



Skripta

Školní rok : 2005 / 2006

Modul:

TECHNOLOGIE - OCHRANY

Obor:

26-51 H/003 – Elektrikář - učební obor

26-51 H/003 – Mechanik elektronik - maturitní studium

26-75-4 – Elektrotechnika - denní nástavbové studium

Ročník:

2. ročník - Elektrikář

2. ročník - Mechanik elektronik

2. ročník - Elektrotechnika

Zaměření:

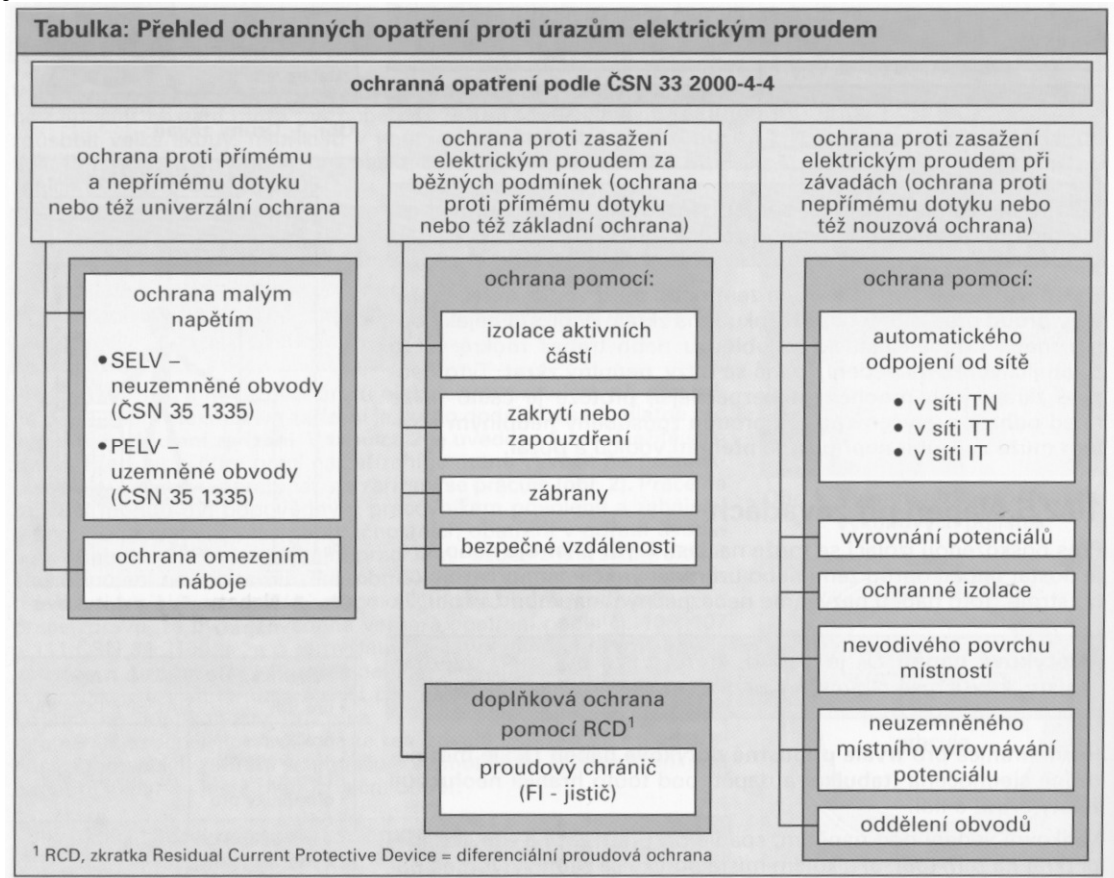
Silnoprúd - Slaboprúd

Slaboprúd

Elektrotechnika

1. Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Při dodržování všech předpisů by při provozu elektrických zařízení neměli přijít lidé ani zvířata k úrazu. Nemělo by docházet ani ke škodám na majetku. Proto jsou vytvořena opatření, která zabraňují nehodám a úrazům. Dojde-li k poruše, musí být zabráněno vzniku a přítomnosti nebezpečného dotykového napětí, nebo musí být zařízení automaticky odpojeno. K ověření toho. Jak jsou splněny požadavky ochrany před úrazem elektrickým proudem, slouží výchozí revize elektrického zařízení. Postupy při provádění výchozích revizí stanovuje norma ČSN 33 2000-6 Přehled opatření sloužících k zabránění zasažení elektrickým proudem je uveden v tabulce a řídí se ČSN 332000-4-41.



1.1. Ochrana před úrazem elektrickým proudem živých a neživých - normální provoz i porucha (proti přímému a nepřímému dotyku)

Ochrany proti zasažení elektrickým proudem může být dosaženo tak, že je používáno napětí pod hranicí přípustných dotykových napětí ~50V a = 120V. Toto opatření by mělo chránit člověka při přímém dotyku částí pod napětím i při přímém dotyku při porušení izolace. V případě dotyku protéká tělem jen malý proud, který není životu nebezpečný. Ochrana používáním malých napětí nabývá na významu s rostoucím užíváním nízko voltového halogenového osvětlení a zaváděním sběrnicevého systému rozvodů v budovách (EIB).

1.1.1. Ochrana použitím malých napětí SELV a PELV

1 SELV, zkratka anglického Safety Extra Low voltage = neuzemněné velmi nízké napětí

2 PELV, zkratka anglického Protective Extra Low Voltage = uzemněné velmi nízké napětí

3 zvlnění stejnosměrného napětí nesmí přesáhnout 10% efektivní hodnoty

4 FELV, zkratka anglického Functional Extra Low Voltage = funkčně velmi nízké napětí

Při používání bezpečných napětí získávaných z transformátorů podle ČSN 35 1335, označovaných mezinárodně anglickými zkratkami SELV a PELV používáme střídavá napětí do 50 V (AC 50 V) a stejnosměrná napětí do 120V (DC 120 V). **Rozvody malých bezpečných**

napětí SELV a PELV se liší uzemněním.

Rozvod SELV nemá uzemněnou sekundární stranu transformátoru, na které jsou připojeny spotřebiče a nesmí být galvanicky propojován se zemí nebo jiným obvodem (**obr. 1**).

PELV má jeden konec sekundární strany transformátoru, na které jsou připojeny spotřebiče, uzemněný (**obr. 2**). Toto platí např. v obvodech pro měření, řízení a pro sběr a dálkový přenos dat

Není-li v rozvodech SELV nebo PELV překročeno jmenovité napětí AC 25 V, resp. DC 60V (bez vyšších harmonických není zde nutná ochrana proti přímému dotyku. Při zvýšeném ohrožení, např. u hraček poháněných motory, lékařských přístrojů, žárovek na malé napětí nebo u elektrických zařízení v zemědělských a zahradnických provozech, je při AC 25V a DC 120 V ochrana proti přímému dotyku požadována. U lékařských přístrojů pro vnitřní vyšetřování je hranice přípustného napětí snížena na 6 V. Pro galvanické oddělení od sítě musí být malé napětí získáváno bezpečným způsobem (tabulka).

Bezpečné malé napětí nesmí být ze síťového rozvodu získáváno pomocí autotransformátoru, děliče napětí nebo předřadného odporu.

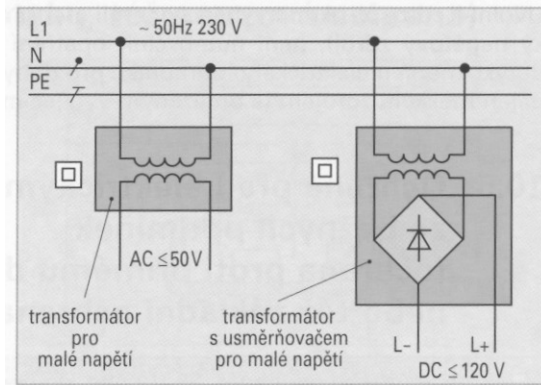
Zásuvky, vidlice a propojovací elementy používané v rozvodech SELV a PELV musí vyhovovat následujícím požadavkům (**obr. 3**):

- vidlice ani zásuvka pro rozvody SELV nesmí mít žádný ochranný kontakt,
- propojovací prvky včetně vidlic a zásuvek systému SELV musí být nezaměnitelné a nepropojitelné s prvky jiného systému,
- vidlice SELV nesmí být zasunutelná do zásuvky PELV a obráceně,
- vidlice a zásuvky PELV mohou mít ochranné kontakty a proti propojení s vidlicemi pro vyšší napětí jsou chráněny zásuvky PELV vystupujícími lištami ve vnitřním průměru zásuvky (**obr 3**).

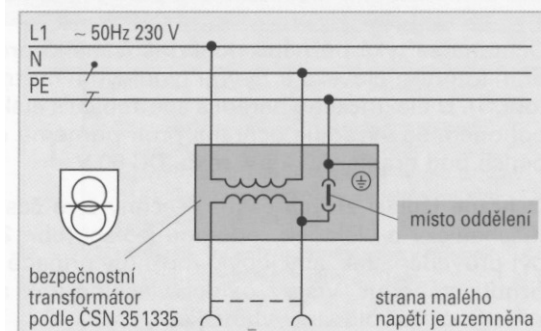
Dříve používané rozvody FELV (nyní nahrazené systémem PELV) neměly ochranné prvky zabráňující propojení mezi rozvody různých systémů.

1.1.2. Ochrana omezením náboje

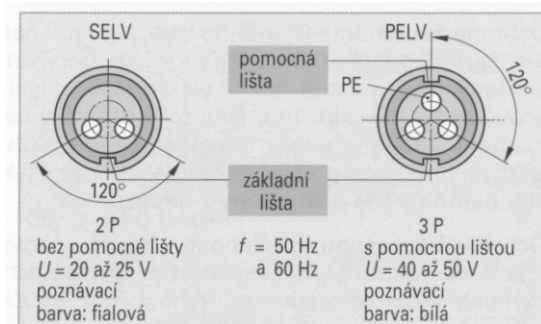
Uvolní-li zdroj při zkratu vybíjecí energii menší než 0,35 J (měkký napěťový zdroj), není nutno činit opatření proti přímému dotyku, např. u elektrického ohradníku pro dobytek, který je napájen měkkým zdrojem (s omezeným vybíjecím nábojem).



Obr. 1 Transformátory pro rozvody SELV



Obr. 2 Zdroj napětí pro rozvod PELV



Obr. 3 Zásuvky pro přístroje na malé napětí

Tabulka: Výroba malého napětí

- bezpečnostním transformátorem
- motorgenerátorem s odděleným vinutím
- elektrochemickým zdrojem (baterie, akumulátor)
- motorgenerátorem se spalovacím motorem
- elektronicky řízenými zdroji proudu

1.2. Ochrana před úrazem elektrickým proudem živých - normální provoz

(proti přímému a nepřímému dotyku nebo též základní ochrana)

Překračuje-li střídavé napětí 25 V nebo stejnosměrné napětí 60V, je třeba provádět ochranu proti přímému dotyku.

Ochrana se týká běžného nepřerušovaného provozu a má zabránit dotyku člověka s živými (vodivými) částmi pod napětím (**obr. 1**). U elektrického nářadí a spotřebičů s elektromotorickým pohonem se vyžaduje ochrana proti přímému dotyku i při napětích pod hranicí AC 25 V, resp. DC 60 V.

1.2.1. Ochrana izolací živých částí.

Všechny živé části jsou obaleny mechanicky a elektricky odolnou izolací (**obr. 2**). Izolace musí být provedena tak, aby ji bylo možno v případě potřeby při naříznutí stáhnout. Vrstvy oxidu, vlákna, lak a email nejsou z hlediska odizolování vyhovující.

1.2.2. Ochrana kryty a přepážkami.

Vypínače, zásuvky a vidlice se chrání před přímým dotykem kryty a přepážkami (zakrytím a zapouzdrněním) (**obr. 3**). Musí odpovídat minimálně stupni krytí IP 2X nebo IP XXB, při předepsaných vodorovně uspořádaných krytech musí mít krytí minimálně IP 4X nebo IP XXD. Krytí IP 4X má zabránit zapadnutí odložených součástek velkými otvory dovnitř zařízení. Kryty a pouzdra musí být bezpečně upevněny a mohou být odstranitelné jedině s pomocí nářadí.

1.2.3. Ochrana zábranou.

Ochranné lišty, zábradlí nebo mřížky poskytují částečnou ochranu před přímým dotykem (**obr. 4**). Tato ochrana je přípustná jen v elektrotechnických a uzavřených provozech a dílnách. Toto jsou totiž prostory navštěvované jen osobami znalými, např. trafostanice. Zde mohou být zábrany odstranitelné bez použití nářadí. Musí být však upevněny tak, aby nemohly být odstraněny z nepozornosti.

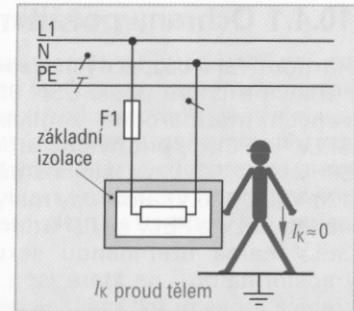
1.2.4. Ochrana polohou (bezpečnou vzdáleností)

Venkovní (vzdušné síťové) přípojky a trolejová vedení musí být vedeny tak, aby se jich člověk za normálních okolností nemohl dotknout (**obr. 5**). Zábradlí, zábrany nebo pletivo musí být umístěny tak, aby se ve vzdálenosti menší než 2,5 m nemohly současně vyskytovat živé části s různými potenciály (tzv. dvojité nářah rukou).

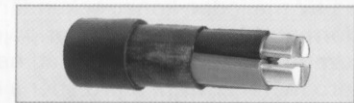
1.2.5. Dodatečná ochrana proudovými chrániči

(FI ochranami).

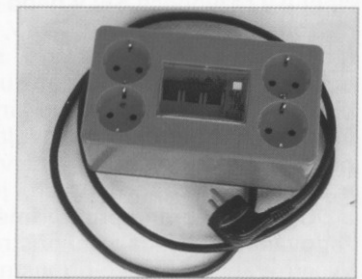
Chránič (RCD) reagující na rozdílový proud $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ vypne okamžitě při přímém dotyku, jehož důsledkem je svod na zem nebo ochranný vodič. Tento chránič však nemůže být jedinou ochranou elektrického rozvodu.



Obr. 1 Ochrana základní izolací



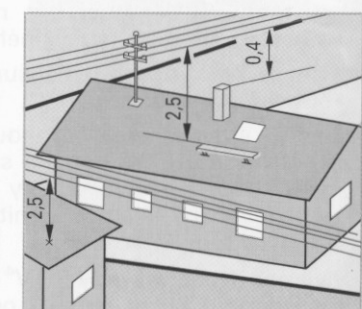
Obr. 2 Ochrana izolováním



Obr. 3 Zakrytování a zapouzdrnění



Obr. 4 Ochrana zábranami



Obr. 5 Ochrana bezpečnou vzdáleností

1.3. Ochrana před elektrickým napětím při poruše neživých částí

(ochrana při nepřímém dotyku, též nouzová ochrana)

Ochrana před elektrickým napětím při poruše (závadách) chrání člověka nebo užitkové zvíře při porušení základní izolace. Selže-li u nějakého elektrického přístroje v důsledku porušení izolace ochrana proti přímému dotyku a napětí leží nad hranicí bezpečného napětí AC 50 V, může dojít k ohrožení zdraví člověka. **Vadné zařízení musí být při poruše velmi rychle (do 0,4s) odpojeno (obr. 1).**

Je-li ochranný vodič PE^1 spojen s kostrou přístroje, mluvíme o ochraně závislé na systému. Ochranný vodič PE^1 a PEN^2 vodič se označuje žlutozelenou izolací. Nulový vodič N se označuje bleděmodrou izolací.

1 PE zkratka anglického Protection Earth = ochrana zemněním

2 PEN zkratka anglického Protection Earth Neutra) = ochrana zemněním a nulováním

V zařízení, jehož přístroj nemůže být vyřazen (odpojen jističem) při první poruše (svodu), např. operační přístroj v nemocnici při operaci, musí ochranné zařízení signalizovat poruchu izolace (IT systém).

1.3.1. Elektrické rozvodné soustavy

V trojfázové soustavě NN se rozlišují rozvodné sítě a zařízení odběratelů. Označení různých rozvodných sítí je již mezi národně sjednoceno a je dvoupísmenové, např. TN, TT a IT (**tabulka**).

V sítích TN se dále rozlišují tři různé skupiny:

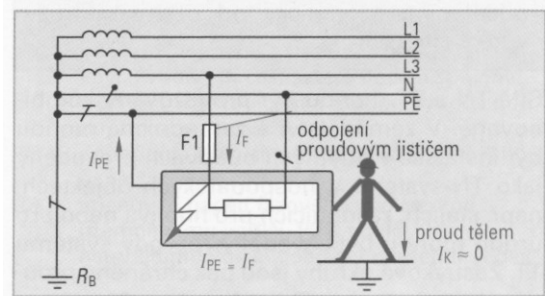
TN-S, TN-C a TN-C-S. V sítích TN je uzemněn přímo jeden bod soustavy, např. střed hvězdy trojfázové soustavy. S tímto bodem se pak spojují kostry připojených spotřebičů (**obr. 1**).

Soustava TN-C je čtyřvodičová a PEN vodič je

zároveň nulový i ochranný (**obr. 2**).

Soustava TN-S je pětivodičová s odděleným nulovým a ochranným (zemněným) vodičem (**obr. 4**). Dodavatelský systém TN-S může být u odběratele převeden na systém TN-C a pak mluvíme o TN-C-S systému (**obr. 3**).

Sítě TN a TT mohou být provozovány kombinovaně. V zemědělství a zahradnictví mohou být instalace v obytných budovách provedeny jako TN-systém. V hospodářských objektech, např. stájích, zásobnících pro hnojiva nebo pro úrodu mohou být zavedeny rozvody systému TT. Zásuvkové okruhy jsou pak chráněny proudovými ochranami s $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$.



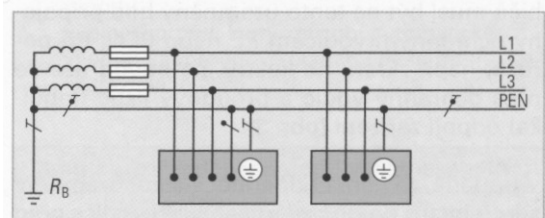
Obr. 1 Ochrana odpojením

Tabulka: Označení trojfázových soustav

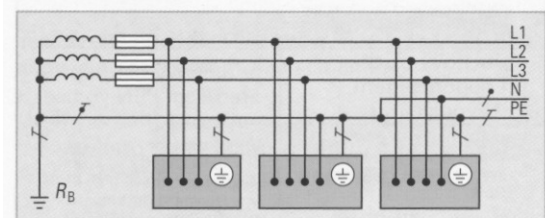
Příklad: TN-C soustava

T	1. písmeno: způsob uzemnění u dodavatele v transformátorové stanici T: (terra = země) uzemnění jednoho bodu soustavy I: izolování všech živých částí od země, nebo spojení nulového bodu soustavy se zemí přes impedanci
	2. písmeno: způsob uzemnění kostry přístrojů T: přímé uzemnění kostry zařízení N: spojení kostry zařízení se zemním vodičem distribuční sítě
	3. písmeno: uspořádání neutrálního a ochranného vodiče S: E a N jsou odděleny C: ochranný vodič a neutrální vodič spojeny do jednoho vodiče PEN

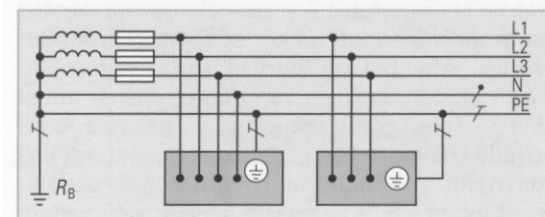
zkratky: T – terre (fr.) = země, I – isolé (fr.) = izolovaný
N – neutré (fr.) = neutrální, S – séparé (fr.) = oddělený
C – combiné (fr.) = kombinovaný



Obr. 2 TN-C systém



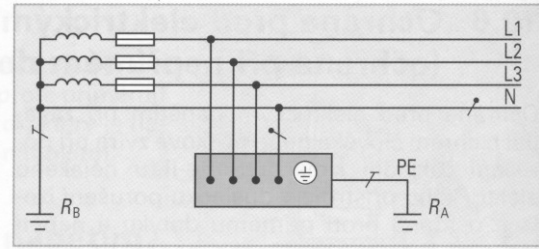
Obr. 3 TN-C-S systém



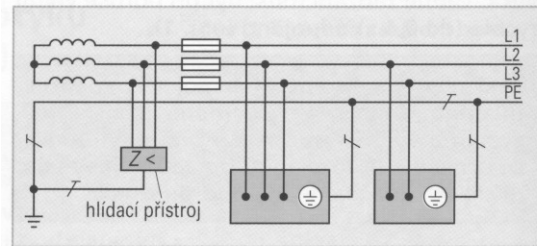
Obr. 4 TN-S systém

V TT-sítích je jeden bod soustavy u výrobce uzemněn. Kostry elektrických zařízení odběratele jsou uzemněny vlastním uzemněním, odděleným galvanicky od uzemnění rozvodné sítě (obr. 1).

V sítích IT nesmějí být uzemněny ani střed hvězdy, ani žádné živé (aktivní) prvky obvodu. Povoluje se uzemnění rozvodné sítě přes odpor vysoké hodnoty. Kostry elektrických zařízení odběratele jsou uzemněny (obr. 2).



Obr. 1 TT-systém



Obr. 2 IT-systém

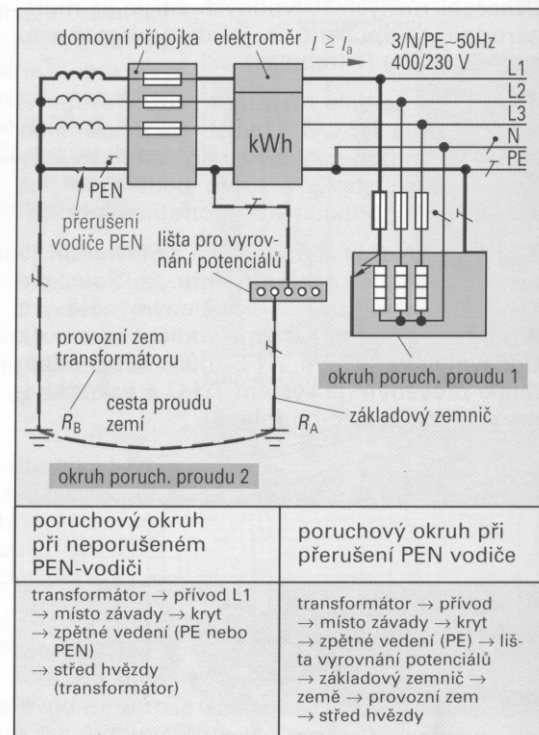
1.3.2. Ochrana v sítích TN

V síti TN dojde při průrazu na kostru ke zkratu a k odpojení vadného spotřebiče předřazeným jističem.

Tím je zabráněno přítomnosti nepřípustně vysokého dotykového napětí na kostře spotřebiče.

Síť TN vyžaduje, aby měly transformátory uzemněný střed hvězdy. Kostry všech spotřebičů musí být na tento uzemněný bod připojeny ochranným vodičem PE nebo PEN. Při poruše, např. zkratu na kostru, se obvod uzavře přes ochranný vodič a ochranný prvek - jistič, pojistka (tabulka) odpojí zařízení (obr. 3). V případě, že nemá odběratel vlastní uzemnění spotřebičů a dojde k přerušení PEN vodiče před domovní přípojkou (obr. 3), objeví se u jednofázových spotřebičů i bez zkratu na kostru nebezpečné napětí na krytech i na ochranném vodiči. Aby byl při poruše rozdíl potenciálů mezi PEN vodičem a zemí co nejmenší, musí být zajištěn zpětný tok proudu k uzemněnému středu transformátoru. Toho lze dosáhnout přídavnými uzemněními rovnoměrně rozdělených bodů sítě, a to zvláště na vstupech vedení do budovy, např. spojením se zemnicem v základech budovy (viz také vyrovnání hlavního potenciálu).

Tabulka: Přípustné ochrany	
v TN-S systému	v TN-C systému
<ul style="list-style-type: none"> • nadproudové ochrany • proudové (FI) chrániče 	<ul style="list-style-type: none"> • pouze nadproudové ochrany



Obr. 3 Ochrana zemněním v systému TN-C-S

Pro celkový odpor všech provozních zemničů je vyhovující hodnota 2Ω .

Není-li dosaženo hodnoty zemního odporu $\leq 2 \Omega$, musí být splněna následující podmínka, nazývaná též **napět'ové vyvážení** (viz vzorec, obrázek). Při splnění této podmínky nemůže dojít ke vzniku nepřipustně vysokého dotykového napětí $> U_L$ na PEN vodiči, ochranném vodiči a na kostrách (krytech) přístrojů.

Průřezy vodičů a ochranná zařízení jsou dimenzovány tak, aby při poruše (zkratu) mezi fázovým a ochranným vodičem nebo kostrou spojenou s PEN vodičem došlo v předepsaném čase k automatickému odpojení (dle ČSN 332000-4-41) (**tabulka 1**).

Tato podmínka je splněna, když součin impedance poruchové smyčky Z_S a odpojovaného proudu I_a nemá větší hodnotu než je jmenovité napětí proti uzemněnému vodiči ($Z_S \times I_a \leq U_0$)

Impedancí poruchové smyčky se rozumí celkový zdánlivý odpor transformátoru nadřazené sítě a vedení (**obr. 3**). Je zjišťován měřením, případně výpočtem.

Příklad: Přezkoušejte ochranné opatření Zásuvkový okruh s $U_0 = 230V$ je jištěn jističem typu B 16 A. Měřením byla zjištěna impedance $Z = 1,84 \Omega$. Jsou splněny podmínky vypínání podle normy?

Řešení: Podle vypínací charakteristiky jističe činí vypínací proud při době vypnutí $t_a = 0,4 s$

$$I_a = 5 \times I_n = 5 \times 16 A = 80 A$$

$$\text{Podmínka odpojení: } Z_S \leq U_0 / I_a = 230V / 80A = 2,88 \Omega$$

Naměřená impedance smyčky $Z = 1,84 \Omega \leq 2,88 \Omega$, tedy vypínací podmínka je splněna.

Je-li použit proudový chránič, dosadí se namísto vypínacího proudu I_a jmenovitý diferenciální proud $I_{\Delta n}$ proudového chránič.

Při přerušení PEN vodiče dojde v síti TN-C k nebezpečné situaci. Síť TN-C je možno i přes uvedenou nevýhodu za určitých podmínek používat (**tabulka 2**).

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{50 V}{U_0 - 50 V}$$

R_B	celkový odpor všech zemničů
R_E	udávaný nejmenší zemní přechodový odpor jiných vodivých částí, které nejsou spojeny s ochranným vodičem a mohou být příčinou zkratu na zem
50 V	dohodnutá hranice přípustného dotykového napětí
U_0	jmenovité napětí fázového vodiče proti uzemněnému vodiči, PEN-vodiči, neutrálnímu vodiči nebo ochrannému vodiči


Tabulka 1: Vypínací časy v síti TN dle ČSN 33 2000-4-41

jmenovité napětí U_0	vypínací čas
• koncové proudové obvody, které zaručují ochrannou třídu I pro zásuvky nebo pevně připojené ruční přístroje nebo pohyblivé spotřebiče	230 V $\leq 0,4 s$ 400 V $\leq 0,2 s$ > 400 V $\leq 0,1 s$
• dělené proudové okruhy v budovách • koncové proudové okruhy téhož dělení s pevně umístěnými spotřebiči	$\leq 5 s$

$$\text{Podmínka odpojení: } Z_S \cdot I_a \leq U_0$$

Z_S	impedance smyčky poruchového (zkratového) proudu
I_a	vypínací proud, který způsobí automatické vypnutí nadproudové ochrany během nastaveného času

Tabulka 2: Předepsané podmínky pro síť

TN-C	pevně uložená vedení musí mít průřez minimálně 10 mm^2 Cu nebo 16 mm^2 Al
TN-S	je přípustný průřez vedení $< 10 \text{ mm}^2$ Cu i pohyblivé vedení
	PEN vodič a ochranný vodič nesmějí být nadproudovým jističem odpojeny. PEN vodič nesmí být samostatně zapínatelný.

1.4. Proudový chránič (RCD)

RCD zkratka anglického Residual Current Protective Device

Chránič vyhodnotí chybový proud unikající mimo pracovní vodiče na kostru nebo zem.

Úlohou proudového chránič je odpojit během 0,2 až 0,4 sec spotřebič, ve kterém z důvodu porušení izolace vzniklo nebezpečné dotykové napětí.

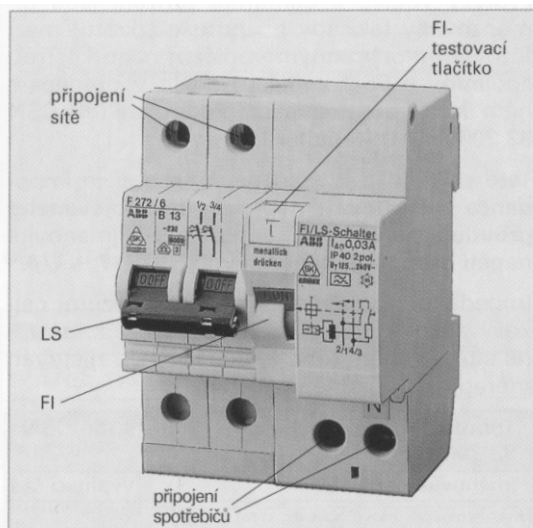
Skutečné odpojovací časy chráničů jsou mnohem kratší a tyto proudové chránič poskytují obzvláště účinnou ochranu proti nebezpečí zasažení elektrickým proudem.

Všechny pracovní vodiče (aktivní - živé vodiče) L1, L2, L3, N (3 fáze a nulový vodič) vedoucí z rozvodné sítě (všechny vodiče kromě ochranného vodiče) k chráněnému spotřebiči procházejí součtovým transformátorem chránič (**obr. 1**). V bezporuchovém stavu je součet protékajících proudů (přicházejících i odcházejících) roven nule. Střídavé magnetické pole všech vodičů se vzájemně vruší a v sekundárním vinutí součtového transformátoru se neindukuje žádné napětí.

Při zkratu na zem, na kostru nebo na ochranný vodič v nějakém spotřebiči teče část zpětného proudu zemí nebo ochranným vodičem. Součet proudů protékajících chráničem pak není nulový a v sekundárním vinutí součtového transformátoru se indukují napětí, které způsobí rozpojení elektromagnetického jističe (**obr. 1**). Tento jistič způsobí odpojení všech pracovních vodičů (nikoliv ochranného) vedoucích k poškozenému spotřebiči. Pomocí zkoušecího tlačítka může být simulována chyba. Tak se dá přezkoušet (pouze mechanická) vypínací funkce chránič, ale nikoliv účinnost ochranných opatření.

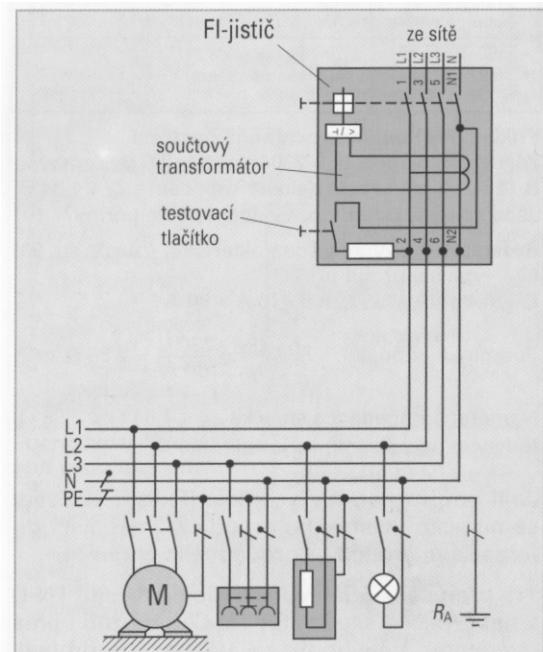
Vypínání ochranného chránič u nestacionárních (pohyblivých) zařízení zkoušet denně a u stacionárních (pevně zabudovaných) zařízení minimálně jednou za 6 měsíců.

V jednofázových okruzích jsou používány 2-pólové chránič (fáze a nulový vodič). V nových rozvodech, nebo ke zlepšení bezpečnosti ve starších rozvodech, např. při úpravách instalace pro koupelnu nebo sprchovací prostor, jsou používány kombinované chránič a jističe jako samostatné prvky. Dnes jsou již chránič (**obr. 3**) předepsány ve staveništních rozvaděcích, v zemědělských i zahradních rozvodech, v rozvodech pro bazény, nemocniční prostory, laboratoře, školy a jiné vzdělávací instituce, jakož i pro prostory se zvýšeným požárním nebezpečím.



Obr. 2 2-pólový FI/LS kombinovaný jistič

Chránič poskytují ochranu i proti požáru, který je způsoben svodem na zem. V uvedené tabulce jsou uvedeny maximální výkony, které ještě



Obr. 3 Příklad FI-jističe v TT-síti

nezpůsobí při 230 V vypnutí chráničů v místech poruchy. Ochranu před požárem nemůže jiný typ jističů zajistit.

Chránič se jmenovitým diferenciálním proudem $I_{\Delta n} \leq 10 \text{ mA}$ až 30 mA poskytuje také ochranu proti přímému dotyku.

K rozšíření rozsahu ochrany jsou používány zásuvky se zvýšenou ochranou, zásuvkové chrániče, nebo bezpečnostní prodlužovačky s chráničem od $I_{\Delta n} 10 \text{ mA}$ do 30 mA (**obr. 1**).

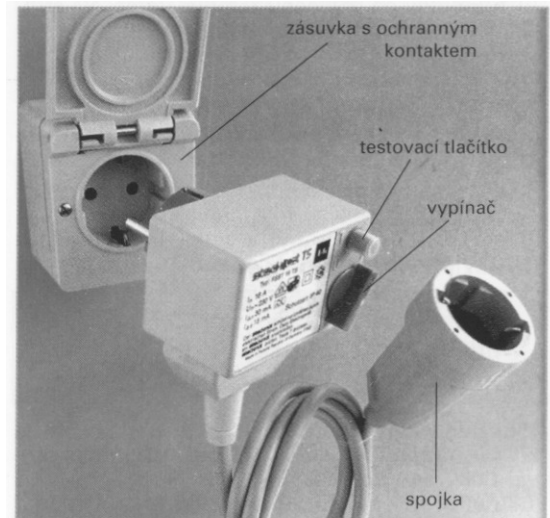
Kostra (kryt) chráněného spotřebiče může být na straně chrániče v síti TN-C-S spojena s PEN-vodičem, nebo v síti TN-S přímo ochranným vodičem (**obr. 2**). Tato spojení s PEN vodičem, nebo s PE vodičem (**obr. 1**) způsobí při poruše zkrácení vypínacích časů jističe.

V obvodech s polovodičovými přístroji, např. s usměrňovači, nebo s elektronicky řízenými zdroji (fázově spínanými) a pro spotřebiče v ochranné třídě I. musí chrániče i při pulzujícím poruchovém (zkratovém) proudu spolehlivě vypínat.

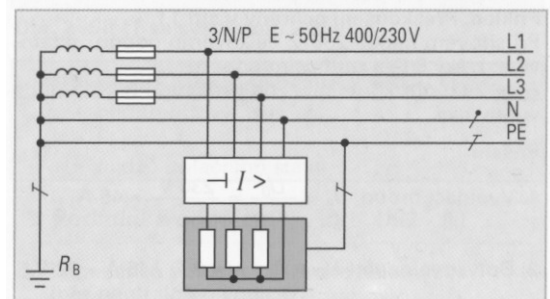
Vypínací doba u běžného chrániče by neměla přesáhnout $0,2 \text{ s}$, i když při střídavých zkratových proudech teče jmenovitý diferenciální proud a při pulzujících stejnosměrných proudech teče $1,4$ násobek jmenovitého diferenciálního proudu. Střídavé proudy, které dosáhnou 5-ti násobku jmenovitého diferenciálního proudu $I_{\Delta n}$, jakož i pulzující proudy s 5 krát větší hodnotou $1,4$ násobku jmenovitého diferenciálního proudu musí spolehlivě odpojit chrániče do $0,04 \text{ s}$ (**obr. 3b**).

FI-jistič musí spolehlivě vypnout i při výpadku nulového vodiče, nebo několika fázových vodičů.

FI-jističe nové konstrukce mají prodlouženou dobu reakce na vstupní impuls a jsou tak odolné proti krátkým rušivým impulsům. Tato vlastnost zabraňuje vypadávání jističů při přechodových impulsích v síti, např. při bouři, nebo při naindukovaných vf-impulzech v průmyslových provozech, např. v obvodech s centrální kompenzací nebo s induktivní zátěží. Zvláštní vlastnosti FI-jističů označuje výrobce přímo na jističích značkami (**obr. 3**). K zajištění selektivity při více různých jističích mohou být časově zpožděné selektivní (S) FI-jističe zapojovány do série s běžnými FI-jističi. Tyto selektivní FI-jističe mohou být zařazeny v rozvodných sítích a mají vypínací dobu $\leq 1 \text{ s}$.

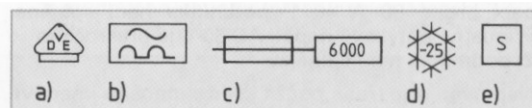


Obr. 1 Bezpečnostní prodlužovačka s FI-jističem 30 mA



Obr. 2 FI-jistič v síti TN-S

Tabulka: Výkon v místě poruchy	
FI-jistič	výkon ve W
$I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$	6,9
$I_{\Delta n} = 0,3 \text{ A}$	69
$I_{\Delta n} = 0,5 \text{ A}$	115
tavná pojistka nebo LS-jistič 10 A	2 300
tavná pojistka nebo LS-jistič 16 A	3 680



Obr. 3 Symbolické značky pro označování FI-jističů
a) zkušební značka VDE
b) pro střídavé i stejnosměrné pulzující proudy
c) bezpečné pro zkratový proud do 6 kA
d) pro provoz za nízkých teplot do -25 °C
e) selektivní FI-jistič, vypínací čas $\leq 1 \text{ s}$ teprve při dvojnásobku $I_{\Delta n}$

10.6.4 Ochrana v sítích TT

Vypínání ochranného FI-jističe se má u ne stacionárních zařízení zkoušet denně a ti stacionárních zařízení minimálně jednou za 6 měsíců.

Průnik nebezpečného napětí na kostru v fl-síti nezpůsobí svod na dotýkající se osobu, ale svod na zem. Svodový proud pak způsobí odpojení nadproudovým jističem nebo FI-jističem. Všechny kryty chráněného spotřebiče jsou v síti fl připojeny na společný zemnicí vodič. Na straně výrobce elektrické energie je odděleně od uzemnění spotřebičů uzemněn střed hvězdy trojfázové soustavy (obr. 1).

Zemnicí odpor R_A musí být tak malý, že v případě průrazu na kostru vypne jistič dříve, než na kostře vzroste napětí na nebezpečnou velikost U_L .

Při běžných zemnicích odporech je však poruchový proud při zásahu těla člověka velmi malý. Přesto však by měly být v sítích TT jako jističe použity především FI-jističe (obr. 2).

Ochrana musí v případě poruchy reagovat v přípustném čase (tabulka 1). Podmínkou účinnosti ochrany je $R_A - 4 \leq U_L$. —

V následujícím příkladu se předpokládá svod na

kostru spotřebiče vsíti TT dle obr. 1. Je třeba pro věřit ochranu pomocí LS-jističe:

1. Předřazený nadproudový jistič musí vypnout do 0,1 s.
2. Dotykové napětí oproti zemi nesmí překročit hodnotu AC 50V.

Příklad: Přezkoušení ochrany v síti TT

Při síťovém napětí 230V, celkovému odporu zkratové smyčky 5 Ω a zemnicím odporu $R_A = 2 \Omega$ přezkoumejte, zda jistič typu B 16 A bude vyhovující.

Řešení:

1. Vypínací proud, $I = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ V}}{5 \Omega} = 46 \text{ A}$

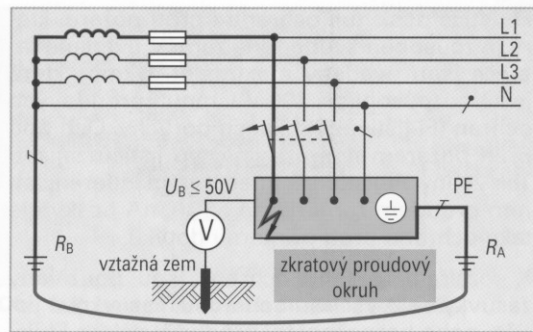
$R_{\text{gas}} = 5 \Omega$

2. Dotykové napětí $U_L = R_A I = 2 \Omega \cdot 46 \text{ A} = 92 \text{ V}$

Závěr: LS-jistič B 16 A nemůže být použit. Podle vypínací charakteristiky (obr. 2, str. 90) musí téct vypínací proud 80 A 1. podmínka není splněna. Přípustné dotykové napětí AC 50 V je překročeno 2. podmínka není splněna.

Náprava: • je třeba použít jistič s menším jmenovitým proudem, je třeba použít FI-jistič.

FI-jističe (RCD, proudové ochrany) poskytují optimální ochranu, neboť vypínací proud 4 je roven jmenovitému diferenciálnímu proudu $I_{\Delta n}$, FI-jistič odpojí při poruše všechna zařízení do 0,2s, případně 1 s. Požadovaná hodnota zemnicího proudu při použití FI-jističe je udána v tabulce 2



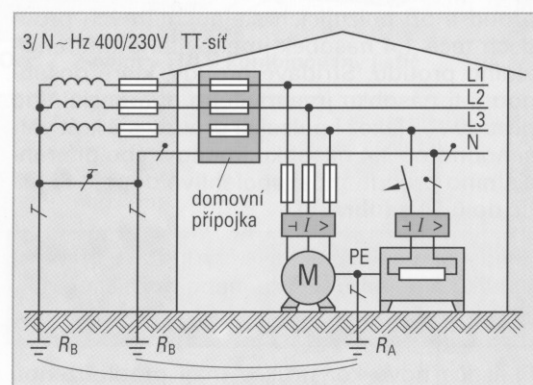
Obr. 1 Ochrana s rychlým vypnutím v síti TT s nadproudovým jističem

Tabulka 1: Vypínací časy v síti TT podle ČSN 33 2000-4-41	
typ ochrany	vypínací čas
nadproudová ochrana s proudově a časově závislou vypínací charakteristikou, např. tavná pojistka gL	$\leq 5 \text{ s}$
ochrana s neopožděnou vypínací charakteristikou, např. jističe	$\leq 100 \text{ ms}$
FI-jistič (RCD) běžné konstrukce	$\leq 200 \text{ ms}$
selektivní RCD, např. typu S	$\leq 1 \text{ s}$

R_A zemnicí odpor všech krytů
 I_a proud způsobující odpojení
 U_L nejvyšší dovolené dotykové napětí

$$R_A \cdot I_a \leq U_L$$

Tabulka 2: Nejvyšší hodnoty zemnicího odporu		
jmenovitý zkratový proud v A	odpor zemnění ochranného vodiče R_A v Ω při dotykovém napětí U_L	
	50 V	25 V
0,01	5 000	2 500
0,03	1 665	832
0,3	165	82
0,5	100	50



Obr. 2 Připojení spotřebičů v síti TT s RCD

R_A nejvyšší přípustný zemnicí odpor soustavy spotřebičů
 $I_{\Delta n}$ jmenovitý diferenciální proud

$$R_A = \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

10.6.5 Ochrana v sítích IT

V síti IT nezpůsobí první závada izolace (svod) či zasažení člověka odpojení, ale jen hlášení závady, hlídač izolačního stavu za pne optickou i akustickou signalizaci.

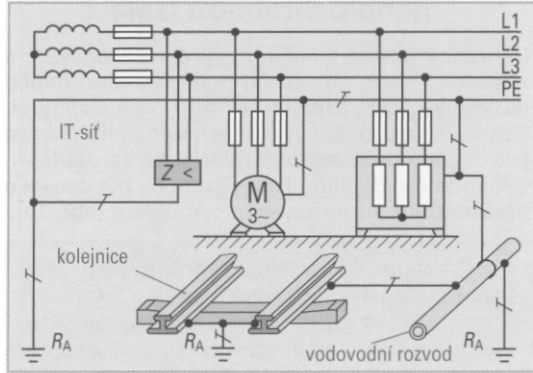
Všechny kryty chráněných spotřebičů musí být společně uzemněny. Střed hvězdy síťové ho transformátoru nebo generátoru jsou izolovány, nebo uzemněny přes velkou impedanci (obr. 1).

Sítě IT bývají předepsány ve velmi frekventovaných prostorách, operačních sálech, jakož i v dolech a v hutích. Bývají použity i ve výrobních prostorech, v chemickém průmyslu, jako náhradní zdroj při nasazení hasičů a na lodích.

Na rozdíl od sítí TN a TT, ve kterých dojde při prvním svodu k odpojení, dojde v síti IT pouze k signalizaci poruchy. V případě jediné poruchy projde jen malý svodový proud a přípustné dotykové napětí není překročeno. Musí být přitom splněna podmínka $R_A I_d \leq 50 \text{ V}$.

Ochranný vodič přebírá potenciál vodiče, který vyvolal zkrat. Nebezpečí nenastane, je-li přes ochranný vodič vyrovnaný potenciál všech krytů. Provoz v síti tak může nerušeně pokračovat. Izolační odpor spotřebičů je průběžně kontrolován hlídačem izolačního stavu a případná

chyba je hlášena (obr. 1). První hlášená porucha musí být co nejdříve odstraněna, protože další chyba v jiném fázovém vodiči by způsobila odpojení jističem (tabulka). Porucha izolace 2 fázových vodičů je životu nebezpečná. Chybový (poruchový, svodový) nebo vypínací proud přitom protéká přes obvody vadného spotřebiče. Proto je impedance poruchové smyčky větší než při porušení izolace v zemněné síti TN (obr. 2). Při odpojení po druhé poruše musí odpor smyčky Z splnit podmínku $Z_s \leq U/(2 \cdot I_a)$ V sítích IT s odděleným neutrálním vodičem (čtyřvodičová síť) se zdvojnásobí vypínací časy.



Obr. 1 Ochrana v sítích IT

Podmínka

$$R_s \cdot I_d \leq 50 \text{ V}$$

- R_A součet odporu zemnění a ochranného vodiče kostry
 I_a zkratový proud po prvním zkratu mezi fází a tělem člověka
 50 V smluvní hranice trvale přípustného dotykového napětí

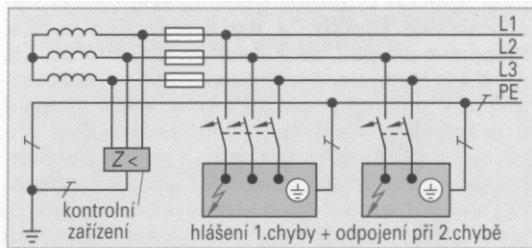
Tabulka: Přípustné ochrany v sítích IT

- nadproudový jistič
- FI-jistič
- hlídač izolačního stavu

Podmínka odpojení

$$Z_s \leq U/(2 \cdot I_a)$$

- Z_s impedance poruchové (zkratové) smyčky (bez neutrálního vodiče)
 U jmenovité napětí mezi fázovými vodiči
 I_a proud způsobující automatické odpojení proudového obvodu (při spínacích časech jako v sítích TN)



Obr. 2 Síť IT se systémem 2 chyb

Tabulka: Přípustné ochrany v sítích IT

- nadproudový jistič
- FI-jistič
- hlídač izolačního stavu

- Z_s impedance poruchové (zkratové) smyčky (bez neutrálního vodiče)
 U jmenovité napětí mezi fázovými vodiči
 I_a proud způsobující automatické odpojení proudového obvodu (při spínacích časech jako v sítích TN)

Podmínka odpojení

$$Z_s \leq U/(2 \cdot I_a)$$

- Z_s impedance poruchové (zkratové) smyčky (bez neutrálního vodiče)
 U jmenovité napětí mezi fázovými vodiči
 I_a proud způsobující automatické odpojení proudového obvodu (při spínacích časech jako v sítích TN)

Podmínka odpojení

$$Z_s \leq U/(2 \cdot I_a)$$

Otázky k opakování

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Čím se liší sítě TN, TT a IT? 2. Jaké vypínací časy jsou přípustné v TN-sys-tému? 3. Co se rozumí impedancí smyčky a jakou může mít maximální hodnotu? 4. Jaký význam má uzemnění PEN vodiče přes základový zemnič? 5. Co je podmínkou pro spojení N a PE vodiče do společného vodiče PEN v sítích TN? | <ol style="list-style-type: none"> 6. Jaké podmínky platí pro zemnicí odpor R_A v síti TT? 7. Jaké přednosti má FI-jistič před nadproudovou ochranou? 8. Proč je vhodný FI-jistič v sítích TT? 9. V jakých provozech jsou předepsány sítě IT? 10. Jaké podmínky pro uzemnění platí pro rozvodnou síť a jaké pro spotřebiče v síti IT? |
|---|---|

Otázky k opakování

1. Čím se liší sítě TN, TT a IT?
2. Jaké vypínací časy jsou přípustné v TN-sys-tému?
3. Co se rozumí impedancí smyčky a jakou může mít maximální hodnotu?
4. Jaký význam má uzemnění PEN vodiče přes základový zemnič?
5. Co je podmínkou pro spojení N a PE vodiče do společného vodiče PEN v sítích TN?
6. Jaké podmínky platí pro zemnicí odpor R_A v síti TT?
7. Jaké přednosti má FI-jistič před nadproudovou ochranou?
8. Proč je vhodný FI-jistič v sítích TT?
9. V jakých provozech jsou předepsány sítě IT?
10. Jaké podmínky pro uzemnění platí pro rozvodnou síť a jaké pro spotřebiče v síti IT?

10.6.6 Ochrana používáním elektrospotřebičů v ochranné třídě II, nebo ochrannou izolací

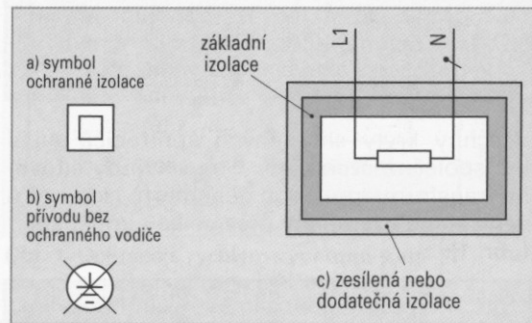
Ochranná izolace <dvojitá> zabrání při poškození základní izolace proniknutí nebezpečného napětí na vodivé části, kterých je možno se dotknout. Označení se provádí symbolem dvojitého čtverce pro ochrannou <dvojitou> izolaci (obr. 1a). Je-li při stroj opatřen dvojitou izolací, měl by být označen přeškrtnutým uzemňovacím symbolem (obr. 1b).

Při ochranné izolaci (ochranná třída II) jsou všechny části přístupné dotyku, které by mohly při poruše vést proud, opatřeny základní izolací a zesílenou nebo dodatečnou izolací (obr. 1c). Ochranné izolace může být dosaženo také použitím izolačního konstrukčního prvku, například izolační propojovací osou mezi motorem a převodovkou (obr. 2), nebo ozubenými převodovými koly z izolačního materiálu. Přenosné elektrické předměty (např. nářadí) s ochrannou izolací na síťové střídavé napětí mají dvoužilový přívod se za litou (gumou či plastikovou hmotou) vidlicí bez ochranného kontaktu a bez ochranného vodiče. Při opravě přívodu, např. kabelem H05 W-F 3G 1,5, musí být žlutozeleně izolovaný vodič ve vidlici zapojen. V přístroji je pak ochranný vodič uštípnut a zaizolován. Nesmí být uvnitř zapouzdřen při stroje s ochrannou izolací spojen s vodivými částmi. Ochranné izolace se používá u malých přístrojů (holících strojů apod.), domácích spotřebičů, elektrického nářadí (obr. 2), malých rozvaděčů a elektroměrných desek, svítidel a krytů, např. pro zástrčky.

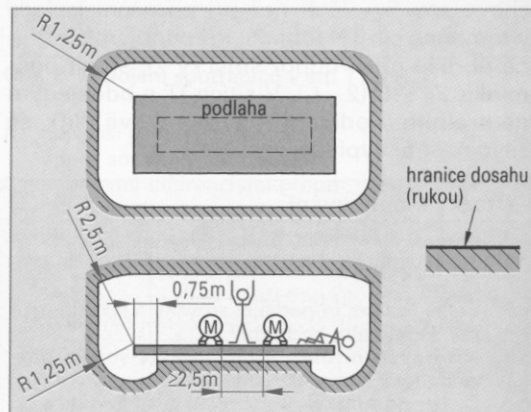
10.6.7 Ochrana nevodivým povrchem místností

Ochranou nevodivým povrchem místností je situace, kdy izolující podlaha, stěny i strop zabránějí svodu elektrického proudu přes lidské tělo na zem.

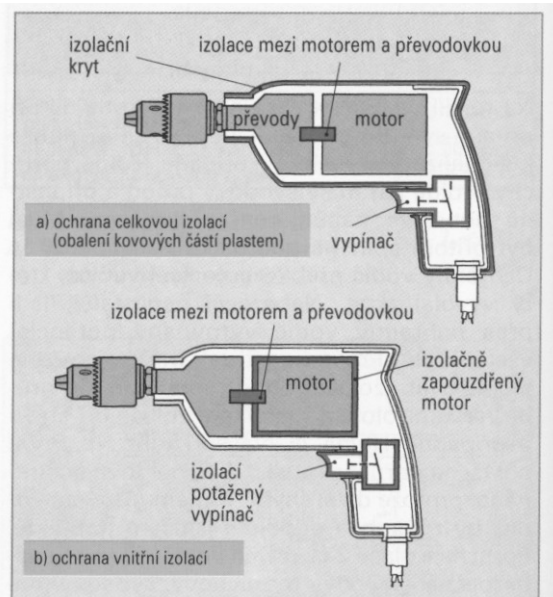
Nejmenší hodnota izolačního odporu pro stěny a podlahu je při AC 500V nebo při DC 750V 50 kΩ, při vyšších napětích 100 kΩ. Tato ochrana je přípustná na pevně umístěných zařízeních a pracovištích, např. na měřicích a zkušebních zařízeních a musí zahrnovat všechny předměty a plochy (podlahy, stěny) v dosahu lidí, kteří jsou spojeni se zemí (obr. 3). Všechny předměty dosažitelné rukou člověka pohybujícího se po podlaze jsou považovány za předměty v dosahu. Za nejmenší dosah je považována vzdálenost směrem nahoru 2,5 m, bočně a dolů 1,25 m (obr. 3).



Obr. 1 Zesílená nebo dodatečná izolace (ochranná izolace)



Obr. 3 Rozměry zón dosahu rukou



Obr. 2 Provedení ochranné izolace vrtačky

10.6.8 Ochrana oddělením sítě

Při ochraně oddělením sítě je mezi sítí a odběratelem zařazen oddělovací prvek, např. oddělovací transformátor.

Transformátor <oddělovací> zabráňuje proniknutí napětí proti zemi z napájecí sítě k odběrateli.

Ke galvanickému oddělení je třeba použít oddělovacího transformátoru podle ČSN 351335, nebo motorgenerátoru.

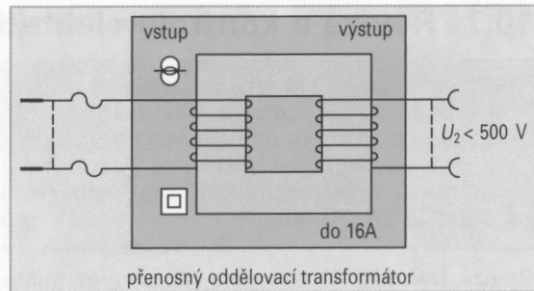
Je-li ochrana oddělením sítě předepsána kvůli mimořádnému nebezpečí, např. při svařování kotlů, pak nesmí být na oddělovací transformátor připojen více než jeden uživatel. Součin napětí a délky přívodu nesmí přesáhnout hodnotu 100 000 Vm a samotná délka vedení nesmí překročit 500 m (obr. 1). Zásuvky a vidlice pro připojení odběru nesmí mít ochranný kontakt. Přenosné oddělovací transformátory (např. na bíječky) musí mít ochrannou izolaci. Uzemňování výstupů nebo propojování s jinými elektrickými obvody je nepřípustné.

10.6.9 Ochrana neuzemněným

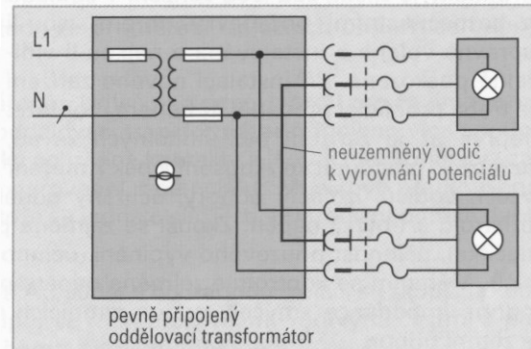
vyrovnáním místního potenciálu

Je-li na jeden oddělovací transformátor připojeno více odběratelů, musí být kostry <kryty> jejich zařízení mezi sebou propojeny neuzemněným vodičem k vyrovnání potenciálu.

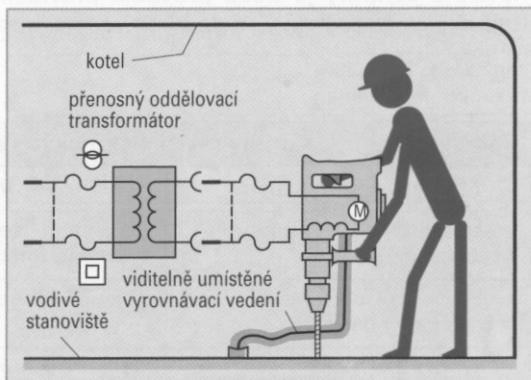
Vodič k vyrovnání potenciálu nesmí být spojen ani se zemí ani s ochrannými vodiči jiných od dělených kruhů. Zásuvky odděleného okruhu musí mít ochranný kontakt připojený na vodič vyrovnání potenciálů (obr. 2). Při mimořádně nebezpečných podmínkách v elektricky vodivém prostředí, například při stavbě lodí, montáži kotlů nebo ocelových konstrukcí mohou být kostry (kryty) elektrických zařízení (přístrojů a nářadí) propojeny vodičem k vyrovnání potenciálu přímo s vodivým stanovištěm (obr. 3).



Obr. 1 Ochrana oddělením



Obr. 2 Oddělená síť s více spotřebiči



Obr. 3 Vyrovnávací vedení při mimořádně nebezpečných podmínkách, např. při výrobě kotle

Otázky k opakování

1. Jaká opatření proti zasažení elektrickým proudem uvádí norma ČSN 33 2000-4-41?
2. Vyjmenujte druhy zdrojů malých napětí.
3. Jakým požadavkům musí vyhovovat vidlice a zásuvky z hlediska bezpečnosti v oblasti malých napětí?
4. Za jakých podmínek je síť malého napětí typu PELV?
5. U kterých elektrických předmětů je předepsána ochranná izolace?
6. Jaký izolační odpor musí mít stěny a podlaha místností s nevodivým povrchem?
7. Vysvětlete princip ochrany oddělením sítě.
8. Jaká opatření je třeba provést k zajištění bezpečnosti v oddělené síti při mimořádně nebezpečných podmínkách, např. při stavbě lodí?

1. Jaká

opatření proti zasažení elektrickým proudem uvádí norma ČSN 33 2000-4-41?

2. Vyjmenujte druhy zdrojů malých napětí. J 3. Jakým požadavkům musí vyhovovat vidlice a zásuvky z hlediska bezpečnosti v oblasti malých napětí?

4. Za jakých podmínek je síť malého napětí typu PELV?

5. U kterých elektrických předmětů je předepsána ochranná izolace?

6. Jaký izolační odpor musí mít stěny a podlaha místností s nevodivým povrchem?

7. Vysvětlete princip ochrany oddělením sítě.

8. Jaká opatření je třeba provést k zajištění bezpečnosti v oddělené síti při mimořádně nebezpečných podmínkách, např. při stavbě lodí?

Otázky k opakování

10.7 Revize a kontroly elektrických zařízení

Norma ČSN 332000-6-61 popisuje postupy při provádění výchozích revizí elektrických rozvodů při uvádění do provozu po instalaci, rekonstrukci nebo opravě, osobami znalými s vyšší kvalifikací dle vyhlášky

Č. 50/1978 Sb.

Revize (tabulka 1) zahrnuje na prvním místě prohlídku zařízení ve vypnutém stavu. Cílem prohlídky je zjistit, zda jsou zařízení v souladu s bezpečnostními požadavky norem, jsou-li správně volena a instalována a nejsou-li viditelně poškozena. Při instalaci nového zařízení je třeba prohlídku provádět již během montáže. Teprve až je zařízení bez viditelných závad, je možno přistoupit ke zkoušení a pak k měření zařízení. Zkoušením se ověřuje zejména spojitost všech vodičů, izolační odpory, ochrany oddělením, samočinné odpojení od zdroje, zapojení přístrojů a úbytek napětí. Zkouší se zejména proudové chrániče a napěťové chrániče (stiskem tlačítka), účinnost nouzového vypínání, účinnost blokovacích opatření a funkce světelných hlásičů. Měřením se kontroluje zejména napětí, proud, unikající proudy, dotykové napětí, izolační odpor, impedance smyček, odpor zemnicích vodičů, odpor vodičů pro vyrovnání potenciálů a zemní odpor.

Revize a kontroly je třeba provádět pravidelně v časových intervalech stanovených normou (tabulka 2), které jsou v souladu s rychlostí opotřebení zařízení vlivem stárnutí a provozních

Tabulka 1: Revize	
prohlídka (příklad)	<ul style="list-style-type: none"> • ochranné kryty • ochranné zábrany • volba správných vodičů a jističů • označení nulového a ochranného vodiče • označení obvodů, pojistky
zkoušení a měření (příklad)	<ul style="list-style-type: none"> • spojitost ochranného vodiče • spojitost vodiče vyrovnání potenciálu • izolační odpor • bezpečné oddělení obvodů (např. SELV) • samočinné odpojení

pod mínek.

Tabulka 2: Lhůty a druhy revizí elektrických zařízení a přístrojů (ČSN 33 2000-6-61)		
zařízení/přístroj	lhůta	druh zkoušky
elektrická zařízení a přístroje všeobecně	při prvním uvedení do provozu, rozšíření, změně či opravě	výchozí revize
elektrická zařízení a pevně instalované přístroje	nejméně jednou za 4 roky	pravidelná revize
pohyblivé elektrické předměty, např. prodlužovací přívody	dle třídy ochrany každé 2–12 měsíců a po každé závadě	revize elektrického ručního nářadí dle ČSN 33 1600
FI-jističe u přemístitelných zařízení	nejméně 1x měsíčně	zkouška činnosti
FI ¹ a FU ² jističe <ul style="list-style-type: none"> • na stabilních zařízeních • na pohyblivých zařízeních 	<ul style="list-style-type: none"> • nejméně každých 6 měsíců • denně 	zkouška činnosti pomocí přístroje
izolační oděv	• nejméně každých 6 měsíců	• elektrické testování
	• před každým použitím	• optická kontrola
<ul style="list-style-type: none"> • zkoušečka napětí • izolované nářadí • izolované přípravky 	před každým použitím	optická kontrola a funkční zkouška

¹ FI-jistič, ochrana před chybným (rozdílovým) proudem (proudový chránič, RCI)
² FU-jistič, ochrana před chybným napětím (přepětím nebo podpětím)

10.7.1 Revize sítí SELV a PELV a oddělených sítí

Při revizích sítí s bezpečným malým napětím SELV a PELV a sítí s oddělenými obvody se mu sí měřením zkontrolovat bezpečné oddělení obvodů.

Rozvody malého napětí SELV nesmějí být spojeny ani se zemí, ani s rozvody vyšších napětí. Měřením lze zjistit, zda nejsou překročeny přípustné hodnoty AC 50V, nebo DC 120V, případně

DC SOV. Měření izolačních odporů se provádí proti zemi (viz tabulka).

Izolace zařízení na napětí vyšší než AC 25 resp. DC 60V musí vydržet zkušební napětí AC 500V po dobu 1 minuty.

Rozvody PELV se zkoušejí obdobně s tím rozdílem, že při měření izolačních odporů se odpojí eventuelní zemnicí vodič.

Rozvody chráněné oddělením jsou testovány měřením izolačního odporu proti zemi a jiným rozvodům při napětí ($4 < 500$ V (tabulka)). Je-li na oddělovací transformátor připojeno více spotřebičů, je třeba zkontrolovat, mají-li všechny zásuvky ochranné kontakty a jsou-li tyto kontakty vzájemně propojeny neuzemněným vodičem pro vyrovnání potenciálu. Musí být přezkoušeno odpojení jističem při dvojité izolační poruše (protože se jedná o síť T), tj. při izolační poruše dvou různých fázových vodičů.

Izolace elektrických spotřebičů a nářadí do napětí AC 500 V s ochrannou izolací se zkouší po dobu jedné minuty napětím AC 4000 V. Izolační odpor se měří mezi všemi vodivými částmi a po vrchem spotřebiče, nestačí měřit jen mezi povrchem a síťovým příívodem.

10.7.2 Měření izolačních odporů

v elektrických zařízeních

Velké množství poruch elektrických zařízení je způsobeno poškozením izolace, způsobeným stárnutím, mechanickými, tepelnými a chemickými vlivy, např. příliš ostrým ohybem vedení. Revize elektrických zařízení (rozvaděčů a rozvodů u odběratele) se provádějí zpravidla měřičem izolačního odporu (obr.) bez připojení spotřebičů.

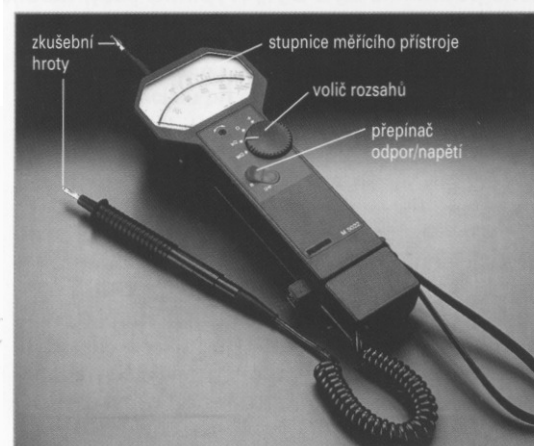
Z důvodu ochrany elektronických přístrojů v kontrolovaném zařízení před stejnosměrným

měřicím napětím je třeba po dobu měření izolačních odporů tyto přístroje odpojit, nebo propojit během měření fázové vodiče s nulovým vodičem. Měření izolačního odporu se provádí kvůli kapacitám stejnosměrným napětím při proudu 1 mA (tabulka).

Izolační odpor je třeba měřit mezi každým aktivním vodičným dílem a zemí.

Během měření lze pro úsporu času spojit fázu v vodiče s nulovým vodičem. Nulový vodič musí být však oddělen od země, což neplatí ale pro PEN-vodič. V síti TN je vodič PEN považován za zem. Měření zde může být provedeno mezi fázovými vodiči a PEN vodičem.

Tabulka: Minimální izolační odpory		
zařízení	měřicí napětí	izolační odpor
sítě a přístroje pro malá napětí SELV a PELV	DC 250 V	$\geq 0,25 \text{ M}\Omega$
sítě a přístroje pro napětí $\leq 500 \text{ V}$ s výjimkou SELV a PELV	DC 500 V	$\geq 0,5 \text{ M}\Omega$
sítě a zařízení na napětí $> 500 \text{ V}$	DC 1000 V	$\geq 1,0 \text{ M}\Omega$



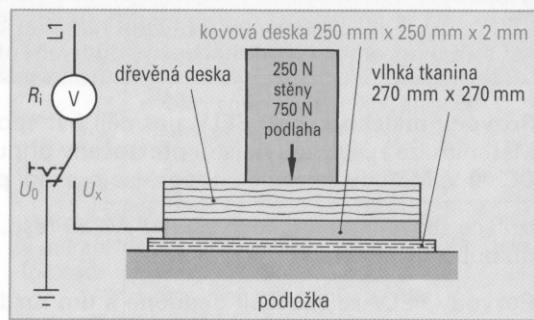
Obr. Měřič izolačního odporu

10.7.3 Měření izolačních odporů podlah a stěn

Při ochraně pomocí nevodivých prostor se považuje za dostačující, když v žádném bodě izolo vaného prostoru není přechodový odpor menší než $50 \text{ k}\Omega$. Tato hodnota platí pro zařízení se jmenovitým napětím do AC 500 V, resp. DC 750V. Pro zařízení s napětím nad AC 500 V, resp. DC 750 V musí být izolační odpor nejméně 100 W . Měření izolačního odporu lze provádět při stejnosměrném i při střídavém napětí.

Měření 1: měření při střídavém napětí

Měření se provádí při jmenovitém napětí a jmenovitém kmitočtu zařízení proti zemi (obr. 1). Nejprve se měří napětí U proti zemi (např. 230 V), potom napětí R proti kovové desce, např. 10 V. Z těchto hodnot lze při známém vnitřním odporu R voltmetru vypočítat přechodový (izolační) odpor.



Obr. 1 Měření přechodového odporu podlahy a stěn

$$\frac{R_x}{R_i} = \frac{U_0 - U_x}{U_x}$$

$$R_x = R_i \left(\frac{U_0}{U_x} - 1 \right)$$

R_x přechodový odpor (podlahy, stěny)

R_i vnitřní odpor voltmetru

U_0 naměřené síťové napětí proti zemi

U_x naměřené napětí proti kovové desce

Měření 2: měření při stejnosměrném napětí

K měření izolačního odporu

dnes se používají bateriové

□ 500 V napětím DC 500 V a

měří mezi měřicí elektrodou

podlahy nebo stěn se dříve používal klikový induktor (terromet), přístroje malých rozměrů.

Měření se provádí pro zařízení do U □ pro zařízení nad Un □ 500 V napětím DC 1000 V.

Izolační odpor se (kovovou destičkou) a ochranným vodičem nebo zemí (obr. 1).

10.7.4 Zkoušky v sítích TN a sítích TT

Zkoušení v rozvodných sítích nízkého napětí provádějí zejména pracovníci elektroúdržby pomocí jednoduchých elektronických testovacích přístrojů (obr. 2). V sítích TN a sítích TT dojde při zkratu nebo svodu k automatickému odpojení sítě, aby se zabránilo škodě nebo setrvání či vzniku nebezpečného dotykového napětí.

V síti TN musí být při použití nadproudové ochrany určena impedance vypínací smyčky a dodržena podmínka $Z \leq U_0/I_a$ (vypínací časy, tabulka 1, str. 253). Při použití proudových ochran RCD (FI-jističů), musí být vypínací proud FI-jističe

(FI-jističů), musí být vypínací proud FI-jističe □ 'An a poruchové napětí $U_F \leq U_L$. FI-jistič lze přezkoušet testovacím tlačítkem.

V síti TT s FI-jističem normálního provedení musí být skutečný vypínací proud FI-jističe 'a □ I (jmenovitý).

Poruchové napětí na zemniči zařízení RA včetně ochranného vodiče nesmí překročit hodnotu U_L . Při použití nadproudových ochran lze změřit zemnicí odpor RA a pak vypočítat vypínací čas t_a (vypínací časy, tabulka 1, str. 256). Protože by při zkratu nulového vodiče na kost ru mohlo vzniknout nebezpečné dotykové napětí > 50 V, musí být v nulovém vodiči nadproudová ochrana. V těchto případech je nutno použít vícepólového jističe.



Obr. 2 Měřicí a zkušební přístroj

10.7.5 Měření impedance smyčky

(impedance zkratové smyčky> mezi fázovým a se provádí na zásuvce pro spotřebič. Impedance smyčky Z_s (odpor smyčky svodového proudu) musí být tak malá, že při svodu na kostru proteče proud schopný odpojit předřazený nadproudový jistič. Protože vypínací proud (zkratový proud, str. 253) spotřebiče nelze přímo měřit, je zjištěn odpor ochranným vodičem. Měření impedance smyčky

Měření se provádí přepínatelným měřicím přístrojem (obr. 2, str.262). Napětí se měří při nezatíženém a při zatíženém obvodu mezi fází a ochranným PEN, nebo PE vodičem. Z difference napětí a z proudu se vypočítá impedance svodové smyčky. Nejvyšší přípustnou hodnotu impedance smyčky je možno vypočítat, když se jmenovité napětí proti uzemněnému vodiči ($230V$ > podělí vypínacím proudem nad proudové ochrany.

$$Z_s = \frac{U_0 - U}{I}$$

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s} = \frac{U_0}{U_0 - U} \cdot I$$

$$Z_s = \frac{U_0}{I_a}$$

Z_s impedance smyčky
 U_0 napětí mezi nezatíženým fázovým vodičem a PEN, resp. PE vodičem
 U napětí při zařazení testovacího odporu
 I testovací proud
 I_a vypínací proud

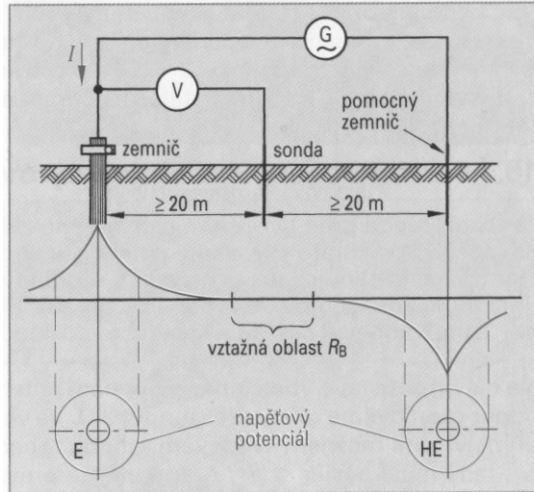
10.7.6 Měření odporu uzemnění

přípustné hodnoty zemního odporu se řídí ČSN 33 2000 a technickými podmínkami energetických rozvodných společností.

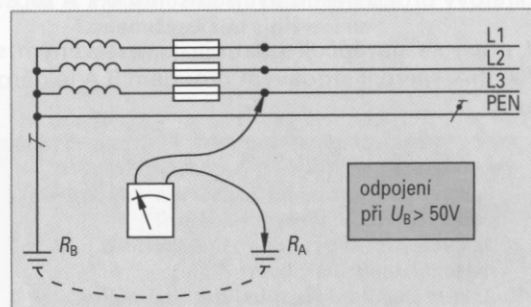
Měření zemního odporu se provádí kompenzační metodou nebo měřením napětí a proudu. Aby byl proudový obvod uzavřen, je zapotřebí vedle zemniče ještě měřicí sonda. Při kompenzační metodě je potřeba vedle měřicí sondy pro odečet napětí ještě jeden pomocný zemnič. Kolem zemničů protékajícím proudem se tvoří napěťový potenciál, který klesá se vzdáleností od zemničů (obr. 1). Vzdálenost sondy a pomocného zemniče je třeba zvolit natolik velkou, aby sonda byla mimo dosah napěťových potenciálových trychtýřů. Oblast vhodná pro umístění sondy se nazývá vztážná (referenční oblast).

Kvůli vlivům na zemi nelze měření provádět stejnosměrným proudem, proto je prováděno střídavým napětím o kmitočtu mezi 95 Hz a 110 Hz, tedy mimo možnosti ovlivňování

výsledků běžným síťovým kmitočtem 50 Hz. Měřicí přístroje pracující na principu měření proudu a napětí musí být při výskytu nepříпустně vysokého napětí během 0,2 s odpojeny. V oblastech hustě zastavěných se při malé vzdálenosti zemničů mohou překrývat oblasti potenciálových trychtýřů a měřicí sonda nelze umístit. Měřením odporu smyčky mezi oběma zemniči však lze získat použitelné výsledky (obr. 2).



Obr. 1 Uspořádání zemniče (E), sondy, pomocného zemniče (HE) a průběh potenciálu při měření zemnění



Obr. 2 Měření odporu zemničí smyčky

10.7.7 Přezkoušení proudové ochrany (RCD)

Proudový chránič (FI-jistič, RCD) standardního provedení (nikoliv typ S) musí po dosažení jmenovité proudové difference 'An odpojit chráněné obvody do 0,2 s. Při dosažení poloviční proudové difference, musí RCD také odpojit.

K přezkoušení mechanické funkce je RCD vybaven tlačítkem. K přezkoušení jeho elektrické funkce je třeba navodit podmínky závady v chráněné síti.

Pro testování RCD jsou k dispozici speciální přístroje (viz obr.) (např. FITEST 45 od výrobce ILLKO s. r. o.). Přístroj ukazuje vzniklé dotykové napětí při dosažení jmenovité proudové difference, aniž by reagoval RCD odpojením obvodu. Přístroj zkouší obvod jen při 1/3 jmenovité proudové difference, změřené dotykové napětí vynásobí a na displeji ukáže hodnotu při jmenovitém 'An. Výhodou tohoto měření je nepřerušovaný provoz sítě, např. ve výpočetních střediscích. Je možno tak změřit dotykové napětí na všech zásuvkách instalace, aniž by se musel stále zapínat rozpojený FI-jistič. Uvedeným přístrojem lze změřit i vybavovací čas při jmenovité diferenci. Splnění nastavené podmínky ($t < 0,2$ s pro standardní RCD) indikuje LED-dioda. Předpokladem správného měření je stejný potenciál ochranného vodiče a země.

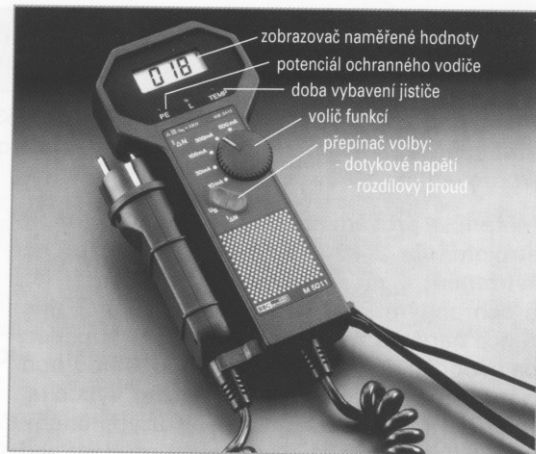
10.7.8 Přezkoušení vodičů pro vyrovnání potenciálu

Výchozí revize před uvedením elektrického zařízení do provozu zahrnuje i prohlídku, zkoušku a měření vodičů pro vyrovnání potenciálu. Prohlídka ověřuje, zda jsou s hlavní přípojnici spojeny všechny spojovací, ochranné a uzemňovací vodiče, zemniče, kovová potrubí a zda průřez vodičů pro spojování vyhovuje ČSN 332000-5-54. Měřením se pak kontroluje spojitost mezi cizími vodivými částmi a spojitost vodičů s hlavní ochrannou svorkou nebo přípojnicí. Na hlavní soustavě vodičů pro vyrovnání potenciálu (ochranné a uzemňovací vodiče) by neměl odpor mezi dvěma místy přesáhnout 3 Ω . Ve vedlejších větvích by měl být odpor jen takový, aby při největším možném svodovém proudu 'a nedosáhlo napětí nebezpečných hodnot větších než U_L , tedy musí být $R_L \leq U_L / I$. Měření lze provádět jen na vypnutém zařízení. Aby bylo možno zkontrolovat i velmi vzdálená místa rozvodu ochranného vodiče, je

výhodné mít dlouhé měřicí vedení, např. 50 m. Odpor měřicího vedení je pak třeba od naměřené hodnoty odečíst.

Měřicí napětí může být stejnosměrné nebo střídavé. Požadované napětí naprázdno je 4V až 24V. Zkratový proud nesmí být menší než 0,2 A při stejnosměrném napětí a 5A při střídavém napětí.

V praxi se osvědčují přístroje s vestavěným stejnosměrným zdrojem a zkratovým proudem 200 mA. Měření střídavým proudem SA je náročné na upevňování měřicích svorek a tím zdlouhavé.



Obr. Zkoušečka proudových chráničů

Otázky k opakování

- | | |
|--|---|
| 1. Proč musí být měření izolačního odporu prováděno stejnosměrným napětím? | 4. Proč je nutné při měření zemního odporu dodržet určitou vzdálenost mezi měřicí sondou a pomocným zemničem? |
| 2. Jak velký musí být minimálně měřicí proud při měření izolačního odporu? | 5. Proč je vyžadováno k měření zemního odporu střídavé napětí? |
| 3. Jaký izolační odpor musí mít minimálně elektrické nářadí v ochranné třídě I a II? | |

4. Proč je nutné při měření zemního odporu dodržet určitou vzdálenost mezi měřicí sondou a pomocným zemničem?

5. Proč je vyžadováno k měření zemního odporu střídavé napětí?

Otázky k opakování

1. Proč musí být měření izolačního odporu prováděno stejnosměrným napětím?
2. Jak velký musí být minimálně měřicí proud při měření izolačního odporu?
3. Jaký izolační odpor musí mít minimálně elektrické nářadí v ochranné třídě I a II?

10.8 Ochrana proti elektrostatickému náboji

S nástupem polovodičové číslicové techniky do všech oblastí lidské činnosti nabývá ochrana před vysokonapětovými výboji z nahromaděných elektrostatických nábojů na významu.

Komunikační i ostatní číslicové systémy obsahují MOS a CMOS polovodičové prvky, které mohou být poškozeny průrazem vysokým napětím i při nepatrném proudu, proto jsou elektrostaticky citlivé (ESD zvláště ohroženy).

Výrobci i uživatelé elektroniky, užívající prvky ohrožené elektrostatickými výboji, zabezpečují tyto prvky proti poškození. Elektrické náboje a následné vysokonapětové výboje mají malou energii a jsou proto těžko postřehnutelné.

Při chůzi po koberci ze syntetických vláken (obr. 1) se může člověk nabít elektrostatickým nábojem s napětím až 35 kV. Zvednutí PVC fólie z izolační podlahy může mít za následek výboj s napětím až 7 kV. Ve stavu takového náboje na těle a oděvu může být dotykem zničen

citlivý polovodičový prvek (pokud nemá zabudované přepětové ochrany a není ještě zapájen do plošného spoje s ochrannými obvody).

K omezení vzniku elektrostatických nábojů v provozech, kde se pracuje s nechráněnými polovodičovými prvky, jsou používány elektricky vodivé krytiny podlah a stolů, jakož i pracovní oblečení, na kterém se neshromažďují elektrické náboje. Vodivé povrchy stolů i podlah jsou uzemněny.

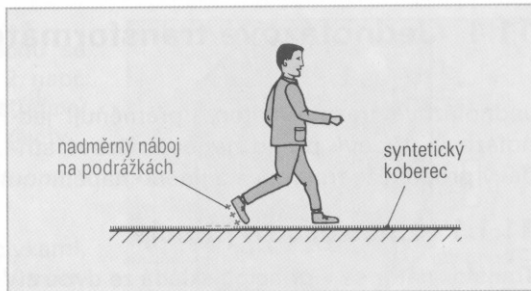
Před dotykem s deskami elektroniky citlivými na elektrostatické výboje (obr. 3), např. při opravách, je třeba dotykem na uzemněný vodič vybit z těla a oděvu náboj.

Originální balení polovodičových prvků ohrožených elektrostatickými výboji bývají označena varovnou nálepkou (obr. 3) s grafickou značkou i nápisem.

Intenzita elektrického pole mezi elektrostaticky nabitými předměty (nebo tělem) a zemí může být změřena uzemněnou měřicí sondou.

Polovodičové součástky i osazené desky plošných spojů citlivé na elektrostatické

1. výboje je třeba přepravovat jen v originálním balení, ve kterém jsou proti výbojům chráněny.



Obr. 1 Elektrostatické nabíjení



Obr. 2 Ochranné balení elektrostaticky citlivých elektronických dílů

2.



Obr. 3 Příklad označení obalu krabice se součástkami citlivými na elektrostatické výboje

Otázky k opakování

1. Proč jsou elektrostatické výboje nebezpečné pro některé polovodičové součástky?
2. Jak mohou vznikat statické elektrické náboje?
3. Co je myšleno elektrostaticky ohroženými prvky?
4. Jak je možno zabezpečit pracoviště proti elektrostatickým nábojům?
5. Proč je třeba se před manipulací s elektrostaticky ohroženými prvky dotknout uzemněného předmětu?
6. Jak je třeba transportovat elektrostaticky ohrožené prvky?

3. Otázky k opakování

4. 1. Proč jsou elektrostatické výboje nebezpečné pro některé polovodičové součástky?
5. 2. Jak mohou vznikat statické elektrické náboje?
6. 3. Co je myšleno elektrostaticky ohroženými prvky?
7. 4. Jak je možno zabezpečit pracoviště proti elektrostatickým nábojům?
8. 5. Proč je třeba se před manipulací s elektrostaticky ohroženými prvky dotknout uzemněného předmětu?

6. Jak je třeba transportovat elektro