

## 1 WPROWADZENIE

### 1.1 Obszar zastosowania

Niniejszy „Zeszyt” określa wymagania dotyczące podstawowych elementów napowietrznej sieci trakcyjnej trolejbusowej i tramwajowej.

„Zeszyt” jest zalecany do stosowania przy projektowaniu, budowie i naprawach napowietrznej sieci trakcyjnej o napięciu znamionowym 750 V prądu stałego, jako obowiązującym dla przyszłych systemów trakcyjnych prądu stałego.

Opracowanie ma zastosowanie także do istniejących systemów trakcyjnych prądu stałego napowietrznej sieci trakcyjnej o napięciu znamionowym 600 V prądu stałego.

### 1.2 Stosowanie norm

„Zeszyty Techniczne IGKM” z zasady nie odwołują się do norm krajowych czy międzynarodowych. O ile ma to znaczenie „Zeszyty IGKM” informują o istnieniu takich norm. Stosowane w tekście określenie „norma wyrobu” użyta jest ze względu na obecność w innych dokumentach, a także w normach i oznacza warunki techniczne wiążące dostawcę i odbiorcę omawianego elementu czy urządzenia.

Informujemy, że w zakresie tematycznym Tomu 2 „Zeszytów Technicznych IGKM” istnieją m.in. następujące normy:

- PN-EN 50341-1:2013-03E *Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV - Część 1: Wymagania ogólne - Specyfikacje wspólne*
- PN-EN 1090-1:2010P *Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych - Część 1: Zasady oceny zgodności elementów konstrukcyjnych (norma wycofana)*
- PN-EN 1090-2:2010 *Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Część 2. Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych*
- PN-EN 1993-1-1:2006/NA:2010P *Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków*
- PN-EN 1993-1-3:2008/NA:2010P *Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-3: Reguły ogólne - Reguły uzupełniające dla kształtowników i blach profilowanych na zimno*
- PN-EN 1993-1-5:2008/NA:2010P *Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-5: Blachownice*
- PN-EN 1993-1-6:2009/NA:2010P *Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-6: Wytrzymałość i stateczność konstrukcji powłokowych*
- PN-EN 1993-1-7:2008/NA:2010P *Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-7: Konstrukcje płytowe.*
- PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2010P *Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-8: Projektowanie węzłów*
- PN-EN 1997-1:2008/NA:2011P *Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne - Część 1: Zasady ogólne*
- PN-EN 1997-2:2008/NA:2011P *Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznawanie i badanie podłoża gruntowego*
- PN-EN 1992-1-1:2008/NA:2010P *Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków*
- PN-IEC 60038:1999P *Napięcia znormalizowane IEC (norma wycofana)*

- PN-EN 50163:2006/A1:2007E *Zastosowania kolejowe - Napięcia zasilania systemów trakcyjnych*
- PN-EN 50122-1:2002P *Zastosowania kolejowe - Urządzenia stacyjne - Część 1: Środki ochrony dotyczące bezpieczeństwa elektrycznego i uziemień, (norma wycofana)*
- PN-EN 50122-2:2002P *Zastosowania kolejowe - Urządzenia stacyjne - Część 2: Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów błędnych wywołanych przez trakcję elektryczną prądu stałego*
- PN-EN 50149:2012E *Zastosowania kolejowe - Urządzenia stacyjne - Trakcja elektryczna - Profilowane druty jezdne z miedzi i jej stopów*
- PN-E 90081:1974 (PN-74/E-90081) *Elektroenergetyczne przewody gołe - Przewody miedziane*
- PN-E 90090:1996 *Przewody jezdne z miedzi i miedzi modyfikowanej (zastąpiona przez normę PN-EN 50149:2012E)*
- PN-EN 10056-1:2000P *Kątowniki równoramienne i nierównoramienne ze stali konstrukcyjnej - Wymiary*
- PN-EN 10056-2:1998P *Kątowniki równoramienne i nierównoramienne ze stali konstrukcyjnej - Tolerancja kształtu i wymiarów*
- PN-ISO 2233:1996 *Drut stalowy na liny*
- PN-M-80202:1969:P *Liny stalowe 1 x 7*

### 1.3 Rodzaje sieci

- sieć płaska,
- sieć płaska sztywna,
- sieć płaska suwliwa,
- sieć sztywna specjalna na profilu aluminiowym lub miedzianym,
- sieci wielokrotne,
- sieć nieskompensowana,
- sieć półskompensowana,
- sieć z pełną kompensacją.

## 2 WYMAGANIA

### 2.1 Przewody jezdne i liny nośne

#### 2.1.1 Materiał

W sieciach jezdnych tramwajowych i trolejbusowych należy stosować przewód jezdny miedziany wg Normy Polskiej PN-EN 50149:2012E *Zastosowania kolejowe - Urządzenia stacyjne - Trakcja elektryczna. Profilowane druty jezdne z miedzi i jej stopów*.

Liny nośne w sieciach wielokrotnych powinny być wykonane z miedzi lub jej stopów. Właściwości elektryczne i mechaniczne lin nośnych miedzianych powinny być zgodne z Normą Polską PN-E 90081:1974 (PN-74/E-90081) *Elektroenergetyczne przewody gołe - Przewody miedziane*.

Przekrój znamionowy lin nośnych nie powinien być mniejszy niż 70 mm<sup>2</sup>.

## 2.1.2 Naprężenia

### 2.1.2.1 Przewód jezdny

Naprężenia maksymalne w przewodach jezdnych wykonanych z miedzi twardej wynoszą 120 MPa. Przy skompensowanym zawieszeniu przewodu jezdnego naprężenie maksymalne przewodu z miedzi twardej nie powinno przekraczać 100 MPa.

Naprężenie minimalne w przewodach jezdnych wykonanych z miedzi twardej wynosi 40 MPa.

Dla przewodów jezdnych z miedzi z innymi stopami wartości naprężeń minimalnych należy sprawdzić wg wartości katalogowych. Dopuszczalne naprężenia maksymalne i minimalne dotyczą zakresu temperatur od -25°C do +40°C.

### 2.1.2.2 Liny nośne

Dopuszczalne naprężenia w linie nośnej przy temperaturze -25°C podane są w tabeli 1.

| Materiał                   | Wytrzymałość na rozciąganie<br>[MPa] | Naprężenia dopuszczalne<br>[MPa] |
|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Miedź przewodowa<br>twarda | 400                                  | 190                              |
|                            | 350                                  | 175                              |

Tab. 1. Wartości wytrzymałości na rozciągania i naprężenia maksymalne liny nośnej.

### 2.1.3 Zwis

Dopuszczalny zwis międzywieszakowy oraz zwis międzyprzęstłowy przewodów jezdnych nie powinny przekraczać 0,35 m.

### 2.1.4 Wysokość zawieszenia przewodów jezdnych

Wysokość znamionowa zawieszenia przewodu jezdnego w punktach jego umocowania, mierzona w sieci tramwajowej od poziomu główki szyny, a w sieci trolejbusowej od poziomu jezdni, powinna wynosić 5,5 m.

Na terenie zajezdni dopuszcza się obniżenie wysokości zawieszenia przewodów jezdnych do 5 m. Dopuszczalne odchyłki wysokości znamionowej wynoszą +0,10 m i -0,25 m.

Dopuszcza się obniżenie wysokości zawieszenia przewodu do 4,5 m, licząc od główki szyny w przypadku prowadzenia przewodu w tunelach, pod mostami, wiaduktami itp., przy torowisku wydzielonym, a obniżenie do minimum 5 m, jeżeli torowisko jest częścią zajezdni. Zmiana wysokości zawieszenia przewodu jezdnego powinna być przeprowadzona stopniowo z pochyleniem nie większym niż 1,5%.

Natomiast dla istniejących budowli dopuszcza się obniżenie zawieszenia przewodów jezdnych poniżej tej wartości, pod warunkiem zapewnienia właściwej współpracy odbieraka prądu i oznakowania takiego miejsca.

Na skrzyżowaniach jednopoziomowych z liniami kolejowymi i zelektryfikowanymi wysokość przewodów jezdnych nad główką szyny kolejowej powinna być nie mniejsza niż 5,5 m, przy największym zwisie.

Nie dopuszcza się do skrzyżowań jednopoziomowych sieci trakcyjnej tramwajowej i trolejbusowej z siecią trakcyjną kolejową o napięciu znamionowym wyższym niż 750 V.

**2.1.5 Prowadzenie przewodów jezdnych na odcinkach prostych****2.1.5.1 Prowadzenie przewodów jezdnych na odcinkach prostych w sieciach tramwajowych**

Sieci jezdne łańcuchowe powinny być pionowe, tzn. z równoczesnym jednakowym odsuwem nadanym linie nośnej i przewodowi jezdnemu. Dopuszczalna różnica odsuwu liny i przewodu jezdnego nie powinna być większa niż 0,10 m.

Odsuw przewodów jezdnych powinien zapewniać możliwie równomierne ścieranie płytek ślizgacza odbieraka prądu. Pełny cykl odsuwów sieci jezdnej powinien zamykać się w dwóch bezpośrednio po sobie następujących przęsłach podwieszenia. W uzasadnionych przypadkach pełny cykl odsuwów może się zamykać w kilku przęsłach.

Jako odsuw normalny sieci jezdnej należy przyjmować na prostej wartość  $\pm 0,30$  m.

W sieciach dwutorowych zygzakowanie należy prowadzić symetrycznie, aby odsuwy następowały parami od osi torowiska i następnie do osi torowiska.

Uwaga: Zapis ten nie dotyczy prowadzenia sieci na łukach i rozjazdach.

**2.1.5.2 Prowadzenie przewodów jezdnych na odcinkach prostych w sieciach trolejbusowych**

W sieciach trolejbusowych o zawieszeniu sztywnym przewód jezdny powinien być prowadzony równolegle do toru jazdy trolejbusu z odchyleniem nie większym niż  $\pm 0,05$  m (nie dotyczy sieci o zawieszeniu wahliwym).

Odległość w płaszczyźnie poziomej rzutu przewodu jezdnego od krawężnika jezdni powinna wynosić co najmniej 2,0 m. Przy zbliżeniach do krawężnika nie dłuższych niż kilka metrów, odległość ta może być zmniejszona do 1,0 m.

Odstęp przewodów jezdnych jednego toru trolejbusowego powinien wynosić 0,60 m, z odchyleniem nie większym niż  $\pm 0,05$  m. W sieci dwutorowej odległość między wewnętrznymi przewodami nie powinna być mniejsza niż 1,0 m. Przyjmuje się zasadę prowadzenia przewodu jezdnego minusowego od strony chodnika.

**2.1.5.3 Rozpiętość przęsła**

Maksymalna rozpiętość przęsła wynosi:

- w sieci płaskiej tramwajowej i trolejbusowej - 33 m, w pojedynczych przypadkach - 38 m;
- w sieci suwliwej - 40 m, w pojedynczych przypadkach - 45 m;
- w sieci wielokrotnej z samoczynną kompensacją - 60 m, w pojedynczych przypadkach - 65 m.

**2.1.6 Prowadzenie przewodów jezdnych na łukach****2.1.6.1 Prowadzenie przewodów jezdnych na łukach sieci tramwajowej**

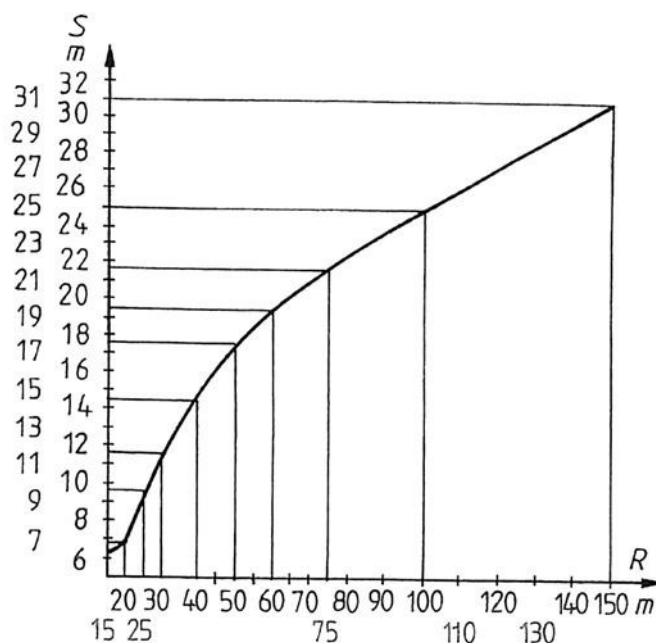
W sieciach tramwajowych przewód jezdny na łuku powinien mieć odsuw 0,35 - 0,4 m od osi toru.

Maksymalną długość cięciw łuku S podano na wykresie 1 oraz w tabeli 2.

Zakłada się, że tabor eksploatowany na danej sieci wyposażony jest w pantografy posiadające nakładki ślizgowe wg „Zeszytu” IGKM T1\_Z3 lub PN wg aktualnej ważności.

|          |     |     |      |      |      |      |      |     |     |
|----------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|
| <b>R</b> | 20  | 25  | 30   | 40   | 50   | 60   | 75   | 100 | 150 |
| <b>S</b> | 6,7 | 9,7 | 11,7 | 14,5 | 17,5 | 19,4 | 21,7 | 25  | 31  |

Tab.2.



Wykres 1. Maksymalna długość cięciw łuków - S

#### 2.1.6.2 Prowadzenie przewodów jezdnych na łukach w sieciach trolejbusowych

W sieci trolejbusowej kąt załamania przewodu jezdnego na łukach nie powinien być większy niż  $8^\circ$ , a w torach manewrowych niż  $15^\circ$ , przy zastosowaniu normalnych uchwytych wieszakowych. Przy stosowaniu specjalnych prowadnic, kąty załamania mogą być zwiększone do  $35^\circ$ .

#### 2.1.6.3 Prowadzenie przewodów jezdnych na łukach pętli i rozjazdach

Dla pętli i rozjazdów sieci trolejbusowej najmniejszy promień łuku powinien być mniejszy niż 15 m na odcinkach eksploatacyjnych i 12 m na odcinkach zajezdniowych.

#### 2.1.7 Odstęp przewodów jezdnych od części uziemionych lub uszynionych

Odległość między częściami sieci jezdnej lub odbieraka prądu, znajdującymi się pod napięciem a uziemionymi lub uszynionymi elementami konstrukcji (słupy, mosty, bramy itp.) powinna wynosić nie mniej niż 0,20 m. Aby nie dopuszczać do zmniejszenia tej odległości, należy stosować konstrukcje uniemożliwiające nadmierne unoszenie przewodów przez odbierak prądu lub liny nośne w wyniku podskoku. Zmniejszenie tej odległości do 0,15 m jest dopuszczalne w przypadku zastosowania dodatkowej izolacji o wytrzymałości elektrycznej przynajmniej 1,5 kV. Każdorazowo należy określić na podstawie Normy Polskiej PN-EN 50122-1:2002P Zastosowania kolejowe - Urządzenia stacjonarne Część 1: Środki ochrony dotyczące bezpieczeństwa elektrycznego i uziemień strefę górnej sieci jezdnej i strefę pantografu.

## **2.1.8 Sekcjonowanie sieci jezdnej**

### **2.1.8.1 Postanowienia ogólne**

Sieć jezdna tramwajowa i trolejbusowa powinna być podzielona na sekcje zgodnie z planem układu zasilania.

Podział elektryczny sieci jezdnej powinien być wykonany przez:

- sekcjonowanie podłużne - podział sieci tego samego toru,
- sekcjonowanie poprzeczne - podział sieci sąsiednich torów.

### **2.1.8.2 Sekcjonowanie podłużne**

Odległość między izolatorami powinna wynikać z planu układu zasilania, tj. obliczeniowych spadków napięć. Sieć jezdna na terenie zajezdni należy odizolować izolatorem sekcyjnym od sieci szlaku.

### **2.1.8.3 Sekcjonowanie poprzeczne**

W liniach dwutorowych sieci jezdne torów głównych na szlaku powinny być wzajemnie odizolowane zgodnie z planem układu zasilania.

## **2.1.9 Odcinki naprężenia sieci**

Długość odcinka naprężenia sieci jezdnej pół-skompensowanej i skompensowanej określa największe dopuszczalne odchylenie ruchomej części wysięgnika od płaszczyzny prostopadłej do osi toru, przechodzącej przez oś konstrukcji wsporczej. Odchylenie to nie powinno być większe niż 12° w temperaturze otoczenia od -25°C do +40 °C.

Na odcinkach sieci jezdnej naprężanej obustronnie obciążnikami należy stosować odpowiednie kotwienie środkowe sieci.

Kotwienie przewodów jezdnych i lin nośnych w sieciach łańcuchowych nieskompensowanych i przewodów jezdnych w sieciach płaskich powinno być wykonane:

- z obu stron izolatora sekcyjnego,
- na odgałęzieniach i rozjazdach,
- przed węzłami (skrzyżowaniami).

Odcinki o długości mniejszej niż 200 m między węzłami oraz między węzłami i łukiem nie wymagają kotwienia. Odcinki te przy przejściach zwrotnicowych międzytorowych należy kotwić z jednej strony. Maksymalna długość kotwionych przewodów jezdnych i lin nośnych sieci półskompensowanej nie powinna być większa niż 1 500 m.

Kotwienie sieci jezdnej tramwajowej lub trolejbusowej powinno być wykonane pod kątem (w płaszczyźnie poziomej) nie większym niż 30° w stosunku do przewodu kotwionego.

## **2.1.10 Połączenia wyrównawcze**

### **2.1.10.1 Elektryczne połączenia wyrównawcze sieci jezdnej**

Połączenia wyrównawcze powinny być wykonane z zastosowaniem linki miedzianej o przekroju dostosowanym do przekroju łączonych sieci jezdnych, lecz nie mniejszym niż 70 mm<sup>2</sup>, o rezystancji nie większej niż określona w Normie Polskiej PN-E 90081:1974 (PN-74/E-90081) *Elektroenergetyczne przewody gołe - Przewody miedziane*.

Połączenia elektryczne wyrównawcze między przewodami jezdnyymi równoległych torów tramwajowych lub trolejbusowych (jednakowej biegunowości) powinny być wykonane w

odstępach około 200 m, lecz nie większych niż 300 m, natomiast połączenia elektryczne sieci jezdnej z przewodem wzmacniającym w odstępach nie większych niż 300 m.

#### **2.1.10.2 Elektryczne połączenia wyrównawcze w sieciach wielokrotnych**

W sieciach wielokrotnych połączenia między linią nośną a przewodem jezdny oraz między sieciami jezdny torów równoległych, niesekcjonowanych poprzecznie, powinny być wykonane w odstępach około 200 m, lecz nie w większych niż 300 m. Połączenie wykonuje się przy użyciu linki miedzianej według Normy Polskiej PN-E 90081:1974 (PN-74/E-90081) *Elektroenergetyczne przewody gołe - Przewody miedziane*.

#### **2.1.10.3 Elektryczne połączenia wyrównawcze w torowiskach tramwajowych**

Połączenia wyrównawcze w torowisku tramwajowym dotyczą połączeń pomiędzy szynami tego samego toru (połączenia międzyszynowe) oraz połączeń pomiędzy torowiskami sąsiednimi (połączenia międzypokładowe). Każdorazowo muszą one wynikać z analizy Normy Polskiej PN-EN 50122-2:2002P *Zastosowania kolejowe - Urządzenia stacyjne - Część 2: Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów błędnych wywołanych przez trakcję elektryczną prądu stałego*.

### **2.2 Izolacja**

#### **2.2.1 Wymagania ogólne**

W urządzeniach sieci jezdnej tramwajowej i trolejbusowej należy używać izolatorów na napięcie znamionowe nie mniejsze niż 1,5 kV. Izolację sieci jezdnej tramwajowej i trolejbusowej z zastosowaniem izolatorów na napięcie 1,5 kV należy wykonywać jako dwustopniową, a przy stosowaniu izolatorów na napięcie znamionowe 3 kV jako jednostopniową. Przewody izolowane stosowane w urządzeniach sieci trakcyjnej powinny mieć izolację na napięcie nie niższe niż 1 kV.

#### **2.2.2 Znamionowa wartość naciągu izolatora 6000 N i 12000 N**

Znamionowa wartość naciągu izolatora 6000 N i 12000 N nie powinna być mniejsza od największego naciągu występującego w miejscu wbudowania. Przy naciągach większych od wartości naciągu znamionowego izolatora dopuszcza się równoległe łączenie dwóch izolatorów o tych samych parametrach. Połączenie dwóch izolatorów powinno zapewniać ich równomierne obciążenie.

#### **2.2.3 Izolacja między przewodami jezdny różnych biegunowości**

Izolacja między przewodami jezdny tramwajowymi i trolejbusowymi oraz między przewodami jezdny a częściami uziemionymi powinna być podwójna (dwustopniowa) przy stosowaniu izolatorów 1,5 kV. Pierwszy stopień izolacji powinien być umieszczony między przewodem jezdny a konstrukcją nośną, drugi stopień między konstrukcją nośną a konstrukcją wsporczą. Dopuszcza się izolację jednostopniową przy stosowaniu izolatora na napięcie 3 kV między konstrukcją nośną a przewodem jezdny. Element konstrukcji nośnej wykonany z materiałów izolacyjnych o wytrzymałości elektrycznej według punktu 2.2.1 stanowi jeden stopień izolacji.

W przypadku prowadzenia konstrukcji nośnych (poprzeczek) nad chodnikami i ciągami dla pieszych należy zastosować w poprzeczkach dodatkowe stopnie izolacji zapewniające brak napięcia w przypadku jej zerwania w części dotyczącej elementów sieci pod napięciem a zerwanym końcem leżącym na chodniku czy ciągu dla pieszych.

### **2.2.4 Rezystancja izolacji sieci trakcyjnej tramwajowej i trolejbusowej**

Rezystancja izolacji powinna wynosić nie mniej niż 1 MΩ. Warunek ten dotyczy również izolacji sekcjonowania sieci.

## **2.3 Konstrukcje nośne**

### **2.3.1 Wykonanie**

Jako konstrukcje nośne mogą być stosowane wysięgniki oraz układy z drutów i lin stalowych. Dopuszcza się stosowanie innych elementów o nie gorszej wytrzymałości mechanicznej na obciążenia statyczne, dynamiczne i zmęczeniowe.

### **2.3.2 Wysięgnyki**

Wysięgnyki powinny być wykonane z kształtowników według Norm Polskich: PN-EN 10056-1:2000P *Kształtowniki równoramienne i nierównoramienne ze stali konstrukcyjnej - Wymiary* oraz PN-EN 10056-2:1998P *Kształtowniki równoramienne i nierównoramienne ze stali konstrukcyjnej. Tolerancja kształtu i wymiarów* oraz z rur stalowych. Dopuszcza się stosowanie innych materiałów o nie gorszej wytrzymałości mechanicznej na obciążenia statyczne, dynamiczne i zmęczeniowe.

### **2.3.3 Poprzeczne konstrukcje nośne z lin**

#### **2.3.3.1 Materiał**

Liny stalowe zawieszenia poprzecznego stosowane na konstrukcje nośne powinny odpowiadać wymaganiom PN-ISO-2233:1996, PN-M-80202:1969 i mieć wytrzymałość na rozciąganie nie mniejszą niż 1000 MPa oraz wydłużenie nie mniejsze niż 6%. Dopuszcza się stosowanie innych materiałów o nie gorszej wytrzymałości mechanicznej na obciążenia statyczne, dynamiczne i zmęczeniowe. Dopuszcza się stosowanie drutów o średnicy 5 mm lub 6 mm dla konstrukcji nośnych o naciągach mniejszych niż 8000 N.

#### **2.3.3.2 Prowadzenie konstrukcji nośnej**

Liny zawieszenia poprzecznego konstrukcji nośnej należy prowadzić na odcinkach prostych prostopadle do przewodu jezdno. Dopuszcza się odchylenie nie większe niż 20°. Na pętlach, łukach i rozjazdach liny konstrukcji nośnej powinny być prowadzone wzdłuż promieni łuków z odchyleniem nie większym niż 12°.

Zalecane pochylenie lin poprzecznych konstrukcji nośnej:

- na odcinkach prostych - od 1:8 do 1:5,
- na łukach od strony zewnętrznej - od 1:15 do 1:30,
- na łukach od strony wewnętrznej - od 1:8 do 1:15.

#### **2.3.3.3 Skrzyżowanie z przewodami jezdny**

Przy swobodnych skrzyżowaniach konstrukcji nośnej z przewodami jezdny liny powinny być prowadzone nad przewodami jezdny w odległości nie mniejszej niż 0,5 m. Dopuszcza się zmniejszenie tej odległości w przypadku zastosowania podwójnej izolacji na krzyżowych linach z przewodami jezdny.

## **2.4 Konstrukcje wsporcze**

### **2.4.1 Wykonanie i materiał**

Jako konstrukcje wsporcze w sieciach trakcyjnych tramwajowych lub trolejbusowych stosuje się słupy oraz haki lub rozety ściennie.

Słupy trakcyjne, pełniące funkcję słupów trakcyjnych lub trakcyjno-oświetleniowych, mogą być konstrukcji:

- ➔ żelbetowej,
- ➔ stalowej - wykonane ze stali profilowanej lub z rur.

Dopuszcza się stosowanie innych rozwiązań i materiałów, jeżeli spełniają wymagania wytrzymałościowe stawiane słupom żelbetowym i stalowym. Wszystkie konstrukcje wsporcze muszą być wykonane zgodnie z Polską Normą PN-EN 1090-1:2010P *Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Część 1: Zasady oceny zgodności elementów konstrukcyjnych* (Norma wycofana).

## **2.4.2 Ustawianie słupów trakcyjnych**

### **2.4.2.1 Ustawianie słupów na chodnikach**

Słupy trakcyjne muszą być ustawiane zgodnie z wymogami dla słupów oświetleniowych określonymi w Rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. 1999 nr 43 poz. 430).

Odległość słupów od krawędzi wyjazdów do bram, garaży i innych przejść przez chodniki powinna wynosić nie mniej niż 1,5 m.

Odległość między czołową powierzchnią słupa a krawędzią szyny toru tramwajowego powinna wynosić na szlakach prostych nie mniej niż 1,5 m. Na przystankach tramwajowych słupy trakcyjne należy ustawić w odległości nie mniejszej niż 2,5 m od krawędzi szyny. W uzasadnionych przypadkach odległość ta może być zmniejszona do 2 m.

### **2.4.3 Odciążniki słupów trakcyjnych**

Na trasach peryferyjnych dopuszcza się stosowanie odciążek konstrukcji wsporczych z lin stalowych wg Normy Polskiej PN-M-80202:1969 *Liny stalowe 1x7* o przekroju nie mniejszym niż 16 mm<sup>2</sup> i minimalnej wytrzymałości na rozerwanie 400 MPa.

Lina odciążnika powinna być poprowadzona na wysokości nie mniejszej niż 5 m nad powierzchnią jezdni i 3 m nad powierzchnią chodnika.

### **2.4.4 Haki i rozety ściennie**

Haki i rozety ściennie mogą być umieszczone w murach budynków w odległości nie mniejszej niż 0,5 m od narożnika budynku lub krawędzi otworów okiennych. Odległości między hakami nie powinny być mniejsze niż 0,5 m, a rozetami nie mniejsze niż 1,0 m

### **2.4.5 Wspólne konstrukcje wsporcze trakcyjno-oświetleniowe**

Słupy trakcyjne tramwajowe i trolejbusowe, ustawione na poboczu torowiska lub na zewnątrz, mogą być wykorzystane do oświetlenia ulic, jeżeli są podwójnie izolowane od sieci jezdnej i innych urządzeń specjalnych sieci trakcyjnej, a oświetlenie ma odpowiednią ochronę przeciwporażeniową.

Dopuszcza się wykorzystanie słupów trakcyjnych do oświetlenia ulic z jednostopniową izolacją o wytrzymałości elektrycznej 3 kV, jeżeli instalacja oświetleniowa ma odpowiednią ochronę przeciwporażeniową. Maszty oświetleniowe mogą być wykorzystywane do podwieszania sieci tramwajowej lub trolejbusowej, jeżeli mają podwójną izolację w zawieszaniach poprzecznych w stosunku do sieci jezdnej. Nie należy instalować oświetlenia na słupach trakcyjno-oświetleniowych uszynionych, na których są zainstalowane urządzenia spe-

cialne trakcji elektrycznej (odłączniki, skrzynki zwrotnicowe, sygnalizacyjne itp.). W przypadku zainstalowania na słupie trakcyjnym opraw oświetleniowych nie dopuszcza się podłączenia do słupa przewodu ochronnego PE lub ochronno - roboczego PEN. Oprawy oświetleniowe powinny posiadać drugą klasę izolacji na napięcie 600 V DC.

#### **2.4.6 Montaż urządzeń specjalnych na konstrukcjach wsporczych trakcji tramwajowej**

Urządzenia specjalne, takie jak punkty zasilające odłączniki, skrzynki sterowania sygnalizacji, ogrzewania itp. mogą być instalowane na słupach trakcyjnych tylko po uszynieniu tych urządzeń przewodem izolowanym od słupa.

Dopuszcza się montaż urządzeń specjalnych na słupach trakcyjno-oświetleniowych zerowanych lub uziemionych, jeżeli:

- urządzenie ma podwójną izolację w stosunku do słupa,
- słup nie będzie wykorzystany jako przewód uszyniający,
- urządzenia będą uszynione przewodem izolowanym od słupa.

#### **2.4.7 Montaż urządzeń specjalnych na konstrukcjach wsporczych trakcji trolejbusowej**

Urządzenia specjalne, takie jak punkty zasilające odłączniki, skrzynki sterowania, sygnalizacji, ogrzewania itp. mogą być instalowane na słupach trakcyjnych, jeżeli mają podwójną izolację w stosunku do słupa lub pojedynczą izolację o wytrzymałości elektrycznej 3 kV.

#### **2.4.8 Montaż znaków, tablic i kolumn sygnalizacyjnych na słupach oraz przewodach sieci**

Znaki, tablice i kolumny sygnalizacyjne przeznaczone dla prowadzących tramwaje, a wymienione w Prawie o Ruchu Drogowym, należy montować zgodnie z przepisami tego prawa.

Dopuszcza się montaż bezpośrednio po prawej stronie przewodu jezdnego, patrząc w kierunku jazdy, znaków dotyczących ograniczenia prędkości, jak również ich odwołania.

### **2.5 Ochrona przeciwprzepięciowa**

Sieć jezdna tramwajowa i trolejbusowa powinny być zabezpieczone przed skutkami przepięć atmosferycznych ogranicznikami przepięć. W sieci trolejbusowej ograniczniki należy instalować w przewodach plusowych i minusowych. Ograniczniki powinny być umieszczone przy punktach zasilających na pętlach i w zajezdniach w każdej sekcji zasilania.

Ograniczniki mogą być uziemione lub uszynione, w zależności od konstrukcji torowiska. W przypadku mocowania odgromnika na słupie stalowym trakcyjno-oświetleniowym dopuszcza się wykorzystanie słupa jako przewodu uszyniającego lub uziemiającego dla trakcji trolejbusowej. Połączenie słupa z uszynieniem lub uziemieniem należy wykonać przez złącze kontrolne. Nie należy wykorzystywać zbrojenia słupów żelbetowych jako przewodu uszyniającego lub uziemiającego, jeżeli nie mają one specjalnie do tego celu wyprowadzonych zacisków.

### **2.6 Ochrona przeciwporażeniowa**

W sieciach trakcyjnych jezdnych tramwajowych z pojedynczą izolacją, słupy trakcyjne powinny być uszynione. Dopuszcza się także po wykonaniu analizy zastosowanie uszynienia grupowego.

Uszynienie powinno być wykonane przewodem izolowanym o przekroju nie mniejszym niż 70 mm<sup>2</sup>.

W sieciach trakcyjnych jezdnych trolejbusowych jako system ochrony przeciwporażeniowej należy stosować podwójną izolację o wytrzymałości elektrycznej 3 kV. Konstrukcje stalowe, tj. mosty, wiadukty, estakady itp., które mają podwójną izolację w stosunku do sieci jezdnej tramwajowej, należy uszyniać przez iskiernik niskonapięciowy o napięciu zapłonu 60 V lub stosować zwieracze elektroniczne, w zależności od potrzeb jedno - lub dwukierunkowe.