

## Zásady volby proudových chráničů

Ing. František ŠTĚPÁN – Eaton Elektrotechnika s.r.o., Praha, ČR

---

---

V současné době se s proudovými chrániči setkáváme ve všech nových instalacích nízkého napětí a podle účelu jejich použití jsou definovány tyto oblasti nasazení:

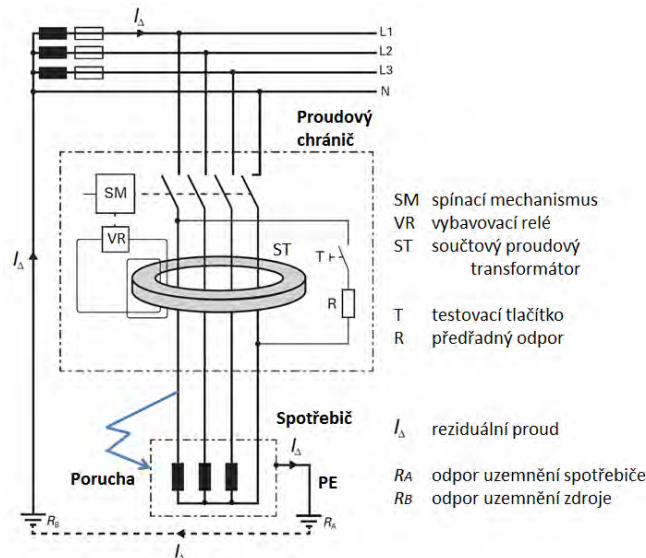
- 1. doplňková ochrana proudovým chráničem s citlivostí  $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ ;**
- 2. ochrana automatickým odpojením v případě poruchy** (volba citlivosti závisí na podmínkách v místě instalace);
- 3. ochrana před vznikem požáru od plazivých proudů proudovým chráničem s  $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$ .**

Z uvedených případů je nejdůležitější doplňková ochrana citlivými proudovými chrániči. Podmínky jsou uvedeny v STN 332000-4-41: 2007 a povinnost se ztahuje téměř na všechny instalace obsluhované lidmi bez elektrotechnické kvalifikace. Výjimkou jsou pouze vyjmenované případy, kdy možné nežádoucí vybavení může způsobit velké materiální škody (lednice, napájení počítačů, aj.). Citlivost proudových chráničů s hranicí do 30 mA vychází z poznatků o působení elektrického proudu na člověka a ves truchnosti se řídají uvést následující limity:

- proudy v rozmezí 10 až 30 mA nevedou sice ke smrti, ale při jejich delším působení dochází ke křečím svalů, potížím při dýchání atd.
- **proudy s hodnotami nad 30 mA mohou být i smrtelné, pokud nedojde k rychlému odpojení**
- proudy do 500 mA způsobí smrt, procházejí-li déle než cca 0,5 s;
- proudy nad 500 mA bývají smrtelné i při krátkých dobách průchodu.

### Princip funkce proudového chrániče

Popisovat funkci proudového chrániče se zdá jako nošení dříví do lesa, ale množství dotazů a vlastní formulace dotazů jasně napovídá, že není od věci začít od základů. Každý proudový chránič má tři základní konstrukční části - **součtový proudový transformátor**, **vybavovací relé** a **spínací mechanismus**. Pro správnou funkci proudového chrániče musí součtovým transformátorem procházet **všechny pracovní vodiče** (L1, L2, L3, N, případně alespoň počet vodičů potřebný pro správnou funkci spotřebiče).



**Obr. 1:** Zapojení a činnost proudového chrániče

Proudový chránič pracuje na principu porovnávání proudů v pracovních vodičích, které procházejí jeho součtovým proudovým transformátorem. Za normálního stavu (bez zemní poruchy), je součet okamžitých hodnot proudů roven nule. V jádru součtového proudového transformátoru se indukují magnetické toky od jednotlivých pracovních vodičů, a protože proudy mají opačnou orientaci, jejichž okamžitý součet je nulový. Teprve v okamžiku vzniku zemního proudu začíná odtékat určitá část proudu mimo pracovní vodiče a vzniká nerovnovážený stav. To způsobí vybuzení odpovídajícího magnetického toku v jádru součtového proudového transformátoru. Vzniklé napětí na výstupním vinutí vytvoří proud, který uvede v činnost vybavovací relé a to dá popud k vypnutí kontaktů proudového chrániče. Citlivé proudové chrániče zaručují ochranu před smrtelným úrazem v případech, kdy vznikne reziduální proud, tj. v případě, že poruchový proud odtéká mimo proudový chránič. Z principu funkce ale nejsou schopné reagovat na situaci, kdy poruchový proud protéká pouze mezi pracovními vodiči (dvoupólový dotyk osoby, zkrat mezi pracovními vodiči).

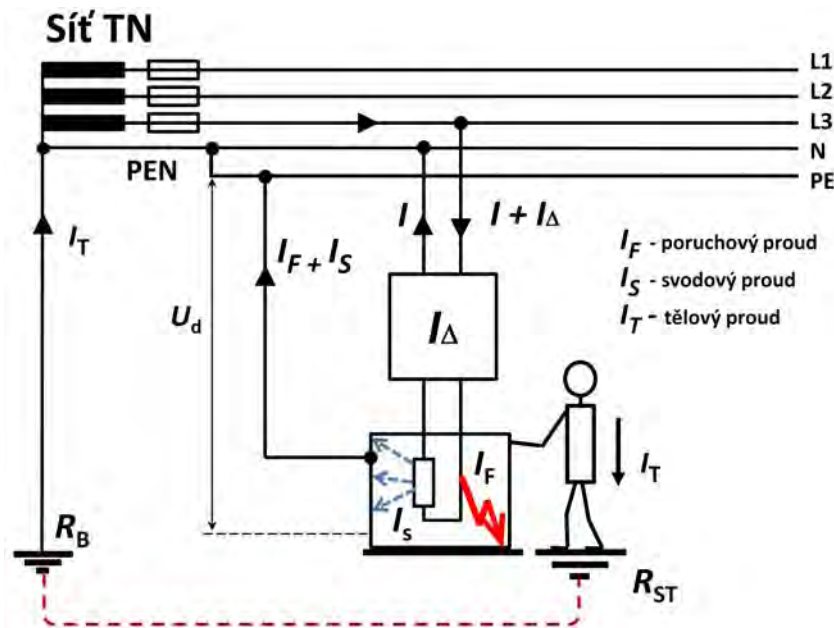
Často otázkou je správná funkce proudového chrániče při nerovnoměrné zátěži. Jestliže se proudy uzavírají jen mezi pracovními a nevznikne žádný reziduální proud (= proud, který by odtékal mimo pracovní vodiče), pak je okamžitý součet proudů roven nule. Pokud ve fázových vodičích neprotékají stejně velké proudy, vytváří se ve středním vodiči vyrovnávací pracovní proud, který odtéká zpět k uzlu zdroje. Velikost a průběh proudu, společně s fázovým posunem mezi napětím a proudem jsou závislé na druhu zátěže a nejvíce je ovlivňuje nejzatíženější fáze. **Nerovnoměrná zátěž ve fázích nemá vliv na správnou funkci proudového chrániče**, a to ani v případech, kdy v některém z pracovních vodičů neteče vůbec žádný proud. Toto je případ spotřebičů s dvojfázovým napájením, nebo bez zapojeného středního vodiče (třífázový asynchronní motor).

Nejasnosti vznikají také z výsledků měření proudů v jednotlivých fázích a středním vodiči odděleně, kdy vychází jiné výsledky, než při měření pomocí součtového proudového transformátoru. Měřením proudů v jednotlivých vodičích získáváme pouze informaci o absolutní

hodnotě proudu (podle přístroje buď efektivní nebo střední), nikoli úplnou informaci o velikosti, čase a fázovém posunu !! Teprve použitím společného součtového proudového transformátoru, kterým procházejí všechny pracovní vodiče, se dosáhne požadovaného porovnání vektorů proudů v každém okamžiku, (vektor je definován velikostí a fázovým posunem).

## Ochrana při poruše v sítích TN

Ochrana automatickým odpojením od napájení v síti TN je nejrozšířenější ochranou na území České republiky a ve velké části Evropy. Její princip spočívá v odpojení vadné části elektrického zařízení pomocí ochranného vodiče, který spojuje všechny neživé části elektrického zařízení s nulovým bodem zdroje. Základní podmínkou pro síť TN je, aby při zkratu mezi fázovým vodičem a neživou částí vznikl dostatečně velký proud proud, který je vyšší nebo roven vybavovacímu proudu  $I_a$  předřazeného jisticího přístroje. K vypnutí musí dojít v předepsaném čase, který je pro dané prostředí nebo použití předepsán (0,2 s, 0,4 s, 5 s, případně až 30 s pro rozvodné sítě).



Obr. 2 Síť TN s proudovým chráničem

Hlavním kritériem bezpečnosti při automatickém odpojení je doba odpojení poruchy. V síti TN je pro distribuční rozvody a pro upevněná zařízení, je doba odpojení do 5 sekund. V případě, že není možné dosáhnout předepsaných časů odpojení, uplatní se doplňující pospojování. Maximální doby odpojení pro koncové obvody v sítích TN s napětím proti zemi 230 V a proudy do 32 A jsou do 0,4 s. Pokud se použijí proudové chrániče, jsou požadované vypínací časy splněny s velkou rezervou. Vypínací proud  $I_a$  se nahrazuje hodnotou jmenovitého reziduálního proudu  $I_{\Delta n}$ , čímž se podmínka pro impedanci vypínací smyčky stává snadno splnitelnou ve všech případech.

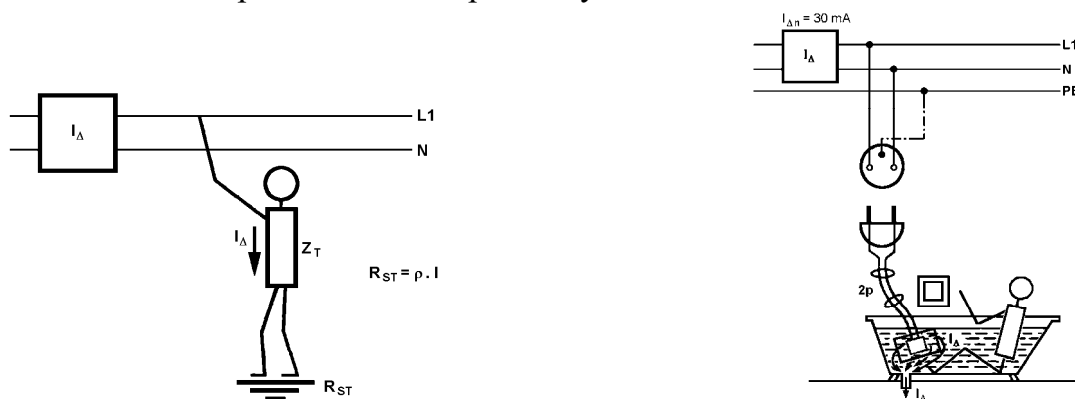
$$Z_S \leq U_o / I_{\Delta n}$$

## Rozdělení vodičů PE a N

Dosud nejpoužívanějším druhem sítě u nás je síť TN-C, pro kterou je společný nulovací a ochranný vodič. Použití proudového chrániče v síti TN-C je výslovně zakázáno, což vychází z principu jeho funkce. Při vzniku poruchy není takto zapojený chránič schopen plnit svoji funkci. **Rozdělení vodiče PEN na PE a N** v určitém bodě rozvodu (v hlavním rozváděči, v domovní rozvodnici) je základní podmínkou pro jeho použití. Tím získáváme síť TN-C-S. **Vodiče PE a N se v instalaci za proudovým chráničem nesmí nikde spojit.** V budovách s vlastním transformátorem se používá síť TN-S, kde se oddělení N a PE vodičů provede již v hlavním rozváděči u transformátoru. Vodiče PE a N jsou v celé instalaci vedeny odděleně.

## Doplňková ochrana s proudovým chráničem

Přes veškerou snahu o zajištění co nejlepší bezpečnosti nastávají situace, že se i kvalitní izolace poškodí, dojde k vniknutí vody do elektrického předmětu, případně dojde při neopatrnosti k dotyku s vodivou částí pod napětím. Pak je nutné mít v záloze citlivý proudový. Proto se také mluví o doplňkové ochraně proudovým chráničem s citlivostí  $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ .



**Obr. 3** Případy doplňkové ochrana proudovým chráničem s  $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$

Použití proudových chráničů s citlivostí  $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$  se ale nepovažuje za jediné možné ochranné opatření a nezabývá nutnosti použít jedno z ochranných opatření před úrazem elektrickým proudem. Pro elektrická zařízení třídy ochrany I je to nejčastěji ochrana automatickým odpojením od zdroje nebo u předmětů třídy izolace II je to ochrana dvojitou izolací.

Povinné použití proudových chráničů s  $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$  je pro všechny venkovní zásuvky do jmenovitého proudu 20 A a pro zásuvky, u nichž lze předpokládat využití k napájení přenosného ručního nářadí používaného venku. Ochrana citlivým proudovým chráničem nemusí být u venkovních zásuvek použita jen ve výjimečných případech, je-li použit bezpečnostní oddělovací transformátor, nebo že se spotřebičem pracuje osoba s elektrotechnickou kvalifikací, nebo elektrický předmět má dvojitou izolaci. Stále ale zůstává riziko poškození pohyblivých přívodů.

Použití citlivého proudového chrániče je předepisováno ve všech případech, kde hrozí zvýšené riziko úrazu elektrickým proudem. Na funkci proudového chrániče nemá vliv druh sítě (TN, TT, případně IT), samozřejmě při zohlednění zvláštností jednotlivých druhů sítí.

## Ochrana před nebezpečím požáru

V případech, kdy by mohl i relativně malý unikající proud způsobit **lokální přehřátí izolace** nebo hořlavého okolí, je nutné použít kvalitní izolace kabelů v kombinaci s vhodným proudovým chráničem s citlivostí do 300 mA. Tato citlivost vychází z výsledků měření, která potvrdila, že pro zapálení dřeva, slámy, sena a dalších obvyklých hořlavých hmot postačuje ztrátový výkon od 20 do 100 W. Vzhledem k toleranci vybavovacích proudů dochází k vybavení již při ztrátovém výkonu cca 40 W.

Minimální požadavky na použití elektrických zařízení v prostorách, kde ve vysoké riziko vzniku požáru jsou dány normou STN 332000-4-482: Ochrana proti požáru v prostorách se zvláštním rizikem nebo nebezpečím. Zde se ukládá povinnost používat proudové chrániče s  $I_{\Delta n} \leq 300$  mA ve všech případech, kde je elektrické zařízení ve styku s hořlavými hmotami. Jedná se zejména o prostory pro **výrobu, zpracování a skladování hořlavých materiálů, včetně hromadění prachu** (sklady, zpracování dřeva, papírny, textilní továrny aj.). Její platnost se vztahuje i na výběr a provedení instalací v místech s převážně hořlavými hmotami ve stavebních konstrukcích, jakými jsou například sádkokartonové dělicí příčky s dřevěnou konstrukcí a rovněž i v místech s ohrožením nenahraditelného zboží a předmětů (muzea, galerie, knihovny, depozitáře, historické budovy atd.). Vzhledem k dlouhodobému působení plazivých proudů v běžných instalacích je podstatná jen citlivost do 300 mA, typ a vypínací charakteristiky nejsou důležité. V obvodech s možným výskytem stejnosměrných reziduálních proudů s vyššími frekvencemi se nabízí typy Bf, B+.

Proudový chránič nezareaguje na jiskření mezi pracovními vodiči, kdy nedojde ke vzniku unikajícího proudu proti zemi a ještě nedojde ke zkratu, na který by reagovala nsdproudová ochrana. Pro tyto případy je nutné použít ochranný přístroj proti oblouku AFDD (*angl. Arc Fault Detection Device*). Jedná se o speciální typ ochranného přístroje s elektronickým vyhodnocením průběhu pracovního proudu, který je schopen vyhodnotit vznikající jiskření a zajistí odpojení rizikové části instalace. V kombinaci s proudovým chráničem a jističem se tak získá nejvyšší možná ochrana před všemi předpokládanými poruchami v koncových obvodech.

## Typy a konstrukce proudových chráničů

Definice uvedená ve výrobních normách:

**„Proudový chránič je mechanický spínací přístroj nebo kombinace přístrojů navržených tak, aby způsobily rozepnutí kontaktů, když reziduální proud dosáhne pracovní hodnoty za předepsaných podmínek. Proudový chránič může být kombinací různých oddělených prvků navržených k detekci a vyhodnocování a k zapínání a vypínání proudu“.** Proudový chránič tedy může být řešen jako kompaktní přístroj v jednom krytu, nebo může být tvořen sestavou několika samostatných přístrojů (součtový proudový transformátor + stykač + chráničové relé), které plní požadovanou funkci až po vzájemném propojení.

## Proudové chrániče (RCD)

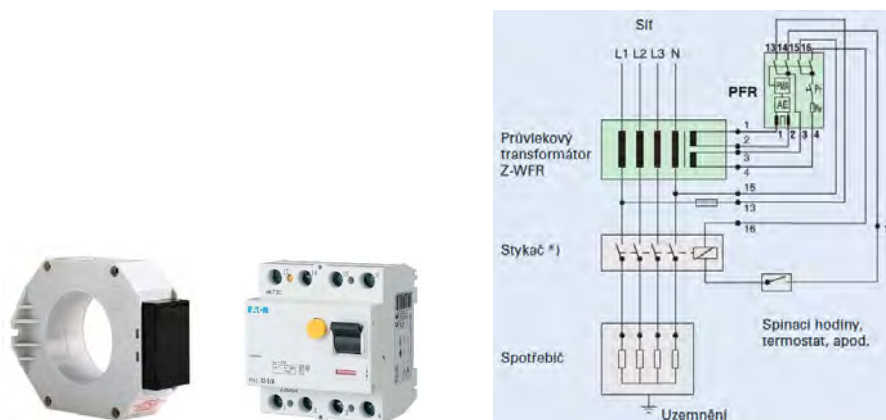
Pokud se mluví pouze o ochranné funkci, pak se používá obecné označení proudový chránič (*RCD – Residual Current Device*). Teprve při nutnosti charakterizovat konkrétní vlastnosti, nebo způsob instalace, se použije přesnější označení (*RCCB, RCBO, MRCCB, CRB, ..*).

## Proudové chrániče bez nadproudové ochrany (RCCB)

Proudové chrániče bez nadproudové ochrany jsou nejčastěji používanými typy (*RCCB – Residual Circuit Current Breakers*). Vlastnosti jsou dány základním souborem norem IEC 61008 - Proudové chrániče bez nadproudové ochrany pro domovní a podobné použití (*RCCB*). Podmínkou použití je zajištění ochrany proti nadproudům (přetížení, zkrat)



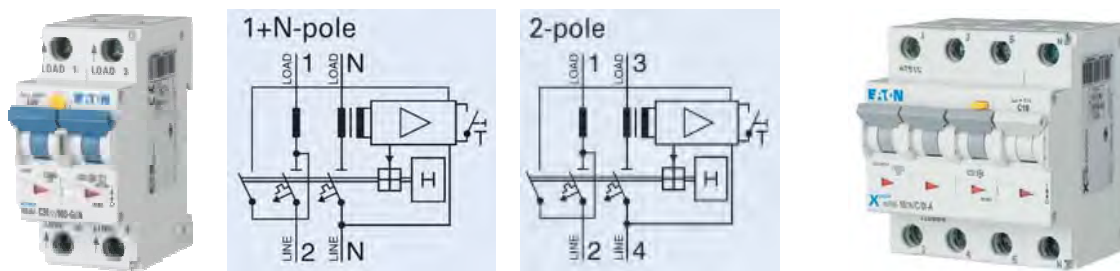
**Obr. 4** Proudový chránič bez nadproudové ochrany (*RCCB*), pro pevnou montáž, kompaktní přístroj pro montáž na přístrojovou lištu



**Obr. 3** Proudový chránič s nepřímým vypínáním – sestava chráničového relé s transformátorem a stykačem do 400 A

## Proudové chrániče s nadproudovou ochranou (RCBO)

Proudové chrániče s vestavěnou nadproudovou ochranou jsou nejčastěji navrženy jako kompaktní přístroje, které sdružují funkci proudového chrániče a jističe. Vestavěný jistič řeší problém ochrany před nadproudou a pro instalaci a současně i pro kontakty spínacího mechanismu. Požadavky na konstrukci a zkoušení jsou uvedeny v souboru norem EN 61009: Proudové chrániče s vestavěnou nadproudovou ochranou pro domovní a podobné použití (*RCBO*).



a) 2-pólový, typ A,  $I_n$  do 40 A,  $I_{cn} = 6$  kA, charakteristika G, napětově závislý, se signalizací hodnoty reziduálního proudu

b) 4-pólový, typ A, napětově závislý,  $I_n$  do 32 A,  $I_{cn} = 6$  kA,

**Obr. 5** Proudové chrániče s vestavěnou nadproudovou ochranou (RCBO)

### Hlídače reziduálního proudu (RCM)

Hlídače reziduálního proudu (RCM – Residual Current Monitors, jsou přístroje určené k detekci a vyhodnocení reziduálního proudu. Při překročení nastavené hodnoty je signalizován vzniklý nežádoucí stav. Nejsou určeny k ochraně před úrazem elektrickým proudem, protože nejsou určeny ke spojení se spínacími přístroji.

Spolu s tím může být vydán i akustický signál. Požadavky na tyto typy jsou uvedeny v STN EN 62020 – Hlídače reziduálního proudu pro domovní a podobné použití. Nastavení citlivosti  $I_{\Delta n}$  je od 30 mA do 1 A s možností volby doby nepůsobení  $t_{\Delta n}$  pro typy G a S. Hlavní oblastí uplatnění RCM je sledování unikajícího proudu při postupném zhoršování izolačního stavu v sítích TN a TT.



**Obr. 6** Monitorovací relé unikajícího proudu PDIM

### Jistič zahrnující proudový chránič (CBR)

Pro vyšší jmenovité proudy se používá kombinace výkonového jističe zahrnujícího proudový chránič (CBR, *angl. Circuit-breaker incorporating residual current protection*), tedy přístroje, které po spojení tvoří jeden přístroj. Podmínky pro konstrukci a vlastnosti jsou uvedeny v normě STN EN 60947-2 Jističe, Příloha B, kde seupřesňují požadavky pro přístroje s většími reziduálními proudy, na které nelze plně aplikovat normu STN EN 61009. Oproti běžným proudovým chráničům pro domovní použití jsou pro CBR definovány odlišné požadavky. Jedna z odchylek spočívá v posuzování časového zpoždění, kdy se přednostní hodnoty mezní doby nepůsobení jsou volitelné z těchto časů: 0,06 s – 0,1 s – 0,2 s – 0,3 s – 0,4 s – 0,5 s – 1 s. Ověřují se při  $2 \cdot I_{\Delta n}$  a mezní vypínací časy nesmí překročit hodnoty uvedené pro typ S. Pro označení vypínací charakteristiky může být použita značka S, přičemž nejkratší možná doba nepůsobení je oproti obvyklým 40 ms prodloužena na 60 ms.

Samostatnou skupinou CBR jsou vzduchové jističe se jmenovitými proudy až do  $I_n = 6300$  A, které mohou být vybaveny spouštěmi pro ochranu proti zemnímu spojení, jejichž citlivost je od desítek, do stovek ampér. Používají se zejména v sítích TT.

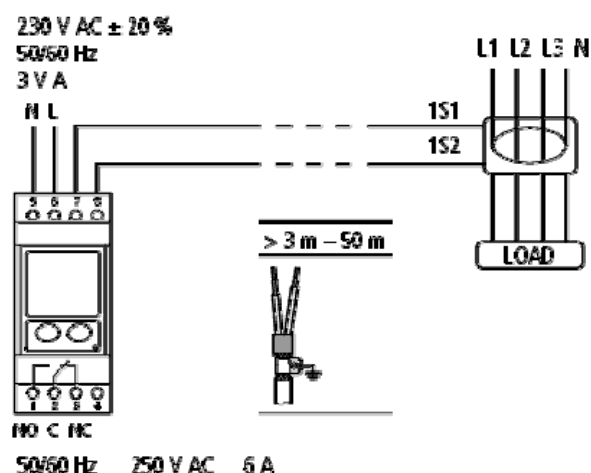


**Jistič:**  $I_n =$  do 250 A,  $I_{cu} = 150$  kA,  
**Chráničová spoušť:** typ B pro svařovací agregáty (do 100 kHz)  
 -  $I_{\Delta n} = 30$  až 300 mA  
 - doba nepůsobení  $t_{\Delta a} = 10, 30, 60, 150, 300, 450$  ms

**Obr. 7** Jističe s proudovým chráničem pro průmyslové použití (CBR)

### Stavebnicové proudové chrániče (MRCB)

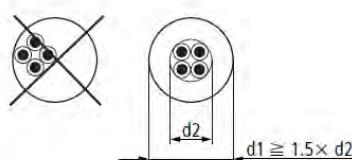
Stavebnicové, nebo také modulární proudové chrániče (Modular Residual Circuit Device) nemají vlastní kontaktní systém. Tím může být výkonový jistič, vypínač, nebo stykač. Požadavky na konstrukci a zkoušení jsou popsány normou STN EN 60947-2, Příloha M, která přebírá a rozšiřuje podmínky uvedené v Příloze B téže normy (Jističe zahrnující proudové chrániče – CBR). Tyto přístroje mohou být provozovány pouze pod dohledem poučených nebo znalých osob, takže se s nimi setkáváme zejména v průmyslových aplikacích.



- jmenovité proudy transformátorů až do 1800 A,
- nastavitelná citlivost 30 mA až 3 A,
- nastavitelná doba nepůsobení 20 ms až 5 s

**Obr. 8** Modulární proudového chrániče (MRCB)





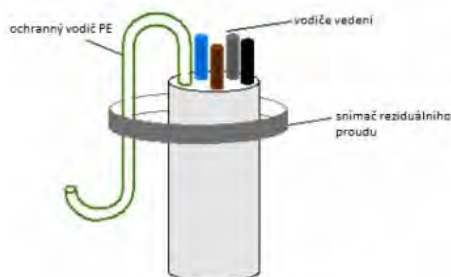
a) Symetrické umístění kabelu snižuje nežádoucí vypínání vlivem nárazových proudů



b) Magnetické stínění pro náročné aplikace omezuje nežádoucí vybavení, určeno pro obvody s vysokými nárazovými proudy ( $I > 4 \times I_n$ )

**Obr. 9** Podmínky správné instalace průvlekového transformátoru pro omezení nežádoucích vypnutí

Na obrázku 9 je uvedeno upozornění výrobce na nutnost co nejlepší symetrie pracovních vodičů v součtovém proudovém transformátoru. Důvodem je dodržení co nejmenších odchylek v indukčnostech jednotlivých vodičů. Každá nesymetrie nepříznivě ovlivní odolnost proti nežádoucímu vybavení vlivem nárazových zkratových proudů. Obecně platí, že součtovým proudovým transformátorem musí procházet pouze pracovní vodiče, nikoli vodič PE nebo PEN. Aby bylo možné protáhnout kabely, připouští se možnost provlečení kabelu včetně vodiče PE s tím, že se vodič PE následně protáhne zpět (viz STN EN 332000-5-53). Tato možnost je zmíněna pro relé pro monitoring reziduálního proudu (MRCD), ale řešení je použitelné i pro ostatní chrániče se samostatným součtovým transformátorem /snímačem.



**Obr: 10** Možné zapojení ochranného vodiče při průchodu senzorem reziduálního proudu

### Hlavní parametry proudových chráničů

Parametry elektrických přístrojů jsou definovány v předmětových (výrobních) normách a je vhodné tuto terminologii dodržovat i v ostatních technických normách, aby nedocházelo k špatnému výkladu a k nedorozuměním.

- **Jmenovitý reziduální proud  $I_{\Delta n}$ :** hodnota reziduálního proudu určená výrobcem, při které musí proudový chránič za předepsaných podmínek vybavit. Jedná se o údaj vyznačený na chrániči, ke kterému se vztahují pracovní charakteristiky. Je hlavním parametrem proudového chrániče, ke kterému jsou vztaženy podmínky pro ochranu před nebezpečným dotykem.

- **Reziduální proud  $I_{\Delta}$**  (rozdílový proud): efektivní hodnota výsledného vektoru okamžitých hodnot proudů tekoucích hlavním obvodem proudového chrániče.  $I_{\Delta}$  je jakákoliv hodnota proudu, která je nižší, rovna nebo vyšší než  $I_{\Delta n}$ .
- **Reziduální vybavovací (pracovní) proud  $I_{\Delta n}$** : hodnota reziduálního proudu, při které dojde za specifikovaných podmínek k uvedení proudového chrániče do činnosti. Reziduální vybavovací proud je nižší než jmenovitý reziduální proud a jeho hodnota se zjistí měřením.
- **Reziduální nevybavovací proud  $I_{\Delta no}$** : hodnota reziduálního proudu, při které, včetně hodnot nižších, chránič za předepsaných podmínek nevybaví. Je určen hranicí  $0,5 I_{\Delta n}$ . Hodnoty reziduálního nepracovního a pracovního proudu jsou ve výrobě nastavovány na cca  $0,75 I_{\Delta n}$ .
- **Mezní doba nepůsobení  $t_{\Delta a}$**  (méně přesně časové zpoždění): maximální doba, po kterou může na proudový chránič působit vyšší hodnota reziduálního proudu, než je hodnota jmenovitého reziduálního proudu  $I_{\Delta n}$ , aniž by ho skutečně uvedla do činnosti. Tento údaj charakterizuje proudové chrániče se zpožděním (typ G, S aj., kde pro typ G je mezní doba nepůsobení 10 ms a pro typ S je to 40 ms). Během doby nepůsobení nereaguje proudový chránič na reziduální proudy (které nepřekročí hodnotu jeho odolnosti proti rázovým proudům).

Hlavním parametrem proudového chrániče je jmenovitý reziduální proud  $I_{\Delta n}$ . Pokud reziduální proud dosáhne hodnoty nad 100 %  $I_{\Delta n}$  a více, musí dojít k vypnutí chrániče. Jestliže reziduální proud nedosáhne 50 %  $I_{\Delta n}$ , nesmí dojít k vypnutí. V rozmezí od 50 do 100 %  $I_{\Delta n}$  může dojít k vypnutí chrániče. V praxi to znamená, že při citlivosti proudového chrániče 30 mA může dojít k vybavení již při dosažení hodnoty zemního svodového proudu 15 mA, což působí potíže v instalacích s vyššími unikajícími proudy. Firma Eaton přišla s novými typy, u kterých je posunuta spodní hranice na úroveň 75 %, což zvyšuje použitelnost v obvodech s vyššími unikajícími proudy.

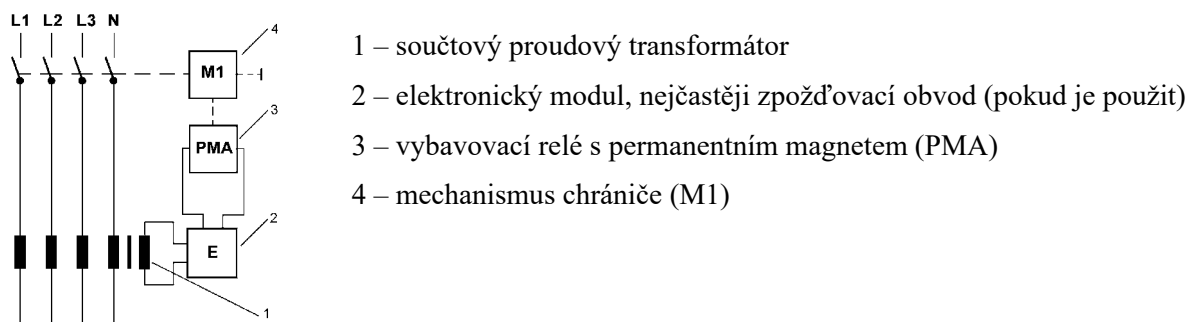
### Závislost na napájecím napětí

Podle závislosti na napájecím napětí se rozlišují:

- a) proudové chrániče funkčně nezávislé na napájecím napětí (dříve označované jako FI);
- b) proudové chrániče funkčně závislé na napájecím napětí (dříve označované jako DI);
- c) závislé na pomocném zdroji (přípustné pouze v instalacích s kvalifikovanou obsluhou).

#### a) Proudové chrániče nezávislé na napájecím napětí

Proudové chrániče nezávislé na napájecím napětí nepotřebují ke své činnosti žádnou pomocnou energii a využívají pouze energii reziduálního proudu, která se získá z výstupního vinutí součtového proudového transformátoru. Jediná závislost na napájecím napětí se týká zkušebního zařízení, které vyvolá potřebný reziduální proud jen v určitém rozmezí napětí. Ochranná funkce je závislá na reziduálním proudu je ale zachována i při různé hodnotě napětí sítě.

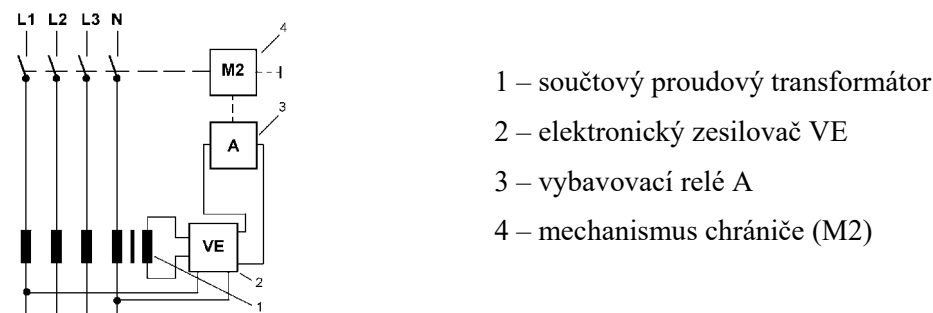


**Obr. 10** Schéma zapojení proudového chrániče funkčně nezávislého na napájecím napětí

Elektrický obvod na sekundární straně transformátoru je navržen na velmi malé vypínací příkony (cca 50 až 120  $\mu$ VA). Je zřejmé, že velice citlivé vybavovací relé a precizní mechanismus jsou určující pro spolehlivost celého přístroje. To je také důvod, proč jsou tak důležité pravidelné kontroly funkce testovacím tlačítkem, aby měl uživatel trvalou kontrolu o funkčnosti celého proudového chrániče.

### b) Proudové chrániče funkčně závislé na napájecím napětí

U proudových chráničů závislých na napájecím napětí se napětí z výstupního vinutí součtového proudového transformátoru zesílí pomocí elektronického zesilovače a ten poté zajistí aktivaci robustního vybavovacího relé (bez permanentního magnetu). Elektronický zesilovač je trvale připojen na napájecí síť a poskytuje dostatečně velký výkon pro vybavovací relé. Tento typ pracuje s menším sycením proudového transformátoru a je proto odolnější proti přesytní stejnosměrným pulzujícím proudem. Proudové chrániče funkčně závislé na napájecím napětí mohou být buď nevypínající anebo vypínající při výpadku napájecího napětí. První z uvedených typů se používá v pevných instalacích, které při výpadku napájení zůstane stále zapnuté. Typy vybavující při výpadku napájení se používají pro ochranu obvodů s pracovními stroji, protože po obnovení napájení nedojde k nežádoucímu spuštění stroje. Dnes vyráběné typy napěťově závislých chráničů mají srovnatelnou spolehlivost, jako napěťově nezávislé typy a to zejména díky jednoduché konstrukci spínacího mechanismu a robustního vybavovacího relé. V některých zemích, které kopírují německé normy, se z důvodů ochrany trhu zavádí všemožná opatření proti používání napěťově závislých typů, ale v tichosti se opomíjí skutečnost, že například všechny dnes vyráběné typy B jsou napěťově závislé.



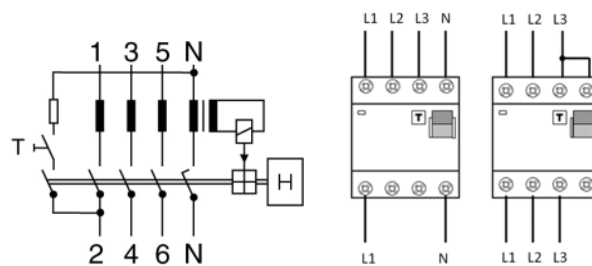
**Obr. 11** Schéma zapojení proudového chrániče funkčně závislého na napájecím napětí

*POZNÁMKA: Jedním z argumentů odpůrců napěťově závislých typů je riziko přerušení středního vodiče, kdy je znemožněna jejich funkce. Tato námitka je ale víceméně jen teoretická, protože reálně riziko přerušení středního vodiče v pevné instalaci je velmi malé. Pravděpodobnost jeho přerušení v pevné instalaci je stejná, jako přerušení jakéhokoli pracovního vodiče. Pokud by k přerušení středního vodiče přesto došlo, porucha je ihned zřejmá, protože přestanou pracovat jednofázové elektrické spotřebiče.*

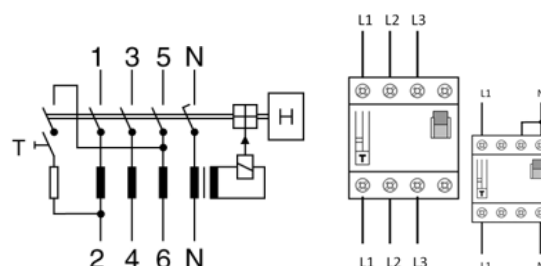
### Zkušební zařízení (TEST)

Každý proudový chránič musí být vybaven přístupným a zřetelně označeným testovacím tlačítkem TEST. Ověřování funkčnosti pomocí tlačítka TEST se má provádět v pravidelných intervalech podle doporučení výrobce, obvykle 1 měsíc. U novějších typů se zvýšenou provozní spolehlivostí je to půl roku až jeden rok. Zkušební obvod s tlačítkem je zapojen tak, že se vyvolá reziduální proud, který je větší než hodnota jmenovitého reziduálního proudu chrániče  $I_{\Delta n}$ . Výrobní normami je předepsáno (nap. STN EN 61008), že při jmenovitém napětí nesmí být magnetický tok indukovaný v součtovém proudovém transformátoru větší než 2,5násobek toku vyvolaného jmenovitým reziduálním proudem  $I_{\Delta n}$ . Zkušební zařízení musí být účinné ještě při 0,8násobku jmenovitého napětí.

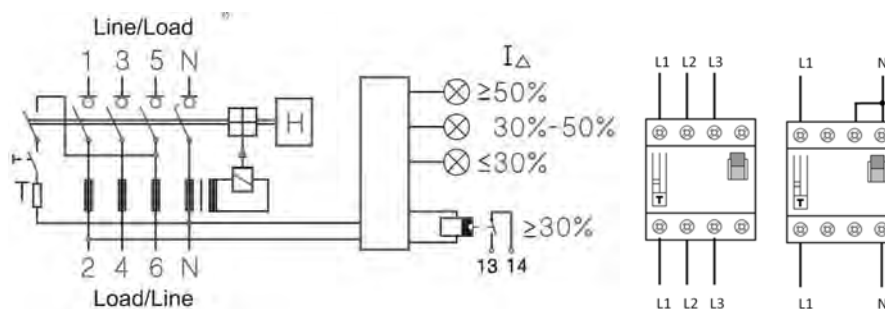
**Čtyřpólový chránič může být použit i v obvodech s neúplným počtem pracovních vodičů. Přitom je nutné zapojit vodiče do svorek tak, aby byla zachována funkce zkušebního obvodu (TEST).** Zkušební zařízení proudového chrániče navržené pro sdružené napětí (400 V) pracuje bez problémů i s fázovým napětím (230 V). Doporučená zapojení jsou uvedena v katalogu. Je-li to nutné, jsou zvýrazněna i zakázaná zapojení, s ohledem na zapojení elektronických obvodů. Obecně platí, že každé elektrické zařízení má být používáno pouze k účelu, pro který je zkonstruováno. **Univerzálním řešením je zapojení všech vstupních svorek na všechny pracovní vodiče soustavy a na výstupní svorky je pak možné zapojit jen požadovaný počet vodičů.**



a) 4 pólový (RCCB) - zkušební zařízení zapojené mezi fází L1 a středním vodičem N



b) 4 pólový (RCCB) - zkušební zařízení zapojené mezi fázemi L1, L3



4 pólový (RCCB, typ s indikáci reziduálneho proudu) - zkušební zařízení zapojené mezi fází L3 a vodičem N

**Obr. 12** Příklady vnitřního zapojení zkušebního zařízení (Test)

## Pravidelné testování

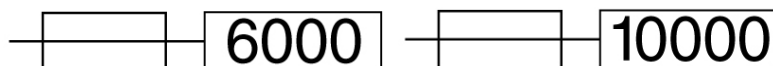
Z dlouhodobých zkoumání spolehlivosti vyplývá, že v počet nefunkčních proudových chráničů je kolem 10% za deset let. Pokud se provádí testování, procento se významně snižuje. Proudové chrániče proto musí být pravidelně testovány v intervalech, které předepisuje výrobce, nebo podle požadavků místního provozního předpisu, který zohledňuje specifické podmínky. Testování funkčnosti je povinností provozovatele zařízení a nelze se mu žádným způsobem právně vyhnout. Obvyklý interval testování pro běžné proudové chrániče je jeden měsíc a u nových typů chráničů se zvýšenou spolehlivostí je interval kontrol stanoven na půl roku nebo rok. Tyto typy se používají všude tam, není možné z nějakých vážných důvodů provádět pravidelné měsíční testy. Takovými případy jsou například nepřetržité výrobní procesy, kde je možná odstávka pro účely kontrol a údržby třeba jen jednou ročně. Interval testovacím tlačítkem nejsou jednoznačně stanoveny a to ani na mezinárodní úrovni. Jako závazné se berou informace od výrobců, které se mají respektovat. Ať už se provozovatel instalace řídí jakýmkoli pravidly, podstatné je, že se testování funkce vůbec provádí. Pokud je proudový chránič použit pro automatické odpojení poruchy, pak je při selhání chrániče stále funkční nadproudový jistič přístroj, který je v instalaci tak jako tak vždy zapojen. Avšak u doplňkové ochrany živých částí hraje spolehlivost zvláště důležitou roli. Citlivý proudový chránič je poslední záchrana, jestliže již selhala ostatních ochranná opatření a nakonec může, ale také nemusí, zachránit život.

## Odolnost proti zkratu a přetížení

Hlavní parametry vztahující se k odolnosti před nadproudy jsou:

- **jmenovitá zapínací a vypínací schopnost  $I_m$** : efektivní hodnota střídavé složky předpokládaného zkratového proudu určená výrobcem, který může proudový chránič za stanovených podmínek zapínat, přenášet a vypínat. Tento parametr se vztahuje ke zkratovému proudu v pracovních vodičích.
- **jmenovitá zapínací a vypínací schopnost  $I_{\Delta m}$** : efektivní hodnota střídavé složky předpokládaného reziduálního proudu určená výrobcem, který může proudový chránič za stanovených podmínek zapínat, přenášet a vypínat. Tento parametr se vztahuje ke zkratovému proudu mezi pracovním a ochranným vodičem.

Vypínací schopnosť samotného prúdového chrániča (RCCB) bez jisticího prvku je len 500 A pre  $I_n$  do 50 A a 1 000 A pre  $I_n$  od 50 do 100 A. Pretože sú kontakty umiestnené v zhasiacich komorách, vypínací časy od 10 ms a vyššie (napr. u selektívnych typů je to min. 40 ms) sú príliš dlhé na to, aby mohlo byť dosaženo vysoké zkratové odolnosti kontaktů. Umístění pojistky může být kdekoli na přívodu. V domovních instalacích tedy postačuje i pojistka v hlavni domovní skříni.



**Obr. 13** Označení pro podmíněnou zkratovou odolnost 10 kA s předřazenou pojistkou předepsané hodnoty (např. 63 A gG/gL)

### Citlivost na různé druhy reziduálních proudů

Podle citlivosti na různé druhy reziduálních proudů se běžně uvádí členění prúdových chráničů na typy AC, A a B. S rostoucími požadavky praxe se tato škála postupně rozširuje a typy A a B majú ještě niekoľik ďalších variant.

**Tab 1:** Typy prúdových chráničů podle citlivosti na různé druhy proudů

Typ	Symboly	Citlivost na reziduální proudy a vlastnosti	Normy
AC		Sinusový AC se jmenovitou frekvencí sítě	ČSN EN 61008 ČSN EN 61009
A		Sinusový AC a pulzující DC (s DC složkou do 6 mA) se jmenovitou frekvencí sítě	ČSN EN 61008 ČSN EN 61009
F		Sinusový AC a pulzující DC (s DC složkou do 10 mA) pro frekvence do 2 kHz, pro jednofázové frekvenční měniče	ČSN EN 62423 ed.2
B		Všechny druhy proudů, s frekvencí do 2 kHz	ČSN EN 62423 ed.2 ČSV IEC 755
B+		Všechny druhy proudů, s frekvencí do 20 kHz, zejména pro pro FV elektrárny, protipožární ochrana do 420 mA	VDE 0664-440
Bfq*)		Všechny druhy proudů, s frekvencí do 20 kHz (a více), pro frekvenční měniče, protipožární ochrana do 300 mA	ČSN EN 62423 ed.2

\*) typová označení speciálních provedení si určí výrobce

**Proudové chrániče typu AC** jsou určeny jen pro střídavé reziduální proudy. Pulzující stejnosměrné (DC) složky reziduálního proudu mohou mít za následek snížení reakční citlivosti, nebo až zablokování jejich vybavení (podle STN EN 61008).

**Proudové chrániče typu A** pro střídavé a pulzující stejnosměrné reziduální proudy, případně i s přítomností podílu malé hodnoty hladkého stejnosměrného reziduálního proudu do 6 mA (podle STN EN 61008).

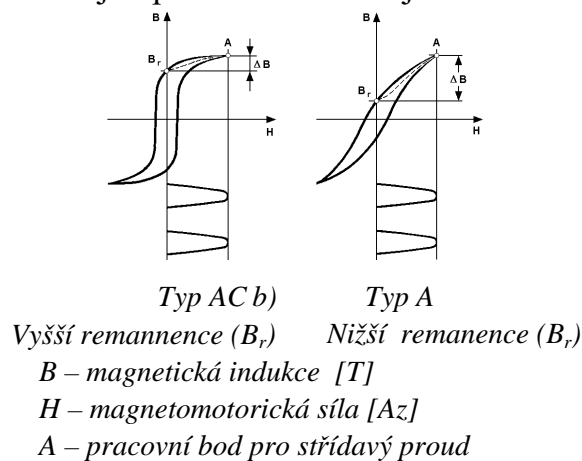
**Proudové chrániče typu F** jsou speciální variantou typu A s upravenou frekvenční charakteristikou, která zohledňuje citlivost na vysoké frekvence. S tímto typem setkáváme teprve se zavedením STN EN 62432, ed.2, ale nejedná se o zcela nové řešení. Předchůdcem je typ U, který byl zaveden na trh již před mnoha lety, kdy ještě nebyla k dispozici definice vlastností typu F.

**Proudové chrániče typu B** pro všechny druhy reziduálních proudů tj. střídavé, pulzující stejnosměrné a hladké stejnosměrné reziduální proudy (podle STN IEC755 a STN EN 62432, ed.2). Stejnosemřný reziduální proud se může vyskytnout v průmyslových a komerčních instalacích (případně také i v domovních instalacích), kde se používají frekvenční měniče, fotovoltaické elektrárny a další zařízení s výkonovými polovodičovými prvky. Z pohledu frekvence je jejich funkce zaručena do 2 kHz v předepsaných tolerancích.

**Proudové chrániče typu B+** pro všechny druhy reziduálních proudů a navíc má upravenou vypínací charakteristiku podle požadavků na ochranu před požáry s vypínacím reziduálním proudem do 420 mA, pro frekvenci do 20 kHz (požadavky na fotovoltaické elektrárny). Toto provedení splňuje požadavky na požární ochranu podle německých norem VDE 0664-440, což je vyžadováno Asociací německých pojišťoven a k nám se dostává spolu s projekty původně navrženými pro Německo.

**Proudové chrániče typu Bfq** pro všechny druhy reziduálních proudů s upravenou vypínací charakteristikou a frekvenčním rozsahem do 20 kHz. Jsou odolné proti vybavení vlivem unikajících proudů v obvodech s výkonnými frekvenčními měniči (podle STN EN 62432, ed.2).

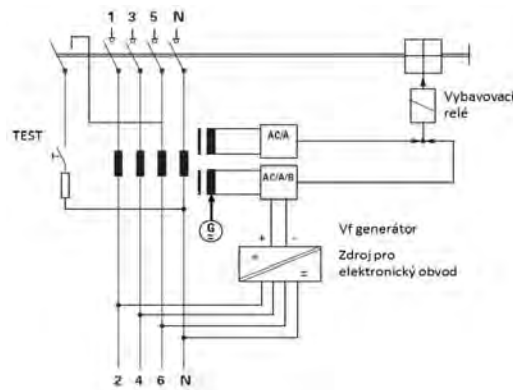
Základní rozdíl mezi typy AC a A je v použitém materiálu jádra součtového proud. transformátoru.



**Obr. 14** Magnetizační křivky materiálů součtových proudových transformátorů typu AC a A

Při působení hladkého stejnosměrného proudu dojde k nasycení magnetického materiálu součtového proudového transformátoru a proudový chránič se tak stane necitlivým na jakékoli další reziduální proudy. Proudový chránič takzvaně oslepne a tím je zrušena jeho ochranná funkce. Proto se stále více prosazují nové typy proudové chrániče typu B, které jsou schopné spolehlivě vypnout při působení jakýchkoli forem reziduálního proudu v širokém rozsahu frekvencí pro které jsou konstruovány.

Konstrukční řešení typu B je odlišné od běžných proudových chrániče typu AC a A. Základní částí j speciální součtový proudový transformátor, který je buzen pomocným vysokofrekvenčním generátorem. Tím se v něm vytváří přesně definovaný střídavý magnetický tok. Změna reziduálního proudu vyvolá změnu intenzity magnetického pole a to vede ke změně sekundárního napětí součtového proudového transformátoru. Je-li změna významná, pak dá elektronický vyhodnocovací obvod popud k vybavení spínacího mechanismu. Proudové chrániče typu B jsou napětově závislé v oblasti stejnosměrných reziduálních proudů, ale v oblasti střídavých a pulzujících stejnosměrných proudů jsou konstruovány jako napětově nezávislé.



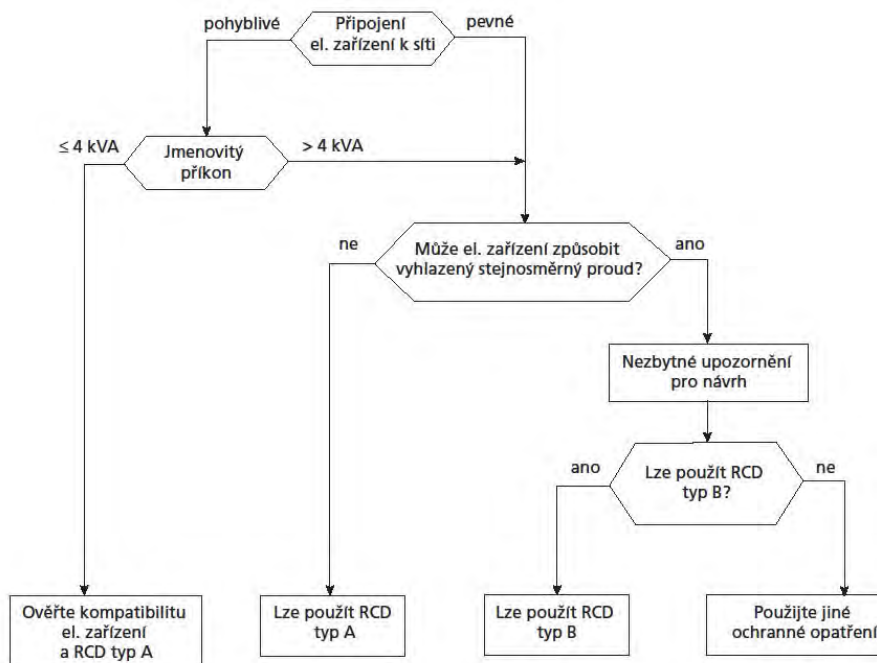
**Obr. 15** Princíp zapojení proudového chrániče typu B

Elektrická zařízení, která obsahují výkonové usměrňovače a polovodičové spínací prvky, mohou při poruše vyvolat vznik reziduálního proudu se stejnosměrnými složkami. Při posuzování možných rizik selhání funkce proudového chrániče se musí určit, jaký typ a jaká citlivost chrániče je skutečně zapotřebí. Jedním z kritérií volby je druh ochrany, tedy jestli se jedná o ochranu v případě poruchy u předmětů třídy I, kde není citlivost proudového chrániče kritická, nebo o doplňkovou ochranu, kde je požadovaná citlivost 30 mA. V domovních instalacích se uvažuje pouze s typy AC a A. V současné době se postupně zvyšuje počet zemí, kde se v nových instalacích připouštějí pouze typy A. V sítích TN není volba mezi typy AC a A příliš kritická, jako je tomu v sítích TT, protože vzniká mnohem menší riziko vzniku úrazu elektrickým proudem z důvodů nefunkčnosti proudového chrániče, než je tomu v sítích TT (stále hojně používané v Itálii, Německu, Francii), protože ochranu neživých částí jajišťují jističe. V domovních instalacích by se obecně měly používat taková řešení, při kterých nevznikají stejnosměrné reziduální proudy. Jestliže se v nových instalacích dá přednost typům A, jedná se o lepší řešení.

Složitější situace nastává v průmyslových instalacích, kde se stále častěji používají frekvenční měniče pro řízení otáček asynchronních motorů, nebo v instalacích fotovoltaickými elektrárnami (DC/AC střídače). V těchto případech je povinností výrobce střídačů a frekvenčních měničů upozornit na možnost vzniku stejnosměrných reziduálních proudů a nejlépe předepsat přímo typ proudového chrániče. Není-li tato informace v návodu uvedena, je nutné se dotázat u výrobce. Bohužel se ale většinou nedočteme nic konkrétního, většinou se uvádí jen univerzální rada, že „chránič typu B se použije v případě, kdy se při poruše může vyskytnout DC složka poruchového proudu“. Ve většině případů ale není zřejmé, jak se zařízení při možné poruše bude chovat a správnou informaci může podat pouze výrobce zařízení. Takže jaký typ proudového chrániče vlastně použít? Dobré vodítko nám nabízí norma STN EN 50178 - Elektronická zařízení, kde najdeme popis aplikací s výkonovými prvky a rovněž i návod na možná řešení, který je zobrazen na obrázku 16. Uvedené hodnoty výkonů do 4 kVA pro pohyblivá připojení jsou orientační (například v německé verzi VDE 0160 se uvádí proud zařízení do 16 A). U lehčích spotřebičů s pohyblivým přívodem se předpokládá možnost jejich držení v ruce, což je podstatné kritérium pro volbu citlivosti proudového chrániče (30 mA). U upevněných zařízení třídy I se obvykle volí citlivost 300 mA.



Pro výkony do 4 kVA se doporučují chrániče typu A, protože pro takto malé výkony se používá jednofázové napájení a pro tyto případy stačí typ A. Pro řízení větších výkonů se používají měniče v šestipulzním můstkovém zapojení přímo připojené na třífázovou napájecí síť. V tomto případě se upřednostňují chrániče typu B (viz STN EN 61008 a STN EN 62423).



**Obr. 16** Blokové schéma pro stanovení požadavků při použití elektrických zařízení za proudovým chráničem

### Oblasti použití chráničů typu AC a A

Proudové chrániče typu AC jsou použitelné v instalacích, kde se vyskytují pouze pasivní prvky (odpory, indukčnosti, kapacity), které vylučují vznik stejnosměrných proudů. Zařízení s výkonovými polovodičovými prvky mohou při poruše generovat reziduální proudy se stejnosměrnými složkami. V těchto případech se použijí chrániče typu A, které jsou schopné spolehlivě fungovat i při jednosměrném usměrnění, kdy proud prochází nulou, nebo je blízký nule se stejnosměrnou složkou do 6 mA. U typu F, které jsou navrženy pro obvody s frekvenčními měniči, je hranice stejnosměrné složky 10 mA.

### Oblasti použití chráničů typu B

V obvodech s vyhlazovacími kondenzátory, kdy je překročena dohodnutá hodnota stejnosměrné složky (6 mA pro typ A, 10 mA pro typ F), je nutné použít typ B. Týká se to téměř všech elektrických zařízení s výkonovou elektronikou v třífázovém zapojení bez galvanického oddělení (transformátor). To je případ výkonnějších frekvenčních měničů, středně velkých záložních zdrojů (UPS), svářecích agregátů atd. Na tuto situaci by měl upozornit výrobce elektrického zařízení, protože má detailní znalost o konstrukci svého výrobku. Tato povinnost je uvedena i v STN EN 50178. Bohužel, pouze někteří výrobci věnují riziku vzniku stejnosměrného reziduálního proudu přiměřenou pozornost.

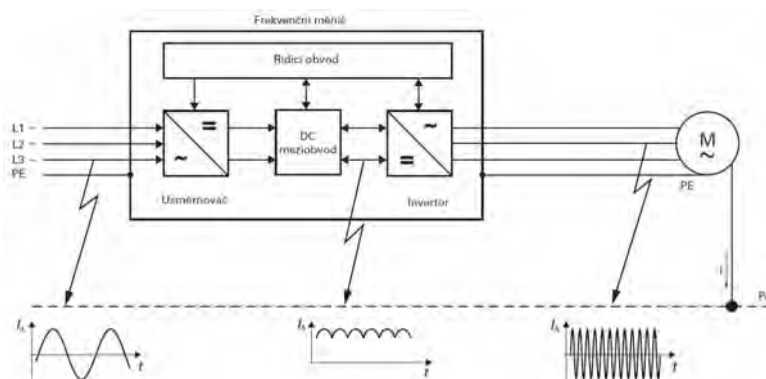
V současné době se nabízí více variant proudových chráničů typu B:

- **typ B:** pro všeobecné použití v obvodech s frekvencí do 1 kHz, případně podle specifikace výrobce (např. do 2 kHz), podle EN 62423, IEC 755
- **typ Bfq:** speciální provedení pro frekvenční měniče do 20 kHz, citlivost do 300 mA; podle EN 62423;
- **typ B+:** speciální provedení určené pro ochranu před požárem, citlivost do 420 mA; definice parametrů podle německé normy VDE 0664-400;

V případě, že se v dokumentaci neuvádí nic konkrétního, je nutné vyzvat výrobce, aby tuto informaci poskytl. Když se přesto nepodaří získat žádné spolehlivé informace, pak nezbyvá, než posoudit elektrické zařízení podle údajů, které jsou k dispozici a postupovat podle návodu na **obrázku 16**.

### Proudové chrániče v obvodech s frekvenčními měniči

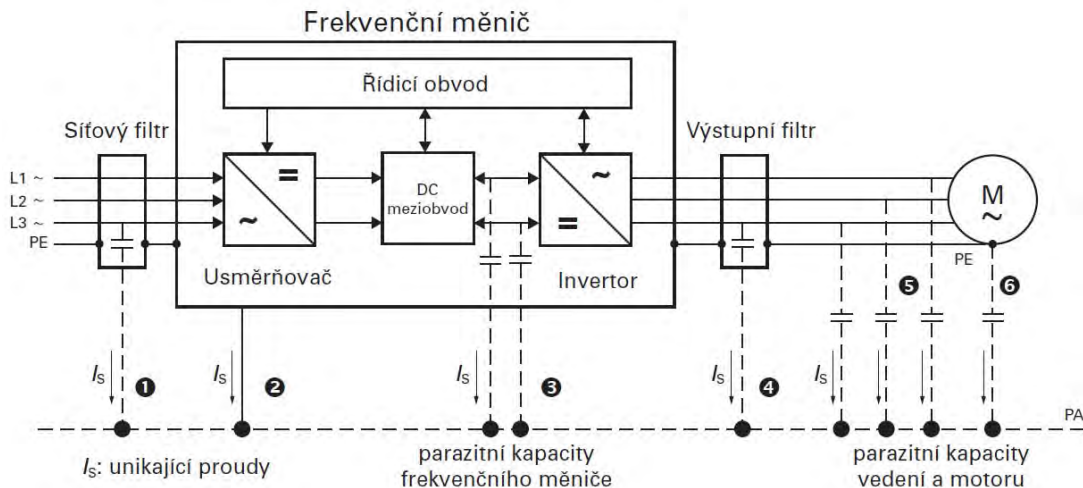
Princip funkce frekvenčního měniče je uveden na **obrázku 17**. Napětí se síťovou frekvencí je usměrněno a elektrická energie je strádána na stejnosměrném (DC) meziobvodu. Podle výkonu se usměrňovač navrhuje jako jednofázový, dvoufázový, nebo trojfázový. To také určuje, jestli je možné použít proudový chránič typu A (F, U, ..), nebo je nutné použít typ B. Stejnosemné napětí získané z DC meziobvodu se pomocí střídače s pulzně šířkovou modulací převede na střídavé napětí. Taktovací frekvence je obvykle v jednotkách až desítkách kilohertz. Zatěžovací proud se vlivem indukčnosti motorů mění na harmonický průběh, který se může blížit až čistě sinusovému průběhu. Pro zvýšení indukčnosti, a tedy i kvality regulace, se používají sinusové filtry. V případě poruchy na asynchronním motoru vznikají reziduální proudy s různou šířkou pulzu a frekvencí, která odpovídá taktovací frekvenci. Vzhledem k neharmonickému průběhu na výstupu střídače se musí brát v úvahu alespoň nejvýznamnější harmonické (3. a 5. harmonická). Na ně musí být proudový chránič schopen reagovat, ale současně musí splňovat podmínky pro mezní vybavovací proudy. Podle účelu použití se jedná většinou o ochranu před požáry (300 mA) nebo o ochranu osob (podle IEC/TC 60479-2: Účinky elektrického proudu na člověka při působení vyšších frekvencí). Vhodnou volbou typu chrániče je možné předejít problémům s nežádoucím vypínáním. Toto má být řešeno již ve fázi projektu, aby nedošlo následným problémům při uvádění zařízení do provozu, kde je již každá rada doslova drahá.



**Obr. 17** Vznik stejnosměrného zemního poruchového proudu v obvodu s frekvenčním měničem s třífázovým napájením

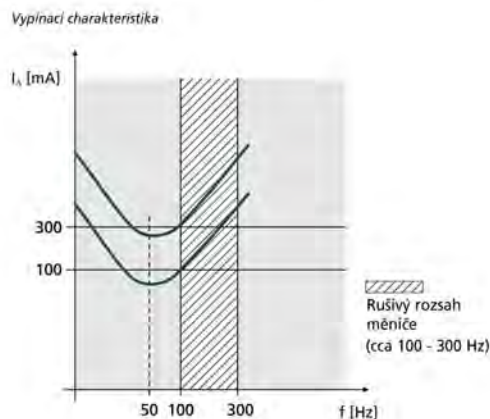
## Unikající proudy při vyšších frekvencích

Velkým problémem v obvodech s vyššími frekvencemi jsou **unikající proudy** a s nimi spojené nežádoucí vypínání proudových chráničů. Pro zajištění podmínek odrušení (EMC) frekvenčních měničů se musí používat filtry a s rostoucí frekvencí se projevuje negativní vliv zabudovaných kondenzátorů. Ty jsou původcem vysokých hodnot zemních svodových proudů, které omezují, nebo někdy i vylučují použití proudových chráničů. Obecně platí, že součet unikajících proudů by neměl překročit hodnotu proudu nevybavení (tj. 50 %  $I_{\Delta n}$ ), doporučená hranice je 30 %.

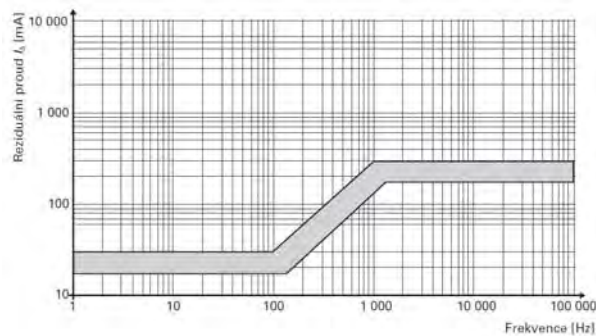


EMC filtr (1), filtr na straně zátěže (4), stíněný kabel za frekvenčním měničem (5), motor (6)

**Obr. 18** Typické příčiny unikajících proudů v obvodech s frekvenčními měniči



**Obr. 19** Frekvenční charakteristika proudového chrániče typu U, příp. F



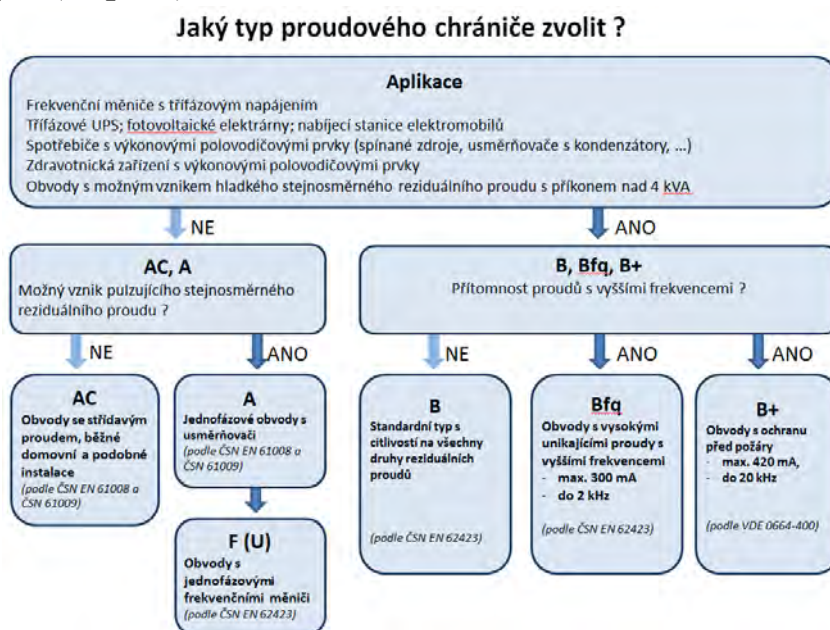
**Obr. 20** Příklad frekvenční vypínací charakteristiky proudového chrániče typu BfQ s citlivostí  $I_{\Delta n} = 30$  mA

Při použití frekvenčních měničů se nutně používat pouze takové typy proudových chráničů, které byly pro tento účel navrženy a zkoušeny. V obvodech s jednofázovými

frekvenčními měniči se použije typ U, nebo novější provedení typu F, pto frekvenční měniče s třífázovým napájením se použijí typy B. **Pozor, nezaměňovat typ F, nebo U, které mají vlastnosti typu A, za typ B!**

Při znalosti způsobu zapojení elektrických zařízení platí tato základní pravidla pro výběr:

- **Proudový chránič typu AC nesmí být použit spolu s frekvenčními měniči**, protože poruchové proudy nejsou čistě střídavé.
- **Jednofázově napájené usměrňovače** (frekvenční měniče, fotovoltaické střídače, UPS) používají čtyřpulzní zapojení a pracovní proud je tedy kombinací střídavého a pulzního stejnosměrného proudu. Pulzující stejnosměrný proud se dotýká nuly mezi dvěma pulzy, případně DC složka nepřekročí hodnotu 6 mA (10 mA pro typ F) a to znamená, že v případě poruchy nedojde k nasycení jádra proudového transformátoru stejnosměrným reziduálním proudem. Proto může být použit typ A, ale nejvhodnější je samozřejmě volba **typu F, nebo U**, které jsou pro tento účel navrženy.
- **Třífázově napájené usměrňovače** (frekvenční měniče, UPS) používají šestipulzní usměrňování. Poruchový proud neprochází nulou a to může způsobit přesycení jádra proudového chrániče vlivem stejnosměrného reziduálního proudu. Proto musí být použit **typ B (Bfq, B+)**.



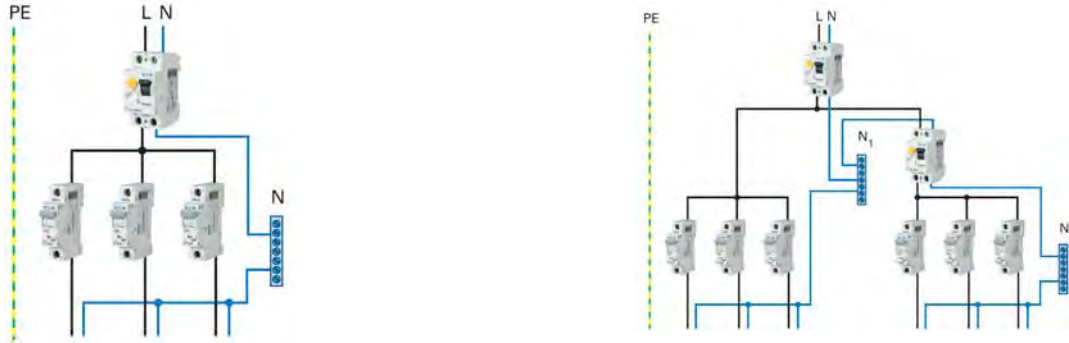
**Obr. 21** Pomůcka pro výběr typů proudových chráničů

### Sdružování obvodů za jedním proudovým chráničem

Rozsah instalace a optimální způsob zapojení se musí vzít v úvahu již při přípravě projektu. Z hlediska ochrany před úrazem je možné použít dokonce jen jeden společný citlivý chránič na začátku celé instalace, ale toto řešení přináší jen samé komplikace:

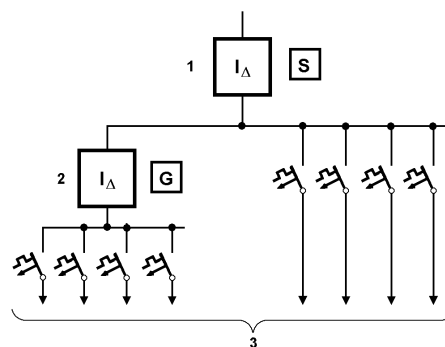
- při poruše v libovolném obvodu dojde po vypnutí předřazeného chrániče k odpojení celé instalace.

- při jakékoli závadě na zapojení středních vodičích dochází k vypínání společného předřazeného chrániče.
- při vyhledávání chyby v zapojení je nutné vypínat celou instalaci.
- unikající proudy v instalaci se sčítají; každý nový přírůstek svodového proudu může zapříčinit vybavení chrániče.



**Obr. 22** Sdružování obvodů za proudovými chrániči

Odolnost instalace proti nežádoucímu vybavení se sdruženými obvody za jedním chráničem se výrazně zlepší, jestliže se se obvody rozdělí na několik skupin. Na vstupu by měl být použit selektivní typ s citlivostí 300 mA, který zajišťuje současně i ochranu před požáry. Pro většinu zásuvkových obvodů je provedena doplňková ochrana citlivým proudovým chráničem (30 mA). Při výběru typu G se získá vysoká odolnost před nežádoucím vybavením. Pokud vznikne zkrat v instalaci za jističem, kterému je předřazen zpožděný chránič typu G, pak k odpojení zkratu jističem dojde obvykle v čase do 10 ms (rychlost vypnutí je závislá na velikosti zkratového proudu). Po tuto dobu je zpožděný chránič nečinný a zbytek instalace proto není ovlivněn poruchou na jednom obvodu. Světelné okruhy a vyhrazené zásuvky (lednice, mrazáky, čerpadla topení) jsou bez doplňkové ochrany.



- 1 - selektivní chránič na vstupu
- 2 - sdružené obvody za proudovým chráničem typu G
- 3 - rozdělení obvodů podle a důležitosti zátěže

**Obr. 23** Doporučená koordinace mezi instalačními jističi a proudovými chrániči

V domovních instalacích se volí kompromis mezi počtem vývodů a spotřebičů a počtem instalovaných chráničů. Praxe ukazuje, že například pro rodinný domek, nebo větší byt je optimální počet 3 až 5 kusů proudových chráničů, což stačí na přiměřené rozdělení

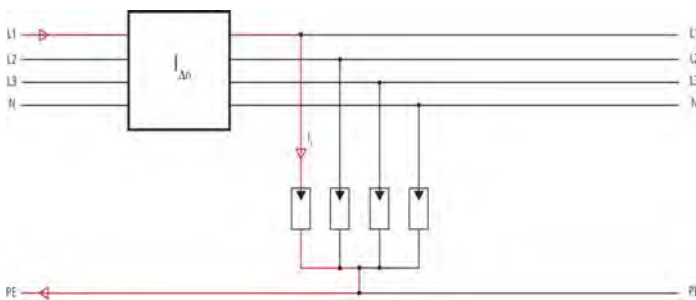
nezávislých částí instalace. Zlepšený způsob zapojení je použití jističů se spínaným středním vodičem. Výhodou je odpinání všech pracovních vodičů (1+N, 2+N, 3+N) a dále jednodušší lokalizace závady v instalaci, kdy potřebujeme postupně odpojit jednotlivé okruhy, včetně odpojení středních vodičů. K tomuto řešení přistoupili před několika lety v Rakousku s velmi dobrými zkušenostmi. Dalším vylepšením je použití samostatných kombinovaných proudových chráničů s citlivostí  $I_{\Delta n} \leq 30$  mA pro jednotlivé vývody.

### Koordinace proudových chráničů se svodiči přepětí (EMC)

Účinky přepětí v instalacích budov se eliminuje pomocí svodičů přepětí. Na vstupu do instalace nesmí zbytkové napětí za svodičem třídy I (podle německých norem třída B) překročit hodnotu 4 kV, pro třídu II (třída C) je to 1,5 kV. **Z pohledu funkce proudového chrániče je každý zemní svodový proud vyhodnocen jako reziduální proud, proto se nedoporučuje instalovat svodiče ze proudový chránič.** V obvodech s chráničem s citlivostí 30 mA je nutné použít typ G s krátkodobým zpožděním, který má odolnost před nežádoucím vybavením do 3 kA. Pro ochranu neživých částí se použije selektivní typy S s odolností 5 kA. Obvyklé hodnoty jmenovitých impulzních proudů svodičů přepětí třídy II (C) jsou 10 až 25 kA, pro svodiče třídy III (D) je to 1,5 až 3 kA. Z toho je zřejmé, že odolnost celé instalace je dána odolností proudových chráničů.

Pro ochranu zásuvek se svodiči přepětí třídy III (D) je situace poměrně jednodušší, protože bez problémů vyhoví proudové chrániče se zpožděním a s citlivostí  $I_{\Delta a} = 30$  mA.

Na obrázku 24 je uvedeno typické zapojení svodičů (zapojení 4+0). Jeho výhodou je jednoduchost, nevýhodou jsou horší ochranné vlastnosti a proto se toto zapojení se nedoporučuje. Další nevýhodou je vyšší zbytkové napětí mezi pracovními vodiči, které je rovné dvojnásobku zbytkových napětí jednotlivých svodičů. Přitom právě ochrana proti přepětí mezi pracovními vodiči je pro spotřebiče a instalaci důležitější, než redukce napětí proti zemi.



**Obr. 24** Svodiče přepětí v zapojení 4+0 (1+0)

#### **Doporučené zapojení:**

*Každý proud svodičem je zároveň reziduálním proudem!!*

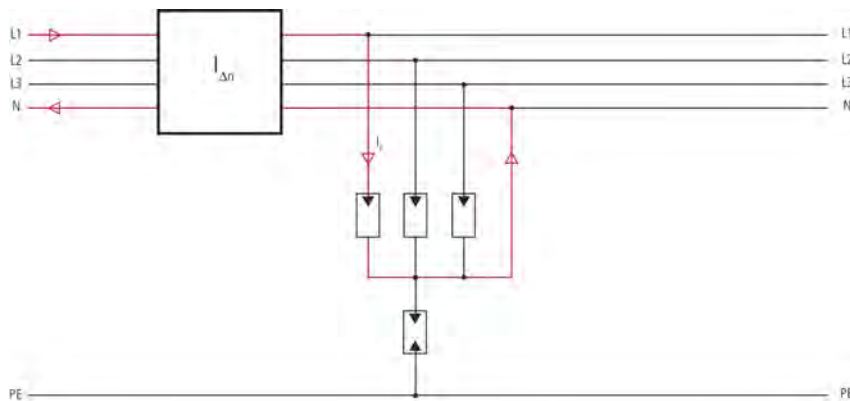
*Nezbytné použití chráničů se zvýšenou odolností proti rázovým proudům – typy G nebo S*

Na obrázku 25 je znázorněno zapojení se společným jiskřištěm mezi vodiči N a PE, označované jako 3+1 (pro jednofázové zapojení jako 1+1). Jeho výhodou je redukce proudu protékajícího přes jiskřiště do země. Přepětí mezi pracovními vodiči je omezeno hlavně svodiči, které jsou zapojeny mezi fáze a střednímu vodič. Jiskřiště zapojené mezi střední a ochranný vodič se iniciuje až ve chvíli, kdy napětí na N vodiči překročí mez jeho zápalného napětí. Za normálního stavu tak zajištěn vysoký izolační odpor jiskřiště mezi PE a N vodiči. Podle podmínek ochrany

před úrazem elektrickým proudem se použijí buď zpožděné typy G pro doplňkovou ochranu, nebo na začátku instalace selektivní typ S (ochrana neživých částí).

Tento princip zapojení se dnes používá ve většině svodičů přepětí třídy III (D) pro ochranu jednofázových spotřebičů v zapojení 1+1, což má příznivý vliv na nežádoucí vypnutí citlivých proudových chráničů.

Závěr tedy zní, že s ohledem na potíže při koordinaci svodičů přepětí s proudovými chrániči **se svodiče přepětí mají instalovat pouze před proudové chrániče** (viz také příloha STN 332000-5-534).



**Doporučené zapojení:**

3+1 pro 3 fázové instalace

1+1 pro 1 fázové instalace

Pouze proud sčítacím jiskřištěm je reziduálním proudem.

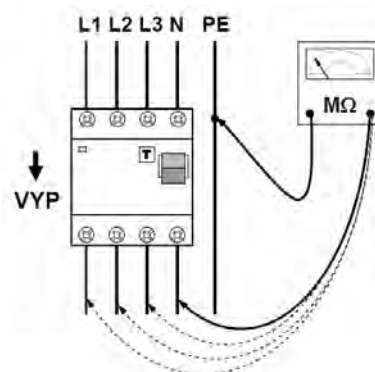
**Obr. 25** Svodiče přepětí v zapojení 3+1 (1+1)

## Chyby v zapojení

Hlavní příčiny nežádoucích vypnutí jsou:

- spojení PE a N vodičů za proudovým chráničem,
- připojení N vodiče obvodu za proudovým chráničem do jiného N můstku v rozváděči,
- vzájemné spojení N vodičů za jednotlivými proudovými chrániči do společného N můstku,
- chybná orientace zapojené pracovních vodičů,
- velký rozsah rozvodů za jedním proudovým chráničem – vliv unikajících proudů.

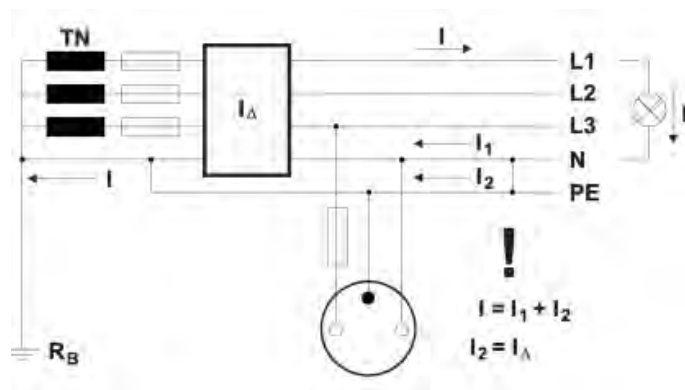
**Spojení PE a N vodičů za proudovým chráničem** je vůbec nejčastější příčinou nežádoucích vypnutí. Tato závada je většinou zjištěna při zapnutí jakéhokoli spotřebiče, kdy dojde k okamžitému vypnutí chrániče. Ověření oddělení obou vodičů je snadné, provádí se měřením izolačního stavu při vypnutém chrániči, jak je znázorněno na **obrázku 26**.



**Obr. 26** Kontrola oddělení PE a N vodičů za vypnutým proudovým chráničem

Průvodním jevem spojení vodičů PE a N je také to, že po stisknutí tlačítka TEST nelze příslušný proudový chránič vybavit. Pokud se někdo pokouší o vybavení dlouhým stisknutím testovacího tlačítka, docílí jen spálení předřadného odporu zkušebního obvodu uvnitř proudového chrániče, protože předřadný odpor je výkonově dimenzován pouze pro krátké vypínací časy. Příčinou tohoto zdánlivě nevysvětlitelného jevu je skutečnost, že spojením vodičů PE a N za proudovým chráničem dochází k vytvoření závitu nakrátko mezi N a PE vodiči, který zapříčiní obtékání části zkušebního proudu mimo součtový proudový transformátor. Zbývající podíl zkušebního proudu již většinou nezajistí vybavení chrániče. Přesto mohou nastat i případy, kdy při spojení vodičů PE a N za proudovým chráničem při stisknutí tlačítka dojde k vybavení chrániče. K tomu dojde při relativně vysoké impedanci vzniklého závitu nakrátko, kdy ještě nedojde k významnému znečitlivění proudového chrániče.

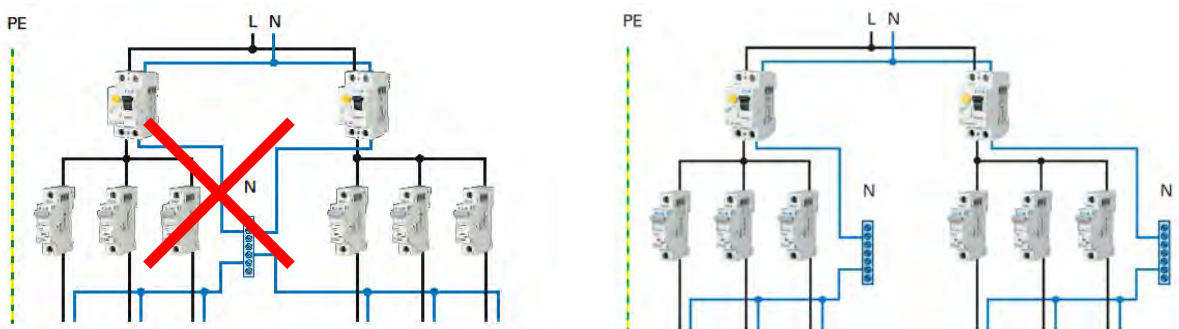
**Obrázek 27** popisuje chybně zapojené středních vodičů v rozváděčích, které vzniká většinou z nepozornosti. Po zapnutí spotřebiče s větším odběrem dojde k vybavení některého z chráničů, případně více chráničů, protože proudy se rozdělí podle impedance jednotlivých okruhů a vzniklé rozdíly proudů jsou vyhodnoceny jako reziduální proudy.



**Porucha se projeví při zapnutí spotřebiče !**

**Obr. 27** Nepřípustné spojení vodičů PE a N za proudovým chráničem – zapnutí spotřebiče za chráničem způsobí nežádoucí vybavení

Další příklad chybného zapojení je na viz obr 28. Při sdružování vývodů za jedním proudovým chráničem je nutné respektovat pravidlo „**kolik proudových chráničů, tolik nulových můstků**“.



**Obr. 28** Použití samostatných nulových můstků pro jednotlivé obvody za chrániči



## Trvale unikající proudy

Každý elektrický spotřebič či instalace vykazuje určitou hodnotu svodového (unikajícího, reziduálního) proudu  $I_S$ , který je dán kvalitou izolace elektrického zařízení, jeho konstrukcí a rovněž i působením vnějších vlivů (vlhko, teplo...). Od hodnot unikajících proudů se odvíjí i výběr citlivosti proudového chrániče, pokud ovšem pro dané místo není předepsána určitá citlivost. Základní informace o hodnotách střídavých unikajících proudůch je uvedena v STN EN 61140 ed. 2. podle které by výrobci měli uplatnit následující mezní hodnoty:

- a) elektrická zařízení připojovaná vidlicí pro jednofázový a vícefázový zásuvkové obvody s proudy do 32 A včetně:

<b>Jmenovitý proud zařízení <math>I_n</math></b>	<b>Max. proud ochranným vodičem</b>
do 4A	2 mA
4A až 10 A	0,5 mA/A
nad 10 A	5 mA

- b) trvale připojená elektrická zařízení a nepřenosná zařízení s proudy nad 32 A:

<b>Jmenovitý proud zařízení <math>I_n</math></b>	<b>Max. proud ochranným vodičem</b>
do 7A	3,5 mA
7A až 20 A	0,5 mA/A

Pro zajištění dostatečné odolnosti proti nežádoucímu vypínání platí požadavek na nepřekročení hodnoty trvale unikajícího proudu do 30 % hodnoty jmenovitého reziduálního proudu. V případech, kdy je přítomen trvalý unikající proud, se nabízí možnost průběžné kontroly hodnoty unikajícího proudu. Nejnovější typy chráničů s doplňkovými funkcemi umožňují provádět kontrolu unikajícího proudu pomocí LED diod, které indikují úroveň do 30 %, od 30 do 50% a nad 50%  $I_{\Delta n}$ . Tyto typy mají také posunutou spodní hranici tolerance vybavení z 50% na 75  $I_{\Delta n}$ .

## Závěr

Zavedení povinného používání citlivých proudových chráničů v nových instalacích bylo výsledkem dlouholetého úsilí při zvyšování bezpečnosti. V současné době je k dispozici velmi široká nabídka typů a provedení proudových chráničů, se kterými je možné zajistit vysokou míru bezpečnosti a současně mít dostatečně odolnou instalaci proti nežádoucím vypnutím. Obě hlediska jsou důležitá a musí posouzena současně. Podmínkou pro správný výběr vhodného typu je samozřejmě dobrá znalost podmínek v daném místě instalace.