

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Pedagogická fakulta  
Katedra fyziky



## Testování proudového chrániče řady PFIM

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. PaedDr. Petr Adámek, Ph.D.

Autor: Ondřej Kotrba

České Budějovice 2008

**Anotace:**

Tato práce se zabývá popisem funkce, konstrukce a testování proudových chráničů. Cílem práce je shrnout nejdůležitější vlastnosti proudových chráničů, popsat konstrukci, poskytnout ucelený obraz jejich užití a rozebrat testování elektrických a mechanických parametrů jak ve výrobě, tak v provozu (revizní zkoušky). V závěru práce se nachází záznam o provedení elektrického měření proudových chráničů, který potvrzuje vlastnosti proudových chráničů rozebírané v této práci.

**Abstract:**

The Bachelor Thesis is focused on the description of RCD (Residual Current Device), its function, construction/assembling and testing. The objective of the Bachelor Thesis is to summarize the most important characteristics of RCD, describe its construction/assembling, give a reader an integral overview about the application and analyse the testing of electrical and mechanical characteristics. In conclusion, there is a list of recorded data of electrical tests, which verify the characteristics of RCD.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to ve zkrácené podobě, kde bude vypuštěna kapitola 4.1. Testování proudových chráničů ve výrobě. Práce bude zveřejněná ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, dne 11. 11. 2008

\_\_\_\_\_  
Ondřej Kotrba

**Poděkování:**

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval kolegům z firmy Moeller® za poskytnutí cenných informací a doc. PaedDr. Petru Adámkovi, Ph.D. za odborný dohled nad touto prací.



## OBSAH:

<b>1</b>	<b>Úvod a cíle práce</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Účinky elektrického proudu na lidské tělo</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Teorie proudových chráničů</b>	<b>11</b>
3.1.	Historie a vývoj proudových chráničů	11
3.2.	Princip funkce proudového chrániče	14
3.3.	Nejdůležitější parametry proudových chráničů – dělení chráničů dle jejich vlastností	19
3.3.1.	Počet pólů	20
3.3.2.	Rychlost vybavení	20
3.3.2.1.	Zpoždění	21
3.3.2.2.	Selektivita	23
3.3.2.3.	Odolnost proti rázovým vlnám	24
3.3.3.	Velikost reziduálního proudu – citlivost	25
3.3.4.	Citlivost na různé druhy reziduálních proudů	25
3.3.5.	Funkční závislost na napájecím napětí	28
3.3.6.	Ochrana před nadproudem – odolnost kontaktů	30
3.3.7.	Způsob montáže	32
3.3.7.1.	Detekce přerušení PE nebo PEN vodiče	33
3.4.	Podmínky použití proudových chráničů a rozdělení sítí	37
3.4.1.	Ochrana před nebezpečným dotykem živých částí	37
3.4.2.	Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí	38
3.4.2.1.	Proudový chránič v síti TT	39
3.4.2.2.	Proudový chránič v síti TN	40
3.4.2.3.	Proudový chránič v síti IT	41
<b>4</b>	<b>Testování proudových chráničů</b>	<b>42</b>
4.1.	Testování proudových chráničů ve výrobě	42
4.2.	Testování v provozu - revizní testy	47

<b>5</b>	<b>Praktické ověření funkčnosti proudového chrániče řady PFIM</b>	<b>51</b>
5.1.	Testované vzorky	51
5.2.	Podmínky měření a měřicí přístroje	51
5.3.	Postup měření	52
5.4.	Naměřené hodnoty	55
5.5.	Vyhodnocení	59
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>64</b>

# 1 Úvod a cíle práce

Prvním cílem práce je poskytnout ucelený pohled na proudové chrániče, jejich rozdělení, charakteristiku a použití. Motivací pro detailní rozebrání právě proudových chráničů je skutečnost, že v dnešní době se v moderních elektroinstalacích proudové chrániče používají běžně, ale teprve před více než před deseti lety tomu tak nebyvalo, protože proudový chránič byl v České republice zahrnut jako doplňková ochrana až v roce 1996 (viz. Kapitola 3.1. Historie a vývoj proudových chráničů). Proudový chránič se dnes sice používá zcela běžně, ale ne všem uživatelům nebo pracovníkům, kteří proudové chrániče používají nebo je osazují do rozvodných skříní, jsou jejich vlastnosti detailně známé. Proudový chránič jako ochranný prvek nachází své uplatnění nejen v nových budovách, ale i v rekonstruovaných objektech, kde bezpečnost celé elektroinstalace může výrazně zvýšit. Musí být však dodrženy podmínky použití v návaznosti na celkový stav elektroinstalace. Například zastaralý bytový fond v České republice je vhodným místem pro aplikaci proudového chrániče, zastaralost elektroinstalace se ale musí řešit komplexně [1,2] (viz. Kapitola 3.4.2.2. Proudový chránič v síti TN a 3.3.7.1. Detekce přerušení PE nebo PEN vodiče).

Druhým cílem práce je provést praktické ověření funkčnosti vybraných typů (řady PFIM) proudových chráničů. Tato část se nachází v závěru práce, kde bylo provedeno testování 9 odlišných typů. Měření by mělo potvrdit vlastnosti rozebírané v předchozích dvou teoretických částech bakalářské práce. Praktické části ještě předchází teoretický úvod do problematiky testování proudových chráničů jak ve výrobě, tak následně v provozu.

## 2 Účinky elektrického proudu na lidské tělo [2,3,4]

Průchod elektrického proudu lidským tělem způsobuje především stažení svalových vláken a rozklad krve. Následkem může být zástava nebo fibrilace srdce (v případě střídavého proudu) a zástava dýchání. Kontakt s vysokým napětím navíc způsobí přeskok oblouku, který s sebou přináší popáleniny. Nebezpečná jsou také zranění, která přicházejí po kontaktu s elektrickým proudem. Hrozí pády z výšek nebo jiné následné úrazy způsobené neovladatelností těla nebo šokem. Každý člověk reaguje rozdílně na průchod elektrického proudu tělem, má tedy rozdílnou vnímavost vůči elektrickému proudu.

Účinek elektrického proudu tedy závisí na:

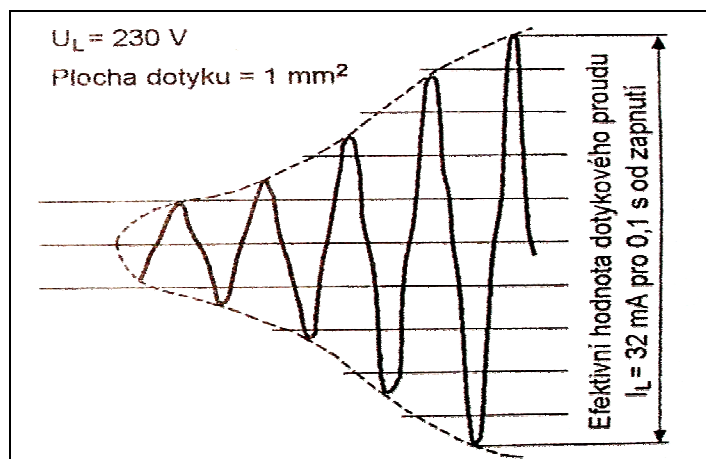
- Druhu proudu
- Intenzitě proudu
- Frekvenci proudu
- Fázi srdeční činnosti
- Impedanci lidského těla
- Dráze proudu
- Době průchodu proudu
- Fyziologickém a psychickém stavu organismu
- Velikosti dotykového napětí

Nás bude v případě proudových chráničů zajímat frekvence sítě  $50 \div 60$  Hz a napětí 230 V nebo 400 V. Účinky elektrického proudu procházejícím lidským tělem jsou popisovány normou ČSN IEC 479. Z této normy vycházejí logicky definice vlastností proudových chráničů, které výrazně riziko zranění nebo škod na majetku snižují. Reakce lidského těla na elektrický proud při různé velikosti byla zjišťována experimentálně. Jak již bylo uvedeno, každý člověk má jinou citlivost na elektrický proud, proto musela být definována průměrná impedance proudových cest v lidském těle, která zahrnuje 95 % populace. Průměrné hodnoty impedance proudových cest v lidském těle udává tabulka 1.

Proudová cesta	Impedance [ $\Omega$ ]
ruka-noha	1000
noha-noha	1000
ruka-nohy	750
ruce-nohy	500
ruka-hrud'	450
ruce-hrud'	230
ruka-hýždě	550
ruce-hýždě	300

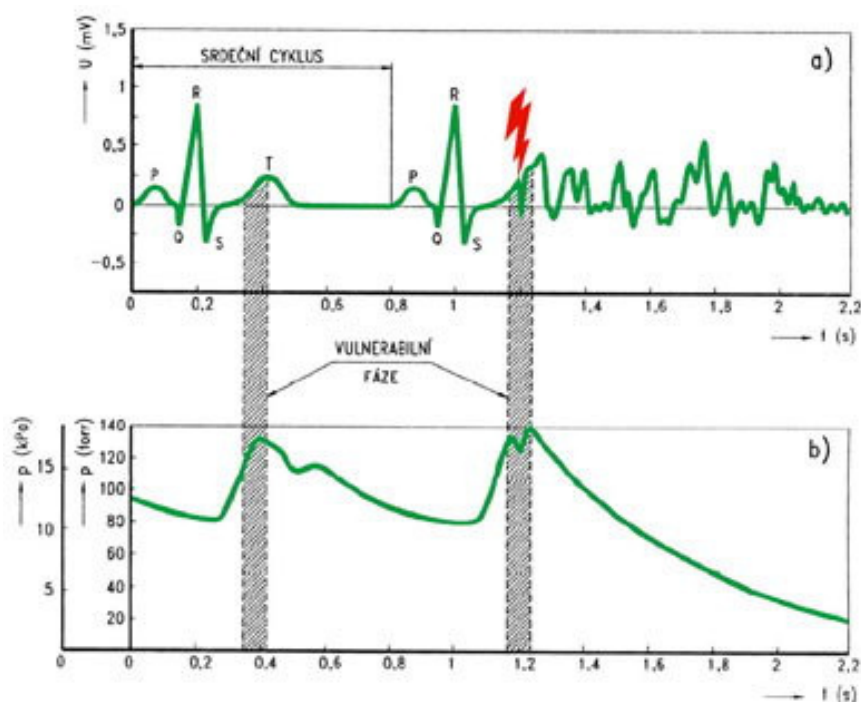
Tab. 1 Impedance proudových cest lidského těla

Pokusy na vlastním těle z důvodu ověření schopnosti chrániče ochránit lidský život prováděl pan Gottfried Biegelmaier z Rakouska, který patřil k hlavním osobnostem vývoje proudových chráničů [4]. K testům používal proudové chrániče citlivosti 10, 30 a 100 mA. Průběhy zkoušek byly zaznamenávány přístroji a zajištěna musela být i první pomoc. Pro jistotu bylo použito sériové zapojení dvou chráničů pro případ, že by jeden nevypnul. Bylo zjištěno, že velikost proudu po kontaktu s lidským tělem postupně vzrůstá (viz obr 1).



Obr. 1 Postupný nárůst tělního proudu převzato a upraveno z [4]

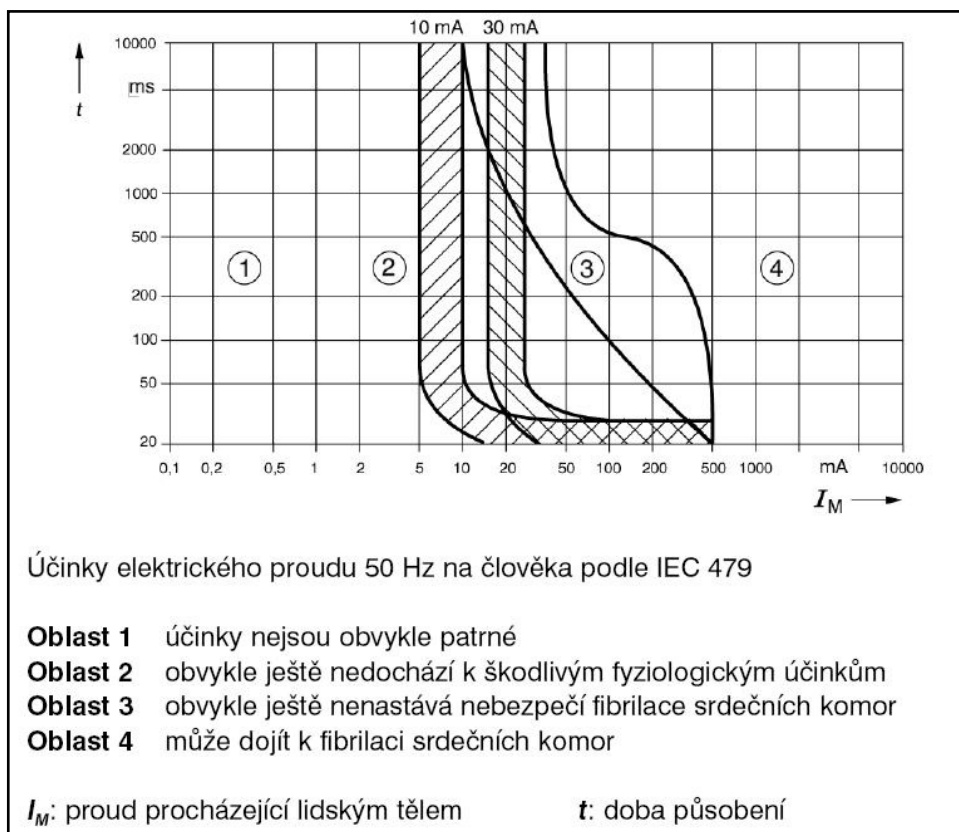
Byly prováděny zkoušky se suchou pokožkou, s mokrou pokožkou a s pokožkou máčenou v solném roztoku. Hodnota impedance lidského těla se samozřejmě dle výše vypsání pořadí snižovala. Pokus se prováděl i pro různé dráhy proudu v lidském těle: ruka-ruka, ruka-nohy. Dráha ruka-nohy je obzvlášť nebezpečná proto, že proudová cesta se uzavírá přes srdce, které, je-li ve vulnereabilní - zranitelné fázi, je velmi zranitelné a může dojít k fibrilaci srdečního svalu, což je stav, kdy srdce přestane správně pracovat. Tato fáze trvá přibližně 200 ms. Tento časový úsek byl převzat v Německu jako hranice pro rychlost vypínání proudových chráničů (nezpožděné a typ G). Průběh srdeční činnosti po zasažení elektrickým proudem je znázorněná na obrázku č. 2.



Obr. 2 Srdeční činnost

Výsledky testů Gottfrieda Biegelmaiera přinesli důležité zjištění:

- Testy prokázaly, že v rozsahu (5 ÷ 5000) V se vnitřní odpor lidského těla nemění a má pouze ohmický odpor.
- Rozdíl mezi stejnosměrným a střídavým napětím se v odporu těla neprojevil.
- Odpor těla je velmi závislý na vlhkosti pokožky, nehraje však žádnou roli ve vnitřním odporu těla.
- Při napětí převyšujícím 200 V ztrácí lidská kůže své ochranné schopnosti a plocha dotyku ztrácí vliv na účinky elektrického proudu.
- Při napětí menším než 100 V se odpor kůže silně uplatňuje a proud procházející lidským tělem se šíří převážně vnitřní částí.
- Odpor těla klesá s rostoucí frekvencí proudu a klesá riziko fibrilace, velmi nebezpečná v tomto směru je frekvence kolem 50 Hz.



Obr. 3 Účinky elektrického proudu  
převzato a upraveno z [2]

K obrázku 3:

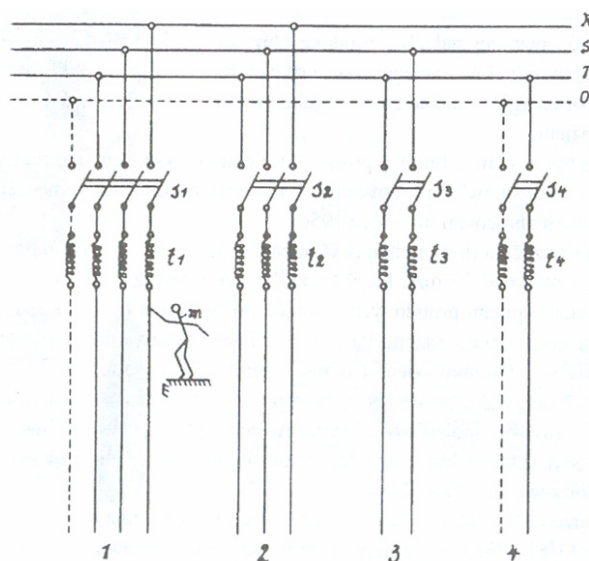
- ✓ Tělní proudy  $10 \div 30 \text{ mA}$  nezpůsobují smrt, způsobují však křeče, dýchací problémy,...
  - ✓ Tělní proudy  $30 \text{ mA}$  a vyšší mohou způsobit smrt, pokud nedojde k rychlému odpojení od zdroje (proud nepřevyšující  $500 \text{ mA}$  způsobí smrt již po  $0,5 \text{ s}$ )
  - ✓ Tělní proud nad  $500 \text{ mA}$  způsobuje smrt již při velmi krátké době
- Výše uvedené skutečnosti se staly základem pro stanovení citlivosti s rychlostí vypínání proudových chráničů.

### 3 Teorie proudových chráničů

#### 3.1. Historie a vývoj proudových chráničů

Vývoj proudového chrániče vyvolala snaha ochránit člověka a užitková zvířata před zraněním elektrickým proudem. Použití proudového chrániče celý systém ochrany zvyšuje a stává se tak velmi důležitým prvkem elektroinstalací. Úraz elektrickým proudem v sítích NN může vzniknout dvěma způsoby – přímým nebo nepřímým dotykem části zařízení pod napětím. Podrobné informace o způsobu ochrany proudovými chrániči jsou uvedené v kapitole „3.4. Podmínky použití proudových chráničů a rozdělení sítí“.

První snaha vyvinout ochranu před přímým dotykem živé části je datována v roce 1928. Jednalo se o německý říšský patent s názvem „Ochranné obvody pro zabezpečení lidí a zvířat proti poškození při dotyku vodiče pod napětím sítě nízkého napětí,“. Snahou v té době bylo zajistit zvýšenou ochranu před nebezpečným dotykem živé části. Následující obrázek znázorňuje první představu ochranného zapojení.



Obr. 4 Říšský patent z roku 1928  
Převzato a upraveno z [4]

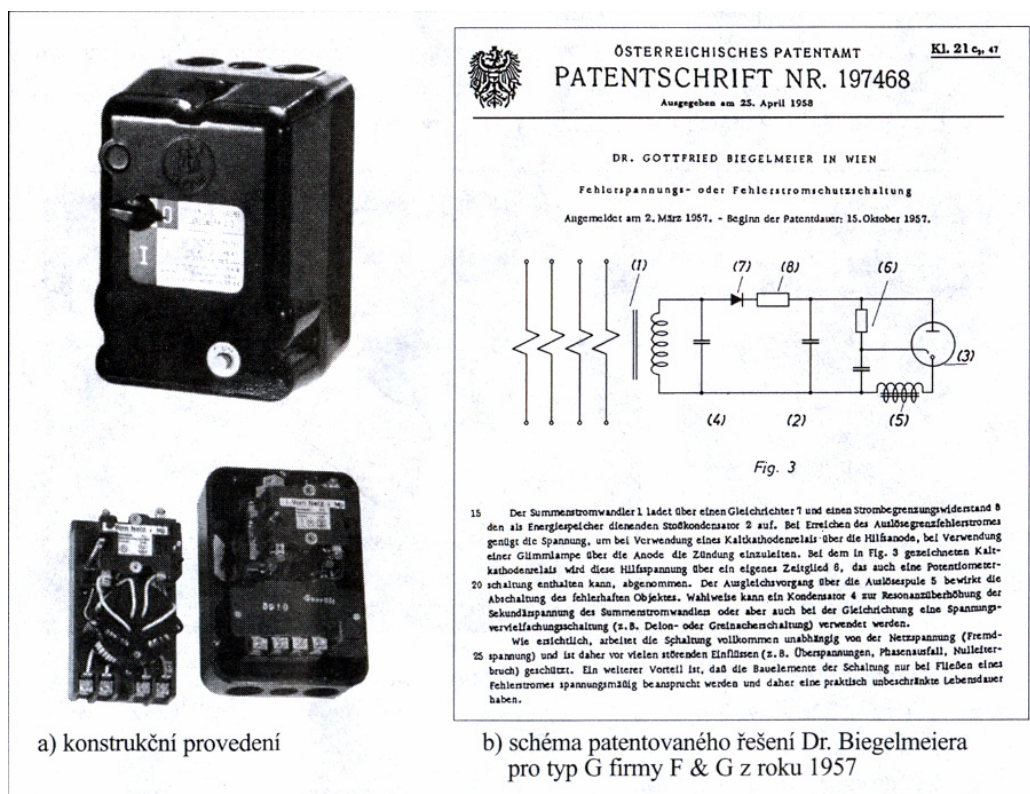
Vývoj proudových chráničů stručně shrnuje následující citace [4]:

- 1928: Přihlášení německého říšského patentu (č.552 678 z 8.4.1928) s názvem „Ochranné obvody pro zabezpečení lidí a zvířat proti poškození při dotyku vodiče pod napětím sítě nízkého napětí“. Jak vyplívá z názvu, existovala již tehdy myšlenka vytvořit ochranu proti přímému dotyku. Přístroje založené na patentovaném principu byly nejprve označovány jako „diferenciální jističe“ a později jako „ochranné spínače poruchového proudu“ (něm. Fehlerstromschutzschalter => FI). Již tehdy bylo řečeno, že takováto ochrana je do důsledků zajištěna pouze tehdy, pokud by jmenovitý reziduální proud chrániče byl nižší než 50 mA. Taková citlivost však přesahovala možnosti tehdejší techniky.
- 1937: Ve Francii je firmou Paris & Co<sup>®</sup>. (dnes firma Schupa<sup>®</sup>) vyroben prototyp přístroje s citlivostí 10 mA.
- 1942: V domě VDE v Berlíně byly provedeny pokusy s proudovým chráničem s citlivostí 10 mA. Záznamy z této doby říkají, že pokusná osoba podrobená pokusu ověřujícímu ochranu při přímém dotyku s fázovým vodičem utrpěla takový šok, že bylo nutno od dalších pokusů upustit, protože se pokusná osoba silně bránila podstoupit druhé vypnutí. Průlom v oblasti používání proudových chráničů nastal poté, co bylo rozhodnuto, že jističí přístroje a proudové chrániče je možné používat jen ve spojení s ochranným vodičem, čili docílit ochrany neživých částí (ochrana při nepřímém dotyku). Upouští se tedy od původní myšlenky ochrany přímým dotykem. Byl předveden první vzorek proudového chrániče se jmenovitým reziduálním proudem 80 mA pro účely ochrany neživých částí.
- 1943: Firma Paris & Co<sup>®</sup>. Vyrábí proudové chrániče pro ochranu neživých částí. Jejich použití je vázáno na podmínku, že budou používány výhradně ve spojení s ochranným vodičem. Další vývoj v období války a v poválečných letech byl přerušen.
- 1951: Sériově vyráběny první proudové chrániče se jmenovitými reziduálními proudy od 0,3 A až do 3 A. Dochází se k poznatku, že hodnota jejich jmenovitého reziduálního proudu není při použití ochranného vodiče kritická a musí být omezena pouze z důvodu protipožární ochrany. Vybavovací relé proudových chráničů byla tehdy konstruována na principu pracovního proudu, tzn. součtový proudový transformátor musel dodávat tolik energie, aby relé mohlo vypnout. Proto byly prováděny pokusy s použitím tyatronu pro sepnutí miniaturního vybavovacího relé, ale toto řešení nebylo v určitém režimu provozu stoprocentně spolehlivé. Postupně se začíná s výrobou proudových chráničů s miniaturními elektronkami. Zajímavé uplatnění našly proudové chrániče ve Francii, kde rozvodné společnosti potřebovaly odhalovat nelegální odběry elektřiny. V případě, kdy vynalézavý odběratel elektrické energie využíval zemniče jako pracovního vodiče, došlo automaticky k odpojení napájení.



1958: Poté, co byl systém ochrany s proudovými chrániči všeobecně akceptován a byly s ním dobré zkušenosti, byly proudové chrániče poprvé zahrnuty do německého předpisu VDE 0100 (návrh zpracován již v roce 1956).

1958: V Rakousku začíná firma Felten & Guillaume<sup>®</sup> se sériovou výrobou proudového chrániče typu G s citlivostí 35 mA, který je odolný proti nežádoucímu vybavení při bouřkách. Nežádoucí vypínání proudových chráničů při bouřkách bylo nejčastější výhradou proti jejich hromadnému nasazení. Patentované řešení využívá impulzní vypínání vybavovacího relé se střídáním energie pomocí kondenzátoru, přičemž tento typ byl funkčně napětově nezávislý. Nové řešení dovolilo zvýšení citlivosti a současně se významně zlepšila provozní spolehlivost. První provedení proudového chrániče (FI) typu G bylo ještě postaveno na základě osvědčené konstrukce napěťového chrániče (FU), který firma do té doby vyráběla (viz obr.5)



Obr. 5 Rakouský patent převzato a upraveno z [4]

1985: Nová verze DIN VDE 0664 část 1 proto v roce 1985 zavedla selektivní typ (S) a stanovila požadavky z hlediska odolnosti proti rázovému proudu pro chrániče bez zpoždění (do 250 A). Pro zkoušení odolnosti byla stanovena proudová rázová vlna s tvarem 8/20  $\mu$ s, která se používá i pro testování svodičů přepětí (třída C, D, nově třídy II a III). Dnes se jí dává přednost před měřením tlumenou rázovou vlnou s frekvencí 100 kHz.

- 1986: Pracovní verze DIN VDE 0100 (část 410 A 1 odst. 5.5) připouští použití typů LS/D s elektronickým zesilovačem, pokud jsou při jejich selhání zachovány podmínky vypnutí pro ochranu při nepřímém dotyku (jistice, pojistky). Tím se aktualizuje problém spolehlivosti proudových chráničů.
- 1986: V Itálii, Německu a Rakousku probíhají rozsáhlé zkoušky spolehlivosti proudových chráničů v instalacích s cílem zmapovat aktuální stav. První práce tohoto druhu proběhly již v roce 1960 (Fränkische Überlandwerke) a dále například v letech 1965/66 (elektrárenská společnost RWE Wesel<sup>®</sup>)
- 1992: V Rakousku podán patent na proudový chránič se zvýšenou spolehlivostí, který nevyžaduje pravidelné testování a má zabudovanou tepelnou ochranu před přetížením kontaktů (autorem je prof. Biegelmeier). Sériovou výrobu začala firma Felten & Guillaume Austria AG<sup>®</sup> v roce 1996.
- 1996: V České republice zavedená nová bezpečnostní norma ČSN 33 2000-4-41:1996 *Ochrana před úrazem elektrickým proudem*, která je součástí celého souboru norem ČSN 33 2000. Teprve zde je zavedena doplňková ochrana citlivým proudovým chráničem a vyjmenovány případy pro jejich povinné nasazení v praxi.
- 1997: Mezinárodně zavedena norma IEC 61557, kde jsou v části 6 definovány podmínky pro nově vyvíjené a vyráběné měřicí přístroje pro měření a zkoušky proudových chráničů v provozu (tj. při revizích). Tato norma měla vliv i na změny v připravované změně normy pro výchozí revize IEC 364-6-61.
- 1998: V IEC 60947-2 *Jistice*, část B:1998 uvedeny nové požadavky na proudové chrániče připojitelné k jističům (CBR). Část B je víceméně modifikací platných norem IEC 755 a IEC 1008 aplikovaných zejména pro průmyslové použití.

### 3.2. Princip funkce proudového chrániče [3,4,5,6,7]

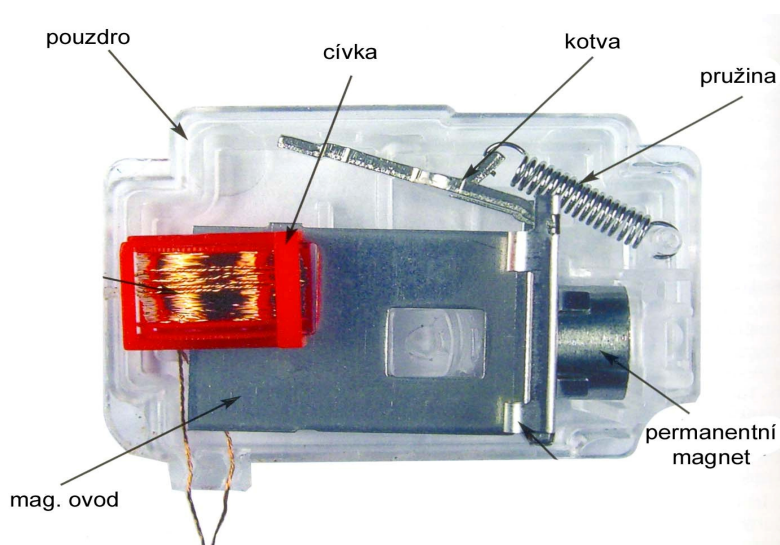
Proudový chránič slouží jako doplňková ochrana před nebezpečným dotykem živých částí (při použití proudového chrániče s  $I_{\Delta n} \leq 30$  mA) nebo jako ochrana před dotykem neživých částí, pokud není možné zajistit odpojení obvodu pomocí jistice nebo pojistky v požadovaném čase, nebo ke zvýšení bezpečnosti již použitých ochranných opatření. Jen v některých případech dle normy ČSN je použití proudového chrániče povinností, např. pro zásuvky v koupelnách, ve venkovních zásuvkách, v zemědělských objektech či na staveništi. Je tedy jasné, že proudový chránič je pouze jedna z ochranných opatření a nemůže být použit samostatně. Díky svým schopnostem vyhodnocovat již malý poruchový (reziduální, unikající) proud a rychle odpojit zdroj napětí je stále více používán a má své důležité místo v moderních elektroinstalacích.

Přesná definice proudového chrániče zní: proudový chránič je mechanický spínací přístroj nebo kombinace přístrojů navržených tak, aby způsobily rozepnutí kontaktů, když reziduální proud dosáhne pracovní hodnoty za předepsaných podmínek (ČSN IEC 755) [4,5,8]. Reziduální proud  $I_{\Delta}$  je efektivní hodnota výsledného součtu vektorů okamžitých hodnot proudů tekoucích hlavním obvodem proudového chrániče (primárním vinutím diferenciálního transformátoru). Proudový chránič funguje vlastně na principu elektromagnetické indukce, neboť indikace poruchy se děje v toroidním součtovém transformátoru. Popišme si tedy činnost třífázového proudového chrániče (pro jednodušší výklad funkčně nezávislého na napájecím napětí). Základní popis funkce je obdobný i pro další typy chráničů, jen vyhodnocování poruchového proudu se může lehce lišit.

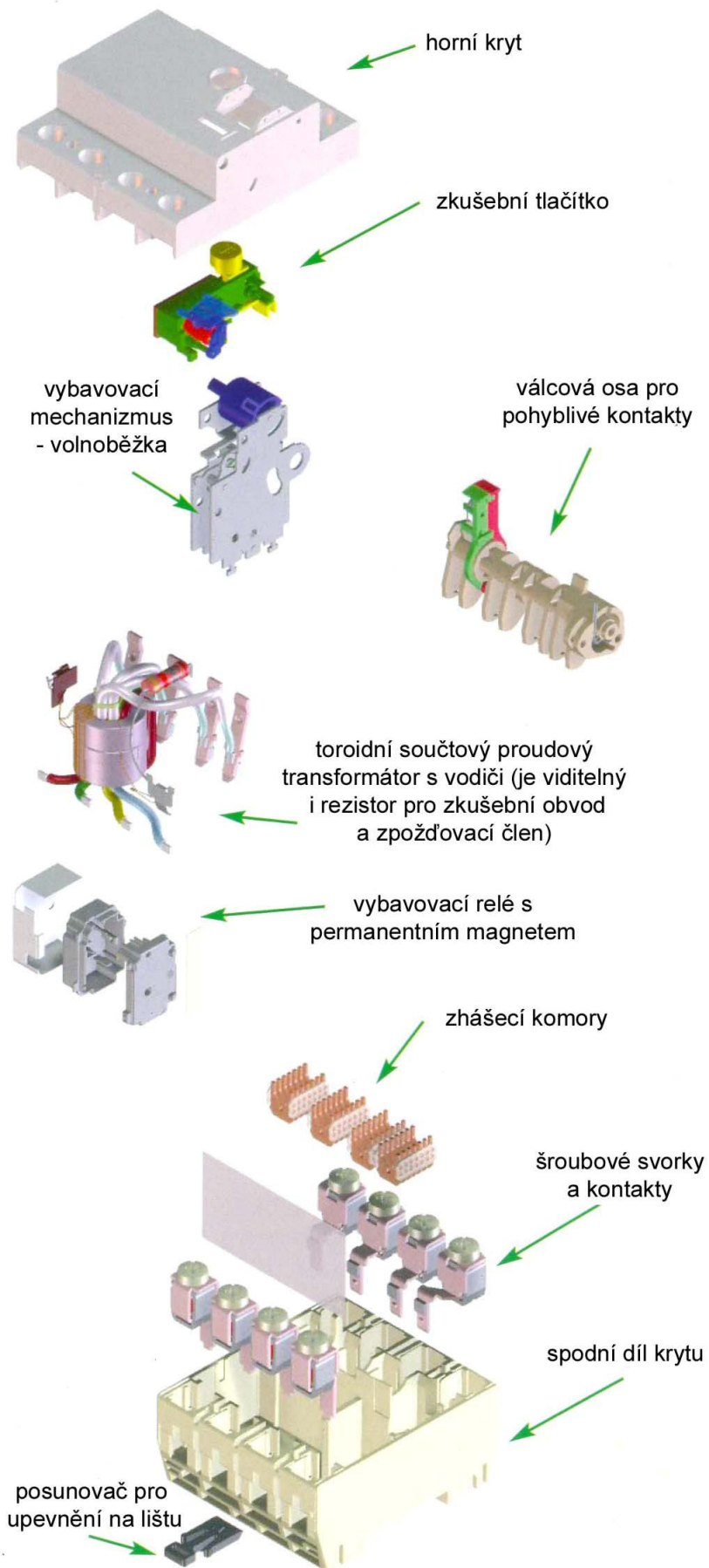
Proudový chránič se tedy skládá ze třech základních částí:

- Součtového transformátoru proudu ke sledování reziduálního proudu
- vybavovacího relé k převedení elektrické energie na mechanické vybavení přístroje
- mechanické části - volnoběžka spojená se silovými spínacími kontakty

Stavbu proudového chrániče vystihuje obrázek 6.2. Srdcem chrániče by se mohlo označit vybavovací relé, které je na obrázku 6.1. Tato součástka v případě výskytu jmenovitého reziduálního proudu uděluje vybavovacímu mechanismu kinetickou energii přes malý terčik, který se dotýká kotvy. V bezporuchovém provozu je kotva přidržována permanentním magnetem, pokud reziduální proud přesáhne určitou hranici, vyvolá indukční tok v cívkce vybavovacího relé tak velkou sílu opačně orientovanou proti přídržné síle permanentního magnetu, že způsobí odpadnutí kotvy a přes terčik následné vybavení chrániče.



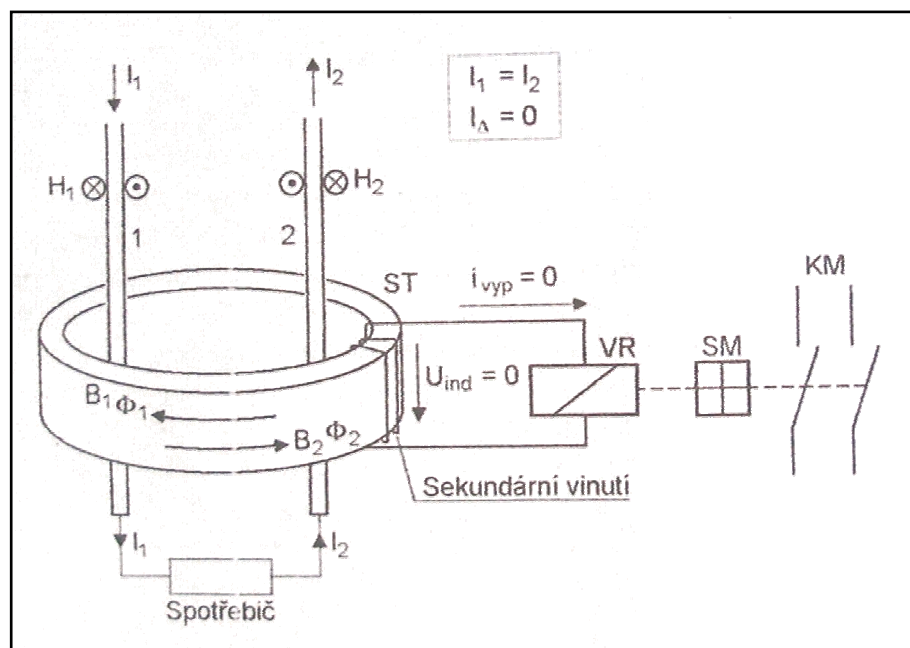
Obr. 6.1 Konstrukční uspořádání vybavovacího relé



Obr. 6.2 Konstrukce čtyřpólového proudového chrániče firmy Moeller®

Funkce proudového chrániče je tedy zřejmá již z výše popsaných součástí. Proudový součtový transformátor sleduje vektorový součet proudů procházejícími všemi vodiči, které procházejí jádrem transformátoru. V případě třífázového proudového chrániče procházejí jádrem 3 fázové vodiče a střední vodič, ochranný vodič jádrem procházet nesmí. Zde se tedy uplatňuje 1. Kirchhoffův zákon. Při bezporuchovém provozu se tedy vektorový součet toků  $\Phi_1$  a  $\Phi_2$  rovná nule a v jádře transformátoru se nevytváří žádný magnetický tok. Samozřejmě ani v sekundárním vinutí se tím pádem neindukuje žádné napětí. Pokud však nastane v elektroinstalaci porucha a začne se ochranným vodičem uzavírat mimo jádro proudového součtového transformátoru poruchový proud, přestane platit nulový součet vektorů proudů a v sekundárním vinutí transformátoru se začne indukovat napětí. Napětí protlačí sekundárním obvodem proud, který uvede vybavovací relé v činnost a relé následně přes mechanickou volnoběžku rozpojí kontakty chrániče. Tím je obvod odpojen od zdroje.

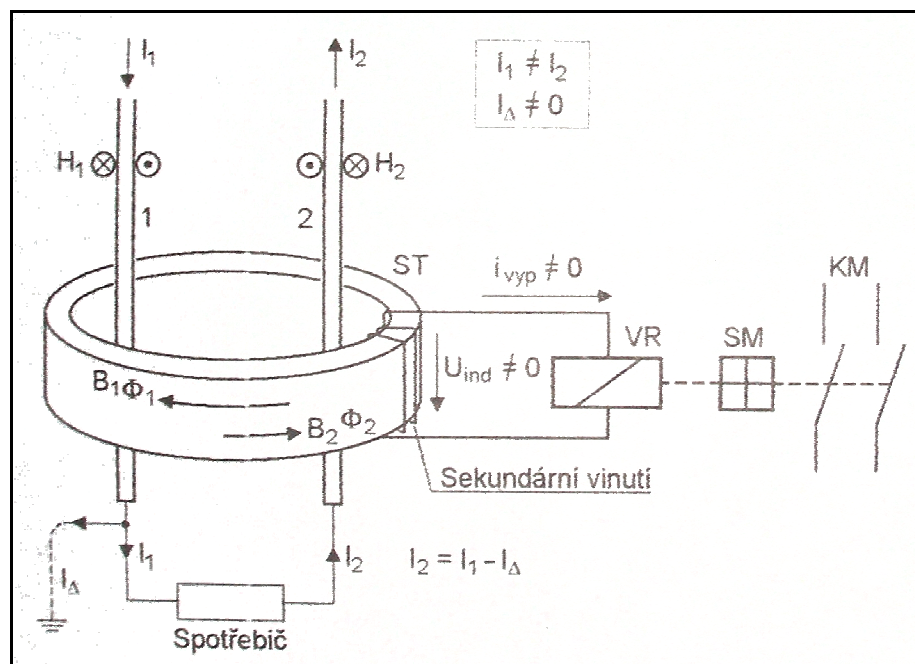
Při  $I_1 = I_2$  se v sekundárním vinutí součtového proudového transformátoru neindukuje žádné napětí a relé vybavovacího mechanismu nereaguje:



Obr. 7 Stav při nulovém poruchovém proudu převzato a upraveno z [4]

Pokud je  $I_1 \neq I_2$ , indukuje se v sekundárním obvodu napětí. Příčinou jsou různé intenzity pole  $H_1$  a  $H_2$  vyvolané proudy  $I_1$  a  $I_2$ . Vznikají indukční toky  $\Phi_1$  a  $\Phi_2$  a jejich součet je výsledným indukčním tokem  $\Phi_{\Delta}$ , který indukuje v sekundárním vinutí  $U_{\text{ind}}$ .





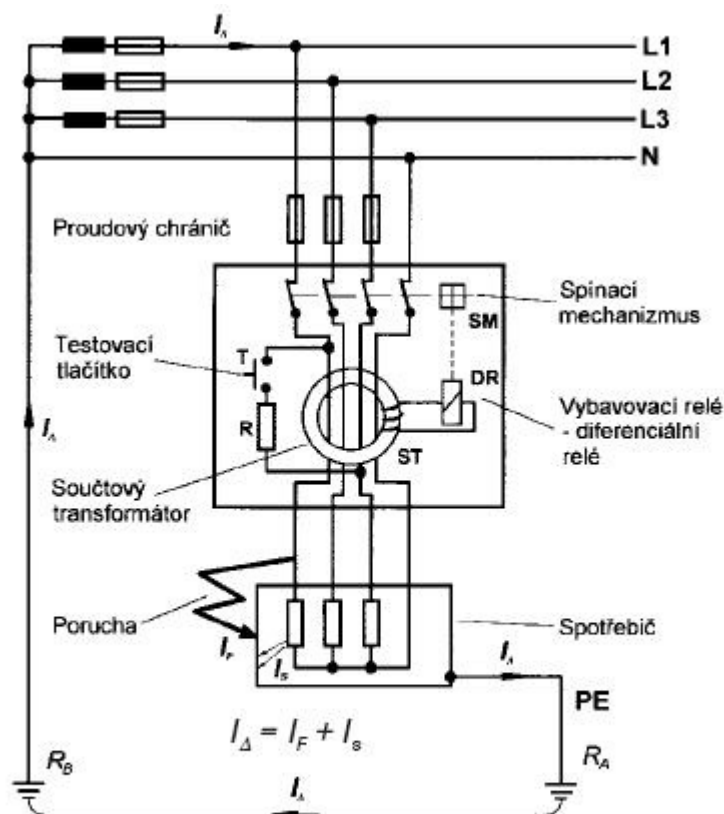
Obr. 8 Stav v případě protékajícího poruchového proudu převzato a upraveno z [4]

Z obrázků je patrné, že chráničem je hlídán pouze poruchový proud, který se uzavírá přes ochranný vodič. Z toho vyplývá důležitý fakt, že nadproud nebo zkrat v síti nedokáže chránič odhalit a proto se musí použít k ochraně chrániče (vedení) jistič nebo pojistka. V případě, že je tato ochranná funkce již integrovaná v chrániči, není potřeba dalšího jištění. Jištění a odolnost kontaktů proti zkratu bude dále ještě podrobně probrána. Obrázek popisuje pouze typ proudového chrániče, který reaguje na střídavý nebo stejnosměrný pulzující poruchový proud. Poněkud problémovější je odhalování stejnosměrného reziduálního proudu, protože funkce transformátoru je podmíněná změnou velikosti proudu za čas:

$$U_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (1)$$

Všichni výrobci si však s tímto problémem dokáží poradit a nabízejí proudové chrániče citlivé jak na střídavé, stejnosměrné pulsující, tak i na stejnosměrné hladké reziduální proudy. K identifikaci stejnosměrného hladkého reziduálního proudu se používají speciální typy proudových chráničů obsahující mimo klasického proudového transformátoru také elektronickou část. Více informací v kapitole „3.3.4. Citlivost na různé druhy reziduálních proudů“.

Následující obrázek znázorňuje nasazení proudového chrániče v praxi, kde došlo k poruše. Na kostru spotřebiče se vlivem poruchy ocitá napětí, které protlačí proud – reziduální proud. Tento poruchový proud o určité velikosti a druhu je následně proudovým chráničem detekován a obvod je odpojen od zdroje. Jedná se o čtyřpólový chránič, funkce dvoupólového je naprosto stejná, vždy unikající proud kostrou (PE vodičem) iniciuje vybavení chrániče.



Princip činnosti proudového chrániče v síti TT  
(totéž platí i pro sítě TN a IT)

Obr. 9 Tok poruchového proudu

### 3.3. Nejdůležitější parametry proudových chráničů – dělení chráničů dle jejich vlastností [4,8,9]

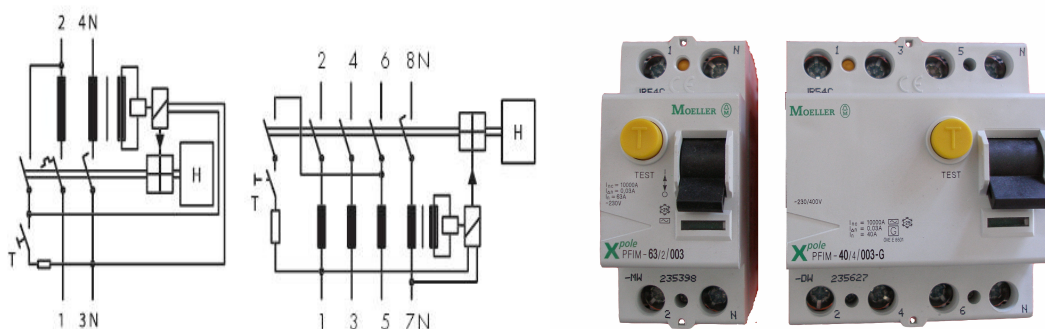
Základní vlastnosti proudových chráničů stanovuje norma ČSN 33 2000, zejména v části 5, 4 a 7. Jsou to předpisy k definici základních vlastností chráničů tak, aby každý přístroj od různých výrobců měl parametry, které zajistí ochrannou funkci přístroje. Účinná ochrana proudového chrániče je samozřejmě dosažena jen v případě, má-li proudový chránič potřebné vlastnosti – citlivost, rychlost, proudovou zatížitelnost a další vlastnosti, které budou dále popsány. Existuje totiž nespočet různých typů, je nezbytné k ochraně určité části obvodu zvolit podle hodnot chrániče ten nejvhodnější. Základní princip funkce byl již popsán v předchozí kapitole. Nyní je čas uvést základní parametry a vlastnosti proudových chráničů. Je možné si z nabídky výrobců vybrat typ nejvhodnější, ale často výrobci nabízejí typy speciálně vyvinuté pro jejich další uplatnění. Například pro okruhy se zářivkovým osvětlením, pro okruhy s frekvenčními měniči nebo pro rentgenová zařízení nabízí firma Moeller speciální typy proudových chráničů.

V dalších kapitolách budou uvedeny parametry, které jsou pro specifikaci daného typu chrániče nejdůležitější. Každý bod bude následně rozebrán a popsán.

- Počet pólů
- Rychlost vybavení
- Velikost reziduálního proudu – citlivost
- Citlivost na různé druhy reziduálních proudů
- Funkční závislost na napájecím napětí
- Ochrana před nadproudem – odolnost kontaktů
- Způsob montáže
- Způsob vybavení při detekci reziduálního proudu
- Detekce přerušení PE nebo PEN vodiče

### 3.3.1. Počet pólů

Počet pólů je nejspíš první vlastnost chrániče, které si všimneme při prvním pohledu na přístroj. Proudové chrániče se vyrábějí v provedení dvoupólové, čtyřpólové, popřípadě třípólové. V praxi se setkáváme pouze s dvoupólovým a čtyřpólovým provedením, ale například pro norský trh jsou dodávány třípólové proudové chrániče. Dvoupólové provedení se používá k ochraně jednofázového obvodu, čtyřpólové provedení pak k ochraně třífázového obvodu. Není to ale pravidlo, čtyřpólový chránič lze bez problémů zapojit jako jednofázový a neobsazené svorky přístroje zůstanou prostě volné. Je však důležité dát si pozor na to, aby funkce tlačítka TEST zůstala zachována. Ke správnému zapojení přívodů a odvodů nám poslouží schéma zapojení, v případě chráničů Moeller® umístěné z boku přístroje. Ze schématu je pak patrné, kam je třeba umístit případný propoj, aby testovací tlačítko fungovalo.



Obr. 10 Chrániče s různým počtem pólů - dvoupólová a čtyřpólová varianta

### 3.3.2. Rychlost vybavení

Velkou předností proudového chrániče je jeho schopnost rychlého odpojení od zdroje a nezávislost na impedanci smyčky.

*Poznámka:*

*Paradoxně je jeho rychlá reakce v určitých případech na škodu. Příčinou nežádoucího vybavení proudového chrániče může být zafungování svodiče přepětí – svedení proudové vlny do PE vodiče během bouřky a výsledkem je pak vyteklý mrazák během naší nepřítomnosti.*



Vypínací časy proudových chráničů (nezpožděných) jsou velmi krátké díky jejich rychlé reakci již na malý reziduální proud. Nezpožděný chránič je schopen rozepnout obvod již kolem 5 ms. Rychlost vypnutí závisí na velikosti poruchového proudu. Čím vyšší je poruchový proud, tím rychlejší je vybavení chrániče. Tuto závislost přesně vystihují grafy v poslední části „Praktické ověření funkčnosti proudového chrániče řady PFIM“. Každý proudový chránič musí ale bezpečně vypnout již při  $I_{\Delta n}$  do stanovaného času normou ČSN EN 61008 (viz tab. 2). Pro omezení nežádoucího vybavení se konstruuje proudové chrániče s časovým zpožděním vybavení. Obecně lze chrániče z hlediska rychlosti vybavení rozdělit do tří skupin:

1. nezpožděné
2. zpožděné – s dobou nepůsobení 10 ms
3. selektivní – s dobou nepůsobení 40 ms

### 3.3.2.1. Zpoždění

V dnešní době se stále častěji používají k ochraně před přepětím v síti svodiče přepětí. K účinné a spolehlivé ochraně se svodiče dělí na 3 skupiny, z nichž každá se instaluje do určité části obvodu, aby bylo dosaženo maximální ochrany jak celé elektroinstalace, tak i samotných elektrických spotřebičů. Zařazení svodiče přepětí za proudový chránič může způsobovat nežádoucí vypínání, protože přepětí je sváděno ochranným vodičem. I když poruchový proud vyvolaný svodičem přepětí může trvat pouze několik milisekund, proudový chránič může vypnout obvod, ačkoli vlastně žádná porucha nenastala. Výrobci proto nabízejí chrániče se zpožděním 10 ms, což eliminuje výše popsané nežádoucí vypínání a zároveň vyhovuje normě. Po dobu 10 ms tudíž proudový chránič nereaguje na reziduální proud, protože po tuto dobu je elektrický proud v sekundárním vinutí transformátoru spotřebováván kondenzátorem nebo složitějším obvodem, který se používá k vyvolání zpožděné reakce chrániče. Proudové chrániče s dobou nepůsobení 10 ms se značí G (z německého slova Gewitter – bouřka).

Aby při poruše vybavil pouze chránič daného okruhu a hlavní chránič nereagoval a zbytečně neodepínal ostatní obvody, byl zaveden další typ proudového chrániče, kde je zpožděné vybavení žádoucí. Značí se S (selektivní typ) a je určen především k použití jako hlavního chrániče pro objekt. Z důvodu jeho delší vypínací době ho nelze použít k ochraně před přímým dotykem.

Účelné zpoždění vybavení proudového chrániče se provádí zařazením elektronického obvodu mezi sekundární vinutí součtového proudového transformátoru a relé vybavovacího mechanismu. Zvolením hodnot elektrických členů ve zpožďovacím obvodu můžeme nastavit různé zpoždění vypínání proudového chrániče. Tato metoda se používá jak ke zpoždění 10 ms, tak ke zpoždění 40 ms - proudové chrániče určené k selektivnímu odpojování obvodu. Na obrázku 11 je znázorněn jeden ze zpožďovacích členů k úpravě vypínací doby.



Obr. 11 Zpoždovací člen pro typ G

Při vzniku reziduálního proudu se v sekundárním obvodu součtového transformátoru indukuje napětí, protékající proud je po jistou dobu kumulován ve zpoždovacím členu (kondenzátoru). Po nabití kondenzátoru dojde k sepnutí diaku a cívka vybavovacího mechanismu dostává impuls k vypnutí chrániče. Vybití kondenzátoru je rychlé a uvolněná energie kondenzátorem dostičuje ke spolehlivému vypnutí chrániče. Takto je dosaženo odolnosti proti proudovým pulsům, které by jinak způsobily nežádoucí vypnutí, nebo zpoždění pro selektivní vypínání.

Následující tabulka uvádí meze vypínacích časů při zkoušce střídavým reziduálním proudem dle ČSN EN 61008:

Typ chrániče	Značka	Vypínací čas [s]			
		$I_{\Delta} = I_{\Delta n}$	$I_{\Delta} = 2I_{\Delta n}$	$I_{\Delta} = 5I_{\Delta n}$	$I_{\Delta} = 500 \text{ A}$
pro všeobecné použití	□	< 0,3	< 0,15	< 0,04	< 0,04
s dobou nepůsobení 10 ms	G	0,01 - 0,3	0,01 - 0,15	0,01 - 0,04	0,01 - 0,04
selektivní s dobou nepůsobení 40 ms	S	0,13 - 0,5	0,06 - 0,2	0,05 - 0,15	0,04 - 0,15

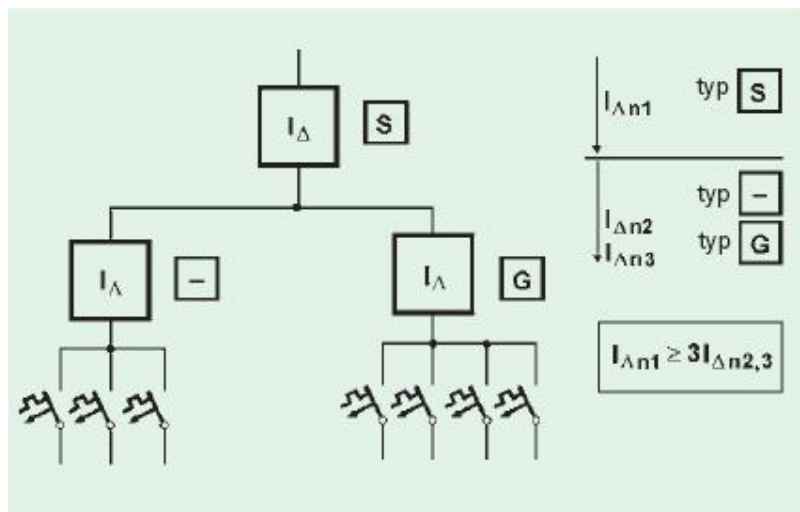
Tab. 2 Předepsané doby vypnutí pro proudové chrániče

Výše uvedené časy jsou dány normou ČSN EN 61008 pro proudové chrániče při různých reziduálních proudech  $I_{\Delta}$ . Z tabulky vyplývá, že proudový chránič pro všeobecné použití musí při vzniku jmenovitého reziduálního proudu  $I_{\Delta n}$  vybavit do 0,3 s, typ G taktěž do 0,3 s a typ S do 0,5 s. Dále je předepsáno, že proudový chránič nesmí vybavit, nepřekračuje-li střídavý reziduální proud hodnotu  $0,5 I_{\Delta n}$ . Při hodnotách  $I_{\Delta}$  v rozmezí od  $0,5 I_{\Delta n}$  do  $I_{\Delta n}$  má dojít k vybavení a při hodnotě  $I_{\Delta n}$  a více musí proudový chránič vybavit. V praxi vypíná proudový chránič pro všeobecné použití při jmenovitém reziduálním proudu již v čase 10 až 20 ms.

### 3.3.2.2. Selektivita

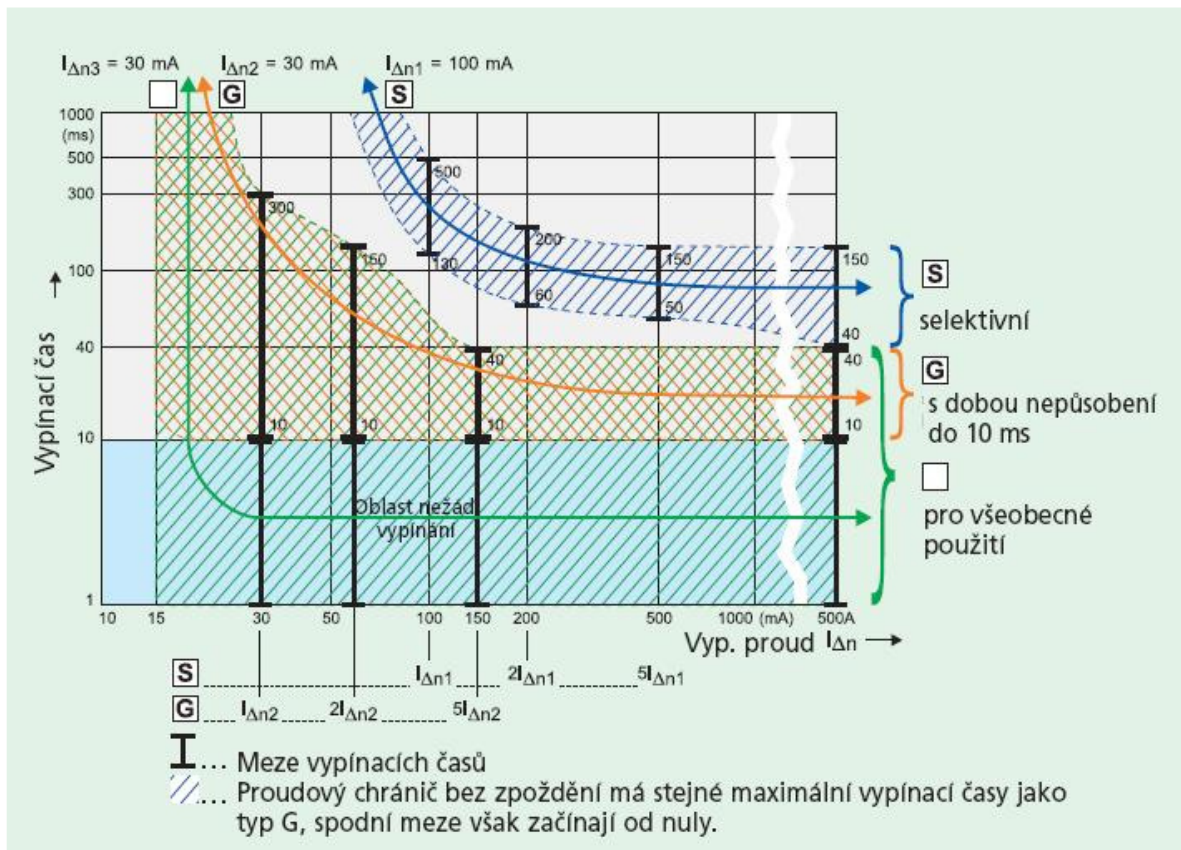
Dalším důležitým aspektem je selektivita vypínání obvodu. Selektivita musí být nastavena tak, aby při poruše části obvodu byl odpojena jen ta část, kde porucha nastala. Tím se zamezí nežádoucímu vybavení části obvodu, kde porucha není. Pokud bychom použili hlavní proudový chránič stejného typu jako je proudový chránič v podružném rozváděči, dojde při poruše k vybavení obou proudových chráničů.

Selektivní proudový chránič se značí velkým písmenem S a jeho vypnutí následuje po 40 ms. Účinnou selektivitu zajistíme tak, že předřazený chránič bude mít selektivní vypínání a o řád vyšší reziduální proud (reziduální proudy jsou odstupňované řadou: 10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA, 500 mA, 1000 mA). Pro splnění požadavku selektivity musí být jmenovitý reziduální proud selektivního chráničce alespoň trojnásobkem jmenovitého reziduálního proudu za ním zařazených chráničů.



Obr. 12 Podmínky pro selektivní řazení proudových chráničů  
převzato a upraveno z katalogu Moeller®

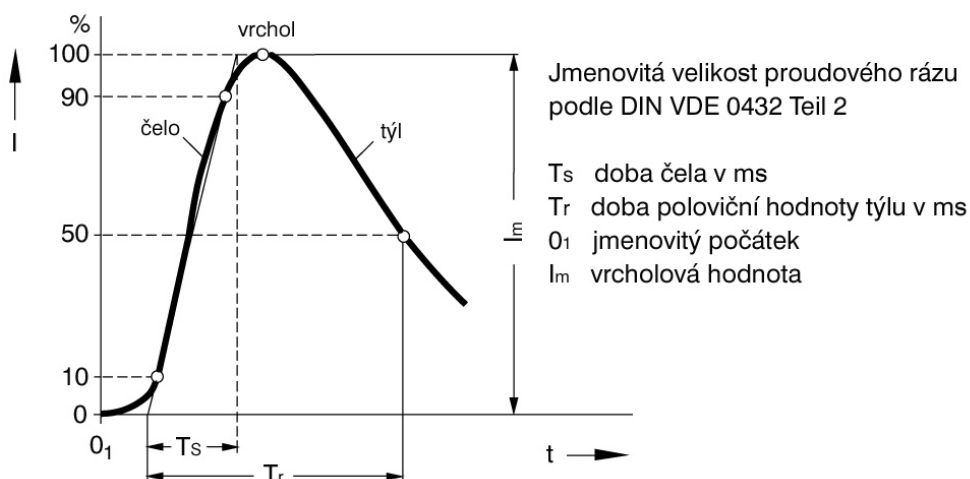
Teoretická kontrola selektivity se provádí tak, že do jednoho grafu se zanesou vypínací charakteristiky chráničů, které jsou řazené za sebou. Pokud se křivky nedotýkají, je selektivita správně nastavená. Následující obrázek graficky znázorňuje vypínací časy a proudy jednotlivých typů chráničů. Je zde patrné i selektivní odstupňování.



Obr. 13 Vypínací charakteristiky a selektivita proudových chráničů typu (-), G a S  
převzato a upraveno z katalogu Moeller®

### 3.3.2.3. Odolnost proti rázovým vlnám

Při bouřkách mohou atmosférické výboje jako postupné vlny proniknout až do instalace, kde mohou vybavit proudový chránič. Vlivem nesymetrie průvlaků vodičů v transformátoru proudového chrániče může chránič vybavit i když nevznikl reziduální proud. Konstrukcí se proto řeší, aby k nežádoucímu vybavení nedocházelo. Zkoušky se pak provádí rázovým proudem o vrcholové hodnotě  $I = 250 \text{ A}$  pro nezpožděný typ,  $3 \text{ kA}$  pro typ G a  $5 \text{ kA}$  pro typ S s tvarem vlny znázorněné na obrázku:



Obr. 14 Vlna rázového proudu 8/20  $\mu$ s (doba čela 8  $\mu$ s, doba poloviční hodnoty týlu 20  $\mu$ s)  
převzato a upraveno z [8]

### 3.3.3. Velikost reziduálního proudu – citlivost

Podle vypínací citlivosti (hodnota  $I_{\Delta n}$ ) klasifikujeme proudové chrániče RCD (residual current device) takto:

- RCD s nízkou citlivostí ( $I_{\Delta n} > 0,03$  A). Není možné je použít k ochraně proti přímému dotyku. Jsou koordinovány se zemním systémem podle vzorce:

$$I_{\Delta n} \leq \frac{50}{R} \quad (2)$$


a zajišťují ochranu proti nepřímému dotyku.

- RCD s vysokou citlivostí ( $I_{\Delta n}$ : 0,01 ÷ 0,03 A) neboli „fyziologickou citlivostí“. Chrání proti nepřímému dotyku a současně poskytují navíc ochranu proti přímému dotyku.

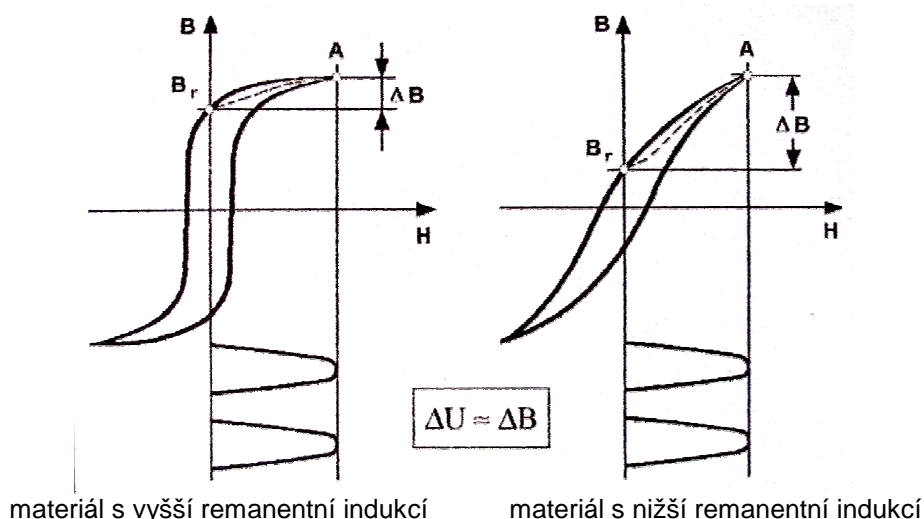
Citlivost proudového chrániče se řeší konstrukčně. Podle použitého vybavovacího relé je možné měnit citlivost chrániče (viz. Obr.6.1).

### 3.3.4. Citlivost na různé druhy reziduálních proudů

Důležitým aspektem při výběru proudového chrániče je citlivost na specifický druh reziduálního proudu. Proudové chrániče se dělí dle citlivosti na reziduální proud do tří skupin – AC, A, B. Zvolením nevhodného typu se sníží reakce na poruchový proud, chránič nebude vypínat při předepsaných hodnotách a ztrácí tak svoji bezpečnostní úlohu v elektroinstalaci.

Typ AC: Používá se v elektrických obvodech, kde se vyskytují pouze střídavé reziduální proudy, např. domovní elektroinstalace. Jedná se o základní a cenově nejlevnější typ, protože detekci zajistí samotný proudový transformátor, není třeba žádných konstrukčních úprav, přídavných obvodů nebo speciálních materiálů k zajištění citlivosti na jiné druhy reziduálních proudů. Tento typ reaguje pouze na střídavý reziduální proud (v běžné domovní elektroinstalaci se jiný druh poruchového proudu ani nevyskytuje), pokud by poruchový proud obsahoval i stejnosměrnou složku, nebude na ni chránič reagovat. Na chrániči se značí symbolem .


Typ A: Tento typ se používá v místech, kde se může vyskytnout pulzující stejnosměrný poruchový proud. Typ A reaguje samozřejmě i na střídavý reziduální proud. Díky použitému materiálu je jeho cena vyšší než ceny typu AC. Hlavní rozdíl mezi typem AC a A je použití odlišného materiálu pro jádro součtového proudového transformátoru. Pro typ AC se používá feromagnetický materiál, který má malou plochu hysterézní smyčky a velkou remanentní indukci. Pro sycení střídavým proudem je nevhodnější, protože při střídavém průběhu indukčního toku je třeba jádro „přemagnetovávat“ a plocha znázorňuje, kolik výkonu je třeba dodat. Pro úzkou smyčku je tedy potřeba menšího výkonu. Pro typ A se musí používat ale jiný materiál, protože průběh proudu nemění svůj směr, pouze klesá do nuly a pak se znovu zvyšuje. Transformátor pracuje tedy pouze v horní nebo spodní polovině hysterézní smyčky. Pracovní bod se pohybuje (v případě funkce v horní polovině hysterézní smyčky) v rozmezí bodů  $B_r$  a  $A$ . Aby bylo indukované napětí v sekundárním vinutí co největší, musí i materiál použitý na jádro vykazovat co nejvyšší indukční zdvih  $\Delta B$ .

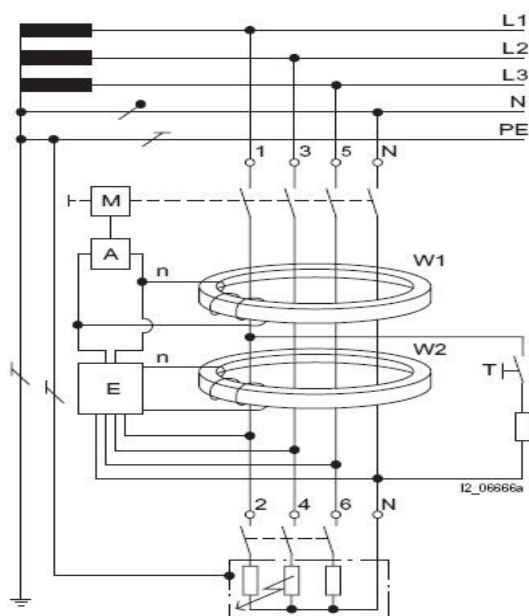


Obr. 15 Průběh magnetické indukce v materiálu

$A$  = bod nasycení  
 $B_r$  = remanentní indukce  
 $B$  = magnetická indukce

Proudové chrániče tohoto typu se značí symbolem .

Typ B: Pokud se v poruchovém proudu může objevit stejnosměrná hladká složka, používá se typ B. Opět platí, že chránič reaguje i na reziduální střídavé a stejnosměrné pulzující proudy. Zvláště v průmyslových instalacích se používají zařízení, která při poruše mohou vyvolávat stejnosměrný reziduální proud. Takové přístroje se nesmějí používat v kombinaci s proudovým chráničem citlivým na střídavý nebo stejnosměrný pulzující proud. Řešením je použití oddělovacích transformátorů nebo použití právě proudových chráničů typu B. Konstrukce tohoto typu je trochu odlišná od předchozích typů, protože navíc přidán další proudový transformátor, který má za úkol hlídat stejnosměrné hladké reziduální proudy. Typ B se značí symbolem .







Obr. 16 Součtové transformátory v chrániči typu B převzato a upraveno z [8]

Součtový transformátor W1 kontroluje střídavé a pulzující reziduální proudy, součtový transformátor W2 hlídá stejnosměrné reziduální proudy a při poruše zajistí přes vyhodnocovací jednotku E aktivaci vypínací spouště A.



Meze vypínacích proudů typů AC, A, B znázorňuje tabulka:

Typ	Druh proudu		Rozmezí vybavovacích proudů
AC	střídavé reziduální proudy		0,5 ... 1 I <sub>Δn</sub>
A	pulsující stejnosměrné reziduální proudy pulsující proud (kladné a záporné půlvlny)		0,35 ... 1,4 I <sub>Δn</sub> nebo 2 I <sub>Δn</sub> *)
	fázově řízené pulsující proudy časové zpoždění 90° el. 135° el.		0,25 ... 1,4 I <sub>Δn</sub> nebo 2 I <sub>Δn</sub> *) 0,11 ... 1,4 I <sub>Δn</sub> nebo 2 I <sub>Δn</sub> *)
B	pulsující stejnosměrný reziduální proud superponovaný na hladký stejnosměrný proud 6 mA		max. 1,4 I <sub>Δn</sub> + 6 mA

\*) Platí pro proudové chrániče typu B.

Tab. 3 Vybavovací proudy pro jednotlivé typy podle ČSN IEC 755 převzato a upraveno z [8]

### 3.3.5. Funkční závislost na napájecím napětí

Proudové chrániče můžeme v zásadě rozdělit podle konstrukčního provedení na 2 hlavní skupiny :

- 1) funkčně závislé na napájecím napětí
- 2) funkčně nezávislé na napájecím napětí

Hlavní rozdíl je v obvodu za sekundárním vinutím součtového proudového transformátoru a před vybavovacím mechanismem. U napětově nezávislého typu slouží výkon na sekundární straně transformátoru k vybavení spouště. Kdežto u napětově závislého typu je výstup ze sekundárního vinutí ještě zesílen elektronickým zesilovačem, součtový transformátor nemusí tedy na sekundární straně dodávat takový výkon jako napětově nezávislý typ. Přednosti a nedostatky obou typů jsou dále rozebrány:

#### 1) Funkčně nezávislé na napájecím napětí

Tento typ se značí FI (z německého slova Fehler = chyba, I = proud), ale v současné době se tato zkratka spíše používá všeobecně pro proudové chrániče. Jedná se o „klasický“ typ proudového chrániče, jehož funkce byla popsána v části Princip funkce proudových chráničů. K činnosti proudového chrániče napětově nezávislého není potřeba napájecího napětí. Zní to jako



nesmysl, protože pokud není chránič napojen na síť, nemůže ani vybavit. Uvažujme tedy pouze jeho ochrannou funkci nezávislou na velikosti procházejícího pracovního proudu do spotřebiče za chráničem. V tom případě není třeba žádného zvláštního napájecího napětí pro samotnou funkci chrániče, kromě napájení potřebného pro funkci testovacího tlačítka. Chránič je schopen vybavit bez připojení na zdroj napětí, pokud jím proteče proud, který bude mít dostačující velikost, aby způsobil reakci vybavovacího relé.

## 2) Funkčně závislý na napájecím napětí

Označuje se jako DI (z anglického slova Differential = rozdíl, I = proud). V Evropě jsou preferovány typy FI, v Americe naopak DI. V obchodech v naší republice se můžeme setkat s typy DI spíše výjimečně u přenosných zařízeních. Cílem obou je však poskytnout co nejúčinnější ochranu při předepsaných podmínkách.

Před vybavovací spoušť je vřazen elektronický zesilovač. Výstupní výkon ze sekundárního vinutí součtového proudového transformátoru je zesílen a je dále přiváděn na spoušť mechanismu.

Výhodou je, že zesilovač poskytuje vyšší výkon vybavovacímu mechanismu a ten tak může rychleji a spolehlivěji zareagovat. Další výhodou je menší jádro transformátoru, protože zesilovači pro dostatečné zesílení postačuje i menší výkon ze sekundárního vinutí. Naopak možnou nevýhodou by mohla být nižší provozní spolehlivost, slabým článkem může být totiž onen zesilovač. Je totiž stále připojen na napětí a pravděpodobnost poruchy na součástce se s jejím vyšším stářím zvyšuje. Ale zvolením vhodných a kvalitních součástí by se tato složitější konstrukce neměla na provozní spolehlivosti projevit. Zesilovač je třeba také konstruovat tak, aby byl odolný proti různému rušení. Současné době se typ DI může ve spolehlivosti srovnávat s typem FI. Podmínkou však je kvalitní zpracování chrániče.

Důležitou vlastností je fungování chrániče při změně napájecího napětí. Funkce chrániče je totiž závislá na velikosti napájecího napětí a jeho změna velikosti může ohrozit správnou funkci chrániče. Vezměme třeba příklad, že z nějakého důvodu dojde k poklesu napětí v síti. Příčinou může být například zkrat za chráničem. Do roku 1999 byla zaručena správná funkce chrániče v rozmezí  $0,85 \div 1,1 U_n$ , tzn.  $195 \text{ V} \div 253 \text{ V}$ . Tato hranice byla dostačující jen pro použití jako doplňkové ochrany, proto v roce 1999 došlo ke změně a spodní hranice byla posunuta na  $85 \text{ V}$ . Velikost dovoleného dotykového napětí je sice  $50 \text{ V}$ , ale měřením bylo dokázáno, že  $85 \text{ V}$  je dostačující. Nedostatek napěťového typu proudového chrániče byl tedy odstraněn a zákazník už nemusí zkoumat, jaké podmínky který chránič musí mít a může se jednodušeji rozhodnout. Další velmi důležitou vlastností je chování napěťově závislého chrániče při výpadku napájecího napětí. Mohou nastat (podle konstrukce chrániče) 2 případy:

#### a) Proudový chránič při výpadku napájecího napětí nevypíná

Při přerušení napájení proudový chránič zůstane v zapnuté poloze a ztrácí ochranou funkci vlivem nefunkčnosti zesilovače. Na druhou stranu tento stav není v běžné domovní elektroinstalaci na závadu. Není-li obvod pod napětím, nemůže se přihodit žádný úraz elektrickým proudem. Naopak, při každém výpadku napětí nemusí obsluha chránič zapínat.

#### b) Proudový chránič při výpadku napájecího napětí vypne

Konstrukcí chrániče lze dosáhnout toho, aby při výpadku elektrického napětí proudový chránič vypnul. To je vhodné například pro přenosné zařízení, aby se při každém přerušení a znovuspuštění dodávky elektrické energie nekontrolovaně nerozbehlo například ruční náradí. Pro použití do domovních elektroinstalačních rozváděčů však není vhodný.

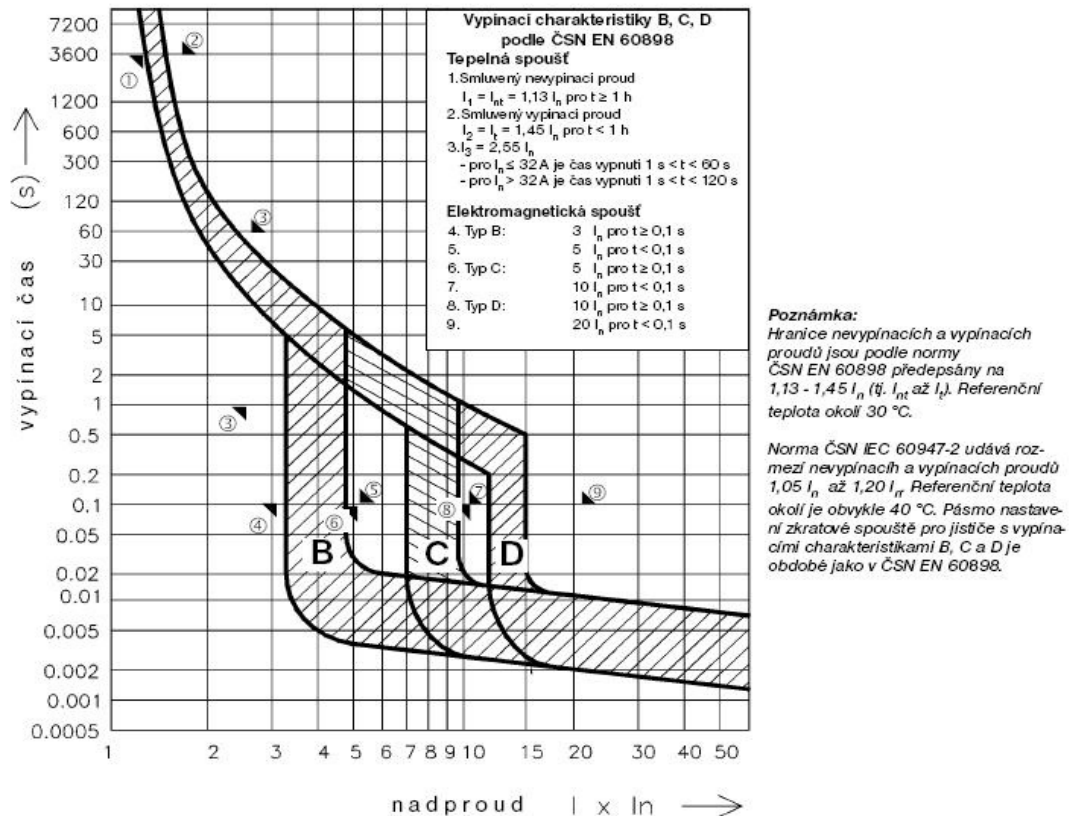
### **3.3.6. Ochrana před nadproudem – odolnost kontaktů**

Údaj „odolnost kontaktů“ se zdá být podružným parametrem spojeným spíše s konstrukčním řešením konkrétního typu chrániče. Ale vzhledem k tomu, že proudový chránič základního typu v sobě nemusí mít integrovanou ochranu proti přetížení, je tento parametr důležitý. Jsou však typy chráničů, které v sobě kombinují funkci chrániče a tepelné ochrany, nebo dokonce přímo kombinují chránič s jističem v jednom přístroji. Pak již není nutné starat se o jištění vedení. Neodborníci, kteří si chtějí svou domovní elektroinstalaci svépomocí zdokonalit, si opomenutím odolnosti kontaktů mohou docela zkomplikovat život a ohrozit bezpečnost celé instalace. Proudový chránič je totiž především ochranný prvek sloužící ke sledování reziduálního proudu. K ochraně vedení slouží pojistky a jističe.

Při návrhu a realizaci elektroinstalace se volí průřez vedení dle předpokládaného odběru a jištění vedení se volí na základě maximálního dovoleného zatížení vodiče (velikost jističů a pojistek pro určité vedení předepisuje norma). Pokud instalujeme proudový chránič, musíme dbát i na to, aby kontakty chrániče měly zaručenou odolnost proti maximálnímu proudu, který může daným vedením protékat. Dovolené hodnoty stanovuje výrobce a jsou na přístroji vyznačené. Pokud si nejsme jisti, údaje o předepsaném jištění nalezneme v katalogu výrobce. Zvolit vhodnou pojistku nebo jistič není problém, je však nutné myslet na to, že každá pojistka i jistič má tzv. smluvený vypínací proud  $I_t$  a smluvený nevypínací proud  $I_{nt}$ . Z důvodu ekonomického vyřízení vedení se zavádí smluvený vypínací proud, který je vyšší ( $I_t = 1,45 I_n$ ) než jmenovitý proud. Smluvený nevypínací proud je  $I_t = 1,13 I_n$ . To znamená, že například jističem o 20 A může procházet proud 29 A, aniž by jistič obvod odpojil. Pokud by tedy dlouhodobě chráničem procházel vyšší proud než je jmenovitý proud chrániče, může být chránič poškozen a vyřazen z provozu.

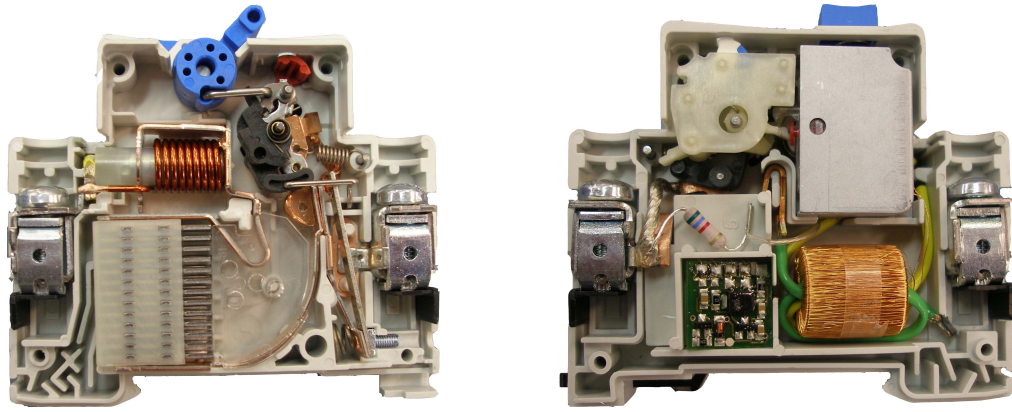
Pro jističe a pojistky se stanovují vypínací charakteristiky, kde lze přesně odečíst hodnotu nevypínaného proudu nebo čas, za který jistič nebo pojistka rozpojí obvod. U vypínací charakteristiky jističe je na první pohled patrná svislá

část křivky pro jednotlivé charakteristiky B, C, D. Je to oblast, kde se již uplatňuje ochrana vedení proti zkratu, které má výrazně kratší vypínací časy, než termická ochrana, která chrání vedení před přetížením. Chránič tedy v žádném případě nepřebírá funkci jističe nebo pojistky, pokud se nejedná o speciální typ kombinovaného chrániče s jističem.



Obr. 17 Vypínací charakteristiky jističů  
(převzato a upraveno z katalogu firmy Felten & Guillaume®)

Jak bylo již výše zmíněno, vyrábějí se kombinované přístroje, kde je funkce jističe integrována již přímo v chrániči. Na obrázku 18 je příklad kombinovaného proudového chrániče s jističem od firmy Moeller®. Na obrázku vlevo je zachycena jističová část přístroje, vpravo je vyobrazena chráničová část přístroje. Takové přístroje jsou velmi vhodné k použití v koupelnách, venkovních jednofázových zásuvkách nebo pro jištění přívodů k bazénům apod. Mají velikost dvou pólů, uspoří nám tedy místo v rozváděči (při použití jednofázového jističe a jednofázového chrániče bychom potřebovali místo pro 3 moduly) a členění obvodů elektroinstalace je přehlednější. Je možné použít i centrální čtyřpólový chránič pro celou budovu, ale pro některé obvody toto řešení nemusí být výhodné, protože při poruše bychom měli celý objekt bez proudu, tedy i okruhy, kde je výskyt poruchy málo pravděpodobný a jejich funkčnost je důležitá. Výhodnost těchto přístrojů spočívá v tom, že při poruše (výskytu reziduálního proudu) dojde k odpojení pouze obvodu s poruchou.



Obr. 18 Kombinovaný chránič s jističem od firmy Moeller®

### 3.3.7. Způsob montáže

Proudové chrániče je možné z hlediska jejich montáže rozdělit do dvou skupin. První skupinou jsou proudové chrániče určené k montáži do rozváděčů. Jedná se o klasické přístroje, které lze osadit na DIN lištu. Na toto provedení narazíme v 99 % případů, ale pro úplnost chci popsat i typy, které mají specifické použití. Jsou to přístroje přenosné a přístroje k dodatečné instalaci v síti TN-C.

První skupinu přístrojů určených k zabudování do rozváděčů není třeba popisovat, jedná se o klasický typ, se kterým se setkal snad již každý. Méně obvyklé jsou však typy určené k jinému způsobu instalace:

#### A) Proudové chrániče určené k pohyblivé montáži

Tento druh chrániče nachází své uplatnění především k zajištění ochrany při práci s ručním náradím. Může se jednat o zásuvkový adaptér nebo může být chránič rovnou součástí přívodní šňůry. Vyrábějí se též ruční náradí, které mají v sobě proudový chránič integrovaný. Provedení bývá zpravidla poněkud odlišné od klasických chráničů. Z důvodu úspory místa a mechanického namáhání jsou konstruovány jako napětově závislé s hlídáním přerušení PE nebo PEN vodiče s citlivostí 30 mA.



Obr. 19 Příklady proudových chráničů pro pohyblivou montáž

## B) Proudové chrániče určené k dodatečnému zabudování do instalační krabice

Jedná se o speciální provedení proudového chrániče k montáži do zásuvky [11]. Chránič je určený k zabudování do TN-C rozvodu, kde by osazení proudového chrániče v rozvaděči bez nutnosti nového zavedení kabelu nebylo možné. Tento chránič umožňuje použití i ve starších objektech, kde nejsou ochranný a střední vodič vedeny samostatně. K rozdělení PE a N vodiče dochází za chráničem – zásuvkou, není tedy potřeba k použití chrániče instalaci pracně přepracovat na TN-S. Mohou být napěťově závislé nebo nezávislé o citlivosti 30 mA.

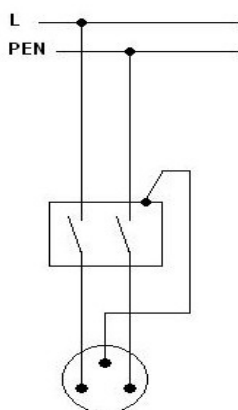


Obr. 20 Proudový chránič integrovaný přímo v zásuvkovém modulu  
převzato a upraveno z [11]

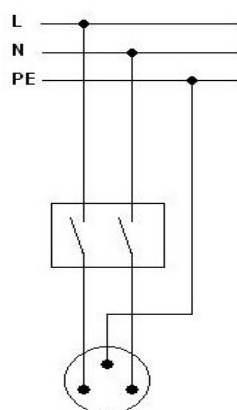
### **3.3.7.1. Detekce přerušení PE nebo PEN vodiče [15]**

V současné době se stále klade větší důraz na bezpečnost elektroinstalací a to i na elektroinstalace, které jsou již nějakou tu dobu v provozu. Dřívější elektroinstalace však byly typu TN-C, kde funkci středního a ochranného vodiče plnil jeden vodič s označením PEN. Montáž proudového chrániče v síti TN-C není bez dodatečného přizpůsobení možná. Aby proudový chránič plnil svou funkci je nutné, aby došlo k rozdělení PEN vodiče na PE a N. Tím vznikne soustava TN-C-S.

Na obrázku 21 je znázorněné připojení PEN vodiče k zásuvce (spotřebiči), na obrázku 22 je připojení zásuvky v síti TN-S.

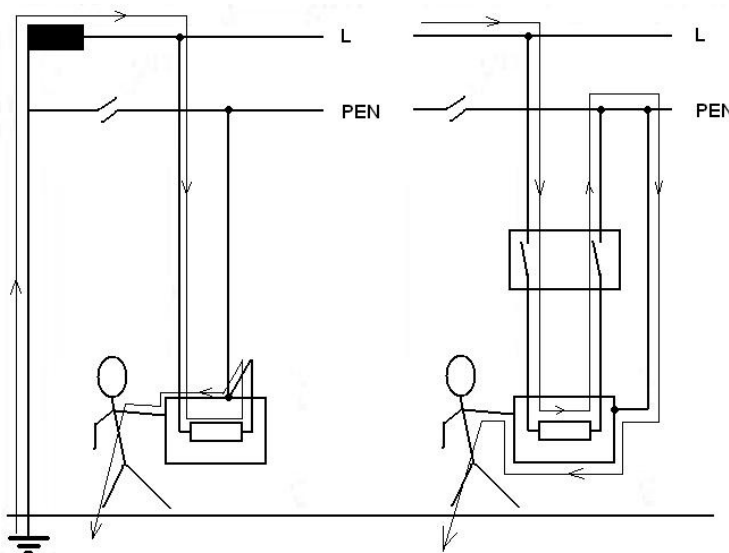


Obr. 21 TN-C



Obr. 22 TN-S

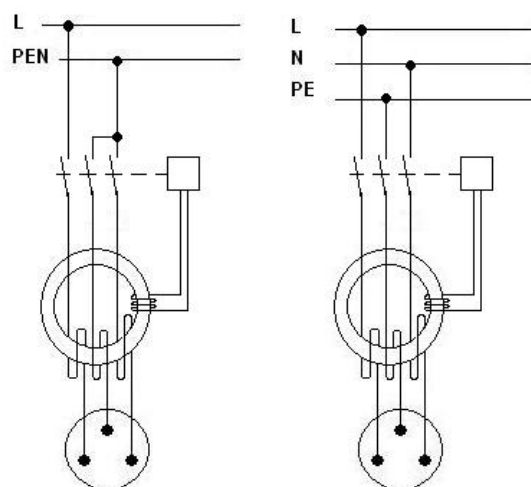
Použitím proudového chrániče v síti TN-C-S zvýšíme bezpečnost obvodu za chráničem, ale jen v případě, že nedojde k přerušení PEN vodiče (před rozdělením). Přerušení PEN vodiče je vážný problém, protože se na neživé části spotřebiče může objevit při bezporuchovém provozu i plné fázové napětí, které je na kostru spotřebiče třídy I zavlečeno fázovým vodičem. V takovém případě je obal spotřebiče třídy I pod napětím a není zajištěna vůbec žádná ochrana před nebezpečným dotykem. Zde nám nepomůže ani instalovaný proudový chránič, který nedetekuje odpojení ochranného vodiče. Na obrázku 23 - vlevo není použit proudový chránič, fázové napětí je i na kostrě spotřebiče. Na obrázku 23 - vpravo je použit proudový chránič, který však neplní svou ochrannou funkci a přes PE vodič, který není veden přes jádro součtového proudového transformátoru, se dostává plné fázové napětí na kostru spotřebiče. Chránič nevybaví ani při průchodu proudů tělem osoby, která se dostala do kontaktu s povrchem spotřebiče, protože vektorový součet proudů je stále roven nule.



Obr. 23 Přerušení PEN vodiče

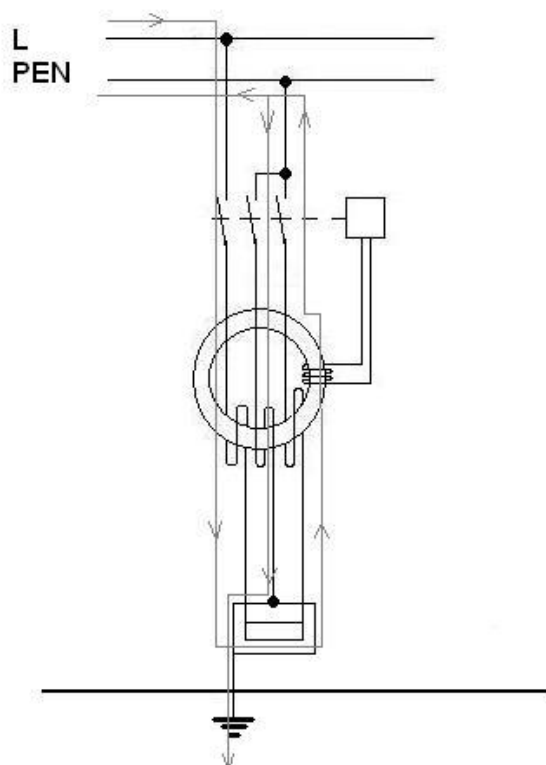
Řešením je dodatečně přizemnit PEN vodič. V praxi však dodatečné přizemňování přináší další nutné zásahy do elektroinstalace. Dalším výhodnějším řešením je použití proudového chrániče s detekcí stavu ochranného vodiče. Detekce stavu ochranného vodiče se provádí zavedením ochranného vodiče do jádra součtového proudového transformátoru. Aby chránič správně reagoval na reziduální proud, musí být závit PE vodiče v součtovém proudovém transformátoru navinut opačným směrem než jsou navinuté ostatní vodiče. Hlavní výhodou je, že při přerušení PEN vodiče se v jádře vlivem zavedení PE vodiče indukuje napětí a chránič vypne. Vedlejší pozitivní efekt je, že při stejném reziduálním proudu má indukovaný proud v sekundárním obvodu dvakrát vyšší hodnotu a reakce chrániče je v porovnání s běžným chráničem lepší. Indukční toky vyvolané fázovým a ochranným vodičem se sčítají, zatímco u klasického proudového chrániče indukční tok vyvolává jen fázový vodič, kterým prochází poruchový proud. Kdyby byl závit PE vodiče navinut ve stejném směru jako ostatní vodiče procházející jádrem,

rovnal by se vektorový součet proudů opět nule a chránič by nevybavil. Schéma zapojení a proudovou cestu reziduálního proudu znázorňuje následující obrázek č. 24:



Obr. 24 Zavedení PE vodiče do jádra

Jak to tak bývá, mince má 2 strany a i u výše popsaného zapojení se projevuje jeden nedostatek. Bezchybná funkce chrániče je pouze při připojení spotřebiče třídy II nebo třídy I, který nebude přizemněn. Následující obrázek znázorňuje daný problém.

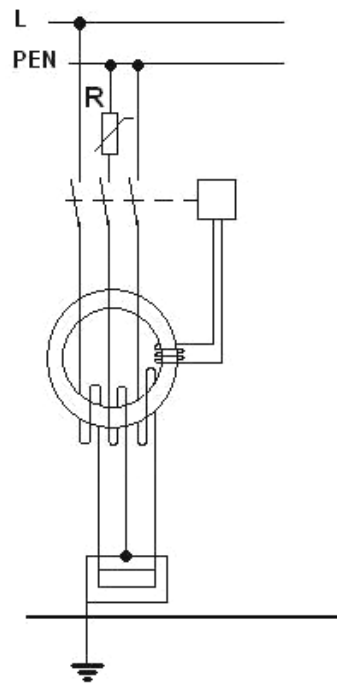


Obr. 25 Unikající proud uzemněním

V bezporuchovém provozu spotřebiče se totiž pracovní proud dělí v poměru odporů PEN vodiče a odporu uzemnění. Proud, který by se měl celý vrátit zpět do zdroje, uniká zpět přes PE vodič směrem k uzemnění, prochází jádrem a může způsobit nežádoucí vybavení chrániče. Důkazem nezanedbatelného proudu je malý příklad uvedený v literatuře [11]:

*Pracovní proud spotřebiče je 10 A, odpor vodiče PEN např. 0,2  $\Omega$ , odpor uzemnění je 100  $\Omega$ . Pracovní proud se v PEN vodiči rozdělí na proud 9,98 A, který teče zpět do zdroje a na 0,02 A, který se vrací zpět, teče do bodu uzemnění a může způsobit nežádoucí vybavení chrániče.*

Výše popsanému nežádoucímu jevu je možné zamezit použitím napětově závislého odporu – varistoru. Vřazení varistoru znázorňuje obrázek 26.



Obr. 26 Vřazení varistoru

Varistor např. do 20 V nepropustí díky své nelineární voltampérové charakteristice žádný proud, který by mohl způsobit nežádoucí vybavení. Ale v případě poruchy, kdy vznikne dotykové napětí vyšší než zmíněných 20 V, způsobí průchod reziduálního proudu a chránič bezpečně vypne. Při vybavení chrániče se odpojuje fázový, střední i ochranný vodič.

Takové řešení proudového chrániče pro pevné instalace je však normou zakázáno, proto se ho používá jen u přenosných typů chráničů, viz „3.3.7. Způsob montáže“.



### 3.4. Podmínky použití proudových chráničů a rozdělení sítí [4,10,15,22]

Ochrana před úrazem elektrickým proudem se dělí dle normy ČSN 33 2000-4-41 na následující tři typy ochran:

- a) Ochrana před nebezpečným dotykem živých částí
- b) Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí
- c) Ochrana před nebezpečným dotykem živých a neživých částí

Z hlediska použití proudového chrániče budou dále rozebrány body a) a b).

#### 3.4.1. Ochrana před nebezpečným dotykem živých částí

Tyto ochrany zabraňují kontaktu živé části s obsluhou za normálního provozu. Živá část je část elektrického předmětu, která je za normálního provozu pod napětím. Kontaktů zabraňují vlastně jen první 4 ochrany, ostatní 2 ochrany pouze chrání před účinky tohoto kontaktu:

- **Ochrana izolací**
- **Ochrana kryty nebo přepážkami**
- **Ochrana zábranami**
- **Ochrana polohou**
- **Doplňková ochrana proudovým chráničem:** s vybavovacím proudem max. 30 mA – využívá schopnosti proudového chrániče odpojit živou část i v případě dotyku osoby s živou částí. Nelze ji použít jako základní ochrany, ale jen ve spojení s předchozími ochranami.
- **Ochrana doplňkovou izolací**

Jako ochrany před nebezpečným dotykem živých částí lze proudový chránič použít jen v případě, že chránič má jmenovitou hodnotu reziduálního proudu rovnou nebo nižší než 30 mA. Užití proudového chrániče ukládá norma například v následujících případech (použití přesně specifikuje norma ČSN 33 2000) :

- Koupelny a podobné prostory
- Elektrická zařízení v okolí bazénů
- Venkovní zásuvky do 20 A
- Zásuvky v zemědělství, stavebnictví a zdravotnictví

Velmi důležitý fakt je, že použití proudového chrániče jako jediné ochrany před nebezpečným dotykem živé části není možné. Vždy musí být použit jako doplňková ochrana k základním ochranám. Chránič nepředchází kontaktu s živou částí jako základní ochrany, jen svým rychlým vybavením výrazně snižuje riziko ohrožení života při průchodu elektrického proudu. Použití v jiných sítích je možné a obdobné, odlišnosti jsou zřejmé z dalšího textu zabývajícím se ochranou před nebezpečným dotykem neživých částí.

### 3.4.2. Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí

Rozdíl proti předchozí ochraně je v tom, že na neživé části se za normálního provozu napětí nevyskytuje. Jeho přítomnost je pouze v případě, dojde-li k poruše. Následující ochrany mají za úkol zajistit bezpečnost v případě, že selže ochrana před nebezpečným dotykem živých částí - porucha izolace.

- **Ochrana samočinným odpojením od zdroje** (v síti TN nulováním, v síti TT zemněním s uzemněným nulovým bodem, v síti IT zemněním s izolovaným nulovým bodem): samočinné odpojení od zdroje je zabezpečeno ochrannými přístroji (pojistky, jističe, chrániče), které v případě poruchy, kdy se na povrchu spotřebiče vyskytne vyšší dotykové napětí než 50 V (pro jiné než bezpečné prostory 25 V) zabezpečí odpojení obvodu. Pro správnou funkci musí být splněny požadavky:

- spojení neživých částí pomocí ochranného vodiče s uzlem zdroje
- provedení hlavního pospojení (spojení ochranného vodiče s konstrukcí budovy, potrubími a uzemněním)

Chrániče se použije v případě, kdy jistič či pojistka není schopná odpojit obvod v předepsaném čase (např. z důvodu vyšší impedance smyčky), nebo při potřebě zvýšit bezpečnost ostatních ochranných prvků. Vypínací čas chrániče je do 0,3 s při jmenovitém reziduálním proudu.

- **Ochrana zařízením třídy ochrany II nebo s rovnocennou izolací**
- **Ochrana nevodivým okolím**
- **Ochrana s neuzemněním místním pospojováním**
- **Ochrana elektrickým oddělením**

Proudový chránič lze použít v kterékoli síti (soustavě). Jeho schopnost odhalit unikající proud a odpojit obvod je použitelná tedy v každé ze tří soustav: TN, TT, IT. V České republice se používají soustavy typu TN (TN-C, TN-C-S, TN-S). Logiku značení popisuje následující rozdělení:

1. písmeno označuje způsob uzemnění zdroje :

T...uzemněný  
I ... izolovaný

2. písmeno specifikuje způsob připojení kostry spotřebiče:

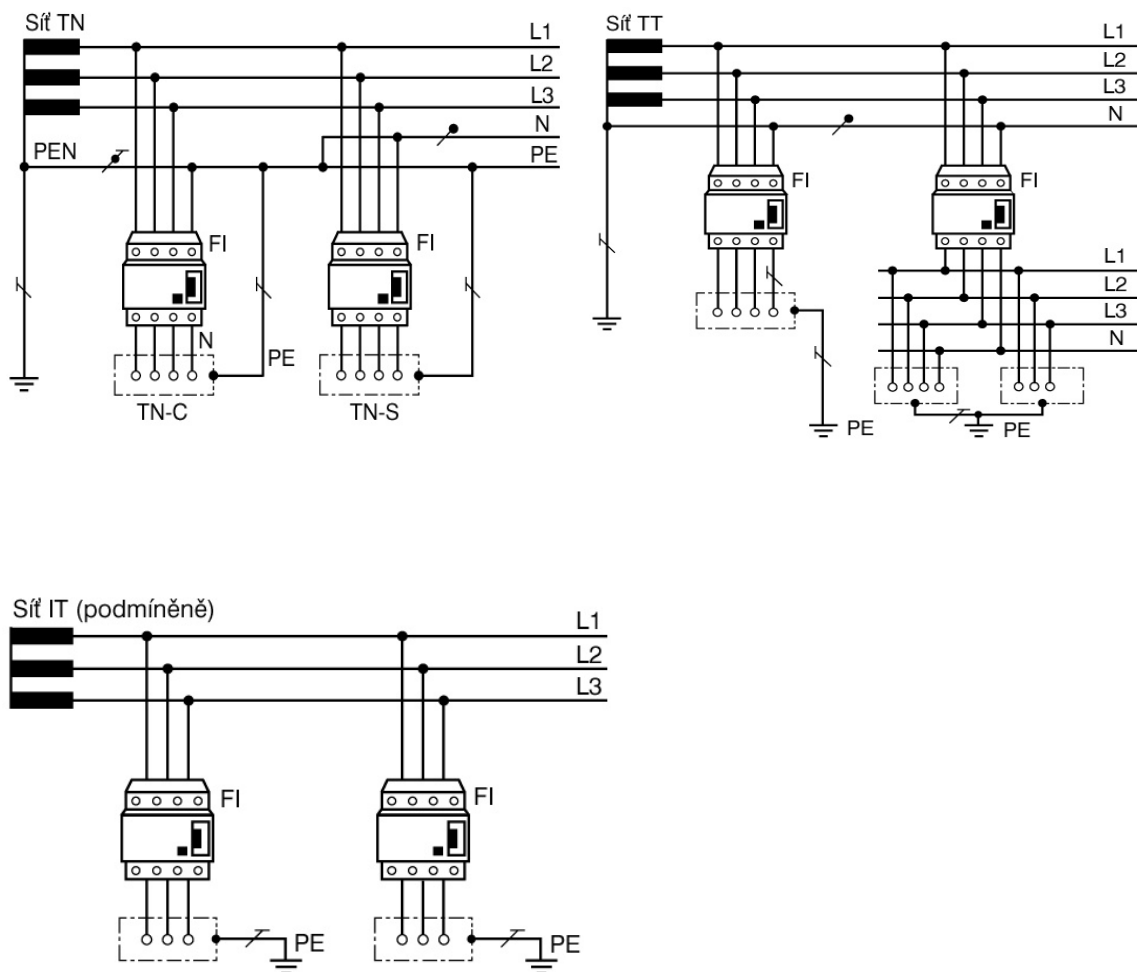
N....spojená vodičem se zdrojem  
T....uzemněná

3. písmeno udává dodatečné zapojení ochranného vodiče (soustava TN):

C....sdružený vodič PEN  
S... oddělený střední a ochranný vodič (PE a N)

4. písmeno u soustavy zpřesňuje zapojení PE a N vodiče:

S...oddělený střední a ochranný vodič (rozdělení na PE a N se provádí z PEN vodiče)



Obr. 27 Zapojení proudového chrániče v různých sítích

### 3.4.2.1. Proudový chránič v síti TT

Pro síť TT platí, že poruchový proud z neživé části je veden přes uzemnění a zem zpět do zdroje. Problémem je, že pro dostatečně rychlé odpojení musí být splněna podmínka odporu uzemnění:

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_{a \max}} \quad (3)$$

kde:

$R_A$ .....zemní odpor uzemnění spotřebiče

$U_L$ .....trvalé dovolené dotykové napětí

$I_{a \max}$ .....vypínací proud nadproudé ochrany (jistič, pojistka)

Jak je ze vztahu (3) patrné, podmínku pro vyšší výkony nelze prakticky splnit. Odpor uzemnění by například u jističe 16 A (odpojení obvodu nadproudové částí jističe do < 0,1 s je zaručen při pětinasobku jmenovitého proudu) by musel být 0,625  $\Omega$ . Řešením je použití proudového chrániče, který neklade nároky na tak

nízkou hodnotu uzemnění. Pokud bychom do výše uvedeného vztahu doplnili hodnoty proudového chrániče, pak by nám pro chránič o citlivosti 30 mA vyšel odpor uzemnění:

$$R_A = \frac{U_L}{I_{\Delta n}} = \frac{50}{0,030} = 1667 \Omega \quad (4)$$

kde:

$R_A$ .....zemní odpor uzemnění spotřebiče  
 $U_L$ .....trvalé dovolené dotykové napětí  
 $I_{\Delta n}$ .....vypínací proud nadproudé ochrany (jistič, pojistka)

Tato podmínka již splnitelná je.

Síť TT má ještě jednu nevýhodu, díky vyššímu odporu uzemnění vzniká při poruše oproti síti TN poměrně vysoké dotykové napětí. Napětí se rozdělí v poměru odporu vedení a uzemnění, proto se do doby odpojení může na předmětu vyskytovat dotykové napětí kolem 200 V.

### 3.4.2.2. Proudový chránič v síti TN

Síť TN je nejpoužívanějším systémem v Evropě, u nás se až na výjimky setkáváme pouze s touto sítí. Síť TN se dále dělí na TN-C, TN-S a TN-C-S. Použití proudového chrániče je v síti TN-C zakázáno. Muselo by dojít k rozdělení středního a ochranného vodiče - na síť TN-C-S (více o možnosti rozdělení naleznete v kapitole „3.3.7.1. Detekce přerušení PE nebo PEN vodiče“. Ochrana před nepřímým dotykem zabezpečuje ochrana nulováním. Kostra spotřebiče je připojena na potenciál země PEN vodičem v případě sítě TN-C, nebo PE vodičem v případě TN-S nebo TN-C-S sítě. Dojde-li k výskytu napětí na neživé části, měl by obvod protéct dostatečně veliký poruchový proud, aby mohl být obvod odpojen např. v případě zvláště nebezpečných prostor do 0,2 s. K zajištění rychlého odpojení musí impedance smyčky splňovat následující podmínku:

$$Z_s < \frac{U_0}{I_a} \quad (5)$$

kde:

$Z_s$ .....impedance smyčky  
 $U_0$ .....fázové napětí  
 $I_a$ .....minimální vypínací proud nadproudé ochrany nutný k odpojení do stanovené doby

Impedance smyčky musí splňovat výše uvedenou podmínku. Minimální vypínací proud nadproudé ochrany se stanovuje dle vypínacích charakteristik pro daný jistič nebo pojistku (obr. 17) odečtením hodnoty proudu pro předepsanou dobu vypnutí. Impedance smyčky pak v případě jističe o jmenovitém proudu 16 A a vypínací době  $\leq 0,1$  s vychází 2,9  $\Omega$ . Tuto podmínku

Ize v praxi dodržet a ochranu samočinným odpojením v případě výskytu napětí na kostře spotřebiče jsou bez problému schopny zajistit jističe a pojistky. Proudový chránič pouze zvyšuje bezpečnost, protože dokáže zapůsobit rychleji nežli jistič a odpojit obvod třeba již v čase 10 ms. Nebezpečné napětí na kostře spotřebiče zůstává tedy jen velmi malou dobu, při níž nehrozí nebezpečí přímého ohrožení života z důvodu průchodu elektrického proudu tělem. Pokud vedení nespĺňuje podmínku (5) například z důvodu impedance dlouhého vedení, je nutné proudový chránič použít.

Za jistou nevýhodu sítě TN může být považována možnost zavlečení cizího napětí při poruše. Vzhledem k tomu, že vypínací časy jsou v běžných domácnostech díky jističům, pojistkám a chráničům krátké, není nebezpečí nijak významné. Pouze v případě upevněných spotřebičů může napětí na kostře být až 5 s, nebo v případě energetických sítí 30 s. To se však domovních instalací netýká.

### 3.4.2.3. Proudový chránič v síti IT

Síť IT se u nás používá zřídka, můžeme se s ní setkat v kamenolomech hutích a jiných prostředích, kde je přerušeno dodávky energie vlivem poruchy nežádoucí a zároveň je nutné zajistit vyšší bezpečnost obsluhy. Síť IT je izolována od potenciálu země. Může ale nemusí mít vyvedený střední vodič. Pokud se v síti stane porucha, musí být signalizována hlídačem stavu izolace nebo jiným přístrojem indikujícím reziduální proud. Porucha by měla být odstraněna co nejdříve, síť je ale dále schopna provozu. Až při druhé poruše musí být odpojeno napájení okamžitě. Použití proudového chrániče v síti IT je možné. V případě výskytu druhé poruchy musejí být pro samočinné odpojení od zdroje následující podmínky:

Pokud jsou neživé části vzájemně propojené ochranným vodičem:

$$S \text{ nevyvedeným středem: } 2I_a \cdot Z_{s1} \leq U \quad (6)$$

$$S \text{ vyvedeným středem: } 2I_a \cdot Z_{s2} \leq U_0 \quad (7)$$

Pokud jsou neživé části propojeny po skupinách nebo jednotlivě:

$$R_A \cdot I_s \leq 50V \quad (8)$$

kde:

$Z_{s1}$ .....impedance poruchové smyčky složená z fázového a ochranného vodiče  
 $Z_{s2}$ .....impedance poruchové smyčky složená ze středního a ochranného vodiče

$U_0$ .....jmenovité napětí mezi fází a středním vodičem

$U$ .....jmenovité napětí mezi fázemi

$I_a$ .....vypínací proud ochranného přístroje do stanovené doby

$R_A$ .....odpor zemniče se započítaným odporem ochranného vodiče

$I_s$ .....poruchový proud při první poruše

## 4 Testování proudových chráničů [4,10,16]

### 4.1. Testování proudových chráničů ve výrobě

Dle [4] se poruchovost proudových chráničů na základě provedených výzkumů pohybuje v rozmezí 3 ÷ 5 % u chráničů v provozu do deseti let. U chráničů v provozu až 30 let vzrostlo selhání chrániče až na 10 %. Potřeba kontroly funkčnosti proudového chrániče pomocí testovacího tlačítka je tedy opodstatněná a není radno ji zanedbávat.

*Poznámka:*

*Na trhu jsou také typy chráničů se zvýšenou provozní spolehlivostí, u kterých výrobce zaručuje funkčnost bez nutnosti pravidelného testování zkušebními tlačítkem (řada PHF7 od firmy Moeller®).*

Tato kapitola se bude věnovat testování proudových chráničů ve výrobě. Je to z pohledu zákazníka velmi důležitý proces, protože zaručuje kvalitu každého kusu. Norma ČSN EN 61008-1 totiž stanovuje:

- a) *charakteristiky RCCB*
- b) *podmínky, jimž musí RCCB vyhovět, se zřetelem na*
  - 1) *jejich činnost a chování v normálním provozu,*
  - 2) *jejich činnost a chování v případě zkratů,*
  - 3) *jejich činnost v podmínkách reziduálního proudu,*
  - 4) *jejich dielektrické vlastnosti*
  - 5) *EMC*
- c) *zkoušky, které mají potvrdit, že tyto podmínky byly splněny, a metody, které mají být použity pro zkoušky,*
- d) *údaje, které mají být vyznačeny na přístrojích,*
- e) *sledy zkoušek, které mají být provedeny, a počet vzorků, které mají být předloženy pro účely certifikace*
- f) ***výrobní kusové zkoušky, které mají být provedeny na každém RCCB, aby byly odhaleny nepřijatelné změny v materiálu nebo výrobě, které by mohly ovlivnit bezpečnost.***

Z pohledu této práce je důležitý bod f, který říká, že všechny kusy opouštějící výrobní závod musejí projít určitou zkouškou. Zajímavý je i bod e, ale jedná se o komplexní a dosti náročné a podrobné zkoušky v laboratořích potřebné pro atestaci výrobku.

Výše uvedená norma bod f dále přesněji specifikuje:

#### 1) Zkouška vybavení

*Reziduální proud prochází postupně každým pólem RCCB. RCCB nesmí vypnout při proudu menším než  $0,5 I_{\Delta n}$  nebo rovném  $0,5 I_{\Delta n}$ , ale musí vypnout při  $I_{\Delta n}$  během stanovené doby.*

*Zkušební proud musí být přiložen minimálně pětkrát na každý RCCB a musí být přiložen minimálně dvakrát na každý pól.*

## 2) Zkouška elektrické pevnosti

*Napětí, které má v podstatě sinusový tvar vlny, o hodnotě 1500 V při kmitočtu 50 Hz / 60 Hz se přiloží na dobu 1 s mezi následující částí:*

- a) při RCCB ve vypnuté poloze mezi každou dvojicí svorek, které jsou vzájemně elektricky spojeny, když je RCCB v zapnuté poloze;*
- b) u RCCB bez vestavěných elektronických součástí, s RCCB v zapnuté poloze, postupně mezi každý pól a ostatní vzájemně spojené póly;*
- c) u RCCB s vestavěnými elektronickými součástmi, s RCCB ve vypnuté poloze, buď mezi postupně všechny vstupní svorky pólů nebo postupně mezi všechny výstupní svorky pólů, v závislosti na poloze elektronických součástí*

*Nesmí dojít k žádnému přeskoku nebo průrazu.*

## 3) Funkce zkušebního zařízení

*Zkušební zařízení, je-li v činnosti, musí vypnout RCCB, který je v zapnuté poloze a je připojen k napájení při příslušném napětí.*

*Má-li zkušební zařízení pracovat při více než jedné hodnotě napětí, musí být zkouška provedena při nejnižší hodnotě napětí.*

Výše popsané zkoušky jsou tedy povinné pro každý kus. Je to minimum zkoušek, které musejí být výrobcem provedené. Pokud však výrobce volí důslednější kontrolu, je to samozřejmě přínosem. Pro srovnání je níže uveden postup zkoušení proudových chráničů bez zpoždění s citlivostí na stejnosměrný pulzující reziduální proud ve firmě Moeller®.

Následující text je z důvodu zachování know-how firmy Moeller® v oblasti testování proudových chráničů ve výrobě vypuštěn. Bakalářská práce je dostupná v celém znění v knihovně Pedagogické fakulty, JU v Českých Budějovicích.









## 4.2. Testování v provozu – revizní testy [10,14,15,17,18,19,20, 21,22]

Revizní testy se od testů ve výrobě liší. Je to logické, pokud srovnáme podmínky pro provedení zkoušky na výrobním páse ve výrobním závodě a podmínky v osazeném a propojeném rozváděči pod napětím. Při revizích se tedy musejí používat jiné metody a speciální přístroje. Cílem revizního testu není kompletní prověření funkčnosti chrániče, jeho součástí a odhalení možných nedostatků jako se děje ve výrobě, ale pouze prověřit funkčnost a dodržení předepsaných vypínacích hodnot a časů daných normou. Pro revizní testy se používají přístroje, které v případě proudového chrániče dokáží komplexně proměřit všechny potřebné údaje. Dříve se používalo více měřících přístrojů, na každé měření bylo zapotřebí mít zvláštní přístroj. V dnešní době se používají moderní elektronické měřící přístroje schopné změřit vše potřebné od izolačního odporu, odporu uzemnění až po výkon nebo harmonickou analýzu napětí a proudu. Měřící přístroje testující proudové chrániče jsou konstruovány v souladu s EN 61557-6 a musejí ji splňovat. Mezi vybrané podmínky, ve vztahu k normě pro výrobce lze zařadit [12,13,16]:


- Měřící zařízení musí indikovat, že vybavovací rozdílový proud proudového chrániče je menší nebo roven jmenovitému vybavovacímu rozdílovému proudu
- Při měření vybavovacího času s indikací naměřené hodnoty při měření proudem  $0,5 I_{\Delta n}$  je délka testu min. 0,2 s. Během testu nemá proudový chránič vybavit
- Proudový chránič s vybavovacím proudem 30 mA musí přístroj testovat také proudem  $5 I_{\Delta n}$
- Je-li napětí při poruše zobrazováno nebo indikováno při vybavovacím rozdílovém proudu, ale ne při jmenovitém rozdílovém proudu, musí to být zobrazeno na displeji nebo indikováno na měřícím přístroji.
- nejistota při měření vybavovacího času a proudu je v toleranci +/-10 % nominálních hodnot
- Zkoušky se musí provádět proudem se sinusovým průběhem
- Při zkoušení se jmenovitým vybavovacím rozdílovým proudem musí být proud zapínán v nule
- Další podmínky pro měřící přístroje jsou uvedeny v příslušné normě EN 61557-6 a IEC 61009.

Většina standardních měřících přístrojů splňuje požadavky výše uvedené normy a umožňuje testovat proudové chrániče jak standardní a selektivní, tak typy AC, A a B. Přístroje umožňují také měření zemních odporů RE, protože při vysoké impedanci se může objevit na příslušných částech zařízení nebezpečné dotykové napětí (měření s pomocnou sondou nebo bez sondy). Např. Eurotest 61557 umožňuje měření zemních odporů bez pomocné sondy nebo se sondou. V současné době je na trhu velké množství kvalitních měřících přístrojů, které usnadňují revizním technikům jejich práci. Mezi standardní přístroje určené k testování proudových chráničů lze zařadit např. Unitest Telaris FI/RCD Analyzátor, který měří všechny hodnoty požadované normou EN 61557-6. Přístroj může testovat chrániče typu AC, A a B, jmenovitým proudem  $0,5 I_{\Delta n}$ , 1

$I_{\Delta n}$ ,  $2 I_{\Delta n}$ ,  $5 I_{\Delta n}$ , má integrovanou vnitřní paměť a rozhraní RS 232, dotykové napětí UL měří v rozsahu 0,6 ÷ 70 V s rozlišením 0,1 V, atd.

Dle normy ČSN EN 61557-6 [16] se zkoušky musí provést při všech jmenovitých vybavovacích rozdílových proudech a pokud to přichází v úvahu i při 50 % a 500 % jmenovitého vybavovacího rozdílového proudu. Následující postup ověřování proudových chráničů uvádí norma ČSN 33 2000-6-61 jako příklad:

### **NK1 Ověření mezních hodnot reziduálních proudů proudových chráničů**

V návaznosti na ověření skutečné hodnoty vybavovacího reziduálního proudu zjištěné jeho generováním (viz 612.6.1) se dále ověří mezní parametry střídavého vybavovacího reziduálního proudu chrániče. Chránič se zatíží generovaným zkušebním reziduálním proudem o hodnotě menší nebo rovné polovině jeho jmenovitého reziduálního vybavovacího proudu a větší než 20 % tohoto proudu. Při tomto zatížení nesmí proudový chránič vybavit. Tím se ověřuje dodržení hodnoty tzv. reziduálního nevybavovacího proudu, tj. proudu, při němž chránič nesmí vybavit. Následně (u chráničů typu S po prodlevě přibližně 30 s) se pokračuje zatížením proudového chrániče zkušebním reziduálním proudem o hodnotě jmenovitého reziduálního proudu. Při tomto zatížení proudový chránič musí vybavit nejpozději ve stanoveném čase. Přitom se zjistí skutečný čas, za který proudový chránič vybaví. Tento čas nemá překročit tyto meze: 0,3 s pro chrániče obecného typu (typu AC s označením ) a chrániče typu G; 0,5 s pro selektivní chrániče (chrániče typu S). Při těchto měřeních se současně měří hodnota dotykového napětí na ochranném vodiči, která musí být vyhovující. (Ze zatížení proudem o velikosti 20 % až 50 % jmenovitého reziduálního vybavovacího proudu a z napětí, které se přitom měří, jsou měřicí přístroje pro ověřování proudových chráničů obvykle schopné pro místo, kde se měření provádí, odvodit a také udat nejen napětí na ochranném vodiči ale i impedanci smyčky.)

Uvedené ověřování se provádí u všech typů chráničů, tj. jak u chráničů typu AC, tj. chráničů citlivých jenom na střídavý reziduální proud, tak u chráničů typu A, tj. chráničů citlivých kromě toho ještě na pulzující stejnosměrný proud i u chráničů typu B citlivých ještě jak na pulzující tak na vyhlazený stejnosměrný proud. Další ověření chráničů citlivých na pulzující stejnosměrný i na vyhlazený stejnosměrný proud – viz. NK3.

### **NK2 Ověření proudových chráničů se zpožděnou charakteristikou (typu S - selektivních, typu G)**

V případě použití selektivních proudových chráničů (s označením S) se selektivita vybavení ověřuje nejprve kontrolou údajů jmenovitého reziduálního proudu uvedeného na chrániči. Selektivní proudový chránič předřazený proudovému chrániči obecného typu nebo typu se zpožděnou charakteristikou (např. typu G) musí mít hodnotu jmenovitého reziduálního proudu vždy o

předepsanou hodnotu vyšší. (Obvykle musí být jmenovitý vybavovací reziduální proud selektivního chrániče alespoň třikrát větší než jmenovitý vybavovací reziduální proud chrániče neselektivního.) U chráničů s citlivostí 10 mA až 100 mA obecného typu (resp. typu se zpožděním, např. typu G), jimž je předřazen selektivní chránič (typu S), lze navíc selektivitu doložit jejich zatížením zkušebním reziduálním proudem rovným 5násobku jejich jmenovitého reziduálního proudu (měří se v obou polaritách). Selektivita je prokázána, došlo-li při tomto proudu k vybavení pouze chrániče obecného typu (resp. typu se zpožděním, např. typu G). Přitom se měří čas vybavení tohoto chrániče. Asi 30 s po této zkoušce (aby nedocházelo ke zkreslení výsledků vzhledem k možnému ovlivnění vybavovací charakteristiky předchozí zkouškou) se provede zkouška selektivních proudových chráničů tak, že se zatíží zkušebním reziduálním proudem rovným jejich jmenovitému vybavovacímu reziduálnímu proudu. Doba jejich vypnutí má být v mezích  $0,13 \div 0,5$  s a musí být pro tento proud delší než doba vypnutí chráničů řazených za nimi.


**POZNÁMKA:**

*Prodlevu 30 s se u selektivních chráničů doporučuje zařadit před zkouškou zatížením zkušebním proudem rovným jeho jmenovitému reziduálnímu vybavovacímu proudu i po jeho ověřování proudem, při němž chránič nesmí vybavit (viz NK1).*

V případě použití proudových chráničů typu G, je třeba ověřit, zda vypínají skutečně opožděně. Proudové chrániče obecného typu (s charakteristikou bez zpoždění) totiž mají předepsaný vypínací čas při pětinasobku jmenovitého reziduálního vybavovacího proudu kratší než 40 ms, přičemž dolní mez doby vypnutí není stanovena. Předepsaný vypínací čas proudových chráničů typu G je pro jakýkoliv reziduální proud delší nebo rovný 10 ms. Přitom pro pětinasobek jmenovitého reziduálního vybavovacího proudu je předepsaný vypínací čas rovněž kratší než 40 ms jako u chráničů obecného typu. U chráničů typu G je tedy třeba ověřit, že i při pětinasobku jmenovitého reziduálního vybavovacího proudu vypínají v časovém rozmezí od 10 ms do 40 ms. (Obdobné ověření je třeba na základě údajů výrobce provést i u jiných chráničů se zpožděnou charakteristikou.)

**NK3 Ověření chráničů typů A a B (citlivých též na jiné než pouze střídavé reziduální proudy)**

Funkčnost samočinného odpojení od zdroje proudovým chráničem se ověřuje vždy s ohledem na citlivosti chrániče na ten druh reziduálního proudu, pro který je chránič konstruován. Pokud je chránič konstruován pro funkci i při jiných reziduálních než střídavých proudech, např. i při pulzujících nebo stejnosměrných proudech, pak se jeho funkčnost ověřuje také působením příslušného druhu proudu.

**NK3.1** V případě chráničů typu A s označením  (které jsou kromě na střídavé proudy citlivé i na pulzující reziduální stejnosměrné proudy) se postupuje tak, že po ověření působením střídavého reziduálního proudu podle výše popsanych postupů se ověřuje funkčnost chrániče ještě jeho zatížením

zkušební pulzujícím reziduálním stejnosměrným proudem o hodnotě rovné 1,4násobku jeho jmenovitého vybavovacího reziduálního proudu. Přitom se měří doba vypnutí chrániče. Ověřuje se působením proudu vždy v obou polaritách.

**POZNÁMKA N:**

*Zjištěné časy jsou obvykle kratší než při ověřování působením střídavého proudu.*

**NK3.2** V případě chráničů typu B (které jsou kromě na střídavé a pulzující stejnosměrné proudy citlivé i na vyhlazený stejnosměrný proud) se postupuje tak, že po ověření působením střídavého proudu a pulzujícího stejnosměrného proudu dle výše popsaných postupů se ověřuje funkčnost chrániče ještě působením stejnosměrného reziduálního proudu.

Ta se ověřuje při použití vhodného zkušebního přístroje nejdříve generováním narůstajícího stejnosměrného reziduálního proudu. Chránič musí vybavit při hodnotě tohoto proudu menší nebo rovné 2násobku jmenovitého vybavovacího reziduálního proudu, aniž by se při tomto ověřování měřil čas. Následně se měří doba vypnutí chrániče ještě při jeho zatížení zkušební stejnosměrným reziduálním proudem o hodnotě rovné dvojnásobku jmenovitého vybavovacího reziduálního proudu. Ověřuje se působením stejnosměrného proudu vždy v obou polaritách.

#### **NK4 Ověření funkce kontrolního tlačítka**

Na závěr následuje ověření funkce kontrolního tlačítka proudového chrániče, která se prokazuje jeho stisknutím. (Tak se ověřuje funkce proudového chrániče při jeho uvádění do provozu a dále během provozu v termínech stanovených výrobcem proudového chrániče. Proudový chránič musí při každém stisknutí kontrolního tlačítka spolehlivě vybavit.) Tato kontrola nenahrazuje ověření vlastností proudového chrániče podle předchozích ustanovení.

*Poznámka: Je zajímavé, že norma ČSN EN 33 2000-6-61 uvádí v informativní příloze NK v příkladu zkoušení prověření chrániče i na jiný než střídavý reziduální proud, avšak norma pro měřicí přístroje ČSN EN 61557-6 uvádí, že se musí zkoušet proudem se sinusovým průběhem proudu. Tím však nezakazuje prověření citlivosti i na jiný druh reziduálního proudu.*

## **5 Praktické ověření funkčnosti proudového chrániče řady PFIM** [4,10,15,16]

### **5.1. Testované vzorky**

K testování byly použity proudové chrániče typové řady PFIM. Jedná se o běžné typy používané v domovních ale i průmyslových elektroinstalacích. Jsou určeny k montáži na DIN lištu do rozváděče. Konkrétně řada s označením PFIM je určena především pro rakouský trh, pro český trh se používají konstrukčně identické proudové chrániče pod názvem PF7. Jedná se tedy o stejné přístroje pouze s odlišným označením vyráběné ve stejném výrobním závodě. Výsledky měření na proudových chráničích řady PFIM můžeme tedy srovnávat s hodnotami, které předepisují české normy, neboť předpisy pro provedení a charakteristiky proudových chráničů jsou převzaté a v souladu s evropskými normami. Zkoušení bylo podrobeno 9 různých typů s různými katalogovými hodnotami. Výběr byl proveden tak, abychom měli možnost porovnat hodnoty vypínacích časů zpožděných, nezpožděných, nebo různě citlivých chráničů. Všechny vzorky jsou funkčně nezávislé na napájecím napětí. Následující tabulky uvádějí katalogové hodnoty přístrojů:

Název testovaného vzorku	Kat. číslo	počet pólů	Un	I $\Delta$ n	citlivost na reziduální proud	rychlost vybavení	nejvyšší možné jistění
PFIM-40/4/003	235584	4	230/400 V, 50 Hz	30 mA	AC	nezpožděný	40 A
PFIM-40/4/01	235585	4	230/400 V, 50 Hz	100 mA	AC	nezpožděný	40 A
PFIM-40/4/003-A	263613	4	230/400 V, 50 Hz	30 mA	A	nezpožděný	40 A
PFIM-40/4/01-A	235614	4	230/400 V, 50 Hz	100 mA	A	nezpožděný	40 A
PFIM-40/4/003-G	235627	4	230/400 V, 50 Hz	30 mA	AC	zpoždění 10 ms	40 A
PFIM-40/4/01-G	235629	4	230/400 V, 50 Hz	100 mA	AC	zpoždění 10 ms	40 A
PFIM-40/4/03-S/A	235642	4	230/400 V, 50 Hz	300 mA	A	zpoždění 40 ms	40 A
PFIM-40/4/01-S/A	235641	4	230/400 V, 50 Hz	100 mA	A	zpoždění 40 ms	40 A
PFIM-63/4/003-R	235633	4	230/400 V, 50 Hz	30 mA	A	zpoždění 10 ms	63 A

Tab. 4 Jmenovité hodnoty vzorků

### **5.2. Podmínky měření a měřicí přístroje**

Zkoušení bylo provedeno na elektrické zkušebně ve firmě Moeller<sup>®</sup>, která slouží přímo k testování proudových chráničů. Zde se provádí ověřování mechanických, elektrických a optických vlastností přístrojů nezávisle na zkouškách na testovacích linkách ve výrobě. Zkoušení proběhlo při pokojové teplotě. Ke zkoušení bylo použito přístrojů:

- Zdroj reziduálních proudů (střídavých, stejnosměrných pulzujících, stejnosměrných vyhlazených) konstrukce Moeller<sup>®</sup>
- Zdroj vysokého napětí 3 kV konstrukce Moeller<sup>®</sup>
- Zdroj 184 V konstrukce Moeller<sup>®</sup>
- Digitální multimetr Fluke<sup>®</sup> 187

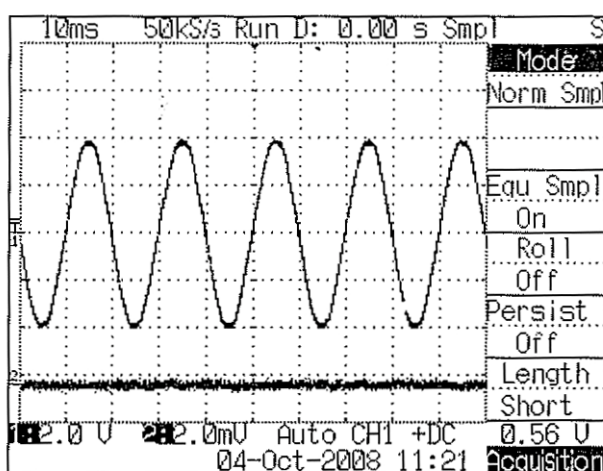
- Digitální osciloskop LECROY® LP142



Obr. 29 a 30 Zdroj reziduálního proudu a vysokého napětí

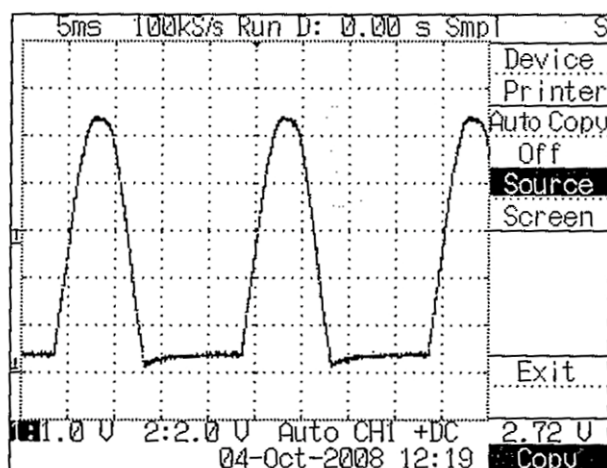
### 5.3. Postup měření

Měření probíhalo dle bodů uvedených na stranách 54 a 55. U selektivních typů se po každé zkoušce ponechala prodleva 30 s z důvodu vybití zpožďovacího obvodu. Typy AC byly zatěžovány pouze střídavým reziduálním proudem ve tvaru sinusoidy – obr. 31. Typy A byly zatěžovány jak střídavým reziduálním proudem, tak i navíc stejnosměrným pulzujícím reziduálním proudem superponovaným o 6 mA hladké stejnosměrné složky – obr. 32 a 33. Zkouška zápornou polaritou se prováděla ihned po zkoušce kladnou polaritou. Důležité pro ověření vypínací schopnosti je, aby reziduální proud měl předepsaný průběh. Pokud by střídavý reziduální proud neměl tvar sinusoidy ale například obdélníku, mohli by se naměřené hodnoty lišit od skutečných hodnot (problém i některých zkušebních přístrojů pro testování v provozu). Z tohoto důvodu byla pomocí osciloskopu provedena analýza průběhu reziduálního proudu:

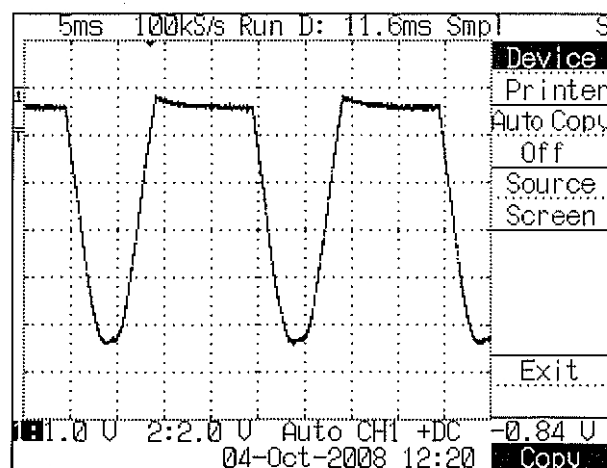


Obr. 31 Průběh střídavého reziduálního proudu – zkouška pro typy AC





Obr. 32 Průběh stejnosměrného pulzujícího reziduálního proudu – zkouška pro typu A (pozitivní polarita)



Obr. 33 Průběh stejnosměrného pulzujícího reziduálního proudu – zkouška pro typu A (negativní polarita)

Průběh proudu generovaného pro zkoušku typů A byl zkoumán pomocí osciloskopu na úbytku napětí na rezistoru o odporu 97,16 Ω zapojeného v sérii s ampérmetrem, který sloužil k nastavení hodnoty 30 mA. Na rezistoru vznikl úbytek napětí 2,94 V. Z osciloskopu (obr. 31 a 32) byla odečtena hodnota stejnosměrné hladké složky 412 mV (absolutní hodnota). Hodnota stejnosměrné složky byla vypočítána následovně:

$$I_{\Delta ss} = \frac{|U_o|}{R} = \frac{412}{97,16} = 4,24 \text{ mA} \quad (9)$$

kde:

$I_{\Delta SS}$ .....hodnota stejnosměrného hladkého reziduálního proudu

$U_o$ .....hodnota stejnosměrného napětí odečtená z osciloskopu

$R$ .....hodnota odporu

Rozborem bylo prokázáno, že střídavý reziduální proud je sinusového průběhu. Stejnosemřný pulzující reziduální proud superponovaný o 6 mA stejnosměrné složky měl také odpovídající průběh, ale měřením na odporu 97,16  $\Omega$  byla zjištěna skutečná velikost stejnosměrné složky pouze 4,24 mA.

Postup jednotlivých zkoušek:

### **A) Zkouška vybavení**

A.1) Zjištění minimálního vybavovacího proudu: Testované vzorky byly v zapnuté poloze a postupně se každý pól zatěžoval střídavým reziduálním proudem sinusového průběhu s počátkem v nule. Pro typy A byla provedena navíc ještě zkouška stejnosměrným pulzujícím reziduálním proudem povýšeným o 6 mA DC složky v pozitivních i v negativních průbězích. Reziduální proud byl měřen digitálním multimetrem v režimu záznamu maximální hodnoty, aby hodnota proudu vyvolující vybavení mohla být lehce odečtena. Reziduální proud vzrůstal od nuly a hodnota, která způsobila vybavení chrániče byla zaznamenána do tabulky.

A.2) Zjištění vybavovacího času: Proudový chránič byl v zapnuté poloze. Zkušební obvod byl pomocí ampérmetru nastaven tak, aby reziduální proud měl předepsaný průběh a velikost reziduálního proudu odpovídala hodnotám uvedených v tabulkách 5 a 6. Před každou zkouškou bylo nutné vynulovat obvod pro měření vybavovacího času. Poté se postupně každý pól proudového chrániče zatížil reziduálním proudem o nastavené velikosti. Pro typy A byla provedena další samostatná zkouška stejnosměrným pulzujícím reziduálním proudem v pozitivní i negativní fázi – viz. obr. 32 a 33., takže pro jednu hodnotu reziduálního proudu existuje 8 hodnot v tabulkách 7, 8, 9. Hodnoty vybavovacích časů byly po vybavení chráničů zaznamenány do tabulek.

### **B) Izolační zkouška**


Proudový chránič byl testován napětím 3 kV. Zkušební hroty byly přikládány na kombinace svorek zapnutého chrániče. Poté byl proudový chránič zkoušen ve vypnutém stavu, nejdříve kombinace spodních svorek, poté kombinace horních svorek a naposled horní svorky proti spodním. Měřicí přístroj byl opatřen světelnou a akustickou signalizací elektrického průrazu. Pokud elektrický průraz nebyl signalizován, byla zkouška považována za úspěšnou.

### **C) Zkouška testovacího tlačítka**


Na proudový chránič v zapnuté poloze bylo přiloženo zkušební napětí o velikosti 80 %  $U_n$ . Zkušební obvod tlačítka TEST je u testovaných typů zapojen mezi svorkami třetí fáze a středního vodiče, bylo tedy dostatečné přivést napětí pouze na tyto svorky. Proudový chránič musel následně po stisknutí tlačítka test okamžitě vybavit. Stisk zkušebního tlačítka má v obvodu simulovat poruchový proud  $2 I_{\Delta n}$  [16].

### **5.4. Naměřené hodnoty**



Následující tabulky obsahují naměřené hodnoty. Tabulka 5 a 6 zaznamenává výsledky zkoušek střídavým reziduálním proudem, která se prováděla pro všechny vzorky. V tabulkách 7, 8, 9 jsou naměřené hodnoty ze zkoušek stejnosměrným reziduálním proudem superponovaným o 6 mA DC složky. Tato zkouška se prováděla jen pro typy citlivé na tento druh reziduálního proudu (se symbolem A v názvu; symbol R znamená, že proudový chránič je určen pro jištění obvodu s rentgenovým zařízením, jedná se vlastně o typ A se zpožděním G).

		rychlost vybavení při zatěžování střídavým reziduálním proudem																									
		minimální vybavovací proud						t <sub>vyb</sub> při 0,5 I <sub>Δn</sub> [ms]				t <sub>vyb</sub> při I <sub>Δn</sub> [ms]				t <sub>vyb</sub> při 1,5 I <sub>Δn</sub> [ms]				t <sub>vyb</sub> při 2 I <sub>Δn</sub> [ms]				t <sub>vyb</sub> při 2,5 I <sub>Δn</sub> [ms]			
		I <sub>Δa</sub> min [mA]						L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N
Testovaný vzorek	Kat. č.	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N		
PFIM-40/4/003	235584	25,2	25,1	24,8	25,0	∞	∞	∞	∞	30	20	30	30	40	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30		
PFIM-40/4/01	235585	67,4	68,7	67,8	67,5	∞	∞	∞	∞	10	10	10	10	20	40	30	30	20	40	30	30	20	40	30	30		
PFIM-40/4/003-A	263613	21,9	22,3	20,1	21,3	∞	∞	∞	∞	20	40	40	20	10	10	10	10	10	10	10	10	20	10	20	10		
PFIM-40/4/01-A	235614	80,1	81,7	81,4	81,2	∞	∞	∞	∞	20	30	30	20	10	10	10	10	20	30	20	20	20	30	20	10		
PFIM-40/4/003-G	235627	22,1	22,0	22,0	21,9	∞	∞	∞	∞	200	190	200	210	110	110	110	110	90	80	90	80	80	90	80	70		
PFIM-40/4/01-G	235629	73,6	73,6	74,1	73,8	∞	∞	∞	∞	190	160	150	160	120	90	100	120	70	60	60	60	60	60	60	60		
PFIM-40/4/03-S/A	235642	184,0	183,9	184,3	182,9	∞	∞	∞	∞	180	190	200	180	140	140	140	150	80	80	80	80	80	70	70	60		
PFIM-40/4/01-S/A	235641	62,0	62,2	62,3	63,0	∞	∞	∞	∞	180	190	200	180	140	140	140	150	120	120	130	120	110	100	100	100		
PFIM-63/4/003-R	235633	22,4	22,3	22,4	22,3	∞	∞	∞	∞	230	240	230	260	160	160	160	160	130	120	130	130	110	120	110	110		



Tab. 5

		rychlost vybavení při zatěžování střídavým reziduálním proudem																							
		t <sub>vyb</sub> při 3 I <sub>Δn</sub> [ms]						t <sub>vyb</sub> při 3,5 I <sub>Δn</sub> [ms]				t <sub>vyb</sub> při 4 I <sub>Δn</sub> [ms]				t <sub>vyb</sub> při 4,5 I <sub>Δn</sub> [ms]				t <sub>vyb</sub> při 5 I <sub>Δn</sub> [ms]					
		L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N				
Testovaný vzorek	Kat. č.	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N
PFIM-40/4/003	235584	20	10	20	30	10	30	10	30	20	30	30	20	20	20	30	10	10	20	20	20	20	20	20	20
PFIM-40/4/01	235585	20	10	30	40	30	10	30	20	30	10	20	20	40	20	20	20	20	30	30	30	20	30	30	30
PFIM-40/4/003-A	263613	20	10	20	30	10	10	20	20	20	20	10	10	20	20	10	10	20	10	10	20	20	20	20	20
PFIM-40/4/01-A	235614	20	10	30	10	30	10	30	20	30	10	20	20	20	20	30	30	20	10	30	10	20	30	10	10
PFIM-40/4/003-G	235627	60	70	60	50	30	50	50	40	50	40	50	40	40	30	50	40	30	40	30	40	30	40	40	40
PFIM-40/4/01-G	235629	50	40	40	40	40	50	60	50	30	40	60	60	60	50	40	50	40	40	40	40	40	40	40	40
PFIM-40/4/03-S/A	235642	50	50	50	60	50	50	50	50	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
PFIM-40/4/01-S/A	235641	90	110	100	100	100	90	100	90	100	90	100	90	90	100	90	90	90	100	90	90	100	90	100	100
PFIM-63/4/003-R	235633	110	110	110	120	110	110	100	100	110	110	110	110	100	100	110	100	100	100	110	100	100	100	100	100

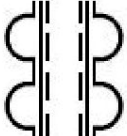
Tab. 6

 	minimální vybavovací proud		rychlost vybavení při zatěžování stejnosměrným pulzujícím reziduálním proudem superponovaným o 6 mA stejnosměrné hladké složky															
	$I_{\Delta a \text{ min}}$		$t_{\text{vyb}} \text{ při } 0,35 I_{\Delta n}$															
	[mA]		[ms]															
Testovaný vzorek	Kat. č.	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	
PFIM-40/4/003-A	263613	24,1	23,2	24,6	23,9	22,6	23,7	23,5	23,3	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
PFIM-40/4/01-A	235614	96,6	89,2	96,8	90,0	96,2	90,6	96,2	90,7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
PFIM-40/4/03-S/A	235642	239,5	239,1	240,3	242,3	240,0	242,0	238,1	238,0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
PFIM-40/4/01-S/A	235641	79,0	83,7	80,2	79,9	81,2	80,5	81,1	81,2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
PFIM-63/4/003-R	235633	29,4	31,7	28,4	30,6	28,8	31,0	28,8	31,1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞

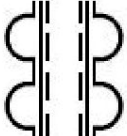
Tab. 7

 	rychlost vybavení při zatěžování stejnosměrným pulzujícím reziduálním proudem superponovaným o 6 mA stejnosměrné hladké složky																	
	$t_{\text{vyb}} \text{ při } 2,5 I_{\Delta n}$																	
	[ms]																	
Testovaný vzorek	Kat. č.	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	
PFIM-40/4/003-A	263613	10	10	20	10	10	10	10	20	10	10	20	10	10	10	20	10	20
PFIM-40/4/01-A	235614	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
PFIM-40/4/03-S/A	235642	120	120	120	120	110	110	110	110	100	100	100	100	100	100	100	100	100
PFIM-40/4/01-S/A	235641	110	130	120	120	110	120	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
PFIM-63/4/003-R	235633	40	50	60	50	50	30	60	40	40	40	30	40	40	40	30	40	30

Tab. 8

		rychlost vybavení při zatěžování stejnosměrným pulzujícím reziduálním proudem superponovaným o 6 mA stejnosměrné hladké složky															
		$t_{vyb}$ při 4 $I_{\Delta n}$ [ms]					$t_{vyb}$ při 4,5 $I_{\Delta n}$ [ms]					$t_{vyb}$ při 5 $I_{\Delta n}$ [ms]					
Testovaný vzorek	Kat. č.	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N
PFIM-40/4/003-A	263613	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
PFIM-40/4/01-A	235614	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
PFIM-40/4/03-S/A	235642	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
PFIM-40/4/01-S/A	235641	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
PFIM-63/4/003-R	235633	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30

Tab. 9

		izolační zkouška napětím 3 kV																								zkouška tlačítka TEST
		vypnutý stav												zapnutý stav												
		spodní svorky						horní svorky						horní sv.-spodní sv.												
Testovaný vzorek	Kat. č.	L1-L2	L1-L3	L1-N	L2-L3	L2-N	L3-N	L1-L2	L1-L3	L1-N	L2-L3	L2-N	L3-N	L1	L2	L3	N	L1-L2	L1-L3	L1-N	L2-L3	L2-N	L3-N			
PFIM-40/4/003	235584	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok			
PFIM-40/4/01	235585	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok			
PFIM-40/4/003-A	263613	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok			
PFIM-40/4/01-A	235614	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok			
PFIM-40/4/003-G	235627	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok			
PFIM-40/4/01-G	235629	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok			
PFIM-40/4/03-S/A	235642	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok			
PFIM-40/4/01-S/A	235641	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok			
PFIM-63/4/003-R	235633	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok			

Tab. 10



## 5.5. Vyhodnocení

Cílem měření bylo prakticky prověřit hodnoty zkoušených vzorků, porovnat citlivosti a rychlosti vybavení různých druhů proudových chráničů s katalogovými hodnotami a hodnotami stanovenými normou.

### Vyhodnocení zkoušky dle bodu A str. 54

#### Vyhodnocení zkoušky dle bodu A.1 str. 54:

Naměřené hodnoty z této zkoušky jsou zanesené v tabulkách 5 a 7 ve sloupcích „minimální vybavovací proud“.

**Naměřené hodnoty vyhovují normě.**

#### Vyhodnocení zkoušky dle bodu A.2 str. 54:

Vyhodnocení bylo provedeno na základě výsledků měření zaznamenaných v tabulkách tak, že se data přenesly do grafů 34 a 35, aby bylo na první pohled přehledné, v jakém rozmezí se naměřené hodnoty pohybují a zda vyhovují předpisům. Proudové chrániče byly z hlediska vypínací doby barevně rozděleny na obrázcích 34 a 35 do tří skupin:

1. Zeleně značené typy – jedná se o typy proudových chráničů bez zpoždění vybavení.
2. Modře značené typy – jsou to typy, u nichž je vyřešen problém s možným nežádoucím vybavením. Tyto proudové chrániče nepůsobí po dobu 10 ms, to je doba, za kterou by měl reziduální proud schopný způsobit nežádoucí vybavení pominout.
3. Červeně značené typy – tento druh proudových chráničů je určen k zajištění selektivního vypínání v obvodu, kde se nachází více než jeden proudový chránič. Jejich doba nepůsobení je 40 ms.

### Zkouška střídavým reziduálním proudem

Tato zkouška byla provedena pro všechny typy proudových chráničů. Z obrázku 34 vyplývá, že všechny změřené hodnoty se spolehlivě nalézají v oblastech, které jim ukládá norma a to s dostatečnou rezervou:

1. Chrániče bez zpoždění vypínaly při  $I_{\Delta n}$  v rozmezí  $10 \div 40$  ms, při  $I_{\Delta} \geq 3 I_{\Delta n}$  dokonce již v rozmezí  $10 \div 30$  ms. Při reziduálním proudu o velikosti  $0,5 I_{\Delta n}$  žádný proudový chránič nevybavil.

**Naměřené hodnoty vyhovují normě.**

2. Chrániče se zpožděním 10 ms (typy G) vypínaly při  $I_{\Delta n}$  v rozmezí  $140 \div 230$  ms, při  $I_{\Delta} \geq 3 I_{\Delta n}$  dokonce již v rozmezí  $30 \div 70$  ms. Při reziduálním proudu o velikosti  $0,5 I_{\Delta n}$  žádný proudový chránič nevybavil.

**Naměřené hodnoty vyhovují normě.**

3. Selektivní typy proudových chráničů (typy S) vypínaly při  $I_{\Delta n}$  v rozmezí  $180 \div 260$  ms, při  $I_{\Delta} \geq 3 I_{\Delta n}$  již v rozmezí  $90 \div 120$  ms. Při reziduálním proudu o velikosti  $0,5 I_{\Delta n}$  žádný proudový chránič nevybavil.

**Naměřené hodnoty vyhovují normě.**

#### Zkouška stejnosměrným pulzujícím reziduálním proudem superponovaným o 6 mA stejnosměrné hladké složky

Tato zkouška byla provedena pouze pro typy proudových chráničů citlivých na stejnosměrný pulzující reziduální proud – typy A. Z obrázku 35 vyplývá, že všechny změřené hodnoty se spolehlivě nalézají v oblastech, které jim ukládá norma a to s dostatečnou rezervou:

1. Chrániče bez zpoždění vypínaly při  $I_{\Delta n}$  v rozmezí  $10 \div 20$  ms, při  $I_{\Delta} \geq 3 I_{\Delta n}$  taktéž v rozmezí  $10 \div 20$  ms. Při reziduálním proudu o velikosti  $0,35 I_{\Delta n}$  žádný proudový chránič nevybavil.

**Naměřené hodnoty vyhovují normě.**

2. Chránič se zpožděním 10 ms vypínal při  $I_{\Delta n}$  v rozmezí  $170 \div 190$  ms, při  $I_{\Delta} \geq 3 I_{\Delta n}$  dokonce již v rozmezí  $20 \div 50$  ms. Při reziduálním proudu o velikosti  $0,35 I_{\Delta n}$  žádný proudový chránič nevybavil.

**Naměřené hodnoty vyhovují normě.**

3. Selektivní typy proudových chráničů vypínaly při  $I_{\Delta n}$  v rozmezí  $150 \div 290$  ms, při  $I_{\Delta} \geq 3 I_{\Delta n}$  již v rozmezí  $70 \div 110$  ms. Při reziduálním proudu o velikosti  $0,35 I_{\Delta n}$  žádný proudový chránič nevybavil.

**Naměřené hodnoty vyhovují normě.**

*Poznámka k měření vybavovacího času:*

*Bohužel měřící obvod rychlosti vybavení na zdroji reziduálního proudu zaznamenával vybavovací čas v násobcích hodnoty 10 ms. Výsledná chyba v měření se mohla pohybovat v rozmezí  $\pm 10$  ms. Pokud totiž byl jeden a ten samý pól chrániče opakovaně zatěžován stejným reziduálním proudem, lišily se hodnoty právě v uvedeném rozmezí. Samozřejmě vliv má na rychlost vybavení i mechanická část přístroje, protože se jednotlivé části mechanického mechanismu nikdy nenacházejí naprosto ve stejné poloze. Mechanická část chrániče podle mého názoru mohla způsobovat odchylky maximálně v jednotkách milisekund. Pokud se ovšem podíváme na hodnoty vypínacích časů, je zřejmé, že přesnost na jednotky milisekund není v tomto měření potřebná. Hranice vybavovacích časů daných normou nemohla být překročena i kdybychom uvažovali výše zmíněnou chybu měření.*



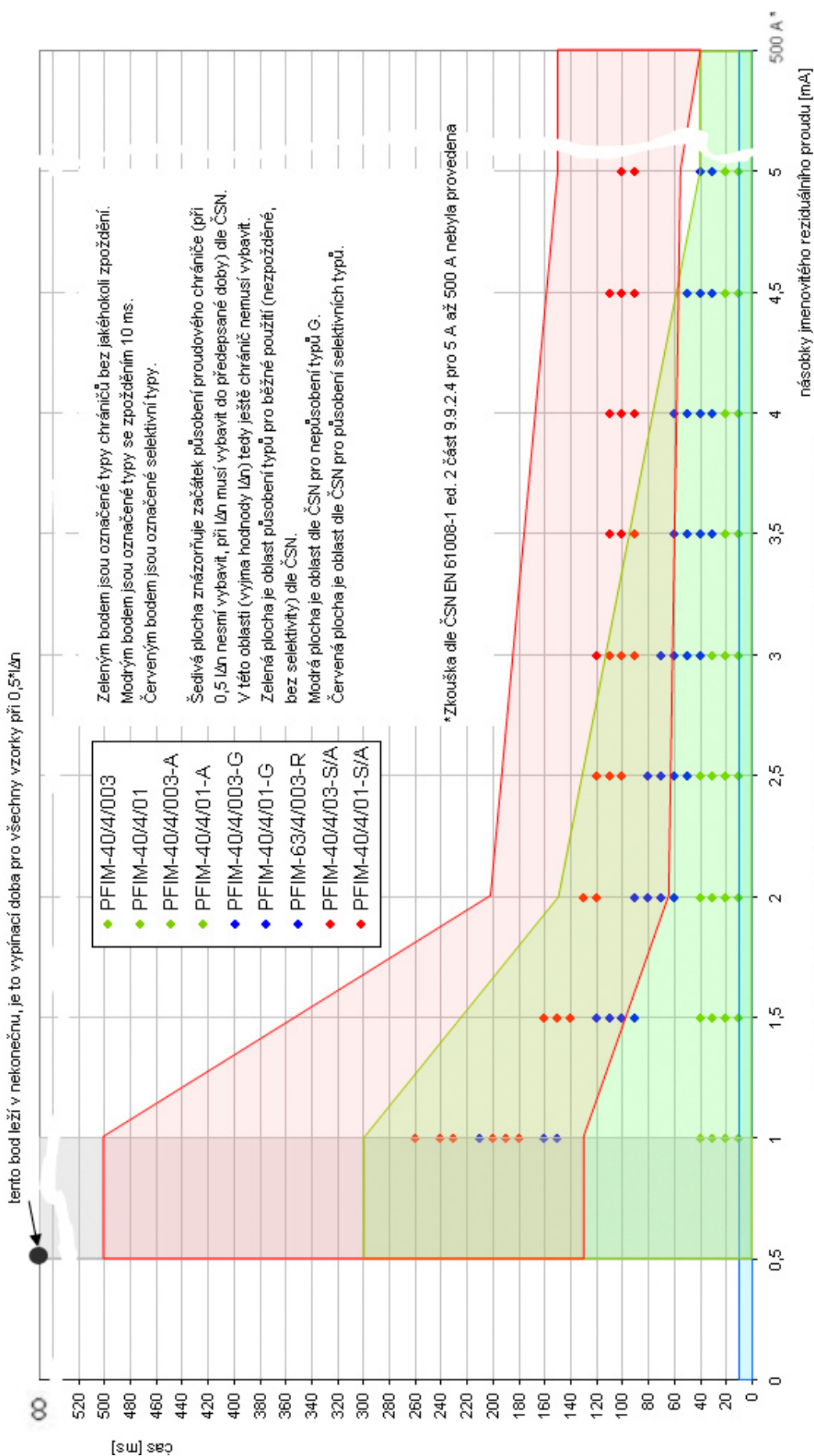
### **Vyhodnocení zkoušky dle bodu B str. 54**

U žádného zkoušeného vzorku nedošlo k elektrickému průrazu.  
Naměřené hodnoty vyhovují normě.

### **Vyhodnocení zkoušky dle bodu C str. 54**

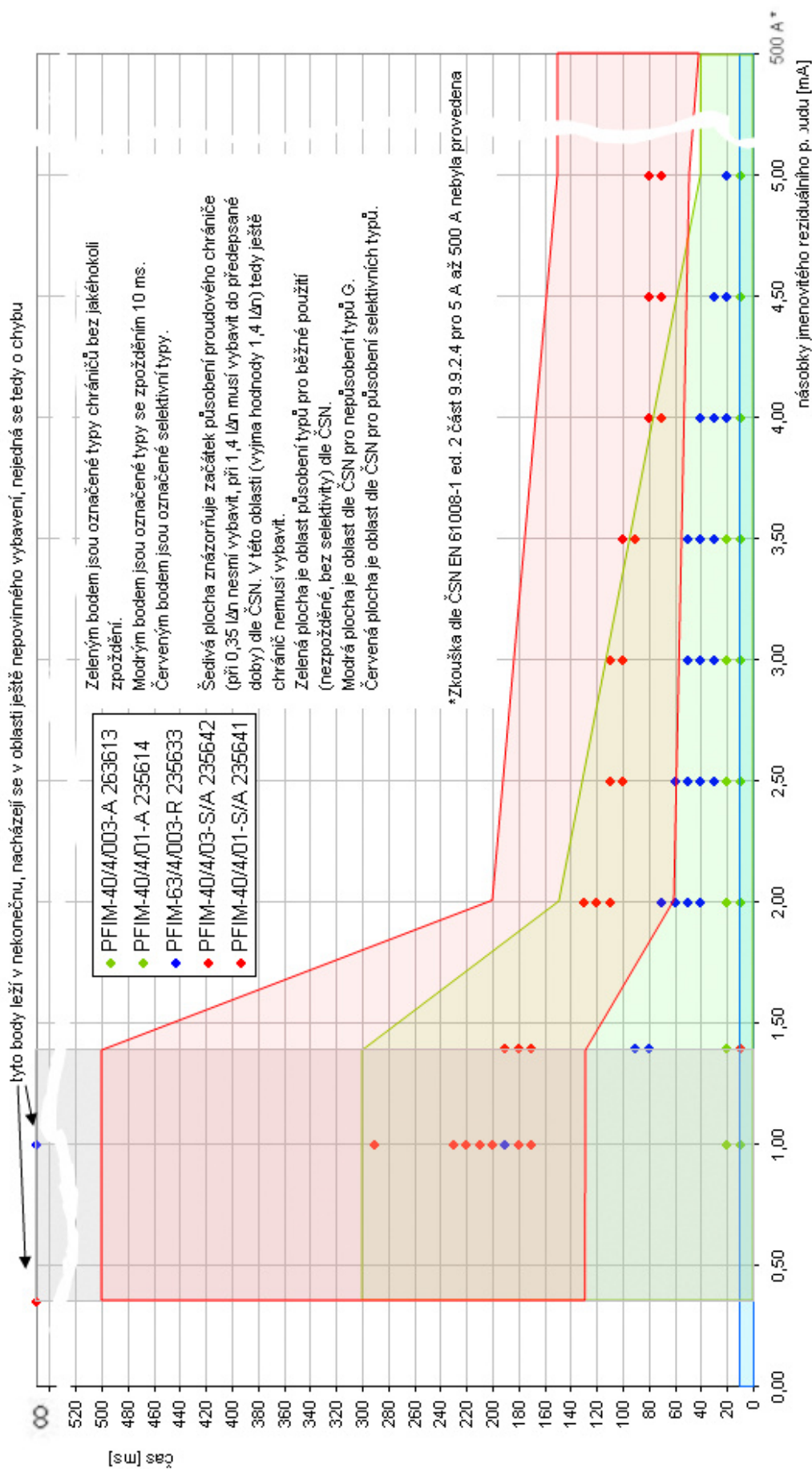
Všechny vzorky po stisknutí tlačítka TEST vybavily.  
Naměřené hodnoty vyhovují normě.

## výsledky zkoušky střídavým reziduálním proudem



Obr. 34 Grafické vyhodnocení zkoušky střídavým reziduálním proudem

## výsledky zkoušky stejnosměrným pulzujícím reziduálním proudem superponovaným o 6 mA stejnosměrné hladké složky



Obr. 35 Grafické vyhodnocení měření stejnosměrným pulzujícím reziduálním proudem superponovaným o 6 mA stejnosměrné hladké složky

*Poznámka:*

*Zajímavá je rychlost vybavení nezpožděného proudového chrániče již při jmenovitém reziduálním proudu. Norma předepisuje vypínací dobu max. 0,3 s, ale při praktickém ověření vypínací doby byly zjištěny hodnoty i 10 ms. Při frekvenci střídavého reziduálního proudu 50 Hz trvá jedna perioda 20 ms, to znamená, že proudový chránič je schopen zareagovat již na první polovinu sinusoidy, což je podle mého názoru obdivuhodná rychlost na mechanický spínací přístroj. Rozdíl mezi rychlostí vybavení nezpožděného typu a typu G byl patrný i lidským vjemem. Bylo by velmi zajímavé podrobit podobnému testu proudový chránič po 10-ti, 20-ti nebo 30-ti letech provozu a zjistit tak, jak se mění jeho vypínací schopnosti. Proudový chránič totiž oproti jističi obsahuje jemnější vybavovací mechanismus, hlavně jemně nastavované vybavovací relé (obr. 6.1). Tyto mechanismy mohou po určité době vykazovat například zatuhlost díky mnohaleté nečinnosti nebo změny materiálu díky působení klimatu – vlhkosti a teploty. Z tohoto důvodu je důležité provádět pravidelné zkoušení tlačítkem TEST.*

## **6 Závěr**

Práce je rozdělena do dvou hlavních částí. První je teoreticky zaměřená. Popisuje účinky průchodu elektrického proudu na lidský organismus. Tato kapitola je záměrně zařazená, aby byla zřejmá důležitá souvislost poznatků získaných při pokusech s průchodem elektrického proudu lidským organizmem s hodnotami, které stanovují normy pro vlastnosti proudových chráničů. Dále následuje podrobný popis rozdělení, vlastností, funkce, konstrukce a použití proudových chráničů. Cílem je podat komplexní náhled na proudový chránič a popsat nejdůležitější parametry.

Druhá část práce je zaměřená na testování proudových chráničů. Je v ní obsažené praktické ověření funkce. Praktické ověření funkčnosti bylo provedeno pro 9 vzorků proudových chráničů od firmy Moeller® s různou citlivostí na velikost a průběh reziduálního proudu a také s rozdílnou dobou vybavení. Byla testována vybavovací doba při různých hodnotách reziduálního proudu, prověřena izolační schopnost a funkce zkušební tlačítka. Bylo zjištěno, že naměřené hodnoty vyhovují předpisům, jak bylo již podrobně popsáno v kapitole „5.5. Vyhodnocení“ na stranách 59, 60, 61. Tato poslední praktická část podtrhuje teoretické vlastnosti proudových chráničů rozebírané v první části práce. Naměřené hodnoty porovnává s předepsanými hodnotami a dokazuje tak, že proudové chrániče (alespoň ty testované) splňují podmínky pro použití.

## Literatura:

- [1] [http://www.hasicibm.cz/statistika/2001/pozary\\_pricina.html](http://www.hasicibm.cz/statistika/2001/pozary_pricina.html) ..... 26.4.2008
- [2] <http://www.medportal.sk/letoltes/FeedsSK.pdf> ..... 15.4.2008
- [3] Meduna V. : Ochrana před úrazem elektrickým proudem, Katedra obecné elektrotechniky, 1998
- [4] Štěpán F. : Proudové chrániče (druhé doplněné vydání), IN-EL, Praha, 2001
- [5] G. Biegelmeier, A. Marx: Elektrie 9/10/11, Berlin, 1996
- [6] [http://www.unishop.cz/ishop/galerie/pdf/chranic\\_4.pdf?PHPSESSID=a88a3378595-ea28207d63443e3bcae3b](http://www.unishop.cz/ishop/galerie/pdf/chranic_4.pdf?PHPSESSID=a88a3378595-ea28207d63443e3bcae3b) ..... 26.4.2008
- [7] [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=27109](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=27109) ..... 15.4.2008
- [8] [http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/1871\\_03\\$proudove\\$chranice.pdf](http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/1871_03$proudove$chranice.pdf) ..... 26.4.2008
- [9] <http://www.abb.cz> ..... 26.4.2008
- [10] <http://www.in-el.cz/index.php?t=201&p=100510> ..... 12.8.2008
- [11] <http://www.abb-epj.cz/viewDocument.asp?document=4417&type=> ..... 26.4.2008
- [12] <http://www.trinstruments.cz> ..... 12.8.2008
- [13] <http://www.amt.cz> ..... 12.8.2008
- [14] <http://katalog.schrack.cz/pdf/76.pdf> ..... 26.4.2008
- [15] Kříž M.: Elektrotechnický magazín ETM 1/2005 – článek z „praxe pro praxi“
- [16] soubor norem:  
    ČSN EN 33 2000-6-61  
    ČSN EN 61008-1  
    ČSN EN 61557-6  
    ČSN IEC 755
- [17] <http://www.iisel.com/?r=1209676111&s=1119057510bbf0ac50287-dcd1338f537&t=201&p=100510> ..... 15.4.2008
- [18] <http://www.etm.cz/?art=257> ..... 15.4.2008

- [19] <http://www.elektro-shop.cz/Zemodpor.pdf> ..... 15.4.2008
- [20] [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=26889](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26889)  
..... 15.4.2008
- [21] <http://www.bluepanther.cz> ..... 20.7.2008
- [22] <http://elektrika.cz/data/clanky/druhy-proudovych-chranicu-a-mereni-zakladnich-velicin/view>  
..... 15.4.2008