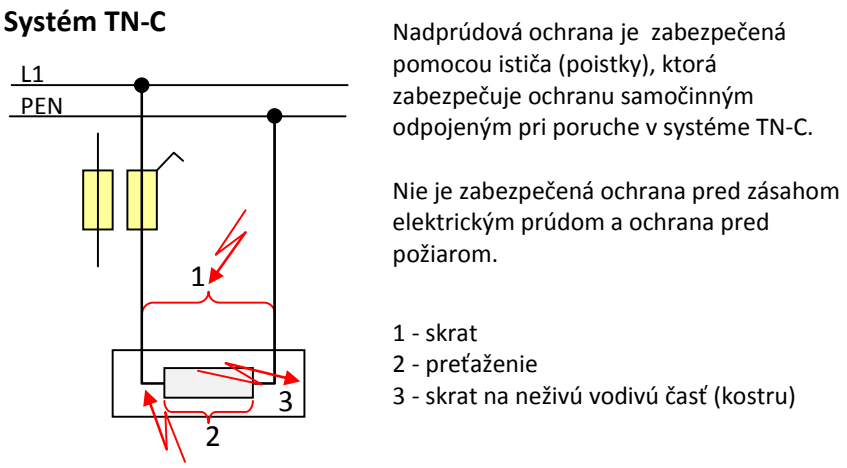
Inštalácia bezpečnostných zásuviek s prúdovým chráničom v systémoch TN

Rudolf HUNA[1], Jana STAROŇOVÁ[2]

Technický rozvoj vo všetkých odboroch elektrotechniky si vynucuje nové prístupy k zaisťovaniu požiadaviek bezpečnosti. Neustále sa rozvíja trend využívania najrozmanitejších druhov elektronických zariadení. Zvyšujú sa nároky na efektívne využívanie elektrickej energie, prehlbujú sa poznatky o účinkoch elektrického prúdu na ľudský organizmus a zdokonaľujú sa prostriedky ochrany pracovníkov pred jeho nepriaznivými faktormi. Odporúčania IEC (Medzinárodná komisia pre elektrotechniku) a CENELEC-u (Európska komisia pre normalizáciu v elektrotechnike) poukazujú na skutočnosť, že napr. využitím prúdových chráničov (doplnková ochrana) na ochranu pred možným zásahom elektrickým prúdom pri **základnej ochrane (ochrana pred priamym dotykom)** a **ochrane pri poruche (ochrana pred nepriamym dotykom)** je možné výraznejšie znížiť počet úrazov laikov a domácich zvierat a zvýšiť ochranu majetku pred možným vznikom požiaru z elektrických inštalačných systémov a zariadení.

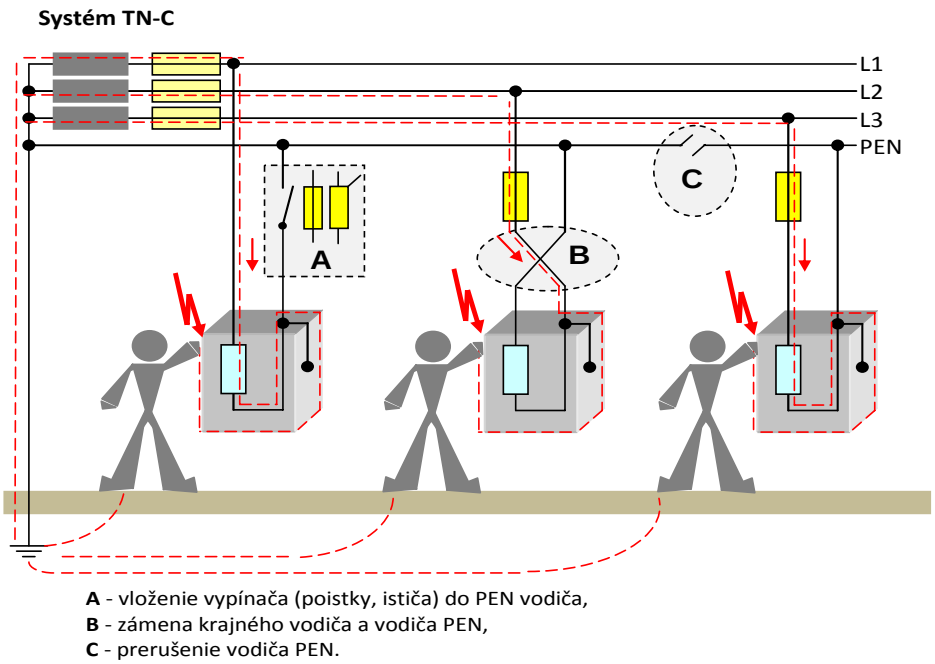
V článku je vysvetlený spôsob inštalácie prúdových chráničov do stávajúcich rozvodných systémov TN-C z hľadiska ochrany laikov (žiakov a študentov v školách všetkých typov, chorých v nemocniciach, na izbách v kúpeľných zariadeniach, pracujúcich v administratívnych budovách, v sporiteľniach, v bankách, v policajných objektoch a pod.), ktorí vedome či nevedome (náhodne) môžu prísť do stretu s elektrickým prúdom pri poruche elektrickej inštalácie/zariadenia v objektoch štátnej a verejnej správy i v objektoch súkromnej sféry, ktoré boli inštalované pred účinnosťou zákonov a vyhlášok, ktoré v súlade so STN odporúčajú v nn elektrických inštaláciách inštalovať prúdové chrániče (RCD).

Elektrické zariadenia napájané so systému TN-C (obr. 1) sú v súlade s normou chránené z hľadiska nadprúdu (istič, poistka), ale z hľadiska ochrany pred zásahom elektrickým prúdom tieto elektrické inštalácie v stavebných objektoch nespĺňajú požadované kritéria bezpečnej ochrany laikov. Tu je potom namieste riešiť súčasný stav (systém TN-C) inštaláciou napr. bezpečnostných zásuviek so zabudovaným prúdovým chráničom všade tam, kde je možný potenciálny prístup laikov (obr. 2). Uvedený spôsob je alternatívne riešenie prechodom systému TN-C na systém TN-C-S.



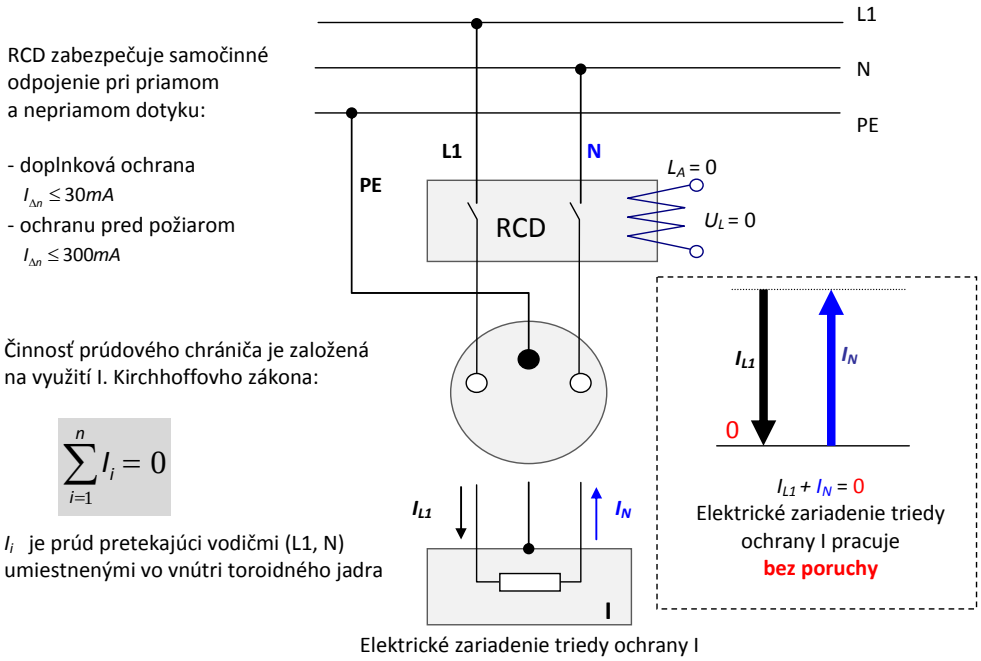
Obr. 1 Ochranné opatrenia zabezpečované pomocou nadprúdových ochranných prístrojov v systéme napájania TN-C

[1] **Ing. Rudolf HUNA**, tel: 0960 423 925, mob: 0905 358 238, e_mail: Rudolf.Huna@aos.sk
[2] **Ing. Jana STAROŇOVÁ**, tel: 0960 423 926, e_mail: Jana.Staronova@aos.sk
Centrum vzdelávania, Akadémia ozbrojených síl gen. M. R. Štefánika v Liptovskom Mikuláši, Demänová 393, 031 01 Liptovský Mikuláš 6, fax: 044/552 49 59



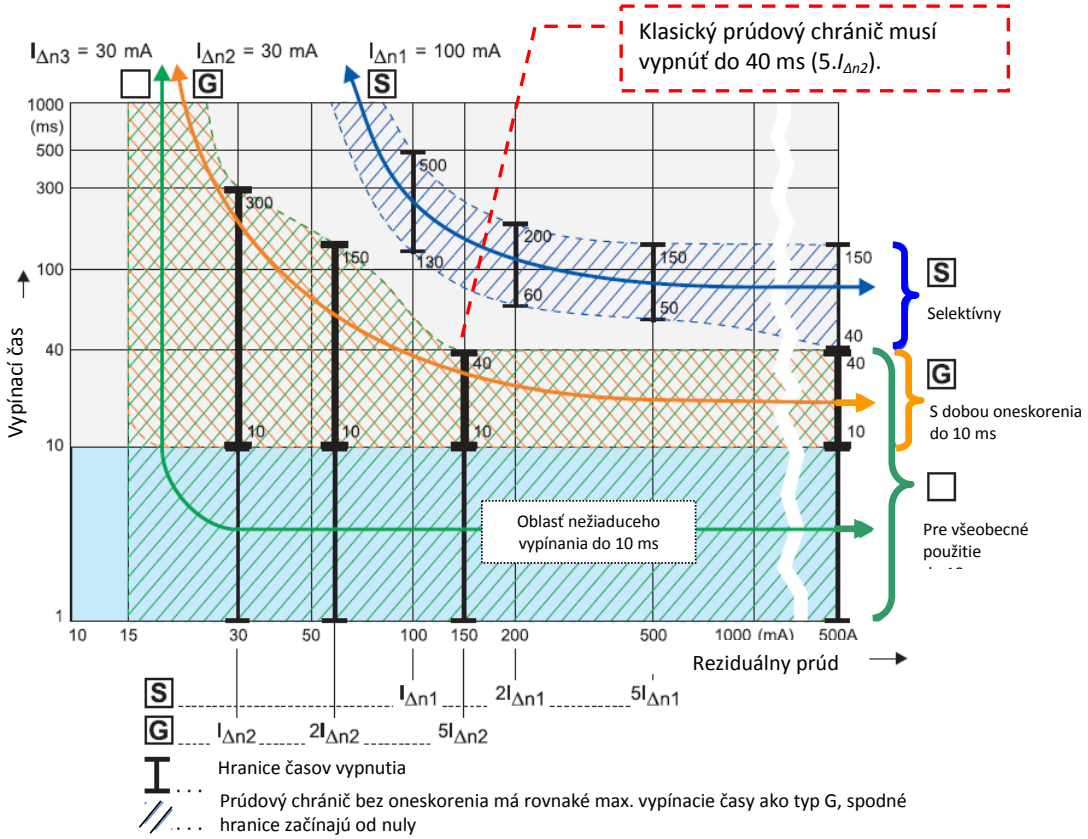
Obr. 2 Spôsob nežiaduceho zásahu elektrickým prúdom v systéme TN-C pri súčasnej inštalácii v stavebných objektoch realizovaných pred účinnosťou STN 33 2000-4-41: 2007

Z hľadiska možného zásahu laika elektrickým prúdom v systéme napájania TN-C pri súčasných elektrických inštaláciách v stavebných objektoch (obr. 2) je potrebné využiť prúdový chránič (RCD), ktorý zabezpečí vo veľmi krátkom čase (milisekundy) jeho ochranu. Ochrana prúdovým chráničom predstavuje podľa STN 33 2000-4-41: čl. 411.3.3 **doplnkovú ochranu prúdovým chráničom s rozdielovým vypínacím prúdom $I_{\Delta n}$=30 mA.** Princíp činnosti prúdového chrániča je znázornený na obr. 3. Vychádza z vyhodnotenia rozdielového prúdu, t. j. porovnáva celkový prúd v jednom smere (I_{L1}) s celkovým prúdom v smere opačnom (I_N). Keď je rozdiel väčší ako je stanovená hranica, dôjde k odpojeniu napájania systému (1. Kirchhoffov zákon).



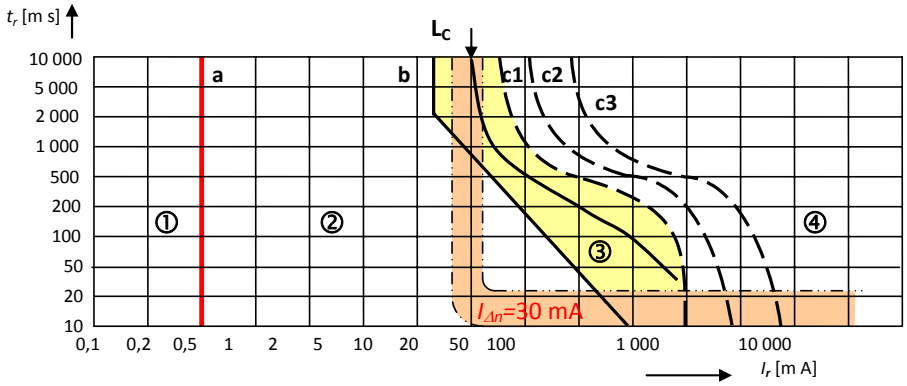
Obr. 3 Princíp činnosti prúdového chrániča (RCD) v systéme napájania TN-S

V súvislosti s funkciou prúdového chrániča je potrebné mať na zreteli, že prúdový chránič nie je obmedzujúcim prvkom, t. z., že neobmedzuje hodnotu prúdu cez neho prechádzajúceho, ale len čas jeho priechodu. Čas priechodu prúdu je daný časom vypnutia. Rozdielový vypínací prúd závisí od impedančných pomerov obvodu a jeho napájacom napätí. Vlastná impedancia prúdového chrániča je oproti celkovej impedancii poruchovej slučky zanedbateľná. Prúdový chránič ako jediný dokáže vyhodnotiť veľký rozsah rozdielových prúdov (jednotky mA). Z hľadiska bezpečnosti je najdôležitejšia rýchlosť/čas vypnutia. Pre systémy napájania TN v domácnostiach a bežnej činnosti odporúča norma STN 22 2000-4-41 čas vypnutia do 0,4 sekundy. Klasický prúdový chránič musí vypnúť pri päťnásobku menovitého reziduálneho prúdu do 40 ms (tab. 1), čo je pre 30 mA chránič zvyčajný telový prúd. Vypínacie časy prúdových chráničov sú znázornené na obr. 4.



Obr. 4 Vypínacie časy prúdových chráničov

Z hľadiska ochrany pred možným zásahom elektrickým prúdom je rozhodujúci čas odpojenia, čo má veľmi dôležitý význam z hľadiska pôsobenia elektrického prúdu na ľudský organizmus. Na obr. 5 sú znázornené účinky striedavého prúdu na ľudský organizmus v závislosti od veľkosti prúdu a času pôsobenia.



Obr. 5 Účinky striedavého prúdu na ľudský organizmus – medzné krivky

Vplyv prúdu je možné rozdeliť do zón (obr. 5), ktoré je možné ohraničiť **PRAHOM VNÍMANIA** elektrického prúdu, ktorý je spojený so znesiteľnými pocitmi (mravčenie, brnenie v svalstve) ovládanými ešte vôľou človeka. Sú to prúdy 0,5 - 2 mA. Na obr. 5 sú vymedzené *zónou 1* a ohraničené hodnotou 0,5 mA, pri ktorej nevznikajú v tkanive spontánne reakcie. Pri prúde okolo 10 mA dochádza ku kŕčom svalstva a postihnutá osoba má problémy sa sama vyslobodiť z prúdového okruhu (obr. 5, *zóna 2*, krivka b). Telové prúdy v tejto zóne spravidla nevyvolávajú žiadnu patofyziologickú zmenu. *Zóna 3* predstavuje prechodovú oblasť, kde prúdy môžu vyvolať kŕče svalov, ktoré človek nedokáže ovládať a dochádza k ťažkostiam s dýchaním.

HRANICU FIBRILÁCIE - elektrický striedavý prúd, ktorý nepriaznivo ovplyvňuje činnosť svalov nezávisle od ľudskej vôle aj srdca. Pri takomto telovom prúde zlyháva pravidelná srdcová činnosť a vznikajú fibrilácie. Uvedený stav spôsobujú prúdy 25 – 30 mA (krivka L_C), *zóna 3* (tab. 1). Krivka c1 znázorňuje 5 %, krivka c2 50 % a krivka c3 viac ako 50 % pravdepodobnosti vzniku fibrilácie. Čím je zásah elektrického prúdu kratší, tým väčší prúd človek znesie. Uvedené rozdelenie platí pre trvalú hodnotu telového prúdu. Krátkodobé zásahy môžu byť neškodné, i pri oveľa vyšších hodnotách, ale len vtedy, keď nezasiahnu vulnerabilnú fázu činnosti srdca.

Tab. 1 Účinky striedavého prúdu na ľudský organizmus – prehľad

Zóna	Pásmo	Fyziologické účinky	
1	do 0,5 mA, priamka ***a***	obyčajne žiadny účinok	
2	0,5 mA až krivka ***b***	obyčajne žiadne škodlivé fyziologické účinky	
3	krivka ***b*** až krivka ***c1***	obyčajne žiadne poškodenie organizmu, pravdepodobnosť svalových kŕčov, dýchacie problémy vrátane porušenia rytmu srdca a komorových fibrilácií, prechodné zástavy srdcovej činnosti bez komorových fibrilácií sa zvyšujú s nárastom prúdu a časom jeho trvania	
4	krivka ***c1*** až krivka ***c2***	výrazne sa zvyšuje pravdepodobnosť vzniku komorových fibrilácií so zástavou dýchania	do 5 % ľudskej populácie
	krivka ***c2*** až krivka ***c3***		do 50 % ľudskej populácie
	za krivkou ***c3***		nad 50 % ľudskej populácie

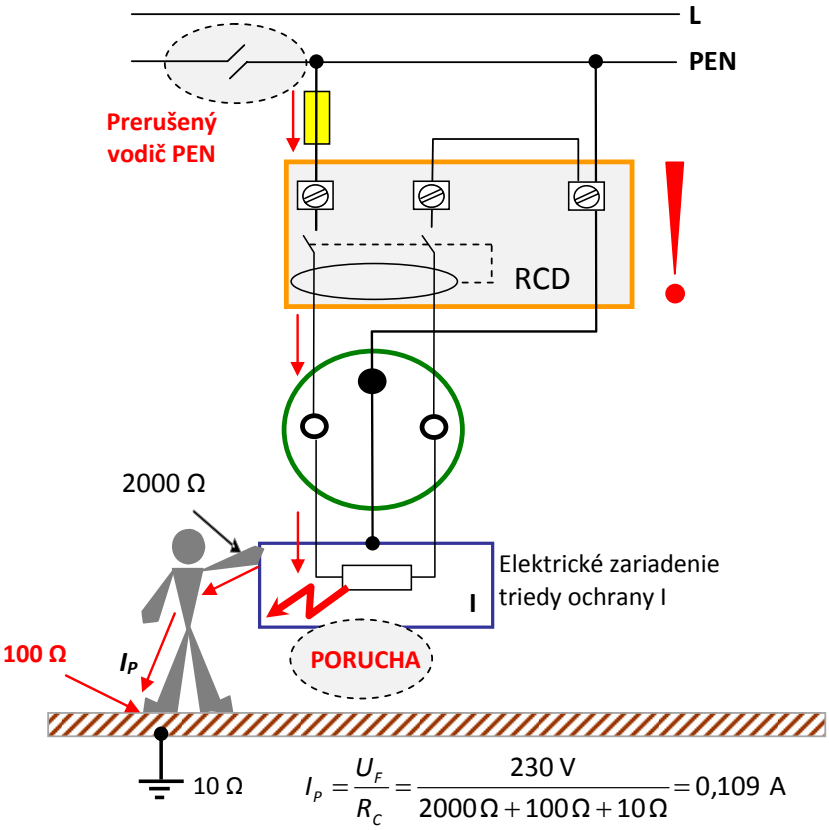
Rozdielový vypínací prúd $I_{\Delta n}$ je základným určujúcim parametrom prúdového chrániča. Prúdový chránič **musí podľa odporúčania normy vypnúť** v rozsahu 0,5 až 1 násobku rozdielového vypínacieho prúdu $I_{\Delta n}$ a **nesmie vypnúť** keď je prúd menší ako 0,5 × $I_{\Delta n}$. Klasický prúdový chránič pre všeobecné použitie s $I_{\Delta n}$ = 30 mA musí vypínať v rozsahu 15 až 30 mA a nesmie vypnúť pri prúdoch menších ako 15 mA. Odporúčané časy vypnutia prúdových chráničov sú uvedené v tab. 2.

Tab. 2. Odporúčané časy vypnutia prúdových chráničov podľa STN EN 61008-1

Typ **RCD**	I_n [A]	$I_{\Delta n}$ [A]	Normalizované hodnoty – **celkové časy vypínania** [s] a **časy nepôsobenia** [s] pri rozdielovom prúde (I_Δ) rovnajúcom sa:				
			$I_{\Delta n}$	2. $I_{\Delta n}$	5. $I_{\Delta n}$	5A, 10 A, 20 A, 50 A, 100 A, 200 A, 500 A	
Pre všeobecné použitie	Akákoľvek hodnota	Akákoľvek hodnota	0,3	0,15	0,04	0,04	Max. časy vypínania
S	> 25	> 0,03	0,5	0,2	0,15	0,15	Max. časy vypínania
			0,13	0,06	0,05	0,04	Min. časy nepôsobenia

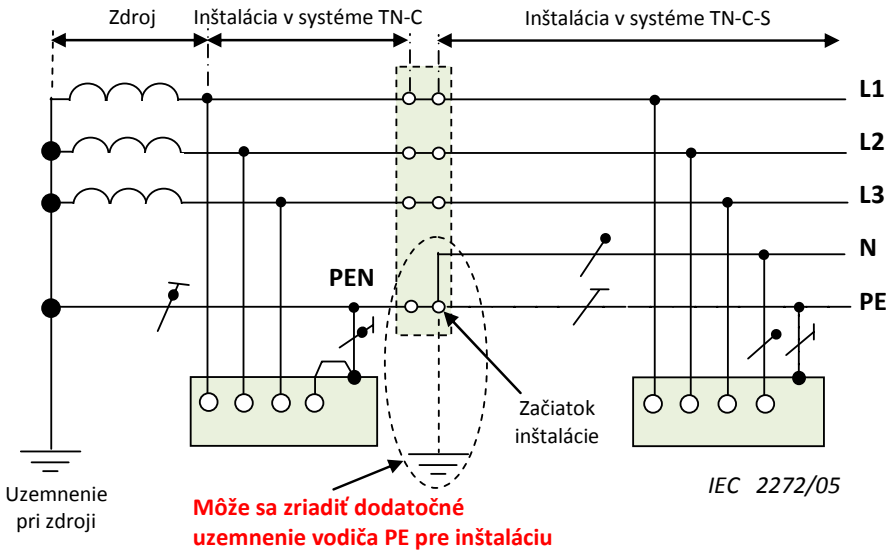
Montáž bezpečnostných zásuviek so zabudovaným prúdovým chráničom do systému TN-C

Inštalácia prúdových chráničov ako doplnkovej ochrany je zásah do súčasnej elektrickej inštalácie (systém TN-C). Je potrebné si ujasniť, či postačuje len zmeniť systém TN-C na systém TN-C-S (obr. 7), alebo je potrebné vykonať novú inštaláciu v systéme TN-S (výmena vodičov, zmena ich prierezov, nutnosť pospájania, v akých priestoroch sa bude elektrická inštalácia a zariadenia používať, kto ju bude používať, spôsob obsluhy...). Pri rekonštrukcii je potrebné mať na zreteli, kde je prúdový chránič zapojený do elektrickej inštalácie TN-C, aby nedošlo **v prípade prerušenia vodiča PEN** pri chránení elektrického zariadenia/spotrebiča triedy ochrany **I** k možnému zásahu elektrickým prúdom. Takáto doplnková ochrana prúdovým chráničom by bola mohla byť zbytočná.



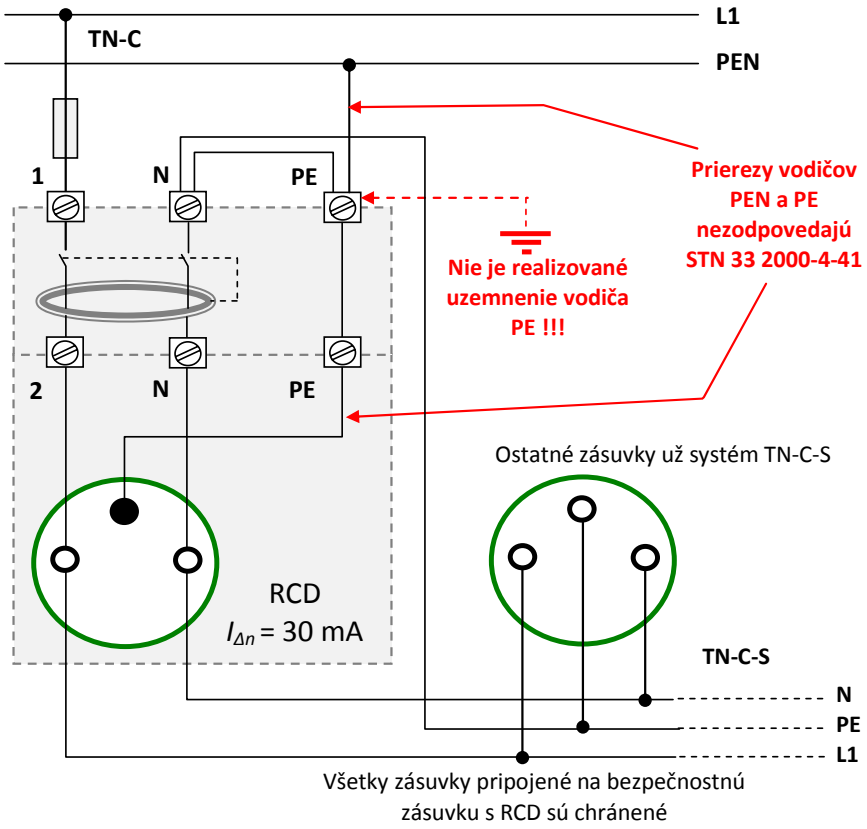
Obr. 6 Príklad možného nebezpečenstva zásahu človeka elektrickým prúdom **pri prerušení vodiča PEN** a **súčasnej poruche spotrebiča triedy ochrany I**

Ak uvažujeme prípad, že dôjde k **prerušeniu vodiča PEN** v systéme TN-C a **súčasne k poruche elektrického zariadenia triedy ochrany I,** potom pri zapojení podľa obr. 6, pri náhodnom dotyku elektrického zariadenia človekom/laikom, jediným ochranným prvkom pred zásahom elektrickým prúdom zostáva doplnková ochrana prúdovým chráničom. Ak by v extrémnom prípade ani tento prvok nezareagoval, poruchový prúd by sa uzatvoril priamo cez telo človeka, ktorý sa náhodne dotýka elektrického zariadenia triedy ochrany I. Takáto kombinácia porúch - prerušenie vodiča PEN, súčasná porucha elektrického zariadenia triedy ochrany I a nefunkčnosť prúdového chrániča je ale v praxi naozaj ojedinelá. Najvhodnejšie riešenie uvedeného problému je vytvorenie novej inštalácie TN-C-S s jej uzemnením v mieste rozdelenia vodiča PEN na PE a N (obr. 7). Taktiež ale nie je vylúčené použiť alternatívne riešenie v podobe použitia bezpečnostnej zásuvky so zabudovaným prúdovým chráničom v systéme TN-C alebo aj TN-C-S (obr. 8, 9).



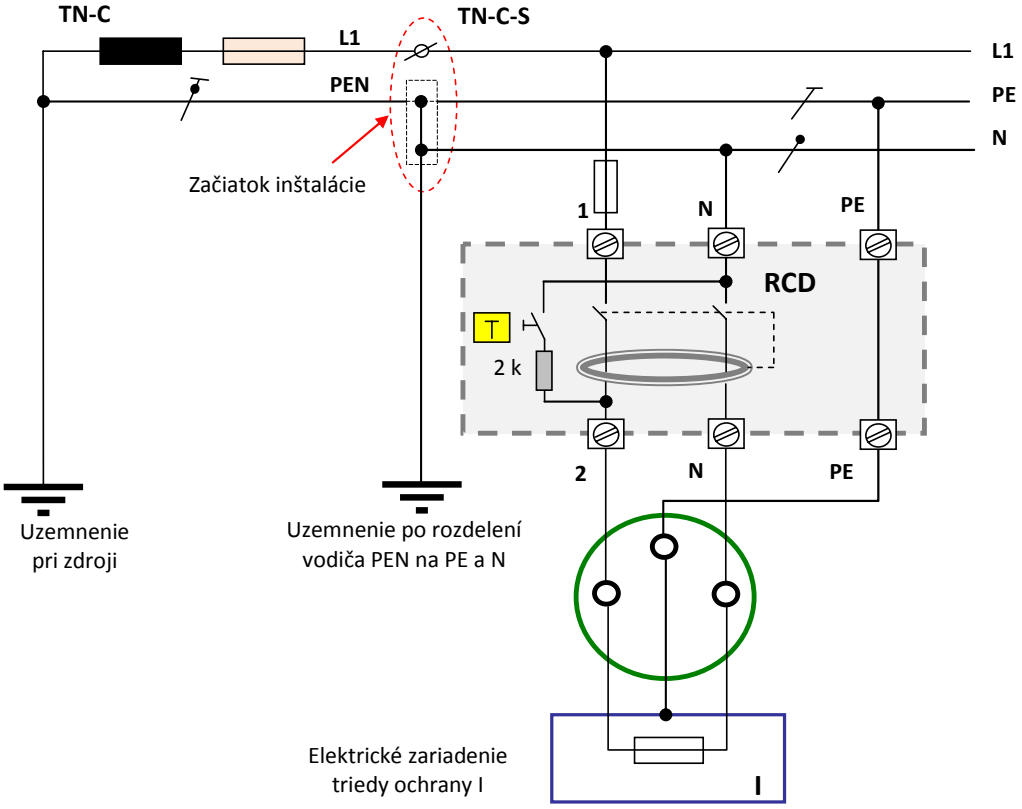
Obr. 7 Trojfázová, štvorvodičová sieť TN-C-S, v ktorej je vodič **PEN** rozdelený na vodič **PE** a vodič **N** na začiatku inštalácie (STN 33 2000-1: 2009 obr. A.31B2)

V súčasnom období sa v stavebných objektoch verejnej a štátnej správy a podnikateľskej sfére nachádza ešte asi 70 až 80 % elektrických inštalácií so systémom napájania TN-C. Pri používaní veľkého množstva elektrických zariadení je v prípade, že nechceme robiť celkovú rekonštrukciu elektrickej inštalácie, jednou z ciest ako zabezpečiť ochranu laikov (ktorý môžu byť pri obsluhe alebo nežiaducej manipulácii zasiahnutí elektrickým prúdom) použitie prúdového chrániča s rozdielovým vypínacím prúdom $I_{\Delta n}$=30 mA (obr. 8).

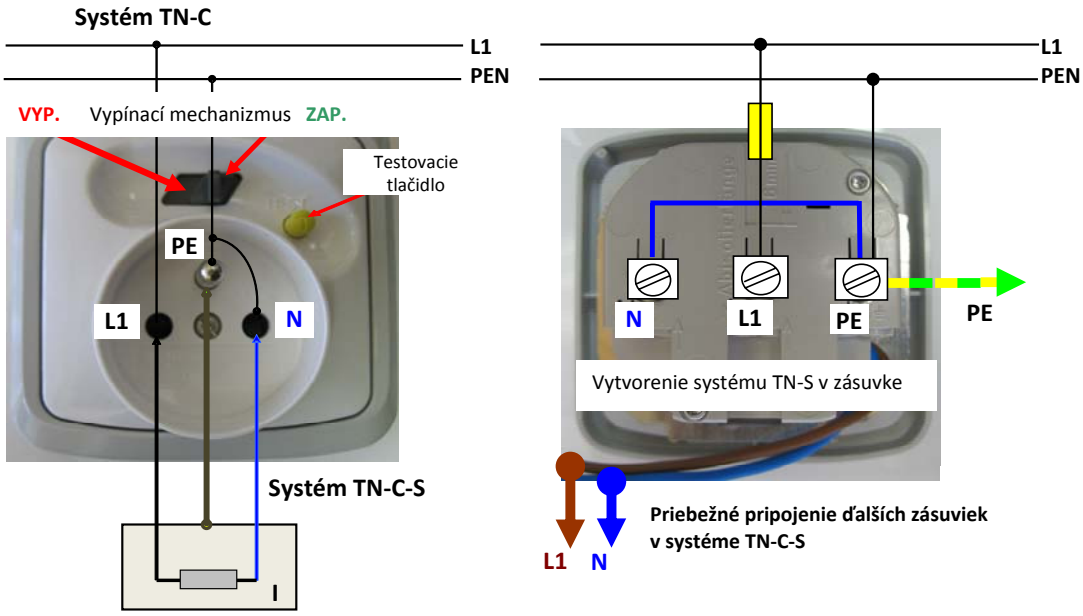


Obr. 8 Zapojenie bezpečnostnej zásuvky so zabudovaným prúdovým chráničom do systému TN-C

Elektrická inštalácia až k bezpečnostnej zásuvke so zabudovaným prúdovým chráničom nie je chránená - chránený je len človek, ktorý manipuluje s elektrickým zariadením na strane od bezpečnostnej zásuvky smerom ku zariadeniu. Obdobne je možné zapojiť takúto zásuvku aj do systému TN-C-S (obr.9). Rekonštrukciou bezpečnostnej zásuvky so zabudovaným prúdovým chráničom (vytvorením systému ochrany TN-C-S zo systému TN-C) je možné zvýšiť ochranu všetkých zásuvkových vývodov stávajúcich stavebných objektov s pomerne nižšími finančnými a časovými stratami.



Obr. 9 Odporúčané zapojenie prúdového chrániča v systéme napájania TN-C-S



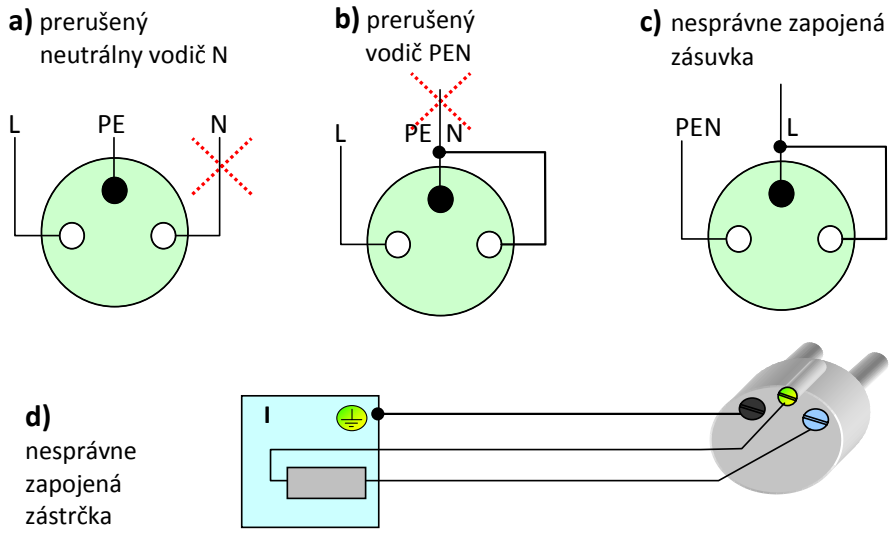
Obr. 10 Bezpečnostná zásuvka so zabudovaným prúdovým chráničom
typ 5526A-C02359 firmy ABB

Na elektrotechnickom trhu sa nachádza množstvo takýchto bezpečnostných zásuviek od renomovaných výrobcov (obr. 10). Z hľadiska samotnej montáže do stávajúcej nn elektrickej inštalácie v systéme napájania TN-C-S je ale potrebné pripomenúť, že **nebudú dodržané podmienky (STN 33 2000-4-41) pre:**

- použitie prierezu ochranného vodiča PEN a PE (minimálna hodnota pri použití vodiča Cu - 6 mm^2; pri použití vodiča Al – 10 mm^2;). V obvodoch za použitia bezpečnostnej zásuvky so zabudovaným prúdovým chráničom to môžu byť hodnoty 1,5 – 2,5 mm^2 Cu, alebo 2,5 – 4 mm^2;
- uzemnenie (alternatívne riešenie) v bode rozdelenia systému napájania TN-C-S (obr. 7);

Bezpečnostné zásuvky so zabudovaným prúdovým chráničom je možné realizovať z hľadiska bezpečnosti laikov ako doplnkovú ochranu v systéme napájania TN-C v súlade s odporúčaniami podľa noriem radu STN 33 2000-7:

- v domácnostiach pre všeobecné použitie pri používaní spotrebičov (šnúrové vedenia, predlžovacie prívody na prenosné spotrebiče, svietidlá, ručné elektrické náradie a pod.);
- v stavebníctve (dočasné stavebné rozvody, búraniská, stavebné skrine na pohyblivých prívodoch, stavebné elektrické stroje a nástroje, vagóny a lokomotívy, garáže a pod.);
- špeciálne zariadenia napájané z pohyblivých prívodov, využívané v dočasných zariadeniach (napr. pre mobilnú vojenskú techniku, kempingové vozidlá, vozidlá satelitnej techniky a pod.);
- v zdravotníctve (lekárske prístroje a technika);
- v poľnohospodárstve (elektrické stroje, dopravníky a pod.);
- v nebezpečných priestoroch (kúpeľne, mokré prostredia, vonkajšie priestory a pod.);
- v budovách verejnej/štátnej správy/podnikateľskej verejnosti so systémom napájania TN-C (školy, hotely, nemocnice, letiskové haly, športoviská/telocvične/viacúčelové haly);



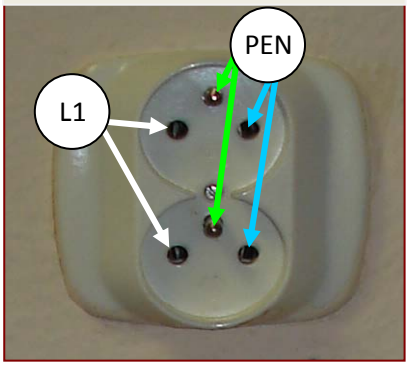
Obr. 11 Prípady, kedy prúdový chránič chráni laika pred zásahom elektrickým prúdom

Prúdové chrániče vypínajú (zabezpečujú ochranu) hlavne pri:

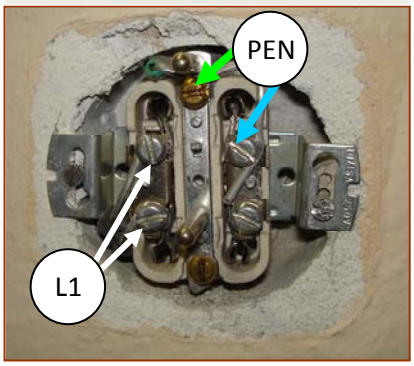
- poruche izolácie,
- dotyku človeka so živou časťou – priamy dotyk,
- dotyku človeka s neživou vodivou časťou pri poruche – nepriamy dotyk,
- nesprávne zapojenej zástrčke (zámena krajného vodiča s ochranným),
- prerušení vodiča PEN.

Praktická inštalácia bezpečnostnej zásuvky so zabudovaným RCD (5526A - C02369, typ FIF 16/2 firmy ABB) do systému napájania TN-C

Klasická dvoj-zásuvka
systém napájania TN-C (s krytom)

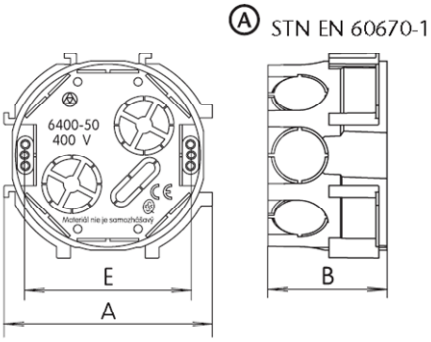


Klasická dvoj-zásuvka
systém napájania TN-C (bez krytu)

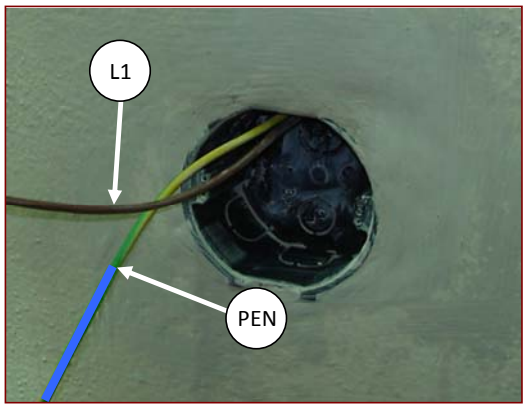


Obr. 12 Pôvodná inštalácia klasickej dvoj-zásuvky zapojenej v systéme TN-C (predná strana s krytom a bez krytu)

Výmena zásuvkovej škatule pre inštaláciu bezpečnostnej zásuvky so zabudovaným prúdovým chráničom 5526 A-C02369 typ FIF 16/2

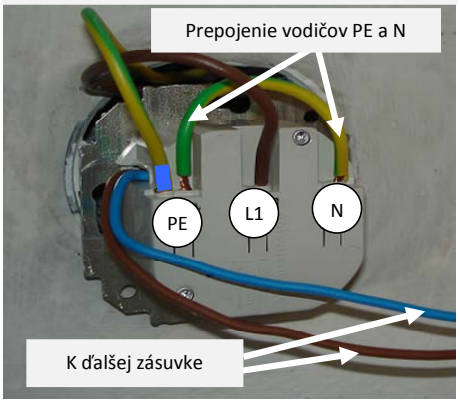


Typ \ [mm]	A	B	E
6400-5x	74	43	60

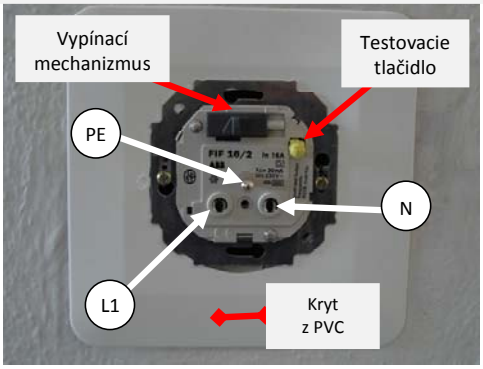


Obr. 13 Inštalácia univerzálnej prístrojovej škatule pod omietku

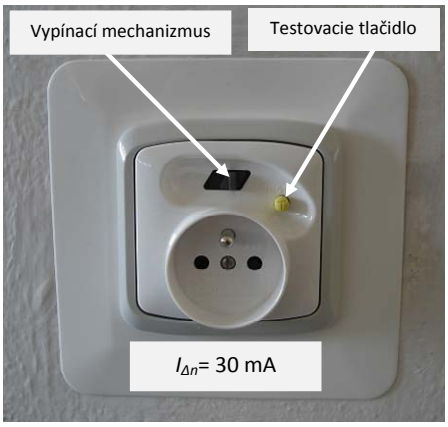
Zapojenie 5526A-C02369, typ FIF 16/2
(zadná strana)



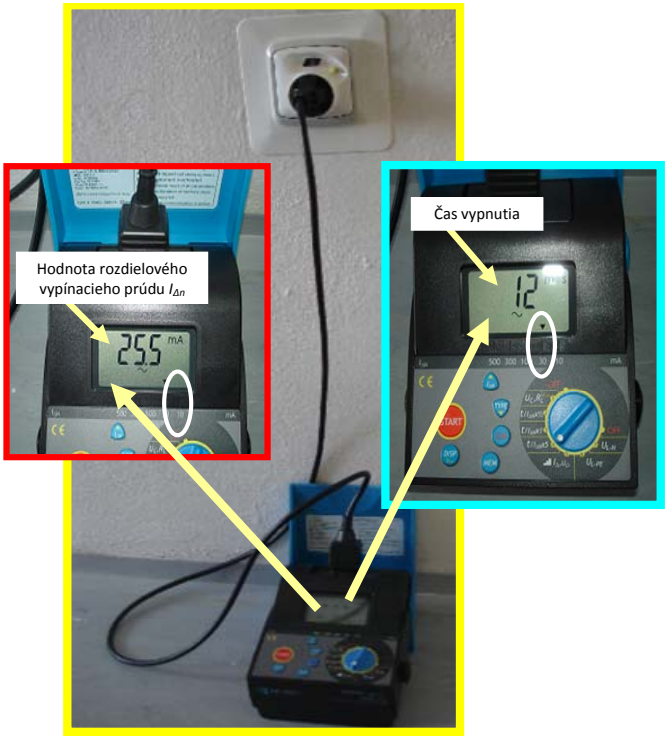
Nainštalovaná bezpečnostná zásuvka so zabudovaným prúdovým chráničom 5526A-C02369, typ FIF 16/2
(predná strana bez krytu) **TN-C-S**



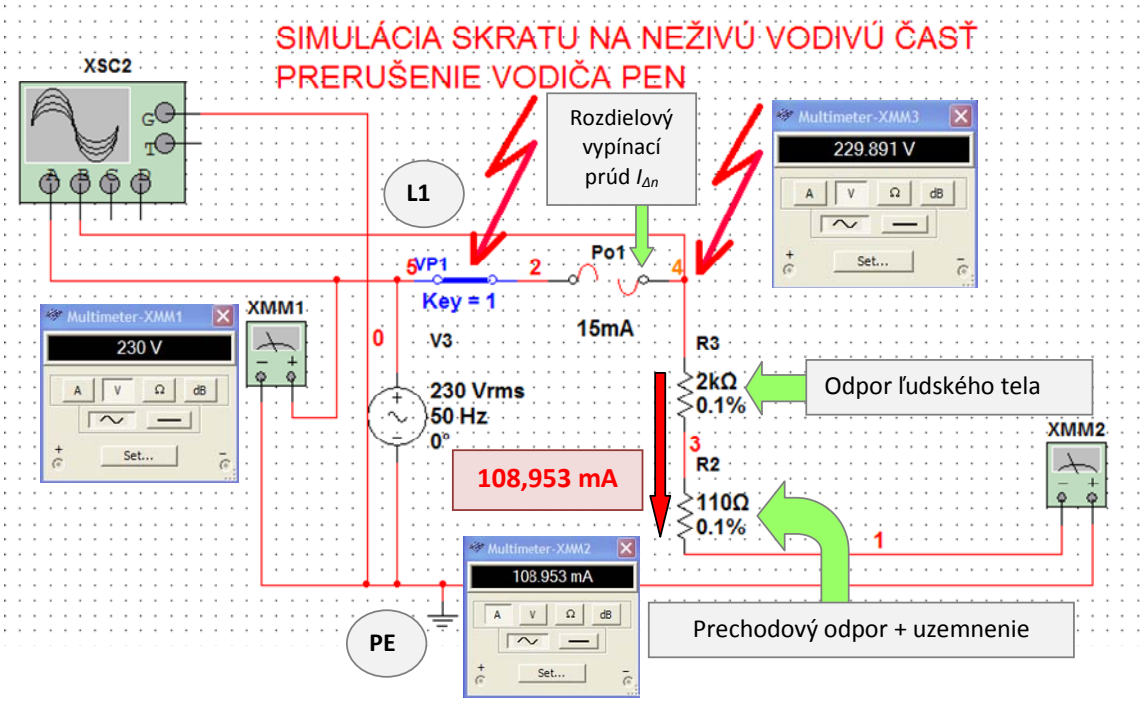
Obr. 14 Inštalácia 5526A-C02369 typ FIF 16/2 (zadná a predná strana) v systéme TN-C-S



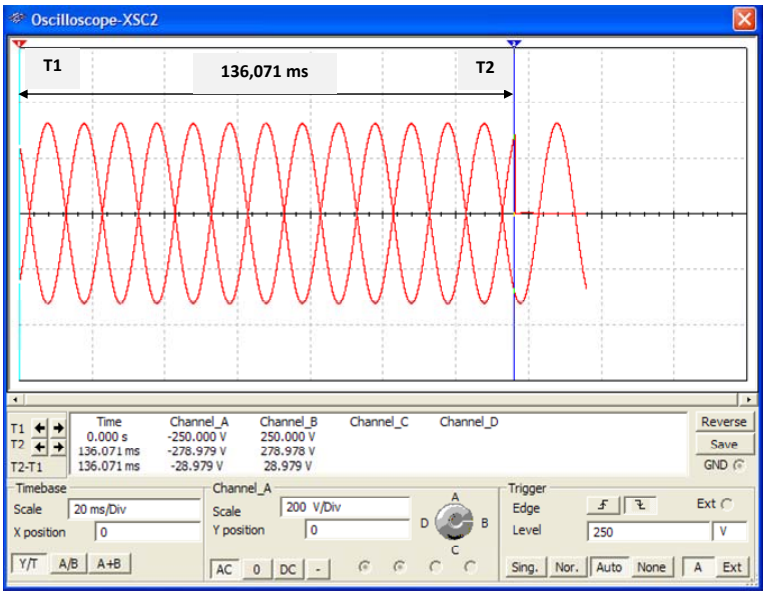
Obr. 15 Nainštalovaná bezpečnostná zásuvka so zabudovaným prúdovým chráničom



Obr. 16 Meranie rozdielového vypínacieho prúdu ($I_{\Delta n}$) a času vypnutia ($_{\Delta}t$) nainštalovanej bezpečnostnej zásuvky



Obr. 17 Simulácia skratu na neživú vodivú časť pri prerušenom PEN vodiči pomocou programu MULTISIM, zapojenie podľa obr. 6



Obr. 18 Zobrazenie funkcie RCD pomocou MULTISIMU, zapojenie podľa obr. 6

Záver

V súčasnosti sa za najbezpečnejšiu ochranu pred možným zásahom elektrickým prúdom pri práci s elektrickým ručným náradím/elektrickým spotrebičom triedy ochrany I, ktoré sa pri práci s nimi držia v ruke a napájané sú zo šnúrových vedení a z pohyblivých predlžovacích prívodov, považuje **doplnková ochrana prúdovým chráničom** v súlade s STN 33 2000-4-41: 2007.

Medzi najdôležitejšie zásady z hľadiska ochrany laikov patrí:

- používanie certifikovaných troj alebo päť pramenných šnúrových vedení a predlžovacích pohyblivých prívodov, ktorých dĺžka nemá prekročiť 50 m;
- použitie kvalitnej izolácie a vhodného prierezu vodičov;
- používať neiskriace a odrušené elektrické ručné náradie/spotrebiče podľa typu vonkajšieho prostredia;
- kvalitný odporu uzemnenia pre elektrické spotrebiče v systéme TT;
- zodpovedajúca impedancia slučky pre elektrické spotrebiče v systéme TN;
- použitie prepäťových ochrán, najmä v prípade citlivej elektroniky z hľadiska napájania a ochrany pred atmosférickými výbojmi;
- používať elektrické ručné náradie/spotrebiče s triedou ochrany II.

Literatúra

[1] ABB Slovensko – firemná dokumentácia.

[2] Štěpán. F.: Proudové chrániče. Knižnice Elektro. Svazek 37. ISBN 80-902333-3-3. 1997. IN-EL.

[3] Huna, R.- Cibira, G.- Staroňová, J.: Vplyv dĺžky vedenia predlžovacieho prívodu na samočinné odpojenie napájania. Zborník prednášok z XV. odborného seminára. Str. 57-66. ISBN 978-80-969282-3-1. 2007. AOS Liptovský Mikuláš.

[4] STN 33 2000-7-717: 2010 Elektrické inštalácie v budovách. Požiadavky pre špeciálne inštalácie v budovách (na inštaláciu v špeciálnych priestoroch). Mobilné prostriedky.

[5] STN 33 2000-4-41: 2007 Elektrotechnické inštalácie nízkeho napätia. Časť4-41: Zaistenie bezpečnosti. Ochrana pred zásahom elektrickým prúdom.

[6] STN EN 61008-1: Prúdové chrániče bez vstavanej nadprúdovej ochrany pre domácnosti a na podobné použitie (RCCB). Časť 1: Všeobecné pravidlá

[7] Proudové chrániče - jak mohou být využívány. ETM č. 3/2008, str. 18-20., ETM č. 4/2008, str. 12-14.