

1. ÚVOD

Pro správné použití proudových chráničů je nutné znát princip funkce a základní pravidla pro jejich použití. Vlastní princip diferenciální ochrany byl popsán již v roce 1928, ale tehdy byl zmíněn jako možné řešení pro ochranu při dotyku s vysokým napětím. První skutečně funkční proudové chrániče byly zkonstruovány ve čtyřicátých letech minulého století se zaměřením na ochranu při poruše izolace. V padesátých letech se podařilo zavést do výroby konstrukce s dostatečně vysokou citlivostí, které již byly schopné zabránit smrtelnému úrazu člověka s částí pod napětím. Se zlepšující se citlivostí ale narůstal i problém s počtem nežádoucích vypnutí vlivem přepětí v instalacích při bouřkách, což se podařilo vyřešit speciálním provedením proudových chráničů s krátkodobým zpožděním (označovaný jako typ G).

V šedesátých letech se již setkáme s doporučením používat doplňkovou ochranu citlivými proudovými chrániči. V sedmdesátých a osmdesátých letech se začalo s povinným použitím pro zásuvky v koupelnách, na stavebních, v zemědělství, pro venkovní instalace a v nemocnicích. V současné době se s proudovými chrániči setkáme prakticky ve všech instalacích obsluhovaných laiky, tj. osobami bez elektrotechnické kvalifikace.

S nárůstem počtu elektrických spotřebičů s elektronickými spínacími obvody je dnes nutné používat typy proudových chráničů, které jsou schopné spolehlivě fungovat i při přítomnosti pulzujících a hladkých stejnosměrných reziduálních proudů (typy A, F nebo B). Dříve obvyklé typy s citlivostí pouze na střídavé reziduální proudy (typ AC), již v mnoha případech nevyhovují. Jedná se zejména o moderní zařízení se spínacími zdroji a obvody se střídači, které jsou základní částí všech frekvenčních měničů, zdrojů nepřerušovaného napájení (UPS), nabíječek elektromobilů, měničů pro bateriová úložiště energie a dalších.

Podle účelu použití proudových chráničů jsou definovány tyto oblasti použití:

- 1. doplňková ochrana proudovým chráničem s citlivostí $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$** (viz ČSN 33 2000-4-41 ed. 3),
- 2. ochrana automatickým odpojením v případě poruchy** (viz ČSN 33 2000-4-41 ed. 3),
- 3. ochrana před vznikem požáru od plazivých proudů proudovým chráničem s $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$** (viz ČSN 33 2000-4-42 ed. 2).

Z uvedených ochranných opatření se nejdříve zaměříme na doplňkovou ochranu osob, jejichž podmínky přímo vycházejí z poznatků o působení elektrického proudu na člověka.

3.7 Citlivost na různé druhy reziduálních proudů

Podle citlivosti na různé druhy reziduálních proudů se v normách definují typy AC, A, F a B. Vývoj techniky ovšem vyžaduje i další varianty a výrobci proto nabízejí i vlastní varianty pro požadované aplikace.

Tab. 2 Typy proudových chráničů podle citlivosti na různé druhy proudů

Typ	Symboly	Citlivost na reziduální proud	Vlastnosti	Normy (soubory)
AC		střídavý	sinusový AC se jmenovitou frekvencí	ČSN EN 61008, ČSN EN 61009
A		střídavý a pulzující stejnosměrný proud	sinusový AC a pulzující DC do 6 mA	ČSN EN 61008, ČSN EN 61009
F		střídavý a pulzující stejnosměrný proud	sinusový AC a pulzující DC do 10 mA	ČSN EN 62423 ed. 2
B		střídavý, pulzující stejnosměrný a hladký stejnosměrný proud	všechny druhy proudů do 2 kHz	ČSN IEC 755, ČSN EN 62423 ed. 2
B+		střídavý, pulzující stejnosměrný a hladký stejnosměrný proud	všechny druhy proudů do 20 kHz	VDE 0664-440
Bfq*)		střídavý, pulzující stejnosměrný a hladký stejnosměrný proud	všechny druhy proudů do 20 kHz	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 souboru ČSN EN 61008).

Proudové chrániče typu A pro střídavé a pulzující stejnosměrné reziduální proudy, případně i s přítomností podílu malé hodnoty hladkého stejnosměrného reziduálního proudu I_{ADC} do 6 mA (soubor ČSN EN 61008, viz obr. 29 a 30).

Proudové chrániče typu F jsou speciální variantou typu A s upravenou frekvenční charakteristikou, která zohledňuje citlivost na vysoké frekvence. Přestože se s tímto typem setkáváme teprve se zavedením ČSN EN 62423 ed. 2, nejedná se o zcela nové řešení. Jeho předchůdcem je známý typ U (viz kapitola 3.11) s obdobnými vlastnostmi. Typ F má vysokou odolnost proti nežádoucím vypnutím 3 kA (vlastností typu G podle tab. 4).

Proudové chrániče typu B pro všechny druhy reziduálních proudů, tj. střídavé, pulzující stejnosměrné a hladké stejnosměrné reziduální proudy (ČSN EN 62423 ed. 2, příp. starší ČSN IEC 755). Stejnosměrný reziduální proud se dnes může vyskytnout prakticky ve všech instalacích, včetně domovních, kde se používají frekvenční měniče, fotovoltaické elektrárny a další zařízení s výkonovými polovodičovými prvky. Jejich funkce je zaručena do 2 kHz. Citlivost chráničů typu B významně zvyšuje bezpečnost. Vzhledem ke složitější konstrukci je nutné počítat s vyšší cenou.

Proudové chrániče typu B+ pro všechny druhy reziduálních proudů, s upravenou vypínací charakteristikou podle požadavků na ochranu před požáry. Vypínací reziduální proud je do 420 mA a je určený pro požární ochranu (podle německé normy VDE 0664-440; požadavek Asociací německých pojišťoven. Do jiných zemí se dostává spolu s projekty původ-

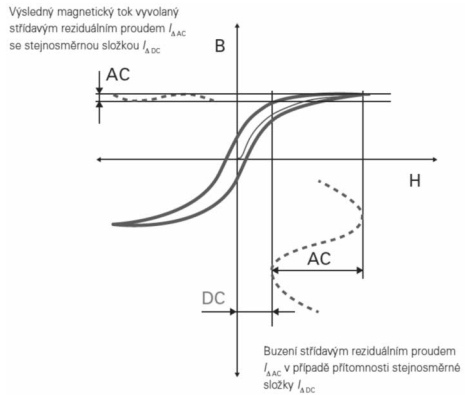
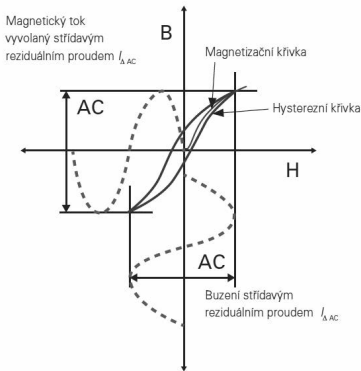
ně navrženými pro Německo). Pracují s frekvencemi až 20 kHz podle požadavků na měniče pro fotovoltaické elektrárny.

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.

Proudové chrániče typu A – EV pro nabíjecí stanice elektromobilů (EV – angl. *Electric Vehicle*). Zabudované monitorovací jednotky detekují stejnosměrný reziduální proud a při překročení hodnoty 6 mA zajistí vypnutí proudového chrániče.

Konstrukční řešení typů AC, A a B

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



a) typ AC

vyšší remanence (B_r)

M – magnetizační křivka jádra proudového transformátoru

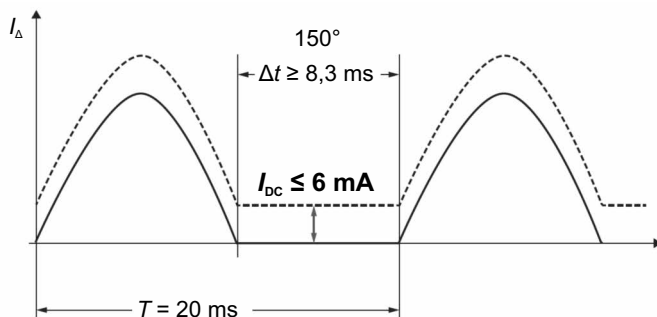
B – magnetická indukce [T]

H – magnetomotorická síla [Am^{-1}]

b) typ A, F

nižší remanence (B_r)

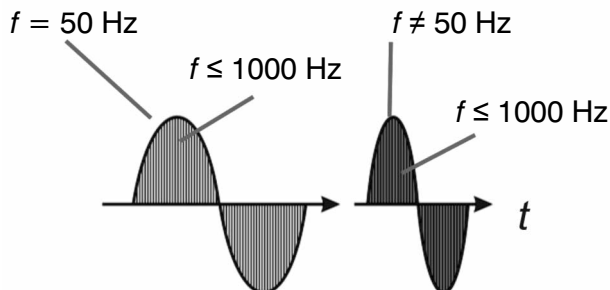
Obr. 29 Magnetizační křivky materiálů součtových proudových transformátorů typu AC a A



Obr. 30 Definice stejnosměrné složky proudu podle IEC/TR 60755 (6 mA pro typ A, 10 mA pro typ F)

Poznámka:

Ve střídavém obvodu nabíjecích stanic pro elektromobily (viz ČSN 33 2000-7-722 ed. 3) se předepisuje použití proudových chráničů typu B. Druhou možností je typ A nebo F pod podmínkou, že jsou nabíjecí stanice vybaveny přístrojem pro detekci stejnosměrného reziduálního proudu (RDC-DD, podle IEC 62955 – v ČR doposud nebyla zavedena) vyššího než 6 mA. Další podrobnosti jsou v kapitole 12.4.



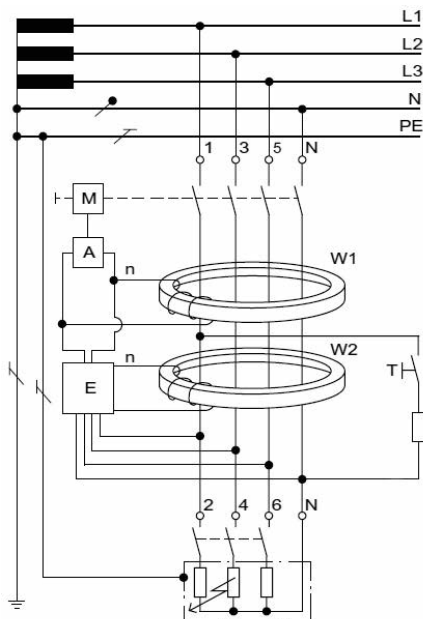
šířkově pulzní modulace

Obr. 31 Vytvoření průběhu střídavého proudu za frekvenčním měničem

Při působení vyšších hodnot stejnosměrného proudu u typu AC, A, případně také u typu F nebo U, dojde k nasycení magnetického materiálu součtového proudového transformátoru a proudový chránič se stane necitlivým na jakékoliv reziduální proudy. Proudový chránič tzv. oslepe (angl. *blinding phenomena*) a tím je zrušena jeho ochranná funkce. Zobrazení tohoto stavu je na obrázku 29 b). Pro tyto případy se používají proudové chrániče typu B (v různých variantách), které jsou schopné spolehlivě vypnout jakékoli formy reziduálního proudu, a to v rozsahu frekvencí, na které jsou příslušné typy konstruovány (viz tab. 2).

Konstrukční řešení typu B je odlišné od běžných proudových chráničů – viz obrázek 32. Skládá se ze dvou částí: proudového chrániče typu A (W1), která je nezávislá na napájecím napětí; druhá část (W2, E) zajišťuje detekci a vyhodnocení stejnosměrného reziduálního proudu. Tato část je napěťově závislá, protože vyžaduje napájení elektroniky. Speciální součtový proudový transformátor (W2) je buzen pomocným vysokofrekvenčním generátorem (E), který vytváří ustálený 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 (součást generátoru E) popud k vybavení spínacího mechanismu. Informace o použití v instalacích jsou uvedené v kapitole 12.4.

Novější typy proudových chráničů typu B využívají jeden společný součtový transformátor.



A – vybavovací relé

M – spínací mechanismus

T – testovací tlačítko

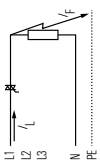
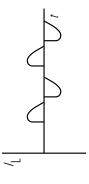
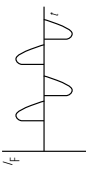
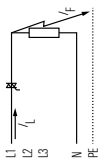


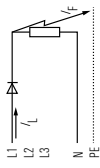
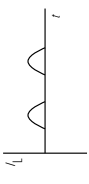
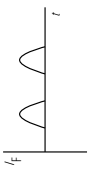
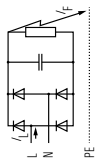
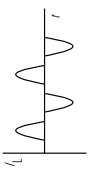
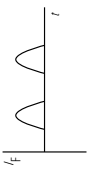
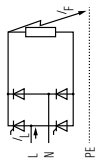
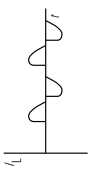
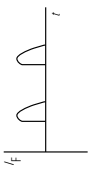
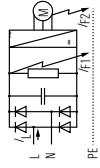
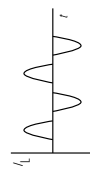
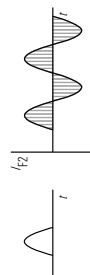
n – sekundární vinutí

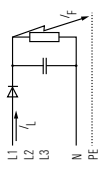
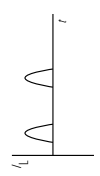
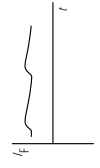
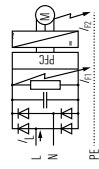
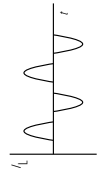
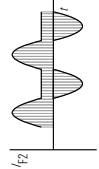
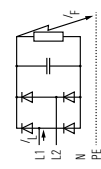
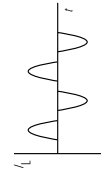
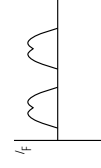
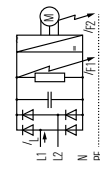
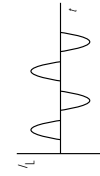
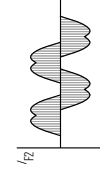
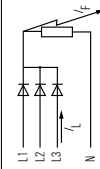
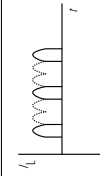
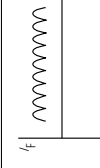
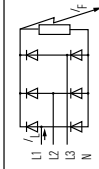
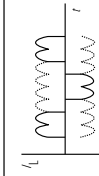
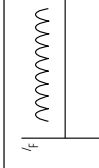
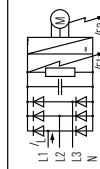
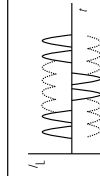
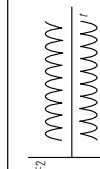
W1 – součtový proudový transformátor pro detekci střídavých reziduálních proudů

W2 – součtový proudový transformátor pro detekci stejnosměrných reziduálních proudů

E – generátor proudu + obvod pro vyhodnocení stejnosměrného reziduálního proudu

Obr. 32 Princip funkce proudového chrániče typu B

	Záplnění obvodu s místem poruchy	Tvar zatěžovacího proudu i_L	Tvar proudu poruchy i_f	Ochrana zajišťovaná vypínací charakteristikou RCD typů
1	Fázové řízení 			AC, A, F, B
2	Pulsní řízení 			AC, A, F, B
3	Jednofázové 			A, F, B
4	Dvouúplňní můstkové 			A, F, B
5	dvouúplňní můstkové, částečné řízení 			A, F, B
6	Frekvenční měnič s dvouúplňním můstkem 			B

7	 <p>Jednofázové s vyhlazením</p>			B
8	 <p>Frekvenční měnič s dvojpulsním můstkem a PFC</p>			B
9	 <p>Dvojpulsní můstek mezi fázemi</p>			B
10	 <p>Frekvenční měnič s dvojpulsním můstkem mezi fázemi</p>			B
11	 <p>Třífázové do hvězdy</p>			B
12	 <p>Šestipulsní můstek</p>			B
13	 <p>Frekvenční měnič s šestipulsním můstkem</p>			B

Tab. 9 Obvyklé průběhy reziduálních proudů v obvodech za usměrňovači a použití proudových chráničů typu AC, A, F a B (ČSN 33 2000-5-53 ed. 2, ČSN 33 2000-6 ed. 2, IEC/TC 60755, která v ČR není zavedená aj.)

Poznámka:

Případy, kde má být AFDD použitý, jsou předmětem diskuzí nejen u nás, ale i v zahraničí (vyšší bezpečnost za vyšší cenu?). Můžeme zde uvést zkušenosti z Německa, kde bylo použití AFDD zavedeno v roce 2016 (DIN VDE 0100-420:02-2016) ve vyjmenovaných případech jako povinné a pro některé prostory jako doporučené [místa pro denní spaní dětí (školky), místnosti s ubytováním nemocných a starých lidí (domovy důchodců)]. V roce 2019 došlo ke sjednocení s evropskými požadavky, které jsou totožné s českou verzí normy.

14.7 Základní pravidla pro použití AFDD

AFDD jsou určeny pro jednofázové obvody.

AFDD se má použít na jeden koncový obvod. Jednotlivé obvody se nesmí sdružovat, protože rušení od jednotlivých spotřebičů se sčítá a může maskovat projevy vznikajícího oblouku. AFDD pak nemusí být schopné správně vyhodnotit vznikající oblouk. Na tuto skutečnost pamatujte i ČSN 33 2000-4-42 ed. 2 a ČSN 33 2000-5-53 ed. 2, kde se uvádí, že „AFDD se má instalovat na začátek koncového obvodu, který má být chráněn“.

Pro moderní domácnosti, kde se dnes vyskytuje velký počet spotřebičů se spínacími zdroji a frekvenčními měniči (pračky, sušičky, čerpadla) je doporučeno zvolit provedení s proudovým chráničem typu F.

Vedle obvyklých provedení AFDD s jističem a proudovým chráničem typu A a F se nabízí také kombinace G/A, F a další varianty jednotlivých výrobců (Li/A, Si apod.).

Příklad:

- Li/A – citlivost na druh reziduálního proudu typu A, zpožděné působení o 10 ms, rázová odolnost 250 A, zvýšená odolnost vůči nežádoucím vypínáním,
- G/A – citlivost na druh reziduálního proudu typu A, zpožděné působení o 10 ms, rázová odolnost 3 kA, vysoká odolnost vůči nežádoucím vypínáním.



2 TE (šířka 35 mm)

AFDD v kombinaci s jističem (Hager, Schneider Electric)



1 TE (šířka 17,5 mm)

AFDD v kombinaci s jističem (Siemens)



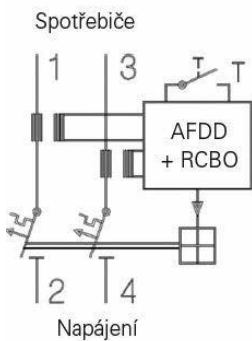
3TE

2TE

AFDD modul pro montáž k proudovému chrániči s vestavěným jističem (OEZ, Siemens)



3TE



AFDD v kompaktním provedení s proudovým chráničem a jističem (Legrand, Hager, Eaton – označení AFDD+)

Obr. 99 Příklady konstrukčního provedení AFDD