

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH	PRENORMA SEP	P SEP-E-0001
	SIECI ELEKTROENERGETYCZNE NISKIEGO NAPIĘCIA	Zamiast:
	OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA	Grupa katalogowa: ICS 91.140.50; 29.020

PRZEDMOWA

Międzynarodowa organizacja normalizacyjna IEC jak i europejska organizacja normalizacyjna CENELEC nie wydały dotychczas dokumentów dotyczących ochrony przeciwporażeniowej w liniach (sieciach) elektroenergetycznych. Jednak w niektórych publikacjach IEC, dotyczących instalacji elektroenergetycznych niskiego napięcia, oraz w publikacji CENELEC, dotyczących instalacji elektroenergetycznych wysokiego napięcia, można znaleźć postanowienia, które odnoszą się nie tylko do ochrony przeciwporażeniowej w instalacji, ale i w sieci elektroenergetycznych. Postanowienia te nie zawsze prowadzą do rozwiązań identycznych z tymi, które uzyskuje się stosując wymagania unieważnionego rozporządzenia Ministra Przemysłu z 1990 r. Dlatego też ustanawia się prenormę dotyczącą ochrony przeciwporażeniowej w liniach elektroenergetycznych, w pierwszej kolejności, niskiego napięcia. Postanowienia niniejszej prenormy opracowano w oparciu o skoordynowane wymagania, odnoszące się lub mogące odnosić się do linii elektroenergetycznych, zawarte w publikacjach IEC (głównie PN-IEC 60364) [5], CENELEC oraz w unieważnionym rozporządzeniu Ministra Przemysłu.

	Zatwierdzona przez Prezesa SEP dnia 25. października.2001r
--	---

1. Zakres stosowania

- 1.1. Przedmiotem prenormy są wymagania dotyczące ochrony przeciwporażeniowej przy dotyku pośrednim (ochrony dodatkowej) w liniach elektroenergetycznych prądu przemiennego 50 Hz, o napięciu znamionowym wyższym od 50V lecz nie przekraczającym 1000V, napowietrznych z przewodami gołymi i izolowanymi oraz w liniach kablowych, zwanych dalej liniami niskiego napięcia.
- 1.2. Wymagania prenormy stosuje się przy projektowaniu i budowie obwodów rozdzielczych linii oraz obwodów odbiorczych urządzeń elektrycznych zainstalowanych na konstrukcjach wsporczych linii niskiego napięcia zasilanych z tych linii (dotyczą m.in. napowietrznych i kablowych sieci oświetlenia drogowego wraz z latarniami i urządzeniami do sterowania i programowania pracy tych sieci). Wymagania prenormy stosuje się do linii pracujących w układzie sieciowym TN lub TT.
- 1.3. Postanowień prenormy nie stosuje się do:
 - a) istniejących linii elektroenergetycznych niskiego napięcia, napowietrznych i kablowych prądu przemiennego, w których wykonywane prace remontowe lub modernizacyjne nie obejmują elementów linii mających związek z ochroną przeciwporażeniową przy dotyku pośrednim (ochroną dodatkową) lub elementów linii, które mogą mieć wpływ na skuteczność tej ochrony,
 - b) elektroenergetycznych linii niskiego napięcia prądu przemiennego o częstotliwości innej niż 50 Hz,
 - c) elektroenergetycznych linii niskiego napięcia prądu stałego,
 - d) elektroenergetycznych linii niskiego napięcia prądu przemiennego znajdujących się na ogrodzonych terenach ruchu elektrycznego, jeżeli normy dotyczące takich terenów postanowią inaczej,
 - e) napowietrznych sieci jezdnych trakcji kolejowej, tramwajowej i trolejbusowej,
 - f) elektroenergetycznych linii niskiego napięcia znajdujących się na terenach kopalni głębinowych i odkrywkowych,
 - g) elektroenergetycznych, polowych linii wojskowych niskiego napięcia,
 - h) elektroenergetycznych przewodów ślizgowych urządzeń transportowych i dźwigowych,
 - i) elektroenergetycznych linii niskiego napięcia wymienionych w aktach prawnych wyższego rzędu, w których nakazano stosować postanowienia specjalne.

2. Określenia

Na użytek niniejszej prenormy stosuje się następujące określenia:

- 2.1. **Część czynna** - przewód lub inna część przewodząca przeznaczona do pracy pod napięciem roboczym. Częścią czynną są przewody fazowe (liniowe) i przewód neutralny N, a nie jest częścią czynną przewód PEN i PE (IEV 826-03-01 MOD).
- 2.2. **Część przewodząca dostępna** - część przewodząca urządzenia elektrycznego nie będąca częścią czynną, która może być dotknięta i która może znaleźć się pod napięciem tylko w następstwie uszkodzenia izolacji (stałej lub gazowej) urządzenia (IEV 826-03-02 MOD).
- 2.3. **Część przewodząca obca** - dostępna dla dotyku część przewodząca, nie będąca częścią urządzenia elektrycznego, która może znaleźć się pod określonym potencjałem, zazwyczaj pod potencjałem ziemi (IVE 826-03-03 MOD).
- 2.4. **Linia elektroenergetyczna** - zespół przewodów, materiałów izolacyjnych i odpowiednich akcesoriów przeznaczony do przesyłania energii elektrycznej między dwoma punktami sieci elektroenergetycznej (IEV 601-03-03).
- 2.5. **Linia elektroenergetyczna kablowa** - linia elektroenergetyczna o przewodach izolowanych, ułożonych bezpośrednio w ziemi lub też w odpowiednim tunelu, kanale, galerii, rurociągu itp. (IEV 601-03-05).
- 2.6. **Linia elektroenergetyczna napowietrzna** - linia elektroenergetyczna, której przewody są zawieszane nad ziemią za pomocą izolatorów i odpowiednich konstrukcji wsporczych (IEV 601 03-04).
- 2.7. **Napięcie dotykowe U_{ST}** (napięcie dotykowe spodziewane) - napięcie między równocześnie dostępnymi częściami przewodzącymi, kiedy części te nie są dotykane przez człowieka (IEV 195-05-09).
- 2.8. **Napięcie uziomowe U_E** - napięcie występujące pomiędzy uziomem a ziemią odniesienia.
- 2.9. **Napięcie zakłócenia (uszkodzeniowe) U_F** - napięcie między częścią przewodzącą dostępną a ziemią odniesienia występujące przy uszkodzeniu izolacji doziemnej części czynnej urządzenia elektrycznego.
- 2.10. **Największe dopuszczalne długotrwałe napięcie dotykowe U_L** - napięcie dotykowe, które w danych warunkach środowiskowych może utrzymywać się długotrwałe nie stwarzając zagrożenia porażeniowego.
- 2.11. **Ochrona przeciwporażeniowa przed dotykiem bezpośrednim** (ochrona przed dotykiem bezpośrednim, ochrona podstawowa) - zespół środków technicznych chroniących przed zetknięciem się człowieka z częściami czynnymi stwarzającymi zagrożenie porażeniem prądem elektrycznym.
- 2.12. **Ochrona przeciwporażeniowa przy dotyku pośrednim** (ochrona przed dotykiem pośrednim, ochrona dodatkowa) - zespół środków technicznych chroniących przed, wynikłymi z uszkodzenia izolacji podstawowej (doziemnej izolacji roboczej), skutkami równoczesnego zetknięcia się człowieka lub zwierzęcia z częściami przewodzącymi dostępnymi i częściami przewodzącymi obcymi.

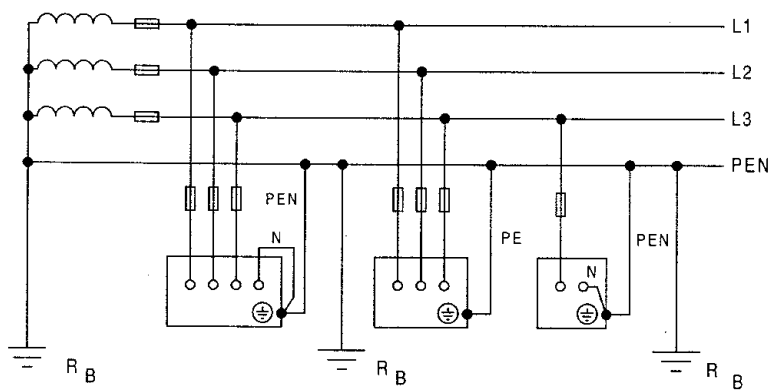
- 2.13. **Ochrona przez separację elektryczną** - środek ochrony przeciwporażeniowej przy dotyku pośrednim polegający na zasilaniu urządzenia elektrycznego za pośrednictwem transformatora separacyjnego lub przetwornicy separacyjnej, przy czym wszystkie części czynne obwodu separowanego są niezawodnie oddzielone elektrycznie od innych obwodów i od ziemi.
- 2.14. **Ochrona przez zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania** - środek ochrony przy dotyku pośrednim polegający na tym, że w przypadku zwarcia między częścią czynną i częścią przewodzącą dostępną albo przewodem ochronnym, spodziewane napięcie dotykowe przekraczające 50 V wartości skutecznej prądu jest wyłączane tak szybko, że nie wystąpią niebezpieczne dla człowieka skutki patofizjologiczne.
- 2.15. **Ochrona przez zastosowanie urządzeń II klasy ochronności** - środek ochrony przy dotyku pośrednim mający na celu zapobieżenie pojawieniu się niebezpiecznego napięcia na częściach przewodzących dostępnych w następstwie uszkodzenia izolacji podstawowej urządzenia.
- 2.16. **Ogrodzony teren ruchu elektrycznego** - ogrodzony (wydzielony) teren, na którym są eksploatowane urządzenia elektryczne, dostępne tylko dla osób upoważnionych.
- 2.17. **Porażenie prądem elektrycznym** - uznane za niebezpieczne dla człowieka lub zwierzęcia skutki patofizjologiczne wywoływane przepływem prądu rażeniowego (IEV 826-03-04 MOD).
- 2.18. **Prąd rażeniowy (prąd dotykowy)** - prąd przepływający przez ciało człowieka.
- 2.19. **Prąd uziomowy I_E** - część prądu jednofazowego zwarcia doziemnego przepływająca przez rozpatrywany uziom (uziomy).
- 2.20. **Prąd wyłączający I_a** - najmniejszy prąd wywołujący zadziałanie, w wymaganym czasie, urządzenia zabezpieczającego powodującego samoczynne wyłączenie zasilania.
- 2.21. **Przewód czynny (roboczy)** - przewód, który jest częścią czynną.
- 2.22. **Przewód fazowy (liniowy) L** - przewód czynny będący w czasie normalnej pracy sieci pod napięciem i przewodzący do przesyłu energii elektrycznej, ale nie będący przewodem neutralnym (IEV 195-02-08 MOD).
- 2.23. **Przewód neutralny N** - przewód czynny wyprowadzony z punktu neutralnego układu prądu przemiennego, uczestniczący w przesyłaniu energii elektrycznej (IEV 195-02-06 MOD).
- 2.24. **Przewód PEN** - uziemiony przewód spełniający równocześnie funkcję przewodu ochronnego PE i przewodu neutralnego N (IEV 195-02-12 MOD).
- 2.25. **Przewód ochronny PE** - uziemiony przewód niepodlegający obciążeniu prądami roboczymi, z którym łączy się części przewodzące dostępne i który stanowi element ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania. Przewód ochronny łączący zacisk ochronny PE z uziomem, a nie będący przewodem linii, w niniejszej prenormie nazywany jest przewodem uziemiającym.
- 2.26. **Przewód uziemiający E** - przewód wprowadzony do ziemi, łączący zacisk uziemiający (zacisk probierczy uziomowy, szynę uziemiającą) z uziomem (IEV 826-04-07 MOD).
- 2.27. **Przyłącze** - linia odgałęźna w sieci rozdzielczej zasilająca bezpośrednio instalację odbiorcy (IEV 601-02-12).
- 2.28. **Punkt neutralny (sieci wielofazowej)** - wspólny punkt połączonych w gwiazdę uzwojeń urządzenia n-fazowego, np. transformatora energetycznego lub transformatora uziemiającego (IEV 601-02-22).
- 2.29. **Rezystancja uziemienia R_E** - rezystancja między zaciskiem uziemiającym lub zaciskiem probierczym a ziemią odniesienia (IEV 826-04-03 MOD).
- 2.30. **Sieć elektroenergetyczna (rozdzielcza)** - zespół połączonych wzajemnie linii i stacji elektroenergetycznych przeznaczonych do przesyłania i rozdzielania energii elektrycznej (IEV 601-01-02).
- 2.31. **Sieć (wysokiego napięcia) z izolowanym punktem neutralnym** - sieć, w której żaden punkt neutralny nie jest umyślnie połączony z ziemią, z wyjątkiem połączeń o dużej impedancji przeznaczonych do zabezpieczeń lub pomiarów (IEV 601-02-024).
- 2.32. **Sieć (wysokiego napięcia) skompensowana** - sieć, w której przynajmniej jeden punkt neutralny jest uziemiony przez reaktancję, kompensującą w przybliżeniu składową pojemnościową prądu, przy zwarciu jednofazowym z ziemią (IEV 601-02-27).
- 2.33. **Sieć (wysokiego napięcia) z punktem neutralnym uziemionym bezpośrednio** - sieć, w której przynajmniej jeden punkt neutralny transformatora lub generatora jest uziemiony bezpośrednio (IEV 601-02-025).
- 2.34. **Sieć (wysokiego napięcia) z punktem neutralnym uziemionym przez impedancję** - sieć, w której przynajmniej jeden punkt neutralny jest uziemiony przez impedancję celem zmniejszenia wartości prądów zwarciovych w stosunku do sieci z punktem neutralnym uziemionym bezpośrednio (IEV 601-02-26).
- 2.35. **Sieć (wysokiego napięcia) skompensowana z punktem neutralnym dorywczo uziemionym przez małą impedancję** - sieć skompensowana, w której w przypadku braku naturalnego zaniku prądu zwarcia doziemnego punkt neutralny lub przewód fazowy obwodu roboczego jest, w kilka sekund po pojawieniu się zwarcia, uziemiony bezpośrednio lub przez impedancję.
- 2.36. **Układ TN** - układ (niskiego napięcia) sieci elektroenergetycznej rozdzielczej i/lub instalacji elektrycznej, w którym punkt neutralny jest uziemiony bezpośrednio, a części przewodzące dostępne są z nim połączone przewodami ochronnymi PE i/lub przewodami PEN, w wyniku czego pętla zwarcia z częścią przewodzącą dostępną jest w całości metaliczna. Stosownie do braku lub obecności i zasięgu przewodu PEN rozróżnia się podukłady TN-C, TN-S oraz TN-C-S (patrz rys. 1).

- 2.37. **Układ TT** - układ (niskiego napięcia) sieci elektroenergetycznej rozdzielczej i/lub instalacji elektrycznej, w którym punkt neutralny jest bezpośrednio uziemiony, a części przewodzące dostępne są połączone z uziemieniami oddzielnymi (niezależnymi) od uziemienia punktu neutralnego w wyniku czego pętla zwarcia z częścią przewodzącą dostępną zamyka się przez ziemię (patrz rys. 2).
- 2.38. **Uziemienie** - połączenie elektryczne z ziemią; uziemieniem nazywa się też instalację uziemiającą, w skład której może wchodzić: uziom, przewód uziemiający, zacisk probierczy lub szyna uziemiająca, a także przewód ochronny, łączący zacisk lub szynę z częścią uziemiającą.
- 2.39. **Uziemienie bezpośrednie** - połączenie części uziemiającej z uziomem tylko za pośrednictwem przewodów, oraz, jeżeli występują, zacisku probierczego lub szyny uziemiającej.
- 2.40. **Uziemienie ochronne** - uziemienie spełniające przypisaną mu funkcję w ochronie przeciwporażeniowej; uziemienie punktu neutralnego N, przewodu PEN (PE) lub zacisku ochronnego.
- 2.41. **Uziemienie ochronno-robocze** - uziemienie spełniające funkcje uziemienia ochronnego i roboczego. W zależności od tego jaką funkcję uziemienia chce się omówić uziemienie ochronno-robocze można nazywać uziemieniem roboczym lub ochronnym.
- 2.42. **Uziemienie oddzielne (niezależne)** - uziemienie, którego potencjał nie zależy od prądów spływających do ziemi z innych uziemień.
- 2.43. **Uziemienie pośrednie** - połączenie części uziemiającej z uziomem poprzez celowo włączoną impedancję (rezystancję, reaktancję).
- 2.44. **Uziom fundamentowy** - uziom w postaci metalowej taśmy lub pręta zatopionego w betonie dla celów uziemienia (uziom fundamentowy sztuczny) lub uziom w postaci stalowego zbrojenia betonowego fundamentu (uziom fundamentowy naturalny).
- 2.45. **Uziom naturalny** - część przewodząca umieszczona w gruncie w innym celu niż uziemienie, a ubocznie wykorzystywana do uziemienia urządzeń elektroenergetycznych.
- 2.46. **Uziom sztuczny** - uziom wykonany specjalnie dla uziemienia urządzeń elektroenergetycznych.
- 2.47. **Ziemia odniesienia** - dowolny punkt na powierzchni albo w głębi ziemi, którego potencjał nie zmienia się pod wpływem prądu przepływającego przez rozpatrywany uziom bądź uziomy; dla uziomu oddzielnego ziemia odniesienia ma potencjał 0.
- 2.48. **Złącze instalacji elektrycznej** - punkt przyłączenia instalacji odbiorcy do publicznej sieci elektroenergetycznej (PN - EN - 50160 p.1.3.3).

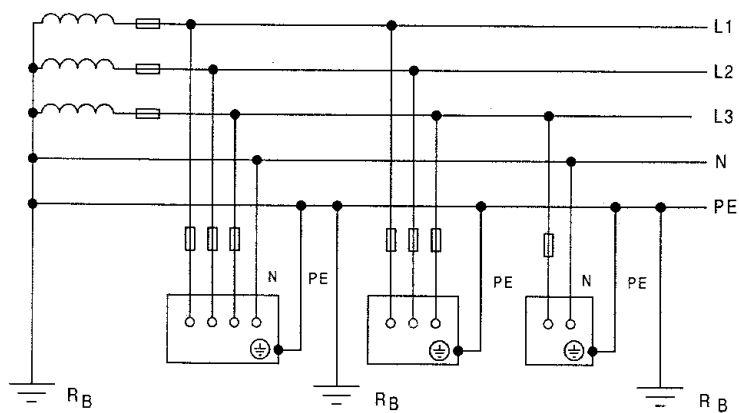
3. Układy sieciowe i zalecany zakres ich stosowania

- 3.1. Zaleca się projektować i budować linie niskiego napięcia w układzie TN-C, który pozwala w sposób optymalny (ze względów technicznych, niezawodnościowych, ekonomicznych) rozwiązać ochronę przy dotyku pośrednim, oraz pozwala zasilać zarówno instalacje elektryczne wykonane w układzie TN-C i TN-S jak też instalacje elektryczne lub ich części wykonane w układzie TT (oznaczenia typów układów wg części 3 normy PN-IEC 60364 [5]).
- 3.2. Elektroenergetyczne linie niskiego napięcia mogą być projektowane i wykonane w układach TN-S lub TT, gdy w projekcie zostanie wykazane, że jest to celowe dla prawidłowej pracy zasilanych obwodów odbiorczych (odbiorników) lub specjalnych wymagań bezpieczeństwa.

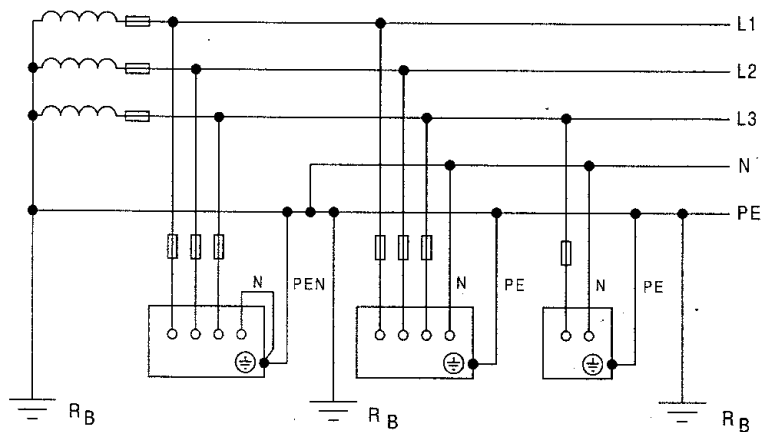
TN - C



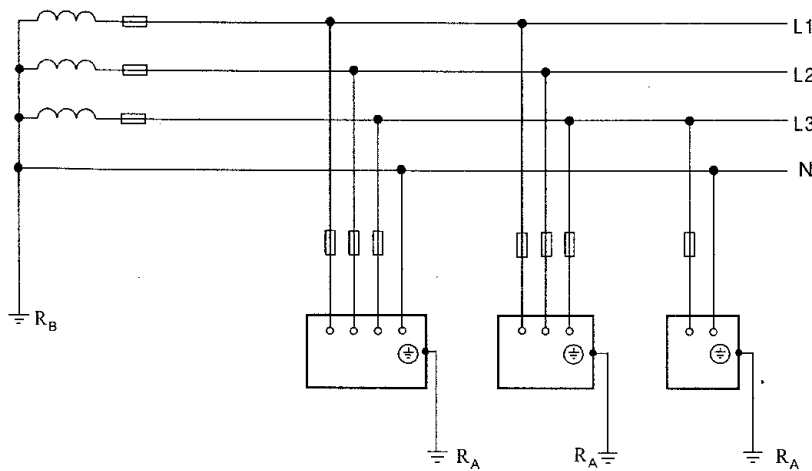
TN - S



TN - C - S



Rysunek 1. Sieci i instalacje niskiego napięcia o układach typu TN



Rysunek 2.2. Sieć i instalacja o układzie typu TT

4. Przewody PEN i PE w liniach elektroenergetycznych

- 4.1. Zaleca się, aby przewody PEN i PE w liniach elektroenergetycznych były wykonane z tego samego materiału co przewody fazowe. Jeżeli przewód PEN (PE) jest wykonany z innego materiału niż przewody fazowe, należy przewód dobrać tak, aby jego konduktancja nie była mniejsza niż konduktancja przewodu ochronnego wykonanego z tego samego materiału co przewód fazowy.
- 4.2. Jako przewody ochronne PE w elektroenergetycznych liniach napowietrznych mogą być stosowane:
 - gołe lub izolowane przewody jednożyłowe,
 - izolowane lub nieizolowane żyły przewodów wielożyłowych,
 - stalowe linki nośne będące żyłą przewodu izolowanego.
- 4.3. Jako przewody PE w elektroenergetycznych liniach kablowych mogą być stosowane:
 - izolowane żyły kabla,
 - metalowe powłoki, ekrany lub pancerze kabli pod warunkiem, że ich przekrój nie jest mniejszy od wymaganego dla przewodu PE oraz w miejscach ich nieciągłości zostaną wykonane mostki spełniające wymagania stawiane przewodom uziemiającym.
- 4.4. Jako przewody PEN można stosować gołe (w liniach napowietrznych) lub izolowane przewody jednożyłowe, izolowane żyły przewodów wielożyłowych oraz linki nośne samonośnych przewodów izolowanych będące żyłą tego przewodu. Jako przewodów PEN nie należy wykorzystywać części przewodzących dostępnych i oddzielnych linek nośnych przewodów fazowych.
- 4.5. Przewody PEN lub PE linii powinny mieć przekrój tak dobrany, by spełniał on:
 - wymagania norm dotyczących projektowania i budowy linii elektroenergetycznych napowietrznych lub kablowych w zakresie wytrzymałości mechanicznej przewodów,
 - wymagania w zakresie obciążalności prądowej stawiane przewodom neutralnym N (dotyczy tylko przewodu PEN),
 - wymagania stawiane przewodom PE.
- 4.6. Przekrój przewodu ochronnego PE nie powinien być mniejszy od przekroju podanego w tablicy 1.

Tablica 1. Najmniejsze dopuszczalne przekroje przewodów PE wykonanych z tego samego materiału co przewód fazowy.

Przekrój przewodu fazowego S_L	Najmniejszy dopuszczalny przekrój przewodu ochronnego S_{PE}
mm^2	mm^2
$S_L \leq 16$	S_L
$16 < S_L \leq 35$	16
$S_L > 35$	$S_L/2$

Jeżeli wyznaczona z powyższej tabeli wartość przekroju nie jest wartością znormalizowaną, należy zastosować przewód o przekroju zaokrąglonym w górę do najbliższego znormalizowanego przekroju.

- 4.7. Przewody PEN (PE) powinny zapewnić niezawodną ciągłość połączeń metalicznych na całej ich długości. Połączenia tych przewodów, za wyjątkiem połączeń spawanych i połączeń w obudowie nierozbieralnej (np. zatopionych w materiale izolacyjnym) powinny być dostępne do kontroli.
- 4.8. Przewody PEN (PE) linii napowietrznej o przewodach gołych nie powinny być zawieszane nad przewodami fazowymi.
- 4.9. W przewodach PEN (PE) nie należy umieszczać łączników i/lub bezpieczników. Przewody PEN lub PE można rozłączać łącznikiem wielobiegunowym wraz z przewodami fazowymi, jeżeli spełniony jest jeden z poniższych warunków:
- przy wyłączaniu przerwanie ciągłości przewodów PEN lub PE nastąpi po przerwaniu ciągłości przewodów fazowych a przy załączaniu ciągłość przewodu PEN lub PE będzie przywrócona przed przywróceniem ciągłości przewodów fazowych,
 - styki ruchome wszystkich biegunów łącznika są sprzężone mechanicznie i poruszają się migowo z szybkością niezależną od obsługi łącznika.
- 4.10. Przewody PEN i PE powinny być zawieszane lub oznaczone w sposób wyróżniający je spośród innych przewodów. Nie wymaga się oznaczeń gołych przewodów linii napowietrznych.

5. Uziemienia ochronno-robocze sieci pracujących w układzie TN

- 5.1. Wszystkie punkty neutralne sieci pracujących w układzie TN powinny być uziemione bezpośrednio. Uziemienia te należy wykonać dla każdego transformatora lub prądnicy zasilających sieć lub w ich najbliższym sąsiedztwie.
- 5.2. Wzdłuż trasy linii, wszędzie tam gdzie jest to możliwe, przewody PEN (PE) zaleca się łączyć z istniejącymi uziomami naturalnymi i sztucznymi niezależnie od ich rezystancji, jeżeli nie jest to związane ze znacznym wzrostem nakładów finansowych i nie ma przeciwwskazań, np. nie spowoduje to wzrostu zagrożenia obcymi napięciami przywleczonymi lub zagrożenia wybuchowego w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, w których łączone uziomy mogą się znajdować. Dzięki tym uziemieniom można uzyskać zbliżenie potencjału przewodów ochronnych do potencjału ziemi.
- 5.3. Przewody PEN (PE) linii elektroenergetycznych powinny być połączone z przewodami ochronnymi PE instalacji elektrycznych odbiorców energii, uziemionymi poprzez główną szynę uziemiającą obiektu budowlanego i jego uziom. Rezystancja takiego uziemienia nie powinna przekraczać 30 Ω. Jeżeli rezystywność gruntu jest większa lub równa 500 Ωm, to wartość 30 Ω można zastąpić wartością $\rho_{\min}/16$.
- 5.4. Uziemienie punktu neutralnego sieci w każdej stacji oraz uziemienia przewodów PEN (PE) przyłączonych do tego punktu powinny być wykonane tak aby:
- a) wypadkowa rezystancja R_{B1} tych uziemień, których rezystancja nie przekracza 30 Ω (każdego uziemienia), znajdujących się wraz z uziemionym przewodem na obszarze koła o średnicy 200 m, zakreślonego dookoła stacji spełniała warunek:

$$R_{B1} \leq 5 \Omega;$$

jeżeli rezystywność gruntu jest większa lub równa 500 Ωm, to wartość 5 Ω można zastąpić wartością $\rho_{\min}/100$, oraz,

- b) wypadkowa rezystancja R_{B2} wszystkich uziemień punktów neutralnych i przewodów PEN (PE) linii napowietrznych i innych linii tworzących sieć elektroenergetyczną, w których możliwe jest zwarcie doziemne z pominięciem przewodów PEN (PE), spełniała warunek:

$$R_{B2} \leq R_E \frac{50}{U_0 - 50}$$

w którym: 50 - najwyższe dopuszczalne długotrwałe napięcie dotykowe, w V,

R_E - minimalna rezystancja między przewodem fazowym i ziemią odniesienia w miejscu zwarcia, w Ω; jeżeli ustalenie wartości R_E jest trudne, można przyjmować $R_E = 10 \Omega$,

U_0 - napięcie znamionowe sieci względem ziemi (wartość skuteczna), w V.

- 5.5. Punkt neutralny sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia pracującej w układzie TN i połączone z nim przewody PEN (PE) tej sieci mogą być połączone z uziemieniem urządzeń wysokiego napięcia, jeżeli napięcie uziomowe U_E uziomu o wypadkowej rezystancji R_{B2} , występujące przy zwarcu w sieci wysokiego napięcia, nie wywoła w sieci niskiego napięcia zagrożenia porażeniowego.
- 5.6. Zagrożenie, o którym mowa w punkcie 5.5, nie wystąpi, jeżeli rezystancja R_{B2} spełnia warunek:

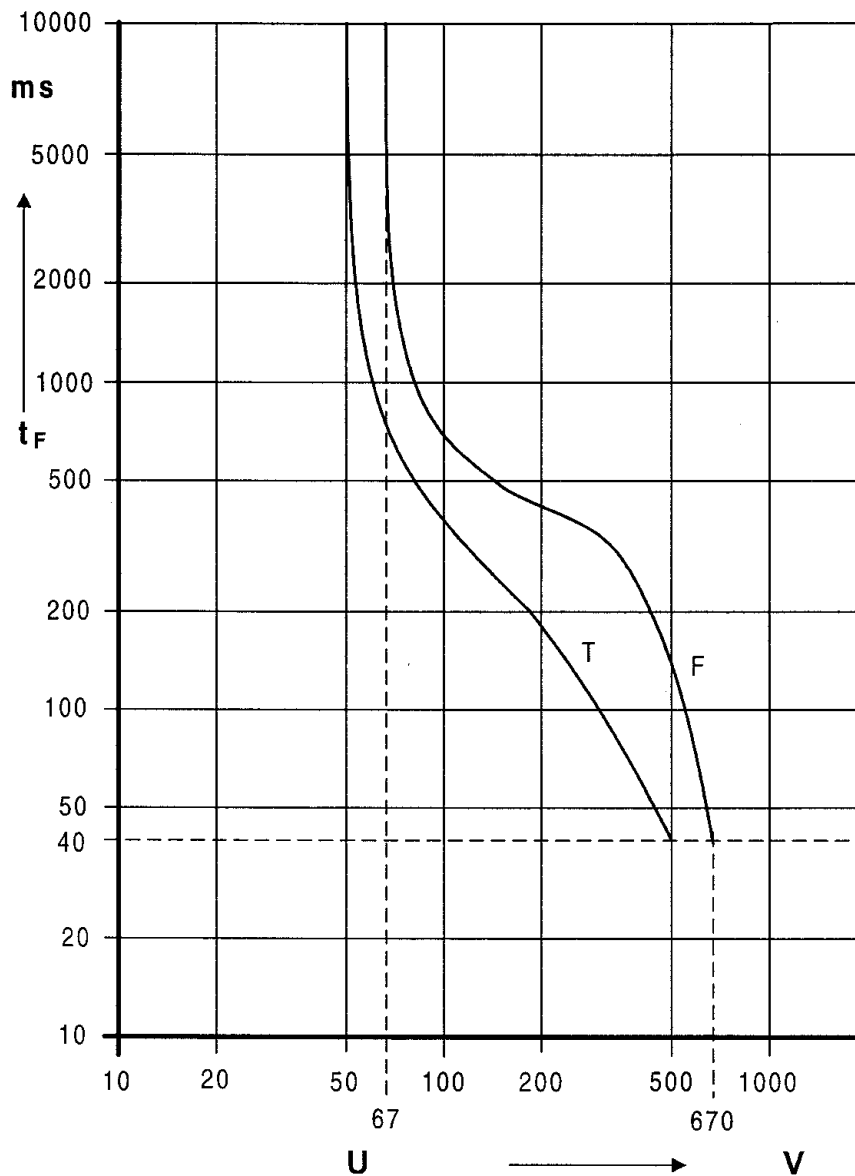
$$R_{B2} \leq \frac{U_E}{r \cdot I_{KI}''} = \frac{U_F}{I_E},$$

- gdzie: U_F - napięcie odczytane z tabeli 2 lub wyznaczone z krzywej F z rys. 3, dla czasu t_F , w którym płynie prąd zwarciaowy I_{K1}'' , w V,
 I_{K1}'' - prąd jednofazowego zwarcia doziemnego w urządzeniu wysokiego napięcia, w A,
 I_E - prąd uziomowy, w A,
 r - współczynnik redukcyjny określający stosunek prądu uziomowego I_E do prądu zwarcia doziemnego I_{K1}'' ; przy braku dokładnych danych można przyjmować $r = 0,6$ przy zasilaniu stacji linią kablową z sieci o punkcie neutralnym uziemionym przez rezystor, $r = 1$ w innych przypadkach.

- 5.7. Czas trwania przepływu prądu jednofazowego zwarcia doziemnego w urządzeniach wysokiego napięcia należy przyjmować:
- 1) w urządzeniach, w których zastosowano samoczynne wyłączenie zwarć doziemnych - jako sumę czasu działania zabezpieczeń podstawowych i najdłuższego czasu wyłączenia łączników działających przy zwarciach,
 - 2) w razie zastosowania automatyki do samoczynnego ponownego załączania o czasie bezprądowym krótszym niż 3 s - jako sumę czasów trwania przepływu prądów.
- 5.8. Uwzględniając stan połączeń ruchowych w warunkach normalnych oraz zasilania awaryjnego, z pominięciem krótkotrwałych stanów przełączeń, prądowi I_{K1}'' należy przypisać wartość mniejszą z następujących wartości:
- a) 4-krotnej wartości prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej albo 1,2-krotnej wartości prądu nastawczego bezzwłocznego zabezpieczenia zwarciaowego, które powinno przerwać przepływ prądu zwarcia doziemnego przez uziemienie, lub
 - b) odpowiednio do cech sieci wysokiego napięcia wartość prądu wybranego z następujących prądów:
 - pojemnościowego prądu zwarcia z ziemią w przypadku sieci o izolowanym punkcie neutralnym oraz sieci o kompensacji ziemnozwarciowej, w której przewiduje się, po wystąpieniu zwarcia doziemnego, krótkotrwałe wyłączenie dławika gaszącego dla poprawy warunków działania zabezpieczeń,
 - 0,2 całkowitego pojemnościowego prądu zwarcia z ziemią w przypadku sieci prądu przemiennego o kompensacji ziemnozwarciowej, w której nie przewiduje się zmiany sposobu uziemienia punktu neutralnego w następstwie zwarcia z ziemią,
 - prądu zwarciaowego początkowego w przypadku sieci o punkcie neutralnym uziemionym przez rezystor, niezależnie od tego czy jest on przyłączony na stałe, czy też załączany krótkotrwałe dla poprawy warunków działania zabezpieczeń (automatyczne wymuszanie składowej czynnej prądu zwarcia doziemnego),
 - 0,7 prądu zwarciaowego początkowego w przypadku sieci o bezpośrednim uziemieniu ochronno-roboczym.
- 5.9. Prąd I_{K1}'' , o którym mowa w punktach 5.6 i 5.8, należy obliczyć uwzględniając najbardziej niekorzystny stan połączeń ruchowych sieci w warunkach normalnych oraz zasilania awaryjnego, z pominięciem krótkotrwałych stanów połączeń, przypisując prądowi zwarcia doziemnego I_{K1}'' właściwą wartość podaną w punkcie 5.8.

Tablica 2. Największe dopuszczalne napięcia zakłócieniowe U_F (krzywa F) w zależności od czasu trwania zwarcia doziemnego t_F

Czas trwania zwarcia t_F [s]	Napięcie U_F [V]	Czas trwania zwarcia t_F [s]	Napięcie U_F [V]
≥ 10	67	0,6	115
5	68	0,5	135
3	70	0,4	205
2	78	0,3	352
1	92	0,2	450
0,9	94	0,15	490
0,8	98	0,1	570
0,7	105	0,05	650



Rysunek 3. Największe dopuszczalne napięcia zakłóciowe U_F (krzywa F) i napięcia dotykowe U_{ST} (krzywa T) w zależności od czasu trwania zwarcia doziemnego t_F .

5.10. Rozmieszczenie uzemień przewodów PEN (PE) w napowietrznej sieci elektrycznej powinno spełniać następujące dodatkowe wymagania:

- na końcu każdej linii i na końcu każdego odgałęzienia o długości większej niż 200 m należy wykonać uzimienie o rezystancji nie większej niż 30Ω ,
- wzdłuż trasy linii długość przewodu PEN (PE) między uzemieniami o rezystancji nie większej niż 30Ω (chyba że z innych powodów wymaga się wartości mniejszych np. dla uzimienia ograniczników przepięć) nie powinna przekraczać 500 m,
- na obszarze koła o średnicy 300 m zakreślonego dowolnie dookoła końcowego odcinka każdej linii i jej odgałęzień tak, aby koniec linii lub odgałęzienia znajdował się w tym kole, powinny znajdować się uzimienia o wartości wypadkowej rezystancji nie przekraczającej 5Ω , obliczonej przy uwzględnieniu jedynie tych uzemień, których rezystancja jest nie większa niż 30Ω .

W kablowych sieciach elektroenergetycznych zaleca się spełnienie postanowień a) i c).

Jeżeli rezystywność gruntu jest większa lub równa $500 \Omega m$, to wartość 30Ω można zastąpić wartością $\rho_{min}/16$ a wartość 5Ω - wartością $\rho_{min}/100$.

5.11. Jeżeli nie jest spełnione wymaganie podane w punkcie 5.6, punkt neutralny sieci i przyłączony do niego przewód PEN (PE) powinny mieć uzimienie oddzielne (niezależne) od uzimienia urządzeń wysokiego napięcia. Odległość między uzimieniami urządzeń o napięciu znamionowym przekraczającym 1000 V lecz niższym od 50 kV

a oddzielnym uziomem niskiego napięcia powinna wynosić co najmniej 20 m. Odległość między uziomem urządzeń o napięciu znamionowym 50 kV i wyższym a oddzielnym uziomem niskiego napięcia powinna być obliczona z zależności podanych w załączniku M normy PN-E-05115 [4].

- 5.12. Przy wykonaniu uziemienia punktu neutralnego sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia pracującej w układzie TN oddzielnego (niezależnego) od stacyjnego uziomu urządzeń wysokiego napięcia, podczas zwarć w urządzeniach wysokiego napięcia izolacja urządzeń niskiego napięcia na terenie stacji jest narażona na przepięcia o wartości równej sumie napięcia fazowego w sieci niskiego napięcia U_0 i napięcia uziomowego U_E . Zwarcia wywołujące te przepięcia ($U_0 + U_E$) powinny być wyłączone w czasie odpowiadającym poziomowi izolacji urządzeń niskiego napięcia znajdujących się na terenie stacji transformatorowej.

6. Uziemienia ochronno-robocze punktów neutralnych sieci pracujących w układzie TT

- 6.1 Wszystkie punkty neutralne sieci pracującej w układzie TT powinny być uziemione bezpośrednio. Uziemienia te należy wykonać dla każdego transformatora lub prądnicy zasilającej sieć lub w ich najbliższym możliwym miejscu.
- 6.2 Punkt neutralny sieci niskiego napięcia pracującej w układzie TT zasilanej ze stacji transformatorowej powinien być przyłączony do uziomu stacji, jeżeli przepięcie wywołane zwarcieziemnym w stacyjnych urządzeniach wysokiego napięcia nie stwarza zagrożenia dla izolacji urządzeń niskiego napięcia znajdujących się poza stacją.
- 6.3 Przepięcia, o których mowa w 6.2 nie stworzą zagrożenia dla urządzeń niskiego napięcia znajdujących się poza zasilającą stacją transformatorową, jeżeli napięcia uziomowe U_E podczas zwarć doziemnych w stacyjnych urządzeniach wysokiego napięcia nie przekroczą wartości :
- 1200 V, gdy czas zwarcia doziemnego nie przekracza 5 s,
 - 250 V, gdy czas zwarcia doziemnego przekracza 5 s.
- Przy obliczeniach napięć uziomowych, stwarzających zagrożenie przepięciowe, należy przyjmować prądy uziomowe zestawione w 5.8.
- 6.4. Uziemienia punktów neutralnych sieci niskiego napięcia w układzie TT zasilanych ze stacji transformatorowych należy wykonać jako oddzielne od uziemień urządzeń wysokiego napięcia, jeżeli nie są spełnione wymagania wymienione w 6.3. Odległość między uziomami urządzeń o napięciu przekraczającym 1000 V lecz niższym od 50 kV, a oddzielnym uziomem punktu neutralnego sieci niskiego napięcia powinna wynosić co najmniej 20 m. Odległość między oddzielnymi uziomami wysokiego napięcia urządzeń o napięciu znamionowym 50 kV i wyższym powinna być obliczona z zależności podanych w załączniku M normy PN-E-05115 [4].
- 6.5. Przy wykonaniu uziemienia punktu neutralnego oddzielnego (niezależnego) od stacyjnego uziemienia urządzeń wysokiego napięcia, izolacja urządzeń niskiego napięcia na terenie stacji narażona jest na przepięcia o wartości równej sumie napięcia fazowego sieci niskiego napięcia U_0 , i napięcia uziomowego U_E wywołanego zwarcieziemnym w stacyjnych urządzeniach wysokiego napięcia ($U_0 + U_E$). Przepięcia te powinny być wyłączone w czasie odpowiadającym poziomowi izolacji urządzeń niskiego napięcia znajdujących się na terenie stacji transformatorowej.

7. Ochrona przed dotykiem bezpośrednim

Wymagania stawiane ochronie przed dotykiem bezpośrednim nie są objęte niniejszą normą. Uznaje się, że elektroenergetyczne linie niskiego napięcia i przystosowane do zainstalowania na nich urządzenia elektryczne, spełniające wymagania norm dotyczących ich projektowania i budowy, zapewniają skuteczną ochronę przeciwporażeniową przed dotykiem bezpośrednim.

8. Zakres stosowania ochrony przy dotyku pośrednim

- 8.1. Ochronę przy dotyku pośrednim należy stosować w elektroenergetycznych liniach napowietrznych i kablowych niskiego napięcia wtedy, gdy na częściach przewodzących dostępnych i częściach obcych można spodziewać się pojawienia, w wyniku uszkodzenia izolacji doziemnej, utrzymujących się długotrwale napięć dotykowych większych od 50 V.
- 8.2. Nie wymaga się zastosowania ochrony przy dotyku pośrednim następujących części przewodzących dostępnych i połączonych z nimi części obcych:
- a) dostępnych odcinków rur metalowych lub innych osłon przewodzących o długości do 2,5 m, chroniących przewody od uszkodzeń mechanicznych,
 - b) dostępnych odcinków rur metalowych lub innych osłon przewodzących chroniących kable wprowadzone na słupy albo inne konstrukcje linii, jeżeli te słupy albo konstrukcje nie podlegają ochronie przed dotykiem pośrednim,

- c) uchwytów, obejm, klamer, poprzeczników i wieszaków metalowych służących do zamocowania przewodów i kabli,
- d) innych części przewodzących dostępnych o małych wymiarach (nie przekraczających 50 x 50 mm) albo tak umieszczonych, że człowiek nie może ich uchwycić ani zetknąć się z nimi na większej powierzchni, a przyłączenie przewodu ochronnego byłoby trudne lub nie zapewniłoby niezawodnego połączenia,
- e) znajdujących się poza zasięgiem ręki metalowych stojaków dachowych i przyściennych przyłączy wraz z ich konstrukcjami mocującymi, jeżeli nie są przytwierdzone do przewodzących części budowli,
- f) słupów stalowych i betonowych w sieciach o układzie TT, na których nie ma innych urządzeń elektrycznych oprócz przewodów zawieszonych na izolatorach lub znajdują się urządzenia elektryczne oddzielone od słupa izolacją dodatkową,
- g) innych słupów betonowych, jeżeli ich zbrojenie nie jest dostępne,
- h) metalowych drzwiczek i osłon złączy oraz podobnych urządzeń osadzonych w ścianie wykonanej z materiału nieprzewodzącego i nie połączonych metalicznie z częściami przewodzącymi dostępnymi znajdującymi się wewnątrz tych złączy lub urządzeń.

9. Środki ochrony przy dotyku pośrednim

- 9.1. Ochroną przy dotyku pośrednim należy w liniach napowietrznych i kablowych niskiego napięcia realizować przez samoczynne wyłączanie zasilania.
- 9.2. Dla urządzeń elektrycznych zainstalowanych na konstrukcjach wsporczych elektroenergetycznych linii niskiego napięcia i zasilanych z tych linii dopuszcza się stosować ochronę przez separację elektryczną, zastosowanie urządzeń II klasy ochronności lub izolacją równoważną oraz ochronę przez zastosowanie obwodów SELV lub PELV.

10. Wymagania stawiane środkom ochrony przy dotyku pośrednim w liniach pracujących w układzie TN

- 10.1. Ochrona przed dotykiem pośrednim przez samoczynne wyłączenie zasilania w elektroenergetycznych liniach napowietrznych pracujących w układzie TN i w obwodach urządzeń zainstalowanych na konstrukcjach wsporczych linii powinna być wykonana tak, aby spełniany był warunek:

$$Z_s \leq \frac{U_0}{I_a},$$

w którym:

- Z_s - impedancja pętli zwarciowej obejmująca źródło zasilania zwarcia, przewód czynny od źródła do miejsca zwarcia i przewód ochronny między punktem zwarcia a źródłem, w Ω ,
- I_a - prąd wyłączający, powodujący przy zwarciach między częściami czynnymi linii i jej przewodami PEN (PE) lub częściami przewodzącymi mającymi połączenie z tymi ostatnimi przewodami, zadziałanie zabezpieczeń w czasie podanym w 10.2, w A,
- U_0 - wartość skuteczna napięcia znamionowego linii względem ziemi, w V.

- 10.2. Czas zadziałania zabezpieczeń zwarciowych w obwodach rozdzielczych linii i odbiorczych odbiorników zainstalowanych na konstrukcjach wsporczych linii elektroenergetycznych napowietrznych nie powinien przekraczać 5 s.
- 10.3. Przy stosowaniu zabezpieczeń zwarciowych w postaci bezpieczników topikowych dopuszcza się, aby czas samoczynnego wyłączania zasilania zwarć doziemnych w elektroenergetycznych liniach niskiego napięcia był dłuższy od 5 s, jeżeli jednocześnie zostaną spełnione następujące wymagania:
 - a) prąd wyłączający I_a będzie równy co najmniej 2-krotnej wartości prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej,
 - b) w obiektach budowlanych zasilanych z linii wykonane zostaną główne połączenia wyrównawcze wymagane przez normę PN-IEC 60364 [5].
- 10.4. Jako zabezpieczenia (urządzenia ochronne) samoczynnie wyłączające zasilanie elektroenergetycznych linii niskiego napięcia i obwodów odbiorczych odbiorników zainstalowanych w linii powinny być zastosowane:
 - zabezpieczenia przetężeniowe, lub
 - zabezpieczenia różnicowoprądowe (zwłoczne) pod warunkiem, że będą one zainstalowane w obwodzie rozdzielczym lub odbiorczym pracującym w układzie TN-S albo w obwodzie odbiorczym pracującym w układzie TT.
- 10.5. Jeżeli wymagania z punktów 10.1 do 10.4 dla obwodów odbiorczych urządzeń zainstalowanych na konstrukcjach wsporczych linii nie mogą być spełnione lub spełnienie ich wymaga dużych nakładów finansowych, należy zastosować środki ochrony wymienione w punkcie 9.2. Środki te powinny spełniać wymagania normy PN-IEC 60364 [5].

10.6. Ochrona przy dotyku pośrednim w obwodach urządzeń zainstalowanych i zasilanych z linii elektroenergetycznych, realizowana w postaci obwodów SELV lub PELV, urządzeń II klasy ochronności oraz separacji elektrycznej, powinna spełniać wymagania odpowiednich rozdziałów (411.1, 413.2, 413.5) normy PN-IEC 60364 [5].

11. Wymagania stawiane środkom ochrony przy dotyku pośrednim w liniach pracujących w układzie TT

11.1. Wszystkie części przewodzące dostępne i obce elektroenergetycznych linii niskiego napięcia pracujących w układzie TT mogące stworzyć zagrożenie porażeniowe przy dotyku pośrednim powinny być uziemione. Wyżej wymienione części, które mogą być jednocześnie dostępne powinny być połączone z tym samym uziemieniem.

11.2. Rezystancja uziemienia R_A , o którym mowa w punkcie 11.1. powinna być nie większa niż wartość wynikająca ze wzoru:

$$R_A \leq \frac{50}{I_a},$$

w którym: 50 - dopuszczalna długotrwale wartość napięcia dotykowego, w V,

I_a - prąd wyłączający urządzenia zabezpieczającego poprzedzającego miejsce doziemienia, w A.

11.3. W układach TT, gdy napięcia dotykowe przekroczą wartość dopuszczalną długotrwale $U_L = 50$ V, mogą być stosowane następujące urządzenia zabezpieczające samoczynnie wyłączające zasilanie:

- urządzenia różnicowoprądowe (zwłoczne),
- urządzenia przetężeniowe.

11.4. W liniach pracujących w układzie TT jako prąd wyłączający należy przyjmować wartości prądu powodującego samoczynne wyłączanie zasilania w czasie nie dłuższym niż 5 s.

11.5. Przy stosowaniu zabezpieczeń zwarciovych w postaci bezpieczników topikowych dopuszcza się, aby czas samoczynnego wyłączania zasilania zwarć doziemnych w elektroenergetycznych liniach niskiego napięcia był dłuższy od 5 s a prąd wyłączający I_a był równy co najmniej 2-krotnej wartości prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej,

11.6. Ochrona przed dotykiem pośrednim w obwodach urządzeń zainstalowanych i zasilanych z linii elektroenergetycznych, realizowana w postaci obwodów SELV lub PELV, urządzeń II klasy ochronności oraz separacji elektrycznej, powinna spełniać wymagania odpowiednich rozdziałów (411.1, 413.2, 413.5) normy PN-IEC 60364 [5].

12. Budowa uziemień

12.1. Do uziemienia punktu neutralnego sieci niskiego napięcia należy wykorzystywać przede wszystkim uziomy stacji zasilających sieć pod warunkiem spełnienia postanowień zawartych w punktach 5.5 i 6.2 odpowiednio do typu układu.

12.2. Do uziemienia przewodów ochronnych PE (PEN) linii i zamontowanych na liniach urządzeń elektrycznych należy przede wszystkim stosować dostępne uziomy naturalne jeżeli:

- nie mogą się na nich pojawić niebezpieczne napięcia uziomowe wywołane zwarciami w urządzeniach wysokiego napięcia,
- nie znajdują się one w miejscach zagrożonych wybuchem,
- nie zawierają elementów, pomiędzy którymi może podczas eksploatacji wystąpić przerwa lub nadmierne powiększenie się rezystancji połączeń a elementy te nie są połączone przewodem bocznikującym o przekroju co najmniej równym wymaganemu przekrojowi przewodu uziemiającego,
- na wykorzystanie uziomu naturalnego wyrazi zgodę jego właściciel.

12.3. Jeżeli brak jest uziomów naturalnych lub istniejących uziomów naturalnych nie można wykorzystać dla celów uziemiennych linii niskiego napięcia, ponieważ nie spełniają wymagań, o których mowa w punktach 12.1 i 12.2, należy stosować uziomy sztuczne zagłębione bezpośrednio w gruncie lub w betonie umieszczonym w gruncie.

12.4. Uziemienia w elektroenergetycznych liniach niskiego napięcia powinny:

- być odporne na narażenia mechaniczne i korozję,
- być odporne na ciepłe działanie największych spodziewanych prądów uziomowych, które mogą przepływać przez ich elementy,
- spełniać wymagania stawiane im przez postanowienia rozdziałów 5 i 6 niniejszej normy.

12.5. Przewody uziemiające powinny być zabezpieczone przed korozją i powinny ze względu na ich wytrzymałość na narażenia mechaniczne mieć przekroje nie mniejsze niż:

- 16 mm² - dla przewodów wykonywanych z miedzi,
- 50 mm² - dla przewodów wykonywanych ze stali.

12.6. Przewody uziemiające wprowadzone do gruntu, niezależnie od posiadania stałych pokryć antykorozyjnych (ocynkowania, miedziowania itp.), powinny być pokryte warstwą nie przepuszczającą wilgoci, np. masą asfaltową, od wysokości 30 cm nad powierzchnią gruntu, aż do połączenia ich z uziomem.

12.7. Elementy uziomu będą w wymaganym stopniu odporne na narażenia mechaniczne i korozję, jeżeli ich materiał, pokrycia antykorozyjne i wymiary będą nie mniejsze od podanych w tabelicy 3.

Tablica 3. Materiał i minimalne wymiary prostych uziomów, zapewniające ich wytrzymałość mechaniczną i trwałość korozyjną (wg [4])

Materiał		Wyrób	Minimalne wymiary					
			Wyrobu właściwego			Pokrycia/powłoki		
			Srednica (mm)	Przekrój (mm ²)	Grubość (mm)	Grubość minimalna (µm)	Grubość średnia (µm)	
Stal	cynkowana na gorąco	Taśma ²⁾		90	3	63	70	
		Profil (w tym płyta)		90	3	63	70	
		Rura	25		2	47	55	
		Pręt okrągły dla uziomu pionowego	16			63	70	
		Drut okrągły dla uziomu poziomego	10				50	
		z powłoką z ołowiu ¹⁾	Drut okrągły dla uziomu poziomego	8			1000	
		z tłoczoną osłoną miedzianą	Pręt okrągły dla uziomu pionowego	15			2000	
		z elektrolityczną powłoką z miedzi	Pręt okrągły dla uziomu pionowego	14,2			90	100
Miedź	goła	Taśma		50	2			
		Drut okrągły dla uziomu poziomego		25 ³⁾				
		Linka	1,8*	25				
		Rura	20		2			
	ocynkowana	Linka	1,8*	25		1	5	
	ocynkowana	Taśma		50	2	20	40	
		z powłoką z ołowiu ¹⁾	Linka	1,8*	25		1000	
	Drut okrągły		25		1000			

* dla pojedynczego drutu,

¹⁾ nie stosuje się dla bezpośredniego umieszczenia w betonie,

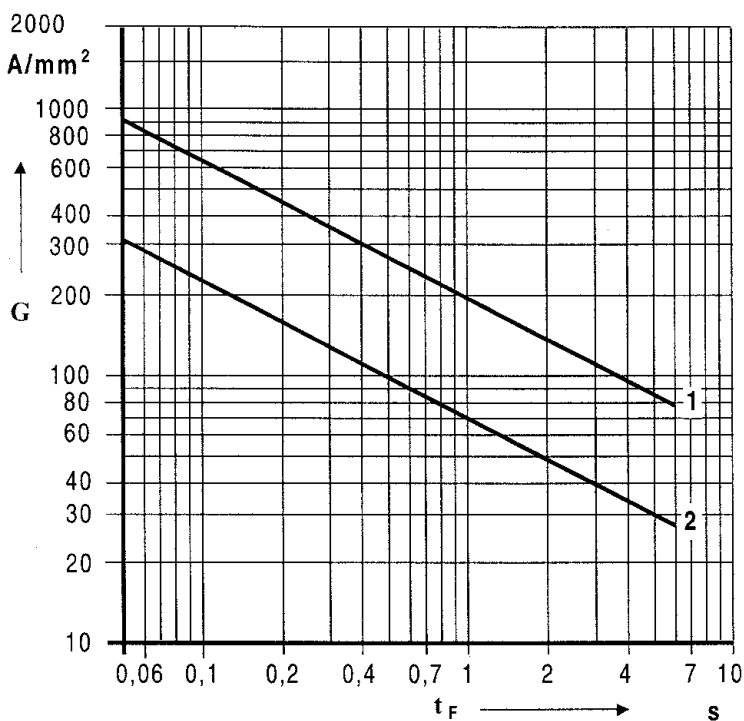
²⁾ taśma walcowana lub wycięta z zaokrąglonymi brzegami,

³⁾ w warunkach ekstremalnych, gdy doświadczenia pokazują, że ryzyko korozji i uszkodzenia mechanicznego jest skrajnie niskie, można zastosować przekrój 16 mm².

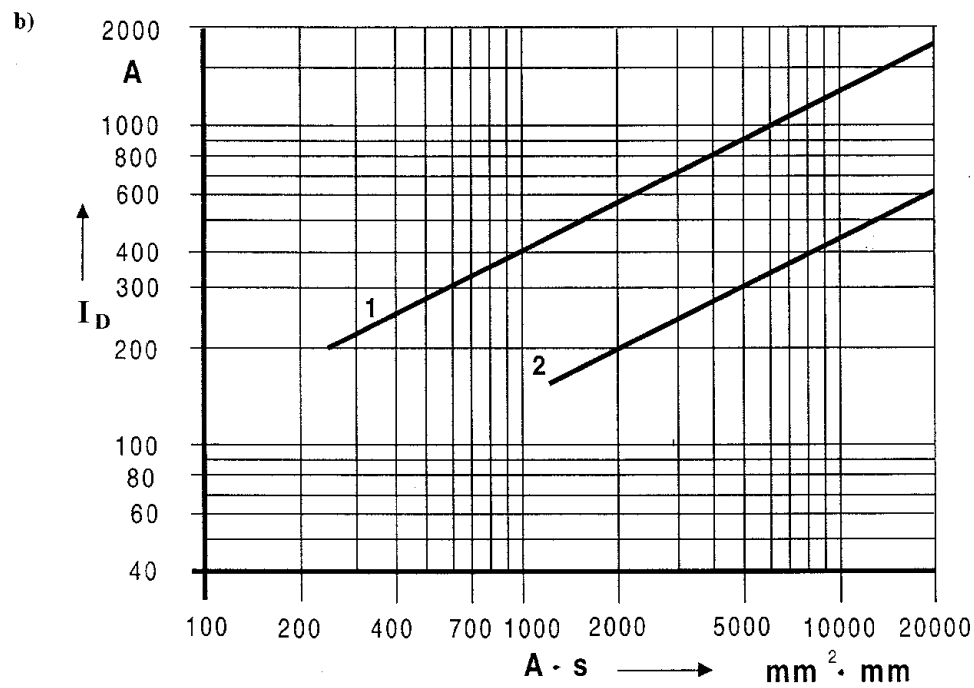
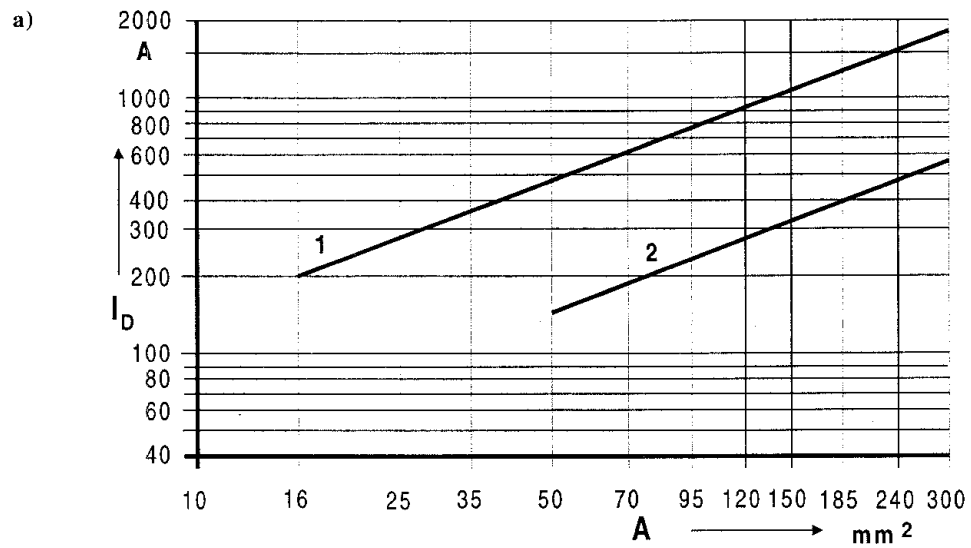
- 12.8. Minimalne przekroje A przewodów uziemiających i elementów uziomów ze względu na cieplne działanie prądów doziemnych krótkotrwałych (do 5 s) należy wyznaczyć z dopuszczalnej gęstości prądu G odczytanej z rys. 4.
- 12.9. Minimalne wymiary poprzeczne przewodów uziemiających i elementów uziomowych, ze względu na cieplne działanie prądów doziemnych długotrwałych I_D , należy wyznaczyć z rys. 5. Zależności przedstawione na rys. 5 odnoszą się do dopuszczalnej temperatury końcowej 300°C . Dla innych dopuszczalnych temperatur końcowych wartość spodziewanego prądu długotrwałego należy skorygować mnożąc ją przez współczynnik poprawkowy odczytany z tablicy 4.

Tablica 4. Współczynniki do skorygowania wartości długotrwałego prądu przy temperaturze końcowej różnej od 300°C (wg [4])

Temperatura końcowa ($^\circ\text{C}$)	Współczynnik poprawkowy
400	1,2
350	1,1
300	1,0
250	0,9
200	0,8
150	0,7
100	0,6



Rysunek 4. Dopuszczalna gęstość G prądu zwarciovego dla przewodów uziemiających i uziomów w zależności od czasu doziemienia t_F dla temperatury końcowej 300°C : 1 - miedź goła lub pokryta cynkiem, 2 - stal ocynkowana. Przy innych temperaturach należy stosować współczynniki poprawkowe z tablicy 4.



Rysunek 5. Zależność prądu długotrwałego I_D dla przewodów uziemiających od iloczynu przekroju poprzecznego A i obwodu wyrobu s : a) o przekroju okrągłym A , b) o przekroju prostokątnym. Linia 1 - dla miedzi gołej lub pokrytej cynkiem i linia 2 - dla stali ocynkowanej, odnoszą się do temperatury końcowej 300°C . Przy innych temperaturach należy stosować współczynniki poprawkowe z tablicy 4.

SPIS TREŚCI

1.	Zakres stosowania	2
2.	Określenia	2
3.	Układy sieciowe i zalecany zakres ich zastosowania	4
4.	Przewody PEN i PE w liniach elektroenergetycznych	6
5.	Uziemienia ochronno-robocze sieci pracujących w układzie TN	7
6.	Uziemienia ochronno-robocze punktów neutralnych sieci pracujących w układzie TT	10
7.	Ochrona przed dotykiem bezpośrednim	10
8.	Zakres stosowania ochrony przy dotyku pośrednim	10
9.	Środki ochrony przy dotyku pośrednim	11
10.	Wymagania stawiane środkom ochrony przy dotyku pośrednim w liniach pracujących w układzie TN	11
11.	Wymagania stawiane środkom ochrony przy dotyku pośrednim w liniach pracujących w układzie TT	12
12.	Budowa uzemień	12

Normy związane

- [1] PN-E-05100-1. Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami roboczymi gołymi.
- [2] Pr PN-E-05100-2. Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami roboczymi izolowanymi.
- [3] PN-76/E-05125. Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe.
- [4] Pr PN-E-05115. Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV.
- [5] PN-IEC 60364. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych.
- [6] Pr-PN-IEC 60050-195. Międzynarodowy słownik terminologiczny elektryki. Uziemienia i ochrona przeciwporażeniowa.(IEV).
- [7] Pr-PN-IEC 60050-826. Międzynarodowy słownik terminologiczny elektryki. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych.(IEV).PN-92/E-50601. Słownik terminologiczny elektryki. Wytwarzanie, przesyłanie i rozdzielanie energii elektrycznej. Pojęcia ogólne.(IEV).
- [8] PN - EN 50160. Parametry napięcia zasilającego w sieciach rozdzielczych.