

ČEZ Distribuce, E.ON Distribuce, E.ON ČR, PREdistribuce, ČEPS	OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM V DISTRIBUČNÍCH SOUSTAVÁCH A PŘENOSOVÉ SOUSTAVĚ	PNE 33 0000- 1
		šesté vydání
Odsouhlasení normy		
Změny proti předchozímu vydání		
<p>Šesté vydání této normy vychází z pátého vydání z r. 2011, zkušeností s používáním normy a nových aplikací nových vydání ČSN 33 2000-4-41, ČSN 33 2000-5-54, ČSN 33 2000-6, ČSN EN 50522 a ČSN EN 61936-1, PNE 33 3201, PNE 33 3300 a PNE 33 3301.</p> <p>Hlavní změny oproti 5. vydání jsou následující:</p> <ul style="list-style-type: none">• Aktualizace souvisejících norem• Snížení dovoleného dotykového napětí v prostorách zvláště nebezpečných dle ČSN 33 2000-4-41• Aktualizace kapitoly 3.3 (zrušení tabulky 2,sjednocení max. doby zkratu na 30 s, upřesnění požadavků na ochranu proudovými chrániči)• Doplnění požadavků čl.3.1.2 o postup při stanovení zkratových poměrů v sítích nn s obnovitelnými zdroji• Aktualizace kapitoly 3.4 (upřesnění tabulky dovolených dotykových a krokových napětí, aktualizace ochrany kompenzovaných sítí, aktualizace čl. 3.5.2) ve vazbě na PNE 33 3201, PNE 33 3300 a PNE 33 3301• Možnost použití tří ekvipotenciálních obvodových zemničů pro uzemnění podle čl. 3.4.3.1.2,• Celkové přepracování kapitoly 5 s ohledem na PNE 33 3201, PNE 33 3300 a PNE 33 3301.• Upřesnění požadavků na měření uzemnění a dotykových napětí dle čl. 6.3.4 a 6.3.5, Upřesnění čl. 6.6 (vypuštění tabulky jmenovitých vybavovacích proudů proudových chráničů)• Aktualizace příloh č. 1-5 a přílohy 10 (výpočty dotykových napětí u zařízení AC nad 1 kV)		
Návaznost na: ČSN 33 2000-4-41, ČSN 33 2000-5-54 a ČSN 33 2000-6, ČSN EN 50522, ČSN EN 61140, ČSN EN 50341-1, PNE 33 3201, PNE 33 3300, PNE 33 3301		Účinnost: od 2017-01-01
Nahrazuje : PNE 33 0000-1 ed.5:2011		

OBSAH

strana

1 PŘEDMLUVA	4
Citované a souvisící normy ČSN	4
Souvisící normy PNE	6
Obdobné mezinárodní, regionální a zahraniční normy	7
Termíny a definice	8
2 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA BEZPEČNOST	8
2.1 Prostory z hlediska úrazu elektrickým proudem	9
2.1.1 Základní členění prostor	9
2.1.2 Rozdělení napětí z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem	9
2.1.3 Meze bezpečných napětí dle prostor :	9
2.2 Úraz elektrickým proudem	10
3 OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM	10
3.1 Vymezení pojmů živých a neživých částí rozvodných elektrických zařízení	10
3.1.1 Živé části	10
3.1.2 Neživé části	11
3.2 Prostředky základní ochrany	12
3.2.1 Rozdělení ochrany	12
3.2.2 Požadavky na jednotlivé druhy ochrany	12
3.3 Ochrana při poruše (ochranu před dotykem neživých částí) rozvodných elektrických zařízení do 1 000 V AC	18
3.3.1 Dovolené dotykové napětí a zkratové proudy v rozvodném elektrickém zařízení do 1 000 V AC	18
3.3.2 Způsoby ochrany při poruše (ochrany před nebezpečným dotykem neživých částí) v rozvodných elektrických zařízení do 1 000 V AC	18
3.3.3 Podmínky pro použití ochrany automatickým odpojením od zdroje v sítích TN	20
3.3.4. Podmínky pro použití ochrany automatickým odpojením od zdroje v sítích TT	26
3.4 Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí rozvodných elektrických zařízení nad AC 1 000 V	28
3.4.1 Dovolené dotykové napětí U_{Tp} (U_{vTp}) pro omezené trvání průtoku proudu u elektrických zařízení nad AC 1 000 V	28
3.4.2 Rozdělení ochrany	30
3.4.3 Provedení ochrany	30
3.5 Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí, které se musí při obsluze uchopit rukou – volba stupně ochrany	32
4 STUPNĚ OCHRAN NEŽIVÝCH ČÁSTÍ ROZVODNÝCH ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ	34
4.1 Stupně ochrany do 1 000 V	34
4.2 Stupně ochrany nad 1 000 V	34
4.3 Volba stupně ochrany podle způsobu uchopení rukou do 1 000 V a nad 1 000 V	35
5 UZEMNĚNÍ A OCHRANNÉ VODIČE	35
5.1 Všeobecně	35
5.1.1 Pracovní uzemnění na ustálené napětí sítě TN a TT v distribuční síti do 1000 V AC	35
5.2 Návrh, stavba a měření uzemnění v distribuční síti do 1000 V AC	35
5.3 Ochranné vodiče, uzemňovací přívody a zemniče v distribučních sítích TN a TT do 1 000 V AC	35
5.3.1 Ochranné vodiče, uzemňovací přívody a zemniče v distribučních sítích TN	35
5.3.2 Ochranné vodiče, uzemňovací přívody a zemniče v distribučních sítích TT	36
5.3.3 Vodiče pro ochranné pospojování	36
5.4 Uzemnění a uzemňovací přívody v distribučních sítích nad 1 000 V	36
5.4.1 Elektrické stanice a instalace	36
5.4.2 Venkovní vedení vn, vvn a zvn	38
5.5 Spojování kovových plášťů kabelů v rozvodných elektrických zařízeních	38
6 MĚŘENÍ A ZKOUŠENÍ OCHRAN	39
6.1 Všeobecně	39
6.1.1 Měření	39
6.1.2 Zkoušení	39
6.2 Měření izolačního odporu	40
6.3 Měření uzemnění	41
6.3.1 Požadavky na měření uzemnění	41
6.3.2 Měření rezistivity půdy	41
6.3.3 Měření odporu zemniče	43

6.3.4 Měření výsledného odporu uzemnění v elektrických stanicích	44
6.3.5 Měření dotykového napětí	45
6.4 Měření impedance smyčky	47
6.5 Měření odporu ochranných vodičů	49
6.6 Zkoušky při ochraně proudovým chráničem	49
PŘÍLOHA Č. 1	52
PŘÍLOHA Č. 2	53
PŘÍLOHA Č. 3	54
PŘÍLOHA Č. 4	54
PŘÍLOHA Č. 5	56
PŘÍLOHA Č. 6	57
PŘÍLOHA č. 7	57
PŘÍLOHA Č. 8	59
PŘÍLOHA Č. 9	60
PŘÍLOHA Č. 10	60

1 Předmluva

Citované a související normy ČSN

ČSN 33 0010 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Rozdělení a pojmy

ČSN IEC 60050-195 +A1 Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 195: Uzemnění a ochrana před úrazem elektrickým proudem (33 0050)

ČSN IEC 6050 (300) Mezinárodní elektrotechnický slovník. Elektrická a elektronická měření a měřicí přístroje – Část 311: Všeobecné termíny měření, Část 312: Všeobecné termíny elektronického měření, Část 313: Typy elektrických měřicích přístrojů, Část 314: Zvláštní termíny podle typu přístroje (33 0050)

ČSN IEC 60050-461 Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 461: Elektrické kabely (33 0050)

ČSN IEC 50(466) Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 466: Venkovní elektrická vedení (33 0050)

ČSN IEC/TS 60479-1 Účinky proudu na člověka a domácí zvířectvo - Část 1: Obecná hlediska

ČSN 33 0050-601 Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 601: Výroba, přenos a rozvod elektrické energie.

Všeobecně

ČSN 33 0050-602 Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 602: Výroba, přenos a rozvod elektrické energie. Výroba

ČSN 33 0050-604 Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 604: Výroba, přenos a rozvod elektrické energie. Provoz

ČSN 33 0050-605 Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 605: Výroba, přenos a rozvod elektrické energie. Elektrické stanice

ČSN IEC 50(691) Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 691: Tarify pro elektřinu

ČSN IEC 60050-826 Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 826: Elektrická zařízení a instalace v budovách

ČSN EN 60038 Jmenovitá napětí CENELEC

ČSN EN 60529 Stupně ochrany krytem (Krytí - IP KÓD) (33 0330)

ČSN 33 0340 Ochranné kryty elektrických zařízení a předmětů

ČSN 33 0405 Elektrotechnické předpisy. Navrhování venkovní elektrické izolace podle stupňů znečištění

ČSN EN 50191 ed.2 Zřizování a provoz zkušebních elektrických zařízení (33 1345)

ČSN EN 60664-1 ed.2 Koordinace izolace zařízení nízkého napětí - Část 1: Zásady, požadavky a zkoušky (33 0420)

ČSN EN 61140 ed.2 Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Společná hlediska pro instalaci a zařízení (33 0500)

ČSN 33 1500 Elektrotechnické předpisy - Revize elektrických zařízení

ČSN 33 2000-1 ed.2 Elektrická instalace nízkého napětí - Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice

ČSN 33 2000-4-41 ed.2 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem

ČSN 33 2000-4-43 Elektrická instalace nízkého napětí - Část 4-43: Bezpečnost. - Ochrana proti nadproudům

ČSN 33 2000-4-46 ed.2 Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení – Část 4: Bezpečnost - Kapitola 46: Odpojování a spínání

ČSN 33 2000-4-473 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost.

Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Oddíl 473: Opatření k ochraně proti nadproudům

ČSN 33 2000-5-51 ed.3 Elektrická instalace nízkého napětí. Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení. - 51:

Všeobecné předpisy

ČSN 33 2000-5-52 ed.2 Elektrická instalace nízkého napětí. Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení – Elektrická vedení

ČSN 33 2000-5-534 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-53: Výběr a stavba elektrických zařízení - Odpojování, spínání a řízení - Oddíl 534: Přepěťová ochranná zařízení

ČSN 33 2000-5-537 Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení - Kapitola 53: Spínací a řídicí přístroje – Oddíl 537: Přístroje pro odpojování a spínání

ČSN 33 2000-5-54 ed.3 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení - Uzemnění a ochranné vodiče

ČSN 33 2000-6 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 6: Revize

ČSN 33 2000-7-729 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 7-729: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech –

Uličky pro obsluhu nebo údržbu

ČSN 33 2130 ed.3 Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody

ČSN 33 2160 Předpisy pro ochranu sdělovacích vedení a zařízení před nebezpečnými vlivy trojfázových vedení vn, vvn a zvn

ČSN EN 60909-0 Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 0: Výpočet proudů (33 3022)

ČSN EN 60909-3 Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 3: Proudů během dvou nesoumírných současných jednofázových zkratů a příspěvky zkratových proudů tekoucích zemí (33 3022)

ČSN 33 3022-1 Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 1: Součinitelé pro výpočet zkratových proudů podle IEC 60909-0

ČSN EN 50522 Uzemňování elektrických instalací AC nad 1 kV

ČSN EN 61936-1 + A1 Elektrické instalace nad AC 1 kV – Všeobecná pravidla

ČSN EN 50341-1 (33 3300) Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 45 kV - Část 1: Všeobecné požadavky - Společné specifikace

ČSN EN 50341-1 Elektrická venkovní vedení s napětím nad 45 kV AC – Část 1: Všeobecné požadavky – Společné specifikace (33 3300)

ČSN EN 50423-2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV do AC 45 kV včetně – Část 2: Seznam Národních normativních aspektů (33 3301)

ČSN 33 3320 ed.2 Elektrotechnické předpisy. Elektrické přípojky

ČSN 34 1500 ed.2 Drážní zařízení - Pevná trakční zařízení - Předpisy pro elektrická trakční zařízení

ČSN 34 2100 Elektrotechnické předpisy ČSN. Předpisy pro nadzemní sdělovací vedení

ČSN EN 50110-1 ed.3 (34 3100) Obsluha a práce na elektrických zařízeních - Obecné požadavky (34 3100)

ČSN 34 7010-82 Elektrické kabely. Doplnující zkušební metody

ČSN IEC 383-1 Izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím nad 1 000 V. Část 1: Keramické nebo skleněné izolátory pro soustavu se střídavým napětím. Definice, zkušební metody a přejímací kritéria (34 8052)

ČSN EN 60383-2 Izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím nad 1 000 V. Část 2: Izolátorové řetězce a izolátorové závěsy pro soustavy se střídavým napětím. Definice, zkušební metody a přejímací kritéria (34 8053)

ČSN EN 60305 Izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím nad 1 kV - Keramické nebo skleněné závěsné izolátory pro AC sítě - Charakteristiky talířových izolátorů (34 8118)

ČSN EN 61010-1 ed. 2 Bezpečnostní požadavky na elektrická měřicí, řídicí a laboratorní zařízení. Část 1: Všeobecné požadavky (35 6502)

ČSN EN 61325 Izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím nad 1000 V - Keramické nebo skleněné závěsné izolátory pro stejnosměrné systémy - Definice, zkušební metody a přijímací kritéria (34 8121)

ČSN EN 61466-1 Kompozitní závěsné izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím vyšším než 1kV - Část 1: Normalizované třídy pevnosti a koncové armatury (34 8054)

ČSN EN 61466-2 Kompozitní závěsné izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím vyšším než 1kV - Část 2: Rozměry a elektrické charakteristiky (34 8054)

ČSN EN 61557 soubor (35 6230) Elektrická bezpečnost v nízkonapěťových rozvodných sítích se střídavým napětím do 1 kV a se stejnosměrným napětím do 1,5 kV. Zařízení ke zkoušení, měření nebo sledování činnosti prostředků ochrany

ČSN EN 61557-3 Elektrická bezpečnost v nízkonapěťových rozvodných sítích se střídavým napětím do 1 kV a se stejnosměrným napětím do 1,5 kV - Zařízení ke zkoušení, měření nebo sledování činnosti prostředků ochrany - Část 3: Impedance smyčky

ČSN EN 61557-6 Elektrická bezpečnost v nízkonapěťových rozvodných sítích se střídavým napětím do 1 kV a se stejnosměrným napětím do 1,5 kV - Zařízení ke zkoušení, měření nebo sledování činnosti prostředků ochrany - Část 6: Proudové chrániče (RCD) v rozvodných sítích TT, TN a IT

ČSN EN 50274 Rozváděče nn - Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Ochrana před neúmyslným přímým dotykem nebezpečných živých částí

ČSN 35 9701 Dielektrické ochranné a pracovní pomůcky pro elektrotechniku. Vnitřní vypínací tyče, pojistkové kleště a záchranné háky

ČSN EN 60598-1 ed.6 Světla. Část 1 - Obecné požadavky a zkoušky (36 0600)

ČSN 75 5401 Navrhování vodovodního potrubí

Souvisící normy PNE

PNE 33 0000-2 Stanovení základních charakteristik vnějších vlivů působících na rozvodná zařízení distribuční a přenosové soustavy

PNE 33 0000-3 Revize a kontroly elektrických zařízení přenosové a distribuční soustavy

PNE 33 0000-4 Příklady výpočtů uzemňovacích soustav v DS a PS dodavatele elektřiny

PNE 33 0000-5 Umístění zařízení ochrany před přepětím tř. požadavků B v el. instalacích odběrných zařízení

PNE 33 0000-6 Obsluha a práce na elektrických rozvodných zařízeních pro výrobu, přenos a rozvod elektrické energie

PNE 33 0000-7 Navrhování a umisťování svodičů přepětí v distribučních sítích do 1 kV

PNE 33 0000-8 Navrhování a umisťování svodičů přepětí v distribučních sítích nad 1 kV do 45 kV

PNE 33 0000-9 Navrhování a umisťování svodičů přepětí v sítích 110kV

PNE 33 3201 Elektrické stanice - Navrhování a stavba elektrických stanic nad AC 1 kV pro DS a PS

PNE 33 3300 Navrhování a stavba venkovních vedení AC nad 45 kV

PNE 33 3301 Elektrická venkovní vedení s napětím nad 1 kV AC do 45 kV včetně

PNE 34 7614 Závěsné kabely a izolované vodiče pro venkovní vedení distribuční soustavy do 35 kV

PNE 34 7659-3 Kabely plastové pro distribuční sítě o jmenovitém napětí 0,6/1 kV – Oddíl 3: Kabely s PVC izolací bez koncentrického jádra

PNE 34 7659-5 Kabely plastové pro distribuční sítě o jmenovitém napětí 0,6/1 kV – Oddíl 5: Kabely s XLPE izolací bez koncentrického jádra

PNE 34 7625 Kabely vn se zesílenou PE izolací pro sítě do 35 kV

PNE 34 7626 Provozní zkoušky vn kabelových vedení v distribuční síti do 35 kV

PNE 34 8210 Dřevěné sloupy a dřevěné sloupy na patkách pro venkovní vedení do 35 kV

PNE 34 8401 Součásti venkovních vedení veřejného distribučního rozvodu do 1 kV
 PNE 34 8420 Odstředňované betonové sloupy pro venkovní elektrické vedení do 45 kV
 PNE 34 8240 Příhradové stožáry pro elektrická venkovní vedení do 45 kV
 PNE 34 8601 Součásti venkovních vedení veřejného distribučního rozvodu do 35 kV
 PNE 35 4212 Úsekové spínače pro venkovní vedení do 45 kV včetně
 PNE 35 4701 Pojistky gTr pro jištění distribučních transformátorů vn/nn
 PNE 35 7000 Distribuční rozváděče nízkého napětí – Kabelové rozvodné skříně
 PNE 35 7030 Distribuční rozváděče nízkého napětí – Elektroměrové rozváděče
 PNE 35 7149 Rozváděče nn pro distribuční transformovny vn/nn do 630 kVA
 PNE 35 9705 Uzemňovací a zkratovací soupravy pro distribuční a přenosovou soustavu
 PNE 38 1981 Osobní ochranné prostředky a pracovní pomůcky pro elektrické stanice distribučních soustav a přenosové soustavy
 PNE 38 4065 Provoz, navrhování a zkoušení ochrany a automatik

Ostatní související technické předpisy

Doporučení ESČ 00.02.94 První pomoc při úrazu elektrickou energií
 Předpis ESČ 33.02.98 Podmínky použití nadproudových jisticích prvků při ochraně odpojením od zdroje dle ČSN 33 2000-4-41

Obdobné mezinárodní, regionální a zahraniční normy

EN 50522 Earthing of power installations exceeding 1 kV a.c.
(Uzemňování elektrických instalací nad AC 1 kV)
 EN 61936-1 Power installations exceeding 1 kV AC – Part 1: Common rules
(Elektrické instalace nad AC 1 kV – Všeobecné zásady)
 ČSN IEC /TS 60479-1 Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects
(Účinky proudu na člověka a domácí zvířectvo - Část 1: Obecná hlediska)
 IEC 60364-4-41 Low voltage electrical installations. Part 4-41: Protection for safety - Protection against electric shock
(Elektrické instalace nízkého napětí. Část 4-41: Bezpečnost - Ochrana před úrazem elektrickým proudem)
 HD 60364-4-41 Low voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock
(Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochrana pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem)
 DIN VDE 0100 Teil 4-61 Elektrische Anlagen von Gebäuden - Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag
(Elektrická zařízení budov – Část 6-61: Revize – Výchozí revize)
 NF C 15-100 Installations électriques à basse tension - Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques
(Elektrické instalace nízkého napětí – Část 6-61: Revize – Výchozí revize)
 NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2016/631 ze dne 14. dubna 2016, kterým se stanoví kodex sítě pro požadavky na připojení vyroben k elektrizační soustavě

Vazba na ČSN 33 2000-4-41

Tato norma obsahuje základní ustanovení z novelizovaného vydání normy ČSN 33 2000-4-41:2007 a jejích změn, týkající se terminologie podle IEC, požadavků na bezpečnost, prostory z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem, požadavky na ochranu před nebezpečným dotykem živých a neživých částí v sítích TN-C (ve výjimečných

případech sítí TN-C-S), hodnoty dovolených dotykových a krokových napětí v AC sítích do 1 000 V a nad 1 000 V a vychází z principu odpojení zdroje napájení a souboru ochran pro distribuční sítě TN-C, IT a TT.

V normě jsou zohledněny specifické podmínky pro navrhování a provoz elektrických sítí provozovatele distribuční soustavy (dále jen PDS) tak, aby norma vyhovovala možnostem navrhování a provozu distribuční soustavy a požadavkům, které IEC 60364 a HD 60384 připouští pro přenos, distribuci a rozvod elektrické energie. Norma neřeší požadavky na sítě DC s napětím do 1 500 V a nad 1 500 V.

Norma je první částí souboru PNE 33 0000 pro provozovatele distribuční soustavy. Další části týkající se např. problematiky jištění, stanovení prostředí a revizí budou následovat.

Sítě TT do 1 000 V dodavatele elektřiny z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem se řeší podle ČSN 33 2000-4-41.

Nahrazení předchozích norem

Tato norma aplikuje ustanovení ČSN 33 2000-4-41 pro distribuční soustavu dodavatele elektřiny ve smyslu ČSN 33 2000-1:2009.

Vymezení platnosti normy

Norma je určena pro provozovatele zařízení distribuční střídavé (AC) soustavy a elektrické přípojky¹ (bez ohledu na jejich vlastnictví). Norma stanovuje základní požadavky na bezpečnost zařízení z hlediska úrazu elektrickým proudem.

Pro účely této normy jsou uvedená zařízení zahrnuta do termínu rozvodná elektrická zařízení.

Normu lze využívat i pro zařízení provozovatele přenosové soustavy (PPS).

Pro vlastní spotřebu elektrických stanic distribuční a přenosové soustavy platí ustanovení souboru ČSN 33 2000. Pro dotyková a kroková napětí u zařízení nad 1 000 V platí tabulka č. 5 této normy.

Vypracování normy

Zpracovatelé: ČENES, Ing. Jaroslav Bárta, Ing. Pavel Kraják, , Ing. Václav Schamberger, Václav Macháček a EGC
ČB Ing. Karel Procházka, CSc.

Termíny a definice

Pro účely této normy je použita terminologie podle platných norem ČSN zavádějící kapitoly 195, 466, 471, 601, 602, 604, 605, 691, 826 a PNE 33 0000-4. Mezinárodního elektrotechnického slovníku IEC. Z hlediska úrazu elektrickým proudem je upřesněn termín „Předávací místo“.

Hranice ochrany : bod v elektrickém zařízení, kde začíná odběrné elektrické zařízení, určené pro konečnou spotřebu elektřiny. Ochrana před úrazem elektrickým proudem za předávacím místem (v odběrném zařízení odběratele) musí být zajištěna podle ČSN 33 2000-4-41.

POZNÁMKA - U vlastní spotřeby elektrických stanic distribuční a přenosové soustavy se předávacím místem rozumí přírodní svorky hlavního rozváděče nn.

Úraz elektrickým proudem (electric shock): fyziologický účinek elektrického proudu procházejícího tělem člověka nebo zvířete (odlišně od ČSN 33 0050-604)

2 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA BEZPEČNOST

Základní principy a požadavky pro ochranu osob a zvířat před úrazem elektrickým proudem, které jsou společné pro elektrické instalace, sítě a zařízení nebo jsou nezbytné pro jejich koordinaci, jsou uvedené v ČSN EN 61140.

Rozvodná elektrická zařízení musí být trvale vybavena prostředky ochrany před úrazem elektrickým proudem při respektování nepříznivého působení předpokládaných vnějších vlivů při jejich provozu dle ustanovení této normy.

Technická řešení prostředků ochrany před úrazem elektrickým proudem jiným způsobem než stanovuje tato norma jsou přípustná jen za podmínky, že prokazatelně dosahují minimálně stejné úrovně bezpečnosti.

¹ Viz zákon č. 458/2000 Sb, prováděcí vyhlášky MPO, vyhlášky ERÚ a Pravidla provozování distribuční a přenosové soustavy. Pro účely této normy je stanoven termín „Předávací místo“ s ohledem na právní předpisy pro dodávku elektřiny (Zákon č. 458/2000 Sb.a související vyhlášky MPO a ERÚ a ČSN 33 3320).

Prostředky ochrany před úrazem elektrickým proudem u rozvodných elektrických zařízení musí splňovat některou z těchto podmínek:

- trvale zamezit přístup k živým i neživým částem při provozu elektrického zařízení s napětím vyšším než je mezní hodnota bezpečného napětí
- omezit proud protékající lidským tělem při dotyku s neživými částmi elektrických zařízení na úroveň, která není nebezpečná
- omezit dobu, po kterou při dotyku s neživými částmi elektrických zařízení protéká proud lidským tělem tak, aby nenastaly nebezpečné patofyziologické účinky u zasažených osob.

Pro odběrná elektrická zařízení připojená na rozvodná elektrická zařízení jsou podmínky ochrany před úrazem elektrickým proudem stanoveny ČSN 332000-4-41.

2.1 Prostory z hlediska úrazu elektrickým proudem

Způsob a rozsah provedení prostředků ochrany před úrazem elektrickým proudem je přímo podmíněn prostorem, ve kterém je elektrické zařízení provozováno, s přihlédnutím na nepříznivé působení předpokládaných vnějších vlivů.

2.1.1 Základní členění prostor

Pro stanovení úrovně ochrany se prostory člení na:

- Prostory normální - prostory, ve kterých je provozování elektrického zařízení považováno za bezpečné (protože působením vnějších vlivů nedochází ke zvýšení nebezpečí úrazu elektrickým proudem, pokud elektrická zařízení odpovídají ustanovením, která se jich týkají a jsou provozována obvyklým stanoveným způsobem);
- Prostory nebezpečné - prostory, kde působením vnějších vlivů je buď přechodné nebo stálé nebezpečí úrazu elektrickým proudem;
- Prostory zvlášť nebezpečné - prostory, ve kterých působením zvláštních okolností vnějších vlivů (případně jejich kombinací) dochází ke zvýšení nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

Prostory se z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem posuzují podle nejnebezpečnějšího vnějšího vlivu nebo podle kombinace vnějších vlivů zvyšujících riziko úrazu.

2.1.2 Rozdělení napětí z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem

Pro účely stanovení úrovně prostředků ochrany před úrazem elektrickým proudem je určující hodnota napětí provozovaných elektrických zařízení.

Napětí se z těchto důvodů člení na:

- napětí nebezpečná;
- napětí bezpečná (napětí, která v daném prostoru neohrožují bezpečnost osob, hospodářských zvířat a volně žijící zvěř).

2.1.3 Meze bezpečných napětí dle prostor :

Prostory	při dotyku částí (při obsluze)	Bezpečná napětí (V)
Normální	Živých	25
	Neživých	50
Nebezpečné	Živých	25
	Neživých	50
Zvlášť nebezpečné	Živých	-
	Neživých	12

Uvedené hodnoty bezpečných napětí neživých částí pro dané prostory jsou zároveň mezními hodnotami dovoleného dotykového napětí elektrických zařízení do 1 000 V.

2.1.4 Stanovení prostorů provozovaných elektrických rozvodných zařízení z hlediska určení způsobu a rozsahu provedení prostředků ochrany před úrazem elektrickým proudem je vyhodnocováno na základě předpokládaných vnějších vlivů podle platných norem a upřesněno PNE 33 0000-2.

2.1.5 Rozvodná elektrická zařízení v prostorách přístupných jen pracovníkům s odbornou elektrotechnickou způsobilostí mají určeny i další prostředky ochrany příslušnými bezpečnostními a provozními předpisy.

Rozvodná elektrická zařízení v prostorách přístupným laikům (viz ČSN EN 50110-1) musí obsahovat prostředky ochrany zamezující přiblížení k živým částem a odpovídající ochranu neživých částí, na kterých se při poruše může vyskytnout napětí.

POZNÁMKA - Bezpečnostní požadavky na elektrické instalace a spotřebiče určené k užívání osobami bez elektrotechnické kvalifikace (laiky) jsou stanovené v ČSN 33 1310.

2.2 Úraz elektrickým proudem

Velikost rizika vzniku úrazu elektrickým proudem je závislá na provozních podmínkách (napětí, proud, kmitočet atd.) a působení vnějších vlivů v prostoru provozovaných rozvodných elektrických zařízení.

Lidé, hospodářská zvířata a volně žijící zvěř musí být chráněni proti nebezpečnému dotyku nebo přiblížení:

- a) k živým částem s napětím proti zemi;
- b) k živým částem různé polaritě nebo rozdílných potenciálů;
- c) k neživým částem, které při poruše mohou být pod napětím proti zemi.

Při přímém dotyku s živými částmi elektrického zařízení pod napětím může protékat postiženým tělem elektrický proud, který způsobuje patofyziologické účinky.

3 OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM

Tato PNE označuje v souladu se druhým vydáním ČSN 33 2000-4-41 ed.2:

- ochranu za normálních podmínek (nyní označované základní ochrana) jako ochranu před přímým dotykem (před dotykem živých částí) a
- ochranu při poruše jako ochraně před nepřímým dotykem (před dotykem neživých částí).

Ochrana před úrazem elektrickým proudem sestává z:

- vhodné kombinace opatření pro zajištění základní ochrany a nezávislého opatření pro zajištění ochrany při poruše, nebo
- zvýšené ochrany, která zajišťuje jak ochranu základní, tak ochranu při poruše.

Doplňková ochrana je specifikována jako součást ochranných opatření za určitých podmínek vnějších vlivů, na určitých zvláštních místech a ve zvláštních objektech (viz odpovídající část 7 ČSN 33 2000 (IEC 60364-7)).

POZNÁMKA : Příkladem zvýšené ochrany je zesílená izolace.

Ochranná opatření použití zábran a ochrana polohou (umístěním mimo dosah), se mohou použít pouze v instalacích přístupných

- osobám znalým nebo poučeným, nebo
- osobám pracujícím pod dozorem nebo dohledem osob znalých nebo poučených

Pro zařízení přenosové soustavy a distribuční soustavy se mohou tyto ochrany použít i pro veřejně přístupná místa (laici a osoby seznámené).

3.1 Vymezení pojmů živých a neživých částí rozvodných elektrických zařízení

3.1.1 Živé části

Za živou část, kterou je nutné chránit proti přímému dotyku, je považován vodič, včetně vodiče nulového, nebo vodivá část určená k tomu, aby byla při obvyklém užívání pod napětím; podle dohody však nezahrnuje vodič PEN (ČSN 33 0050, č. termínu 826-03-01).

POZNÁMKA - Vodič PEN je vodič spojený se zemí slučující v sobě funkci ochranného a nulového vodiče. (Označení PEN je kombinací označení ochranného vodiče PE a nulového vodiče N).

3.1.2 Neživé části

Za neživou část, kterou je třeba chránit proti nepřímému dotyku, je považována vodivá část elektrického zařízení, které se lze dotknout a která není při obvyklém užívání živá, ale může se stát živou v případě poruchy. S ohledem na čl. 3.1.1 je za neživou část v distribuční síti dodavatele elektřiny považován i vodič PEN (viz ČSN 33 0050-826, č. termínu 826-03-02).

POZNÁMKA - Za neživou část se nepovažuje vodivá část rozvodného elektrického zařízení, která se může stát živou pouze následkem poruchy ochrany před nebezpečným dotykem jiné související chráněné neživé části.

3.1.2.1 Neživé části rozvodných elektrických zařízení do 1 000 V

a) vodivé kostry točivých i netočivých strojů;

b) vodivé kostry a kryty elektrických přístrojů a prvků rozvodného elektrického zařízení;

c) kovové nosné konstrukce a kovový upevňovací materiál nesoucí elektrické předměty rozvodných elektrických zařízení (stožáry, konzoly, háky, kotvy a vzpěry);

Výjimku z bodu c) tvoří a proto je není nutné chránit:

- konzoly pro upevnění zařízení třídy II nebo s rovnocennou izolací;
- část kotevního drátu, která je od kotvené konstrukce oddělena předepsaným kotevním izolátorem, který je mimo dosah (nejméně 3 m nad terénem);
- konzoly a háky nesoucí vedení z holých vodičů, upevněné na dřevěných nebo železobetonových sloupech, které jsou mimo dosah;
- nosná lana samonosných závěsných kabelů,
- kotevní dráty bez kotevního izolátoru a vzpěry, pokud jsou ukotveny ve zdivu budovy a místo upevnění je mimo dosah (nejméně 3 m nad terénem);
- kotevní drát nevodivého stožáru upevněný ve vzdálenosti větší než 20 cm od kovové části podpěry vedení;
- nepřístupná ocelová výztuž železobetonových sloupů;
- trubkové opěrné body nesoucí vedení z holých vodičů pokud jsou upevněny na střeše nebo ve zdivu objektu a místa upevnění jsou mimo dosah (nejméně 3 m nad přístupným stanovištěm).

d) kovové trubky (i ohebné) elektrického vedení s příslušným instalačním materiálem;

Výjimku z bodu d) tvoří a proto je není nutné chránit:

- pláště plášťových trubek i ohebných a jejich příslušenství,
- kovové trubky chránící elektrické zařízení třídy II (např. kabely) nebo s rovnocennou izolací;
- kovové příchytky a závěsy kovových trubek.

e) kovové obaly, tj. pláště a pancíře kabelů a chráněných vodičů a jejich vodivé příslušenství (rozvodky, koncovky, spojky); kovové kabelové soubory se spojí s kovovým pláštěm kabelů;

f) vodivé odnímatelné zábrany, pokud nejsou ve vodivém spojení s chráněnými částmi; za vodivá spojení se považují například klouby a závěsy upevněné na chráněném rámu.

POZNÁMKY :

1. Kabely se jmenovitým napětím 0,6/1 kV, se zkušebním napětím AC 4 kV, 50 Hz podle ČSN 34 7010-82, se považují za rovnocenné předmětům s dvojitou izolací, a proto se jejich kovové obaly nemusí chránit, pokud je požadována ochrana základní.

2. Pláště a pancíře kabelů a chráněných vodičů s příslušným instalačním materiálem, které nejsou v přímém styku s vodivým materiálem a jsou mimo dosah, a kabelové kovové spojky uložené v zemi jsou chráněny polohou, proto nevyžadují další ochranu.

3. Podpěry umístěné mimo dosah nesoucí venkovní vedení na dřevěných a železobetonových sloupech jsou chráněny polohou, proto není třeba je dále chránit.

4. Chránit se nemusí také neživé části, které pro své omezené rozměry (přibližně 50 mm × 50 mm) nebo pro své umístění nemohou být uchopeny nebo se dotýkat lidského těla na velké ploše, přičemž spojení těchto částí s ochranným vodičem by bylo buď obtížné nebo by bylo nespolehlivé (např. na šrouby s maticemi, nýty, štítky a kabelové příchytky).

3.1.2.2 Neživé části rozvodného elektrického zařízení nad 1 000 V

Jsou to všechny neživé vodivé části zařízení a přístrojů, které mohou při poruše izolace nebo zásahem oblouku přijít do styku s živými částmi zařízení.

Mimo části uvedené v čl. 3.1.2.1 to jsou zejména tyto části:

a) kovové části budov umístěné ve zdivu, v nearmovaném betonu nebo ve dřevě (např. rámy, dveře, okna, schodiště, žebříky apod.), kterých se mohou dotknout osoby, jež jsou vně provozovny, mohou-li tyto části při poruše (tj. i oblouku) přijít pod napětí;

b) podpěrné body a jiné konstrukce ze železobetonu, nesoucí elektrické vedení, přístroje nebo výzbroj;

c) rámy s průchodkami a kotvy ve zdivu k upevnění izolátorových závěsů, pokud se nepoužijí neprůrazné izolátory.

POZNÁMKA - U průchodek z keramických izolačních desek může být od ochrany rámu upuštěno, je-li průchodka sama dimenzována na provozní napětí a izolační deska představuje dostatečnou přídavnou izolaci.

Výjimky z bodů a), b) a c) tvoří a proto je není nutné chránit:

- *kovové konzoly na dřevěných a železobetonových sloupech nebo ve zdivu, nesoucí elektrické vedení, které je mimo dosah, pokud jiné ČSN a PNE nestanoví jinak;*
- *rámy úsečníků na dřevěných sloupech, které jsou mimo dosah a v táhle mají vřazen předepsaný izolátor a pokud jiná ČSN a PNE nestanoví jinak;*
- *nepřístupná ocelová výztuž železobetonových sloupů venkovních vedení se jmenovitým napětím do 35 kV včetně, pokud je pro upevnění vodičů použito neprůrazných izolátorů a k roubíkovým izolátorům jsou vodiče upevněny třmenovými vazy nebo jinými rovnocennými vazy a pokud jiné ČSN nebo PNE nestanoví jinak (např. ČSN 33 3301).*

POZNÁMKA - Celokovové stožáry a sloupy z odstředovaného betonu venkovního vedení 22 a 35 kV s izolátory typu A (neprůrazné izolátory) se nemusí chránit, pokud ČSN 33 3301 nepředepisuje jejich uzemnění (drážní křižovatky, úsečníky a umístění svodičů přepětí).

Ochrana venkovních oplocení se provádí podle PNE 33 3201 čl. 7.2.3 a 7.2.6.

3.2 Prostředky základní ochrany

Základní ochrana je také označována jako „Ochrana před nebezpečím úrazu elektrickým proudem při normálním provozu“ nebo „Ochrana před přímým dotykem“.

3.2.1 Rozdělení ochran

Základní ochrana živých částí může být vytvořena :

- polohou (čl. 3.2.2.1);
- zábranou (čl. 3.2.2.2);
- přepážkami nebo kryty (čl. 3.2.2.3).
- izolací živých částí (čl. 3.2.2.4);

3.2.2 Požadavky na jednotlivé druhy ochran

3.2.2.1 Ochrana polohou (umístění mimo dosah)

POZNÁMKY :

1. *Ochrana polohou je umístění nebezpečných živých částí mimo dosah a je určena pouze k zabránění nahodilému dotyku živých částí.*
2. *Zóna dotyku ruky je vymezena kótami a, b, c (viz obrázek níže).*

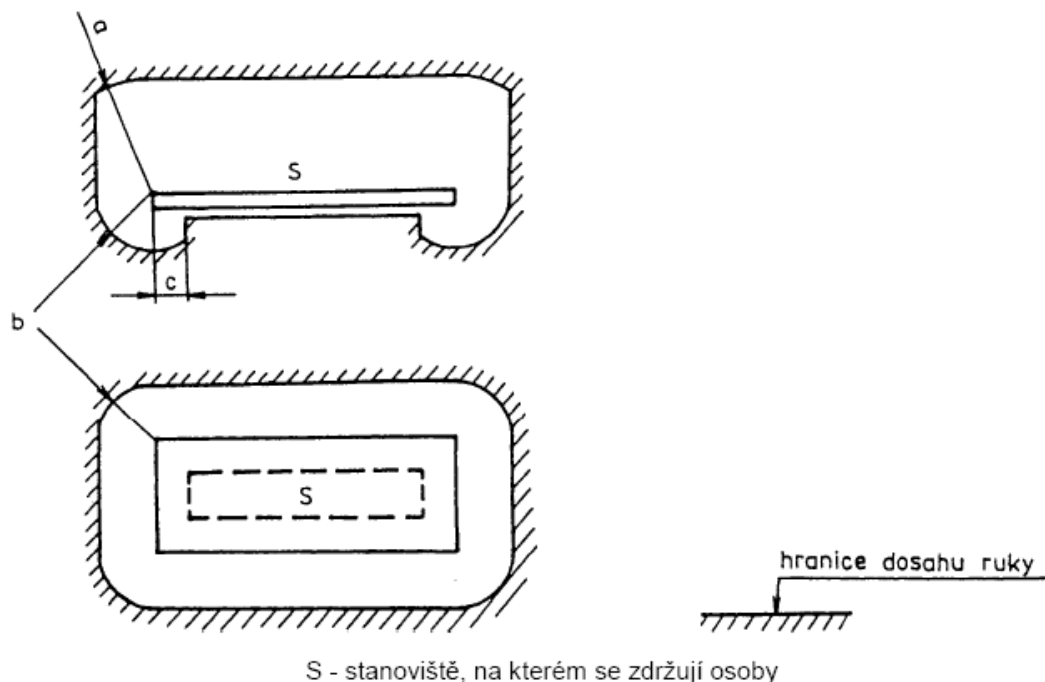
3.2.2.1.1 Části současně přístupné dotyku, které mají odlišný potenciál, nesmějí být v dosahu ruky.

POZNÁMKA:

O dvou částech se předpokládá, že jsou současně přístupné dotyku, jestliže od sebe nejsou vzdáleny více než 2,5 m.

3.2.2.1.2 Pokud je běžně přístupné místo omezeno ve vodorovném směru nějakou zábranou (např. zábradlím, drátěným pletivem), která umožňuje krytí nižší než IP2X nebo IP XXB, počítá se dosah ruky *b* /m/ od této zábrany. Ve směru nahoru je dosah ruky *a* /m/ od stanoviště S, přičemž se neberou v úvahu žádné mezilehlé zábrany, které zajišťují nižší stupeň ochrany než IPXXB. Dosah ruky pod stanovištěm se označuje *c* /m/.

POZNÁMKA - Hodnoty dosahu ruky se vztahují na přímý dotyk holýma rukama bez pomůcky (např. nástroje nebo žebříku).



3.2.2.1.3 Na místech, kde se manipuluje s objemnými nebo dlouhými vodivými předměty, se musí požadované vzdálenosti zvětšit s ohledem na příslušné rozměry těchto předmětů.

3.2.2.1.4 Dosah ruky je pro jednotlivé případy stanoven takto :

a) V prostorách nepřístupných laikům a osobám seznámeným*

aa) pro zařízení kategorie napětí II (nn)* (v sítích TN a TT 600 V proti zemi nebo uzemněnému střednímu vodiči a 1 000 V mezi fázovými vodiči):

a = 2,5 mpro vnitřní zařízení **

a = 2,7 mpro venkovní zařízení

b = 1,25 m ...pro vnitřní i venkovní zařízení

c = 0,75 m ...pro vnitřní zařízení

ab) pro zařízení kategorie napětí A (vn)*** (do 52 kV pro sítě TT a IT):

a = 2,5 mpro vnitřní zařízení

a = 2,7 mpro venkovní zařízení

b = 1,5 mpro vnitřní i venkovní zařízení

c = 0,9 mpro vnitřní zařízení

ac) ochrana před nebezpečným dotykem živých částí elektrických provozoven se provede dle ČSN EN 61936-1, PNE 33 3201 a ČSN EN 50522.

uvnitř elektrických provozoven v blízkosti vnějšího plotu jsou minimální výšky venkovních živých částí nad přístupovou plochou stanoveny v ČSN EN 61936-1 a PNE 33 3201. Minimální výšky venkovních živých částí v blízkosti vnějšího plotu stanovené pro zařízení vn platí rovněž pro zařízení nn.

b) V prostorách přístupných i laikům a osobám seznámeným musí být dodrženy tyto hodnoty:

*** Viz ČSN 33 0010 : 2013

** V chodbách pro obsluhu a údržbu, kde není provedeno žádné ochranné opatření se připouští podle čl. 481.2.4.2 ČSN 33 2000-4-481 a = 2,3 m

* Odborná způsobilost pracovníků v elektrotechnice viz vyhláška ČÚBP a ČBÚ č. 50/1978 Sb.

- výška živých částí nad stanovištěm s výjimkou zařízení vvn a zvn musí být alespoň $a = 5 \text{ m}$; (u vvn alespoň 6 m);
- ve vodorovném a jiném směru (kromě kóty a) musí být nejmenší vzdálenost živých částí od stanoviště $b = 3 \text{ m}$.
- ochrana před nebezpečným dotykem živých částí elektrických provozoven se provede dle ČSN 33 3201 a ČSN EN 50522.
- u stožárových, sloupových a věžových transformoven jsou minimální výšky živých částí vn nad přístupnou plochou uvedeny v PNE 33 3201 čl.7.7. Tyto minimální výšky živých částí platí rovněž pro zařízení nn.

POZNÁMKA: 1) Pro uvedené vzdálenosti se rozumí vzdálenost vždy od krajního (nejbližšího) místa přístupného stanoviště laikům a pracovníkům seznámeným, včetně krajního (nejbližšího) místa přilehlé schůdné terénní veřejně přístupné nerovnosti (svah, schodiště, balkon, terasa, pochozí objekt apod.)

Vyžadují-li to provozní okolnosti, musí být tyto vzdálenosti větší.

Pro bezpečné vzdálenosti při práci v blízkosti elektrických zařízení platí ČSN EN 50110-1 a PNE 33 0000-6.

Pro zařízení kategorie napětí B (vvn) a C (zvn) platí vzdálenosti stanovené v PNE 33 3201 a ČSN EN 61936-1.

Pro vzdálenosti venkovních vedení nn, vn, vvn od komunikací, objektů apod. platí PNE 33 3300, PNE 33 3301, PNE 33 3302

POZNÁMKA - Vzdálenosti, které musí být při tomto způsobu ochrany dodrženy, jsou závislé na druhu zařízení, způsobu jeho provozu a možnosti přístupu pracovníků s rozdílnou odbornou způsobilostí v elektrotechnice nebo laiků.

3.2.2.2 Ochrana zábranou

POZNÁMKA - Zábrany jsou určeny k tomu, aby bránily nahodilému dotyku živých částí, ne však úmyslnému dotyku záměrným obejítím nebo překonáním zábrany.

3.2.2.2.1 Zábrany musí bránit buď :

- neúmyslnému přiblížení těla k živým částem, nebo;
- nahodilému dotyku živých částí během činnosti zařízení pod napětím v běžném provozu.

3.2.2.2.2 Zábrany mohou být odstraněny i bez použití klíče nebo nástroje, ale musí být zajištěny tak, aby se zabránilo jejich neúmyslnému odstranění.

POZNÁMKY:

1. Zábrany nejsou přímou součástí elektrického zařízení.

2. U zařízení nad $1\,000 \text{ V}$ může být ochrany zábranou použito pro zabránění dotyku nebo nebezpečnému přiblížení se k neživým částem u stožárů sítě.

3.2.2.2.3 Ochranu zábranou lze provést:

a) v prostorech přístupných laikům a osobám bez požadované odborné způsobilosti v elektrotechnice (na veřejně přístupných místech) - uzamčením nebo neodnímatelným ohrazením (např. mříží nebo oplocením) dostatečně pevným, vysokým a vzdáleným od živých částí podle 3.2.2.1;

POZNÁMKA - ČSN EN 61936-1 považuje venkovní oplocení elektrických instalací nad AC 1 kV za přepážku s minimální výškou $1\,800 \text{ mm}$ (zábrana může být nižší než 1.8 m).

b) v prostorech nepřístupných laikům a osobám bez požadované odborné způsobilosti v elektrotechnice (uvnitř elektrických stanic) - uzavřením, ohrazením (např. provazem, tyčí, zábradlím, mříží, plotem apod.), které může být i odnímatelné.

Jeho vzdálenosti od živých částí musí však vyhovovat ČSN EN 61936-1 a PNE 33 3201. Zábrana mříží nebo sítí může mít nižší stupeň ochrany nežli IP 2X při dodržení podmínek stanovených v příslušných normách.

POZNÁMKA - Odnímatelné zábrany mohou být použity i v prostorech, kam mají přístup laici a osoby bez požadované způsobilosti v elektrotechnice, jde-li o přechodná pracoviště (zkušební místa apod.) a pokud je zařízení a pracoviště při provozu pod dozorem osoby s předepsanou odbornou způsobilostí v elektrotechnice. Přitom výška zábran má být $(1\,000 \pm 200) \text{ mm}$. Podrobnosti stanoví příslušné normy, např. ČSN 33 1345, PNE 33 3201 a ČSN EN 61936-1..

3.2.2.2.4 Předměty tvořící zábranu mají být mechanicky pevné a tuhé a musí odolávat vlivům daného prostředí.

Doporučuje se, aby odnímatelné zábrany byly z izolačního materiálu. Použije-li se k vytvoření zábrany poddajného materiálu (např. provazu), musí být vzdálenosti od živých částí přiměřeně větší, aby stanovené vzdálenosti byly dodrženy i při největším prohnutí. Materiál zábran z poddajného materiálu musí být nevodivý.

3.2.2.3 Ochrana přepážkami nebo kryty

POZNÁMKA - Přepážky nebo kryty jsou určeny k tomu, aby bránily dotyku živých částí.

3.2.2.3.1 Živé části musí být uvnitř krytů nebo za přepážkami, které zajišťují stupeň ochrany alespoň IPXXB nebo IP2X*, kromě případu, kdy se větší otvory objeví během výměny částí, jako je tomu u některých objímek žárovek nebo pojistek nebo kde jsou větší otvory zapotřebí, aby umožnily řádnou funkci zařízení podle příslušných požadavků na zařízení.

V takových případech:

- vhodná opatření musí bránit nahodilému dotyku živých částí osobami nebo hospodářskými zvířaty a
- musí se, nakolik je to proveditelné, zajistit aby si osoby byly vědomy toho, že se otvorem mohou dotknout živých částí a že do otvoru nemají úmyslně sahát a
- otvory musí být tak malé, jak to jen odpovídá požadavkům na řádnou funkci a výměnu částí.

*POZNÁMKA - Zajišťuje se poučením pracovníků podle právních předpisů** a opatřením podle ČSN 33 1310. Pojistky, objímky, zásuvky ap. musí odpovídat příslušným normám.*

3.2.2.3.2 U rozváděčů (včetně kabelových skříní) přístupných laikům a pracovníkům seznámeným je požadováno krytí aspoň IP4X nebo IPXXD.

POZNÁMKA - Podrobnosti pro kabelové skříně jsou uvedené v PNE 35 7000.

3.2.2.3.3 Kryty nebo přepážky musí být pevně zajištěny na místě a mít dostatečnou stabilitu a trvanlivost, aby při známých podmínkách normálního provozu a vzhledem k vyskytujícím se vnějším vlivům zajišťovaly požadovaný stupeň ochrany a přiměřené oddělení od živých částí.

3.2.2.3.4 Jestliže je nutné odstranit přepážky nebo otevřít kryty nebo odstranit části krytů, musí to být možné pouze:

- s použitím klíče nebo nástroje, nebo;
- po samočinném odpojení napájení živých částí před jejichž nebezpečným dotykem přepážky nebo kryty poskytují ochranu, přičemž napájení může být obnoveno pouze po obnoveném umístění nebo opětovém vetknutí přepážek nebo krytů, nebo
- jestliže vnitřní přepážka zajišťující stupeň ochrany alespoň IPXXB nebo IP2X brání dotyku živých částí, přičemž odstranění této vnitřní přepážky je možné pouze použitím klíče nebo nástroje.

3.2.2.3.5 Pro elektrická zařízení určená k zabudování se v průvodní dokumentaci výrobku doporučí popř. předepíše způsob zabudování k docílení předepsané ochrany. Splnění požadavků na ochranu se posuzuje na takto zabudovaném zařízení.

3.2.2.3.6 Jestliže za přepážkami nebo uvnitř krytů jsou instalována zařízení, na kterých mohou po té, co byla odpojena, zůstat nebezpečné elektrické náboje (kondenzátory atd.), požadují se výstražné tabulky. Malé kondenzátory, jako jsou ty, které jsou používány pro uhašení oblouku, pro zpoždění odezvy relé apod. nemusí být považovány za nebezpečné.

POZNÁMKA Neúmyslný dotyk se nepovažuje za nebezpečný, jestliže stejnosměrné napětí vyskytující se jako projev elektrostatického náboje klesne za méně než 5 s od odpojení pod 120 V.

3.2.2.3.7 Ochrana kryty nebo překážkami v elektrických provozovnách se provede dle PNE 33 3201 a ČSN EN 61936-1. Ochrana krytem v blokových transformovnách vn/nn se provede dle ČSN EN 62271-202.

3.2.2.4 Ochrana živých částí izolací

3.2.2.4.1 Dvojitá nebo zesílená izolace je ochranné opatření u něhož

- základní ochrana je zajištěna základní izolací, ochrana při poruše přidavnou izolací nebo
- základní ochrana i ochrana při poruše jsou zajištěny zesílenou izolací mezi nebezpečnými živými částmi a přístupnými částmi.

* Viz ČSN EN 60529 : 1993 (33 0330)

** Viz vyhláška ČÚBP a ČBÚ č. 50/1978 Sb.

POZNÁMKA Toto ochranné opatření je určeno k tomu, aby zabránilo výskytu nebezpečného napětí na přístupných částech elektrických zařízení v důsledku poruchy základní izolace.

3.2.2.4.2 Požadavky na základní ochranu a ochranu při poruše

3.2.2.4.2.1 Elektrické zařízení

Jestliže je ochranné opatření využívající dvojité nebo zesílené izolace používáno v celé instalaci nebo v části instalace, musí elektrické zařízení vyhovovat článkům uvedeným v jednom z následujících bodů:

- izolací (3.2.2.4.2.1.1) nebo
- 3.2.2.4.2.1.2 a 3.2.2.4.2.2.2 nebo
- 3.2.2.4.2.1.3 a 3.2.2.4.2.2.

3.2.2.4.2.1.1 Elektrické zařízení musí být následujících typů, typově zkoušené a označené podle příslušných norem:

- elektrické zařízení, které má dvojitou nebo zesílenou izolaci (zařízení třídy ochrany II);
- elektrické zařízení uvedené v příslušné předmětové normě jako ekvivalentní k zařízení třídy ochrany II, jako jsou sestavy elektrických zařízení označovaná jako izolačně krytá (viz IEC 61439-1).


POZNÁMKY

1. Toto zařízení je označováno značkou  - viz IEC 60417-5172 (DB^{*}:2002-10): zařízení třídy ochrany II.


2. Elektrická zařízení jen se základní izolací a bez přídavné ochrany se označují jako zařízení třídy ochrany 0 a nejsou v ČR bez dodatečně provedené přídavné ochrany při instalaci dovolena^{*}.

3. Dřívější termín „pracovní izolace“ použitý pro základní izolaci se nyní vztahuje na izolaci mezi živými částmi o rozdílném potenciálu potřebnou pro správnou činnost zařízení.

3.2.2.4.2.1.2 Elektrické zařízení, které má pouze základní izolaci, musí být doplněno přídavnou izolací v průběhu výstavby (montáže) elektrické instalace. Podmínkou je, že bude zajištěn stupeň bezpečnosti ekvivalentní k bezpečnosti zařízení podle 3.2.2.4.2.1.1 a vyhovující 3.2.2.4.2.2.1 až 3.2.2.4.2.2.3.

POZNÁMKA Na viditelném místě povrchu a vnitřku krytu musí být umístěna značka . Viz IEC 60417-5019 (DB:2002-10): Ochranné uzemnění.

3.2.2.4.2.1.3 Elektrické zařízení, které má neizolované živé části musí být v průběhu výstavby (montáže) doplněno zesílenou izolací, která zajišťuje stupeň bezpečnosti ekvivalentní k bezpečnosti zařízení podle 3.2.2.4.2.1.1 a vyhovující 3.2.2.4.2.2.2 a 3.2.2.4.2.2.3; takovou izolaci lze připustit pouze tam, kde charakter konstrukce neumožňuje provedení dvojité izolace.

POZNÁMKA Na viditelném místě povrchu a vnitřku krytu musí být umístěna značka . Viz IEC 60417-5019 (DB:2002-10): Ochranné uzemnění.

3.2.2.4.2.2 Kryty

3.2.2.4.2.2.1 Elektrické zařízení připravené k provozu, jehož vodivé části jsou od živých částí odděleny pouze základní izolací, musí být uzavřena v izolačním krytu zajišťujícím stupeň ochrany alespoň IPXXB nebo IP2X.

3.2.2.4.2.2.2 Platí následující požadavky:

- izolačním krytem nesmějí procházet vodivé části, které by mohly přenášet napětí a
- izolační kryt nesmí obsahovat žádné šrouby nebo jiné upevňovací prostředky, které by mohly být odstraněny nebo u nichž je pravděpodobné, že by mohly být odstraněny během instalování a údržby a jejichž nahrazení kovovými šrouby nebo jinými upevňovacími prostředky by mohlo narušit izolaci krytu.

Jestliže izolačním krytem musí pronikat mechanické závěsy nebo připojení (např. ovládací rukojeti vestavěných přístrojů), musí být upraveny tak, aby v případě poruchy nebyla narušena ochrana před úrazem elektrickým proudem.

^{*} „DB“ odkazuje na on-line databázi IEC.

3.2.2.4.2.2.3 Jestliže se poklopy nebo dveře v izolačním krytu mohou otvírat bez pomoci nástroje nebo klíče, musí být všechny vodivé části, které jsou při otevřeném poklopu nebo dveřích přístupné, za izolační přepážkou (zajišťující krytí alespoň IPXXB nebo IP2X) bránící osobám, aby přišly do nahodilého dotyku s těmito vodivými částmi. Tato izolační přepážka musí být odstranitelná pouze pomocí nástroje nebo klíče.

3.2.2.4.2.2.4 Vodivé části uzavřené v izolačním krytu nesmí být spojeny s ochranným vodičem. Mohou se však provést opatření k propojení ochranných vodičů, které krytem musejí procházet proto, aby sloužily dalším elektrickým zařízením, jejichž napájecí obvod také prochází krytem. Všechny takové vodiče a jejich svorky uvnitř krytu musejí být izolovány, jako by se jednalo o živé části, a jejich svorky musí být označeny jako ochranné PE svorky.

Neživé části a mezilehlé části nesmí být spojeny s ochranným vodičem, pokud v příslušných specifikacích pro zařízení pro to nejsou předepsána příslušná opatření.

3.2.2.4.2.2.5 Kryt nesmí mít nepříznivý vliv na provoz zařízení chráněného uvedeným způsobem.

3.2.2.4.2.3 Instalace



3.2.2.4.2.3.1 Instalace zařízení uvedených ve 3.2.2.4.2.1 (upevnění, připojení vodičů atd.) se musí provést tak, aby tím nebyla narušena ochrana poskytovaná podle dokumentace zařízení.

3.2.2.4.2.4 Vedení

3.2.2.4.2.4.1 O vedeních instalovaných v souladu s ČSN 33 2000-5-52 se předpokládá, že splňují požadavky 3.2.2.4.2, jestliže:

- jejich jmenovité napětí není menší než jmenovité napětí sítě a přitom není menší než 300/500 V a
- mají odpovídající mechanickou ochranu základní izolace zajištěnou některým nebo některými z následujících způsobů:
 - a) nekovový plášť kabelu nebo
 - b) nekovové lišty nebo kanály odpovídající IEC 61084 nebo nekovové instalační trubky odpovídající buď souboru IEC 60614 nebo IEC 61386.

POZNÁMKA 1 Výrobní normy kabelů nestanoví impulsní výdržnou schopnost, nicméně se předpokládá, že izolace kabelového vedení odpovídá alespoň požadavkům IEC 61140 pro zesílenou izolaci.

POZNÁMKA 2 Takové vedení by nemělo být označováno ani značkou  IEC 60417-5172 (DB:2002-10) ani značkou  IEC 60417-5019 (DB:2002-10).

- kabely s nekovovým pláštěm, jejichž jmenovité napětí je o stupeň vyšší než je jmenovité napětí sítě; nebo
- izolované vodiče uložené v izolačních elektroinstalačních kanálech a trubkách odpovídajících příslušným normám; nebo
- kabely opatřené kovovým pláštěm, mezi jehož vodiči a kovovým pláštěm a mezi tímto pláštěm a vnějším povrchem je izolace odpovídající jmenovitému napětí sítě.

3.2.2.4.2.4.2 Živé části musí být úplně pokryty izolací, kterou lze odstranit pouze jejím zničením.

3.2.2.5 Ochrana doplňkovou izolací

3.2.2.5.1 Ochrana doplňkovou izolací spočívá ve vybavení elektrického zařízení izolačním stanovištěm (např. izolačním kobercem) nebo v použití ochranných pomůcek (vypínacích tyčí, dielektrických rukavic, galoší apod.). Viz PNE 35 9700 a ČSN 35 9701.

Ochranu doplňkovou izolací lze použít v případě, že k zařízení mají přístup jen pracovníci s elektrotechnickou kvalifikací* kromě laiků a pracovníků seznámených.

3.2.2.5.2 Použije-li se doplňková izolace k izolaci stanoviště, musí být její účinný rozsah takový, aby z místa, jež je mimo stanoviště a je přístupné, byl znemožněn nebezpečný dotyk živých částí nebo nebezpečné přiblížení k nim.

Pokud jsou poblíž stanoviště živé nebo neživé části, jejichž potenciál se liší od potenciálu částí, u nichž se dotyk předpokládá, musí být také u těchto částí dotyk znemožněn.

* Viz vyhláška ČÚBP a ČBÚ č. 50/1978 Sb.

3.2.2.5.3 Pro splnění požadavku znemožnění nebezpečného dotyku živých a neživých částí musí být tyto části pokryty až do vzdálenosti b podle 3.2.2.1 izolační pomůckou, zajištěnou proti přemístění.

POZNÁMKA - Izolační pomůckou jsou např. spirálové izolační návleky na vodiče, izolační hadice, trubky, desky apod. splňující požadavky na izolaci podle 3.2.2.4.2.

3.3 Ochrana při poruše (ochranu před dotykem neživých částí) rozvodných elektrických zařízení do 1 000 V AC

3.3.1 Dovolené dotykové napětí a zkratové proudy v rozvodném elektrickém zařízení do 1 000 V AC

3.3.1.1 Dovolená trvalá dotyková napětí

Nejvyšší dovolená trvalá dotyková napětí U_{dL} jsou uvedena v tabulce č.1.

Tabulka č. 1 - Dovolené trvalé dotykové napětí podle prostorů u elektrického zařízení distribuční soustavy do 1 000 V AC

Prostory	Dovolené trvalé dotykové napětí U_{dL} [V]
Normální a nebezpečné	50
Zvlášť nebezpečné	12

POZNÁMKA Ve zvlášť nebezpečných prostorech se obvykle výstavba a provoz distribuční soustavy neprovádí.

3.3.1.2 Zkratové proudy v elektrickém zařízení distribuční soustavy do 1 000 V AC

Maximální doba trvání jednofázového zkratu (fázový vodič a vodič PEN případně fázový vodič a vodič PE) v distribuční síti je 30 s.

Maximální doba trvání dalších zkratů (mezifázových, fázový vodič a nulový vodič N apod.) v distribuční síti by rovněž neměla překročit 30 s.

Z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem (impedance poruchové smyčky apod.) jsou brány v úvahu jednofázové zkraty mezi fázovým vodičem a vodičem PEN případně mezi fázovým vodičem a vodičem PE, výpočty týkající se zkratových proudů se provádí dle ČSN EN 60909-0 a PNE 33 3042 (jedná se o výpočet minimálních zkratových proudů, běžně lze uvažovat, že se jedná o vzdálené zkraty). Výpočet teplot vodičů při zkratu s ohledem na jejich ohřev se provádí podle ČSN IEC 949.

POZNÁMKA 1 Norma ČSN EN 60909-0 (33 3022) a PNE 33 3042 neobsahují potřebné údaje a postupy pro výpočet zkratových proudů v sítích s fotovoltaickými zdroji elektřiny, a jinými zdroji se střídači na výstupu, u kterých může být příspěvek ke zkratovému proudu roven přibližně jejich jmenovitému proudu, popř. jako u generátorů s dvojitě napájeným rotorem –DFIG (používají se u větrných elektráren velmi rychle klesá. Vliv omezeného příspěvku ke zkratovému proudu se může projevit v sítích s velkým podílem těchto zdrojů, především pokud jsou významnými zdroji v tzv. mikrosítích, oddělenými trvale, nebo i krátkodobě od distribuční soustavy, jak je schematicky naznačeno na obrázku v Příloze 6. Podrobnosti potřebné k ověření splnění podmínek pro zajištění vypínání při poruchách v mikrosítích přinese připravovaná revize PNE 33 0000-4.

POZNÁMKA 2 Pokud jde o maximální dobu trvání všech druhů zkratů v distribuční síti 30 s, doporučuje se i zvážit její reálnost v nových podmínkách i za cenu omezení použitelnosti pojistek s velkými jmenovitými proudy, s přihlédnutím k požadavkům na chování tzv. nesynchronních výrobních modulů podle NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2016/631 ze dne 14. dubna 2016, kterým se stanoví kodex sítě pro požadavky na připojení výroben k elektrizační soustavě.

3.3.2 Způsoby ochrany při poruše (ochrany před nebezpečným dotykem neživých částí) v rozvodných elektrických zařízení do 1 000 V AC

Způsoby ochrany při poruše včetně jejího doplnění jsou:

- ochrana izolací;

- ochrana doplňkovou izolací;
- ochrana pospojováním;
- ochrana automatickým odpojením od zdroje proudovými chrániči;
- ochrana automatickým odpojením od zdroje nadproudovými ochrannými přístroji.

Viz též čl. 3.5 a čl. 4.1

3.3.2.1 Ochrana izolací

Ochrana izolací mezi živou částí a přístupnými částmi spočívá v doplnění základní izolace izolací přídavnou. Základní izolací se dosáhne ochrany základní. Přídavnou izolací se dosáhne ochrany při poruše. Základní a přídavná izolace jako celek tvoří izolaci dvojitou.

Místo izolace dvojitě lze provést izolaci zesílenou, která je současně jak ochranou základní tak ochranou při poruše.

Podmínky pro ochranu izolací jsou uvedeny v čl. 3.2.2.4.

3.3.2.2 Ochrana doplňkovou izolací

Ochranu doplňkovou izolací je možné provést jen k doplnění ochrany při poruše v místech, kam nemají přístup laici a pracovníci seznámení.

Podmínky pro ochranu doplňkovou izolací jsou uvedeny v čl. 3.2.2.5.

3.3.2.3 Ochrana pospojováním

Ochranu pospojováním je možné provést jen k doplnění ochrany při poruše.

Podstata ochrany pospojováním spočívá v tom, že se vzájemně pospojují všechny neživé části a ostatní cizí vodivé části v okolí včetně vodivého stanoviště – pokud je k dispozici. Tím se zamezí vzniku nebezpečného rozdílu potenciálů mezi těmito částmi. Dimenzování vodičů pro ochranu pospojováním se provede podle ČSN 33 2000-5-54. Viz též čl. 3.4.3.4.

3.3.2.4 Ochrana automatickým odpojením od zdroje proudovými chrániči

Při použití proudových chráničů v distribučních sítích TN-S musí být splněny podmínky čl. 3.3.3.2, čl. 3.3.3.3 a čl. 3.3.3.7.2. V distribučních sítích TT musí být splněny podmínky čl. 3.3.4.1 a čl. 3.3.4.3. V případě, že je proudový chránič použit pro vazbu sítě TT se sítí TN-C, musí být splněny podmínky čl. 3.3.3.7.3. Před proudovými chrániči (na straně zdroje) musí být umístěny nadproudové ochranné přístroje (pojistky nebo jističe).

Ochrana automatickým odpojením od zdroje proudovými chrániči v distribučních sítích se považuje za ochranu při poruše (za ochranu před dotykem neživých částí). V tomto případě není nutné, aby nadproudové ochranné přístroje, které jsou umístěny v obvodu před proudovým chráničem, splňovaly podmínky čl. 3.3.3.4 – v síti TN nebo podmínky čl. 3.3.4.2 – v síti TT. Nadproudové ochranné přístroje umístěné v obvodu před proudovým chráničem musí z hlediska přetížení, mezifázových zkratů a zkratu mezi fázovým vodičem a vodičem N odpovídat ČSN 33 2000-4-43 a ČSN 33 2000-4-473.

Ochranu proudovým chráničem podle podmínek uvedených v čl. 3.3.3.7.2 pro síť TN-S a v čl. 3.3.4.1 a čl. 3.3.4.3 pro síť TT lze též použít k doplnění ochrany při poruše (viz čl. 4.1). Ochrana při poruše je v tomto případě tvořena ochranou automatickým odpojením od zdroje použitím nadproudových ochranných přístrojů, ochrana proudovým chráničem je použita k jejímu doplnění. Nadproudové ochranné přístroje umístěné v obvodu před proudovým chráničem, musí v tomto případě splňovat podmínky čl. 3.3.3.4 – v sítích TN nebo podmínky čl. 3.3.4.2 – v sítích TT a odpovídat ČSN 33 2000-4-43 a ČSN 33 2000-4-473.

Použije-li se proudových chráničů v distribučních sítích, pak obvykle se použije proudových chráničů s nastavitelným jmenovitým reziduálním vybavovacím proudem několik ampér a se stavitelnou dobou odpojení poruchy, která je několik sekund.

POZNÁMKA – Proudový chránič nechrání obvod distribuční sítě, ve které je použit, před mezifázovými zkraty a před zkratem mezi fázovým vodičem a vodičem N, rovněž nechrání obvod před přetížením. Proto musí být před proudovým chráničem (na straně zdroje) umístěny nadproudové ochranné přístroje, které musí zajistit ochranu obvodu v uvedených případech. Proudový chránič působí pouze při poruchách mezi fázovým vodičem a vodičem PE a při poruše mezi vodičem N a vodičem PE.

3.3.2.5 Ochrana automatickým odpojením od zdroje nadproudovými ochrannými přístroji

Ochrana automatickým odpojením od zdroje nadproudovými ochrannými přístroji v distribučních sítích se považuje za ochranu při poruše. Podmínky pro její použití jsou stanoveny v čl. 3.3.3.3 pro síť TN a v čl. 3.3.4.1 pro síť TT.

Nadproudové ochranné přístroje (pojistky, jističe) musí splňovat podmínky čl. 3.3.3.4 pro síť TN a čl. 3.3.4.2 pro síť TT a dále musí odpovídat ČSN 33 2000-4-43 a ČSN 33 2000-4-473.

3.3.3 Podmínky pro použití ochrany automatickým odpojením od zdroje v sítích TN

3.3.3.1 Hlavní ochrana při poruše (ochrana před dotykem neživých částí) rozvodných elektrických zařízení v sítích TN je provedena automatickým odpojením od zdroje. Kromě této ochrany mohou být provedeny další ochrany podle čl. 3.3.2.

3.3.3.2 Distribuční sítě jsou obvykle typu TN-C. V těchto sítích zastává funkci jak ochranného vodiče tak nulového vodiče jediný vodič – vodič PEN. V těchto distribučních sítích je ochrana při poruše (ochrana před dotykem neživých částí) provedena automatickým odpojením od zdroje použitím nadproudových ochranných přístrojů.

Ve výjimečných případech je možné použít distribuční síť typu TN-C-S (část distribuční sítě je typu TN-C, další část distribuční sítě je typu TN-S). V tomto případě je v rozváděči distribuční síť TN-C převedena na distribuční síť TN-S. V tomto rozváděči se vodič PEN rozdělí na nulový vodič N a ochranný vodič PE. V rozváděči musí mít jak ochranný vodič PE tak nulový vodič N svoje samostatné svorky nebo přípojnice. V místě rozdělení musí být vodič PEN připojen ke svorce nebo přípojnici určené pro připojení ochranného vodiče PE. Pouze v místě rozdělení je nulový vodič N spojen s ochranným vodičem PE (tím i s vodičem PEN). Za místem rozdělení (v síti TN-S) není přípustné nulový vodič N a ochranný vodič PE spojit. Pouze za místem rozdělení lze provést ochranu automatickým odpojením od zdroje proudovými chrániči (viz čl. 3.3.2.4 a čl. 3.3.3.7.2).

POZNÁMKY :

1. Doporučuje se však v místě rozdělení spojit vodič PE s uzemňovací soustavou nebo se samostatným zemničem.
2. Doporučuje se používat distribuční síť TN--S jen v případě, kdy se použije ochrana při poruše podle čl. 3.3.2.4.
3. Příklady distribučních sítí TN jsou uvedeny v příloze č. 1 a 2.

3.3.3.3 Všechny neživé části distribuční sítě TN musí být spojeny s vodiči PEN (PE) a jejich prostřednictvím se středem vinutí zdroje, který musí být vždy uzemněn. Uzemnění středu vinutí zdroje (transformátoru apod.), které se nazývá hlavním bodem uzemnění distribuční sítě, se provede podle podmínek uvedených v čl. 3.3.3.8. Dále viz též čl. 5.1.1.

POZNÁMKY :

1. Neživé části jsou uvedeny v čl. 3.1.2.1.
2. Další uzemnění vodičů PEN (PE) se provede podle čl. 3.3.3.10

3.3.3.4 Podmínky pro použití ochrany automatickým odpojením od zdroje nadproudovými ochrannými přístroji v distribuční síti TN

Charakteristiky nadproudových ochranných přístrojů a impedance obvodů musí být takové, aby v případě poruchy o zanedbatelné impedanci, která může vzniknout kdekoli v distribuční síti TN mezi fázovým vodičem a neživou částí nebo vodičem PEN (PE), došlo k automatickému odpojení příslušné části distribuční sítě od zdroje napájení v předepsaném čase do 30 s. Vzniklá dotyková napětí musí vyhovovat čl. 3.3.1. Nadproudové ochranné přístroje odpojují v případě poruchy zdroj napájení té části distribuční sítě, pro kterou zajišťují ochranu při poruše (ochranu před dotykem neživých částí).

Přitom musí být splněna tato podmínka:

$$Z_S \cdot I_a \leq c \cdot U_0$$

- kde Z_S je impedance poruchové smyčky zahrnující zdroj, fázový vodič k místu poruchy a vodiče PEN nebo vodiče PE (případně další paralelní cesty v distribuční síti) mezi místem poruchy a zdrojem při teplotách v okamžiku vypnutí poruchy (na konci zkratu),
- I_a proud zajišťující automatické působení nadproudového ochranného přístroje v případě poruchy v předepsaném čase do 30 s,
- c koeficient podle ČSN EN 60909-0 (33 3022)
pro síť 230/400 V : $c = 0,95$,
- U_0 jmenovité napětí distribuční sítě TN proti zemi.

Pro uvedený výpočet platí obdobné podmínky jako pro výpočet minimálních jednofázových zkratových proudů podle ČSN EN 60909-0 (33 3022). (Teploty vodičů jsou uvažovány na konci zkratu, konfigurace soustavy je uvažována taková, aby v místě poruchy (zkratu) vedla k minimálnímu zkratovému proudu.)

V dokumentaci distribuční sítě TN musí být prokázáno (např. výpočtem), že impedance poruchové smyčky na koncích vývodů z transformovny vn/nn (případně v dalších místech) splňuje podmínky tohoto článku.

POZNÁMKA 1

Nejvyšší dovolená impedance poruchové smyčky $Z_{S \max}$ se z hlediska parametrů nadproudových ochranných přístrojů určí pro čas trvání poruchy $t = 30$ s dle následujícího vztahu:

$$Z_{S \max} = \frac{c \cdot U_0}{I_a}$$

I_a Proud zajišťující v případě poruchy automatické působení nadproudového ochranného přístroje v čase $t = 30$ s, určí se z charakteristik nadproudových ochranných přístrojů

Tato nejvyšší dovolená impedance poruchové smyčky $Z_{S \max}$ nesmí být na konci jištěného obvodu ani v žádném jiném jeho místě překročena.

Současně s ohledem čl. 3.3.3.4 musí být splněna následující podmínka:

$$I_a \leq I_{kl \min}$$

$I_{kl \min}$ Nejmenší hodnota minimálního jednofázového zkratového proudu /fázový vodič a vodič PEN, případně PE), který se může vyskytnout v obvodu příslušejícímu nadproudovému ochrannému přístroji s proudem I_a (obvykle na konci jištěného obvodu). Tato hodnota minimálního zkratového proudu musí zajistit automatické působení nadproudového ochranného přístroje v čase do 30 s,

Minimální zkratový proud - viz ČSN EN 60909-0 a PNE 33 3042

POZNÁMKA 2

Stanovení impedance poruchové smyčky Z_S pro síť TN-C z hlediska parametrů (impedancí) vedení výpočtem:

Odbočující vedení (mezi body B, C – viz obrázek) má délku l , impedance poruchové smyčky Z_S je stanovena pro konec odbočujícího vedení (pro bod C).

$$Z_S = l \cdot k \cdot \frac{2 \cdot Z'_{(1)} + Z'_{(0)}}{3} + Z_V$$

Pro jednoduché případy (krátká vedení s velkými průřezy vodičů apod.) lze použít jednoduššího vzorce:

$$Z_S = l \cdot k \cdot (Z'_L + Z'_{PEN}) + Z_V$$

Vypočtená hodnota impedance poruchové smyčky Z_S nesmí

překročit hodnotu $Z_{S \max}$

(V případě, že odbočující vedení má délku $l = l_{\max}$ má impedance poruchové smyčky Z_S právě hodnotu $Z_{S \max}$.)

Z hlediska impedance poruchové smyčky v síti TN-C lze za konkrétním nadproudovým ochranným přístrojem (pojistkou, jističem) stanovit výpočtem maximální dovolenou délku odbočujícího vedení l_{\max} (viz obrázek).

Odbočující vedení má délku $l = l_{\max}$ a vzniklá porucha na konci vedení (v bodě C) je vypnuta v čase $t = 30$ s. (Poruchou se v tomto případě rozumí zkrat (spojení o zanedbatelné impedanci) mezi fázovým vodičem a neživou částí nebo vodičem PEN v bodě C.)

Maximální dovolená délka l_{\max} odbočujícího vedení (mezi body B, C):

$$l_{\max} = \frac{3 \cdot \left(\frac{c \cdot U_0}{I_a} - Z_V \right)}{k \cdot (2 \cdot Z'_{(1)} + Z'_{(0)})}$$

Pro jednoduché případy (krátká vedení s velkými průřezy vodičů apod.) lze pro výpočet l_{\max} použít jednoduššího vzorce:

$$l_{\max} = \frac{\frac{c \cdot U_0}{I_a} - Z_V}{k \cdot (Z'_L + Z'_{PEN})}$$

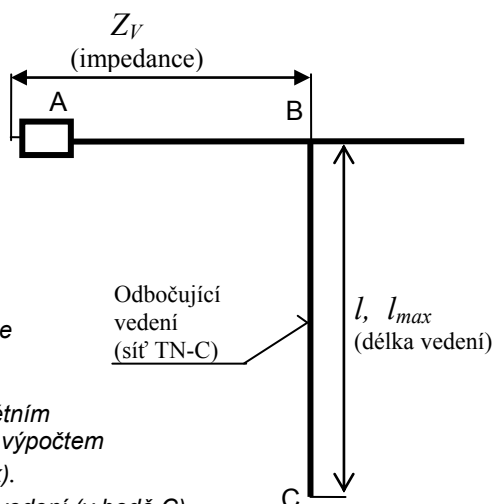
V uvedených vztazích je:

l_{\max} [km] Maximální dovolená délka odbočujícího vedení z hlediska impedance poruchové smyčky (maximální dovolená délka vedení mezi body B, C).

l [km] Délka odbočujícího vedení (délka vedení mezi body B, C - obecně).

Z_S [Ω] Impedance poruchové smyčky určená z hlediska parametrů (impedancí) vedení, která je v tomto případě stanovena pro konec odbočujícího vedení (pro bod C).

c Koeficient pro výpočet minimálního zkratového proudu, $c = 0,95$ (viz ČSN EN 60909-0)



U_0 [V]	Jmenovité napětí distribuční sítě TN-C proti zemi (obvykle $U_0 = 230$ V).
I_a [A]	Proud zajišťující automatické působení nadproudového ochranného přístroje v čase $t = 30$ s. Proud I_a se určí z charakteristiky nadproudového ochranného přístroje, který jistí odbočující vedení (vedení mezi body B, C). (Ve výjimečném případě, kdy tento přístroj (jistič) nezajišťuje vypnutí poruchy v čase 30 s, ale v čase obvykle mnohem kratším, určí se proud I_a pro daný kratší čas z uvedené charakteristiky.)
Z_V [Ω]	Impedance poruchové smyčky (určená pro bod B) zahrnující impedanci zdroje a celkovou impedanci vedení mezi bodem A a bodem B. Impedance Z_V se určí jejím změřením v bodě B (podle článku 6.4) nebo výpočtem pro bod B (viz ČSN EN 60909-0 (33 022), tato norma a další související technické normy).
k	Koeficient respektující ve výpočtu nezahrnuté impedance (např.: impedance přípojníc v rozvaděcích, impedance jisticích prvků, impedance svorek apod.). Koeficient má obvykle hodnotu: $k = 1,0$ až $1,2$
$Z'_{(1)}$ [Ω/km]	Sousledná impedance na jednotku délky odbočujícího vedení (vedení mezi body B, C) při teplotě vodiče na konci zkratu (poruchy).
$Z'_{(0)}$ [Ω/km]	Netočivá impedance na jednotku délky odbočujícího vedení (vedení mezi body B, C) při teplotě vodiče na konci zkratu (poruchy).
Z'_L [Ω/km]	Impedance na jednotku délky fázového vodiče odbočujícího vedení (vedení mezi body B, C) při teplotě vodiče na konci zkratu (poruchy).
Z'_{PEN} [Ω/km]	Impedance na jednotku délky vodiče PEN odbočujícího vedení (vedení mezi body B, C) při teplotě vodiče na konci zkratu (poruchy).

Impedance na jednotku délky vodiče Z' se určí dle ČSN EN 60909-0 (33 3022), ČSN IEC 909-2 (33 3024) a dalších souvisejících technických norem nebo dle údajů výrobců.

$$Z' = \sqrt{R'^2 + X'^2} \quad (\text{v absolutní hodnotě, v běžných případech lze takto určenou hodnotu dosazovat přímo do uvedených vztahů})$$

$$Z' = R' + jX' \quad (\text{v komplexní formě})$$

R' odpor vodiče na jednotku délky

X' reaktance vodiče na jednotku délky

Teplota vodiče na konci zkratu (poruchy) se určí dle ČSN IEC 949 (34 7025). V běžných případech, při prvním přiblížení, lze uvažovat, že teplota vodiče na konci zkratu je 80°C . Z toho vyplývá, že rezistance vodiče na jednotku délky při teplotě na konci zkratu má hodnotu:

$$R'_{80} = 1,24 \cdot R'_{20}$$

R'_{80} rezistance (odpor) vodiče na jednotku délky při teplotě 80°C

R'_{20} rezistance (odpor) vodiče na jednotku délky při teplotě 20°C

V případě, že výpočtem určená maximální dovolená délka odbočujícího vedení je nedostačující a odbočující vedení je nutno prodloužit beze změny jeho průřezu, beze změny materiálu vodičů a beze změny týkající se jeho nadproudových ochranných přístrojů, pak je nutno osadit před místo C (nebo ve výjimečném případě přímo do místa C) další nadproudové ochranné přístroje s nižším proudem I_a (pro $t = 30$ s) než mají předchozí nadproudové ochranné přístroje a výpočet opakovat. Tímto způsobem je možné vypočtenou délku odbočujícího vedení určenou z hlediska impedance poruchové smyčky stále prodlužovat.

POZNÁMKA 3

Z charakteristik nadproudových ochranných přístrojů distribuční sítě TN vyplývá, že pro určení proudu I_a zajišťujícího v případě poruchy automatické působení nadproudového ochranného přístroje v čase $t = 30$ s, lze použít dosti zjednodušující podmínku:

$$I_a = 3,5 \times I_n \quad (\text{jedná se o velmi přibližný vztah, který lze použít pouze pro odhady})$$

I_n jmenovitý proud nadproudového ochranného přístroje

3.3.3.5 Jestliže podmínky podle čl. 3.3.3.4 nelze splnit použitím nadproudových ochranných přístrojů, lze ochranu při poruše zajistit použitím proudových chráničů podle čl. 3.3.2.4, čl. 3.3.3.2 a čl. 3.3.3.7.2.

3.3.3.6 V případech, kdy může dojít k poruše, při které dojde ke spojení fázového vodiče se zemí nebo s uzemněnými cizími částmi, například u venkovních vedení, a kdy by mohl ochranný vodič a neživé části s ním spojené dosáhnout napětí proti zemi vyšší, než je smluvená hodnota 50 V, musí být splněna následující podmínka:

$$\frac{R_B}{R_{EC}} \leq \frac{50}{U_0 - 50}$$

kde R_B je celkový odpor uzemnění vodičů PEN (PE) včetně odporu uzemněného středu zdroje (transformovny),
 R_{EC} nejmenší odpor spojení se zemí cizích vodivých částí (nespojených s vodičem PEN (PE)), kterými může procházet proud při poruše mezi fází a zemí,

U_0 jmenovité napětí sítě proti zemi (obvykle $U_0 = 230$ V)

POZNÁMKA - Určení R_{EC} s ohledem na rezistivitu půdy - viz poznámka k čl. 3.3.3.8.

3.3.3.7 Podmínky pro použití ochrany automatickým odpojením od zdroje proudovými chrániči v distribuční síti TN

3.3.3.7.1 Distribuční síť TN-C

Ochrana proudovými chrániči v sítích TN-C není možná.

3.3.3.7.2 Distribuční síť TN-S

Vznikne-li v distribuční síti TN-S za proudovým chráničem porucha (zkrat) mezi fázovým vodičem a neživou částí nebo vodičem PE, musí proudový chránič automaticky odpojit zdroj napájení příslušné části distribuční sítě v čase do 30 s (viz též čl. 3.3.2.4). Vzniklá dotyková napětí musí vyhovovat čl. 3.3.1. Proudové chrániče odpojují při svém působení jen poruchou postiženou část distribuční sítě TN-S. Z této podmínky vyplývá, že proudové chrániče umístěné v distribuční síti, musí být selektivní též vůči ochranným přístrojům, umístěným za předávacím místem odběrného zařízení.

Přitom musí být splněny následující podmínky:

$$a) \quad Z_S \cdot I_{\Delta n} \leq c \cdot U_0$$

kde Z_S je impedance poruchové smyčky zahrnující impedanci zdroje, fázového vodiče k místu poruchy a vodiče PE (případně vodiče PEN) mezi místem poruchy a zdrojem při teplotách na konci poruchy (zkratu)

$I_{\Delta n}$ jmenovitý reziduální vybavovací proud proudového chrániče zajišťující automatické odpojení v předepsaném čase do 30 s

c koeficient podle ČSN EN 60909-0 (33 3022), pro síť 230/400 V: $c = 0,95$

U_0 jmenovité napětí distribuční sítě TN-S proti zemi

b) Vodiče PE a nulové vodiče N za proudovým chráničem nesmí být navzájem spojeny – viz též čl. 3.3.3.2.

c) Vodič PE za proudovým chráničem se spojí s vodičem PE před proudovým chráničem. V případě, že před proudovým chráničem je síť TN-C, pak vodič PE za proudovým chráničem se spojí s vodičem PEN před proudovým chráničem – viz též čl. 3.3.3.2.

d) Nulový vodič N příslušející konkrétnímu proudovému chrániči nesmí být spojován se žádným jiným nulovým vodičem N (např. s nulovým vodičem N příslušející jinému proudovému chrániči).

e) Další podmínky jsou uvedeny v čl. 3.3.2.4

Pro uvedený výpočet platí obdobné podmínky jako pro výpočet minimálních jednofázových zkratových proudů podle ČSN EN 60909-0 (33 3022).

POZNÁMKA – Při použití proudového chrániče pro ochranu při poruše příslušného obvodu distribuční sítě lze rovněž určit nejvyšší dovolenou impedanci poruchové smyčky a maximální dovolenou délku vedení obdobně jako v poznámkách k čl. 3.3.3.4. (Při výpočtech se ve vzorcích nahradí proud I_a proudem $I_{\Delta n}$, čas vypnutí poruchy je určen nastavením vypínacího času proudového chrániče.) V případě použití proudových chráničů je velikost proudu $I_{\Delta n}$ jen několik ampér. Z tohoto důvodu má nejvyšší dovolená impedance poruchové smyčky velmi vysokou hodnotu. Maximální dovolená délka vedení z hlediska impedance poruchové smyčky vychází rovněž velmi vysoká. Tyto hodnoty jsou obvykle vyhovující pro většinu běžných případů. Pro další ochranu obvodu distribuční sítě (mezifázové zkraty, zkrat mezi fázovým vodičem a vodičem N, přetížení) je nutno splnit podmínky článku 3.3.2.4.

3.3.3.7.3 Vazba sítě TN-C a TT prostřednictvím proudového chrániče

Jsou-li k tomu technické nebo ekonomické důvody, je možné umístit na konec distribuční sítě TN-C proudový chránič a distribuční síť za tímto chráničem provozovat jako síť TT. V části za proudovým chráničem musí být dodrženy následující podmínky:

a) Musí být splněny podmínky čl. 3.3.4.3.

b) Žádná neživá část včetně ochranného vodiče v síti TT (za proudovým chráničem), nesmí být spojena s vodičem PEN nebo neživou částí v síti TN-C (před proudovým chráničem).

c) V síti TT (za proudovým chráničem) nesmí být nulový vodič N spojen s neživou částí nebo ochranným vodičem.

d) V tomto případě nelze použít ochranu uvedenou proudovým chráničem umístěným na konci sítě TN-C (na začátku sítě TT) k doplnění ochrany při poruše (viz. Čl. 4.1).

3.3.3.8 Odpor uzemnění pracovního středu zdroje (transformátoru apod.)

Odpor uzemnění pracovního středu zdroje R_A nemá být větší než 5Ω . Nelze-li tuto hodnotu ve ztížených půdních podmínkách dosáhnout obvyklými prostředky, dovoluje se odpor uzemnění větší, avšak nejvýše 15Ω .

POZNÁMKA - Ztížené půdní podmínky jsou v místech, kde pro zřizování uzemnění je rezistivita půdy v hloubce 1 m až 3 m větší než $200 \Omega m$. Při rezistivitě půdy v hloubce 1 m až 3 m větší než $300 \Omega m$ není však třeba pro uzemnění tvořené zemnicími pásky a tyčových zemniců klást zemnicí pásky o celkové délce pásky větší než 50 m za předpokladu splnění podmínek týkajících se celkového odporu uzemnění R_B .

Celkový odpor uzemnění R_B vodičů PEN (PE) odcházejících vedení z transformovny včetně uzemněného středu (uzlu) zdroje nemá však být pro síť TN o jmenovitém napětí proti zemi $U_0 = 230 V$ větší než 2Ω .

Tato hodnota celkového odporu uzemnění ($R_B \leq 2 \Omega$) se nemusí dodržet tam, kde je v místech pro zřizování uzemnění rezistivita půdy v hloubce 1 m až 3 m větší než $200 \Omega m$. V tomto případě se stanoví nejvyšší dovolená hodnota celkového odporu uzemnění R_B podle vztahu:

$$R_B \leq \frac{\rho_{min}}{100}$$

kde R_B je celkový odpor uzemnění vodičů PEN (PE) všech odcházejících vedení z transformovny včetně odporu uzemněného středu zdroje transformovny v $[\Omega]$

ρ_{min} nejmenší hodnota rezistivity půdy v $[\Omega m]$ zjištěná měřením v místech, kde se zřizuje uzemnění.

POZNÁMKA - Při vyšší rezistivitě půdy se uvažuje též s vyšším nejmenším odporem spojení cizích vodivých částí se zemí R_{EC} (viz čl. 3.3.3.6). Pro rezistivitu půdy ρ_{min} do $200 \Omega m$ a pro $U_0 = 230 V$, se uvažuje nejmenší odpor spojení cizích vodivých částí, kterými může při poruše procházet proud mezi fází a zemí, $R_{EC} = 7,5 \Omega$. Této rezistivitě (do $200 \Omega m$) odpovídá celkový odpor uzemnění R_B o velikosti do 2Ω . Pro rezistivitu půdy ρ_{min} vyšší než $200 \Omega m$ se pro výpočet podle čl. 3.3.3.6 předpokládá tato závislost nejmenšího možného odporu R_{EC} spojení cizích vodivých částí se zemí na rezistivitě půdy:

$$R_{EC} = 3,75 \cdot \frac{\rho_{min}}{100}$$

3.3.3.9 Společné uzemnění pro elektrická zařízení vn a nn v distribuční stanici

Celkový odpor uzemnění R_B je třeba kontrolovat podle vztahu:

$$R_B \leq \frac{U_{Tp}}{I_E}$$

kde R_B je celkový odpor uzemnění vodičů PEN (případně vodičů PE) všech odcházejících vedení z transformovny včetně odporu uzemněného středu (uzlu) zdroje v $[\Omega]$

U_{Tp} dovolené dotykové napětí pro elektrická zařízení nad 1 kV pro omezené trvání průtoku proudu podle tabulky 4 ve [V] (obvykle se uvažuje s $U_{Tp} = 75 V$)

I_E zemní proud na straně vn v [A] (viz PNE 33 3201 - čl. 10.2.1.2 a tabulka č. 10.1)

Pokud distribuční stanice se společným uzemněním elektrických zařízení vn a nn je napájena z kabelové sítě vn vyhovující článku 3.4.1.2, není třeba provádět kontrolu celkového odporu uzemnění R_B dle tohoto článku.

Jsou-li pro společnou uzemňovací soustavu vn a nn distribuční stanice půdní podmínky tak ztížené, že nelze splnit požadavek tohoto článku týkající se hodnoty celkového odporu uzemnění R_B , je nutno splnit požadavky uvedené v PNE 33 3201 - v tabulce č. 10.8.

POZNÁMKA 1 - Jsou-li půdní podmínky pro společné uzemnění elektrických zařízení vn a nn v oblasti distribuční stanice natolik ztížené, že nelze splnit požadavky předchozího odstavce, provedou se opatření na snížení zemního proudu I_E v soustavě vn nebo se provede rozdělení uzemnění distribuční stanice na samostatné uzemnění vn a samostatné uzemnění nn (viz požadavky uvedené v PNE 33 3201 v čl. 10.2.3).

POZNÁMKA 2 - V distribučních stanicích se dává přednost společné uzemňovací soustavě vn a nn.

POZNÁMKA 3 - Zvláštní pozornost je třeba věnovat distribučním soustavám nn umístěných v blízkosti elektrických stanic nad 1 kV, jejichž uzemňovací soustavy nejsou navzájem spojeny.

3.3.3.10 Uzemňování vodiče PEN (PE) v hlavním vedení, odbočkách a elektrických přípojkách v distribučních sítích typu TN-C (TN-S)

Uzemňování vodiče PEN (PE) v hlavním vedení, odbočkách a elektrických přípojkách se provádí bez ohledu na další jeho uzemnění, jež jsou provedena v odběrném zařízení.

POZNÁMKA – V distribuční síti je třeba rozlišovat hlavní vedení a odbočky vedení a elektrické přípojky. Jejich definice jsou uvedeny v ČSN 33 0050-601 a ČSN 33 3320. K hlavnímu vedení se připojují jeho odbočky a elektrické přípojky. K odbočkám vedení jsou připojovány elektrické přípojky. Odbočka vedení, která je koncovým obvodem se nazývá paprsek (dále jen odbočka).

Připojení vodičů PEN (PE) k uzemněnému středu (uzlu) zdroje se provede dle čl. 3.3.3.3 a čl. 3.3.3.8. Dále se vodič PEN (PE) v síti TN-C (TN-S) uzemňuje v hlavním vedení, v jeho odbočkách a v elektrických přípojkách.

POZNÁMKA – Vzdálenosti mezi jednotlivými uzemněními vodiče PEN (PE) a délky vedení jsou měřeny vždy podél vedení.

Vodič PEN (PE) se musí uzemnit buď samostatným zemničem nebo spojit s uzemňovací soustavou, kromě uzlu zdroje ještě v těchto místech:

a) Uzemňování vodiče PEN (PE) ve venkovních vedení

V trase hlavního vedení, v trase jeho odboček a v trase elektrických přípojek se musí vodič PEN (PE) uzemnit na vhodných místech tak, aby největší vzdálenost mezi dvěma uzemněními vodiči PEN (PE) nepřekročila 500 m. Jednotlivá uzemnění vodiče PEN (PE) v trase venkovních vedení (mimo jejich konců) mají mít odpor uzemnění nejvýše 15 Ω , není však třeba klást zemní pásky o celkové délce větší než 20 m nebo jiné rovnocenné zemniče.

Na konci odbočky delší než 200 m a na konci hlavního venkovního vedení se vodič PEN (PE) uzemňuje tak, aby odpor jeho uzemnění byl nejvýše 5 Ω , není však třeba klást zemní pásky o celkové délce větší než 50 m nebo jiné rovnocenné zemniče.

Není-li možné na konci hlavního vedení nebo na konci odbočky provést uzemnění vodiče PEN (PE), lze je posunout zpět po vedení o vzdálenost nepřevyšující 200 m.

Veškerá uzemnění vodičů PEN (PE) v trase venkovních vedení v souvislosti s uzemněním vodičů PEN (PE) na koncích hlavních vedení a na koncích odboček musí být vhodně rozmístěna.

b) Uzemňování vodiče PEN(PE) v kabelovém (podzemním) vedení

Propojuje-li kabelové (podzemní) vedení dvě kabelové skříně, přičemž je vodič PEN (PE) v obou skříních uzemněn, není maximální délka tohoto kabelového vedení stanovena.

U kabelového vedení se uzemní vodič PEN (PE) tak, aby žádná kabelová rozvodná skříň nebyla vzdálena více než 100 m od nejbližšího místa uzemnění vodiče PEN (PE) v distribuční síti. Jednotlivá uzemnění vodiče PEN (PE) v trase kabelového vedení, mají mít odpor uzemnění nejvýše 15 Ω , není však třeba klást zemní pásky o celkové délce větší než 20 m nebo jiné rovnocenné zemniče.

Na koncích odboček delších než 200 m a na konci hlavního kabelového vedení, se vodič PEN (PE) uzemňuje tak, aby odpor jeho uzemnění byl nejvýše 5 Ω , není však třeba klást zemní pásky o celkové délce větší než 50 m nebo jiné rovnocenné zemniče.

Veškerá uzemnění vodičů PEN (PE) v trase kabelových vedení v souvislosti s uzemněním vodičů PEN (PE) na koncích hlavních vedení a na koncích odboček musí být vhodně rozmístěna.

c) Uzemňování vodiče PEN (PE) na konci elektrických přípojek

Vodič PEN (PE) v přípojkové skříni elektrické přípojky je nutno uzemnit v případě, když vzdálenost mezi přípojkovou skříní a nejbližším uzemněním vodiče PEN (PE) v hlavním vedení, nebo v odbočce nebo v trase elektrické přípojky, je větší než 100 m.

Má-li elektrická přípojka délku do 200 m, má být odpor tohoto uzemnění nejvýše 15 Ω , není však třeba klást zemní pásky o celkové délce větší než 20 m nebo jiné rovnocenné zemniče. Je-li délka elektrické přípojky větší než 200 m, má být odpor tohoto uzemnění nejvýše 5 Ω , není však třeba klást zemní pásky o celkové délce větší než 50 m nebo jiné rovnocenné zemniče.

V rámci zřizování elektrické přípojky, její přípojkové skříně a uzemnění vodiče PEN (PE) v přípojkové skříni, je nutno brát v úvahu charakter odběrného zařízení, pro které je elektrická přípojka zřizována. Jedná se o koncepci ochrany před přepětím, vytvoření samostatného zemniče objektu (odběrného zařízení) apod. V tomto případě se provede uzemnění vodiče PEN (PE) v přípojkové skříni tak, jak to vyžaduje charakter odběrného zařízení (objektu) při respektování požadavků ČSN 33 2000-4-41 a při respektování požadavků tohoto článku.

POZNÁMKA Zřizování uzemnění vodiče PEN (PE) v přípojkových skříních provedených venkovním vedením je mnohdy obtížné, proto je v některých případech vhodnější provádět uzemnění vodiče PEN (PE) v trase elektrické přípojky nebo v odbočce nebo v hlavním vedení tak, aby nebylo třeba v těchto případech vodič PEN (PE) v přípojkových skříních uzemňovat.

Veškerá uzemnění vodičů PEN (PE) v elektrických přípojkách musí být ve vztahu k uzemnění vodičů PEN (PE) v hlavním vedení a v odbočkách vhodně rozmístěna.

d) Mimořádné situace

V případě mimořádných situací a rozporů týkajících se hodnot odporu a umístění uzemnění vodiče PEN (PE) (velmi vysoká rezistivita půdy apod.), je nutno výpočtem nebo měřením prokázat, že v případě poruchy nedojde v distribuční síti k překročení dovolených hodnot dotykových napětí na neživých částech uvedených v článku 3.3.1.

3.3.3.11 Vodiče PEN a vodiče PE se nesmějí jistit a vypínat.

3.3.3.12 Vodiče PEN (PE) v distribučních sítích TN se dimenzují podle tabulky č. 2. Menší průřezy, než jsou uvedeny v tabulce č. 2 se neužívají. S ohledem na splnění podmínky ochrany automatickým odpojením od zdroje v distribučních sítích TN je v některých případech účelné použít větší průřez vodiče PEN (PE), než je uvedeno v tabulce č. 2.

Je-li průřez vodiče PEN (PE) menší než průřez fázového vodiče nebo je-li z jiného materiálu než fázový vodič, musí se jeho průřez v návaznosti na dobu trvání zkratu kontrolovat, aby nebyla při největším možném zkratovém jednofázovém proudu ve smyčce (fázový vodič a vodič PEN nebo PE) překročena nejvyšší dovolená teplota jader vodičů podle tabulky č. 3.

Tabulka č.2 – Nejmenší dovolené jmenovité průřezy vodičů PEN nebo vodičů PE v sítích TN

Průřez fázového vodiče [mm ²]		Nejmenší průřez vodiče PEN (PE) [mm ²]	
Měď	Hliník (AlFe)	Měď	Hliník (AlFe)
-	10 ¹⁾	-	10 ¹⁾
10	16	10	16
16	25	16	25
25	35	16	25
35	50	16	25
50	70	25	35
70	95	35	50
95	120	50	70
120	150	70	70
150	185	70	95
185	240 ²⁾	95	120
240 ²⁾	-	120	

1) Lze použít jen u elektrických přípojek provedených ze závěsných kabelů podle ČSN 33 3320.

2) U větších průřezů fázových vodičů může být průřez vodičů PEN (PE) větší.

Tabulka č.3 - Nejvyšší dovolená teplota jader vodičů PEN a vodičů PE na konci zkratu

Izolace	Nejvyšší dovolená teplota jader vodičů PEN (PE) na konci zkratu [°C]
PVC	160
Zesíťovaný polyethylen	250
Butylová pryž	220
Holé vodiče Al, Cu, AlFe	300

3.3.4. Podmínky pro použití ochrany automatickým odpojením od zdroje v sítích TT

3.3.4.1 Neživé části distribuční sítě TT musí být spojeny prostřednictvím ochranných vodičů a uzemňovacích přívodů se samostatným zemničem nebo připojeny jejich prostřednictvím na samostatný společný zemnič. Střed vinutí zdroje (např. transformátoru) distribuční sítě TT musí být vždy uzemněn. S uzemněným středem (uzlem) vinutí zdroje je spojen nulový vodič N, který v síti TT není přípustné spojit s neživou částí nebo ochranným vodičem. Ochranné vodiče se nesmějí jistit a vypínat. Ochrana při poruše (ochrana před dotykem neživých částí) automatickým odpojením od zdroje je v distribuční síti TT provedena podle ČSN 33 2000-4-41 s výjimkami uvedenými v čl. 3.3.4.2 a čl. 3.3.4.3

3.3.4.2 Podmínky pro použití ochrany automatickým odpojením od zdroje nadproudovými ochrannými přístroji v distribuční síti TT

Ochrana při poruše provedená automatickým odpojením od zdroje nadproudovými ochrannými přístroji v distribučních sítích TT musí odpovídat ČSN 33 2000-4-41 s touto výjimkou:

Porucha o zanedbatelné impedanci, která může vzniknout kdekoliv v distribuční síti TT mezi fázovým vodičem a neživou částí nebo ochranným vodičem, musí být automaticky odpojena od zdroje napájení v předepsaném čase do

30 s. Vzniklá dotyková napětí musí vyhovovat čl. 3.3.1. Nadproudové ochranné přístroje odpojují v případě poruchy zdroj napájení v té části distribuční sítě TT, pro které zajišťují ochranu při poruše.

Přitom musí být splněna tato podmínka:

$$Z_S \cdot I_a \leq U_0$$

kde Z_S je impedance poruchové smyčky zahrnující impedanci zdroje, fázového vodiče k místu poruchy, ochranného vodiče k neživým částem, uzemňovacího přívodu, zemniče el. zařízení v uvažovaném místě a zemniče zdroje (transformovny).

I_a proud zajišťující automatické působení nadproudového ochranného přístroje v případě poruchy v předepsaném čase do 30 s, určí se z charakteristik nadproudových ochranných přístrojů.

U_0 jmenovité napětí distribuční sítě TT proti zemi.

3.3.4.3 Podmínky pro použití ochrany automatickým odpojením od zdroje proudovými chrániči v distribuční síti TT

Ochrana automatickým odpojením od zdroje proudovými chrániči v distribuční síti TT se považuje za ochranu při poruše (za ochranu před dotykem neživých částí). Další podmínky jsou uvedeny v čl. 3.3.2.4.

Ochrana automatickým odpojením od zdroje proudovými chrániči v distribuční síti TT musí odpovídat ČSN 33 2000-4-41 s touto výjimkou:

Vznikne-li v distribuční síti TT za proudovým chráničem porucha (zkrat) mezi fázovým vodičem a neživou částí nebo ochranným vodičem, musí proudový chránič automaticky odpojit zdroj napájení příslušné části distribuční sítě v čase do 30 s. Vzniklá dotyková napětí musí vyhovovat čl. 3.3.1. Proudové chrániče odpojují při svém působení jen poruchou postiženou část distribuční sítě TT. Z této podmínky vyplývá, že proudové chrániče umístěné v distribuční síti, musí být selektivní též vůči ochranným prvkům, umístěným za předávacím místem odběrného zařízení.

Přitom musí být splněny následující podmínky:

$$R_A \cdot I_{\Delta n} \leq U_{dL}$$

kde R_A je součet odporů zemniče a ochranného vodiče k neživým částem v místě poruchy

$I_{\Delta n}$ jmenovitý reziduální vybavovací proud proudového chrániče

U_{dL} dovolené dotykové napětí podle čl. 3.3.1

POZNÁMKA – Proudový chránič nechrání obvod distribuční sítě TT, ve které je použit, před mezifázovými zkraty a před zkratem mezi fázovým vodičem a vodičem N, rovněž nechrání obvod před přetížením. Proto musí být před proudovým chráničem (na straně zdroje) umístěny nadproudové ochranné přístroje, které musí zajistit ochranu obvodu v uvedených případech.

3.4 Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí rozvodných elektrických zařízení nad AC 1 000 V

Opatření a způsoby ochrany před dotykem neživých částí zařízení nad AC 1 000 V zajišťující ochranu před úrazem elektrickým proudem v případě poruchy zařízení.

3.4.1 Dovolené dotykové napětí U_{Tp} (U_{vTp}) pro omezené trvání průtoku proudu u elektrických zařízení nad AC 1 000 V

Dovolená dotyková napětí U_{Tp} (U_{vTp}) na neživých částech zařízení a kroková napětí v jejich blízkosti závisí na velikosti nebezpečí úrazu v uvažovaném prostoru a čase trvání a tato napětí jsou uvedena v tabulce č. 4.

POZNÁMKA - Pro zařízení elektrických stanic a venkovních vedení vn nejsou v tabulce stanoveny dovolené hodnoty pro krokové napětí. Splnění podmínek vyhovující požadavkům na dotykové napětí zabezpečuje i požadavky na krokové napětí, neboť meze dovoleného krokového napětí jsou vyšší.

3.4.1.1 U venkovních vedení vn, vv a zv u nichž je zajištěno rychlé automatické odpojení od zdroje (za rychlé automatické odpojení od zdroje – rychlé automatické vypínání poruchy ve smyslu PNE 33 3300, čl. 6.4.3 a PNE 33 3301 ed. 3, čl. 6.4.3. se pokládá automatické odpojení od zdroje hlavní ochranou v čase do 1 s a záložní ochranou v čase do 5 s) se velikost dotykových napětí ani krokových napětí nemusí dodržet (nemusejí se kontrolovat), jsou-li splněna tato opatření:

- v místech často navštěvovaných lidmi, v sídlištích a závodech je povrch terénu v okolí podpěrného bodu izolován do vzdálenosti alespoň 1,5 m od kovové konstrukce trvanlivou izolační vrstvou např. ze živičné směsi o minimální tloušťce 10 cm. Zemniče nesmějí přesahovat okraje této vrstvy. Nebo je-li provedeno ohrazení podpěrného bodu nevodivým plotem nebo drátěným plotem pokrytým nevodivým plastem (i s holými vodivými sloupky) – PNE 33 3300, čl. 6.4.3 a PNE 33 3301 ed. 3, čl. 6.4.3.;

- v místech, která nejsou často navštěvována lidmi (v místech odlehlých, kde se lidé vyskytují zřídka – viz poznámka ⁴⁾ k tabulce č. 4) nezasahují-li uložené zemniče podpěrného bodu do vzdálenosti větší než 15 m od přístupných částí podpěrného bodu –, PNE 33 3300, čl. 6.4.3 a PNE 33 3301 ed. 3, čl. 6.4.3. Toto omezení neplatí pro spojení stožárů mezi sebou v zemi;

- u elektrických venkovních vedení s napětím nad AC 1 kV do 45 kV včetně (vedení vn) se považuje za rovnocenné opatření zřízení ekvipotenciálních kruhů ¹ – viz ČSN EN 50341-1 ed. 2 čl. 6.4.3 (poznámka) a PNE 33 3301 ed. 3, čl. 6.4.3.-

POZNÁMKA – V oblasti intravilánu měst a obcí se u podpěrných bodů doporučuje řešit vhodná opatření vedoucí k zajištění ochrany před nebezpečným dotykovým napětím – např. ekvipotenciální spojení konstrukcí se zemí (ekvipotenciální prahy), oplocení bodu nevodivým plotem nebo drátěným plotem pokrytým nevodivým plastem nebo izolační koberec provedený trvanlivou izolační vrstvou. Volba vhodného opatření je odvislá od místních podmínek. V ostatních oblastech (extravilánu) budou opatření řešena individuálně – s ohledem na odlehlost míst, veřejnou dosažitelnost a přístupnost lidí apod. (viz PNE 33 3300, PNE 33 3301, PNE 33 0000-1 tab. 4).

Pokud charakter odlehlého místa stávajícího podpěrného bodu bude z důvodu nové zástavby (komerční, průmyslové, bytové výstavby apod.) změněn – (místo nebude moci být nadále považováno za odlehlé), musí být u takového podpěrného bodu dodatečně řešena vhodná opatření, vedoucí k zajištění ochrany před nebezpečným dotykovým napětím dle nového posouzení charakteru místa podpěrného bodu

3.4.1.2 U elektrických zařízení v oblastech se souvislou zástavbou napájených z kabelové sítě vn kabely s vodivými, oboustranně uzemněnými pláště ² o celkové délce nad 1 km (ČSN EN 50522 příloha a s maximálním proudem zemního spojení nebo jednofázového zkratu do 1 500 A, se vznik nebezpečných dotykových napětí v rozsahu této sítě nepředpokládá a není třeba je kontrolovat.

¹ Nejméně dva, alespoň na dvou místech, vzájemně propojené obvodové zemniče, uložené ve vzdálenosti 1 m a 3 m od neživých vodivých částí, přičemž vnitřní je uložen v hloubce 0,6 m a vnější v hloubce 0,8 m (viz PNE 33 0000-4 ed. 3, čl. 2.4.6).

² Této podmínce nevyhoví jen kabely typu AXEKCY s Cu stíněním 6 mm². Ostatní kabely s vodivými pláštěmi nebo stíněním propojenými na uzemnění napájecí stanice této podmínce vyhoví. Nutno však kontrolovat, zda vyhoví průřez jejich ochranného spojení v daném vypínacím čase na tepelné účinky maximálního proudu zemního spojení nebo jednofázového zkratu do 1 500 A.

Tabulka č. 4 Dovolená dotyková napětí U_{Tp} (U_{vTp}) a kroková napětí u zařízení nad AC 1 000 V
(postupy výpočtu předpokládaných dotykových napětí U_{vTp} jsou uvedeny v příloze č. 10 této PNE)

Druh zařízení: 1. Elektrické stanice			
Doba trvání ¹	s	$t \geq 5$	$t < 5$
a) Rozvodná zařízení dodavatele elektřiny, se kterými mohou přijít do styku laici a pracovníci seznámení včetně distribučních transformoven vn/nn se společným uzemněním vn a nn ²			
Dovolené dotykové napětí U_{Tp}	V	75	viz obrázek 10.1 PNE 33 3201 a Příloha B ČSN EN 50522
Krokové napětí*	V	-	
b) Zařízení elektrických stanic vn, vvn a zvn v prostorách vnitřních i venkovních mimo distribuční transformovny vn/nn			
Dovolené dotykové napětí U_{vTp}	V	150**	viz PNE 33 3201, příloha 10 PNE 33 0000-1 a příloha B ČSN EN 50522 obr. B.2
Krokové napětí*	V	-	
Druh zařízení: 2. Venkovní vedení vn			
Doba trvání ¹	s	$t \geq 1$	$t < 1$
a) Venkovní vedení v místech jako jsou hřiště, plavecké bazény, kempy, rekreační plochy a podobná místa, kde se mohou shromažďovat lidé s bosýma nohama			
Dovolené dotykové napětí U_{Tp}	V	75	viz ČSN EN 50341-1 ed. 2, čl. 6.4.2 obr. 6.1 (křivka U_{D1}), tab. G.6, a PNE 33 3301 ed. 3 čl. 6.4.2, obr. 6.1
Krokové napětí*	V	--	
b) Venkovní vedení ve městech, obcích, v místech zastavěných nedaleko měst a obcí ³ – místa, kde lze rozumně předpokládat, že lidé jsou obuti			
Dovolené dotykové napětí U_{vTp}	V	150	viz ČSN EN 50341-1 ed. 2, čl. 6.4.2 obr. 6.1 (křivka U_{D2}) a PNE 33 3301 ed. 3 čl. 6.4.2, obr. 6.1
Krokové napětí*	V	--	
c) Venkovní vedení v místech odlehlých ^{3,4}			
Dovolené dotykové napětí U_{vTp}	V	viz příloha 10 PNE 33 0000-1 a ČSN EN 50341-1 ed. 2, čl. 6.4.2, obr. 6.1	viz příloha 10 PNE 33 0000-1 a ČSN EN 50341-1 ed. 2, čl. 6.4.2, obr. 6.1
Krokové napětí*	V	--	
Druh zařízení: 3. Venkovní vedení vvn, zvn ⁵			
Dle ČSN EN 50341-1 ed. 2, ČSN EN 50341-2-19, ČSN EN 50341-3, PNE 33 3300			

POZNÁMKY k tabulce č. 4:

* Pro kroková napětí není nutné stanovit dovolené hodnoty.

** Hodnota U_{VTp} respektuje vliv přídavné rezistence obuvi podle přílohy B ČSN EN 50522 a přílohy č. 10 PNE 33 0000-1

¹⁾ Dobou trvání se rozumí celková doba výskytu napětí, sestávající z doby nastavení základní ochrany a vlastní doby vypínače. Nejkratší dobu trvání lze uvažovat $t = 0,1$ s.

²⁾ PNE 33 0000-1 ed. 6 nepředpokládá rozdělená uzemnění distribuční transformovny vn/nn na samostatné uzemnění vn a nn, kromě čl. 6.1.3 ČSN EN 50522.

³⁾ Mimo vedení podle čl. 3.4.1.1

⁴⁾ Odlehlými místy (okolí podpěrných bodů) kde se lidé vyskytují zřídka, která nejsou často navštěvována lidmi - viz též PNE 33 3300 č. 6.4.3.2, PNE 33 3301 ed. 3 čl. 6.4.3 se rozumí:

- a) místa v nezastavěných prostorách (např. pole) ve vzdálenosti větší než 10 m od okraje dálnic, silnic a místních komunikací;
- b) místa dále než 50 m od soustředěné občanské a bytové zástavby;
- c) místa dále než 25 m od jednotlivých osamělých budov a továrních objektů mimo soustředěnou zástavbu;
- d) místa dále než 50 m od okraje volných rekreačních a sportovních ploch mimo soustředěnou zástavbu (např. areálu zdraví, jednoduchých hřišť, parkových ploch ap.);
- e) účelové komunikace určené pro obhospodařování polních a lesních pozemků
- f) cyklostezky.

Vzdálenosti v bodech a-d se měří od nejbližšího bodu neživé části podpěrného bodu.

⁵⁾ V případech venkovních vedení vvn a zvn kdy hodnoty dotykových napětí jsou vyšší než hodnoty dovolených dotykových napětí a byla provedena navržená opatření ke snížení dotykových napětí, aby požadavky byly splněny (viz např. ČSN EN 50341-1 ed. 2 čl. 6.4, PNE 33 3300 čl. 6.4) účelné provést kontrolu hodnot krokových napětí.

3.4.2 Rozdělení ochran

Ochrana neživých částí může být vytvořena:

- zemněním v sítích, kde není přímo uzemněný střed (uzel) (sítě IT) - čl. 3.4.3.1;
- zemněním s rychlým vypnutím v sítích s přímo uzemněným středem (uzlem) (sítě TT(r)) - čl. 3.4.3.2;
- zemněním s rychlým vypnutím v sítích, kde není přímo uzemněný střed (uzel) (sítě IT(r)) - čl. 3.4.3.3;
- pospojováním (k uvedení na stejný potenciál) ¹ - čl. 3.4.3.4;
- izolací - čl. 3.4.3.5;
- zábranou - čl. 3.4.3.6.

3.4.3 Provedení ochran

3.4.3.1 Ochrana zemněním v sítích, kde není přímo uzemněný střed zdroje (uzel). Ochrana v sítích IT-kompenzovaná síť

3.4.3.1.1 Podstatou ochrany je spojení neživých částí se zemí, kterým se zabrání vzniku nebezpečného dotykového napětí na těchto částech.

Při ochraně zemněním nesmí napětí U_{Tp} (U_{VTp}) na chráněné neživé části trvale překročit hodnoty v tabulce č. 4.

V sítích IT se přípouští spojení fázového vodiče se zemí přes velkou impedanci (např. měřicí transformátory napětí), které nevyvolá zemní spojení.

3.4.3.1.2 Pro dimenzování při ochraně zemněním se uvažují proudy podle tabulky 10.1 PNE 33 3201.

a) V sítích s kompenzací zemních kapacitních proudů, kde se uzel přechodně odporově uzemňuje (pro detekci poruchy), je dovolená doba tohoto přechodného uzemnění maximálně 5 s a nejvyšší dovolený přídavný proud místem poruchy v důsledku přechodného uzemnění je 300 A.

b) V sítích, v nichž při dvojitým zemním spojení je zajištěno rychlé vypnutí, se uzemnění a uzemňovací přívod nedimenzuje na proudy vyvolané těmito poruchami.

Rovněž se uzemňovací přívod nedimenzuje na rozsah sítě přechodně zvětšený na dobu nezbytně nutných provozních manipulací (např. spojování kompenzovaných sítí, sítí uzemněných přes omezující impedanci, popř. jejich kombinací).

¹ Tato ochrana se nepovažuje za ochranu normální (viz čl. 3.4.3.4. a čl. 4.2)

POZNÁMKA - Za rychlé vypnutí (rychlé automatické vypínání poruchy odpojením od zdroje) se pokládá automatické odpojení od zdroje hlavní ochranou v čase do 1 s a záložní ochranou v čase do 5 s.

c) Odpor uzemnění R_E (mimo zařízení podle čl. 3.4.1.2) musí být:

$$R_E \leq k \times \frac{U_{vTp}}{I_E}$$

kde

U_{Tp} (U_{vTp}) je dovolené dotykové napětí pro omezené trvání průtoku proudu podle tabulky 4 ve(V);

U_{vTp} (V) je předpokládané dovolené dotykové napětí dle přílohy č. 10;

I_E (A) zemní proud

k součinitel, který se stanoví podle tvaru zemniče ve venkovních a kabelových sítích pro

- tyčový nebo hloubkový zemnič $k = 1,5$
- páskový zemnič paprskový $k = 2$
- páskový zemnič obvodový $k = 3$
- dva ekvipotenciální kruhy v provedení podle čl. 3.4.1.1 $k = 5$.

POZNÁMKA

Ve zdůvodněných případech se mohou použít tři obvodové ekvipotenciální zemniče o následujících rozměrech:

- vzdálenost vnitřního obvodového zemniče od neživých vodivých částí 1 m, hloubka založení $z_1 = 0,6$ m.
- vzdálenost středního obvodového zemniče od neživých vodivých částí 3 m, hloubka založení $z_2 = 0,8$ m
- vzdálenost vnějšího obvodového zemniče od neživých vodivých částí 5 m, hloubka založení $z_3 = 1,0$ m

Součinitel k se v tomto případě uvažuje $k=7,5$.

Velikost kapacitních proudů vedení lze určit výpočtem např. podle přílohy č. 6 - 8 nebo jej možno určit z nastavení tlumivky v napájecí elektrické stanici, kdy kapacitní proud sítě odpovídá nastavenému proudu zhášecí tlumivky ve vyladěném stavu sítě.

Materiál a minimální rozměry uzemňovacích přívodů a zemničů se volí podle tabulky G.1 PNE 33 3300, tab. 10.2 - 10.7 PNE 33 3201 a příloh C a D ČSN EN 50522.

3.4.3.1.3 Nelze-li z technických nebo ekonomických důvodů při ochraně zemněním vyhovět čl. 3.4.3.1.2c, (kdy dotyková napětí jsou vyšší než povolené hodnoty) má být použito jedno z opatření uvedených v čl. 6.4.4 PNE 33 3301 ed. 3

POZNÁMKA - Příklad provedení ochrany zemněním v sítích s provozním napětím nad 1 000 V s výjimkou sítí s uzemněným středem (uzlem) je v příloze č. 4.

3.4.3.2 Ochrana zemněním s rychlým vypnutím v sítích s přímo uzemněným středem (uzlem) nebo krajním vodičem. Ochrana v sítích TT(r) - síť s nízkoimpedančním uzemněním středu

3.4.3.2.1 Podstata ochrany spočívá ve spojení všech neživých částí, které musí být chráněny, se zemí při současném zajištění rychlého vypnutí poškozené části nebo úseku zařízení.

3.4.3.2.2 Podmínky ochrany zemněním s rychlým vypnutím v sítích s přímo uzemněným uzlem nebo krajním vodičem jsou:

a) ochranná soustava těchto zařízení se určuje podle velikosti zkratového proudu, který protéká uzemněním po dobu, než vypne ochrana. Výše napětí uzemňovací soustavy proti zemi není přitom omezena. Dovolené dotykové napětí U_{Tp} (U_{vTp}) a krokové napětí nesmí překročit hodnoty podle tabulky č. 4. Aby se toho dosáhlo, provede se ochrana pospojováním (k uvedení na stejný potenciál).

b) *materiál a průřezy* uzemňovacích přívodů a zemničů se kontrolují podle tabulky G.1 PNE 33 3300, tab. 10.2 - 10.7 PNE 33 3201 a ČSN EN 50522 přílohy D s ohledem na tepelnou odolnost

c) nelze-li dosáhnout hodnot dovoleného dotykového napětí U_{Tp} (U_{vTp}) a krokového napětí ochranou pospojováním (k uvedení na stejný potenciál), postupuje se podle přílohy E ČSN EN 50522.

d) Pro stožáry venkovního vedení platí ustanovení čl. 3.4.1.1.

POZNÁMKA - Příklad ochrany v sítích TT(r) s provozním napětím nad 1 000 V (s rychlým vypnutím) a s přímo uzemněným uzlem je v příloze č. 5.

3.4.3.3 Ochrana zemněním s rychlým vypnutím v sítích, ve kterých není střed (uzel) přímo uzemněn. Ochrana v sítích IT(r) - síť s nepřímo uzemněným středem přes odpor

3.4.3.3.1 V těchto sítích je dovolen nejvyšší jednofázový zkratový proud v kabelových sítích 1 500 A a ve venkovních a smíšených sítích 450 A. Ve stanicích, v nichž je uzel transformátoru nebo zdroje uzemněn přes omezující impedanci, musí být splněno ustanovení čl. 3.4.3.2.1 a 3.4.3.2.2. Napájí-li se z této stanice distribuční síť nn, nesmí být v transformovně překročeno dovolené dotykové napětí U_{Tp} podle čl. 3.3.3.9.

Pro venkovní vedení platí ustanovení čl. 3.4.1.1.

3.4.3.3.2 Pro dimenzování uzemnění ve stanicích vn platí dovolená dotyková napětí podle tabulky č. 4, přičemž se uvažuje proud jednofázového zkratu daný omezující impedancí nebo impedancí celé smyčky.

Nelze-li tuto podmínku splnit, postupuje se podle přílohy E ČSN EN 50522. V distribučních stanicích vn/nn nesmí být však překročeno dovolené dotykové napětí U_{Tp} podle čl. 3.3.3.9.

POZNÁMKA - Příklad ochrany zemněním s rychlým vypnutím v sítích, kde není přímo uzemněn uzel, je v příloze č. 3.

3.4.3.4 Pospojování (k uvedení na stejný potenciál)

3.4.3.4.1 Podstata ochrany pospojováním spočívá v tom, že se vzájemným vodivým pospojením všech neživých kovových částí v okolí a kovového stanoviště vyloučí možnost vzniku rozdílných potenciálů mezi těmito částmi. Průřezy vodičů pro vyrovnání potenciálů (vodiče pospojování) se volí podle čl. 6.2.2 PNE 33 3301 a PNE 33 3300 a čl. 5.2.3 ČSN EN 50522.

Tohoto opatření lze použít jen k doplnění ochrany normální na ochranu doplněnou podle čl. 4.2.

3.4.3.4.2 Není-li stanoviště kovové, ale je-li vodivé (podlaha, zem), musí se potenciál tohoto stanoviště vyrovnat na potenciál pospojovaných částí. Vyrovnání potenciálu vodivých podlah se dosahuje např. ocelovým armováním v betonové podlaze, vložením kovové mříže do podlahy apod., ve venkovním prostředí se dosahuje vložením kovové mříže do země.

Aby vstup na místo obsluhy byl bezpečný, obloží se pracoviště (stanoviště pro obsluhu) izolovaným pásem širokým alespoň 1,3 m (např. pryží), ve venkovních zařízeních hrubým, špatně vodivým štěrkem (např. čedičem).

POZNÁMKA - Příklad pospojování je v příloze č. 9.

3.4.3.5 Ochrana izolací

Pro ochranu neživých částí izolací platí příslušná ustanovení čl. 3.5.

3.4.3.6 Ochrana zábranou

Ochrana zábranou spočívá v opatření, které zabrání dotyku nebo znemožní dotyk nebo nebezpečné přiblížení k neživým částem (např. uzamčením, oplocením a pod.). U zařízení nad 1 000 V AC může být ochrany zábranou použito jen u stožárů jejich znepřístupněním (viz též příslušné ustanovení čl. 3.2.2.2, ustanovení ČSN EN 61936-1 čl. 7.2.2, a 7.3 a PNE 33 3201 čl. 7.2)

3.5 Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí, které se musí při obsluze uchopit rukou – volba stupně ochrany

U elektrických zařízení se ochrana před úrazem elektrickým proudem volí podle prostoru, ve kterém zařízení pracuje a podle toho, zda zařízení nebo jeho část je nebo není při své obsluze nebo při svém provozování drženo v ruce (viz tabulka č. 5).

Tabulka č. 5 - Stupně ochrany podle způsobu uchopení rukou a členění prostorů

Prostory	Stupeň ochrany	
	Části zařízení se nemusí uchopit rukou	Části zařízení se musí uchopit rukou
Normální i nebezpečné	Normální	Požaduje se zhotovení z izolantu, pokud články 3.5.1 a 3.5.2 neumožňují jinak
zvlášť nebezpečné	Doplněná	

3.5.1 Za části, které se musí při obsluze uchopit rukou, se z hlediska ochrany před dotykem považují:

- a) části elektrických předmětů (spotřebičů), které se při práci musí držet v ruce (ruční nářadí atd.);
- b) části určené k ovládání (např. zapínání, vypínání, přepínání, regulaci apod.) elektrických obvodů, které se musí při manipulaci uchopit rukou (rukojeti, ruční kolečka, vidlice, pohyblivé zásuvky atd.), i když jsou do pohonu vřazeny řetězy, lana nebo táhla.

Výjimku z bodů a) a b) tvoří:

Části elektrických předmětů sloužících pro obsluhu, jejichž účelem není ovládání elektrických obvodů, např. ovládací kolečka a rukojeti mechanického zařízení pracovních strojů a dále rukojeti a držadla dvířek spotřebičů, rukojeti a klíče zámků pro rozváděče, držadla vík pracovních strojů atd., nejsou-li na nich elektrické části. Je vhodné, aby i tyto části byly provedeny a obsluhovány jako části v bodech a) a b).

- c) části elektrických předmětů, které jsou konstruovány tak, že při jejich přenášení pod napětím musí být uchopeny za vodivou neživou část, např. kovové přenosné svítidlo.
- Tento požadavek se nevztahuje na elektrické předměty bez zvláštních konstrukčních prvků, které jsou určeny k uchopení při jejich eventuálním přenášení (např. kancelářské stroje, destilační aparáty, vařiče bez držadel apod.) a které se přenášejí po odpojení od sítě vytažením vidlice ze zásuvky.

3.5.2 Části, které se musí při obsluze uchopit rukou, musí být:

- a) zhotoveny z izolačního materiálu dostatečně elektricky a mechanicky odolného, trvanlivého a nenavlivavého nebo musí být tímto materiálem vně izolovány. Toto izolování může být pouze v místě uchopení, musí však být na kovových částech spolehlivě upevněno.

Není-li možno tuto podmínku splnit nebo jsou-li proto zvláštní důvody, např. požadavek vysoké mechanické pevnosti, mohou být výjimečně tyto kovové části bez vnějšího izolování za předpokladu, že se úrazu zabrání jiným účinným způsobem. Příslušné požadavky jsou v bodech b) až e).

POZNÁMKA - Dovoleny jsou i kovové páky, na jejichž konci jsou koule z izolantu. Koule musí být dostatečně velké a páka alespoň u části izolační rukojeti (koule) musí být pokryta izolační hmotou tak, aby při obvyklém užívání nebezpečí, že se obsluhující osoba dotkne kovové části páky.

- b) U zařízení do AC 1 000 V a DC 1 500V, s nimiž mohou pracovat i pracovníci bez elektrotechnické kvalifikace, u nichž nelze splnit požadavek bodu a), považuje se za postačující, použije-li se u elektrických předmětů podle čl. 3.5.1 kromě, popř. namísto izolace některá z uvedených ochranných opatření v ČSN 33 2000-4-41 ed. 2:¹⁾

- ba) oddělení neživých částí od živých částí zvýšenou, přednostně dvojitou izolací;
- bb) elektrické oddělení obvodů za předpokladu, že je použito zvýšené izolace přívodu spotřebiče²⁾
- bc) elektrické oddělení obvodů se současným uvedením pracovního místa na stejný potenciál neživých částí pospojováním³⁾
- bd) elektrické oddělení obvodů se současným použitím ochrany chráničem;
- be) malé napětí SELV a PELV⁴⁾.

¹⁾ Pokud to není v rozporu s požadavkem na ochranu v prostorech zvlášť nebezpečných nebo pokud některá norma nestanoví přísnější požadavky (viz normy části 7 souboru ČSN 33 2000 jako např. podle ČSN 33 2000-7-706 ed. 2).

²⁾ Ohebné kabely a šnůry musí být viditelné po celé své délce, na všech svých částech, na nichž je nebezpečí jejich mechanického poškození.

³⁾ Neživé části odděleného obvodu musí být navzájem spojeny izolovanými vodiči neuzemněného pospojování. Takové vodiče nesmějí být spojeny s ochrannými vodiči nebo neživými částmi jiných obvodů nebo s cizími vodivými částmi.

POZNÁMKA – Jestliže se neživé části oddělených obvodů mohou, ať úmyslně nebo náhodně, dostat do styku s neživými částmi jiných obvodů, nezávisí již ochrana před elektrickým úrazem výhradně na ochraně elektrickým oddělením, ale na ochranných opatřeních, ke kterým tyto neživé části přísluší.

⁴⁾ Ochrana malým napětím je ochranné opatření, které je založeno na jedné ze dvou různých sítí malého napětí SELV nebo PELV. Použití SELV nebo PELV je považováno za ochranné opatření účinné za jakýchkoliv okolností – viz ČSN 33 2000-4-41 ed.2 čl. 414.

c) U zařízení do AC 1 000 V a DC 1 500V , které obsluhují pracovníci alespoň poučení, může být použito některé z těchto ochran:

ca) u zařízení připojených k síti s uzemněným nulovým bodem (uzlem) – ochrana automatickým odpojením v síti TN, TT (ČSN 33 2000-4-41 ed.2 čl. 411.4, 411.5, PNE 33 0000-1 ed.6 čl. 3.3.3, 3.3.4). Přitom je nutno splnit ještě některou z těchto podmínek:

- vodivé stanoviště spolehlivě spojené s částí, která se má uchopit, nebo
- užití doplňkové izolace, např. podložek a ochranných pomůcek (přezůvky nebo rukavice se dovolují jen ve zvláštních případech);

cb) u zařízení připojených k síti s izolovaným nulovým bodem (sít' IT) – ČSN 33 2000-4-41 ed.2 čl. 411.6 – ochrana doplňkovou izolací, např. izolované stanoviště apod. (blíže viz bod e).

d) U zařízení nad AC 1 000 V mohou být tyto části z kovu, jsou-li chráněny zemněním (viz čl. 3.4.2), přičemž je však nutno splnit ještě některou z těchto podmínek (viz též bod e):

da) použije se ochranných prostředků a pracovních pomůcek (např. izolační podlahy, podložky a ochranné prostředky, jako přezůvky, rukavice, apod.). Není-li předepsáno jinak, musí být ochranné prostředky a pracovní pomůcky pro jmenovité napětí alespoň 500 V (zkušební napětí alespoň 2,5 kV).

db) vodivé stanoviště je spolehlivě spojeno s částí, která se má uchopit (viz ČSN EN 50522, příloha E- Popis uznávaných zvláštních opatření M k zajištění dovolených dotykových napětí).

e) Při ochraně automatickým odpojením u zařízení do AC 1 000 V a DC 1 500 V podle této PNE čl. 3.3 a u zařízení nad AC 1 000 V podle čl. 3.4.2 platí kromě bodů c) a d) toto:

Jsou-li kovová ruční kola, páky, kliky, apod. umístěny přímo na stroji, přístroji apod., považuje se jejich spojení za dostatečně vodivé. Naproti tomu se musí tyto ovládací části spojit se strojem apod. nebo zvlášť spojit se zemí (s ochranným vodičem, s vodičem PEN, apod.), jsou-li do ovládacího ústrojí, které je blízko živých částí zařízení (viz PNE 33 0000-6), vloženy řetězy, lana, spojky, atd.

4 STUPNĚ OCHRAN NEŽIVÝCH ČÁSTÍ ROZVODNÝCH ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem v prostorách s elektrickým zařízením se rozlišují dva stupně ochrany:

- normální ochrana;
- doplněná ochrana.

Doplněná ochrana se dosáhne rozšířením normální ochrany o některý druh doplňkové ochrany (viz 4.1 a 4.2) nebo o opatření zvyšující účinnost normální ochrany

4.1 Stupně ochran do 1 000 V

Normální:

- ochrana automatickým odpojením od zdroje nadproudovými jistíci prvky;
- ochrana automatickým odpojením od zdroje proudovými chrániči;
- ochrana dvojitou nebo zesílenou izolací.

Doplněná:

- ochrana izolací + doplňkovou izolací;
- ochrana automatickým odpojením od zdroje nadproudovými jistíci prvky a
 - pospojováním;
 - doplňkovou izolací;
 - chráničem;
- ochrana automatickým odpojením od zdroje proudovými chrániči a
 - pospojováním;
 - doplňkovou izolací.

4.2 Stupně ochran nad 1 000 V

Normální:

- ochrana zemněním v sítích, kde není přímo uzemněný střed (uzel) (sítě IT);
- ochrana zemněním s rychlým vypnutím v sítích s přímo uzemněným středem (uzlem) (sítě TT(r));

- ochrana zemněním s rychlým vypnutím v sítích, kde není přímo uzemněn střed (uzel) (sítě IT(r));
- ochrana izolací;

Doplňná:

- ochrana zemněním v sítích, kde není přímo uzemněný střed (uzel) (sítě IT) a
 - pospojováním (k uvedení na stejný potenciál);
- ochrana zemněním s rychlým vypnutím v sítích s přímo uzemněným středem (uzlem) (sítě TT(r)) a
 - pospojováním (k uvedení na stejný potenciál);
- ochrana zemněním s rychlým vypnutím v sítích, kde není přímo uzemněn střed (uzel) (sítě IT(r)) a
 - pospojováním (k uvedení na stejný potenciál).

4.3 Volba stupně ochrany podle způsobu uchopení rukou do 1 000 V a nad 1 000 V

Tabulka č.6 - Stupně ochrany podle způsobu uchopení rukou a členění prostorů

Prostory (2.1.1)	Napětí	Stupeň ochrany	
		Části zařízení se nemusí uchopit rukou	Části zařízení se musí uchopit rukou
normální i nebezpečné	do 1 000 V AC	Normální	požaduje se zhotovení z izolantu pokud 3.5.2 nestanoví jinak
zvlášť nebezpečné	do 1 000 V AC	Doplňná	
normální i nebezpečné	Nad 1 000 V AC	Normální	
zvlášť nebezpečné	Nad 1 000 V AC	Doplňná	

5 UZEMNĚNÍ A OCHRANNÉ VODIČE

5.1 Všeobecně

Uzemnění v rozvodném elektrickém zařízení slouží současně jako ochranné i pracovní. Pokud to vyžaduje elektrické zařízení lze ochranné a pracovní uzemnění provádět samostatně.

Uzemnění se zřizuje pro ochranu před úrazem elektrickým proudem, pro ochranu před bleskem a přepětím nebo pro správnou činnost elektrických zařízení. V rozvodných elektrických zařízeních se zajišťuje strojními zemniči nebo náhodnými zemniči.

5.1.1 Pracovní uzemnění na ustálené napětí sítě TN a TT v distribuční síti do 1000 V AC

V síti TN a TT se střed (uzel) vinutí zdroje (transformátoru) spojí se zemí, aby při spojení jednoho fázového vodiče se zemí nepřestoupilo jmenovité pracovní napětí v jiném fázovém vodiči dovolenou hodnotu. Podle ČSN EN 60604-1 (33 0420) a ČSN EN 60439-1 (35 7107) v síti TN s jmenovitým napětím proti zemi $U_0 = 230 \text{ V}$ je při této poruše maximální dovolená hodnota jmenovitého pracovního napětí proti zemi 300 V.

5.2 Návrh, stavba a měření uzemnění v distribuční síti do 1000 V AC

Volba parametrů a uspořádání zemničů a uzemňovacích přívodů se provede s ohledem na požadovaný zemní odpor podle čl. 3.3.3.8 a 3.3.3.10. Návrh uzemnění a jeho výpočet se provádí podle dle ČSN 33 2000-5-54, měření uzemnění se provádí dle kapitoly 6.

Základní požadavky kladené na uzemnění jsou:

- spolehlivost a vhodnost z hlediska ochrany venkovních a kabelových vedení před úrazem el. proudem
- zemniče a uzemňovací přívody musí vyhovět tepelným a mechanickým účinkům poruchových proudů
- odolnost proti korozi

5.3 Ochranné vodiče, uzemňovací přívody a zemniče v distribučních sítích TN a TT do 1 000 V AC

5.3.1 Ochranné vodiče, uzemňovací přívody a zemniče v distribučních sítích TN

V sítích TN jsou vodiče PEN (PE) součástí stejného vedení jako fázové (střední) vodiče. Jsou-li fázové (střední) vodiče v obložení, musí být v téže obložení i vodič PEN (PE).

Vodiče PEN (PE) v sítích TN musí mít stejnou izolaci jako vodiče fázové. Vodiče PEN (PE) se dimenzují podle čl. 3.3.3.12. Pro uložení vodičů PEN (PE) v rozvaděčích platí ČSN EN 60439-1 (35 7107)

Dimenzování uzemňovacích přívodů a zemničů pro vodiče PEN (PE) se provádí podle ČSN 33 2000-5-54. Dimenzování uzemňovacích přívodů a zemničů pro společné uzemnění elektrických zařízení vn a nn v distribučních stanicích se provádí podle PNE 33 3201..

5.3.2 Ochranné vodiče, uzemňovací přívody a zemniče v distribučních sítích TT

V sítích TT se ochranné vodiče, uzemňovací přívody a zemniče dimenzují dle ČSN 33 2000-5-54.

POZNÁMKA Nedoporučuje se montáž skrytého uzemňovacího vedení od zemněného zařízení (uzemnění svodičů přepětí na venkovním vedení, přizemnění PEN vodiče venkovního vedení apod.) a to v omítce nebo pod omítkou objektu, včetně osazování revizních krabic v omítce nebo pod omítkou, pro revizní rozpojení přívodu **k zemniči a potenciálu vodiče PEN (PE)**.

5.3.3 Vodiče pro ochranné pospojování

Vodiče pro ochranné pospojování se dimenzují dle ČSN 33 2000-5-54.

5.4 Uzemnění a uzemňovací přívody v distribučních sítích nad 1 000 V

5.4.1 Elektrické stanice a instalace

Tato norma obsahuje kritéria pro návrh, provedení, zkoušení a údržbu uzemňovací soustavy, takže je provozována podle všech podmínek a zajišťuje bezpečnost osob ve všech místech, kam mají osoby povolen přístup. Uvádí také kritéria, které zajistí integritu připojovaného zařízení a v blízkosti uzemňovací soustavy.

Instalace a zařízení musí být schopny odolat očekávaným elektrickým, mechanickým, klimatickým vlivům a okolního prostředí v místě instalace.

Návrh musí zahrnovat:

- účel instalace
- požadavky uživatele, jako jsou kvalita el. energie, spolehlivost, dostupnost a schopnost elektrické sítě odolat působení přechodných podmínek, jako jsou rozběh velkých motorů, vypínání zátěže a opětné připojení instalace pod napětí
- bezpečnost obsluhy a veřejnosti
- možnost rozšíření (vyžaduje-li se) a údržbu.

5.4.1.1 Elektrické požadavky

Metody uzemnění uzlu

Metoda uzemnění uzlu je silně ovlivněna hladinou proudu poruchy a jeho dobu trvání. Také uvedená metoda uzemnění uzlu je důležitá s ohledem na:

- výběr izolační hladiny
- přepětíové charakteristiky omezující zařízení jako jsou jiskřiště nebo svodiče přepětí
- výběr ochran
- návrh uzemňovací soustavy.

Příklady metod uzemnění uzlu:

- izolovaný uzel
- kompenzovaný uzel
- vysokoodporové uzemnění uzlu
- účinné uzemnění uzlu (malá impedance)

Obvykle se provádí výběr uzemnění uzlu na základě následujících kritérií:

- místních předpisů
- nepřetržitelnosti provozu vyžadovanou pro síť

- omezení poškození zařízení způsobené zemními poruchami
- selektivity eliminace poruchových částí sítě
- detekce poruchových míst
- dotykových a krokových napětí
- induktivního rušení
- provozních a údržbových aspektů

Jedna galvanicky spojená soustava má pouze jednu metodu uzemnění uzlu. Různé galvanicky autonomní soustavy mají různé metody uzemnění uzlu. Vyskytnou-li se různé konfigurace uzemnění uzlu během normálních nebo abnormálních provozních podmínek, musí být zařízení a ochrany navrženy na tyto provozní podmínky.

Zkratový proud

Instalace se musí navrhnout, konstruovat a instalovat tak, aby bezpečně odolala mechanickým a tepelným účinkům od zkratových proudů.

Správné je stanovit nejhorší případ poruchového stavu pro všechny příslušné aspekty funkčních požadavků, pokud jsou rozdílné. Následující typy poruch se musí prověřit pro každou napěťovou úroveň v instalaci:

- a) třífázový zemní zkrat
- b) dvoufázový zemní zkrat
- c) jednofázový zemní zkrat
- d) zkrat mezi fázemi přes zem (dvojitý zemní spojení)

Poruchy uvnitř a vně místa instalace se musí vyšetřit při uvažování nejnepříznivějšího místa poruchy.

Současné poruchy v různých napěťových systémech není zapotřebí uvažovat.

Instalace se musí chránit automatickými ochranami, které vypínají třífázové a dvoufázové zkraty.

Instalace se musí chránit buď automatickými ochranami, které vypínají zemní zkraty nebo indikují zemní spojení. Volba ochrany je závislá na způsobu uzemnění uzlu.

Normalizovaná doba trvání zkratu je 1 s.

POZNÁMKA 1 Je-li vhodná odlišná hodnota od 1 s, doporučují se hodnoty 0,5 s, 2,0 s a 3,0 s.

POZNÁMKA 2 Normalizovaná jmenovitá doba trvání zkratu musí být určena s uvažováním doby vypnutí poruchy.

POZNÁMKA 3 Maximální doba trvání zkratu v distribučních sítích do 1 000 V AC je stanovena v čl. 3.3.1.2.

Podrobnosti o navrhování a provádění uzemnění elektrických stanic AC nad 1 kV jsou obsaženy v PNE 33 3201.

5.4.1.2 Instalace zemničů a uzemňovacích přívodů

Uzemňovací systém obecně sestává z několika horizontálních, vertikálních nebo šikmých zemničů, uložených v zemi nebo do země zaražených.

Použití chemikálií pro snížení vodivosti půdy se nedoporučuje.

Vodorovné zemniče mají být obvykle uloženy v hloubce 0,5 až 1 m pod úrovní terénu. To poskytuje dostatečnou mechanickou ochranu. Doporučuje se zemniče umístit pod zámrnou hloubku.

U svisle zaražených tyčí bude horní konec tyče obvykle pod úrovní terénu. Svislé nebo šikmé tyče jsou výhodné především, když odpor půdy klesá s hloubkou.

Kovové konstrukce, uzemněné v souladu s touto normou a tvořící jeden konstrukční celek, mohou být užity jako uzemňovací přívody pro uzemnění částí, které jsou přímo upevněny k této konstrukci. Proto celá konstrukce musí mít dostatečný vodivý průřez a spoje musí být vodivé a mechanicky spolehlivé. Při dočasné demontáži je zapotřebí zabránit odpojení části konstrukce od uzemňovací soustavy. Velké konstrukce mají být spojeny s uzemňovací soustavou v dostatečném počtu bodů.

Zahrnují-li montážní práce stávající uzemňovací soustavu, musí se uvažovat s ochrannými opatřeními, aby se zabezpečila bezpečnost obsluhy při poruchových stavech.

Obecné podrobnosti k provedení lze nalézt v příloze K ČSN EN 50 522.

Přepětí a přechodové stavy

Přepětí a spínací operace jsou zdrojem proudů a napětí o vysokém a nízkém kmitočtu. Výboje obvykle vznikají spínáním dlouhých kabelových úseků, působením vypínačů plynem izolovaných rozváděčů nebo provedením spínání kapacit v neparalelním zapojení. Úspěšné utlumení vyžaduje adekvátní hustotu zemničů ve vybraných bodech, týkající se proudů o vysokém kmitočtu, společně s uzemňovací soustavou o příslušném rozsahu týkající se proudů o nízkém kmitočtu. Ve vybraných bodech se může vyžadovat, aby uzemňovací soustava nad 1 kV tvořila část systému ochrany před bleskem a doplňující zemniče.

Příslušná elektromagnetická kompatibilita a normy pro ochranu před bleskem se musí používat, aby se určily specifické aspekty související s přechodovým jevem uzemňovací soustavy a jejích prvků.

Zahrnují-li průmyslové a komerční instalace více než jednu budovu nebo areál, musí se uzemňovací soustava každé budovy nebo areálu propojit. Protože během výbojů, jako jsou údery blesku, zde budou velké rozdíly v potenciálech mezi uzemňovacími soustavami každé budovy a areálu navzdory propojení, mají se přijmout opatření na ochranu před poškozením citlivých zařízení připojenými mezi různými budovami nebo areály. Je-li to možné, mají se používat nekovová vedení, jako jsou optické kabely pro výměnu signálů nízkourovňových signálů mezi těmito lokalitami.

Příloha F ČSN EN 50522 informuje o návrhu a montáži uzemňovacích soustav za účelem omezení působení vysokokmitočtové interference.

5.4.1.3 Opatření při zemnění zařízení a instalací.

Všechny neživé vodivé části, které jsou částí elektrické sítě se uzemňují; ve zvláštních případech se tvoří izolované oblasti (viz čl. 3.1.2.1 a 3.1.2.2).

Cizí vodivé části se uzemňují, pokud je to potřebné, např. vzhledem k oblouku, kapacitní nebo induktivní vazbě.

Detailní opatření při zemnění oplocení, potrubí, kolejnic, ap. lze nalézt v příloze G ČSN EN 50522.

5.4.2 Venkovní vedení vn, vvn a zvn

5.4.2.1 Obecně

Tato norma uvádí základní kritéria pro návrh, zřizování a zkoušení uzemňovací soustavy tak, aby za všech podmínek fungovala a zajišťovala dotyková napětí a kroková v přípustných mezích.

Uzemňovací soustavy se mohou stát nezbytnými v závislosti na návrhu vedení, typu podpěrných bodů a místních podmínkách.

Projektová dokumentace musí zahrnovat následující podklady pro dimenzování uzemňovacích soustav a zemničích lan :

- hodnoty maximálního jednofázového zkratového proudu I''_{k1} v závislosti na místě zkratu pro celou délku vedení;
- příspěvky zkratových proudů $3I_0$ do místa zkratu z obou konců vedení v závislosti na místě zkratu pro celou délku vedení;
 - dobu trvání zkratu (v závislosti na místě zkratu). hodnoty maximálního jednofázového zkratového proudu, případně proudu dvojité zemní poruchy v závislosti na místě zkratu pro celou délku vedení;
 - velikost proudu zemního spojení v kompenzované soustavě

Podrobnosti pro navrhování a provádění uzemnění stanoví pro venkovní vedení vn PNE 33 3301 a pro venkovní vedení vvn, zvn a uvn PNE 33 3300.

5.5 Spojování kovových plášťů kabelů v rozvodných elektrických zařízeních

5.5.1 Kovové pláště, pancíře a stínění kabelů se spojují s ochranou soustavou sítě ochrannými vodiči.

5.5.2 V distribuční síti se musí kovový plášť, pancíř a stínění kabelu v celé délce vodiče propojit a spojit se všemi kabelovými soubory (spojky, koncovky a pod.) a alespoň na jednom místě spojit s ochranou soustavou sítě. Je-li spojení s ochrannou soustavou sítě provedeno pouze jednostranně (pouze na jednom konci kabelu), nesmí vzniknout na neuzemněném konci kabelu při provozu, zkratu nebo zemním spojení vyšší dotykové napětí než dovolené, jinak se musí tyto části pláště chránit před dotykem (např. přepážkou) nebo použít uzemnění přes průrazku.

V kabelových sítích vn, které vyhovují čl. 3.4.1.2, musí být spojení s ochranou soustavou sítě vždy oboustranné (na obou koncích kabelu).

5.5.3 Kabelové kovové soubory kabelů bez kovových plášťů se spojí s ochranou soustavou sítě jen tehdy, nejsou-li uloženy přímo v zemi.

5.5.4 U jednožilových kabelů vn s kovovým pláštěm tvořící proudový obvod se pláště všech tří kabelů spojí na konci kabelů Cu nebo Al vodiči mezi sebou. Ve všech spojkách se propojí pláště spojovaných kabelů. Spojení s ochrannou soustavou sítě se provede podle čl. 5.5.2.

5.5.5 Nejmenší dovolené průřezy uvedených ochranných spojení u kabelů (pro spojování jejich plášťů apod.) se stanoví podle ČSN 33 2000-5-54.

5.5.6 Ochrana sdělovacích kabelů před nebezpečným galvanickým vlivem se provádí podle ČSN 33 2160.

5.6 Připojení stínění kabelových vedení v el. stanici s odlišnou ochrannou soustavou nebo zařízením

V odůvodněných případech lze stínění kabelového vedení propojit s ochranou soustavou distribuční sítě jen jednostranně. Např. pro eliminaci toku bludných proudů, nespojování ochranných soustav odlišných napěťových soustav (AC/DC, AC/AC...). Viz ČSN EN 50122-2. V takových případech jsou stínění jednotlivých fázových kabelů VN distribuční sítě, izolovaně vedeny a propojeny do uzlu na samostatné přípojnici, izolovaně oddělené od místní zemnicí ochranné soustavy. U zařízení musí být trvale a viditelně osazena tabulka s textem „**Pozor, stínění kabelového vedení VN není spojeno s místní ochrannou soustavou**“. V případě více kabelového – smyčkového napojení takového zařízení na distribuční síť, musí se příslušné izolované přípojnice s připojeným stíněním vzájemně propojit (alespoň 50 mm²) využitím kabelového prostoru, kanálu, šachet apod. V případech oddělených zemnicích ochranných soustav, lze uvažovat s vložením nízko ohmického průrazného prvku, rozdělujícího soustavu v momentě poruchového stavu. (např. el. stanice pro zdravotnické objekty) V podobných případech lze uvažovat i s oddáleným strojeným uzemněním (uzemnění svodičů přepětí) vedeným izolovaně cca 20 m od zemnicí soustavy připojované el. stanice s oddělenou zemnicí soustavou.

6 MĚŘENÍ A ZKOUŠENÍ OCHRAN

6.1 Všeobecně

Tam, kde je to k ověření potřebné, musí se provést dále uvedená měření a zkoušky, a to přednostně v tomto pořadí:

- a) spojitost ochranných vodičů pro pospojování a k uvedení na stejný potenciál;
- b) izolační odpor elektrického zařízení;
- c) ochrana automatickým odpojením od zdroje zahrnující:
 - měření přechodového zemního odporu;
 - měření impedance smyčky;
 - zkoušení ochrany proudovým chráničem.

Metody měření a zkoušení popsané v této kapitole jsou metodami doporučenými, jiné metody se nevylučují za předpokladu, že dávají alespoň stejně přesné výsledky.

6.1.1 Měření

Stav elektrických zařízení a elektrických předmětů a elektrických ochranných prvků se zjišťuje vhodnými měřicími přístroji. K měření se použijí měřicí přístroje a metody vyhovující požadavkům souboru ČSN EN 61 557, nebo měřicí přístroje a metody dávající srovnatelné výsledky. Teplotní rozsah měřících přístrojů musí být v rozmezí –5 až 40 °C.

Měření se musí provádět dle stanovených postupů a požadavků výrobce konkrétního měřicího přístroje

POZNÁMKA - Jestliže ve zvláštních případech nelze provést měření technickými prostředky nebo při hospodárných nákladech (např. u uzemňovacích zařízení nebo při velkých průřezích vodičů), musí se prokázat jiným způsobem (např. výpočtem), že byly dodrženy hodnoty, umožňující účinnost použitých ochranných opatření.

6.1.2 Zkoušení

Zkoušením musí být potvrzeno, že opatření k zajištění bezpečnosti použitá u zařízení správně plní svůj účel. Zkouší se zejména:

- a) hlídače izolačního stavu;

- b) proudové a napěťové chrániče;
- c) účinnost bezpečnostních zařízení, např. zařízení pro nouzové vypnutí, blokovací opatření, hlídače tlaku;
- d) funkční schopnost hlásičů a ukazatelů stavu např. zpětné hlášení při dálkovém ovládní spínačů, světelné hlásiče;
- e) elektrická pevnost.

6.2 Měření izolačního odporu

6.2.1 Izolační odpor se musí měřit:

a) U nových zařízení:

- mezi pracovními vodiči postupně vždy dva mezi sebou, je-li za provozu mezi nimi napětí. Izolační odpor vodičů spojených provozně se zemí se proti zemi neměří.

POZNÁMKA - V praxi lze provést toto měření pouze během montážních prací před připojením odběrných zařízení.

- mezi každým pracovním vodičem a ochranným vodičem spojeným se zemnicem.

POZNÁMKY :

1. V soustavě TN-C se měří mezi pracovními vodiči a vodičem PEN.
2. Během tohoto měření mohou být fázové vodiče a střední vodič spojeny.

b) Při pravidelných kontrolách a revizích:

- mezi každým pracovním vodičem a ochranným vodičem spojeným se zemnicem, je-li za provozu mezi ním a ochranným vodičem spojeným se zemnicem jmenovité napětí.

6.2.2 Izolační odpor měřený hodnotami zkušební napětí z tabulky č. 7 je vyhovující, jestliže každý obvod při odpojených odběrných zařízeních má izolační odpor, který není nižší, než příslušná hodnota uvedená v tabulce č. 11.

Měřit se musí stejnosměrným proudem. Zkušební přístroj musí být schopen poskytovat zkušební napětí stanovené v tabulce č.7 při zatížení 1 mA. Jestliže obvod obsahuje elektronická zařízení, provádí se pouze měření mezi pracovními vodiči (fázemi a středním vodičem, které jsou spojeny) a zemí, resp. ochranným vodičem.

POZNÁMKA - Toto opatření je nezbytné, protože provedení zkoušky bez vzájemného spojení pracovních vodičů může poškodit elektronická zařízení.

Tabulka č. 7 - Minimální hodnoty izolačního odporu

Jmenovité napětí obvodu (distribuční sítě)	Zkušební napětí (V)	Izolační odpor (MΩ)
Do 500 V včetně	500	min. 1,0
Od 501 V do 1 000 V včetně- Venkovní a kabelové vedení do 1 000 V Venkovní vedení do 1 000 V (za vlhkého počasí na 1 km délky)	1 000 1 000 1 000	min. 1,0 min. 1,0 min. 0,024
Nad 1 000 V - venkovní vedení	zkouška provozním napětím po dobu 30 minut	
Nad 1 000 V - ostatní zařízení	zkouška zvýšeným napětím (ČSN EN 60071-1a PNE 34 7626)	

6.3 Měření uzemnění

6.3.1 Požadavky na měření uzemnění

6.3.1.1 U nově zřízených, rozšířených nebo rekonstruovaných uzemnění se musí před uvedením do provozu provést měření zemního odporu uzemnění jako celku, kromě případů uvedených v čl.6.3.1.3 nebo dotykových napětí v případech uvedených v čl.6.3.1.2 a dále popsanými metodami. Kroková napětí se měří jen ve zdůvodněných případech.

POZNÁMKA - Požadavky na měření v elektrických stanicích upravuje čl. 10.5 ČSN EN 61936-1 a PNE 33 3201.

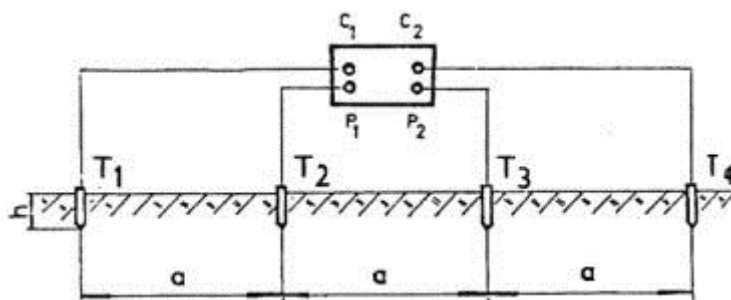
6.3.1.2 Měření dotykových napětí se požaduje v:

- elektrických stanicích s napětím vvn (zvn);
- průmyslových závodech, na jejichž území je vybudována elektrická stanice s napětím vvn (zvn);
- ostatních elektrických zařízeních vvn (zvn), pokud jsou tam předepsány hodnoty dotykových napětí a nelze je prokázat jiným způsobem (např. výpočtem);
- případech uvedených v čl.3.3.3.9.

6.3.1.3 U společné uzemňovací soustavy větší než 10 000 m² tvořené vzájemně propojenými náhodnými a strojenými zemniči se zemní odpor neměří.

6.3.2 Měření rezistivity půdy

6.3.2.1 Rezistivita půdy se zjišťuje čtyřelektrodovou metodou. Při užití Wennerovy metody^{*} se zarazí 4 tyčové elektrody o průměru 15 až 20 mm v jedné přímce do hloubky 0,2 m^{**} v rozestupu podle obrázku č.1.



Obrázek č.1 - Měření rezistivity půdy Wennerovou metodou

Proudové elektrody (vnější) se připojí na svorky T1, T4 a potenciálové (vnitřní) na svorky T2, T3.

Rezistivita v (Ωm) se vypočítá ze vztahu:

$$\rho = 2\pi \times a \times R$$

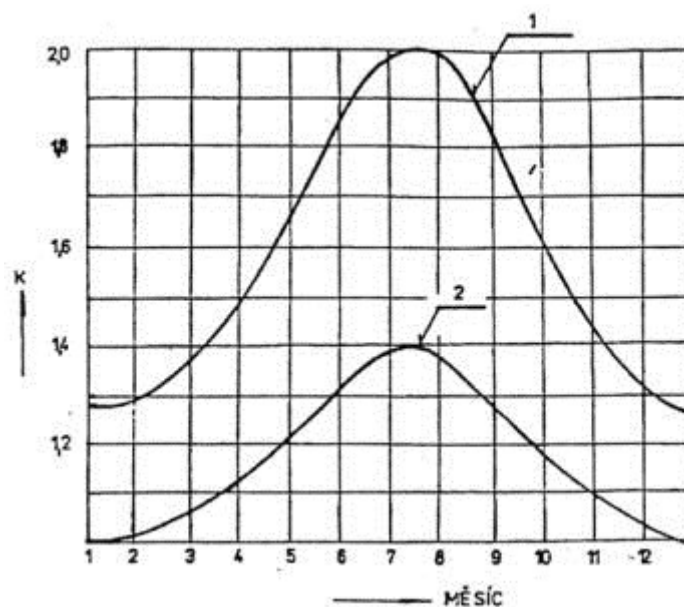
kde a je vzdálenost měřících elektrod (m),

R - naměřený odpor (Ω).

Takto stanovená hodnota je střední rezistivitou půdy do hloubky rovné přibližně rozestupu elektrod.

^{*} Jiné metody viz např. V. Novotný : Uzemnění a jeho měření

^{**} Podle druhu použitého přístroje může být požadována hloubka s ohledem na přechodový zemní odpor elektrod větší.



1 Měření v deštivém období
2 Měření v období sucha

Obrázek č.2 - Závislost činitele K na ročním období

6.3.2.2 Vliv kolísání rezistivity půdy do hloubky 3 m v závislosti na ročním období se eliminuje tak, že naměřená hodnota rezistivity půdy se násobí činitelem K podle křivek na obrázku č. 2.

Tato hodnota je směrodatná pro navrhování uzemnění. Při návrhu rozsáhlých uzemňovacích soustav se počítá s rezistivitou půdy do hloubky rovnající se přibližně délce úhlopříčky uzemňovací soustavy maximálně však do hloubky 20 m. Hodnota této rezistivity nekolísá.

6.3.2.3 Časově méně náročná a pro méně rozsáhlé uzemňovací soustavy (například tyčové zemniče) stejně přesná je Schlumbergova metoda měření rezistivity půdy (viz zapojení na obr. 3).

Rezistivita se vypočítá ze vztahu:

$$\rho = R \times k$$

$$\text{kde } k = \frac{\pi}{2} \times \left(\frac{\lambda^2}{d} - d \right)$$

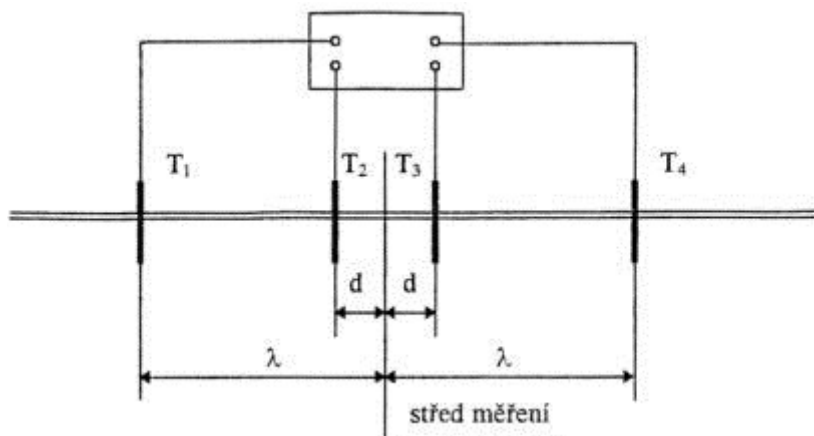
R - naměřený odpor (Ω)

Takto stanovená hodnota je střední rezistivitou půdy do hloubky rovné přibližně rozestupu elektrod od středu měření.

Pro usnadnění výpočtu jsou potřebné údaje pro měření do hloubky 3m uvedeny v následující tabulce:

λ (m)	d (m)	k (m)
1	0,25	5,9
2	0,5	11,8
3	0,5	27,5

Údaje o průměru elektrod a jejich zaražení do země jsou identické s Wennerovou metodou.



Obrázek č. 3

6.3.3 Měření odporu zemniče

6.3.3.1 V případě, že je třeba změřit odpor uzemnění, může se postupovat například takto :

Mezi měřeným zemničem T a pomocným T1 umístěnými tak daleko od sebe, že se vzájemně neovlivňují (pásma jejich vlivu se nepřekrývají), se nechá procházet ustálený střídavý proud.

Druhý pomocný zemnič T2, jímž může být i kovový hrot zaražený do země, se umístí přibližně v poloviční vzdálenosti mezi zemniči T a T1 a měří se úbytek napětí mezi T a T2.

Vzdálenost měřeného zemniče T od pomocného zemniče T₁ je minimálně 40 m, od pomocného zemniče T₂ je minimálně 25 m, pokud výrobce měřicího přístroje nestanoví jinak.

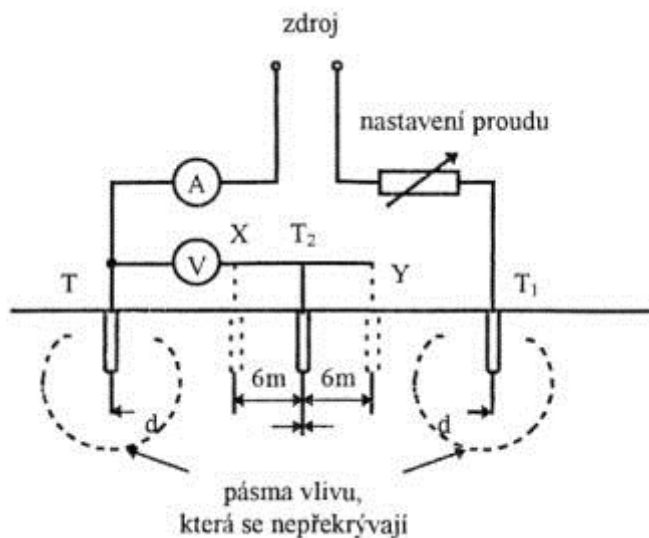
6.3.3.2 Odpor zemniče se určí z napětí mezi T a T2 a proudem procházejícího mezi T a T1 za předpokladu, že se vzájemně neovlivňují.

Aby se ověřilo, že naměřená hodnota odporu zemničů je správná, provedou se další dvě měření, když pomocný zemnič T2 se přemístí nejprve o 6 m blíže k zemniči T a pak o 6 m dále z původní polohy zemniče T. Jestliže mezi těmito třemi měřeními nejsou podstatné rozdíly, považuje se průměr z těchto tří naměřených hodnot za odpor zemniče T.

Pokud se výsledky uvedených tří měření výrazně liší, opakuje se měření při zvětšené vzdálenosti pomocného zemniče T1 od zemniče T. Jestliže se měří proudem průmyslového kmotočtu, musí se použít voltmetr s vysokou vnitřní impedancí (alespoň 200 Ω na 1 V).

Proudový zdroj musí mít měřicí obvod oddělený od sítě (např. užitím transformátoru s oddělenými vinutími).

Zapojení měřících přístrojů je možné podle obrázku č. 4. Je možné použít přístroje určené k měření zemního odporu, které ukazují přímo odpor zemniče R.



Obrázek č.4

kde T je měřený zemnič odpojený ode všech zdrojů napájení (kromě zdroje proudu sloužícího k měření),

- T1 - pomocný zemnič,
- T2 - druhý pomocný zemnič,
- X - poloha zemniče T2, při ověřování naměřené hodnoty odporu uzemnění,
- Y - poloha zemniče T2 při dalším ověřování.

POZNÁMKA - Pokud se nepoužije přístroje ukazujícího přímo odpor R zemniče T , zjistí se tento odpor z napětí naměřeného voltmetrem V a z proudu změřeného ampérmetrem A z Ohmova zákona:

$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega]$$

V sítích s izolovaným středem lze použít síť jako proudový zdroj, je-li bez izolační poruchy. Při měření je vždy nutno brát zřetel na nebezpečí dotykového respektive krokového napětí.

6.3.4 Měření výsledného odporu uzemnění v elektrických stanicích

6.3.4.1 Ve velkých elektrických stanicích se doporučuje pro měření zemního odporu nebo pro stanovení napětí na uzemnění zapojení podle obrázku č.5.

Napájecí zdroj se připojí k měřenému uzemnění v blízkosti uzlových vývodů transformátorů vvn (zvn).

Jako proudová elektroda CE se využije uzemnění sousední elektrické stanice nebo se vedení uzemní na stožáru ve vzdálenosti nejméně 5 km od měřené elektrické stanice. Je-li tato vzdálenost menší, musí se zemní lano od měřené uzemňovací soustavy odpojit.

6.3.4.2 Hodnota měřicího proudu se volí s ohledem na rozsah uzemňovací soustavy a rušivá napětí, nebo se použije zdroj s odlišným kmitočtem (kmitočet blízký, avšak odlišný od kmitočtu 50 Hz a intenzitě 10 až 20 A).

Napěťová elektroda PE se umístí přibližně kolmo na směr vedení k proudové elektrodě do vzdálenosti minimálně 5 D (při menších vzdálenostech je třeba provést korekci).

POZNÁMKA Použije-li se proud o síťovém kmitočtu, musí být tak vysoký, aby měřená napětí (nárůst potenciálu na zemniči, případně dotyková napětí vztahovaná ke zkušebnímu proudu) byla větší než možná rušivá napětí. To je obvykle zajištěno pro zkušební proudy nad 50 A. Vnitřní odpor voltmetru má být alespoň 10 násobek odporu napěťové sondy.

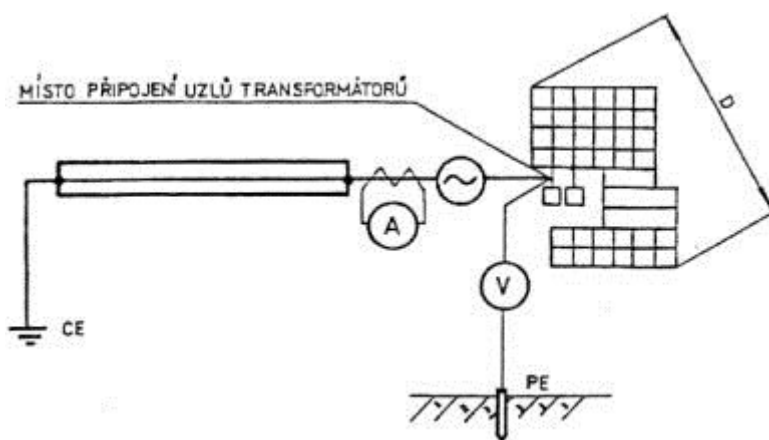
6.3.4.3 Zemní odpor R_z v Ohmech se vypočítá podle vztahu :

$$R_z = \frac{U_m}{r \times I_m}$$

kde U_m je naměřené napětí (V),

I_m - měřicí proud (A),

r - redukční činitel vedení použitého jako přívod k elektrodě CE
(viz součinitel k v příloze A ČSN 33 2000-5-54)



Obrázek č.5

6.3.4.4 Napětí na uzemnění U_z ve (V) se vypočítá ze vztahu:

$$U_Z = U_m \times \frac{I_{ku}}{I_m} \times w$$

kde U_m je naměřené napětí (V)

I_{ku} - ustálený proud jednofázového zkratu (A),

I_m - měřicí proud (A),

w - součinitel pravděpodobnosti (zahrnuje pravděpodobnost výskytu největšího, teoreticky stanoveného zkratového proudu, jeho hodnota je 0,7, není-li výpočtem prokázána hodnota nižší)

Ve stanicích s napájecím transformátorem vv/vv (zv/vv) a ve výrobnách s blokovým transformátorem vn/vv se napětí na uzemnění U_Z ve (V) stanoví podle vztahu :

$$U_Z = U_m \times \frac{I_{ku} - I_{tr}}{I_m}$$

kde I_{ku} je ustálený proud jednofázového zkratu, (A)

I_{tr} - část proudu jednofázového zkratu vracející se k uzlu transformátoru vv, (zv) (A)

I_m - měřicí proud (A),

6.3.5 Měření dotykového napětí

6.3.5.1 Pro měření dotykových napětí se uspořádá měřicí obvod podle čl. 6.3.4.1. Zemní lano se neodpojuje, i když je vzdálenost k elektrické stanici, jejíž uzemnění je použito jako elektroda CE, menší než 5 km.

Hodnota proudu se volí s ohledem na rozsah měřené uzemňovací soustavy a výskyt rušivých napětí (zpravidla 100 až 500 A).

6.3.5.2 V místech s velkými nebo proměnnými rušivými napětími (např. v elektrických stanicích) se doporučuje použít zdroj měřicího proudu s kmitočtem blízkým, avšak odlišným od kmitočtu 50 Hz a intenzitě 10 až 20 A. Napětí se potom snímá selektivním voltmetrem^{*}, který měří jen napětí tohoto použitého kmitočtu^{**}.

6.3.5.3 Při měření dotykových napětí se postupuje tak, že voltmetrem s velkým vnitřním odporem (nejméně 100 kΩ) se změří část napětí proti zemi, kterou člověk může při dotyku překlenout (napětí před dotykem). Měřicí přístroj se zapojí mezi měřenou konstrukci nebo vodivou část a elektrodu vzdálenou od měřené konstrukce 1 m.

Pokud hodnota naměřeného napětí přepočítaná podle čl. 6.3.5.4 přesahuje hodnotu dovoleného dotykového napětí, připojí se při měření k voltmetru paralelně odpor 2,5 kΩ (blíže viz příloha č. 10). Pro měření se použije zkušební elektroda složená ze čtvercové kovové desky o straně 250 mm a čtverce vlhkého savého papíru nebo látky (u nichž je přebytečná voda odstraněna) o straně přibližně 270 mm umístěného mezi kovovou deskou a měřeným povrchem. Při měření se na desku působí silou přibližně 750 N.

Krokové napětí se měří mezi dvěma elektrodami o plochách 30 000 mm² na vzdálenost 1 m.

6.3.5.4 Skutečná dotyková nebo kroková napětí U_T ve (V) se vypočítají podle vztahu :

$$U_d = U_m \times \frac{I_{ku}}{I_m}$$

kde U_m je naměřené napětí (V),

I_{ku} - ustálený proud jednofázového zkratu (A),

I_m - měřicí proud (A),

Je-li v elektrické stanici napájecí transformátor vv/vv (zv/vv) nebo ve výrobnách blokový transformátor vn/vv, stanoví se dotyková napětí U_d ve (V) podle vztahu:

* Ve většině případů je dostatečné potlačení rušivých signálů o 60 dB

** Zapletal M., Kočvara A.: Zařízení pro měření napětí na uzemnění, dotykových, krokových a zavlékaných napětí, čs. patent č. 127226

$$U_d = U_m \times \frac{I_{ku} - I_{tr}}{I_m} \times w$$

kde U_m je naměřené napětí (V),

I_{ku} - ustálený proud jednofázového zkratu (A)

I_{tr} - část proudu jednofázového zkratu vracejícího se k uzlu transformátoru vvn / (zvn), (A)

I_m - měřicí proud (A)

w - součinitel pravděpodobnosti (viz legenda k vzorci v čl. 6.3.4.4)

6.3.5.5 Postup při měření dotkových napětí pomocí měření rozdílu potenciálů u distribučních transformoven vn/ nn

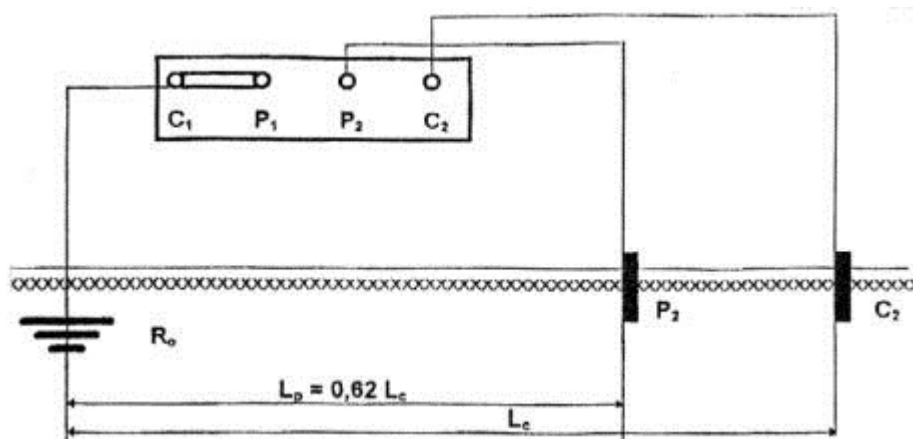
Použité měřicí přístroje : všechny typy čtyřsvorkových měřicích přístrojů.

6.3.5.5.1 Zemní odpor R_0 kontrolované distribuční transformovny se změří běžným způsobem podle obrázku č. 10. Hodnota odporu R_0 je úměrná potenciálu V_0 měřeného uzemnění proti vzdálenému bodu na povrchu půdy s nulovým potenciálem (proti tzv. referenční zemi). Platí následující vztah :

$$R_0 = \frac{V_0}{I}$$

kde I je měřicí proud přístroje

V_0 je měřený potenciál



Obrázek č. 6

6.3.5.5.2 V místech, kde chceme zjistit dotkové napětí (např. vrata, ovládací skříň, hromosvody ap.), t.j. v bodě $x_1, x_2 \dots x_i$ zarazíme do země pomocnou napěťovou sondu (postačuje do hloubky 10 cm) ve vzdálenosti 1 m od uzemněné konstrukce. Při zapojení uvedeném na obrázku č. 6 (kde $L_C =$ minimálně 200 ÷ 300 m) pak změříme hodnoty $R_1, R_2 \dots R_i$, které odpovídají dotkovému napětí $U_{d1}, U_{d2} \dots U_{di}$, t.j. rozdílu potenciálů $V_0 - V_x$ (V_x je potenciál bodu x , ve kterém je zaražena sonda, proti referenční zemi).

Například pro bod x_1 platí:

$$R_1 = \frac{V_0 - V_{x1}}{I}$$

a také

$$U_{d1} = V_0 - V_{x1} \quad (1)$$

6.3.5.5.3 Mezi odporem R_0 a R_1 pak platí vztah

$$\frac{R_1}{R_0} = \frac{V_0 - V_{x1}}{V_0} \quad (2)$$

6.3.5.5.4 Pro zadaný zkratový proud při zkratu na straně nn (respektive při omezeném zkratovém proudu na straně vn) se vypočítá skutečné dotykové napětí následujícím postupem :

$$U_{d1} = V_0 \times \frac{R_1}{R_0} \quad (3)$$

Při zadaném jednofázovém zkratovém proudu I_{k1} a změřené hodnotě odporu uzemnění R_0 distribuční transformovny bude potenciál zemniče :

$$V_0 = R_0 \times I_{k1} \quad (4)$$

Získaná hodnota V_0 po dosazení do rovnice (3) umožní výpočet skutečného dotykového napětí U_{d1} .

Rovnici (3) lze upravit do tvaru

$$U_{d1} = I_{k1} \times R_1 \quad (3a)$$

Rovnice (3a) však umožňuje měřit dotyková napětí u transformovny vn/nn bez nutnosti předchozího měření zemního odporu uzemnění R_0 této stanice.

POZNÁMKA - Popsaná metoda není příliš přesná a nehodí se pro měření rozsáhlých uzemňovacích soustav (stanice zvn/vvn, vvn/vn). Naměřené a vypočtené hodnoty je třeba brát jako informativní, ale pro tento účel postačující.

6.4 Měření impedance smyčky

6.4.1 V případě, že je třeba změřit impedanci smyčky v sítích TN, může se postupovat například takto:

1) Metodami navrženými v čl. 6.4.2 a 6.4.3 se získají pouze přibližné hodnoty impedance smyčky. Nebere se totiž v úvahu fázorový charakter napětí, tzn. podmínky existující v době skutečného jednofázové poruchy (zkratu). Míra přibližnosti je přijatelná za předpokladu, že reaktance měřeného obvodu je zanedbatelná.

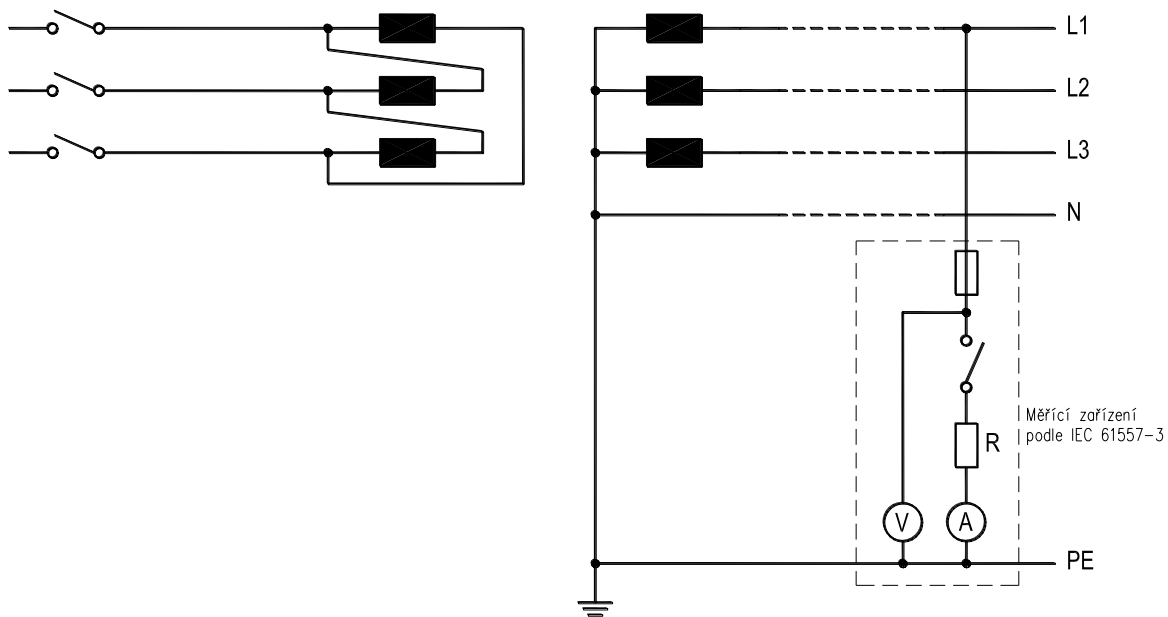
POZNÁMKA - Tato podmínka je v distribučních sítích TN ve většině případů splněna.

2) Předtím, než se provede měření impedance smyčky, doporučuje se provést zkoušku spojitosti ochranných vodičů.

3) Při měření impedance smyčky je nutné uvažovat s chybou použitého měřicího přístroje. Naměřenou hodnotu impedance smyčky je nutné vynásobit koeficientem 1,2, který respektuje chybu použitého měřicího přístroje a oteplení vodičů při jednofázovém zemním zkratu do jeho odpojení.

6.4.2 Měření impedance smyčky na základě úbytku napětí

V ověřovaném obvodu je měřeno napětí jednak s připojeným proměnným zatěžovacím odporem R a jednak, když je tento odpor odpojen. Z rozdílu těchto dvou napětí a z proudu, který se při připojeném zatěžovacím odporu rovněž měří, vyplývá hodnota impedance smyčky (viz obrázek č. 7).



Obrázek č.7

$$Z_m = \frac{U_1 - U_2}{I_r}$$

kde Z_m je naměřená impedance smyčky

U_1 je napětí v místě měření bez připojeného zatěžovacího odporu (měřené voltmetrem V),

U_2 – napětí v místě měření při připojeném zatěžovacím odporu (měřené voltmetrem V),

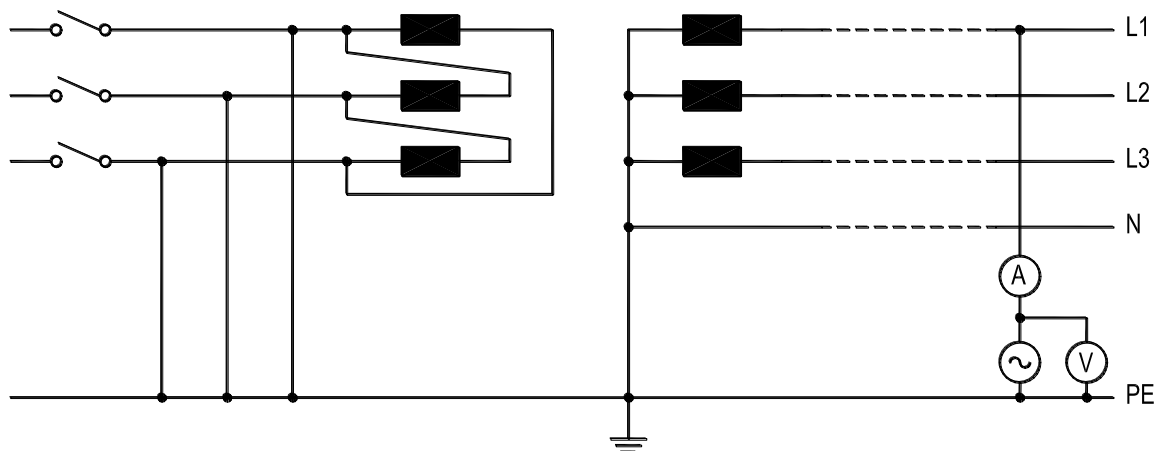
I_r – proud protékající zatěžovacím odporem R (měřený ampérmetrem A).

POZNÁMKA - Rozdíl mezi napětím U_1 a U_2 má být výrazný. Toho se dosáhne volbou zatěžovacího odporu R.

Místo zatěžovacího odporu, ampérmetru a voltmetru je možné použít měřicí přístroje určené pro měření impedance smyčky. Jejich konstrukce je založena na výše popsané metodě.

6.4.3 Měření impedance smyčky pomocí samostatného zdroje

Měření se provádí při odpojeném napájení a vstupní vinutí napájecího transformátoru je zkratováno. Měří se napětím a proudem získaným ze samostatného zdroje (viz obrázek č.8).



Obrázek č.8

Pro impedanci smyčky Z_m poruchového proudu platí:

$$Z_m = \frac{U}{I}$$

kde U je napětí naměřené voltmetrem V ,
 I - proud naměřený ampérmetrem A .

6.5 Měření odporu ochranných vodičů

6.5.1 Měří se odpor mezi kteroukoliv neživou částí a nejbližším místem spojení s ochranným vodičem distribuční sítě.

Doporučuje se měřit pomocí zdroje o střídavém nebo stejnosměrném napětí bez zatížení 4 V až 24 V proudem alespoň 0,2 A.

Naměřený odpor R musí vyhovovat podmínce:

$$R \leq \frac{U_{pd}}{I_a}$$

kde U_{pd} je předpokládané dotykové napětí,
 I_a - proud zajišťující samočinné vybavení nadproudového jisticího prvku v čase stanoveném v čl. 3.3.3.4

POZNÁMKA - Předpokládaná dotyková napětí se určí podle čl. 3.3.1.

6.5.2 Účinnost pospojení (spojitosti ochranných vodičů) je možné kontrolovat i následovně:

Změří se impedance Z mezi neživými částmi současně přístupnými dotyku a cizími vodivými částmi, přičemž tato impedance musí splňovat podmínku:

$$Z \leq \frac{U_d}{I_a}$$

kde U_d je trvalé dotykové napětí
 I_a - vybavovací proud nadproudového jisticího prvku pro stanovený čas odpojení.

Tam, kde se užívají pojistky, stačí ověřit, že je tato podmínka splněna pro dovolenou mez trvalého dotykového napětí 50 V a proud zajišťující vybavení pojistky do 30 s.

6.6 Zkoušky při ochraně proudovým chráničem

6.6.1 Vyvoláním poruchového proudu za proudovým chráničem se musí prokázat, že :

- proudový chránič vypíná alespoň při dosažení svého jmenovitého vybavovacího rozdílového proudu;
- není překročena mez dovoleného trvalého dotykového napětí U_{dL} stanovená pro zařízení.

Přezkoušení musí být provedeno postupně narůstajícím rozdílovým proudem, přičemž se musí změřit vybavovací rozdílový proud chrániče a dotyková napětí, která se přitom vyskytují. Z těchto hodnot je možné vypočítat dotykové napětí při jmenovitém vybavovacím rozdílovém proudu nebo odpor uzemnění (včetně ochranného vodiče, vnějších vodičů a svorkových míst), přičemž výsledky nesmějí překračovat nejvyšší dovolené hodnoty.

POZNÁMKA : Splnění požadavků se zjišťuje metodami popsány v čl. 6.6.3. Toto napětí je měřeno při skutečně měřeném vybavovacím rozdílovém proudu.

6.6.2 Je-li prokázána účinnost ochrany za proudovým chráničem v jednom místě, pak postačuje zjištění, že všechny ostatní části zařízení, které mají být tímto chráničem chráněny, jsou s tímto místem měření spolehlivě spojeny ochranným vodičem.

6.6.3 Na závěr následuje ověření funkce kontrolního tlačítka proudového chrániče, která se prokazuje jeho stisknutím. (Tak se ověřuje funkce proudového chrániče při jeho uvádění do provozu a dále během provozu v termínech

stanovených výrobcem proudového chrániče. Proudový chránič musí při každém stisknutí kontrolního tlačítka spolehlivě vybavit.) Tato kontrola nenahrazuje ověření vlastností proudového chrániče podle předchozích ustanovení.

6.6.4 Následující metody se uvádějí jako příklady :

POZNÁMKA - Během zkoušek lze ověřit vybavovací čas proudového chrániče podle IEC 1008-1:1990.

6.6.4.1 Obrázek č. 9 znázorňuje princip metody, při níž se proměnný odpor připojuje mezi fázový vodič na straně odběru a chráněnou neživou část. Proud procházející odporem se zvyšuje snižováním hodnoty proměnného odporu R_p .

Proud I_d , při němž proudový chránič vybaví, nesmí být větší než jmenovitý vybavovací proud $I_{\Delta n}$.

6.6.4.2 Obrázek č.10 znázorňuje princip metody, při níž se proměnný odpor připojuje mezi pracovní vodič na straně zdroje a jiný pracovní vodič na straně zátěže. Proud procházející odporem se zvyšuje snižováním proměnného odporu R_p .

Proud I_d , při němž proudový chránič vybaví, nesmí být větší než jmenovitý vybavovací proud chrániče $I_{\Delta n}$.

Proudová zátěž musí být během zkoušky odpojena.

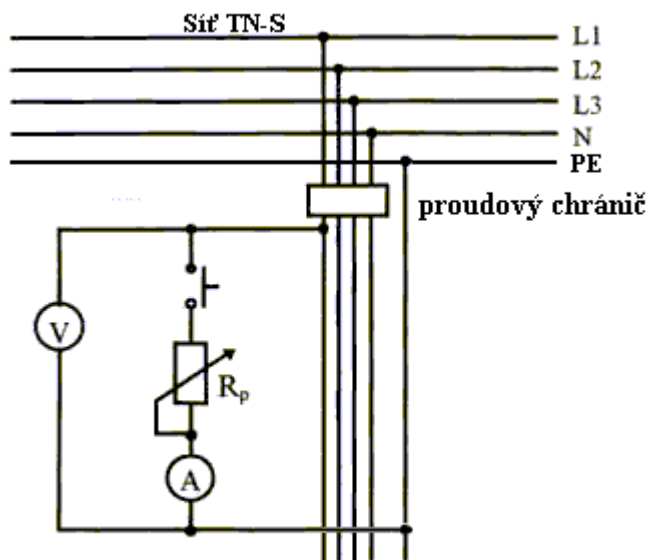
6.6.4.3 Obrázek č.11 znázorňuje princip metody, při níž se užívá pomocného zemniče. Proud procházející proměnným odporem R_p se zvyšuje snižováním jeho hodnoty. Přitom se měří napětí U mezi neživými částmi (chráněnými chráničem) a pomocným zemničem umístěným mimo vliv uzemnění neživých částí. Rovněž se měří proud I_d , při němž proudový chránič vybaví, a který nesmí být větší než jmenovitý vybavovací proud chrániče $I_{\Delta n}$.

Musí být splněna tato podmínka:

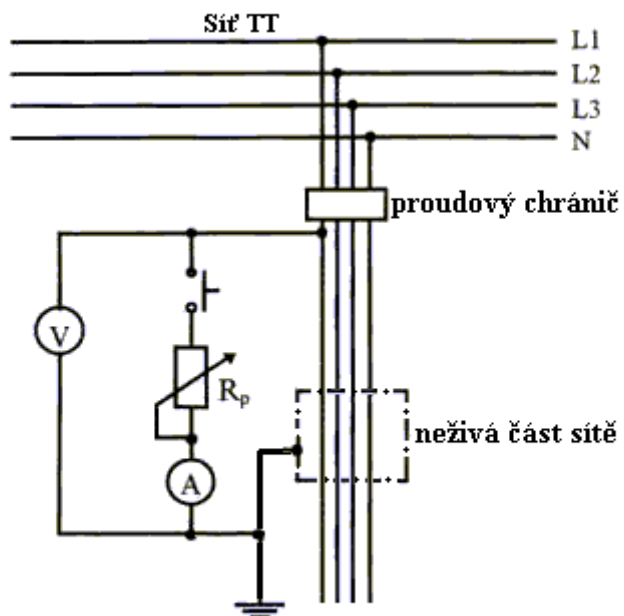
$$U = U_{dL} \times \frac{I_d}{I_{\Delta n}}$$

kde U_{dL} je dovolená mez trvalého dotykového napětí.

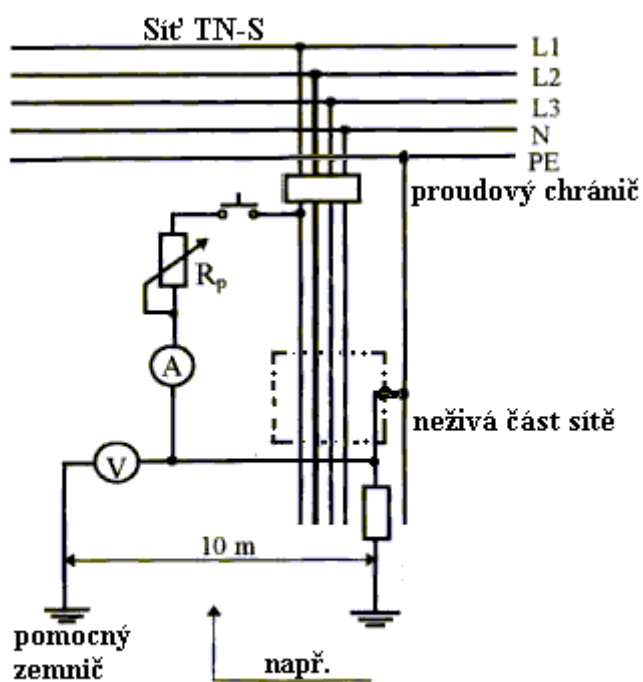
POZNÁMKA - Tuto metodu je možné použít pouze tam, kde je možné použít pomocnou elektrodu.



Obrázek č. 9



Obrázek č.10



Obrázek č.11

POZNÁMKA Příklad pořadí a postupů zkoušek při ověřování proudových chráničů uvádí ČSN 33 2000-6 v příloze NA

Příloha č. 1

OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM NEŽIVÝCH ČÁSTÍ DO 1000 V

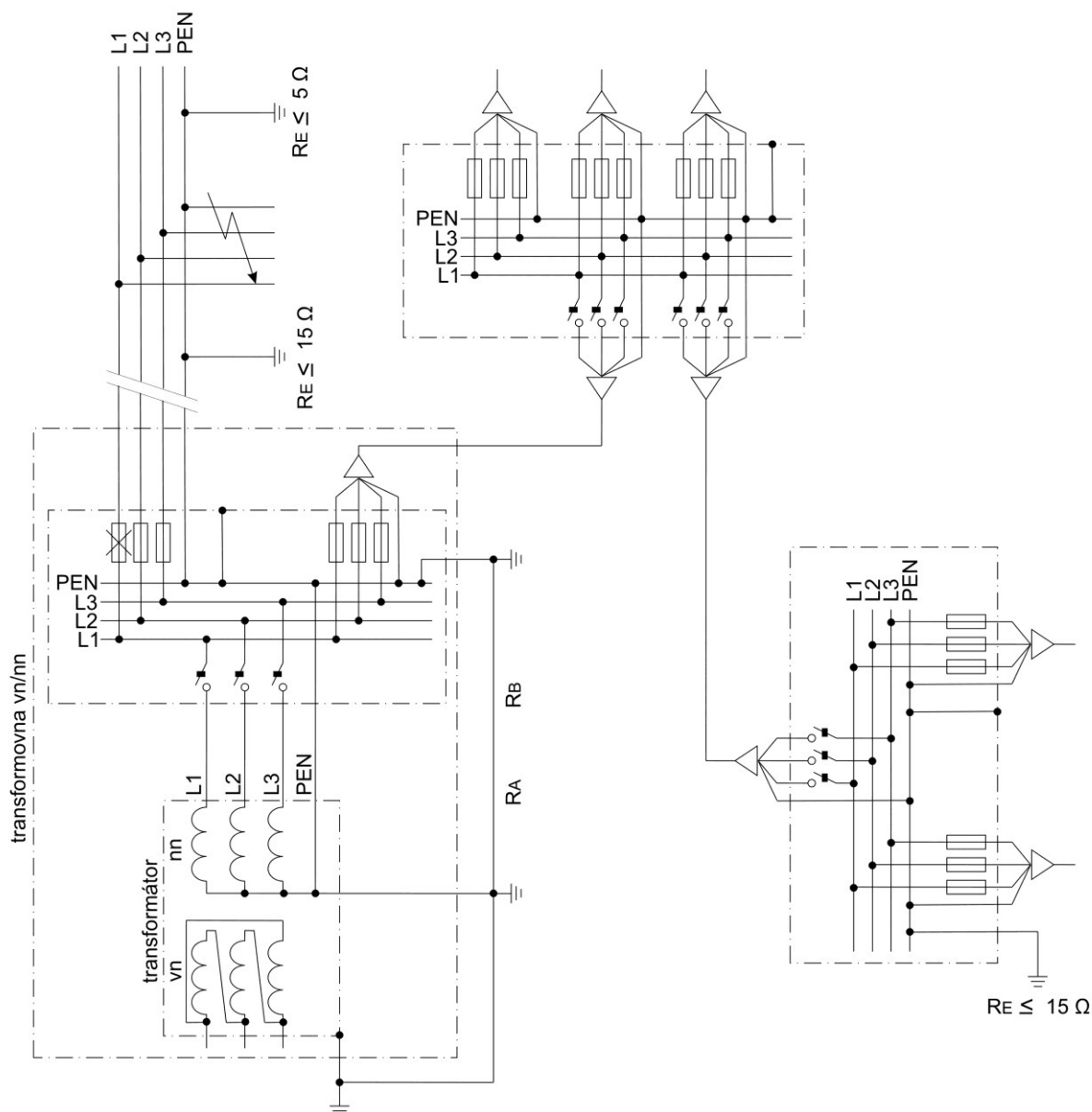
DISTRIBUČNÍ SÍTĚ TN - C

Vodič PEN v distribuční síti typu TN-C plní současně funkci ochranného a středního vodiče.

R_A je odpor uzemnění pracovního středu (uzlu) zdroje (odpor uzemnění transformovny při odpojených vodičích PEN) dle článku 3.3.3.8

R_B je celkový odpor uzemnění vodičů PEN odcházejících vedení z transformovny včetně uzemněného středu (uzlu) zdroje (včetně R_A) podle článku 3.3.3.8 a článku 3.3.3.9

R_E je odpor jednotlivých uzemnění vodiče PEN v distribuční síti podle článku 3.3.3.10

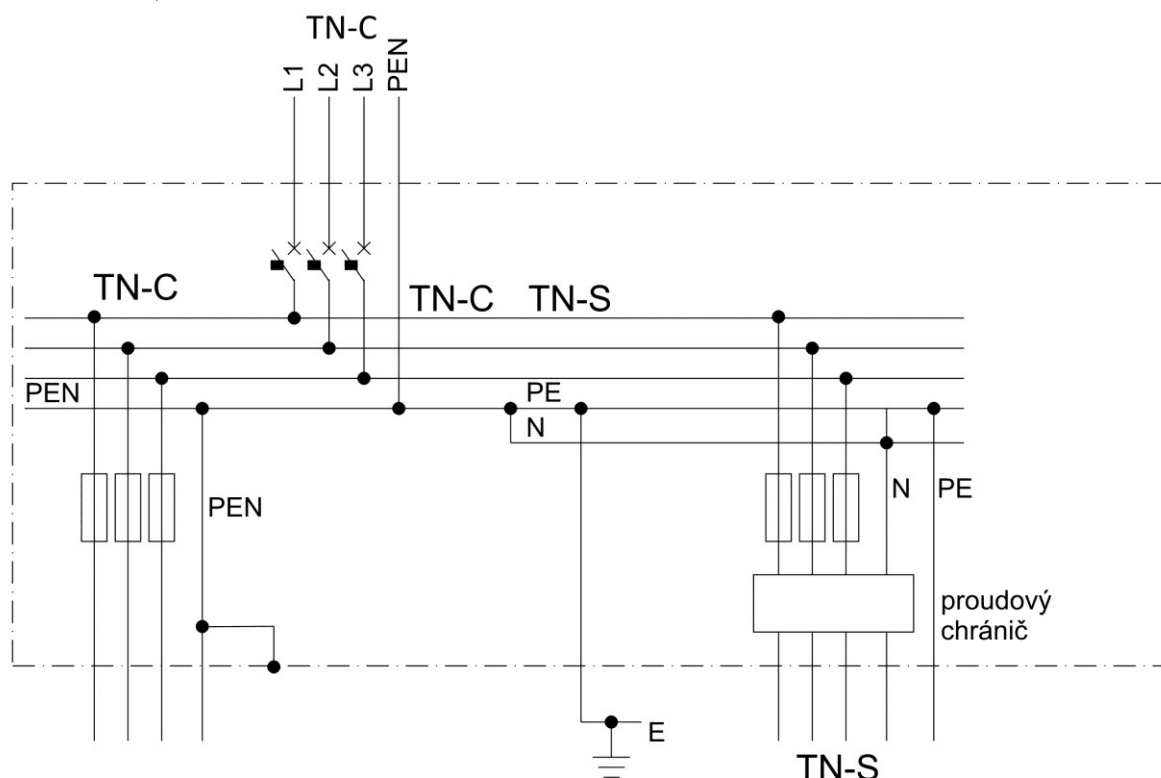


Příloha č. 2

OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM NEŽIVÝCH ČÁSTÍ DO 1000 V DISTRIBUČNÍ SÍTI TN - C - S

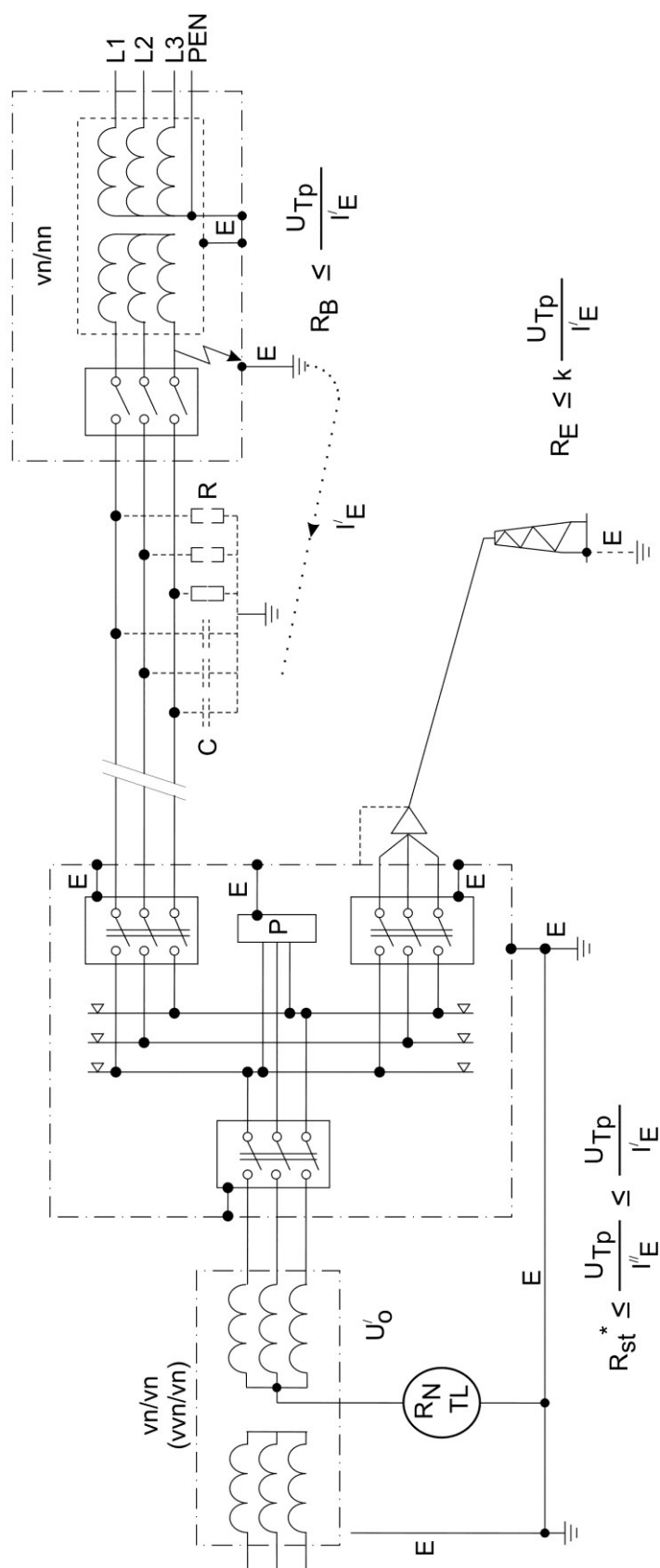
Trojfázová distribuční síť typu TN-C-S má dvě části. První část je typu TN-C, kde vodič PEN plní současně funkci ochranného a středního vodiče. Druhá část je typu TN-S, na jejímž počátku je vodič PEN rozdělen na samostatný ochranný vodič PE a na samostatný střední vodič N.

Viz čl. 3.3.2.4, ČL. 3.3.3.2 a čl. 3.3.3.7.



Příloha č. 4

OCHRANA V SÍTÍCH IT NAD 1000 V v prostorech normálních a nebezpečných



I_{zd} – dovolený jednofázový zkratový proud – viz čl. 3.4.3.3.1 (v kabelových sítích $I_{zd} \leq 1500$ A, ve venkovních a smíšených $I_{zd} \leq 450$ A podle síťových poměrů)

R_N – odpor zařazený v uzlu (středu) zdroje napětí

I_N – proud protékající uzlovým odporem R_N (jmenovitý proud uzlového odporu – I_R)

U'_{l_0} – fázové napětí vedení vn

I_E – zemní proud na straně vn (kapacitní i svodový)

I_c – zemní kapacitní proud (vypočtený nebo měřený)

R_B – celkový odpor uzemnění vodičů PEN všech odcházejících vedení z transformovny, včetně uzemnění transformovny

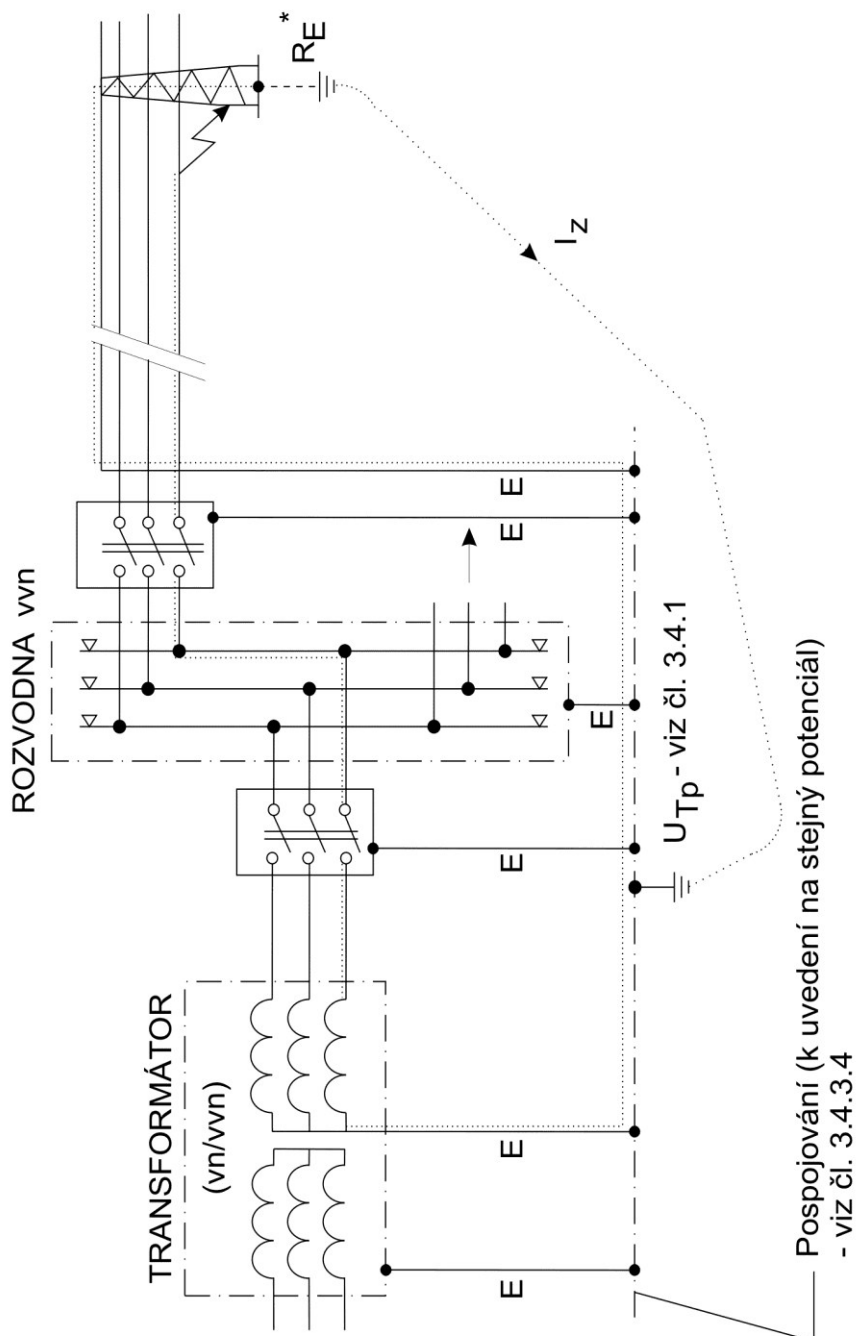
R_E – odpor uzemnění podpěrného bodu venkovního vedení vn dle čl. 3.4.3.1.2

U^{Tp}_E – dovolené dotykové napětí pro omezené trvání průtoku proudu podle tab. 4

*) – u kabelových sítí podle čl. 3.4.1.2

Příloha č. 5

OCHRANA V SÍTÍCH TT(r) NAD 1000 V (S RYCHLÝM VYPNUTÍM) v prostorech normálních a nebezpečných s přímo uzemněným středem (uzlem)



U^{Tp} – dovolené dotykové napětí pro omezené trvání průtoku proudu – viz tab. 4

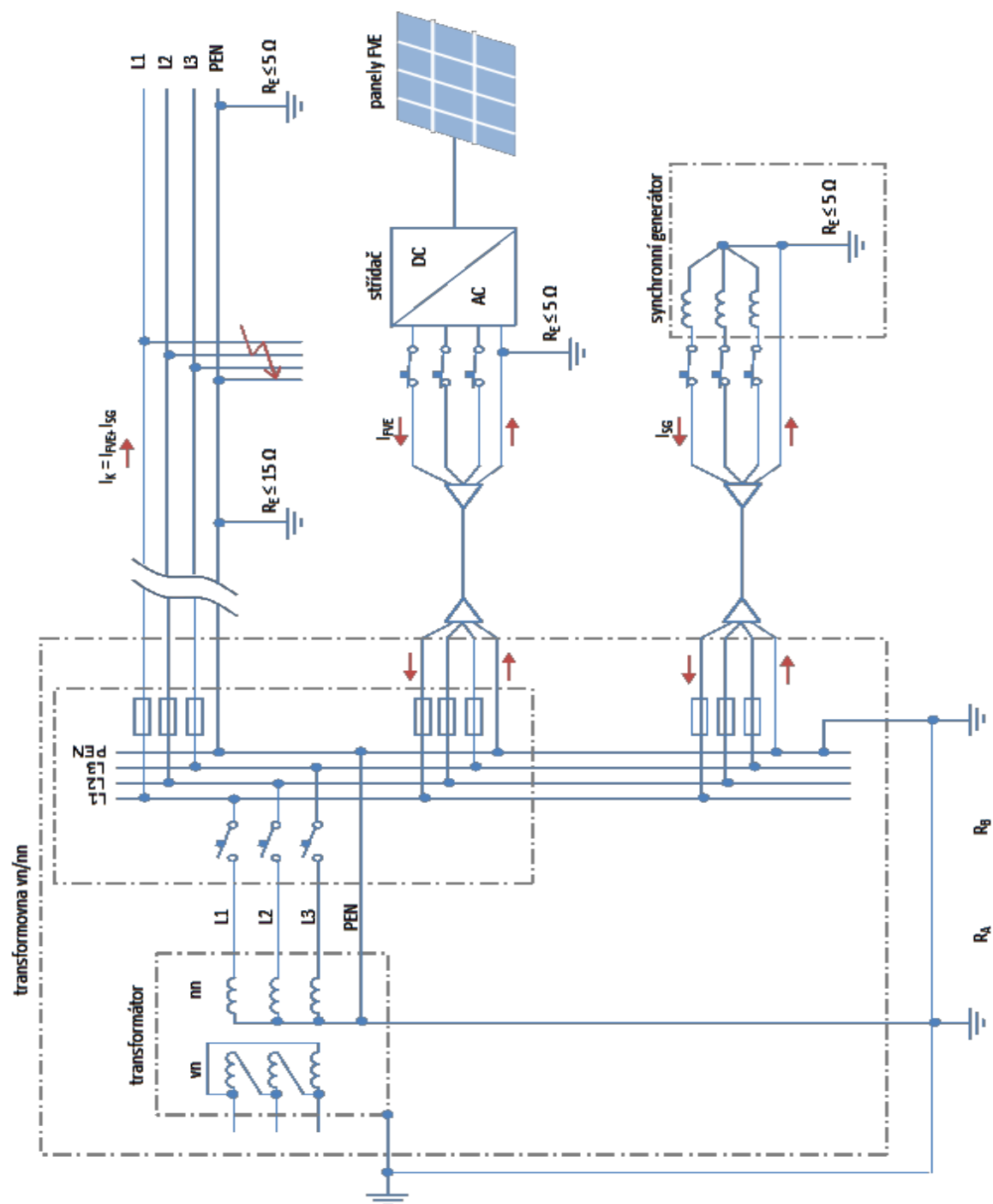
I_Z – zkratový proud tekoucí do země

R_E – odpor uzemnění stožáru

*) – s ohledem na ochranu před úderem blesku

Δ – holá přípojnice uložena na izolátoru

Příloha č. 6



Příloha č. 7**KAPACITNÍ PROUDY 3 FÁZOVÉ SÍTĚ TVOŘENÉ KLASICKÝMI TROJŽILOVÝMI KABELY**

$U_N = 10 \text{ kV}$						
Průřez (mm^2)	70	95	120	150	185	240
I_Z (A/km)	1,9	2,1	2,4	2,55	2,70	2,90
$U_N = 22 \text{ kV}$						
Průřez (mm^2)	70	95	120	150	185	240
I_Z (A/km)	2,3	3,3	3,6	3,9	4,3	4,6
$U_N = 35 \text{ kV}$						
Průřez (mm^2)	70	95	120	150	185	240
I_Z (A/km)	3,8	4,2	4,6	5,0	5,3	5,9

Příloha č. 8

KAPACITNÍ PROUDY 3 FÁZOVÉ SÍTĚ TVOŘENÉ JEDNOŽILOVÝMI KABELY S IZOLACÍ XLPE

$U_N = 10 \text{ kV}$							
Průřez (mm^2)	70	95	120	150	185	240	300
I_Z (A/km)	1,53	1,71	1,89	2,04	2,22	2,49	2,70
$U_N = 22 \text{ kV}$							
Průřez (mm^2)	70	95	120	150	185	240	300
I_Z (A/km)	2,13	2,34	2,55	2,76	2,97	3,30	3,57
$U_N = 35 \text{ kV}$							
Průřez (mm^2)	70	95	120	150	185	240	300
I_Z (A/km)	2,46	2,70	2,91	3,12	3,36	3,72	3,99

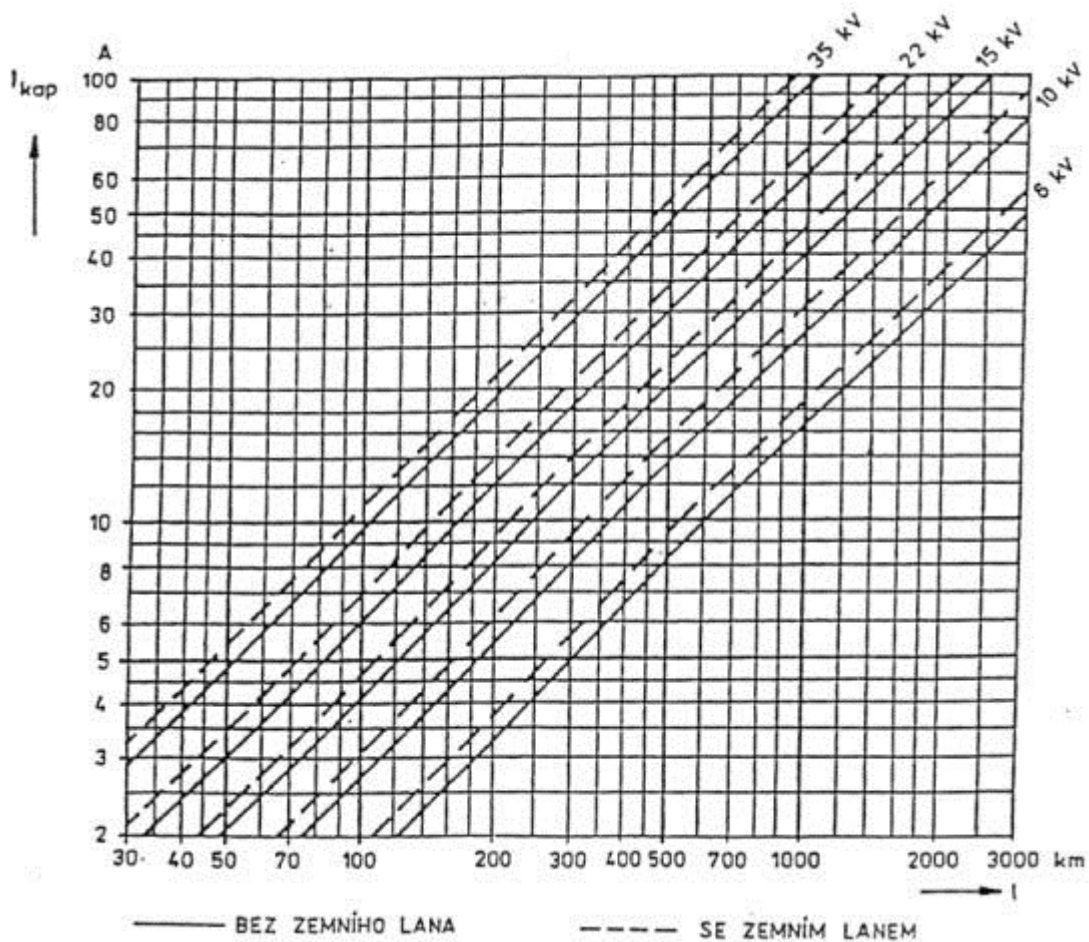
POZNÁMKA - Jednožilové kabely jsou uspořádány do trojúhelníka.

Příloha č. 9

KAPACITNÍ PROUDY TROJFÁZOVÝCH VENKOVNÍCH VEDENÍ VN

Orientační hodnoty měrných kapacitních proudů venkovních vedení 22 a 35 kV:

Vedení	22 kV	35 kV
bez zemního lana	6 A/ 100 km	9,3 A/ 100 km
se zemním lanem	7 A/ 100 km	10,5 A/ 100 km



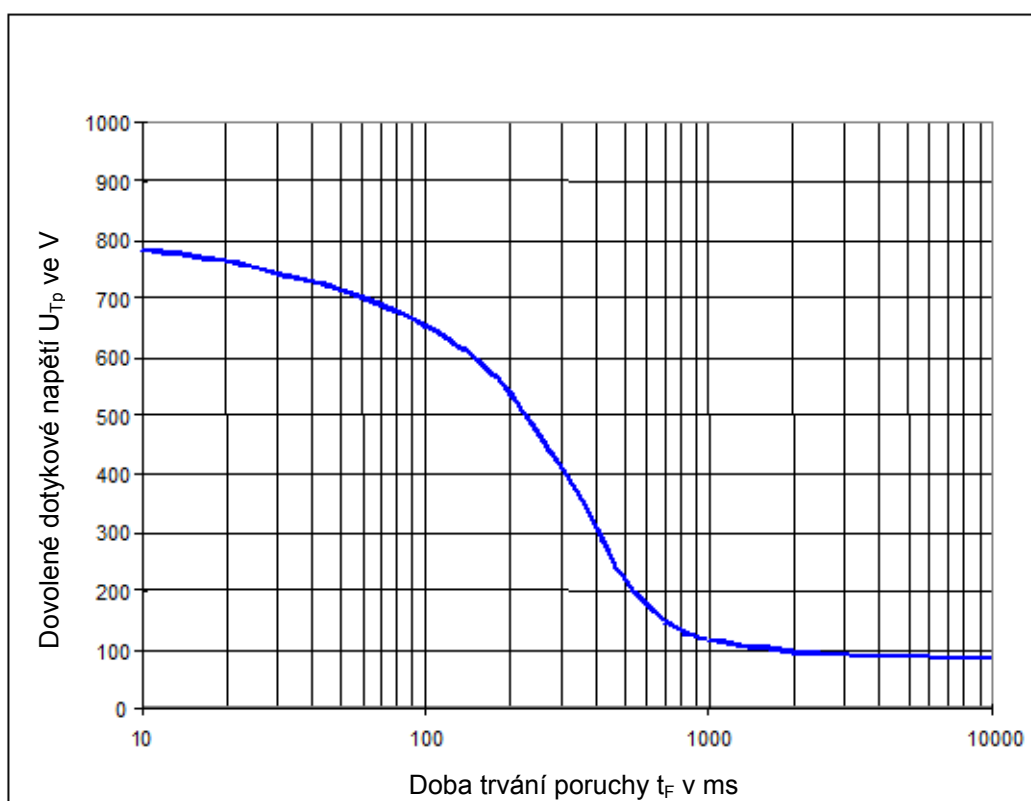
Příloha č. 10

Postupy výpočtu dotykových napětí v zařízeních nad 1 000 V AC

- Pro určení dotykových napětí se vychází z těchto technických norem:
- ČSN IEC /TS 60479-1
- ČSN EN 50522
- ČSN EN 61936-1
- ČSN EN 50341-1
- PNE 33 3300
- PNE 33 3301

A. Stanovení dotykových napětí v zařízeních nad 1 000 V AC

A.1 Dotyková napětí bez uvažování přídavných rezistancí



**Obr. 10.1 – Dovolené dotykové napětí U_{Tp} v zařízeních nad 1 000 V AC jako funkce doby trvání poruchy t_F .
Křivka průběhu dotykového napětí je výsledkem průměru hodnot pro ruka → noha, ruka → ruka**

Obr. 10.1 platí pro proudovou dráhu na lidském těle jedna ruka → jedna noha nebo ruka → ruka a frekvenci 50 Hz.

Tato příloha uvažuje s proudovou dráhou jedna holá ruka, lidské tělo, obě bosé nohy paralelně, která je pro praxi důležitější.

Podle výše uvedených norem na lidském těle, pro proudovou dráhu - jedna holá ruka, lidské tělo, obě bosé nohy paralelně - je dovolené dotykové napětí 75 V pro dobu trvání poruchy $t_F \gg 10$ s.

Pro kratší dobu trvání poruchy t_F (pro kratší dobu průchodu proudem lidským tělem) je možné uvažovat s vyšším dovoleným dotykovým napětím pro uvedenou proudovou dráhu na lidském těle.

Impedance lidského těla je závislá na přiloženém dotykovém napětí.

Pro proudovou dráhu - jedna ruka → druhá ruka nebo jedna ruka → jedna noha - je impedance lidského těla 2 000 Ω. Uvažuje se holá ruka, bosá noha (viz obr 10.1).

Pro proudovou dráhu - jedna holá ruka → obě bosé nohy paralelně - je nutno uvedený údaj (2 000 Ω) vynásobit koeficientem 0,75.

Pro dotykové napětí $U_T = U_{Tp} = 75 \text{ V}$ (pro $t_F \gg 10 \text{ s}$) a proudovou dráhu - jedna holá ruka → obě bosé nohy paralelně - je tedy impedance lidského těla $Z_T = 1\,500 \text{ Ω}$.

Dovolený proud I_B protékající lidským tělem po dobu $t_F \gg 10 \text{ s}$:

$$I_B = \frac{U_T}{Z_T} = \frac{U_{Tp}}{Z_T} = \frac{75 \text{ V}}{1500 \text{ Ω}} = 0,050 \text{ A} = 50 \text{ mA}$$

Doposud nebyly uvažovány žádné přidavné rezistance.

A.2 Dotykové napětí při uvažování přidavných rezistancí s dobou trvání poruchy $t_F \gg 10 \text{ s}$

Ve většině případů lze u elektrických zařízení nad 1 kV uvažovat s tím, že lidé, kteří se kolem těchto zařízení pohybují, jsou obuti. Proto k impedanci lidského těla lze připočítat přidavné rezistance (odpory) - tedy rezistanci (odpor) bot a rezistanci (odpor) přechodu mezi podrážkou bot a zemí. Dovolené dotykové napětí na lidském těle (jedna holá ruka → obě bosé nohy paralelně) $U_{Tp} = 75 \text{ V}$ (pro $t_F \gg 10 \text{ s}$) nesmí být překročeno.

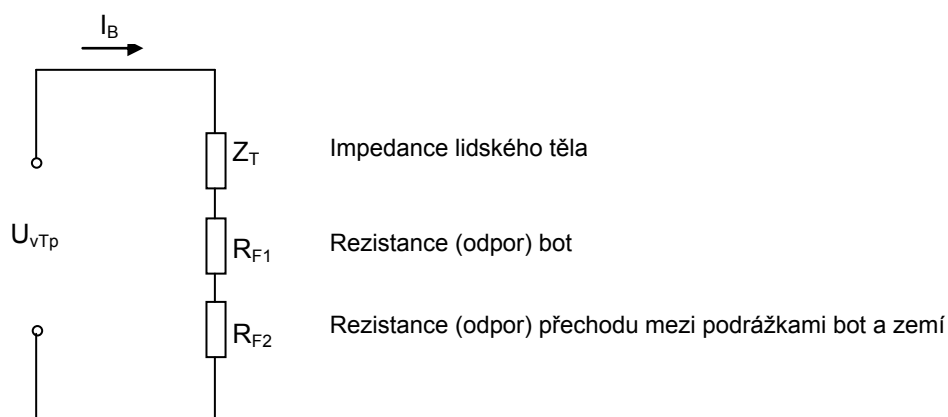
Předpokládané dovolené dotykové napětí U_{vTp} v obvodu lidské tělo + přidavné rezistance:

K dovolenému dotykovému napětí na lidském těle lze tedy přičíst úbytek napětí na rezistanci bot a úbytek napětí na rezistanci přechodu mezi podrážkou bot a zemí, jež vznikají průtokem dovoleného proudu I_B . Tímto způsobem lze získat předpokládané dovolené dotykové napětí U_{vTp} v obvodu lidské tělo + přidavné rezistance.

A.3 Výpočet předpokládaného dovoleného dotykového napětí U_{vTp} v obvodu lidské tělo + přidavné rezistance v zařízeních nad 1 kV

Legenda:

U_{vTp}	[V]	Předpokládané dovolené dotykové napětí v obvodu lidské tělo (jedna holá ruka → obě bosé nohy paralelně) + přidavné rezistance (přidavné rezistance jsou R_{F1} a R_{F2}). U_{vTp} závisí na době trvání poruchy t_F (viz obr. č. 10.1).
U_T	[V]	Dotykové napětí obecně.
U_{Tp}	[V]	Dovolené dotykové napětí na lidském těle (na impedanci Z_T), závisí na době průchodu proudu lidským tělem t_F (na době trvání poruchy) (viz obr. č. 10.1 a obr. č. 10.2). $U_{Tp} = 75 \text{ V}$ pro $t_F \gg 10 \text{ s}$ (viz část A.1 této přílohy), $U_{Tp} = Z_T \cdot I_B$
I_B	[A]	Dovolený elektrický proud procházející obvodem - především lidským tělem (pro $t_F \gg 10 \text{ s}$ je $I_B = 0,050 \text{ A}$, viz část A.1 této přílohy), $I_B = U_{Tp} / Z_T$
Z_T	[Ω]	Impedance lidského těla pro proudovou dráhu - jedna holá ruka → obě bosé nohy paralelně, $Z_T = 1\,500 \text{ Ω}$ (viz část A.1 této přílohy)
ρ_s	[Ωm]	rezistivita půdy v povrchové vrstvě
R_{F1}	[Ω]	Přidavná rezistance bot (obě boty paralelně), pro starší vlhké boty $R_{F1} = 1\,000 \text{ Ω}$
R_{F2}	[Ω]	Přidavná rezistance přechodu mezi oběma podrážkami bot a zemí. R_{F2} závisí na rezistivitě půdy v povrchové vrstvě ρ_s . Vypočte se následujícím způsobem: $R_{F2} = k \cdot \rho_s = 1,5 \cdot \rho_s$ $k = 1,5 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ koeficient (odpovídá ploše podrážek obou bot ve styku se zemí při jejich zatížení vahou člověka).
R_F	[Ω]	Celková přidavná rezistance $R_F = R_{F1} + R_{F2}$
t_F	[s]	Doba průchodu elektrického proudu lidským tělem (doba trvání poruchy)



Impedance (rezistance) Z_T , R_{F1} , R_{F2} jsou zapojené v sérii a připojené na předpokládané dotykové napětí U_{vTp} . Vlivem napětí U_{vTp} v obvodu vzniká proud I_B , který na impedanci Z_T vyvolá úbytek napětí U_{Tp} , což je dovolené dotykové napětí na lidském těle. Další úbytky napětí vyvolá proud I_B na přídavných rezistancích (odporech) R_{F1} a R_{F2} .

Předpokládané dovolené dotykové napětí U_{vTp} v obvodu lidské tělo + přídavné rezistance:

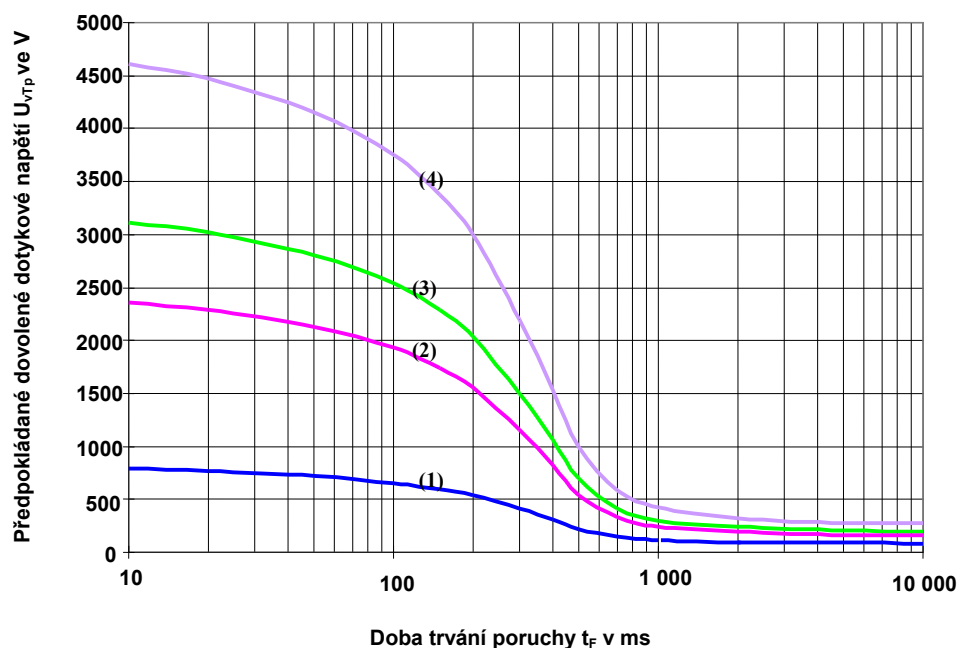
$$U_{vTp} = Z_T \cdot I_B + R_{F1} \cdot I_B + R_{F2} \cdot I_B = U_{Tp} + (R_{F1} + R_{F2}) \cdot I_B$$

$$= U_{Tp} \cdot \left(1 + \frac{R_{F1} + R_{F2}}{Z_T} \right)$$

A.4 Meze předpokládaného dovoleného dotykového napětí U_{vTp} v závislosti a době trvání poruchy t_F v různých lokalitách s ohledem na přídavné rezistance R_F (viz obr. 10.2)

Křivka (1) na obr. č. 10.2 udává meze předpokládaného dovoleného dotykového napětí U_{vTp} , které se může objevit na impedanci lidského těla Z_T (jedna holá ruka → obě bosé nohy paralelně), v závislosti a době trvání poruchy t_F . V tomto případě nejsou uvažovány žádné přídavné rezistance (odpory).

Křivky (2), (3), (4) na obr. č. 10.2 udávají meze předpokládaného dovoleného dotykového napětí U_{vTp} , které se může objevit na impedanci lidského těla Z_T a přídavných rezistancích (odporech) R_{F1} , R_{F2} v závislosti na době trvání poruchy t_F v lokalitách s různou rezistivitou půdy v povrchové vrstvě ρ_S .



Obrázek č. 10.2 Předpokládané dovolené dotykové napětí U_{VTP} jako funkce doby trvání poruchového proudu t_F . Křivky průběhu dotykového napětí platí proudovou dráhu jedna ruka → obě nohy paralelně a frekvenci 50 Hz.

Křivky na obrázku č. 10.2 platí pro:

Křivka (1): $R_F = 0 \Omega$ ($R_{F1} = 0 \Omega$, $R_{F2} = 0 \Omega$ - přídatné rezistance nejsou uvažovány)

Příklady lokalit: Místa jako jsou hřiště, plavecké bazény, kempy, rekreační plochy a podobná místa, kde se mohou shromažďovat lidé s bosýma nohama.

Křivka (2): $\rho_s = 500 \Omega m$, $R_F = 1750 \Omega$ ($R_{F1} = 1000 \Omega$, $R_{F2} = 750 \Omega$)

Příklady lokalit: Místa, kde se může rozumně předpokládat, že lidé jsou obuti, jako jsou chodníky veřejných cest, parkoviště apod.

Křivka (3): $\rho_s = 1000 \Omega m$, $R_F = 2500 \Omega$ ($R_{F1} = 1000 \Omega$, $R_{F2} = 1500 \Omega$)

Příklady lokalit: Místa, kde se může rozumně předpokládat, že lidé jsou obuti a rezistivita půdy v povrchové vrstvě je vysoká,

Křivka (4): $\rho_s = 2000 \Omega m$, $R_F = 4000 \Omega$ ($R_{F1} = 1000 \Omega$, $R_{F2} = 3000 \Omega$)

Příklady lokalit: Místa, kde se může rozumně předpokládat, že lidé jsou obuti a rezistivita půdy v povrchové vrstvě je velmi vysoká.

B. Měření přídavné rezistance přechodu mezi podrážkou bot a zemí R_{F2} a výpočet rezistivity půdy v povrchové vrstvě ρ_s

Pro měření rezistance R_{F2} je třeba mít k dispozici vhodnou kovovou desku o ploše podrážek bot (obou bot). Deska se uloží na místo, kde je třeba změřit rezistanci R_{F2} a podloží vlhkým (mokrým) hadrem. Desku je třeba zatížit vahou člověka.

Pak se změří zemní odpor desky prostřednictvím vhodného měřicího přístroje (běžná metoda měření zemního odporu zemniče). Tímto způsobem změříme rezistanci R_{F2} , (tedy přídavnou rezistanci přechodu mezi oběma podrážkami bot a zemí), kterou lze použít pro výpočet celkového dotykového napětí U_{vTp} .

Na základě uvedených vztahů lze výpočtem dále zjistit rezistivitu půdy v povrchové vrstvě ρ_s :

$$\rho_s = R_{F2} / k = R_{F2} / 1,5$$

kde:

ρ_s	[Ωm]	Rezistivita půdy v její povrchové vrstvě
R_{F2}	[Ω]	Naměřená hodnota přídavné rezistance přechodu mezi podrážkou obou bot a zemí
k	[m^{-1}]	Koeficient (s ohledem na desku, která je určená pro měření R_{F2} , má rozměr (plochu) podrážek obou bot a je zatížena vahou člověka, je hodnota koeficientu): $k = 1,5 \text{ [m}^{-1}\text{]}$

C. Příklady výpočtů předpokládaného dovoleného dotykového napětí U_{vTp} pro dobu trvání poruchy $t_F \gg 10$ s v zařízeních nad 1 000 V AC

Výpočty jsou provedeny pro různou rezistivitu půdy ρ_s v povrchové vrstvě. Pro všechny příklady platí: $U_{Tp} = 75 \text{ V}$ (pro $t_F \gg 10 \text{ s}$), $Z_T = 1\,500 \text{ }\Omega$, $R_{F1} = 1\,000 \text{ }\Omega$, $R_{F2} = 1,5 \cdot \rho_s$

Předpokládané dovolené dotykové napětí: $U_{vTp} = U_{Tp} \cdot \left(1 + \frac{R_{F1} + R_{F2}}{Z_T}\right)$

Výsledky výpočtů (po zaokrouhlení):

Rezistivita půdy v povrchové vrstvě $\rho_s = 500 \text{ }\Omega m$

Rezistance mezi podrážkou bot a zemí (dvě podrážky bot paralelně) R_{F2} :

$$R_{F2} = 1,5 \cdot 500 = 750 \text{ }\Omega$$

Předpokládané dotykové napětí: $U_{vTp} = 150 \text{ V}$

Rezistivita půdy v povrchové vrstvě $\rho_s = 1\,000 \text{ }\Omega m$

Rezistance mezi podrážkou bot a zemí (dvě podrážky bot paralelně) R_{F2} :

$$R_{F2} = 1,5 \cdot 1\,000 = 1\,500 \text{ }\Omega$$

Předpokládané dotykové napětí: $U_{vTp} = 180 \text{ V}$

Rezistivita půdy v povrchové vrstvě $\rho_s = 2\,000 \text{ }\Omega m$

Rezistance mezi podrážkou bot a zemí (dvě podrážky bot paralelně) R_{F2} :

$$R_{F2} = 1,5 \cdot 2\,000 = 3\,000 \text{ }\Omega$$

Předpokládané dotykové napětí: $U_{vTp} = 250 \text{ V}$

D. Závěr přílohy č.10

Z hlediska této normy lze podle předpokládaných dovolených dotykových napětí pro dobu trvání poruchy $t_f \gg 10$ s u zařízení nad 1 kV najít tři oblasti:

1. Oblast s předpokládaným dovoleným dotykovým napětím 75 V

Sem patří distribuční transformovny se společným uzemněním vn a nn. Dále sem patří venkovní vedení v místech, jako jsou hřiště, plavecké bazény, kempy apod., kde se mohou pohybovat lidé s bosýma nohama.

V této oblasti nelze uvažovat s žádnými přídatnými rezistancemi ($R_{F1} = 0 \Omega$, $R_{F2} = 0 \Omega$)

2. Oblast s předpokládaným dovoleným dotykovým napětím 150 V

Sem patří elektrické stanice vn, vvn, zvn (mimo distribučních transformoven - viz 1. oblast), venkovní vedení ve městech a obcích, kde lze rozumně předpokládat, že jsou lidé obuti. Proto lze v této oblasti počítat s přídatnými rezistancemi.

V této oblasti se uvažuje se s rezistivitou půdy v povrchové vrstvě $\rho_s = 500 \Omega m$, (dále se uvažuje s $U_{Tp} = 75$ V, $R_{F1} = 1\,000 \Omega$, $R_{F2} = 750 \Omega$, $Z_T = 1\,500 \Omega$).

Tato norma přímo stanovuje předpokládané dovolené dotykové napětí pro tuto oblast 150 V.

3. Oblast, pro kterou je třeba předpokládané dovolené dotykové napětí vypočítat dle rezistivity půdy v povrchové vrstvě

Sem patří elektrická zařízení distribuční soustavy v místech odlehlých, kde lze rozumně předpokládat, že zde jsou lidé obuti.

V této oblasti se počítá s přídatnými rezistancemi. Uvažuje se s rezistivitou půdy v povrchové vrstvě získanou měřením, odborným posouzením apod., (dále se uvažuje s $U_{Tp} = 75$ V, $R_{F1} = 1\,000 \Omega$, $Z_T = 1\,500 \Omega$).

Předpokládané dovolené dotykové napětí pro tuto oblast není stanoveno a je nutné je vypočítat dle této normy, viz tato příloha, (dále viz též ČSN EN 50341-1 příloha G.4 a ČSN EN 50522 příloha B).