



Polskie Sieci Elektroenergetyczne  
Operator S.A.

**STANDARDOWE SPECYFIKACJE TECHNICZNE**

**LINIA NAPOWIETRZNA 400 kV**

**ZAŁĄCZNIK 1**

Numer Kodowy: PSE-SF.Linia 400kV.1 PL/2009v1

**SŁUPY**

**KONSTANCIN-JEZIORNA, Luty 2009 r.**

*Sm*

**Spis treści:**

- 1. Część ogólna**
- 2. Normy powołane**
- 3. Ogólne wymagania dla słupów**
- 4. Materiały i wyroby**
  - 4.1 Stal
  - 4.2 Śruby
  - 4.3 Nakrętki
  - 4.4 Podkładki
  - 4.5 Śruby kotwiące
  - 4.6 Elektrody
- 5. Obliczenia statyczne**
  - 5.1 Modele obliczeniowe
  - 5.2 Metoda wymiarowania
  - 5.3 Obciążenia
  - 5.4 Dodatkowy współczynnik obciążenia dla oddziaływań
- 6. Badania**
  - 6.1 Próby obciążeniowe konstrukcji
  - 6.2 Badania stali
- 7. Zalecenia konstrukcyjne związane z utrzymaniem i eksploatacją linii**
- 8. Montaż kontrolny**

## 1. Część ogólna

Wymagania techniczne dla konstrukcji wsporczych słupów dotyczą słupów linii elektroenergetycznych 220 kV i 400 kV.

Specyfikacja techniczna obejmuje wymagania w zakresie konstrukcji, wytrzymałości mechanicznej materiałów oraz wymagania w zakresie badań.

## 2. Normy powołane

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>PN-EN 10021:2007 (U)</b>       | Ogólne warunki techniczne dostawy wyrobów stalowych  |
| <b>PN-EN 10025-1:2007</b>         | Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych -- Część 1: Ogólne warunki techniczne dostawy  |
| <b>PN-EN 10025-2:2007</b>         | Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych -- Część 2: Warunki techniczne dostawy stali konstrukcyjnych niestopowych  |
| <b>PN-EN ISO/IEC 17050-1:2005</b> | Ocena zgodności -- Deklaracja zgodności składana przez dostawcę.-- Część 1. Wymagania ogólne.  |
| <b>PN-EN 10204:2006</b>           | Wyroby metalowe – Rodzaje dokumentów kontroli  |
| <b>PN-EN ISO 4014:2004</b>        | Śruby z łbem sześciokątnym -- Klasy dokładności A i B  |
| <b>PN-EN ISO 4016:2004</b>        | Śruby z łbem sześciokątnym – Klasa dokładności C   |
| <b>PN-B-03215:1998</b>            | Konstrukcje stalowe -- Połączenia z fundamentami -- Projektowanie i wykonanie  |
| <b>PN-EN ISO 4034:2004</b>        | Nakrętki sześciokątne – Klasa dokładności C  |
| <b>PN-EN ISO 7091:2003</b>        | Podkładki okrągłe -- Szereg normalny -- Klasa dokładności C  |
| <b>PN-EN ISO 4759-1:2004</b>      | Tolerancja części złącznych -- Część 1: Śruby, wkręty, śruby dwustronne i nakrętki -- Klasy dokładności A, B i C   |
| <b>PN-EN ISO 1461:2000</b>        | Powłoki cynkowe nanoszone na stal metodą zanurzeniową (cynkowanie jednostkowe) -- Wymagania i badania  |
| <b>PN-B-03205:1996</b>            | Konstrukcje stalowe -- Podpory linii elektroenergetycznych -- Projektowanie i wykonanie  |
| <b>PN-B-03200:1990</b>            | Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie  |
| <b>PN-B-06200:2002</b>            | Konstrukcje stalowe budowlane -- Warunki wykonania i odbioru -- Wymagania podstawowe   |
| <b>PN-EN 60652:2006</b>           | Badania obciążeniowe konstrukcji wsporczych elektroenergetycznych linii napowietrznych   |
| <b>PN-EN 10002-1:2004</b>         | Metale -- Próba rozciągania -- Część 1: Metoda badania w temperaturze otoczenia  |
| <b>PN-EN ISO 2560:2006 (U)</b>    | Spawalnictwo -- Materiały dodatkowe do spawania -- Elektrody otulone do ręcznego spawania łukowego stali niestopowych i drobnoziarnistych -- Oznaczenie                                    |
| <b>PN-EN 440:1999</b>             | Spawalnictwo -- Materiały dodatkowe do spawania -- Druty elektrodowe i stopiwo do spawania łukowego elektrodą topliwą w osłonie gazów stali niestopowych i drobnoziarnistych -- Oznaczenie |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>PN-EN 758:2001</b> | Materiały dodatkowe do spawania -- Druty proszkowe do spawania łukowego w osłonie i bez osłony gazowej stali niestopowych i drobnoziarnistych -- Klasyfikacja |
| <b>DIN 7990:1999</b>  | Sechskantschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen  |

Należy wykorzystać te wersje norm, które obowiązują w czasie składania ofert przetargowych.

W przypadku, gdy wymagania niniejszej Specyfikacji są bardziej rygorystyczne od wymagań zawartych w powyższych normach, należy stosować się do wymagań podanych w specyfikacji.

### 3. Ogólne wymagania dla słupów

Przy projektowaniu stalowych słupów kratowych należy spełnić wymagania normy PN-90/B-03200:1990 oraz normy PN-B-03205:1996 (z wyłączeniem Tablic 1 i 2 tej normy).

Przy projektowaniu stalowych słupów pełnościennych należy spełnić wymagania normy PN-90/B-03200:1990 oraz normy PN-B-03205:1996 (z wyłączeniem Tablic 1 i 2 tej normy oraz p. 4.8).

## 4. Materiały i wyroby

### 4.1 Stal

Należy przyjmować wg norm hutniczych i aktualnych programów produkcji, dobierając gatunek stali oraz jej właściwości mechaniczne, technologiczne i eksploatacyjne odpowiednio do rodzaju i przeznaczenia konstrukcji, a mianowicie: PN-EN 10025-1:2007, PN-EN 10025-2:2007.

Minimalna grubość stali profilowej oraz blach to 4 mm.

### 4.2 Śruby

Należy stosować śruby zgrubne z łbem sześciokątnym, których klasa właściwości mechanicznych określona jest wg PN-EN ISO 4759-1:2004, stosownie do kategorii połączenia. Zaleca się stosowanie śrub klasy min 5.6. W zakresie długości śruby należy dobierać według norm DIN 7990:1999 oraz PN-EN ISO 4014:2004 lub PN-EN ISO 4016:2004. Nie dopuszcza się stosowania w jednej konstrukcji stalowej słupa śrub o tej samej średnicy wykonanych w różnych klasach własności mechanicznych. W przypadku zastosowania w konstrukcji śrub o różnych klasach, poszczególne węzły połączeniowe muszą być pod tym względem opisane w dokumentacji wykonawczej słupa w sposób jednoznaczny.

W połączeniach konstrukcyjnych należy stosować śruby o minimalnej średnicy 12 mm.

### 4.3 Nakrętki

Należy stosować nakrętki wg norm przedmiotowych (PN-EN ISO 4034:2004), stosując klasę właściwości mechanicznych min 5 lub wyższą, w zależności od klasy śruby.

#### 4.4 Podkładki

W zależności od potrzeb stosować płaskie podkładki zwykłe lub sprężyste, a w przypadku konieczności wynikających ze względów konstrukcyjnych, podkładki klinowe. Podkładki należy stosować wg norm przedmiotowych (PN-EN ISO 7091:2003 dla podkładek okrągłych).

#### 4.5 Śruby kotwiące

Do połączenia płyty podstawy słupa z fundamentem należy stosować śruby kotwiące wg PN-B-03215:1998.

#### 4.6 Elektrody

Elektrody należy dobierać wg normy przedmiotowej PN-EN ISO 2560:2006 (U), a druty spawalnicze należy dobierać wg norm przedmiotowych PN-EN 758:2001 i PN-EN 440:1999 – odpowiednio do gatunku stali, metody i warunków spawania.

### 5. Obliczenia statyczne

#### 5.1 Modele obliczeniowe

Dla konstrukcji kratowej powinien być stosowany w pełni przestrzenny schemat konstrukcji (tj. nie dopuszcza się sprowadzania obliczeń statycznych do analizy schematów płaskich, np. kratowych). Należy zapewnić geometryczną niezmienność konstrukcji.

Dla konstrukcji pełnościennej należy stosować model według zasad przyjętych w klasycznej teorii mechaniki budowli.

#### 5.2 Metoda wymiarowania

Przy projektowaniu słupów należy posłużyć się metodą obliczeniową opartą na liniowej mechanice konstrukcji, przy wykorzystaniu jednej z komputerowych metod analizy (np. metody elementów skończonych).

Wymiarowanie konstrukcji należy wykonać metodą stanów granicznych. Należy przeanalizować stan graniczny nośności i stan graniczny użyteczności, czyli stan związany z różnymi formami zniszczenia konstrukcji i stan obejmujący warunki, poza którymi określone wymagania użyteczności konstrukcji lub elementu konstrukcyjnego nie są spełnione.

W przypadku pełnościennej konstrukcji podpory o wysokości  $H$ , dopuszcza się w modelu obliczeniowym maksymalne ugięcie dla słupów przelotowych o wartości  $H/40$ , a dla słupów mocnych o wartości  $H/50$ . Równocześnie poziome ugięcie poprzeczника słupa mocnego nie może przekraczać wartości  $L/50$ , gdzie  $L$ -długość poprzeczника.

Powyższe ugięcia mają być spełnione dla normalnych i montażowych warunków pracy konstrukcji.

### 5.3 Obciążenia

Rodzaje, wartości, współczynniki i kombinacje obciążeń należy ustalać zgodnie z normą PN-EN 50341-1:2001 oraz projektem NNA.

Przy wyznaczaniu długości pręseł ciężarowych konieczne jest uwzględnienie różnic wysokości podwieszeń przewodów.

### 5.4 Dodatkowy współczynnik obciążenia dla oddziaływań

Przy projektowaniu słupów linii elektroenergetycznych należy uwzględnić dodatkowy współczynnik dla oddziaływań. Dla słupów wielotorowych, wielonapięciowych i nadleśnych wartość tego współczynnika należy przyjmować równą 1,1 a dla pozostałych równą 1,0.

## 6. Badania

### 6.1 Próby obciążeniowe konstrukcji

Zamawiający wymaga przeprowadzenia prób obciążeniowych, w tym jednej próby do zniszczenia, jednego słupa przelotowego oraz jednego słupa mocnego. Badania należy przeprowadzić według normy PN-EN 60652:2006. Program badań podlega uzgodnieniu z Zamawiającym.

Program badań powinien określać:

- poziom obciążenia, do którego prowadzi się badania (100% lub więcej),
- przykładane obciążenia (wartości, kierunki, miejsca),
- stopniowanie obciążeń,
- czas utrzymywania ostatniego obciążenia,
- kolejność badanych przypadków obciążenia, w tym badanie do zniszczenia,
- pomiary odkształceń konstrukcji,
- badanie próbek stali.

W uzasadnionych przypadkach Zamawiający może zrezygnować z badań lub ograniczyć ich zakres.

### 6.2 Badania stali

Materiał wbudowany w konstrukcję musi spełnić wymagania jakościowe, określone w dokumentacji technicznej, na podstawie, której sporządza się zamówienie. Dowodem na otrzymanie materiału zgodnego z zamówieniem jest dokument odbiorowy wystawiany przez odpowiednią komórkę kontrolną określony normą PN-EN 10204:2006.

Wyroby powinny być dostarczane z atestem („rodzaj 2.2”). W uzasadnionych przypadkach Zamawiający może zaakceptować deklarację zgodności z zamówieniem („rodzaj 2.1”). Deklaracja zgodności składana przez Dostawcę powinna spełniać wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17050-1:2005.

Wytwórca powinien zapewnić identyfikację dostawy przez cechowanie wyrobu lub poszczególnych partii wysyłkowych zgodnie z odpowiednią normą lub uzgodnieniem przy zamawianiu.

Zamawiający zastrzega sobie prawo do niezależnej wrywkowej kontroli stali poprzez zbadanie 3 próbek z dostarczonej partii wyrobu z kątowników przeznaczonych na krawężniki. Kontrolę należy wykonać zgodnie z normą PN-EN 10002-1:2004 (próba rozciągania), w której zostaną określone własności mechaniczne stali, czyli górna i dolna granica plastyczności, umowna granica plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie procentowe przy zerwaniu.

## 7. Wymagania konstrukcyjne związane z utrzymaniem i eksploatacją linii

Konstrukcje słupów powinny być tak zaprojektowane, aby umożliwić komunikację po trzonie słupa bez konieczności wkraczania montera w strefę prac pod napięciem. Jeżeli nie jest to możliwe na całej wysokości słupa, należy słup wyposażyć w dodatkowe drabiny umieszczone poza ww. strefą (np. w środku zakratowania ścian lub we wnętrzu konstrukcji).

Pojęcia „*strefa prac w pobliżu napięcia*” oraz „*strefa prac pod napięciem*” należy rozumieć zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 17.09.1999 r. „W sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach elektrycznych” (Dz.U. nr 80, poz. 912). Przy określaniu granic stref prac pod napięciem wg ww. rozporządzenia należy przyjąć odległość wokół części znajdujących się pod napięciem równą 3,5 m.

Słupy powinny być wyposażone w drogi komunikacji pionowej i poziomej oraz systemy asekuracji przed upadkiem.

### ***Słupy kratowe***

#### Komunikacja pionowa

Konstrukcje słupów kratowych powinny być wyposażone w ciągi komunikacyjne w postaci stopni włączonych lub drabin. Na etapie projektu wykonawczego Zamawiający może zaakceptować inne rozwiązanie bezpiecznej drogi poruszania się monterów po trzonie i kolumnie.

W przypadku kratowych słupów jednotorowych na trzonie słupa powinien występować co najmniej jeden ciąg stopni włączonych.

W przypadku kratowych słupów dwu lub wielotorowych, w których tory rozmieszczone są na poprzecznikach po obu stronach trzonu, wymagane są dwa ciągi stopni włączonych umożliwiające niezależne dojścia do każdego z torów. Stopnie włączone należy umieszczać po przekątnej na dwóch przeciwległych krawężnikach każdego słupa.

Niezależnie od ilości torów na słupie, ciąg stopni włączonych powinien być rozmieszczony na całej wysokości słupa. Stopnie włączone stałe należy rozpoczynać w odległości 3 m nad terenem i kontynuować do najwyższego

Niezależnie od ilości torów na słupie, ciąg stopni włączonych powinien być rozmieszczony na całej wysokości słupa. Stopnie włączony stałe należy rozpoczynać w odległości 3 m nad terenem i kontynuować do najwyższego poprzecznika. Stopnie włączony należy umieszczać naprzemiennie równomiernie w rozstawie max 400 mm pomiędzy stopniami. Zalecana odległość między stopniami wynosi 350 mm. Nie dopuszcza się zaburzania biegu stopni włączonych. Średnica stopni włączonych powinna wynosić 20 mm, a ich długość 220 mm. Śruby zastosowane na stopnie włączony należy wykonać zgodnie z normą PN-EN ISO 4016:2004. Możliwe jest zastosowanie stopni włączonych typu NK 20520 produkowanych przez Zakłady Wytwórcze Sprzętu Sieciowego „BELOS” SA lub innych tego typu.

Przy pokonywaniu wysokości powyżej 30 m do poprzecznika, należy na ciągu komunikacyjnym zapewnić pomost spoczynkowy umożliwiający postawienie obu nóg monterowi.

Jeśli przewiduje się wchodzenie montera na słup z wykorzystaniem poziomych prętów konstrukcji, to te pręty należy zaprojektować na zginanie siłą 1000 N.

#### Komunikacja pozioma

Poprzeczniki i wieżyczki słupów, po których poruszają się monterzy, powinny być dodatkowo wyposażone w asekuracyjne pręty bezpieczeństwa służące do zapięcia liny bezpieczeństwa lub odpowiednie drabinki. Po poprzecznikach kratowych należy poruszać się po zakratowaniu dolnego pasa.

#### ***Słupy pełnościennie rurowe***

System komunikacji pionowej w słupach pełnościennych rurowych powinien być zapewniony przez specjalne drabinki z dodatkowym systemem asekuracji montera, zapobiegający odpadnięciu od konstrukcji.

Przy pokonywaniu wysokości powyżej 30 m do poprzecznika, należy na ciągu komunikacyjnym zapewnić pomost spoczynkowy umożliwiający postawienie obu nóg monterowi.

Komunikacja pozioma w słupach pełnościennych powinna być zrealizowana w postaci czasowo podwieszonych pomostów montażowych umożliwiających dotarcie montera do końca poprzecznika. W tym celu trzony pełnościennie i ich poprzeczniki powinny być wyposażone w specjalne uchwyty.

Dodatkowo wzdłuż poprzecznika powinien być zamontowany na stałe pręt bezpieczeństwa.

Słupy pełnościennie należy także wyposażać w elementy umożliwiające montaż oprzyrządowania technologicznego (np. uchwyty do bezpiecznego zaczepienia rolek montażowych, drabinek monterskich, zaczepienia odciągów kotwiących poprzeczniki lub trzony słupów podczas naciągu przewodów).

Na wysokości około 1 m nad terenem każdy słup musi być wyposażony w zamykany otwór rewizyjny w ścianie trzonu o wymiarze co najmniej 200x200 mm, który umożliwi kontrolę stanu wnętrza trzonu oraz ewentualne wypełnienie wnętrza betonem. Pokrywa otworu musi być zaopatrzona w kratkę wentylacyjną. Na szczycie słupa musi znajdować się szczelina umożliwiająca grawitacyjną wentylację wnętrza trzonu zabezpieczona przed penetracją deszczu lub śniegu.

Na etapie projektu wykonawczego Zamawiający w może zaakceptować inne rozwiązanie umożliwiające kontrolę stanu wnętrza trzonu oraz ewentualne wypełnienie wnętrza betonem.

## **8. Montaż kontrolny**

Montaż kontrolny prototypu konstrukcji kratowych w wytwórni należy do obowiązków Producenta lub Dostawcy słupów. Montaż ten ma na celu sprawdzenie poprawności wykonania konstrukcji po jej prawidłowym zaprojektowaniu. Odbiór konstrukcji po montażu powinien odbywać się przy udziale projektanta konstrukcji. W czasie odbioru konstrukcji należy spisać protokół z przebiegu montażu kontrolnego.

Warunki wykonania i odbioru konstrukcji zawarte są w normie PN-B-06200:2002.