realizowane jest za pomocą grzejników zamknięciowych podporokowych, mocowanych do spodniej powierzchni opórki zamknięcia lub grzejników montowanych wewnątrz suwaka.

W niektórych typach zamknięć stosowane mogą być grzejniki specjalne, dostosowane do typów zamknięć i dostarczane wraz z rozjazdem przez producenta rozjazdów.

6.2.3. Ogrzewanie kanałów podzamknięciowych i podrozjazdnic zespolonych.

Spód kanału, osłony zamknięć lub podrozjazdnic zespolonych powinien być ogrzewany w celu wytopienia śniegu. Ogrzewanie to realizowane może być za pomocą płyt grzewczych lub innych elementów grzewczych, umieszczonych na dnie kanału, lub podrozjazdnicy zespolonej.

6.2.4. Ogrzewanie krzyżownic z ruchomym dziobem.

W celu wytopienia śniegu i oblodzeń w tego typu rozjeździe, ogrzewana musi być przestrzeń pomiędzy dziobem iglicy a szynami skrzydłowymi oraz płyty ślizgowe. Ogrzewanie to realizowane jest za pomocą płaskoowalnych, prętowych, grzejników krzyżownicowych, przytwierdzanych do szyn skrzydłowych lub dzioba krzyżownicy. Ponadto ogrzewane mogą być zamknięcia nastawcze i kanały podzamknięciowe krzyżownicy wg zasad opisanych w p.6.2.2. i 6.2.3.

6.2.5. Ogrzewanie innych elementów rozjazdu.

W niektórych typach rozjazdów, niezbędne jest ogrzewanie innych newralgicznych elementów rozjazdu, takich jak płyty ślizgowe w zwrotnicy i krzyżownicy oraz kontrolery położenia iglic. Ogrzewanie to realizowane jest za pomocą grzejników specjalnych dostarczanych przez producenta rozjazdów wraz z rozjazdem.

6.3. Ogólna charakterystyka urządzeń eor

6.3.1. Podział urządzeń eor pod względem funkcjonalnym

W urządzeniach eor wyróżnić można zasadnicze warstwy:

- warstwa urządzeń wykonawczych,
- warstwa urządzeń zasilających,
- warstwa urządzeń sterowniczych,
- warstwa komunikacji systemu

6.4. Urządzenia wykonawcze eor

Do warstwy urządzeń wykonawczych eor zalicza się:

- grzejniki eor,
- uchwyty grzejników.

6.4.1. Grzejniki eor

Ze względu na przeznaczenie, grzejniki eor można podzielić na:

- grzejniki do ogrzewania opornic zwrotnicy (grzejniki opornicowe),
- grzejniki do ogrzewania zamknięć nastawczych (grzejniki zamknięciowe),
- grzejniki do ogrzewania krzyżownic z ruchomym dziobem (grzejniki krzyżownicowe),
- płyty grzewcze do ogrzewania, kanałów podzamknięciowych oraz podrozjazdnic zespolonych,

- grzejniki specjalne do ogrzewania innych istotnych elementów rozjazdów - zależnie od konstrukcji rozjazdu (grzejniki podsiodelkowe, do ogrzewania kontrolerów itp.).

Grzejnik eor mogą być zasilane napięciem 230V AC lub 24V AC.

Moce i długości grzejników przedstawiono w tablicy 2.

Tabela 2. Moce i długości grzejników eor

Lp.	Rodzaj grzejnika	Napięcie zasilania	Moc znamionowa	Długość
1	Opornicowy	230 V	900 W	2800 mm
2	Opornicowy	230 V	1050 W	3300 mm
3	Opornicowy	230 V	1250 W	3800 mm
4	Opornicowy	230 V	1600 W	4800 mm
5	Krzyżownicowy	230 V	600 W	1680 mm
6	Krzyżownicowy	230 V	900 W	2380 mm
7	Krzyżownicowy	230 V	1300 W	3300 mm
8	Krzyżownicowy	230 V	1600 W	4100 mm
9	Płyty grzewcze	230 V	500 W	270 x 1200 mm
10	Zamknięciowy podopórkowy	24 V	100 W	
11	Zamknięciowy wewnętrzny	24 V	50 W	300 mm

Szczegółowy opis budowy grzejników, przedstawiony jest w „Wytocznych projektowania urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów Tom 1 - Dobór grzejników, projektowanie instalacji torowych i przytorowych” – PKP PLK S.A., 2009r. oraz w Dokumencie Normatywny 01-8/ET/2008 „Grzejniki do elektrycznego ogrzewania rozjazdów” - PKP PLK S.A., 2008r.

6.4.2. Uchwyty dociskowe eor

W zależności od rodzaju ogrzewania stosowane są uchwyty dociskowe grzejników opornicowych, krzyżownicowych i zamknięciowych oraz uchwyty przeciwpelzne. Wymagania konstrukcyjne dla ww. uchwytów przedstawione są w „Wytocznych projektowania urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów Tom 1” [30] oraz Dokumencie Normatywnym 01-9/ET/2008 „Uchwyty grzejników eor” [35].

6.5. Urządzenia zasilające eor

6.5.1. Transformatory eor

Transformatory eor przeznaczone są do zasilania grzejników zainstalowanych w rozjeździe. Zadaniem transformatorów eor jest ochrona personelu obsługi technicznej i utrzymania

przed porażeniem ze strony napięcia 230 V, separacja obwodów zasilających od przepływu prądów błędnych w warunkach normalnych oraz zapobieżenie wyniesienia potencjału 3kV DC poza strefę oddziaływania sieci trakcyjnej w warunkach zakłóceń. Stosowanie transformatorów eor zapewnia też poprawną pracę dla obwodów torowych. Transformatory eor umieszczane są w skrzyniach transformatorowych eor.

Skrzynie transformatorowe eor powinny być wykonane z tworzyw sztucznych, tj. z materiałów nieprzewodzących, które nie wymagają zastosowania uszynienia.

W zależności od potrzeb, do zasilania grzejników eor, stosowane mogą być transformatory o przekładniach: 400 V/230 V, 230 V/230 V, 400 V/24 V, 230 V/24 V i mocach od 150 VA do 300 VA (dla transformatorów 400 V/24 V i 230 V/24 V, zasilających grzejniki zamknięć nastawczych) oraz od 2500 VA do 4600 VA (dla transformatorów 400 V/230 V i 230 V/230 V, zasilających grzejniki opornicowe, krzyżownicowe i płyty grzewcze).

Szczegółowe wymagania dla transformatorów eor i skrzyń transformatorowych przedstawione są w „Wytocznych projektowania urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów Tom 1” oraz w Dokumencie Normatywnym 01-7/ET/2008.

6.5.2. Szafy rozdzielcze eor

Szafy rozdzielcze eor służą do zasilania skrzyń transformatorowych eor. Zasilanie szaf rozdzielczych powinno być wykonane w układzie sieciowym TT.

Obudowa szafy rozdzielczej eor powinna być wykonana tworzywa sztucznego, wandaloodpornego, odpornego na działanie promieniowania UV, pokrytego powłoką pozwalającą na łatwe zmywanie graffiti. W nowych urządzeniach eor nie dopuszcza się do stosowania szaf rozdzielczych eor wykonanych z metalu.

Wyposażenie szafy rozdzielczej eor powinno stanowić:

- a) główny wyłącznik,
- b) zabezpieczenia nadmiarowo-prądowe,
- c) wyłączniki różnicowoprądowe,
- d) styczniki,
- e) łączniki warstwowe,
- f) lampki sygnalizacyjne,
- g) przyciski sterownicze,
- h) układy pomiaru energii elektrycznej,
- i) sterownik eor,
- j) liczniki czasu pracy,
- k) gniazda serwisowe,

- l) grzejnik ogrzewania szafy,
- m) inne wg potrzeb.

Układy sterowania znajdujące się w szafie rozdzielczej eor powinny umożliwiać załączanie i wyłączanie poszczególnych obwodów grzewczych. Obwody zasilają jedną lub więcej skrzyń transformatorowych.

Obwody grzewcze powinny być zaprojektowane w taki sposób, aby możliwe było włączanie i wyłączanie ogrzewania grup rozjazdów lub pojedynczych rozjazdów odpowiednio do potrzeb sytuacji ruchowej.

Szafa rozdzielcza eor powinna od strony sieci zasilającej być wyposażona w układy ochrony przepięciowej klasy C.

Dopuszczalna długość przewodów w obwodach separowanych, tzn. od transformatora separacyjnego do grzejników nie powinna przekraczać 430 m w pętli.

Podstawowym trybem sterowania powinien być tryb automatyczny, realizowany przez sterownik pogodowy, w zależności od warunków atmosferycznych.

Układ sterowania powinien umożliwiać przejście na sterowanie ręczne:

- z szafy eor (dostępne tylko dla uprawnionych pracowników),
- z pulpitu dyżurnego ruchu,
- zdalnie z LCS.

Szczegółowe wymagania dla szaf rozdzielczych eor przedstawione są w „*Wytocznych projektowania urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów Tom 1*” oraz w Dokumencie Normatywnym 01-6/ET/2008.

6.6. Urządzenia sterowania eor

Do urządzeń sterowniczych eor zalicza się:

- sterownik eor w szafie rozdzielczej,
- czujniki sterownika eor,
- pulpit operatora

6.6.1. Sterownik eor

Sterownik eor realizuje następujące funkcje:

- a) sterowanie ogrzewaniem poszczególnych rozjazdów w trybie ręcznym lub zdalnym (z nastawni lub LSC) oraz automatycznym, w zależności od warunków atmosferycznych:

- niezależne sterowanie ogrzewaniem opornic i zamknięć nastawczych,
 - załączanie ogrzewania opornic przy opadach śniegu,
 - załączanie ogrzewania opornic przy nawiewaniu śniegu przez pociągi i wiatr
 - załączanie ogrzewania opornic przy opadach deszczu marznącego,
 - załączanie ogrzewania opornic bez opadów podczas dużych mrozów,
 - wyłączania ogrzewania opornic po ustaniu opadów lub uzyskaniu przez opornicę rozjazdu ustawionej temperatury wyłączenia,
 - załączania ogrzewania zamknięć nastawczych przy spadku temperatury poniżej 0°C,
 - wyłączania ogrzewania zamknięć nastawczych w temperaturze powyżej 0°C,
 - sterownik nie powinien załączać ogrzewania przy opadach deszczu niemarznącego.
- b) pomiary parametrów elektrycznych,
- c) pomiar mocy poszczególnych obwodów,
- d) pomiar pobranej energii przez ogrzewanie rozjazdów,
- e) pomiary czasów pracy eor – oddzielnie dla ogrzewania opornic i zamknięć (w różnych trybach),
- f) komunikację z nadrzędnym systemem sterowania,
- g) diagnostykę podległych urządzeń eor,
- h) komunikację z nadrzędnym sterownikiem nadzoru i obsługi eor,
- i) komunikację z lokalnymi sterownikami w innych szafach rozdzielczych eor,
- j) archiwizację zdarzeń,
- k) inne, wg potrzeb.

6.6.2. Czujniki sterownika eor

Sterownik eor powinien być wyposażony w następujące czujniki:

- czujnik temperatury szyny ogrzewanej,
- czujnik temperatury szyny nieogrzewanej,
- czujnik śniegu nawiewanego,
- czujnik wilgoci.

Szczegółowe wymagania dla czujników przedstawione są w „Wytocznych projektowania urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów Tom 1” oraz w Dokumencie Normatywnym 01-6/ET/2008.

6.6.3. Pulpit operatora

Pulpit operatora powinien umożliwiać zbieranie informacji i obsługę kilku szaf rozdzielczych eor pracujących w kontrolowanym rejonie ogrzewania rozjazdów. Powinien umożliwiać załączanie i wyłączanie grup rozjazdów i pojedynczych rozjazdów, zarówno w trybie ręcznym jak i automatycznym. Pulpit operatora może być wykonany na bazie monitora z klawiaturą ekranową dotykową lub małogabarytowego monitora ekranowego współpracującego z uproszczoną klawiaturą membranową. Informacje zawarte w pamięci pulpitu powinny być łatwo dostępne dla obsługi.

6.7. Monitoring i komunikacja w systemach eor

Systemy eor powinny być wyposażone w monitoring i sterowanie zdalne. Wymagany zakres przesyłania danych przedstawiono w tablicy 3. Tabela 3. Wymagany zakres przesyłania danych – informacje do zobrazowania na stanowisku dyspozytorskim w LCS

Tabela 3. Wymagany zakres przesyłania danych informacje do zobrazowania na stanowisku dyspozytorskim w LCS

Lp.	Informacja	Atrybut	Uwagi
1.	Napięcia fazowe i międzyfazowe	bieżące	
2.	Stan pracy eor w poszczególnych obwodach (ZAŁ/WYL)	bieżąca	data, godzina
3.	Temperatura szyny ogrzewanej	bieżąca	
4.	Temperatura szyny nieogrzewanej	bieżąca	
5.	Temperatura zamknięcia	bieżąca	opcjonalnie
6.	Wykrycie śniegu przez czujnik śniegu naw.	bieżąca	
7.	Wykrycie wilgoci przez czujnik wilgoci.	bieżąca	
8.	Próg (temperatura) ZAŁĄCZANIA szyny ogrzewanej przy opadach/nawiewie śniegu	bieżący/arch	
9.	Próg (temperatura) WYŁĄCZANIA szyny ogrzewanej przy opadach/nawiewie śniegu	bieżący/arch	
10.	Próg (temperatura) ZAŁĄCZANIA szyny ogrzewanej przy opadach/nawiewie deszczu marznącego	bieżący/arch	
11.	Próg (temperatura) WYŁĄCZANIA szyny ogrzewanej przy opadach/nawiewie deszczu marznącego	bieżący/arch	
12.	Próg (temperatura) ZAŁĄCZANIA szyny ogrzewanej bez opadów	bieżący/arch	
13.	Próg (temperatura) WYŁĄCZANIA szyny ogrzewanej bez opadów	bieżący/arch	
14.	Próg (temperatura) ZAŁĄCZANIA szyny nieogrzewanej przy opadach/nawiewie śniegu	bieżący/arch	
15.	Próg (temperatura) WYŁĄCZANIA szyny nieogrzewanej przy opadach/nawiewie śniegu	bieżący/arch	
16.	Próg (temperatura) ZAŁĄCZANIA szyny nieogrzewanej przy opadach/nawiewie deszczu marznącego	bieżący/arch	
17.	Próg (temperatura) WYŁĄCZANIA szyny nieogrzewanej przy opadach/nawiewie deszczu marznącego	bieżący/arch	
18.	Próg (temperatura) ZAŁĄCZANIA szyny nieogrzewanej bez opadów	bieżący/arch	
19.	Próg (temperatura) WYŁĄCZANIA szyny nieogrzewanej bez opadów	bieżący/arch	
20.	Próg (temperatura) ZAŁĄCZANIA zamknięć nastawczych (temperatura szyny nieogrzewanej lub temperatura zamknięcia)	bieżący/arch	

Lp.	Informacja	Atrybut	Uwagi
21.	Próg (temperatura) WYŁĄCZANIA zamknięć nastawczych (temperatura szyny nieogrzewanej lub temperatura zamknięcia)	bieżący/arch	
22.	Limit czasu ogrzewania przy załączeniu ręcznym	bieżący/arch	
23.	Moce pobierane w poszczególnych obwodach	bieżące	
24.	Wartość mocy nominalnej w obwodach (zainstalowanej)	bieżący/arch	
25.	Dopuszczalna tolerancja (histereza) mocy w obwodach	bieżący/arch	
26.	Trybu pracy AUTOMAT/RĘCZNY	bieżący/arch	data, godzina
27.	Stan obwodów eor w trybie ręcznym (ZAL/WYL)	bieżący/arch	data, godzina
28.	Stan obwodów eor w trybie automatycznym (ZAL/WYL)	bieżący/arch	data, godzina
29.	Kasowanie wskazań liczników i archiwizacji zdarzeń	bieżący/arch	data, godzina
30.	Rejestracja zdarzeń i awarii	archiwizowana	data i godzina
31.	Rejestracja napięć	archiwizowana	
32.	Rejestracja mocy	archiwizowana	
33.	Rejestracja temperatur	archiwizowana	
34.	Rejestracja energii	archiwizowana	1 raz na dobę
35.	Czas załączenia obwodów w trybie ręcznym	archiwizowana	
36.	Czas załączenia obwodów w trybie automatycznym	archiwizowana	
37.	Sygnalizacja otwarcia (włamania) szaf rozdzielczych eor	bieżący/arch	
38.	Sygnalizacja otwarcia (włamania) skrzyń transformatorowych eor	bieżący/arch	

Jako standard referencyjny przyjęte zostało rozwiązanie CAN-Bus/RS485 z protokołem PPM2 lub DIMaC-EK, lub inny, zapewniający kompatybilność systemów.

Instalacje oddane do użytku przed wejściem w życie tych wymagań, w przypadku integracji (rozszerzania) mogą być dostosowywane do standardu poprzez konwerter na poziomie sterownika nadrzędnego (czyli cała sieć urządzeń poprzez jeden konwerter).

Instalacje nowoprojektowane, powinny być dostosowywane do standardu na poziomie pojedynczych urządzeń (czyli każde urządzenie podłączone do sieci powinno być wyposażone w znormalizowany interfejs).

W przypadku niemożliwości realizacji jednej sieci w ramach standardu z powodu zbyt rozległej stacji lub zbyt dużej liczby urządzeń, dopuszcza się zastosowanie rozwiązań hybrydowych, przy zachowaniu struktury i znaczenia przesyłanych danych tak, by na poziomie sterownika nadrzędnego uzyskać wymagane informacje z urządzeń.

Szczegółowe wymagania dotyczące komunikacji w systemach eor zawarte są w „Wytocznych projektowania urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów. Tom 2 - Komunikacja w systemach eor” – PKP PLK S.A., 2009r.

6.7.1. Sposoby poprawienia efektywności ogrzewania rozjazdów

Celem zwiększenia efektywności ogrzewania rozjazdów i poprawienia skuteczności pracy rozjazdów w warunkach zimowych, w rozjazdach zaleca się stosowanie otulin termoizolujących i termoprzewodzących.

6.7.2. Inne systemy ogrzewania rozjazdów.

Na liniach modernizowanych do prędkości $v_{\max} \leq 200 \text{ km/h}$ / 250 km/h , stosowanie innych systemów ogrzewania, np. gazowych lub wodnych obiegowych, jest możliwe pod warunkiem, że posiadają one stosowane dopuszczenia do stosowania, oraz po wykonaniu analizy możliwości ich zabudowy w rozjazdach o promieniach $R > 500\text{m}$ stosowanych na liniach szybkich. Szczególnie dotyczy to rozjazdów z ruchomym dziobem krzyżownicy.

6.8. Ochrona przeciwporażeniowa.

Dla ochrony przed:

- wyniesieniem napięcia trakcyjnego 3kV poza stref oddziaływania sieci trakcyjnej,
- przepływem prądów błędnych przewodami sieci zasilającej o napięciu 230 V,
- porażeniem personelu obsługi technicznej i utrzymania urządzeń w rozjazdach kolejowych ze strony napięcia 230 V,

grzejniki eor muszą być zasilane poprzez odpowiednie transformatory eor. Stosowanie transformatorów eor do zasilania grzejników eor jest obligatoryjne.

Na liniach niezelektryfikowanych można niestosować transformatorów separacyjnych eor, a zamiast nich jako ochronę od porażen zastosować szybkie wyłączenie napięcia (wyłączniki różnicowoprądowe). Jest to możliwe po dokonaniu eksperckiej analizy urządzeń srk zastosowanych na danej stacji oraz uzyskaniu pozytywnej opinii o możliwości rezygnacji z transformatorów separacyjnych eor. Decyzję o odstąpieniu od stosowania transformatorów eor podejmuje kierownik jednostki organizacyjnej PKP PLK S.A., na terenie którego będą instalowane urządzenia eor.

Obwody wtórne transformatorów separacyjnych i ochronnych galwanicznie separowane, nie wymagają stosowania dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej.

Obudowy metalowe urządzeń przytorowych eor znajdujące się w odległości mniejszej niż 5 metrów od osi toru zelektryfikowanego powinny być uszynione w następujący sposób:

- bezpośrednio – jeżeli metalowa obudowa jest izolowana od ziemi,
- pośrednio – jeżeli metalowa obudowa ma połączenie z ziemią (uszynienie otwarte np. za pośrednictwem urządzenia ograniczającego napięcie).

Obudowy metalowe urządzeń eor znajdujące się w strefie większej niż 5 metrów od osi toru zelektryfikowanego oraz obudowy niemetalowe (izolacyjne) urządzeń eor niezależnie od odległości od toru zelektryfikowanego, nie wymagają uszynień.

W obwodach zasilających szaf rozdzielczych eor zaleca się stosowanie ochrony przeciwporażeniowej poprzez samoczynne wyłączenie napięcia zasilania w układzie sieciowym TT z zastosowaniem wyłączników różnicowo-prądowych.

Płaszczce grzejników leżących na tym samym toku szynowym sprowadza się do tego samego potencjału łącząc przewody ochronne pancerza grzejników w puszcze połączeniowej, lub w skrzyni transformatorowej do przeznaczonego w tym celu zacisku. Wspólnego zacisku nie uszyna się ani nie uziemia.

7. Oświetlenie zewnętrzne

7.1. Wymagania ogólne i podstawowe parametry

- 7.1.1. Wymagania dotyczą zasad oświetlenia zewnętrznych terenów i obiektów kolejowych, administrowanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. nie obejmują oświetlenia pomieszczeń w budynkach.
- 7.1.2. Wymagania obejmują:
 - 1. oświetlenie torowisk i rozjazdów,
 - 2. oświetlenie peronów i ciągów komunikacyjnych,
 - 3. oświetlenie ramp i placów ładunkowych,
 - 4. oświetlenie przejazdów i przejść przez tory.
- 7.1.3. Wymagania dotyczące oświetlania zewnętrznych terenów wynikają z potrzeby zachowania bezpieczeństwa ruchu kolejowego.
- 7.1.4. Oświetlenie terenu kolejowego nie powinno negatywnie wpływać na warunki obserwacji szlaku przez prowadzących pociągi. Prowadzący nie może doznawać olśnienia przy zbliżaniu się do terenu oświetlonego oraz nie może mieć ograniczonej widoczności i rozpoznania sygnalizatorów świetlnych.
- 7.1.5. Zachowanie bezpieczeństwa ruchu kolejowego pod względem prawidłowego oświetlenia terenów kolejowych wymaga stosowania opraw oświetleniowych spełniających wymagania określone przez Centralę Spółki PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
- 7.1.6. Rozwiązania oświetleniowe terenów kolejowych powinny cechować się zasadą minimalizacji zużycia energii elektrycznej. Gospodarka energią świetlną, rozumiana jako kierowanie strumienia świetlnego głównie na powierzchnie wymagające

oświetlenia, oraz czas świecenia powinny być jak najbardziej racjonalne. Z powyższego wynika potrzeba doboru właściwej wysokości słupów oświetleniowych, ich rozmieszczenia, doboru opraw, a także odpowiednio funkcjonalnego podziału zasilających obwodów oświetleniowych, z zastosowaniem odpowiedniej aparatury i systemu nadzoru czasu świecenia.

- 7.1.7. Każde rozwiązanie oświetlenia terenu kolejowego na etapie projektowania powinno być poparte analizą ekonomiczną. W analizie należy rozpatrzyć kilka wersji rozwiązań oświetleniowych i przyjąć wersję optymalną. Przy ocenie efektu ekonomicznego należy uwzględnić koszty inwestycyjne oraz koszty eksploatacji w całym okresie użytkowania oświetlenia.
- 7.1.8. Oprawy oświetleniowe oraz ich konstrukcje wsporcze powinny cechować się dużą trwałością i niezmiennością parametrów w długim przedziale czasu. Powinny być odporne na niszczące działanie warunków atmosferycznych.
- 7.1.9. Oświetlenie terenu kolejowego powinno zapewniać normatywne parametry w zakresie natężenia i równomierności świecenia oraz nie powinno powodować olśnienia osób.

7.2. Charakterystyka urządzeń oświetlenia zewnętrznego

7.2.1. Źródła światła

7.2.1.1. Do oświetlenia zewnętrznego terenów kolejowych powinny być stosowane źródła światła o parametrach zapewniających najkorzystniejsze warunki postrzegania i rozpoznawania obiektów. Powinny to być źródła charakteryzujące się wysoką skutecznością świetlną i wysokim wskaźnikiem oddawania barw oraz znaczną trwałością eksploatacyjną. Powinny zatem być stosowane:

1. lampy wyładowcze sodowe wysokoprężne (tereny otwarte);
2. lampy wyładowcze metalohalogenkowe (tereny otwarte, gdy wymagana jest wysoka rozróżnialność barw);
3. świetlówki liniowe (zadaszone perony, przejścia podziemne i tunele).
4. diody świecące LED.

Stosowanie innych rodzajów źródeł światła wymaga uzasadnienia. Obiekty kolejowe w danym obszarze powinny być oświetlane lampami o zbliżonej temperaturze barwowej (T_c).

7.2.2. Oprawy oświetleniowe

7.2.2.1. Oprawy oświetleniowe służą do zamocowania źródeł światła, ich zasilania i zabezpieczenia przed niepożądanym działaniem środowiska, przestrzennego ukształtowania w pożądaný sposób strumienia świetlnego, ochrony otoczenia przed zbędnym rozsyłem światła.

7.2.2.2. Oprawy oświetleniowe przeznaczone do oświetlania zewnętrznych terenów i obiektów kolejowych muszą spełniać niżej określone wymagania:

1) oprawy montowane (podstawowo) na słupach:

- a. napięcie znamionowe – 230V, 50 Hz,
- b. klasa ochronności – II,
- c. stopień ochrony dla komory układu optycznego i komory osprzętu elektrycznego IP $\geq$ 65,
- d. symetryczna bryła fotometryczna w płaszczyźnie C0-C180 z maksimum światłości zawarte pomiędzy kątami 60°a 80°; powyżej kąta 80° światłość oprawy powinna być bliska zeru; pod kątem 90° oprawa nie powinna wysyłać strumienia świetlnego,
- e. sprawność świetlna $\geq$ 70 %,
- f. uchwyt montażowy umożliwiający mocowanie oprawy bezpośrednio na topie słupa lub na poziomym wysięgniku o średnicy 42 ÷ 60 mm; zakres regulacji położenia uchwytu w granicach:
 - od 0° do -15° przy montażu oprawy na poziomym wysięgniku;
 - od 0° do +15° przy montażu oprawy na topie słupa.
- g. obudowa oprawy wykonana z aluminium, w technologii ciśnieniowego odlewania,
- h. klosz płaski wykonany z hartowanego szkła; klasa wytrzymałości opraw na uderzenia IK $\geq$ 08,
- i. odbłyśnik aluminiowy jednoczęściowy, anodyzowany, dostosowany do tubularnych źródeł światła,
- j. osprzęt elektryczny umieszczony na płycie montażowej wykonanej w formie modułu przystosowanego do montażu i demontażu bez użycia narzędzi,
- k. otwierane elementy oprawy połączone z korpusem nie rozłącznymi zawiasami,
- l. otwieranie i zamykanie oprawy bez użycia narzędzi, za pomocą jednego zaczepu (klamry, klipsa) połączonego trwale z oprawą,

- m. element oprawy otwierany do góry nie może zamykać się samoczynnie po jego pełnym otwarciu (np. kąt otwarcia powyżej 90° albo blokada działająca samoczynnie po otwarciu),
- n. wymiana źródła światła możliwa bez użycia narzędzi,
- o. kolor obudowy oprawy szary (według katalogu RAL – 7035),
- p. źródło światła – lampa sodowa wysokoprężna tubularna.

b) oprawy naświetlaczy

- a. napięcie znamionowe: 230V, 50 Hz,
- b. klasa ochronności – I,
- c. sprawność świetlna oprawy $\geq 75\%$,
- d. maksymalna światłość:
 - w płaszczyźnie optycznej C0 ÷ C180 w zakresie kąta od 0° do 60°, maksymalny kąt odcięcia światła 80°,
 - w płaszczyźnie optycznej C90 ÷ C270 w zakresie kątów od -20° do +20°,
- e. obudowa aluminiowa,
- f. stopień ochrony obudowy dla komory układu optycznego i komory osprzętu elektrycznego IP ≥ 65 ,
- g. klosz płaski wykonany z hartowanego szkła; wytrzymałość na uderzenia IK ≥ 06 , ramka klosza połączona z korpusem oprawy nierozłącznymi zawiasami,
- h. uchwyt montażowy umożliwiający płynną regulację kąta nachylenia opraw w zakresie kątów od 0° do 90°,
- i. źródło światła – tubularna lampa sodowa wysokoprężna.

c) oprawy świetlówkowe

- a. napięcie znamionowe – 230V, 50 Hz
- b. klasa ochronności – I lub II,
- c. sprawność świetlna oprawy $\geq 65\%$,
- d. stopień ochrony obudowy IP ≥ 65 ,
- e. stopień ochrony obudowy IK ≥ 08 ,
- f. oprawy wyposażone w elektroniczny układ zapłonowy,
- g. obudowa oprawy z tworzywa sztucznego lub z metalu wyposażona w lustrzany odbłyśnik,
- h. klosz z poliwęglanu o wysokiej odporności na działanie promieniowania UV lub ze szkła hartowanego – przeźroczysty,

- i. klosz trwale zintegrowany z obudową lub mocowany zamknięciem zatraskowym albo zaczepami ze stali nierdzewnej połączonymi na stałe z oprawą,
- j. oprawa wyposażona w zaczepy wykonane ze stali nierdzewnej, umożliwiające montaż oprawy do podłoża,
- k. kolor obudowy oprawy szary.

7.2.3. Konstrukcje wsporcze

7.2.3.1. jako konstrukcje wsporcze oświetlenia należy stosować:

- a. słupy metalowe,
- b. słupy strunobetonowe wirowane,
- c. inne słupy spełniające wymagania określone przez Centralę PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.,
- d. maszty z opuszczaną koroną,
- e. konstrukcje obiektów kolejowych umożliwiającym montaż opraw oświetleniowych (budynki, budowle, wieże).

7.2.3.2. Konstrukcje wsporcze powinny wytrzymywać obciążenie masy własnej, wysięgników wraz z oprawami oświetleniowymi, siły parcia wiatru oraz wibracji od pojazdów trakcyjnych. Obciążalność konstrukcji powinna być zgodna z wymaganiami podanymi w normie [21].

7.2.3.3. Metalowe konstrukcje wsporcze powinny być osadzone na betonowych fundamentach. Mocowanie konstrukcji do fundamentów powinno być wykonane przy użyciu elementów (śrub) ze stali nierdzewnej. Zaleca się, aby metalowe konstrukcje wsporcze przeznaczone do stosowania na peronach (trudno dostępnych) były wyposażone w stopę z zawiasem lub inne rozwiązanie konstrukcyjne ułatwiające utrzymanie oświetlenia.

7.2.3.4. Konstrukcje wsporcze metalowe powinny być zabezpieczone przed korozją cynkowaniem na gorąco. Dodatkowym zabezpieczeniem może być malowanie ocynkowanych konstrukcji farbami do powierzchni cynkowych. Kolor pokryć szary według katalogu RAL – 7035.

7.2.3.5. Słupy strunobetonowe wirowane nie wymagają pokryć, ich powierzchnia powinna być jednorodna, czysta i gładka, bez pęknięć i ubytków.

7.2.3.6. Podstawowe parametry techniczne słupów oświetleniowych powinny być zgodne z ustaleniami normy [21].

7.2.4. Linie zasilające urządzenia oświetleniowe

- 7.2.4.1. Zasilanie z rozdzielni niskiego napięcia do rozdzielnic oświetleniowej i poszczególnych złączy w konstrukcjach wsporczych powinno być doprowadzone linią kablową lub w szczególnym przypadku napowietrzną linią zasilającą.
- 7.2.4.2. Linie zasilające powinny przebiegać w obrębie terenu kolejowego.
- 7.2.4.3. Linie zasilające powinny być zaprojektowane i wykonane zgodnie z wymaganiami odpowiednich norm i przepisów dotyczących linii kablowych lub napowietrznych nN

7.3. Oświetlenie obiektów kolejowych

Wymagania oświetleniowe obiektów kolejowych dotyczą zaleceń w zakresie natężeń oświetlenia - E_m , równomierności oświetlenia - U_o i U_d , ujednoliconego wskaźnika ośnienia - GR_i oraz wskaźnika oddawania barw – R_a . Wymagania określone zostały w normie PN-EN 12464-2:2008 [20].

7.3.1. Oświetlenie peronów

- 7.3.1.1. Do oświetlenia peronów otwartych należy podstawowo używać opraw oświetleniowych z lampami sodowymi wysokoprężnymi montowanymi na słupach posadowionych w nawierzchni peronu.
- 7.3.1.2. Wysokość słupów oświetleniowych i liczba opraw na słupie powinna być uzależniona od szerokości oświetlanego peronu.
- 7.3.1.3. Oprawy oświetleniowe powinny być montowane w taki sposób, aby płaszczyzna oprawy C0-C180 była równoległa do krawędzi peronu, a klosz oprawy usytuowany do poziomu pod kątem od 0° do 5° ,
- 7.3.1.4. Oświetlenie peronów pod wiatami powinno być realizowane z użyciem opraw ze świetłówkami liniowymi. Oprawy świetłówkowe powinny być mocowane na konstrukcji wiaty równolegle do krawędzi peronu.

Przy wykonywaniu oświetlania peronów należy:

- 1. zwrócić szczególną uwagę na właściwe oświetlenie krawędzi peronu,
 - 2. zachować podobieństwo barwy światła przy stosowaniu źródeł różnych typów.
- 7.3.1.5. Sterowanie pracą obwodów oświetleniowych każdego peronu z osobna powinno być automatyczne za pomocą sterowników zmierzchowych i zegarów astronomicznych.

- 7.3.1.6. Redukcja mocy oświetleniowej na peronach powinna być stosowana w nocnej przerwie ruchu pociągów oraz w dłuższych przerwach między pociągami.
- 7.3.1.7. Natężenie oświetlenia na peronach powinno być uzależnione od rodzaju peronu i rodzaju pociągów. Wymagane wartości parametrów oświetlenia dla peronów kolejowych podaje norma [20].

7.3.2. Oświetlenie przejść podziemnych

- 7.3.2.1. Przejścia podziemne powinny być oświetlone oprawami ze świetłówkami liniowymi w wykonaniu wandaloodpornym, o odporności na uderzenia energii powyżej 30J. Oprawy powinny one być montowane w miejscach utrudniających dewastację ale zapewniających prawidłowe oświetlenie. Zaleca się, aby oprawy były zamocowane na bocznych ścianach lub w narożu ściany i stropu oraz tworzyły linię ciągłą. Odstępy między nimi powinny być zasłonięte maskownicami.
- 7.3.2.2. Wskazane jest stosowanie opraw oświetlenia bezpośredniego o rozsyle strumienia świetlnego nie powodującym olśnienia.
- 7.3.2.3. W przejściach pod torami należy stosować oprawy wykonane w II klasie ochrony przeciwporażeniowej.
- 7.3.2.4. Przejścia podziemne powinny posiadać oświetlenie awaryjne na wypadek zaniku napięcia zasilającego, zgodnie z normą [22].
- 7.3.2.5. Wymagania oświetleniowe dla przejść pod torami , schodów przyległych i dojść dla pieszych podano w normie [20].

7.3.3. Oświetlenie przejść nad torami i schodów przyległych

- 7.3.3.1. Oświetlenie przejść nad torami (kładek) powinno być wykonane za pomocą opraw oświetleniowych z lampami sodowymi wysokoprężnymi lub metalohalogenkowymi, umieszczonymi na słupach metalowych przytwierdzonych bezpośrednio do konstrukcji kładki.
- 7.3.3.2. Oświetlenie nie powinno wywoływać zjawiska olśnienia u maszynisty prowadzącego pociąg ani u pieszych.
- 7.3.3.3. Klasa wytrzymałości opraw na uderzenia powinna wynosić IK $\geq$ 08.
- 7.3.3.4. Oprawy powinny posiadać ochronę przeciwporażeniową klasy II.
- 7.3.3.5. Sterowanie pracą obwodów oświetleniowych przejść na torami i schodów przyległych powinno być ręczne i automatyczne za pomocą sterowników zmierzchowych i zegarów astronomicznych.
- 7.3.3.6. Wymagane wartości parametrów oświetlenia dla przejść nad torami podano w normie [20].

7.3.4. Oświetlenie przejazdów kolejowych i przejść w poziomie szyn

- 7.3.4.1. Oświetlenie przejazdów i przejść w poziomie szyn powinno być realizowane oprawami umieszczonymi na słupach strunobetonowych wirowanych lub metalowych.
- 7.3.4.2. Na przejazdach linii jednotorowej zaleca się umieszczać po jednej oprawie z obu stron toru, po prawej stronie drogi.
- 7.3.4.3. Na przejazdach linii dwutorowej zaleca się umieszczać po dwie oprawy z każdej ze stron linii kolejowej, po prawej i po lewej stronie drogi.
- 7.3.4.4. Na przejazdach wielotorowych zaleca się umieszczać po dwie oprawy z każdej ze stron linii kolejowej, po prawej i po lewej stronie drogi oraz oprawy doświetlające przejazd o symetrycznym rozsyle światła umieszczone w międzytorzu.
- 7.3.4.5. Oprawy na przejazdach powinny być zamontowane w taki sposób, aby ich płaszczyzna C0-C180 była prostopadła do osi torów. Tak zamontowane oprawy (płaszczyzną C90-C270 równoległą do osi torów) nie mogą powodować zjawiska olśnienia u prowadzących pojazdy trakcyjne.
- 7.3.4.6. W zakresie oświetlenia przejazdów i przejść w poziomie szyn obowiązują ponadto rozporządzenia wymienione pod pozycjami [27] i [28].
- 7.3.4.7. Sterowanie pracą obwodów oświetleniowych przejazdów kolejowych i przejść w poziomie szyn powinno być automatyczne, za pomocą sterowników zmierzchowych i zegarów astronomicznych. Przejazdy i przejścia obsługiwane z miejsca powinny posiadać dodatkowo sterowanie ręczne.
- 7.3.4.8. Wymagane wartości parametrów oświetlenia dla przejazdów i przejść w poziomie szyn podano w normie [20].

7.3.5. Oświetlenie torów i rozjazdów stacji osobowych

- 7.3.5.1. Do oświetlania torów i rozjazdów stacji osobowych należy stosować:
 - a) oprawy oświetleniowe typu kolejowego o symetrycznym rozsyle światła zamontowane płaszczyzną C0-C180 równoległe do osi torów z lampami sodowymi wysokoprężnymi,
 - b) konstrukcje słupowe o wysokości od 9 do 12 m,
- 7.3.5.2. W uzasadnionych przypadkach, gdy oświetlany jest duży teren i brak jest miejsca na posadowienie słupów oświetleniowych zaleca się stosować maszty oświetleniowe z opuszczaną koroną. Jako oprawy powinny wówczas być stosowane naświetlacze o szerokim rozsyle strumienia światła z lampami sodowymi wysokoprężnymi.

- 7.3.5.3. Naświetlacze na masztach muszą być zamontowane w taki sposób aby nie powodowały zjawiska olśnienia u prowadzących pojazdy trakcyjne.
- 7.3.5.4. Oświetlenie torów stacji osobowych w rejonie peronów może być realizowane światłem opraw oświetlenia peronów pod warunkiem, że nie spowoduje to nieracjonalnej gospodarki światłem w obszarze torów.
- 7.3.5.5. Sterowanie oświetleniem torów i rozjazdów stacji osobowych powinno być dodatkowo wyposażone w sterownik ręczny umieszczony w nastawni dysponującej, aby w przypadku braku pracy manewrowej bądź utrzymaniowej na stacji istniała możliwość zredukowania mocy lub wyłączenia części oświetlenia.
- 7.3.5.6. Wymagane wartości parametrów oświetlenia dla torów i rozjazdów dla stacji osobowych podaje tablica 7.

7.3.6. Oświetlenie stacji towarowych

- 7.3.6.1. Oświetlenie terenu stacji rozrządowych, (grup torów: przyjazdowych, kierunkowych, odjazdowych) powinno być realizowane z masztów (wyposażonych w opuszczane korony) – równomiernie rozmieszczonych na całym obszarze stacji. Jako oprawy powinny być stosowane naświetlacze charakteryzujące się szerokim rozsyłem światła z sodowymi lampami wysokoprężnymi.
- 7.3.6.2. Sterowanie oświetleniem grup torów przyjazdowych, kierunkowych i odjazdowych powinno być umieszczone w odpowiedniej nastawni, aby w przypadku braku pracy w rejonie lub na całej stacji była możliwość zredukowania mocy lub wyłączenia części oświetlenia.
- 7.3.6.3. Oświetlenie stanowiska rozpinania na górcie rozrządowej powinno być realizowane oprawami świetlówkowymi tworzącymi linię świetlną pod dachem wiaty oraz oprawami metalohalogenkowymi punktowymi umieszczonymi nad ścieżką rozpinacza poza wiatą. Stopień szczelności opraw powinna być zapewniona na poziomie co najmniej IP65. Klasa odporności na uderzenia powinna wynosić $IK \geq 8$. Oprawy powinny posiadać ochronę przeciwporażeniową klasy II.
- 7.3.6.4. Oświetlenie hamulca torowego powinno być realizowane za pomocą opraw umieszczonych na słupach, ze zwróceniem uwagi na zabezpieczenie przed olśnieniem personelu nastawni kierującej rozrządem.
- 7.3.6.5. Oświetlenie przeciwmgłowe rejonu hamulca torowego zabudowane na niskich słupkach wskazane jest wyposażać w oprawy z lampami sodowymi –

niskoprężnymi. Oprawy powinny posiadać stopień szczelności $IP \geq 65$, stopień odporności na uderzenia $IK \geq 08$ oraz ochronę przeciwporażeniową klasy II.

7.3.6.6. Oświetlenie stacji manewrowych powinno być realizowane oprawami o symetrycznym rozsyle światła z lampami sodowymi wysokoprężnymi umieszczonymi na słupach. Ręczne sterowanie oświetleniem powinno być umieszczone w nastawni dysponującej, aby w przypadku braku pracy na stacji była możliwość zredukowania mocy lub wyłączenia oświetlenia.

7.3.6.7. Wymagane wartości parametrów oświetlenia dla torów i rozjazdów dla stacji towarowej podaje tablica 7.

7.3.7. Oświetlenie placów ładunkowych i ramp

7.3.7.1. Oświetlenie placów ładunkowych i ramp powinno być realizowane z użyciem masztów z opuszczanymi koronami. Jako oprawy należy zastosować naświetlacze o szerokim rozsyle strumienia świetlnego z lampami sodowymi wysokoprężnymi.

7.3.7.2. Miejsca zabudowy masztów należy dobrać optymalnie do rozmiarów i kształtu placu ładunkowego, a także rampy załadowniczej i wyładowniczej.

7.3.7.3. Wymagane wartości parametrów oświetlenia dla placów kolejowych ze strefami załadunku podano w normie [20].

7.3.8. Oświetlenie tuneli liniowych

7.3.8.1. Oświetlenie normalne tuneli liniowych należy realizować oprawami, przeznaczonymi do współpracy ze świetlówkami liniowymi, umieszczonymi w konstrukcyjnych wnękach tunelu, pod stropem tunelu lub wysoko na ścianach. Oprawy powinny mieć wykonanie ognioodporne.

7.3.8.2. Zamocowanie opraw powinno być wykonane w taki sposób, aby nie wywoływać oślnienia osób prowadzących pojazdy szynowe.

7.3.8.3. Dla obsługi technicznej tuneli liniowych (dla dokonywania przeglądów i remontów) należy zapewnić zasilające gniazda serwisowe.

7.3.8.4. Awaryjne oświetlenie ewakuacyjne powinno być zrealizowane zgodnie z normą [22]. Celem awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego jest zapewnienie bezpiecznego wyjścia z miejsca pobytu podczas zaniku normalnego zasilania. W celu zapewnienia odpowiedniego natężenia oświetlenia, oprawy oświetleniowe do oświetlenia ewakuacyjnego, zgodne z [26], powinny być usytuowane w pobliżu każdych drzwi wyjściowych oraz w takich miejscach, gdy to konieczne, aby zwrócić uwagę na potencjalne niebezpieczeństwo lub umieszczony sprzęt bezpieczeństwa.

7.3.8.5. Wymagane wartości parametrów oświetlenia dla tuneli liniowych podaje norma [20].

7.4. Monitoring i sterowanie.

- 7.4.1. Na modernizowanych liniach oświetlenie zewnętrzne powinno być włączone do Lokalnego Centrum Sterowania (LCS). Zdalne sterowanie urządzeniami oświetlenia zewnętrznego powinno się odbywać z wybranych nastawni pełniących funkcję lokalnych centrów sterowania (LCS) na danej linii kolejowej. Do sterowania urządzeniami oświetlenia zewnętrznego powinien być wydzielony terminal komputerowy. Zdalne sterowanie odbywające się z LCS powinno mieć możliwość zrealizowania rozkazów „załączyć” lub „wyłączyć” z wybraniem opcji „*ręcznie*” lub „*automatycznie*”.
- 7.4.2. Sterowanie urządzeniami oświetlenia zewnętrznego powinno być możliwe również lokalnie z odpowiedniej szafki sterowniczej lub pulpitu operatora np. w obrębie jednej stacji lub przystanku.
- 7.4.3. Sterowanie urządzeniami oświetlenia zewnętrznego powinno umożliwiać świadomą i zaplanowaną redukcję mocy oświetleniowej na wybranych obiektach np. na przystankach w przerwach nocnych lub w długich odstępach czasu kursowania pociągów szczególnie na przystankach i stacjach o małym ruchu pasażerskim.
- 7.4.4. Monitoring urządzeń oświetlenia zewnętrznego prowadzony z LCS powinien umożliwiać nadzór pracy urządzeń oświetleniowych. Monitoring urządzeń z LCS powinien umożliwiać generowanie następujących meldunków:
- a) gotowość urządzeń do pracy,
 - b) urządzenia załączone,
 - c) urządzenia wyłączone,
 - d) awaria urządzeń.

7.5. Ochrona przeciwporażeniowa i przeciwprzepięciowa

- 7.5.1. Zagadnienia związane z ochroną ludzi i urządzeń przed wpływem napięcia 3 kV DC powinny być stosowane zgodnie z postanowieniami norm [11] oraz [23].
- 7.5.2. Na liniach zelektryfikowanych systemem napięcia 3 kV DC dla ochrony ludzi przed porażeniem należy:
1. urządzenia oświetleniowe umieszczać w miarę możliwości poza strefą oddziaływania sieci trakcyjnej (i pantografu) tj. w odległości większej niż 5 m od osi toru zelektryfikowanego [11],

2. jeżeli rozwiązanie w terenie wymaga rozmieszczenia urządzeń oświetleniowych w odległości nie większej niż 5 metrów od osi toru zelektryfikowanego, metalowe konstrukcje wsporcze i oprawy muszą być uszynione następująco:
 - a) bezpośrednio – jeśli rezystancja metalowej konstrukcji do ziemi odniesienia jest większa niż $20\ \Omega$,
 - b) pośrednio – jeśli rezystancja metalowej konstrukcji do ziemi odniesienia jest mniejsza niż $20\ \Omega$,
 3. wszystkie przewody elektryczne, zasilające i sterujące urządzeniami oświetleniowymi, muszą być umieszczone w osłonach zabezpieczających przed napięciem 3kV DC,
- 7.5.3. Dla ochrony ludzi przed szkodliwym wpływem napięcia 230 V AC ze strony urządzeń oświetlenia zewnętrznego, w obwodach zasilających szafy rozdzielcze zaleca się stosowanie ochrony przeciwporażeniowej poprzez samoczynne wyłączanie napięcia zasilania w układzie sieciowym TT z zastosowaniem wyłączników różnicowo-prądowych (według [11]).
- 7.5.4. Wszelkie prace konserwacyjne – poza wymianą źródeł światła i bezpieczników we wnęce słupowej – należy wykonywać po wyłączeniu 230 V AC. Prace konserwacyjne w bezpośrednim sąsiedztwie górnej sieci jezdnej należy wykonywać po wyłączeniu napięcia 3 kV DC.
- 7.5.5. Dla ochrony urządzeń oświetleniowych przed przepięciami ze strony zasilania, w szafach rozdzielczych należy stosować stopień ochrony w postaci warystorów lub diod zabezpieczających. Układy ograniczające przepięcia należy stosować w przypadkach, gdy użycie pojedynczych elementów nie zapewnia należytej ochrony.

8. Instalacje elektryczne w budynkach

8.1. Wymagania podstawowe

- 8.1.1. Budynki powinny być wyposażone w instalacje wewnętrzną i zewnętrzną, których elementami są w szczególności:
1. zasilanie podstawowe;
 2. zasilanie rezerwowe (jeśli jest wymagane i/lub ekonomicznie uzasadnione);
 3. instalacja oświetleniowa – zgodna z wymaganiami Polskich Norm uwzględniająca właściwe poziomy natężenia w poszczególnych pomieszczeniach, równomierność oświetlenia oraz ochronę przed oślnieniem;

4. instalacje gniazd wtyczkowych i odbiorników stałych zgodnie z potrzebami technicznymi budynku, wydzielona instalacja gniazd wtyczkowych i odbiorników stałych zasilanych z sieci gwarantowanej dla urządzeń przetwarzania danych przenośnych oraz stałych,
 5. rozdzielnica główna budynku (w wydzielonym pomieszczeniu zapewniającym właściwą obsługę urządzeń) oraz podrozdzielnie,
 6. instalacja odgromowa,
 7. uziom otokowy (rezystancja uziomu dostosowana do potrzeb zainstalowanych urządzeń),
 8. instalacja wyrównania potencjałów.
- 8.1.2. Powinno być zapewnione bezpieczeństwo użytkowania instalacji elektrycznych poprzez:
1. ochronę przeciwporażeniową;
 2. ochronę przeciwpożarową;
 3. ochronę przed skutkami przeciążeń;
 4. zachowanie selektywności wyłączeń;
 5. ochronę odgromową;
 6. ochronę przed przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi;
 7. ochronę przed oddziaływaniem pól elektromagnetycznych;
 8. ochronę przed oddziaływaniem elektryczności statycznej;
 9. ograniczenie prądów błędzących;
 10. ochronę przed oddziaływaniem napięcia trakcyjnego 3 kV DC.
- 8.1.3. Instalacje należy projektować zgodnie z odpowiednimi normami dotyczącymi projektowania i budowy instalacji elektrycznych.
- 8.1.4. Projektowanie i budowę instalacje należy prowadzić w oparciu o typowe rozwiązania techniczne, powszechnie stosowane w energetyce zawodowej, posiadające stosowne atesty i aprobaty techniczne.

8.2. Ochrona przeciwporażeniowa, przepięciowa i odgromowa

- 8.2.1. We wszystkich urządzeniach elektrycznych w warunkach normalnej pracy powinien być zastosowany jeden ze środków ochrony przed dotykiem bezpośrednim.
- 8.2.2. Wszystkie urządzenia elektryczne powinny być wyposażone w jeden ze środków ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym.
- 8.2.3. Jako ochrona przed porażeniem powinno być stosowane samoczynne wyłączenie zasilania.

- 8.2.4. Samoczynne wyłączenie zasilania powinno być zastosowane w każdej instalacji elektrycznej, z wyjątkiem tych części instalacji, w których zostały zastosowane inne środki ochrony.
- 8.2.5. Jeżeli w części instalacji elektrycznej zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania jest niewykonalne lub niepożądane, można stosować ochronę przez izolowanie stanowiska albo przez zastosowanie nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych.
- 8.2.6. W każdej instalacji elektrycznej, w niektórych urządzeniach i w niektórych częściach instalacji elektrycznej, ochronę można zrealizować przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia SELV, zastosowanie urządzeń II klasy ochronności lub zastosowanie separacji elektrycznej.
- 8.2.7. Nie jest wymagana ochrona przeciwporażeniowa następujących elementów:
1. wsporniki przyściennie linii napowietrznych i metalowe części połączone z nimi, jeśli nie znajdują się w zasięgu ręki,
 2. słupy żelbetowe, których zbrojenie jest niedostępne,
 3. części przewodzące dostępne, które z powodu ich rozmieszczenia i niewielkich wymiarów nie mogą być uchwycone dłonią albo nie mogą mieć znaczącej styczności z jakąkolwiek częścią ciała ludzkiego, jeżeli połączenie z przewodem ochronnym jest trudne do wykonania lub byłoby niepewne,
 4. rury metalowe lub inne metalowe obudowy osłaniające urządzenia elektryczne w II klasie izolacji.
- 8.2.8. W przypadku nieskutecznego działania innych środków ochrony przed dotykiem bezpośrednim stosowanie urządzeń różnicowoprądowych o znamionowym prądzie różnicowym nie przekraczającym 30 mA jest środkiem uzupełniającym.
- 8.2.9. Urządzenia różnicowoprądowe nie mogą być jedynym środkiem ochrony.
- 8.2.10. Ochrona przeciwporażeniowa realizowana za pośrednictwem samoczynnego wyłączenia napięcia zasilającego w sieci pracującej w układzie TN powinna spełniać warunek określony w normie PN-IEC 60364 [16].
- 8.2.11. Czas wyłączenia nie dłuższy niż 5 s może być przyjęty w obwodach rozdzielczych zasilających jedynie urządzenia stacjonarne, jeżeli inne obwody odbiorcze są przyłączone do rozdzielnic lub obwodu w sposób spełniający jeden z warunków:
1. impedancja przewodu ochronnego między rozdzielnicą i punktem, w którym przewód ochronny jest przyłączony do głównej szyny uziemiającej nie przekracza $Z_s \cdot 50/U_0$ [Ω],

2. w rozdzielnicy znajdują się połączenia wyrównawcze przyłączone do tych samych części przewodzących obcych, co połączenia wyrównawcze główne i spełniają warunki dotyczące połączeń wyrównawczych głównych podane w p. 8.2.18.

8.2.12. W układzie TN mogą być stosowane następujące urządzenia ochronne:

1. urządzenia ochronne przetężeniowe,
2. urządzenia ochronne różnicowoprądowe z zastrzeżeniem, że urządzenia różnicowoprądowe nie mogą być stosowane w układzie TN – C.

8.2.13. Ochrona przeciwporażeniowa realizowana za pośrednictwem samoczynnego wyłączenia napięcia zasilającego w sieci pracującej w układzie TT powinna spełniać warunek określony w normie PN-IEC 60364 [16].

8.2.14. Jeżeli urządzeniem ochronnym jest urządzenie ochronne różnicowoprądowe, I_a jest znamionowym różnicowym prądem zadziałania $I_{\Delta n}$.

8.2.15. Jeżeli urządzeniem ochronnym jest urządzenie przetężeniowe, powinno być ono:

1. urządzeniem o zależnej charakterystyce czasowo – prądowej, a prąd I_a powinien być prądem zapewniającym samoczynne zadziałanie w czasie nie dłuższym niż 5 s,
2. urządzeniem z działaniem natychmiastowym, a prąd I_a powinien być minimalnym prądem zapewniającym natychmiastowe wyłączenie.

8.2.16. W układzie TN mogą być stosowane następujące urządzenia ochronne:

1. urządzenia ochronne przetężeniowe,
2. urządzenia ochronne różnicowoprądowe.

8.2.17. Dla gniazd wtyczkowych na prąd nie przekraczający 20 A zlokalizowanych na zewnątrz budynków oraz takich, które będą mogły być wykorzystywane do zasilania urządzeń przenośnych, znajdujących się poza budynkiem samoczynne wyłączenie napięcia powinno być zrealizowane za pomocą urządzenia różnicowoprądowego o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA.

8.2.18. W każdym obiekcie budowlanym, główne połączenia wyrównawcze powinny łączyć ze sobą następujące części przewodzące:

1. główny przewód ochronny,
2. główną szynę uziemiającą lub główny zacisk uziemiający,
3. rury zasilające instalacje sanitarne wewnętrzne,
4. metalowe elementy konstrukcyjne, urządzenia centralnego ogrzewania i systemów klimatyzacyjnych.

8.2.19. Elementy przewodzące doprowadzone z zewnątrz budynku, powinny być połączone w budynku możliwie jak najbliżej miejsca ich wprowadzenia.

8.2.20. Dopuszczalne przebiegi prądu przemiennego dla wyposażenia instalacji niskiego napięcia wynoszą:

1. $U_n + 250 \text{ V}$ dla czasu wyłączenia $> 5 \text{ s}$
2. $U_n + 1200 \text{ V}$ dla czasu wyłączenia $\leq 5 \text{ s}$

gdzie U_n – napięcie znamionowe sieci niskiego napięcia w stosunku do ziemi

8.2.21. Przy określaniu poziomu ochrony przeciwprzepięciowej należy brać pod uwagę następujące przypadki:

1. jeżeli w trójfazowym układzie TN lub TT zostanie przerwany przewód neutralny, to izolacja, jak również części składowe, znajdujące się normalnie pod napięciem fazowym, mogą być narażone przejściowo na działanie napięcia międzyfazowego, przepięcie może osiągnąć wartość $U = \sqrt{3}U_0$,
2. jeżeli nastąpi zwarcie między przewodem fazowym a przewodem neutralnym przepięcie może osiągnąć wartość $1,45 U_0$ przez czas do 5 s.

8.2.22. Urządzenia powinny być tak dobrane, aby ich znamionowe napięcie udarowe wytrzymywane nie było mniejsze niż wymagane napięcie udarowe wytrzymywane podane w normie PN-IEC 60364 [16].

8.2.23. Ograniczniki przepięć i połączone z nimi szeregowo zabezpieczenia powinny pewnie wytrzymywać przepięcia dorywcze wg p. 8.2.20.

8.2.24. Przeciwko oddziaływaniom elektrycznym i magnetycznym na urządzenia elektryczne należy stosować następujące środki

1. odpowiednie usytuowanie potencjalnych źródeł zakłóceń w stosunku do urządzeń wrażliwych na zakłócenia,
2. wyposażenie w filtry i/lub ograniczniki przepięć obwodów, zasilających urządzenia wrażliwe na zakłócenia,
3. dobór urządzeń zabezpieczających, działających z odpowiednią zwłoką, w celu uniknięcia niepożądanego wyłączenia przy zakłóceniach przejściowych,
4. połączenia metalowych osłon i ekranów,
5. właściwe oddzielenie (odległości lub ekranowanie) przewodów energetycznych od sygnałowych oraz skrzyżowania pod właściwymi kątami,
6. właściwe oddzielenie (odległości lub ekranowanie) przewodów energetycznych i sygnałowych od przewodów odprowadzających urządzenia piorunochronnych,
7. unikanie tworzenia pętli indukcyjnych przez prowadzenie różnych oprzewodowań wspólną trasą,

8. użycie ekranowanych i/lub skręconych par przewodów sygnałowych,
 9. wykonywanie możliwie krótkich połączeń wyrównawczych,
 10. osłanianie oprzewodowania wykonanego z przewodów jednożyłowych wspólną obudową metalową lub w sposób równoważny,
 11. unikanie układu TN – C w instalacjach z urządzeniami wrażliwymi na zakłócenia,
 12. zastosowanie gdy w obiekcie budowlanym instalacja pracuje w układzie TN – C – S następujących rozwiązań:
 - a) zamiana sekcji TN – C w układzie TN – C – S na sekcję TN – S,
 - b) unikanie wewnątrz obiektu budowlanego nadmiernych pętli pomiędzy różnymi sekcjami TN –S układu TN – C – S
 13. w miarę możliwości wejścia rur metalowych i kabli do budynku lokalizować w tym samym miejscu,
 14. przykrycia, ekrany, rury metalowe oraz łączenia tych części powinny być połączone ze sobą i przyłączone do głównego połączenia wyrównawczego przewodami o małej impedancji,
- 8.2.25. Ochronę odgromową budynków stosować w zależności od stopnia oszacowanego zagrożenia. Przykłady klasyfikacji obiektów w zależności od skutków oddziaływania uderzeń piorunowych zawarte są w normie PN-EN 62305 [15].
- 8.2.26. Ocenę zagrożenia piorunowego przeprowadzić w zależności od wartości akceptowanej częstości wyładowań piorunowych N_c i spodziewanej częstości bezpośrednich wyładowań piorunowych trafiających w obiekt N_d .
- 8.2.30. W przypadku gdy $N_d \leq N_c$ urządzenie piorunochronne nie jest potrzebne.
- 8.2.31. W przypadku gdy $N_d > N_c$ należy zainstalować urządzenie piorunochronne o skuteczności $E \geq 1 - N_c/N_d$ zapewniające właściwy poziom ochrony zgodnie z normą PN-EN 62305 [15].

9. Literatura

- [1] N SEP-E-001:2003. Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa.
- [2] N SEP-E-003. Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami pełnoizolowanymi oraz z przewodami niepełnoizolowanymi.
- [3] N SEP-E-004. Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.
- [4] Opracowanie dopuszczalnych parametrów zakłóceń dla urządzeń srk, łączności i pojazdów trakcyjnych. Dopuszczalne parametry zakłóceń – projekt wymagań PKP. Praca CNTK nr 6915/23, Warszawa 1999.
- [5] Opracowanie kryteriów kwalifikowania oraz wykaz grup odbiorów i systemów linii zasilających pod kątem pewności dostaw energii elektrycznej. Praca CNTK nr 3030/21 na zlecenie Głównego Energetyka PKP. Warszawa 1998.
- [6] Opracowanie wymagań na zasilanie energią elektryczną urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Praca CNTK nr 4034/10, Warszawa 2003.
- [7] PN-B-03265:1987. Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Żelbetowe i sprężone konstrukcje wsporcze. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [8] PN-B-03322:1980 Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Fundamenty konstrukcji wsporczych. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [9] PN-E-05115:2002. Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1kV.
- [10] PN-EN 50121-2:2004. Zastosowania kolejowe. Kompatybilność elektromagnetyczna. Część 2: Oddziaływanie systemu kolejowego na otoczenie.
- [11] PN-EN 50122-1:2002. Zastosowania kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Część 1: Środki ochrony dotyczące bezpieczeństwa elektrycznego i uziemień.
- [12] PN-EN 50160:2008. Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych.
- [13] PN-EN 50163:2006. Zastosowania kolejowe – Napięcia zasilania systemów trakcyjnych.
- [14] PN-EN 60721-3-4:2002(U): Klasyfikacja grup czynników środowiskowych – Część 3-4: Klasyfikacja grup czynników środowiskowych i ich ostrości. Stacjonarne użytkowanie wyrobów w miejscach niechronionych przed wpływem czynników atmosferycznych.

- [15] PN-EN 62305:2008 – 2009. Ochrona odgromowa.
- [16] PN-IEC 60364:2006 – 2009. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych.
- [17] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz.U. 2007 nr 93, poz. 623).
- [18] UIC 550. Power supply installation for passenger stock.
- [19] PN-EN 13201-2 Oświetlenie dróg – Część 2 – Wymagania oświetleniowe
- [20] PN-EN 12464-2:2008 Światło i oświetlenie – Oświetlenie miejsc pracy – Część 2: Miejsca pracy na zewnątrz
- [21] PN-EN 40-2:2005 Słupy oświetleniowe – Część 2 – Wymagania ogólne i wymiary
- [22] PN-EN 1838:2005 Zastosowania oświetlenia – Oświetlenie awaryjne
- [23] PN-EN 50122-2:2003 Zastosowania kolejowe – Urządzenia Stacjonarne – Część 2: Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów błędnych wywołanych przez trakcję elektryczną prądu stałego (oryg.)
- [24] PN-EN 60598-1:2007 Oprawy oświetleniowe – Część 1: Wymagania ogólne i badania
- [25] PN-EN 60598-2-3:2006 Oprawy oświetleniowe – Część 2-3 Wymagania szczegółowe – Oprawy oświetleniowe drogowe i uliczne
- [26] PN-EN 60598-2-22:2004 Oprawy oświetleniowe – Część 2-22 Wymagania szczegółowe – Oprawy oświetleniowe do oświetlania awaryjnego
- [27] Rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 26 lutego 1996 r. w sprawie warunków technicznych, jakimi powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi i ich usytuowanie (Dz.U. nr33 poz. 144).
- [28] Rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakimi powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz.U. nr 151 poz. 987).
- [29] Wytyczne projektowania urządzeń eor tom2 – Komunikacja w systemach eor. PKP PLK S.A.(w opracowaniu).
- [30] *Wytyczne projektowania urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów Tom 1 - Dobór grzejników, projektowanie instalacji torowych i przytorowych* – PKP PLK S.A., 2009r.
- [31] *Wytyczne projektowania urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów Tom 2 - Komunikacja w systemach eor* – PKP PLK S.A., 2009r.

- [32] Dokument Normatywny 01-8/ET/2008 „*Grzejniki do elektrycznego ogrzewania rozjazdów*” - PKP PLK S.A., 2008r.
- [33] Dokument Normatywny 01-7/ET/2008 „*Skrzynia transformatorowa eor*” - PKP PLK S.A., 2008r.
- [34] Dokument Normatywny 01-6/ET/2008 „*Szafa rozdzielcza eor*” - PKP PLK S.A., 2008r.
- [35] Dokument Normatywny 01-9/ET/2008 „*Uchwyty grzejników eor*” - PKP PLK S.A., 2008r.
- [36] let-1 „Instrukcja eksploatacji i utrzymania urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów” PKP PLK S.A. – 2007r.