

# Principy přepět'ových a proudových ochran

Over voltage and current protection principles

Tomáš Pavlica

---

Bakalářská práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2009/2010

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš PAVLICA**  
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Principy přepětových a proudových ochran**

Zásady pro vypracování:

1. Na základě dostupných zdrojů vypracujte přehled vývojem ochran proti úrazu elektrickou energií.
2. Uvedte a vysvětlete nejběžněji používané principy ochran.
3. Vypracujte přehled zařízení dostupných v současnosti na trhu.
4. Porovnejte zařízení (viz. bod 3) z hlediska jejich principu a ceny.
5. Uvedte několik typových příkladů konkrétního využití ochran.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **DVOŘÁČEK, Karel. Elektrické instalace v bytové a občanské výstavbě II. 1. vyd. Praha : IN-EL, spol. s. r. o., 1998. 154 s. ISBN 80-86230-03-1.**
2. **ŠTĚPÁN, František. Proudové chrániče. 1. vyd. Praha : IN-EL, spol. s. r. o., 1997. 152 s. ISBN 80-902333-3-3.**
3. **Základy elektrotechniky : Pro žáky 1. ročníku ISS. 1. vyd. Brno : Integrovaná střední škola - COP, [2003?]. 184 s.**
4. **HUDECZEK, Mečislav. Chránění 1. díl : Elektrická zařízení do 1000 V. 1. vyd. Praha : Iris, 2004. 364 s. ISBN 80-903540-1-7.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Lubomír Macků, Ph.D.**

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

**19. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce:

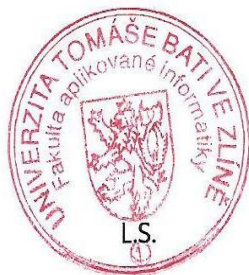
**19. května 2010**

Ve Zlíně dne 19. února 2010



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*děkan*



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Tato práce je zaměřena na používané způsoby ochrany před úrazem elektrickým proudem. V teoretické části práce je vytvořen průřez ochrannými metodami a prvky pro ochranu před úrazem elektrickou energií. Jsou zde popsány ochrany nízkým napětím, samočinným odpojením od zdroje, ochrana mechanickými prvky. Podrobněji je pak rozebrána nadproudová a přepětová ochrana. V praktické části je pak vytvořen přehled hlavních dodavatelů proudových chráničů na český trh, a srovnání jejich výrobků.

Klíčová slova: elektřina, nadproud, přepětí, ochrana

## **ABSTRACT**

This work is focused on methods used for protection against an electric shock. The theoretical part mentions in brief the main principles of protective methods and elements protecting from injury by electric power. Protection methods using low-voltage, automatic disconnection and protection by mechanic components are described. More in detail deals the work with overcurrent and overvoltage protection methods. The practical part contains a summary of the major suppliers of overcurrent protectors on Czech market and compares their products.

Keywords: electricity, overcurrent, overvoltage, protection

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mi pomohli při tvorbě této práce, obzvláště pak svému vedoucímu, panu Ing. Lubomíru Macků Ph.D. za odborné a trpělivé vedení a za čas, který mi věnoval při tvorbě této práce.

Chtěl bych taky poděkovat své rodině za velkou podporu během celé doby mého studia.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>10</b>
<b>1 HISTORICKÝ VÝVOJ OCHRAN PROTI ÚRAZU EL. PROUDEM.....</b>	<b>11</b>
1.1 VÝVOJ PROUDOVÝCH CHRÁNIČŮ .....	11
1.2 HISTORIE POUŽÍVÁNÍ PROUDOVÝCH CHRÁNIČŮ U NÁS.....	13
<b>2 NEJBĚŽNĚJŠÍ POUŽÍVANÉ PRINCIPY OCHRAN PROTI ÚRAZU ELEKTRICKÝM PROUDEM .....</b>	<b>15</b>
2.1 OCHRANA NÍZKÝM NAPĚTÍM .....	16
2.1.1 SELV .....	16
2.1.2 PELV .....	17
2.1.3 FELV .....	18
2.2 OCHRANA SAMOČINNÝM ODPOJENÍM OD ZDROJE .....	18
2.2.1 Ochrana samočinným odpojením v síti TN-S (nulování) .....	18
2.2.2 Ochrana el. oddělením v síti TN-C .....	19
2.2.3 Ochrana samočinným odpojením v soustavě TT (zemněním).....	20
2.3 OCHRANA SAMOČINNÝM ODPOJENÍM OD ZDROJE - CHRÁNIČE .....	20
2.3.1 Napěťový chránič .....	20
2.3.2 Proudový chránič .....	21
2.4 OCHRANA MECHANICKÝMI PRVKY .....	22
2.4.1 Ochrana izolací.....	22
2.4.2 Ochranou doplňkovou izolací .....	22
2.4.3 Ochrana zábranou.....	22
2.4.4 Ochrana polohou .....	22
2.4.5 Ochrana kryty, nebo překážkami .....	23
<b>3 PROUDOVÉ CHRÁNIČE A JEJICH SPECIFIKACE.....</b>	<b>24</b>
3.1 OBECNÝ POPIS .....	24
3.2 PRINCIP ČINNOSTI PROUDOVÉHO CHRÁNIČE .....	24
3.3 TYPY PROUDOVÝCH CHRÁNIČŮ .....	25
3.3.1 Závislost na napájecím napětí .....	25
3.3.2 Počet pólů.....	27
3.3.3 Časová závislost vypnutí proudového chrániče na rozdílovém proudu.....	27
3.3.4 Označení typu chrániče podle časové závislosti vypnutí .....	28
3.3.5 Citlivost proudových chráničů na stejnosměrnou složku proudu .....	29
3.4 NEJDŮLEŽITĚJŠÍ PARAMETRY A ZNAČENÍ CHRÁNIČŮ .....	30
3.4.1 Jmenovité napětí.....	30
3.4.2 Jmenovitý proud kontaktů.....	30
3.4.3 Jmenovitý vybavovací rozdílový proud .....	30
3.4.4 Odolnost chráničů proti zkratu a přetížení .....	30
3.4.5 Teplota okolí .....	31
3.4.6 Frekvence .....	31
<b>4 PŘEPĚŤOVÁ OCHRANA.....</b>	<b>32</b>
4.1 PRVKY VNĚJŠÍ OCHRANY .....	32
4.1.1 Pasivní hromosvod .....	33

4.1.2	Aktivní hromosvod.....	33
4.2	PRVKY VNITŘNÍ OCHRANY .....	34
4.2.1	Jiskřiště.....	34
4.2.2	Varistory.....	35
4.2.3	Supresorové diody.....	35
4.2.4	Plynem plněnébleskojistky.....	35
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>JISTÍCÍ PRVKY PRO NADPROUDOVOU OCHRANU NA ČESKÉM TRHU .....</b>	<b>38</b>
5.1	PROUDOVÉ CHRÁNIČE ZNAČKY HAGER.....	38
5.2	PROUDOVÉ CHRÁNIČE ZNAČKY OEZ.....	39
5.3	PROUDOVÉ CHRÁNIČE ZNAČKY SCHRACK.....	40
5.4	PROUDOVÉ CHRÁNIČE ZNAČKY BONEGA.....	41
5.4.1	Proudové chrániče magnetické .....	41
5.4.2	Proudové chrániče elektronické .....	43
5.5	PŘEHLED POROVNÁVANÝCH VÝROBCŮ PROUDOVÝCH CHRÁNIČŮ .....	43
<b>6</b>	<b>POROVNÁNÍ PROUDOVÝCH CHRÁNIČŮ NA ČESKÉM TRHU.....</b>	<b>44</b>
6.1	POROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ CHRÁNIČŮ OD VYBRANÝCH FIREM .....	44
6.2	POROVNÁNÍ CENOVÉ DOSTUPNOSTI PROUDOVÝCH CHRÁNIČŮ OD VYBRANÝCH FIREM .....	46
<b>7</b>	<b>TYPOVÝ PŘÍKLAD OCHRANY PROTI ÚRAZU ELEKTRICKÝM PROUDEM – OCHRANA KOUPELNY .....</b>	<b>48</b>
7.1	ELEKTRICKÁ INSTALACE V KOUPELNÁCH.....	48
7.2	ELEKTRICKÉ ZAŘÍZENÍ V UMÝVACÍM PROSTORU .....	51
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>52</b>
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>55</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>58</b>



## ÚVOD

Již od samého začátku používání elektrické energie se projevovala také její stinná stránka. Schopnost zranit, nebo zabít. Lidé brzy přišli na to, že s elektřinou je to stejné jako s ohněm. Je dobrý sluha, ale špatný pán. Proto vědci a výrobci začali přemýšlet jak elektřinu zkrotit aby v případě poruchy, popřípadě havárie nebyl člověk tolik ohrožen.

Dnes si život bez elektřiny nedovedeme představit. Provází nás na každém kroku, po celý život. Naše pohodlí, technické vymoženosti a někdy ani život by bez elektrické energie nebyly možné. I když je elektřina stále stejně nebezpečná, je zaznamenáváno čím dál méně úrazů, které má na svědomí.[1] Za tuto bezpečnost vděčíme právě jistícím prvkům a pravidlům pro práci s elektřinou, které se vyvíjely od počátku jejího používání. Poruchy při používání elektrických přístrojů totiž nelze úplně vymýtit. Vždy se najde něco, ať už únava materiálu, vadná součástka, nebo lidská chyba, jejímž působením dojde k poruše. Proto je potřebné mít v záloze připojený prvek, který v případě havárie zareaguje a ochrání nás před úrazem.

Dnes je na trhu velké množství jistících prvků, jak aktivních tak pasivních a prodávající firmy se předhánějí, či prvek je bezpečnější, rychlejší, nebo spolehlivější. Pro člověka bez hlubší znalosti se pak hledání vhodného prvku na trhu stává noční můrou, kdy je ze všech stran zavalen nabídkami a údaji v nichž se občas nadobro ztrácí. Výroba jistících prvků je naštěstí řízena přísnými pravidly, takže zákazník má jistotu funkčnosti a spolehlivosti ochranného zařízení.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HISTORICKÝ VÝVOJ OCHRAN PROTI ÚRAUZ EL. PROUDEM

V této kapitole jsem se chtěl zabývat historií vývoje a použití různých typů ochran proti úrazu elektrickým proudem. Bohužel se mi nepodařilo objevit potřebnou literaturu pro sepsání celkového pohledu na tuto problematiku. Z tohoto důvodu jsem se zaměřil na proudové chrániče, jejich vývoj jak ve světě, tak u nás. Při tvorbě této kapitoly byly informace čerpány převážně z literatury [1] uvedené v seznamu literatury.

### 1.1 Vývoj Proudových chráničů

První zmínky o zavádění proudových chráničů na ochranu před úrazem elektrickým proudem jsou z roku 1928, kdy byl v Německu patentován "ochranný vypínač chybového proudu" pro použití v sítích vysokého napětí. Již tady bylo poukazováno na nebezpečí úrazu při dotyku na živé části vedení. Přímo v patentové dokumentaci tohoto výrobku se uvádí: *"Je poukazováno na to, že doposud není ještě možná žádná ochrana při dotyku vodiče, který vede napětí – jako například samotného fázového vodiče – přestože právě zde je možné vysledovat četné případy neštěstí v domácích instalacích. Objev se týká především zamezení újmy člověka nebo zvířete dotýkajícího se fázového vodiče."* [1] Z tohoto je patrné, že řešení bylo navrženo přímo na ochranu při přímém dotyku na vedení pod napětím.

V dalších letech se vývoj tohoto patentu téměř zastavil. Teprve roku 1937 byl firmou Schutzapparategesellschaft Paris & Co. (Společnost ochrany zařízení Paříž & Co.) ve Francii představen prototyp proudového chrániče s diferenciálním transformátorem a polarizovaným relé, jehož citlivost dosahovala 10 mA. Byl dokonce proveden pokus s člověkem, kdy proudový chránič vypnul, ale elektrická rána byla tak silná, že pokus už nikdy opakován nebyl.

Začátkem čtyřicátých let byl v Berlíně, na přednášce v domě VDE předveden další prototyp proudového chrániče, jehož citlivost byla 80 mA. V tu dobu se začalo poukazovat na to, že pomocí ochranného vodiče musí být uzemněny i vnější vodivé části elektrických zařízení.

V pohledu z dnešní doby byly vypínací časy těchto jističů poměrně dlouhé (150-200 ms), ale to odpovídalo tehdejšími technologickými možnostem, kdy byly jističe limitovány hlavně dostupnými magnetickými materiály a mohutností pohyblivého spínacího mechanismu.

V dalších zemích se této problematice v tehdejší době nevěnovala příliš velká pozornost. Například ve Francii byly proudové jističe zaváděny jen proto, aby se předešlo únikům proudu do země. Teprve ke konci 50. let se začal zvyšovat zájem o bezpečnostní funkci proudových chráničů, protože problém bezpečnosti elektrických zařízení byl stále akutnější.

Roku 1958 Dr. Bilegelman v Rakousku přišel s novým patentem proudového chrániče, kdy využil princip střádání elektrické energie do zásobníku (kondenzátoru) a impulsní spouštění relé. Toto relé pak i při menší citlivosti bylo výkonnější. Jednou z dalších výhod byl méně citlivý spínací mechanismus, čímž se dosáhlo větší spolehlivosti proudového chrániče hlavně při bouřkách. Z toho taky vzniklo označení jističe – G (z německého Gewitter = bouřka)

O něco později se k vlastnímu výzkumu přihlásili vědci z USA, kde ovšem šli svou vlastní cestou. Dr. Dalzilel při cestách po Evropě studoval tamní používané proudové chrániče a později přihlásil v USA svůj patent vysoce citlivého proudového chrániče s elektronickým zesilovačem. Pro tento proudový chránič se začalo používat označení DI (D=differential I=proud)

V sedmdesátých letech začalo rozšiřování výkonové elektroniky a bylo potřeba najít řešení pro spolehlivou ochranu i při výskytu stejnosměrného proudu v síti. Na tento problém se okamžitě zaměřilo úsilí většiny výrobců. Zanedlouho se na trhu objevily nové typy proudových chráničů, které se dnes označují jako typ A. V roce 1994 přišla firma Siemens s prvním provedením kompaktního chrániče typu B, který byl schopen spolehlivě reagovat i na hladký stejnosměrný proud.

Postupem času se ukázalo, že největším problémem pro zajištění bezpečnosti používaných zařízení, je provozní spolehlivost proudových chráničů. Tato problematika byla dlouhou dobu zanedbávána a až po naléhání ze strany předních světových odborníků v oblasti úrazu elektrickým proudem se jí začala zabývat komise IEC. Vyřešit tento problém se podařilo v roce 1988 Dr. Biegelmaierovi. Sestrojil tak spolehlivý proudový chránič, že se přibližoval provozní spolehlivosti jističe. To zaručovalo doposud nejvyšší dosažitelný stupeň bezpečnosti při použití proudového chrániče. Roku 1996 byl firmou Felten & Guilleamue předveden proudový chránič se zvýšenou spolehlivostí a od té doby je běžně používán.

## 1.2 Historie používání proudových chráničů u nás

Přestože už na začátku šedesátých let bylo prokázáno, že citlivé proudové chrániče jsou natolik spolehlivé, že jsou schopny účinně zajistit bezpečí před úrazem elektrickým proudem, v našich elektrotechnických předpisech tato skutečnost byla opomíjena. Z toho důvodu také neprobíhal téměř žádný dovoz potřebných chráničů ze zahraničí.

Ochrana neživých částí proudovým chráničem byla u nás uvedena jako samostatná ochrana roku 1966 v ČSN 34 1010. V sedmdesátých letech energetické závody na jižní Moravě provedly posouzení problému bezpečnosti tehdejších zastaralých energetických sítí, kdy po zjištění výsledků bylo zvoleno řešení ochran použitím proudových chráničů. To dovolilo používat i zemniče s takovými hodnotami zemních odporů, které by byly jinak nevyhovující, protože dané hodnoty byly příliš vysoké. Toto řešení dovozovalo používat stávající rozvodné sítě bez nutnosti nákladných rekonstrukcí. Hlavní zásluhu na tom měl především Ing. Milan Šafránek, CSc., který věnoval nesmírné úsilí propagaci a osvětě mezi odborníky i širokou elektrotechnickou veřejností.

V sedmdesátých a osmdesátých letech byly citlivé proudové chrániče stále častěji používány západními zeměmi pro svou doplňující ochranu při dotyku osob se živou částí elektrického zařízení. U nás jsou poprvé zmíněny až v doplňku ČSN 34 1010 a to jenom v poznámce jako výjimečná možnost doplňkové ochrany před úrazem elektrickým proudem. Přitom se nejednalo o doplněk v pravém slova smyslu, ale pouze o provizorní řešení pro staré dvojvodičové rozvody které byly bez ochranného vodiče a to pouze do doby rekonstrukce, když nebylo z ekonomických důvodů provést novou instalaci na 220V. Navíc bylo toto ustanovení platné jenom do roku 1990.

Hlavní příčinou bránění širšímu nasazení proudových chráničů byla především ekonomická situace, proto byly budovány především rozvodné sítě typu TN-C s vodičem PEN, a to ještě s důrazem na používání hliníkových vodičů. Rozvody typu TN-C-S byly osazovány pouze ve zdravotnických zařízeních podle ČSN 34 2140: 1987 a dále v oblasti telekomunikací pro potlačení rušení, které způsoboval nulovací vodič.

Velmi ojediněle byly proudové chrániče používány v textilních závodech, nebo pro vytvoření zvýšené ochrany pro práce v podzemí podle ČSN 34 1410.

Postupem času se ale čím dál více začal projevovat rozpor mezi požadavky a skutečností a to zejména pro nedostupnost proudových chráničů. Hlavní zdroj dovozu z NDR byl pro

potřeby trhu nedostačující a navíc chrániče nedosahovaly potřebné kvality. Z důvodů ušetření nákladů na výrobu byly totiž používány lehce dostupné magnetické materiály, které ovšem měli dost omezenou životnost, což se projevovalo postupnou změnou parametrů chrániče.

V roce 1996 zavedla norma ČSN 33 2000-4-41 doplňkovou ochranu živých částí proudovým chráničem s citlivostí 30 mA. Tato norma byla i s doplňky převzata z mezinárodního souboru předpisů IEC 364 pro chrániče.

## 2 NEJBĚŽNĚJŠÍ POUŽÍVANÉ PRINCIPY OCHRAN PROTI ÚRAZU ELEKTRICKÝM PROUDEM

Je spousta druhů a způsobů ochrany před úrazem elektrickým proudem. Každý ze způsobů pracuje na jiném principu, ale všechny mají společný cíl. Ochránit zdraví a život člověka. Sekundárním, ale neméně důležitým cílem je ochrana zařízení, která s elektrickou energií pracují, před poškozením, nebo zničením.

Mezi dnes nejpoužívanější principy ochrany patří ochrany nízkým napětím SELV, PELV, FELV, ochrana samočinným odpojením od zdroje a ochrana mechanickými prvky. Samostatnou kapitolou je pak ochrana před atmosférickými výboji (blesky), která řeší ochranu před přímým zásahem blesku do chráněného objektu a i ochranu před výbojem postupujícím po sdělovacím vedení.

Ochrana nízkým napětím pracuje na principu omezení napětí na takovou úroveň, aby bylo riziko úrazu elektrickým proudem omezeno na minimum. U obvodů SELV a PELV nesmí mít elektrický předmět nebezpečné napětí na žádné vnitřní, ani vnější části. Od sebe se tyto dva obvody liší tím, že obvody SELV nejsou uzemněny. Proto musí jejich zdroje být konstruovány tak, aby do chráněné sítě nemohlo proniknout vyšší napětí. Obvod SELV poznáme pohledem na zásuvku, která nemá vyvedený kolík pro ochranný vodič. Oproti tomu obvod PELV má vyveden ochranný vodič, který je spojen s kostrou. U této sítě musí být živé části ochráněny kryty, které splňují krytí IP xxB, nebo izolací, která vydrží střídavé napětí o hodnotě 500 V po dobu 60 sekund. U obvodu FELV je nízká hodnota napětí zavedena kvůli funkčnosti zařízení a ochrana proti úrazu el. proudem je řešena u živých částí kryty nebo překážkami a u neživých pospojováním ochranným vodičem, u kterého musí být zajištěno samočinné odpojení od zdroje.

Ochrana samočinným odpojením od zdroje. Pod tímto názvem se skrývají ochrany zemněním, nulováním a ochrana jistíci prvky jako jsou napěťové a proudové chrániče. Podstata této ochrany spočívá v odpojení vadné části elektrického zařízení použitím ochranného vodiče (PEN), který je trvale spojen s uzlem (nulovým bodem zdroje). Všechny neživé části elektrického zařízení jsou spojeny pomocí ochranného vodiče s uzlem zdroje (transformátoru). Při poruše tvoří ochranný vodič (PEN) s krajním vodičem (fázovým) tzv. vypínací smyčku. Impedance vypínací smyčky tudíž musí být co nejmenší, aby smyčkou protékal co největší proud a tím jistící prvek zareagoval co nejrychleji. Výpočetní vzorec pro impedanci smyčky:  $Z_s \times I_a \leq U_o$

Problém nastává při přerušení vodiče PEN. Obvod pak zůstává obvod bez ochrany, a z toho důvodu vodič PEN nesmí být jištěn a nesmí být nikde přerušen.

Ochrana mechanickými prvky je pasivní druh ochrany, kdy se pomocí krytů, izolací a vhodného umístění el. přístrojů zabráňuje a předchází riziku dotyku člověka s živou částí elektrického zařízení. Touto ochranou se v současnosti zabývá norma ČSN EN 60 529 (stupně ochrany krytem) vydaná v listopadu 1993, která nahradila a sloučila původní normy ČSN 330330 (krytí elektrických zařízení) a ČSN 345612 (základní zkoušky krytí el. předmětů)

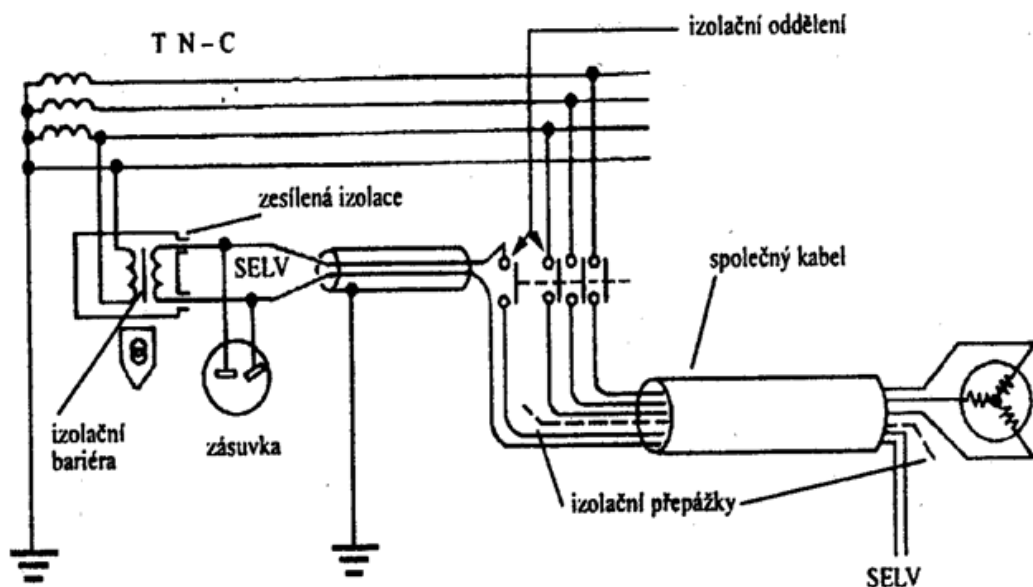
## **2.1 Ochrana nízkým napětím**

Princip ochrany nízkým napětím je založen na omezení napětí na maximální hodnotu, aby bylo zabráněno úrazu při dotyku člověka s živou částí a přitom bylo dostatečné pro napájení el. přístrojů. Tento druh ochrany dělíme na SELV, PELV a FELV. Tyto druhy budou popsány v následující kapitole.

### **2.1.1 SELV**

Celým názvem pro tuto ochranu zní Safe Extra Low Voltage. Při tomto způsobu ochrany se pracuje pouze s tak malým napětím, jaké je pro daný účel bezpečné. Elektrický předmět s ochranou SELV nesmí mít na žádné vnitřní ani vnější části nebezpečné napětí. Zdroje obvodů SELV musí být v bezpečném provedení, aby nemohlo proniknout do chráněné sítě vyšší napětí, než s kterým se počítá, a tyto zdroje musí být od jiných obvodů elektricky odděleny. Taky zásuvkové spoje musí být nezaměnitelné s jinými obvody a bez vyvedeného kontaktu pro ochranný vodič.

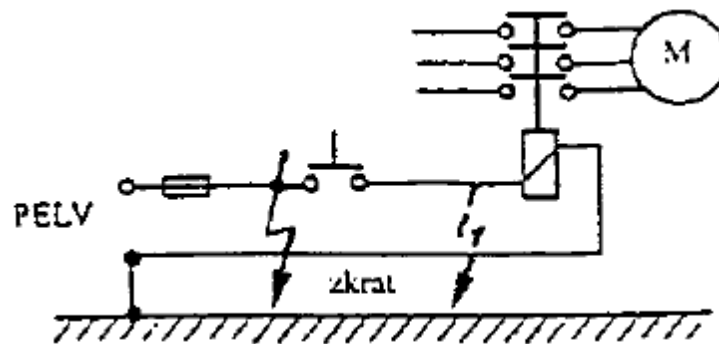




Obrázek 1. Elektrické oddělení obvodu SELV [4]

### 2.1.2 PELV

Celý název pro tuto ochranu zní Protective Extra Low Voltage. Elektrický předmět s ochranou PELV nesmí mít na žádné vnitřní ani vnější části nebezpečné napětí. Na rozdíl od SELV je kostra předmětu spojena s ochranným vodičem. Ochrana živých částí u této sítě musí být zajištěna překázkami nebo kryty zajišťující krytí alespoň IP xxB nebo izolací, která vydrží střídavé napětí o hodnotě 500 V po dobu 60 sekund. Ochrana před dotykem živých částí nemusí být provedena, pokud je zařízení provedeno pospojováním a jmenovité napětí nepřesahuje 25 V střídavého napětí nebo 60 V stejnosměrného napětí v suchých prostorách.



Obrázek 2. Užití obvodu PELV [4]

### 2.1.3 FELV

Celý název pro tuto ochranu zní Functional Extra Low Voltage. Obvody FELV pracují s malým napětím ne z bezpečnostních, ale z funkčních důvodů. U těchto obvodů musí být zajištěna ochrana před nebezpečným dotykem živých i neživých částí. Ochrana živých částí se zajistí přepážkami, kryty nebo izolací. Ochrana neživých částí je zajištěna spojením neživých částí obvodu FELV s ochranným vodičem, u kterého musí být zajištěna ochrana samočinným odpojením od zdroje nebo spojením neživých částí s neuzemněným vodičem pospojování při použití ochrany elektrickým oddělením.

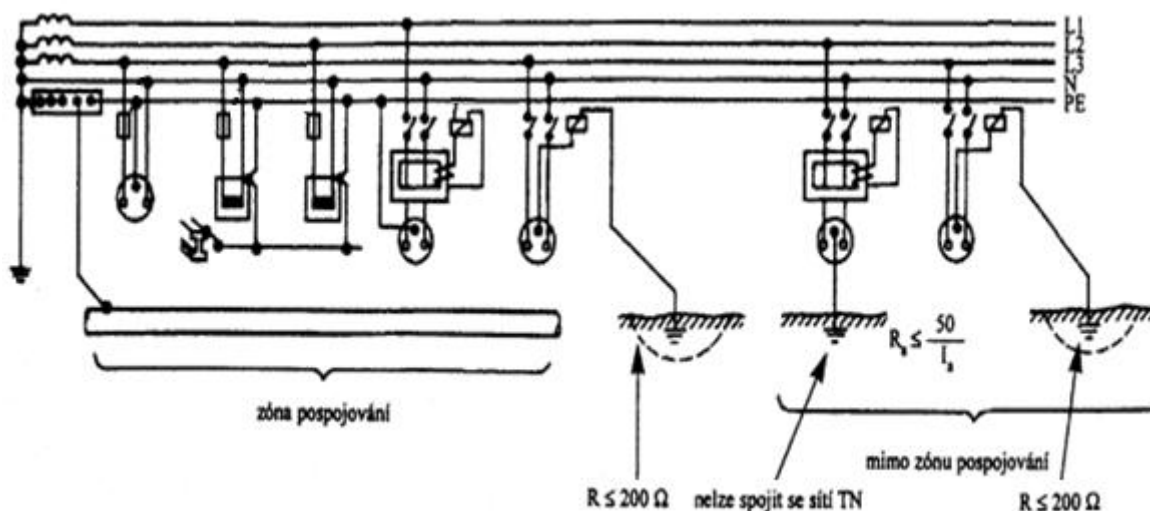
## 2.2 Ochrana samočinným odpojením od zdroje

Tento název v sobě zahrnuje původní názvy ochran: zemněním, nulováním a napěťovým a proudovým chráničem. Tuto problematiku řeší norma ČSN 33 2000-4-41, která nahradila starší normu ČSN 34 1010.

### 2.2.1 Ochrana samočinným odpojením v síti TN-S (nulování)

Střední vodič N zde musí být kladen izolovaně a může být i jištěn. Oproti tomu ochranný vodič PE může být i holý nebo náhodný (část konstrukce). Poruchovou smyčku pak tvoří fázový vodič a ochranný vodič. Z toho důvodu se musí přísně dodržet barevné značení N a PE. Vodičem v této síti PE neprochází žádný proud od spotřebičů, takže může mít i menší průřez. Mezi výhody této ochrany patří to, že není potřeba tak velký počet uzemnění jako v soustavě TN-C. Odstraňuje vliv rušivých napětí na počítačové obvody

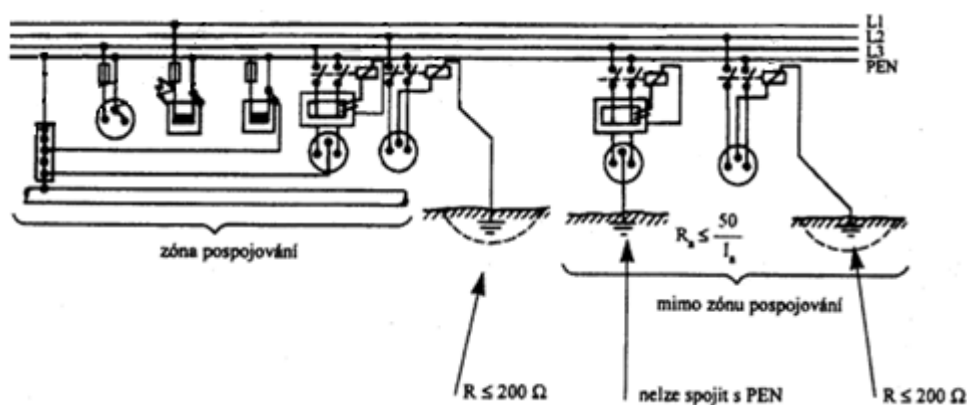
nebo jiná komunikační zařízení. Odstraňuje závažné porušení bezpečnosti při přerušení vodiče PEN (soustava TN-C). V dnešní době nejpoužívanější typ sítě



Obrázek 3. Ochrana samočinným odpojením vadné části v síti TN-S

### 2.2.2 Ochrana el. oddělením v síti TN-C

Principem je změna napájecí soustavy s uzemněným uzlem (T) na izolovanou soustavu. Tím přestává být nebezpečný jednopólový dotyk živé části a tedy i dotyk předmětu s porušenou základní izolací. Základem je oddělovací transformátor, který musí splňovat podmínky pro dvojitou izolaci. Dále musí být bezpodmínečně dodrženo, aby soustava byla elektricky izolována a oddělena od jiných obvodů, aby nebylo možno zavést cizí napětí (při poruše). Musí být splněna podmínka, že součin sekundárního napětí a délka vedení nesmí překročit hodnotu 100.000, při čemž délka smí být maximálně 500m a napětí 500V.

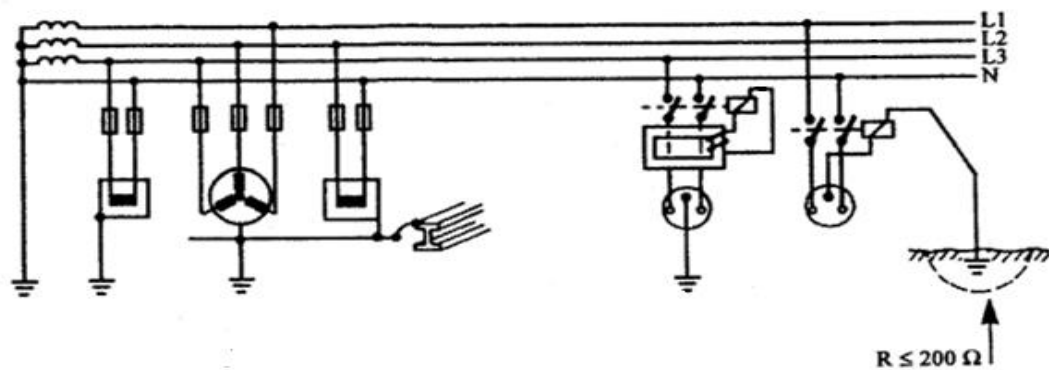


Obrázek 4. Ochrana samočinným odpojením vadné části v síti TN-C

### 2.2.3 Ochrana samočinným odpojením v soustavě TT (zemněním)

V této síti jsou všechny neživé části společně chráněné stejným jisticím prvkem a musí být spojeny spolu s ochrannými vodiči k zemniči. Střední bod (uzel) pak musí být uzemněn. Největší problém při hledání řešení jak dodržet velikost odporu uzemnění představují přechodové odpory mezi zemničem a zemí. Kvalita uzemnění totiž závisí na půdě, ve které se zemnič nachází. Přechodové odpory jsou dva a jsou řazeny v sérii. V případě, že nelze dodržet velikost uzemnění, musí se použít ochrana proudovým nebo napěťovým chráničem.

V distribučních sítích nízkého napětí se tento způsob prakticky už nevyskytuje.



Obrázek 5. Ochrana samočinným odpojením vadné části v síti TT

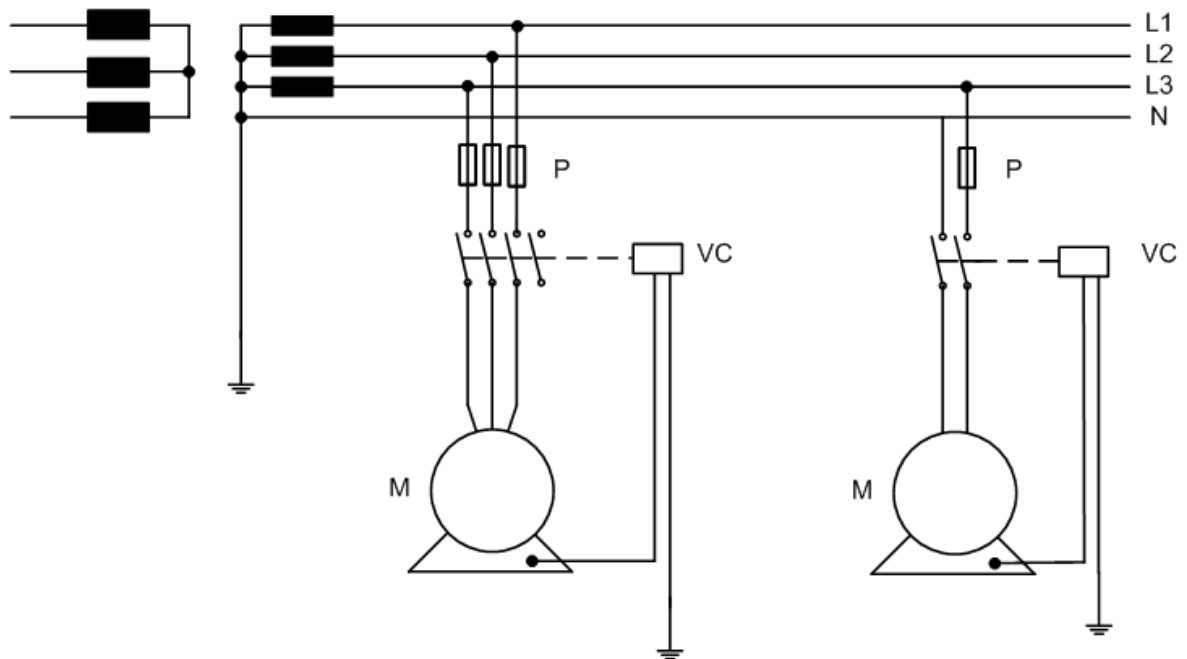
## 2.3 Ochrana samočinným odpojením od zdroje - chrániče

### 2.3.1 Napěťový chránič

Napěťový chránič je ochranný prvek, který se zapojuje na elektrické vedení mezi zdroj a chráněný předmět. Tento ochranný prvek je ovládán elektromagnetem. Cívka elektromagnetu je jedním koncem připojena na chráněnou část obvodu a druhý konec je uzemněn. Pokud se objeví na chráněné části proti zemi napětí, které dosahuje úrovně na kterou je nastaven elektromagnet ve chrániči, chránič odpojí chráněné zařízení od zdroje. Magnet je ve většině případů nastaven na 24 nebo 42V.

Přívodní vodič chrániče se může spojit pouze s chráněnými částmi. Proti jiným neživým částem musí být izolován. Stejně tam musí být izolován svod chrániče k pomocnému

zemniči vůči ochrannému vodiči a chráněné části aby nedošlo k přemostění cívky elektromagnetu. [2]



Obrázek 6. Zapojení napěťového chrániče v 2F a 3F soustavě

### 2.3.2 Proudový chránič

Proudový chránič je ochranné zařízení, jehož úkolem je odpojit spotřebič (nebo okruh) na kterém vzniklo nebezpečné dotykové napětí. Proudový chránič pracuje na principu součtu protékajících proudů ve vodičích procházejících součtovým transformátorem. Při normálním provozu je součet protékajících proudů (přicházejících i odcházejících) roven nule. Tím se vzájemně vyruší magnetické pole všech vodičů a v součtovém transformátoru se neindukuje žádné napětí. Při poruše (zkratu) pak tento součet není nulový a v součtovém transformátoru se na sekundárním vinutí naindukuje napětí, které způsobí rozpojení chrániče.

Podrobněji se budu proudovými chrániči zabývat v samostatné kapitole.

## **2.4 Ochrana mechanickými prvky**

Ochrana mechanickými prvky spočívá v použití izolačních materiálu, typu krytů, ale taky se sem dá zařadit ochrana zábranou a polohou, které znemožňují člověku dostat se k živé části elektrického obvodu.

### **2.4.1 Ochrana izolací**

Použití této izolace spočívá v úplném pokrytí živých částí izolačním materiálem. U každého elektrického zařízení, kde je prováděna ochrana izolací, musí se vyhovět podmínkám pro základní a přídatnou izolací, což společně vytváří izolaci dvojitou. Místo dvojitě izolace, lze použít zesílenou, ale musí mít stejný izolační účinek. Elektrické zařízení pouze se základní izolací se považuje za elektrické zařízení bez ochrany.

### **2.4.2 Ochranou doplňkovou izolací**

Tato ochrana spočívá ve vybavení stanoviště s elektrickým zařízením přídatným izolačním stanovištěm. Používají se izolační koberce, nebo ochranné pomůcky jako jsou vypínací tyče, rukavice, apod.

### **2.4.3 Ochrana zábranou**

Tato ochrana slouží k zabránění neúmyslnému přiblížení k živé části nebo náhodnému doteku živých částí během činnosti u nekrytých elektrických zařízení, které se nachází v běžném provozu. Zábrany musí být mechanicky pevné, tuhé a z izolačního materiálu. Ochranu zábranou lze provést v prostorech přístupných osobám bez elektrotechnického vzdělání a kvalifikace uzamčením prostoru, kde jsou živé části elektrického zařízení nebo pevným nesejmutelným krytem živé části elektrického zařízení uzavřít. U prostorů do kterých nemají tyto osoby přístup, může mít elektrické zařízení kryt sejmutelný

### **2.4.4 Ochrana polohou**

Tato ochrana spočívá v umístění elektrického zařízení do takových vzdáleností, aby se zabránilo náhodnému kontaktu člověka s živou částí.

### 2.4.5 Ochrana kryty, nebo překážkami

Živé části na elektrických zařízeních musí být chráněny kryty nebo překážkami, které zajišťují krytí alespoň ve stupni IP 2x nebo IP xxB, mimo případů jako jsou objímky pro žárovky, otvory do zásuvek, pojistek a další. V těchto případech musí být provedena vhodná opatření proti náhodnému doteku člověka s živou částí podle normy ČSN 33 1310.

IP	0		0	X	X
	Před vniknutím pevných těles	Před dotykem nebezpečných částí	Proti vniknutí vody	Před dotykem nebezpečných částí	Doplňková informace
	0-nechráněno	nechráněno	0-nechráněno	A-Hřbetem ruky	H-zařízení vn
	1 - 50mm	Hřbetem ruky	1-svisle kapající voda	B-prstem	
	2 - 12,5mm	prstem	2 - kapající (sklon 15°)	C-nástrojem	M- pohyb během zkoušky vodou
	3 - 2,5mm	nástrojem	3 - kropení (sklon 65°)	D-drátem	
	4 - 1mm	drátem	4 - stříkající voda		
	5 - chráněno před prachem	drátem	5 - tryskající voda		S-klid během zkoušky vodou
	6 - prachotěsné	drátem	6 -intenzivně tryskající		W-povětrnostní podmínky
			7 - dočasné ponoření		
			8 - ponoření trvalé		

Tabulka 1. Ochrana kryty nebo překážkami

### 3 PROUDOVÉ CHRÁNIČE A JEJICH SPECIFIKACE

Proudový chránič je zařízení, jehož účelem je samočinně odpojit přívod napájení, při vzniku rozdílu mezi porovnávanými proudy (zkrat na kostru, dotyk osoby). Jelikož se jedná o jednu ze základních ochran proti úrazu elektrickým proudem, jsou zde kladeny vysoké nároky na vlastnosti, kterými jsou například závislost na napájecím napětí, počet pólů, citlivost proudových chráničů na stejnosměrnou složku proudu, atd. Tyto vlastnosti budou popsány v této kapitole, při jejímž psaní jsem převážně čerpal z literatury [1]

#### 3.1 Obecný popis

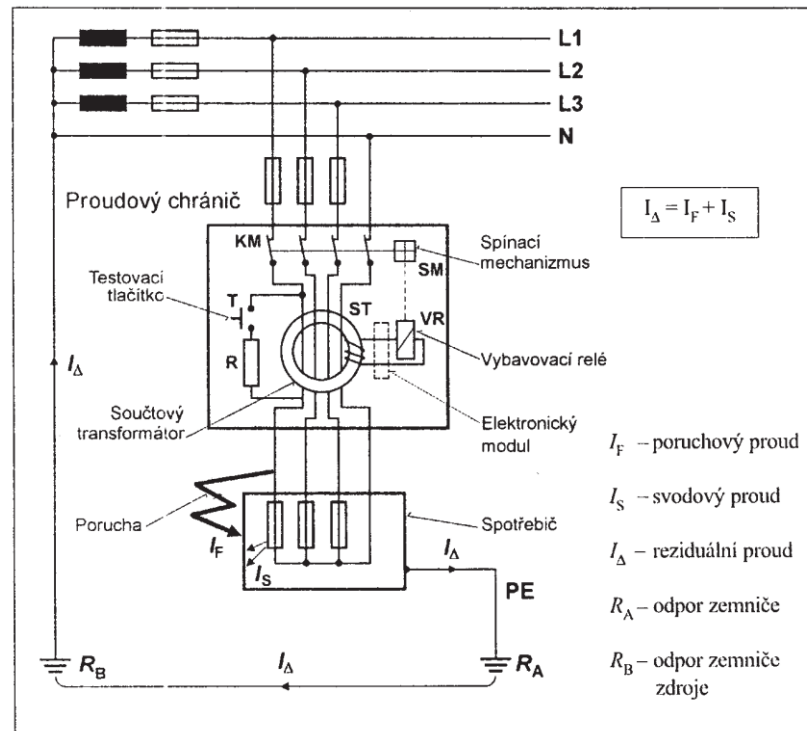
“Proudový chránič je elektrický ochranný přístroj (nebo kombinace přístrojů), který detekuje a vyhodnocuje rozdílový (reziduální) proud v pracovních vodičích obvodu a vypíná obvod při překročení určité hodnoty rozdílového proudu, pro který je chránič nastaven.“ [1]

Z této definice vyplývá, že samotný proudový chránič nedokáže zajistit ochranu před nadproudy (přetížení, zkrat), bez vestavěné nadproudové ochrany. Tento, další, stupeň ochrany se zajišťuje předřazením pojistky nebo jističe, kde nám výrobce chrániče předepisuje potřebný jmenovitý proud jisticího prvku. Celková zkratová odolnost proudového chrániče je pak dána velikostí předřadného jisticího prvku.

#### 3.2 Princip činnosti proudového chrániče

Vlastní proudový chránič se skládá ze tří základních částí - součtového proudového transformátoru, citlivého relé a spínacího mechanismu. Přes proudový transformátor procházejí všechny provozní vodiče ke spotřebiči. Při normálním bezporuchovém provozu je vektorový součet proudů ve všech provozních vodičích roven nule a tím pádem se v sekundárním vinutí transformátoru neindukuje žádné napětí. Jestliže dojde k poruše na vedení (zkrat na kostru, dotyk osoby) vznikne rozdíl mezi porovnávanými proudy a tento rozdíl proudů indukuje v sekundárním vinutí transformátoru napětí. To vyvolá proud a pomocí citlivého relé zapojí do činnosti spínací mechanismus, který zajistí okamžité odpojení od sítě. Počet závitů na sekundárním vinutí se pohybuje podle nastavené citlivosti od několika desítek až po několik stovek.





Obrázek 7. Princip činnosti proudového chrániče v síti TT [1]

### 3.3 Typy proudových chráničů

Proudové chrániče můžeme rozdělit podle několika hledisek. Rozdíly mezi jednotlivými skupinami tvoří hlavně: Závislost na napájecím napětí, počet pólů, časová závislost vypínání na rozdílových proudech a citlivost na rozdílné druhy proudů.

#### 3.3.1 Závislost na napájecím napětí

Podle závislosti na napájecím napětí rozdělujeme proudové chrániče do dvou kategorií:

##### **Proudové chrániče funkčně nezávislé na napájecím napětí (FI chrániče)**

Tento typ chrániče se skládá ze součtového proudového transformátoru, citlivého diferenciálního relé s permanentním magnetem a spínacího mechanismu. Citlivý spínací mechanismus je vybaven mechanickým střadačem energie, který je vybaven volnoběžkou. Při natažení spínacího mechanismu se nasrádá energie potřebná pro vypnutí. Proto musí být spínací mechanismus pečlivě a přesně nastaven, jelikož musí spolehlivě pracovat při kontaktních silách, které se pohybují v jednotkách kilogramů. Při zapínání dojde nejprve k zapnutí středního (N) kontaktu a teprve potom se zapojí kontakty fází a naopak při vypínání se nejprve odpojí fázové kontakty a teprve pak dojde k odpojení samotného

středního (N) kontaktu. Tím je splněna podmínka ČSN 33 2000-4-473, která předepisuje způsob zapínání a vypínání N vodiče.

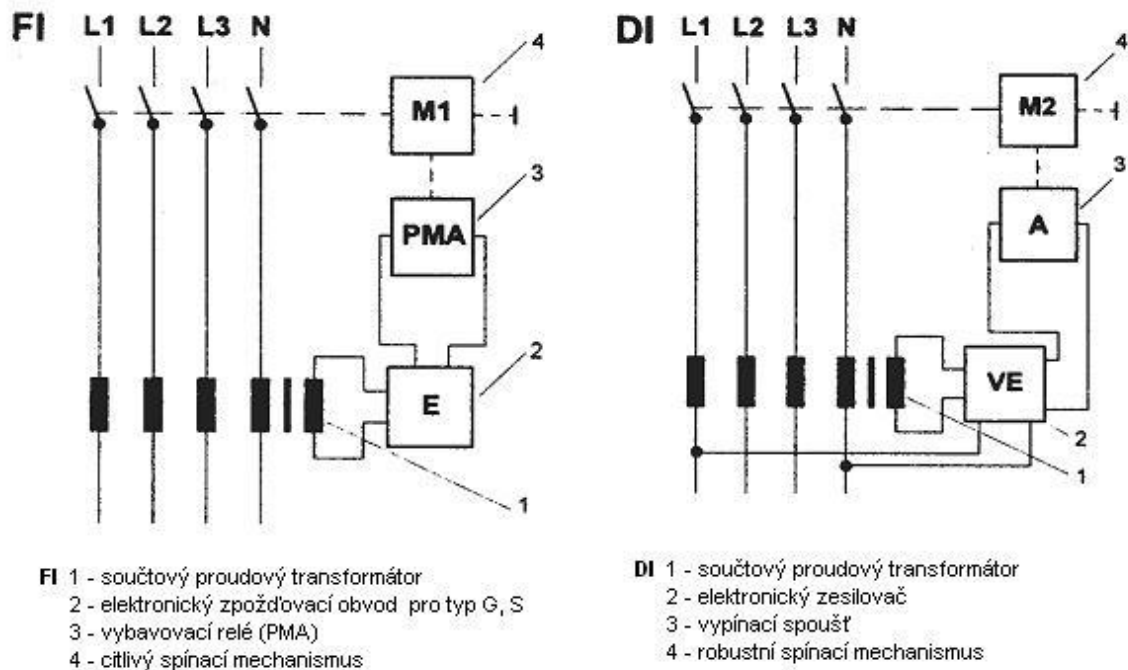
Nejdůležitější částí chrániče je diferenciální relé s permanentním magnetem. Na této části závisí výsledná citlivost a spolehlivost proudového chrániče. Tento typ relé pracuje na principu superpozice (skládání) dvou magnetických polí. Zde skládá dohromady magnetické pole permanentního magnetu a střídavého magnetického pole vytvořeného řídicím vinutím. V běžném provozu, kdy jsou zapnuty kontakty chrániče je kotva přitažena silou magnetického pole permanentního magnetu, proti kterému působí síla pružiny, která se snaží kotvu odpojit. V případě zkratu vedení, nebo kontaktu osoby s živou částí elektrického obvodu se na řídicím vinutí objeví napětí, které vygeneruje druhé magnetické pole a v okamžiku záporné půlperrody bude součet sil těchto polí menší než je síla pružiny a ta okamžitě odpojí kotvu.

Hlavní výhodou chráničů tohoto typu je vysoká spolehlivost funkce, která je nezávislá na velikosti napětí chráněného obvodu. Potřebná energie na vypnutí při poruše se získává pouze ze sekundárního vinutí součtového transformátoru. Standardní citlivost FI chráničů je 10 mA. Díky svým vlastnostem jsou tyto chrániče předepisovány pro doplňkovou ochranu živých částí a i pro ochranu neživých částí.

### **Proudové chrániče funkčně závislé na napájecím napětí (DI chrániče)**

Tento typ chrániče obsahuje elektronický zesilovač, který zesiluje a dále vyhodnocuje napětí získané ze sekundárního vinutí součtového transformátoru a hlídá, jestli došlo ve chráněném obvodu ke vzniku rozdílového proudu. V porovnání s předchozím typem (FI) chráničů se u tohoto typu pracuje s mnohem menším sycením magnetického materiálu, a proto mají tyto chrániče vyšší odolnost proti sycení stejnosměrným proudem. Pro spolehlivou funkci součtového transformátoru u DI chrániče totiž stačí menší průřez aktivního magnetického materiálu. Tím je podstatně snížena celková cena přístroje. Další výhodou oproti chrániči typu FI je to, že relé zapojené na výstup nemusí mít tak vysokou citlivost, protože je napájeno ze zesilovače. Stejně tak i u spínacího mechanismu nejsou tak přísné nároky na citlivost.

Naopak tím, že vyhodnocování rozdílového proudu zajišťuje elektronický zesilovač, který je trvale připojený na napájecí napětí, je omezena spolehlivost celého proudového chrániče spolehlivostí součástí které jsou trvale pod napětím. Kvůli této závislosti se dosud nepodařilo výrazněji překonat spolehlivost FI chráničů.



Obrázek 8. Zapojení chráničů FI, DI

### 3.3.2 Počet pólů

Zde je rozdělení patrné na první pohled, kdy pro jednofázové spotřebiče jsou určeny dvoupólové chrániče (L, N) a čtyřpólové chrániče se používají pro třífázové spotřebiče (L1, L2, L3, N).

### 3.3.3 Časová závislost vypnutí proudového chrániče na rozdílovém proudu

Vytvoření časové závislosti pro vypnutí proudového chrániče by se mohlo zdát jako krok zpět a hazardování se zdravím, kdy pro jeho ochrano potřebujeme, aby vypínání, při dotyku člověka s elektrickým vedením, bylo co nejrychlejší. Tato závislost byla ovšem vytvořena tak, aby čas prodlevy zajišťoval bezpečnou ochranu lidského zdraví a přitom proudový chránič nebyl tak moc citlivý na krátké proudové impulsy, které způsobovaly nežádoucí vypínání.

Pro dosažení časové prodlevy se do proudových chráničů přidává takzvaný zásobník energie, který tvoří kondenzátor zapojený přes usměrňovač paralelně k sekundárnímu vinutí součtového transformátoru. Kondenzátor se při vzniku napětí na vedení začne nabíjet, dokud napětí nedosáhne prahového napětí klopného členu, který zde

představuje diak. Po překročení této hodnoty se klopný člen stane vodivým a kondenzátor vybijí nashromážděnou energií do vinutí vybavovacího relé, které spustí spínací mechanismus.

Toto zařízení účinně odfiltruje krátké proudové impulsy, protože jejich energie nestačí nabít kondenzátor na úroveň prahového napětí klopného členu, a tím nedojde ke spuštění vybavovacího relé a vypnutí chrániče. Vypínací čas je v tomto případě závislý na době trvání rozdílového proudu.

### 3.3.4 Označení typu chrániče podle časové závislosti vypnutí



#### **Proudový chránič pro všeobecné použití – nezpožděný**

Odolný proti rázovému proudu 250 A při tvaru vlny 8/20  $\mu$ s.

Nemá omezenou spodní hranici vypínacího času – reaguje i na krátké proudové rázy

Splňuje všechny podmínky pro ochranu osob před přímým i nepřímým dotykem.



#### **G Proudový chránič se zpožděním nejméně 10 ms**

Odolný proti rázovému proudu 3 kA při tvaru vlny 8/20  $\mu$ s.

Horní hranice vypínací doby je stejná jako u nezpožděných chráničů.

Splňuje všechny podmínky pro ochranu osob před přímým i nepřímým dotykem.

Používá se v případech, kdy je potřeba omezit nežádoucí vypínání proudových chráničů.



#### **S Proudový chránič se zpožděním nejméně 40 ms – selektivní**

Vysoce odolný proti rázovému proudu 5 kA při tvaru vlny 8/20  $\mu$ s.

Splňuje podmínky pouze pro ochranu neživých částí.

Nesmí se použít pro doplňkovou ochranu.

Typ chrániče		Vypínací čas [s] pro			
		$I_{\Delta}=I_{\Delta n}$	$I_{\Delta}=2I_{\Delta n}$	$I_{\Delta}=5I_{\Delta n}$	$I_{\Delta}=500 \text{ A}$
<input type="checkbox"/>	Pro všeobecné použití bez zpoždění	< 0,3	< 0,15	< 0,04	< 0,04
<input type="checkbox"/> G	Se zpožděním min. 10 ms	0,01 - 0,3	0,01 - 0,15	0,01 - 0,04	0,01 - 0,04
<input type="checkbox"/> S	Selektivní se zpožděním min. 40 ms	0,13 - 0,5	0,06 - 0,2	0,05 - 0,15	0,04 - 0,15

Obrázek 9 Meze vypínacích časů pro proudové chrániče

### 3.3.5 Citlivost proudových chráničů na stejnosměrnou složku proudu

V dnešní době roste v obvodech podíl stejnosměrné složky proudu vlivem používání výkonových obvodů s polovodičovými prvky. Proto je nutné posoudit průběh proudu procházejícího obvodem, který se chystáme chránit a zvolit potřebný typ chrániče:

**AC** - citlivost na střídavý proud.

**A** - citlivost na střídavý a pulzující stejnosměrný (DC) rozdílový proud. Zde je potřeba dávat si pozor na pulzující stejnosměrnou složku. Pokud podíl stejnosměrné složky má hodnotu vyšší než 6 mA, je potřeba počítat s narůstající chybou vyhodnocování. Tato chyba vzniká v důsledku přesycení jádra součtového transformátoru stejnosměrným magnetickým polem.

**B** - citlivost na střídavý a pulzující DC proud a na hladké DC rozdílové proudy které vznikají při usměrňování.

V předpisech pro Českou republiku není nijak specifikováno použití chráničů typu A pro průmyslové provozy s řízenými usměrňovači. Oproti tomu v Německu se rozmístění těchto chráničů řídí doporučením, kde je udána podmínka, aby se pro obvody s řízenými usměrňovači používaly proudové chrániče maximálně do příkonu 4 kW. V současné době je díky chráničům typu B možno tuto hranici překročit.

### 3.4 Nejdůležitější parametry a značení chráničů

#### 3.4.1 Jmenovité napětí

Toto napětí udává pro jaké napětí sítě je proudový chránič konstruován. V Evropě je základní konstrukční napětí 230/400 V. Pro proudový chránič typu FI je určujícím prvkem velikost předřadného odporu v testovacím obvodu. V případě, že je nutné použít proudový chránič typu FI pro obvod se sníženým napětím, je potřeba odzkoušet správnou funkci testovacího obvodu, a popřípadě proudový chránič doplnit vnějším testovacím obvodem uzpůsobeným pro snížené napětí. Při tomto testování hodnota zkušebního proudu nemá překročit  $2,5 I_{\Delta n}$ .

Při použití chrániče typu DI, je toto napětí pro každý typ jednoznačně dané a tento typ pak nelze použít pro jiné napětí.

#### 3.4.2 Jmenovitý proud kontaktů

Tato hodnota udává proudovou zatížitelnost proudového chrániče, kdy při instalaci musí být respektovány údaje výrobce.

#### 3.4.3 Jmenovitý vybavovací rozdílový proud

Tento proud je hlavním parametrem pro proudové chrániče, pro které jsou vztaženy podmínky pro ochranu před nebezpečným dotykem. Skutečný vybavovací proud a jmenovitý vybavovací proud se od sebe liší rozdílnými hodnotami, kdy skutečný vybavovací proud má tyto hodnoty nižší.

#### 3.4.4 Odolnost chráničů proti zkratu a přetížení

Zatížení kontaktů a zkratovou odolnost podmiňuje hodnota jmenovitého proudu předřadného jisticího prvku. Parametry dodatečné pojistky nebo jističe je podmíněna dostatečností zkratové odolnosti. Pojistky ani jističe nesmí být v žádném případě vynechány, protože by došlo k poškození kontaktů proudového chrániče. "Proudový chránič bez vestavěné nadproudové ochrany musí být jištěn před zkratem a přetížením, stejně jako tomu je u ostatních spínacích přístrojů (stykače, vypínače, relé, atd.)" [1] Pokud vlivem zkratu dojde k vypnutí předřadného jisticího prvku, může dojít i k vybavení chrániče, ale nedojde k jeho poškození. Jako příklad můžou posloužit proudové chrániče

řady F7 se jmenovitými proudy 16 až 63 A, kde je pro zkratovou odolnost 10 kA předepsána pojistka 63 A gG.

Pro ochranu před zkratem je možné použít namísto pojistky i jistič. Tím je možné zajistit současnou ochranu před přetížením i zkratem. Této kombinované ochrany dosáhneme při požití omezujícího jističe podle ČSN EN 60898. Jelikož ale omezující jistič má vyšší hodnotu omezeného proudu při zkratu než pojistka, dochází při jeho použití k určitému poklesu zkratové odolnosti proudového chrániče.

### 3.4.5 Teplota okolí

Hodnotu tohoto parametru udává značka, která vyjadřuje, pro jakou minimální teplotu je chránič konstruován. Pokud na chrániči značení není, přístroj pak automaticky splňuje základní požadavek na provoz v rozsahu teplot  $-5$  až  $+40$  °C. Pokud pracovní prostředí proudového chrániče neodpovídá konstrukčnímu rozsahu, dochází ke změně parametrů přístroje.

Nejvíce náchylné na změnu teploty jsou magnetické materiály jističů. Pro provedení jističe s teplotní odolností  $-25$  °C musí být použity teplotně stabilizované magnetické materiály, které pak tvoří podstatnou část ceny proudového chrániče.

### 3.4.6 Frekvence

V základním provedení jsou všechny proudové chrániče konstruovány pro frekvenci 50 (popřípadě 60) Hz a všechny jejich parametry jsou vztaženy k této hodnotě. Při výjimečných případech, kde je použita frekvence 200, nebo 400 Hz (pohony náradí, kde jsou použity asynchronní motorky) je potřeba posoudit vhodnost použití proudového chrániče. Při vyšších frekvencích může být citlivost chrániče nižší, než je proud vyvolaný testovacím obvodem. Pak může nastat i situace kdy jistič nefunguje. V těchto případech je nutné doplnit proudový chránič o testovací tlačítko s předřadným odporem, které se umístí vedle proudového chrániče.

## 4 PŘEPĚŤOVÁ OCHRANA

Přepěťová ochrana je souhrnný název pro zapojení a prvky, které chrání elektrická zařízení před poškozením izolace vyšším přepětím, než je izolace schopna vydržet. Poškození přepětím nastává při příliš vysokých rozdílech potenciálu mezi dvěma vodivými částmi elektrického zařízení. Nejčastěji dochází k přepětí vlivem úderu blesku do vedení, na které je chráněné zařízení připojeno.

V současné době se přepěťovou ochranu zabývá norma ČSN EN 62 305, která v roce 2009 nahradila původní normu ČSN 341390. Tato norma rozděluje 2 druhy ochrany proti přepětí – ochranu vnější a vnitřní. Do prvků vnější ochrany patří pasivní (jímací tyče) a aktivní (pulzní) hromosvody. Prvky vnitřní ochrany pak tvoří otevřená jiskřiště, hermeticky uzavřená jiskřiště, varistory, supresorové diody a bleskojistky, nebo kombinace těchto prvků. [4]

### 4.1 Prvky vnější ochrany

Prvky vnější ochrany – hromosvody, jsou první stupeň ochrany před úderem blesku a následným vznikem přepětí v síti. Hromosvody slouží ke svodu bleskového výboje do země bezpečnou cestou mimo chráněný objekt, kde nezpůsobí žádnou škodu. Nejrozšířenější jsou takzvané pasivní hromosvody, což jsou vodivé tyče, které jsou rozmístěny na místa z největší pravděpodobností zásahu bleskem (komíny, rohy budov). V dnešní době se začínají objevovat aktivní (pulzní) hromosvody, které zvyšují svůj účinek elektronickými prvky tak, že při bouřce, kdy dochází k ionizaci ovzduší, se na jejich hrotech akumuluje energie, která vytváří pro blesk lepší sestupovou cestu než chráněný objekt.



#### 4.1.1 Pasivní hromosvod

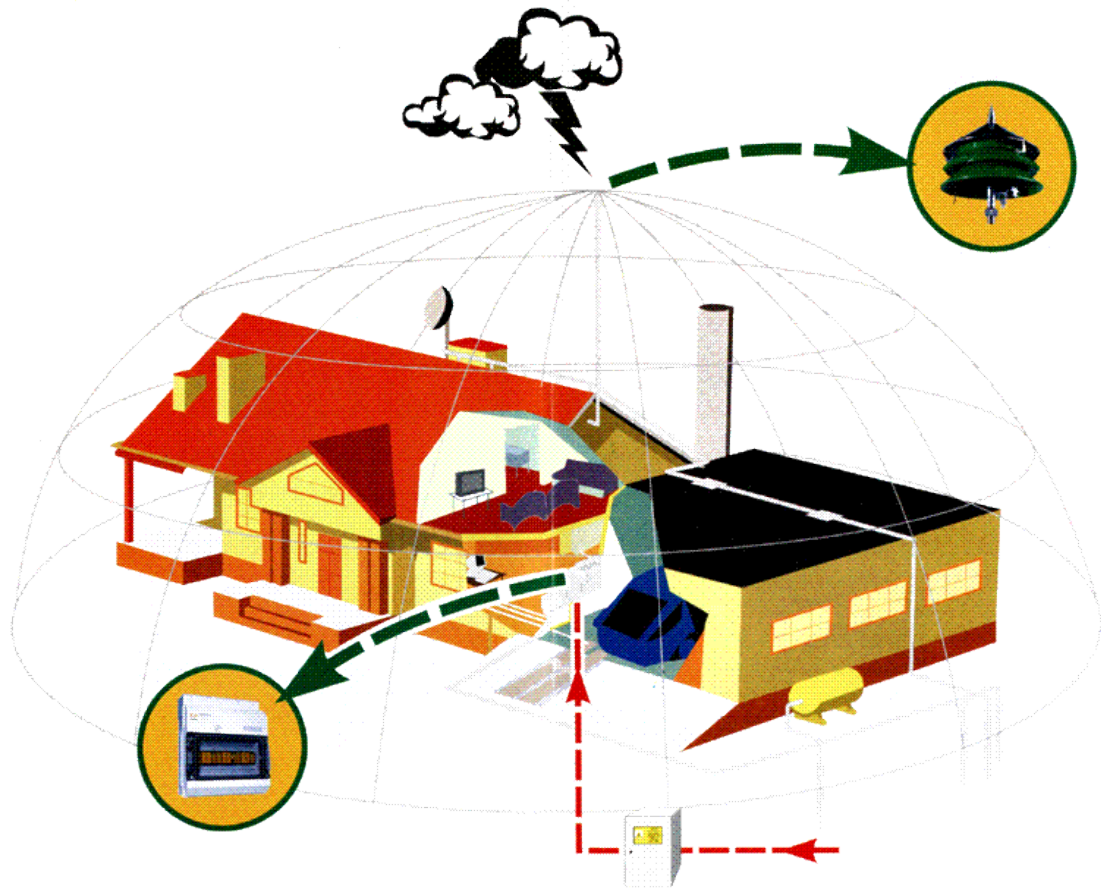
Pasivní hromosvod je vodivá kovová tyč, která je umístěna na objektu a tvoří základní ochranu proti úderu blesku do chráněného objektu. Hromosvod má mnohem menší odpor než chráněný objekt a proto tvoří pro blesk mnohem schůdnější cestu. Počet svodů je dán charakterem chráněného objektu. V mnohých případech totiž jeden svod nezajišťuje dostatečné ochranné pokrytí. Při použití více svodů je pak potřeba počítat i se zvýšenou možností elektromagnetické indukce do kovových vedení objektu. [5]



Obrázek 10. Ochrana budovy pasivními hromosvody

#### 4.1.2 Aktivní hromosvod

Funkce aktivního hromosvodu je založena na principu nabíjení kondenzátoru a násobiče napětí. Elektronické zařízení instalované uvnitř hlavice hromosvodu emituje na horních elektrodách těsně před samotným úderem sérii pulzů, které ionizují okolí hrotu jímací tyče. Tím vytváří sestupnou cestu pro dráhu úderu blesku. Jedná se zde o tzv. urychlené vyvolání vstřicného výboje. Aktivní hromosvod získává energii pro vytvoření vysokonapěťových signálů z elektromagnetického pole, které se automaticky vytváří při bouřkách.



Obrázek 11. Ochrana budovy aktivním hromosvodem [7]

## 4.2 Prvky vnitřní ochrany

Tyto prvky se používají na ochranu sdělovacích vedení a zařízení k nim připojených. Používají se jako samostatně nebo v kombinaci. Například jiskřiště se zapojuje paralelně k bleskojistce.

### 4.2.1 Jiskřiště

Jedná se o vyvedení dvou elektrod, mezi kterými je vzduchová mezera, jejíž velikost určuje ochranou úroveň, svodovou schopnost a vlastnosti jiskřiště při zhášení následných proudů.

Podle způsobu provedení rozlišujeme jiskřiště otevřená a uzavřená. Otevřená jiskřiště mají velmi vysoké svodové schopnosti při vysokých úrovních samotného zhášení následného proudu. (až  $I_{imp} = 50\text{kA}$  ( $10/350\mu\text{s}$ )) Jejich hlavní nevýhodou je výsledek zhavého

plazmatu do okolí při aktivaci bleskovým proudem, což je hlavní komplikace při projektování konstrukce rozvaděčů z hlediska požární ochrany. U uzavřených jiskřišť je tento problém vyřešen ochranným pouzdem, ale za cenu menší schopnosti samočinného zhášení následných proudů. Ovšem jejich svodové schopnosti jsou daleko vyšší. ( $I_{imp} > 100\text{kA}$  ( $10/350\mu\text{s}$ ))

#### 4.2.2 Varistory

Varistory na bázi oxidů kovů jsou napětově závislé odpory se symetrickou voltampérovou charakteristikou. Vyrábějí se na bázi cca 90% oxidu zinečnatého (ZnO) ve funkci keramického základu a 10% přísad, které slouží pro růst zrn a tvorbu hradlové vrstvy mezi zrny ZnO. Při slinování této hmoty se kolem dobře vodivých zrn ZnO vytvářejí hradlové vrstvy, které jsou srovnatelné se Zenerovými diodami. Jejich odpor ( $> 1\text{M}\Omega$ ) se při vzniku přepětí snižuje během několika nanosekund až na hodnoty několika desetin  $\Omega$ . Využitím celého objemu keramiky pro absorpci energie je dána vysoká zatížitelnost tohoto typu svodičů při jejich zatěžování impulsními svodovými proudy. Téměř universální možnosti využití varistorů jsou omezeny pouze v oblasti vysokých frekvencí, kde se negativně projevuje jejich relativně vysoká kapacita (jednotky nF). [3]

#### 4.2.3 Supresorové diody

Supresorové diody jsou upravené Zenerovy diody, které jsou dimenzované pro vysoké špičkové hodnoty proudů a mají extrémně krátké vypínací časy. (řádově pikosekundy). Používají se pro ochranu citlivých elektronických obvodů.

#### 4.2.4 Plynem plněné bleskojistky

V klidovém stavu se plynem plněné svodiče přepětí a jiskřiště (plynové výbojky) chovají jako vysokohmové izolátory díky použití keramiky na bázi korundové keramiky. Obvykle jsou konstruovány ve tvaru válcového keramického pouzdra, které je oboustranně uzavřené kovovými elektrodami. Vynikají krátkou dobou reakce a značnou svodovou schopností (až  $I_{imp} = 100\text{kA}(10/350\text{ms})$ ). Jejich vlastní kapacita je velmi malá (cca 1pF) a izolační odpor naopak hodně velký ( $>1000\text{M}\Omega$ ).

Aplikační možnosti bleskojistik jsou omezeny vzhledem k jejich obecně nízkým hodnotám samočinně zhášeného následného proudu ( $I_f = \text{cca } 100\text{Aef}$ ). Garance vlastností těchto svodičů pro konkrétní aplikace se provádí cílenou volbou použitých materiálů,

plynových náplní a geometrie elektrod. Pro výrobu moderních výkonových bleskojistek se používají speciální dilatační slitiny, které zajišťují jejich odolnost proti vysokým teplotám až 2000°C a extrémním tlakům při výboji v plynu při proudech až 100kA ve tvaru 10/350ms. Elektrické parametry je možno určovat předem v širokém rozsahu. Např. stejnosměrné spouštěcí napětí může být nastaveno mezi 100V až 2000V s typickou tolerancí  $\pm 20\%$ . Plynem plněné bleskojistky se vyznačují vysokou životností a stabilitou parametrů. Splňují tak základní předpoklady pro jejich použití při konstrukci bezúdržbových svodičů bleskových proudů a přepětí s dlouhou životností. [3]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 JISTÍCÍ PRVKY PRO NADPROUDOVOU OCHRANU NA ČESKÉM TRHU

Na českém trhu s jisticími prvky vystupuje velké množství firem, které nabízejí široký sortiment prvků. Tato kapitola je zaměřena na popis proudových chráničů od firem: Hager, OEZ, Schrack a Bonega.

### 5.1 Proudové chrániče značky Hager

**hager**

#### Proudové chrániče - technické údaje

##### Technické údaje

	Citlivost na střídavé proudy						Citlivost na pulsní stejnosměrné proudy						
	2 pólové			4 pólové			2 pólové			4 pólové			
Jmen. proud A	25	40	63	25	40	63	16	25	40	63	25	40	63
Jmen. napětí V~	230			230 - 400			230			230 - 400			
Počet mod.	2	2	2	4	4	4	2	2	2	2	4	4	4
Frekvence	50 / 60 Hz pro všechny produkty						50 / 60 Hz pro všechny produkty						
Jmen. reziduální proud $I_{\Delta n}$ mA	30	30 100	30	30 100 300	30 100 300	30	10	30	30 100	30	30 100 100 300	30 100 300	30 100 300
Odolnost proti ráz. proudu	8/20 -250 A pro všechny produkty (mimo S - 5000 A)						8/20 -250 A pro všechny produkty (mimo S - 5000 A)						
Provozní teplota	-5 až +40 °C (-25 až +40 °C pro $I_{\Delta n} = 30$ mA)						-25 °C až +40 °C						
Skladovací teplota	-50 až +80 °C						-50 až +80 °C						
Připojitelnost vodičů													
Lanko	16 mm <sup>2</sup>						16 mm <sup>2</sup>						
Plný vodič	25 mm <sup>2</sup>						25 mm <sup>2</sup>						
Krytí	IP 20 (IP 30 vestavěný)						IP 20 (IP 30 vestavěný)						

Obrázek 12. Technické údaje proudových chráničů firmy Hager





Obrázek 13. Nadproudový chránič Hager 2. pólový



Obrázek 14. Nadproudový chránič Hager 4. pólový

## 5.2 Proudové chrániče značky OEZ

Parametry	Proudové chrániče <i>MINIA</i>	
Typ	OLE	
Normy	ČSN EN 61009-1	
Certifikační značky		
Počet pólů	2	
Vypínací charakteristiky	B, C	
Typ	AC 	
Jmenovitý proud	$I_n$	6 ÷ 16 A
Jmenovitý reziduální proud	$I_{\Delta n}$	30 mA
Jmenovité pracovní napětí	$U_e$	230 V a.c.
Minimální provozní napětí <sup>1)</sup>	$U_{min}$	125 V a.c.
Maximální provozní napětí	$U_{max}$	255 V a.c.
Jmenovitý kmitočet	$f_n$	50 ÷ 60 Hz
Rázová odolnost (8/20 $\mu$ s)	1 kA	
Jmenovitá zkratová schopnost	$I_{cn}$	6 kA
Jmenovitá reziduální zapínací a vypínací schopnost	$I_{\Delta m}$	6 kA
Jmenovité impulzní výdržné napětí (1,2/50 $\mu$ s)	$U_{imp}$	6 kV
Mechanická trvanlivost	10 000 cyklů	
Elektrická trvanlivost	10 000 cyklů	
Třída omezení energie	3	
Krytí	IP20	
Montáž na „U“ lišty podle ČSN EN 60715 - typ	TH 35	

Obrázek 15. Technické údaje proudových chráničů firmy OEZ



Obrázek 16. Nadproudový chránič OEZ 2. pólový

### 5.3 Proudové chrániče značky SCHRACK

#### TECHNICKÁ DATA



Jmenovité napětí	230/400 V AC, 50 Hz	
Splňuje požadavky	IEC/EN 61 008, typ G podle ÖVE E 8601	
Citlivost	na pulzní proudy (Typ A)	
Jmenovitý chybový proud $I_{\Delta n}$	30mA, 300 mA	
Zpoždění vypnutí	zpoždění min.10 ms (Typ G), zpoždění min. 40 ms (Typ S) selektivní vypínání	
Max. předjistiění	Přetížení	Zkrat
$I_n = 40A$	40A gG/gL	63A gG/gL
$I_n = 63A$	63A gG/gL	63A gG/gL
$I_n = 80A$	80A gG/gL	80A gG/gL
Zkratová odolnost $I_{nc}$	10 kA	
Odolnost vůči rázovému proudu	$>3$ kA (8/20 $\mu$ s) Typ G, $>5$ kA (8/20 $\mu$ s) Typ S	
Impulzní rázové napětí	4 kV (1.2/50 $\mu$ s)	
Jmenovité napětí	230/400 a 240/415 V AC, 50/60 Hz	
Provozní napětí elektroniky	50 – 254V AC	
Provozní napětí zkušebního obvodu	184 – 440V AC	
Životnost	elektrická $\geq 4.000$ cyklů, mechanická $\geq 20.000$ cyklů	
Spínací schopnost/počet svítek	max. 20 EVG na fázi, max. 60 na proudový chránič	
Ukazatel stavu kontaktů	červená / zelená	
Signalizace vypnutí při poruše	bílá / modrá	
Signalizace LED		
zelená:	normální provoz, chybový proud $\leq 30\%$ $I_{\Delta n}$	
žlutá:	upozornění, chybový proud $> 30\%$ a $\leq 50\%$ $I_{\Delta n}$	
červená:	nebezpečí vypnutí, chybový proud $> 50\%$ $I_{\Delta n}$	
Reléový výstupní kontakt	zapínací kontakt 250V AC, 2 svorky, 1 A, pro vodič s průřezem 0,25 - 1,5 mm <sup>2</sup>	
Dovolená teplota okolí	-25 °C do +40 °C	
Klimatická odolnost	podle IEC/EN 61008	
Ochrana proti dotyku	podle VBG 4, ÖVE-EN 6	

Obrázek 17. Technické údaje proudových chráničů firmy SCHRACK




Obrázek 18. Nadproudový chránič SCHRACK 4. pólový



## 5.4 Proudové chrániče značky Bonega

### 5.4.1 Proudové chrániče magnetické

#### Chrániče 10 kA, 6-63 A

PARAMETRY		
Počet pólů:	2, 4	
Typ:	AC	
Jmenovité proudy:	0-6, 0-10, 0-13, 0-16, 0-20, 0-25, 0-32, 0-40, 0-63 A	
Jmenovitý reziduální proud I <sub>Δn</sub> :	30, 100, 300 mA	
Jmenovité napětí:	2P 230 V 50/60 Hz 4P 230/400 V 50/60 Hz	
Příslušenství:	signalizační kontakty, podpětové spouště, napětové spouště	
Provozní teplota okolí:	- 5 °C až +40 °C podle nařízení ČSN EN 60898	
Kalibrační teplota:	+30 °C podle ČSN (po dohodě lze i jinak)	
Funkčnost při 50 i 60 Hz:	ano	
Princip proudového chrániče:	magnetický-funkčně nezávislý na síťovém napětí	
Jmenovitá podmíněná zkratová odolnost:	10000 A	
Max. předřazená pojistka proti zkratu:	80 A gG	
Životnost mechanická:	≥ 1 000 cyklů (zapnutí a vypnutí)	
Životnost elektrická:	≥ 1 000 cyklů (zapnutí a vypnutí)	
Vyráběny podle normy:	ČSN EN 61 008	
Krytí svorek:	IP 20	

Obrázek 19. Technické údaje proudových chráničů firmy BONEGA – magnetické (10 kA, 6-63 A)




Obrázek 20. Nadproudový chránič BONEGA 2. pólový



Obrázek 21. Nadproudový chránič BONEGA 4. pólový


## Chrániče 10 kA, 63-100 A

PARAMETRY		
Počet pólů:	2, 4	
Typ:	AC	
Jmenovité proudy:	0-63 A, 0-80 A, 0-100 A	
Jmenovitý reziduální proud I $\Delta$ n:	30, 100, 300 mA	
Jmenovité napětí:	2P 230 V 50/60 Hz 4P 230/400 V 50/60 Hz	
Příslušenství:	signalizační kontakty, podpětové spouště, napětové spouště	
Provozní teplota okolí:	- 5 °C až +40 °C podle nařízení ČSN EN 60898	
Kalibrační teplota:	+30 °C podle ČSN (po dohodě lze i jinak)	
Funkčnost při 50 i 60 Hz:	ano	
Princip proudového chrániče:	magnetický-funkčně nezávislý na síťovém napětí	
Jmenovitá podmíněná zkratová odolnost:	10000 A	
Max. předřazená pojistka proti zkratu:	125 A gG (> 10 kA)	
Životnost mechanická:	≥ 1 000 cyklů (zapnutí a vypnutí)	
Životnost elektrická:	≥ 1 000 cyklů (zapnutí a vypnutí)	
Vyráběny podle normy:	ČSN EN 61 008	
Krytí svorek:	IP 20	

Obrázek 22. Technické údaje proudových chráničů firmy BONEGA – magnetické (10 kA, 63-100 A)

## 5.4.2 Proudové chrániče elektronické

### Chrániče 10 kA, 6-63 A

PARAMETRY		
Počet pólů:	2	
Typ:	AC	
Jmenovité proudy:	0-6, 0-10, 0-13, 0-16, 0-20, 0-25, 0-32, 0-40, 0-63 A	
Jmenovitý reziduální proud I $\Delta$ n:	30, 100, 300 mA	
Jmenovité napětí:	2P 230 V 50/60 Hz	
Příslušenství:	signalizační kontakty, podpěťové spouště, napětové spouště	
Provozní teplota okolí:	- 5 °C až +40 °C podle nařízení ČSN EN 60898	
Kalibrační teplota:	+30 °C podle ČSN (po dohodě lze i jinak)	
Funkčnost při 50 i 60 Hz:	ano	
Princip proudového chrániče:	elektronický-funkčně závislý na síťovém napětí	
Jmenovitá podmíněná zkratová odolnost:	10000 A	
Max. předřazená pojistka proti zkratu:	80 A gG	
Životnost mechanická:	>= 1 000 cyklů (zapnutí a vypnutí)	
Životnost elektrická:	>= 1 000 cyklů (zapnutí a vypnutí)	
Vyráběny podle normy:	ČSN EN 61 008	
Krytí svorek:	IP 20	

Obrázek 23. Technické údaje proudových chráničů firmy BONEGA – elektronické (10 kA, 6-63 A)

## 5.5 Přehled porovnávaných výrobců proudových chráničů

Z obrázků uvedených v této kapitole je patrné, že firma BONEGA v dnešní době uvádí na náš trh nejvíce specifikací a druhů chráničů. Tato česká firma vznikla v roce 1992 a sídlí v Sudoměřicích nad Moravou. V oblasti elektrotechniky má firma vlastní vývojové centrum.

Druhý největší výběr na českém trhu nabízí firma Hager. Tato mezinárodní společnost vznikla v roce 1959 v Německu a nyní spojuje 24 výrobních závodů ve 12. zemích. V České Republice má své zastoupení pobočkou v Praze.

Další společností, jejíž ochranné prvky můžeme na českém trhu najít, je Rakouská firma SCHRACK, založená roku 1920. Tato firma je u nás zastoupena pobočkami v několika městech včetně Zlína.

Poslední firmou, jejíž výrobky jsou v této práci uvedeny je firma OEZ (Orlické elektrotechnické závody). Tato česká firma byla založena v roce 1941 a v roce 2007 se stala součástí skupiny Siemens.

## 6 POROVNÁNÍ PROUDOVÝCH CHRÁNIČŮ NA ČESKÉM TRHU

### 6.1 Porovnání vlastností chráničů od vybraných firem

V předchozí kapitole byly představeny proudové chrániče a jejich parametry od 4 různých výrobců. Hager, OEZ, Shrack a Bonega. Každý z těchto výrobců má vlastní přístup ke konstrukci chráničů. I když základní podmínky a charakteristiky jsou stejné, výsledné výrobky se od sebe liší.

Jelikož jsou všechny chrániče určeny pro evropský trh, mají shodné jmenovité napětí i pracovní frekvenci. Dvoupólové jističe jsou určeny pro napětí 230V a čtyřpólové, používané v 3F soustavě mají jmenovité napětí 400V. Ne všechny firmy zabývající se výrobou proudových chráničů dodávají na trh obě varianty. Z firem, které jsou zmíněny v této práci pouze firmy Hager a Bonega vyrábí obě varianty. Společnost OEZ produkuje pouze dvoupólové chrániče a firma Schrack zase jenom čtyřpólové. Stejně tak se nabídka liší v hodnotách jmenovitých proudů. Zde má největší výběr Česká firma Bonega, která disponuje nabídkou chráničů od 6A až po 100A. V závěsu za ní následuje firma Hager, jejíž nabídka obsahuje chrániče od 25A do 63A. Firmy OEZ a Schrack zde mají nejmenší výběr, kdy od společnosti OEZ můžeme získat proudové chrániče pouze v rozmezí 6-16A a firma Schrack nabízí chrániče s hodnotami 40-100A.

Hodnoty reziduálního proudu, tzn. proudu, na který chránič reaguje, se u firem různí. Firma Hager nabízí chrániče s rozdílnými hodnotami této veličiny, kdy se některé chrániče dělají pouze v jedné verzi (např. chránič s hodnotou jmenovitého proudu 25A tato firma vyrábí pouze s hodnotou reziduálního proudu 30mA). Na druhou stranu zase nabízí proudové chrániče s nejnižší hodnotou toho proudu-10mA. Stejně tak společnost OEZ nabízí své chrániče pouze s hodnotou 30mA. Firma Schrack nabízí všechny své chrániče ve dvou variantách a to s hodnotou reziduálního proudu 30mA a 300mA. Nejširší nabídku zde má firma Bonega, která u všech svých chráničů nabízí verze s citlivostí na reziduální proud 30,100 a 300mA

Hodnoty zkratové odolnosti nám vypovídají o schopnosti chráničů vypnout (a mechanicky přežít) zkrat v uvedené velikosti. Zde jsou na tom nejlépe chrániče od firem Schrack a Bonega, které jsou schopny bez poškození zpracovat zkrat o maximální hodnotě

10kA. Hodnota zkratové odolnosti chráničů firem OEZ a Hager je 6kA. Je to sice hodnota menší, ale pro běžný provoz v bytové zástavbě bohatě postačující.

Firmy Hager a Schrack u svých výrobků dále uvádějí citlivost na proudy. Firma Hager vyrábí chrániče jak s citlivostí na stejnosměrné, tak na střídavé proudy. V katalogích firmy Schrack lze najít pouze chrániče citlivé na pulzní proudy. Firmy Bonega ani OEZ tuto citlivost u svých proudových chráničů nespecifikují.

Se stejným problémem se můžeme setkat při hledání specifikace odolnosti proti rázovému proudu. Zde uvádějí hodnoty pouze firmy Hager, OEZ a Schrack. Firma Hager produkuje chrániče se základní odolností 250A. U typu chrániče G je tato hodnota zvýšena na 3000A a u typu S je 5000A. Společnost OEZ vyrábí své chrániče s hodnotou této odolnosti na 1000A a firma Schrack má ve své udává tyto hodnoty pouze u typu G a S, kde jsou tyto hodnoty stejné jako u firmy Hager (G-3000A, S-5000A).

Firmy Schrack a Bonega dále své chrániče vybavují předřadnými pojistkami. U firmy Schrack se hodnoty těchto pojistek mění podle typu chrániče a jeho specifikace. Výrobce zde u typu G dává hodnotu pojistky podle hodnoty jmenovitého proudu a u typu S vybavuje chrániče pojistkami s vyšší hodnotou. Naproti tomu firma Bonega vybavila své chrániče v hodnotách jmenovitého proudu 6A až 63A jednotnou pojistkou v hodnotě 80A a chrániče s hodnotami jmenovitého proudu 63A až 100A jsou vybaveny pojistkami s hodnotou 125A.

Všechny uvedené firmy vyrábějí své proudové chrániče pouze v provedení FI, tedy nezávislé na napájecím napětí, pouze firma Bonega má rozšířený sortiment, kdy chrániče se jmenovitým proudem 6A až 63A vyrábí i v provedení DI (závislé na napájecím napětí)

Při pohledu na mechanické vlastnosti porovnávaných proudových chráničů se dostáváme k hodnotám krytí, provozní teploty a mechanické trvanlivosti. Hodnoty krytí mají výrobky všech zde zmiňovaných firem na stejné úrovni kdy je krytí na úrovni IP 20, což je dostačující proti vniknutí pevných těles s průměrem 12,5mm. Proti vodě jsou ale nechráněny, což není velkým problémem, jelikož se nepředpokládá instalace těchto zařízení do míst, kde hrozí riziko smáčení.

Hodnoty hranic provozní teploty se u různých výrobců liší. Firma Hager udává u svých výrobků provozní teplotu v závislosti citlivosti na proudy. U chráničů citlivých na

stejnoseměrné proudy je pracovní teplota v rozmezí  $-25 / +40^{\circ}\text{C}$  zatímco u chráničů citlivých na střídavé proudy je teplotní rozsah omezen na  $-5 / +40^{\circ}\text{C}$  ( $-25 / +40^{\circ}\text{C}$  je u těchto chráničů pouze při hodnotě reziduálního proudu 30mA). Výrobci OEZ a Bonega mají provozní hranice svých chráničů určeny v rozmezí  $-5 / +40^{\circ}\text{C}$ .

Mechanickou trvanlivost udávají pouze firmy OEZ, Schrack a Bonega. OEZ garantuje trvanlivost na 10 000 cyklů, Schrack garantuje minimálně 4 000 elektických cyklů a minimálně 20 000 cyklů mechanických. Firma Bonega u svých výrobků zaručuje minimální životnost 1 000 cyklů. Firma Hager hodnoty cyklů životnosti u svých výrobků neudává.

Veškeré tyto údaje jsou zobrazeny v přehledné porovnávací tabulce umístěné v příloze.

## 6.2 Porovnání cenové dostupnosti proudových chráničů od vybraných firem

Přehled vybraných cen získaných z katalogů jednotlivých firem uvádí tabulka č. 2.

typ chrániče	výrobce	cena
40A/30mA - dvoupólový	Bonega	575,00 Kč
40A/30mA - dvoupólový	Hager	993,00 Kč
40A/30mA - čtyřpólový	Bonega	720,00 Kč
40A/30mA - čtyřpólový	Hager	1 157,00 Kč
40A/30mA - čtyřpólový	Schrack	1 274,00 Kč
63A/30mA - dvoupólový	Bonega	575,00 Kč
63A/30mA - dvoupólový	Hager	1 727,00 Kč
63A/30mA - čtyřpólový	Bonega	860,00 Kč
63A/30mA - čtyřpólový	Hager	2 485,00 Kč
63A/30mA - čtyřpólový	Schrack	2 338,00 Kč

Tabulka 2. Cenové srovnání chráničů 40A/30mA a 63A/30mA

Z uvedené tabulky lze vyčíst, že nejlevnější chrániče porovnávané v této práci vyrábí firma Bonega, která nabízí jističe se srovnatelnými parametry o poznání levněji než další firmy. Už při porovnání dvoupólových chráničů jsou výrobky firmy bonega levnější téměř o 50% ceny výrobků jiných firem. A tento finanční náskok si tato firma drží v celém

spektru svého sortimentu. Výrobky ostatních firem jsou mezi sebou v cenovém spektru mnohem vyrovnanější, kdy se od sebe cenově liší průměrně o 6-7%.

## 7 TYPOVÝ PŘÍKLAD OCHRANY PROTI ÚRAZU ELEKTRICKÝM PROUDEM – OCHRANA KOUPELNY

Koupelna je místo v domě, kde je vyšší riziko úrazu elektrickým proudem. Vzhledem k hojně používaným elektrickým spotřebičům (jako například pračka, fén, kulma atd.) a možnému kontaktu s vodou, je zde velká pravděpodobnost úrazu při poruše těchto zařízení. Při tvorbě této kapitoly bylo vycházeno převážně z literatury [6] uvedené v seznamu použité literatury.

### 7.1 Elektrická instalace v koupelnách

Požadavky na elektrickou instalaci v koupelnách ukládá norma ČSN 33 2000-7-701. Tato norma rozděluje koupelny na čtyři zóny – 0,1,2 a 3.

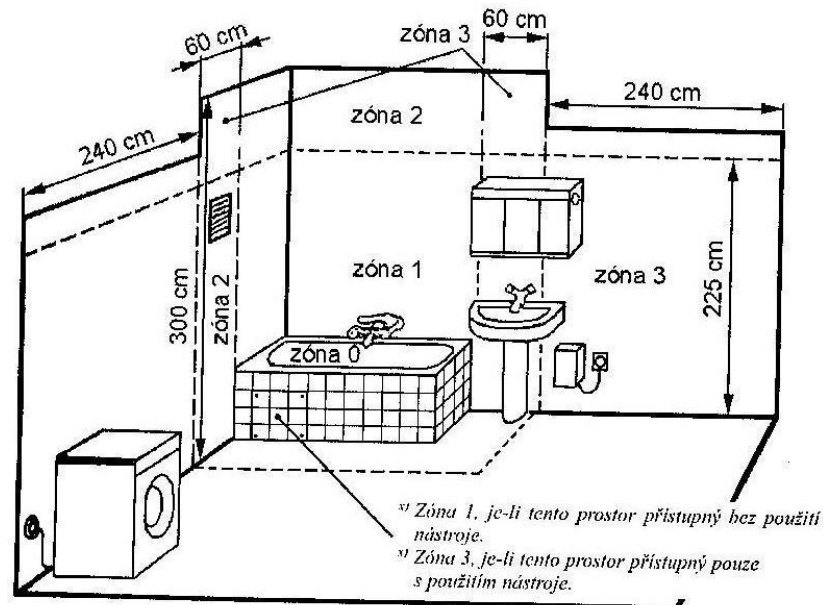
Zóna 0 – toto je oblast vnitřního prostoru vany, nebo sprchového koutu.

Zóna 1 – je oblast blízkého okolí zóny 0, a je ohraničena horní rovinou zóny 0 a vodorovnou rovinou ve výšce 2,25m nad podlahou a u sprchy, nebo vany s nesnímatelnou sprchovou hlavicí je ohraničena svislou plochou s poloměrem 0,6 m od sprchové hlavice.

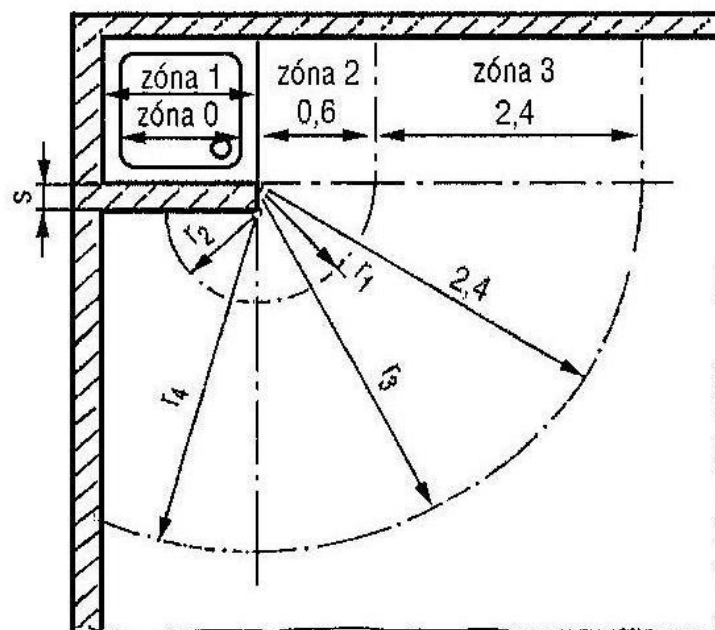
Zóna 2 – tato zóna je ohraničena vnější stranou zóny 1 a zasahuje do vzdálenosti 0,6 m od ní. Vertikálně je tato zóna ohraničena horním okrajem zóny 1 a stropem, nebo výškou 3m, pokud je strop vyšší.

Zóna 3 – tato zóna je ohraničena vnějším okrajem zóny 2 a zasahuje do vzdálenosti 2,4 m od ní. Zahrnuje taky prostor pod vanou, nebo sprchovým koutem, kam se lze dostat pouze za použití nástroje.





Obrázek 24. Schematické znázornění zón v koupelně [6]



Obrázek 25. Půdorysné rozdělení zón [6]

**Elektrické zařízení používané v koupelně musí mít odpovídající stupně ochrany:**

- v zóně 0 musí použitá zařízení splňovat ochranu krytím IP X7
- v zónách 1 a 2 musí být splněna ochrana krytím IP X4. Pokud je zařízení trvale umístěno nad nesnímatelnou sprchovou hlavici, může být použito krytí IP X2

- pro zónu 3 musí být použito krytí IP X5 pokud se zde mohou vyskytnout proudy vody určené pro čištění (např. ve školních nebo továrních sprchách)

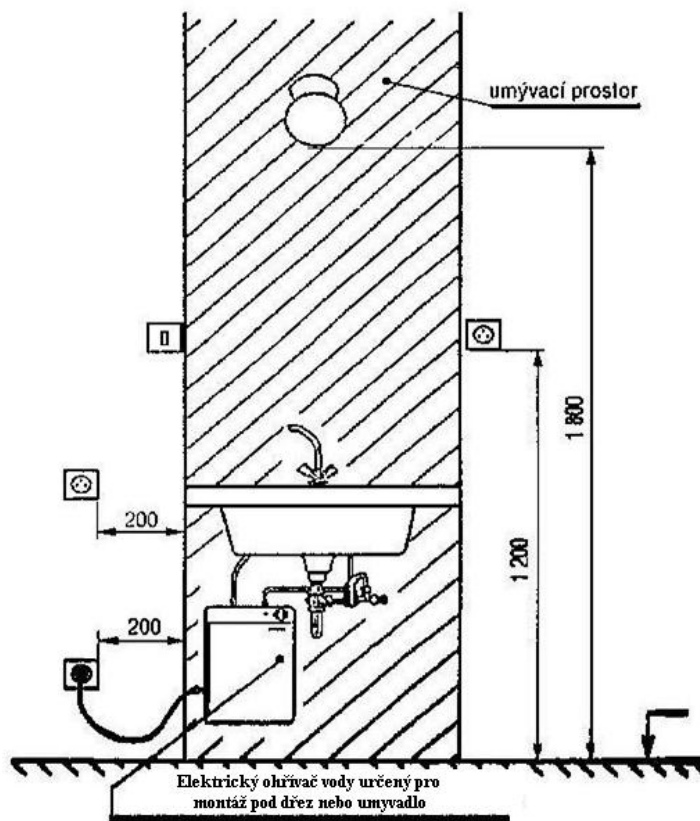
**Soustava elektrických rozvodů v koupelnách musí splňovat tyto požadavky:**

- v zóně 0 mohou být vedeny jen ty rozvody, které jsou nezbytně nutné pro napájení pevných elektrických zařízení umístěných v této zóně
- v zóně 1 mohou být vedeny jen ty rozvody, které jsou nezbytně nutné pro napájení pevných elektrických zařízení umístěných v zóně 0 a 1
- v zóně 2 mohou být vedeny jen ty rozvody, které jsou nezbytně nutné pro napájení pevných elektrických zařízení umístěných v zóně 0,1 a 2 a v té části zóny 3, která je pod koupací, nebo sprchovou vanou
- v zóně 3 mohou být vedeny jen ty rozvody, které jsou nezbytně nutné pro napájení pevných elektrických zařízení umístěných v zóně 0,1,2 a 3

**Umístění spínacích zařízení v koupelnách je opět řízeno podmínkami a rozdělením zón:**

- v zóně 0 nesmí být instalován žádný spínač
- v zóně 1 mohou být umístěny pouze spínače obvodů SELV napájených jmenovitým napětím max. 12V AC nebo 30V DC a zdroj tohoto bezpečného napětí musí být umístěn mimo zóny 0, 1 a 2
- v zóně 2 mohou být umístěny pouze spínače a zásuvky obvodů SELV se stejnou podmínkou jako v zóně 1 a mohou zde být umístěny napájení pro holicí strojky, které vyhovují ČSN IEC 742 kap. 2 odd. 1
- v zóně 3 mohou být zásuvky umístěny, pokud jsou chráněny oddělovacím transformátorem, pomocí SELV, samočinným odpojením od zdroje pomocí proudového chrániče, který má hodnotu reziduálního proudu max. 30 mA
- Stejně tak zásuvky, které jsou umístěny mimo zónu 3, ve stejné místnosti musí být stejnou ochranou, která platí pro 3. zónu

### 7.17.2 Elektrická zařízení v umývacím prostoru



Obrázek 26. Umývací prostor – schematické znázornění [6]

Instalace elektrických zařízení v umývacím prostoru se řídí vlastními pravidly, která musí být dodržena, ať je umývací prostor umístěn kdekoli, nejenom v koupelně.

Rozmístění elektrických prvků v oblasti umývacího prostoru je znázorněno na obrázku č. 26 na předchozí straně. Světelný zdroj musí být kryt ochranným sklem. Pokud je osvětlení umístěno níže, než 1,8 m, musí mít zajištěno krytí v provedení minimálně IP X1 a tento kryt musí být chráněn před mechanickým poškozením. Spodní okraj osvětlení ale nesmí být nikdy níže, než 0,4 m nad horním okrajem umyvadla.

Pro jištění elektrických zařízení použitých v koupelnách jsou určeny proudové chrániče, jejichž hodnota reziduálního proudu je maximálně 30mA (v souladu s článkem 412.5 ČSN 22 3000-4-41).

## ZÁVĚR

Tato práce je zaměřena na popis ochranných metod zabývajících se prevencí vzniku úrazu elektrickým proudem. V úvodní části práce je zmíněna historie vývoje proudového chrániče a začátky jeho použití ve světě i u nás. Původní cíl byl vypracovat celkový historický přehled vývoje ochrany před úrazem elektrickou energií, ale z důvodu omezených literárních zdrojů byl vypracován pouze vývoj proudového chrániče. Dále se teoretická část zaměřuje na vytvoření přehledu používaných způsobů ochrany, jejich základní rozdělení a popis vlastní funkce každého druhu ochrany. Podrobněji jsou pak rozebrány proudové chrániče a prvky pro přepětovou ochranu, včetně jejich principů činnosti a způsobu použití.

Praktická část této práce se zabývá srovnáním vlastností proudových chráničů, kde byli vybráni čtyři výrobci a provedeno srovnání jejich výrobků. Při něm bylo čerpáno z katalogových údajů jednotlivých výrobců. Přestože přístroje, jejichž cílem je zajistit ochranu jak elektrických zařízení, tak hlavně zdraví a života člověka, jsou konstruovány podle přísných pravidel a mají pevně dané parametry, se výrobky od různých firem od sebe odlišují. Asi největším problémem při hledání vhodného chrániče je skutečnost nejednotného značení stejných parametrů u jednotlivých výrobců.

V závěru praktické části jsou sepsány podmínky pro provedení elektroinstalace v koupelnách. Tyto místnosti jsou z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem problematické, jelikož je v nich velké riziko kontaktu elektřiny s vodou. Proto jsou tyto místnosti rozděleny do zón podle vzdálenosti od zdroje vody (např. sprchová hlavice) a podle toho jsou odstupňovány podmínky ochrany a zapojení elektrických spotřebičů.

Po přečtení této práce by měl čtenář získat základní přehled a úvod do problematiky ochrany před úrazem elektrickým proudem a získat nápovědu při výběru vhodného ochranného prvku. V praktické části si čtenáři vytvoří obraz o prvcích dostupných na trhu, jejich parametrech a vzájemném srovnání. V oblasti elektrické energie by měl každý mít alespoň základní znalosti, protože zde platí pravidlo, že nevědomost může zabít.

## CONCLUSION

The work is focused on a description of protective methods dealing with the electric shock prevention. In the beginning of this work history of the development of circuit breaker and the beginnings of its use in the world and in our country is mentioned. The original aim was to sum up an overall historical survey of the protection against electric power development, but because of limited literary sources has been drawn up the development of circuit breaker only. Furthermore, the theoretical part focuses on an overview of the protection devices creating, their fundamental structuring and description of the custom features of each type of protection. More in detail the current protectors and lightning protection components, their operating principles and applications are described.

The practical part of this work deals with the characteristic of the circuit breaker comparing. Four producers were selected and their products were compared. The data for this comparing were taken from the individual producers catalogues. The result of this comparison shows that the device designed to provide protection to electrical equipment and especially to the health and life of humans beings are constructed according to strict rules and have fixed parameters, from which producers cannot depart. Yet, the products from different companies differ from each other. Perhaps the biggest problem in finding a suitable protector is the fact that the same values different companies marked with various characters.

The final and last section of the practical part contains conditions for carrying out wiring in the bathrooms. These rooms are in terms of protection against the electric shock problematic, because of a high risk of electricity with water contacting; therefore, these rooms are divided into various zones by distance from water sources (e.g. shower head) and are graded according to security conditions and the electricity using.

After reading this work, the reader should gain a basic overview and introduction to the issue of protection against electric shock and get help in selecting appropriate protective elements. The practical part helps to create a picture of the elements features available on the market, their characteristics and comparison. In this area, everyone should have at least basic knowledge, because there is almost the rule that ignorance kills.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠTĚPÁN, František. *Proudové chrániče*. Praha : IN-EL, 1997. 155 s. ISBN 80-902333-3-3.
- [2] JETLEB, Daniel, et al. *Zkoušky pracovníků v elektrotechnice*. Praha : Práce, 1987. 251 s. ISBN 2403187.
- [3] HORÁK, Martin. *Ochrana před bleskem a přepětím*. Zlín, 2005. 56 s s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [4] KONEČNÁ, Eva; RICHTER, Aleš; KUBÍN, Jiří. *Bezpečnost elektrických zařízení, Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2008. 18 s. Dostupné z WWW: <[http://www.mti.tul.cz/files/evc/Bezp\\_h.pdf](http://www.mti.tul.cz/files/evc/Bezp_h.pdf)>.
- [5] HUDECZEK, Mečislav, et al. *Chránění I*. Havířov : IRIS, 2004. 364 s. ISBN 80-903540-1-7
- [6] DVOŘÁČEK, Karel. *Elektrické instalace v bytové a občanské výstavbě*. Praha : IN-EL, 1998. 157 s. ISBN 80-86230-03-1.
- [7] *Hromosvody.info* [online]. 1992 [cit. 2010-05-16]. Aktivni. Dostupné z WWW: <<http://www.hromosvody.info/aktivni.htm>>.
- [8] KLIMŠA, David. *Vnější a vnitřní ochrana před bleskem*. Praha : IN-EL, 2009. 119 s. ISBN 978-80-86230-48-1.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker e. V. - zkušební a certifikační institut, Německo.
gG	Základní typ pojistky, která jistí před přetížením i zkratem v síti nízkého napětí.
Z <sub>s</sub>	Impedance smyčky
I <sub>a</sub>	Proud zajišťující samočinné odpojení
U <sub>o</sub>	Jmenovité střídavé napětí proti zemi
I <sub>n</sub>	Jmenovitý proud
I <sub>Δn</sub>	Jmenovitý reziduální (rozdílový) proud
L1	Označení fázového vodiče
N	Označení ochranného vodiče
SELV	Safe extra low voltage
PELV	Protective extra low voltage
FELV	Functional extra low voltage
FI	Označení chrániče nezávislého na napájecím napětí
DI	Označení chrániče závislého na napájecím napětí

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1. Elektrické oddělení obvodu SELV [4] .....	17
Obrázek 2. Užití obvodu PELV [4] .....	18
Obrázek 3. Ochrana samočinným odpojením vadné části v síti TN-S .....	19
Obrázek 4. Ochrana samočinným odpojením vadné části v síti TN-C.....	19
Obrázek 5. Ochrana samočinným odpojením vadné části v síti TT .....	20
Obrázek 6. Zapojení napěťového chrániče v 2F a 3F soustavě .....	21
Obrázek 7. Princip činnosti proudového chrániče v síti TT [1].....	25
Obrázek 8. Zapojení chráničů FI, DI .....	27
Obrázek 9. Meze vypínacích časů pro proudové chrániče .....	29
Obrázek 10. Ochrana budovy pasivními hromosvody.....	33
Obrázek 11. Ochrana budovy aktivním hromosvodem [7].....	34
Obrázek 12. Technické údaje proudových chráničů firmy Hager .....	38
Obrázek 13. Nadproudový .....	38
Obrázek 14. Nadproudový chránič Hager 4. pólový .....	38
Obrázek 15. Technické údaje proudových chráničů firmy OEZ .....	39
Obrázek 16. Nadproudový .....	39
Obrázek 17. Technické údaje proudových chráničů firmy SCHRACK.....	40
Obrázek 18. Nadproudový .....	40
Obrázek 19. Technické údaje proudových chráničů firmy BONEGA – magnetické (10 kA, 6-63 A) .....	41
Obrázek 20. Nadproudový .....	41
Obrázek 21. Nadproudový .....	41
Obrázek 22. Technické údaje proudových chráničů firmy BONEGA – magnetické (10 kA, 63-100 A) .....	42
Obrázek 23. Technické údaje proudových chráničů firmy BONEGA – elektronické (10 kA, 6-63 A) .....	43
Obrázek 24. Schematické znázornění zón v koupelně [6].....	49
Obrázek 25. Půdorysné rozdělení zón [6].....	49
Obrázek 26. Umývací prostor – schematické znázornění [6].....	51



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. Ochrana kryty nebo překážkami .....	23
Tabulka 2. Cenové srovnání chráničů 40A/30mA a 63A/30mA .....	46

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: Srovnávací tabulka proudových chráničů.....	59
--	----

## PŘÍLOHA P I: SROVNÁVACÍ TABULKA PROUDOVÝCH CHRÁNIČŮ

Výrobce	Jmenovitý proud [A]	Jmenovité napětí [V]	Počet pólů	Reziduální proud [mA]	Zkratová odolnost [kA]	Citlivost na proudy	Odolnost proti rázovému proudu [A]	Předřadná pojistka [A]	FI / DI	Provozní teplota [°C]	Krytí	Mechanická trvanlivost
hager	25	230	2	30	6	střídavé	250	-	FI	-5 / +40 (-25 / +40 In=30 mA)	IP20	-
hager	40	230	2	30, 100	6	střídavé	250, typ G-3000	-	FI	-5 / +40 (-25 / +40 In=30 mA)	IP20	-
hager	63	230	2	30	6	střídavé	250	-	FI	-5 / +40 (-25 / +40 In=30 mA)	IP20	-
hager	25	230/400	4	30, 100, 300	6	střídavé	250	-	FI	-5 / +40 (-25 / +40 In=30 mA)	IP20	-
hager	40	230/400	4	30, 100, 300	6	střídavé	250, typ G-3000, typ S-5000	-	FI	-5 / +40 (-25 / +40 In=30 mA)	IP20	-
hager	63	230/400	4	30, 100, 300	6	střídavé	250, typ G-3000, typ S-5000	-	FI	-5 / +40 (-25 / +40 In=30 mA)	IP20	-
hager	16	230	2	10	6	stejnoseměrné	250	-	FI	-25 / +40	IP20	-
hager	25	230	2	30	6	stejnoseměrné	250	-	FI	-25 / +40	IP20	-
hager	40	230	2	30, 100	6	stejnoseměrné	250	-	FI	-25 / +40	IP20	-
hager	63	230	2	30	6	stejnoseměrné	250	-	FI	-25 / +40	IP20	-
hager	25	230/400	4	30	6	stejnoseměrné	250	-	FI	-25 / +40	IP20	-
hager	40	230/400	4	30, 100, 100S, 300S 30, 100, 300, 100S, 300S	6	stejnoseměrné	250	-	FI	-25 / +40	IP20	-
hager	63	230/400	4	300S	6	stejnoseměrné	250	-	FI	-25 / +40	IP20	-
OEZ	6	230	2	30	6	-	1000	-	FI	-5 / +40	IP20	10 000 cyklů
OEZ	10	230	2	30	6	-	1000	-	FI	-5 / +40	IP20	10 000 cyklů
OEZ	16	230	2	30	6	-	1000	-	FI	-5 / +40	IP20	10 000 cyklů
SCHRACK	40	230/400	4	30, 300	10	pulzní proudy	typ G >3000, typ S >5000	G-40 gG/gL S- 63 gG/gL	FI	-25 / +40	IP40	el. ≥ 4 000 mech. ≥ 20 000
SCHRACK	63	230/400	4	30, 300	10	pulzní proudy	typ G >3000, typ S >5000	G-63 gG/gL S- 63 gG/gL	FI	-25 / +40	IP40	el. ≥ 4 000 mech. ≥ 20 000
SCHRACK	80	230/400	4	30,300	10	pulzní proudy	typ G >3000, typ S >5000	G-80 gG/gL S- 80 gG/gL	FI	-25 / +40	IP40	el. ≥ 4 000 mech. ≥ 20 000
BONEGA	6	230/400	2, 4	30, 100, 300	10	-	-	80 gG	FI/DI	-5 / +40	IP20	≥ 1 000 cyklů
BONEGA	10	230/400	2, 4	30, 100, 300	10	-	-	80 gG	FI/DI	-5 / +40	IP20	≥ 1 000 cyklů
BONEGA	13	230/400	2, 4	30, 100, 300	10	-	-	80 gG	FI/DI	-5 / +40	IP20	≥ 1 000 cyklů
BONEGA	16	230/400	2, 4	30, 100, 300	10	-	-	80 gG	FI/DI	-5 / +40	IP20	≥ 1 000 cyklů
BONEGA	20	230/400	2, 4	30, 100, 300	10	-	-	80 gG	FI/DI	-5 / +40	IP20	≥ 1 000 cyklů
BONEGA	25	230/400	2, 4	30, 100, 300	10	-	-	80 gG	FI/DI	-5 / +40	IP20	≥ 1 000 cyklů
BONEGA	32	230/400	2, 4	30, 100, 300	10	-	-	80 gG	FI/DI	-5 / +40	IP20	≥ 1 000 cyklů
BONEGA	40	230/400	2, 4	30, 100, 300	10	-	-	80 gG	FI/DI	-5 / +40	IP20	≥ 1 000 cyklů
BONEGA	63	230/400	2, 4	30, 100, 300	10	-	-	80, 125 gG	FI/DI	-5 / +40	IP20	≥ 1 000 cyklů
BONEGA	80	230/400	2,4	30, 100, 300	10	-	-	125 gG	FI	-5 / +40	IP20	≥ 1 000 cyklů
BONEGA	100	230/400	2,4	30, 100, 300	10	-	-	125 gG	FI	-5 / +40	IP20	≥ 1 000 cyklů