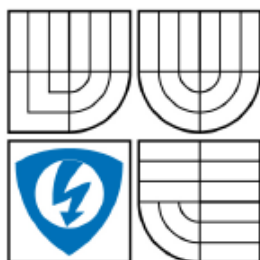


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNologií

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A  
ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC  
ENGINEERING

## SELEKTIVITA ELEKTRICKÝCH PŘÍSTROJŮ

SELECTIVITY OF SWITCHGEARS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

TOMÁŠ ONDRUŠ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ VALENTA, Ph.D.

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

**Student:** Tomáš Ondruš  
**Ročník:** 3

**ID:** 72995  
**Akademický rok:** 2008/2009

## NÁZEV TÉMATU:

**Selektivita elektrických přístrojů**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Vysvětlete princip selektivity a stanovení mezí selektivity mezi jednotlivými jisticími, případně ochrannými, přístroji.
2. Experimentálně vyhodnoťte selektivitu pro zadané kombinace jisticích prvků a změřené údaje porovnejte s údaji výrobce daných prvků.
3. Zpracujte projekt rozvodu elektrické energie a vyhodnoťte selektivitu mezi jednotlivými prvky.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle doporučení vedoucího.

**Termín zadání:** 1.10.2008

**Termín odevzdání:** 29.5.2009

**Vedoucí práce:** Ing. Jiří Valenta, Ph.D.

**doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.**  
*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

# LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

## 1. Pan/paní

Jméno a příjmení: **Tomáš Ondruš**  
Bytem: **Hutník 1440, Veselí nad Moravou**  
Narozen/a (datum a místo): **26.3.1987, Kyjov**  
(dále jen „autor“)

a

## 2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií  
se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:  
doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc., předseda oborové rady Silnoproudá  
elektrotechnika a elektroenergetika  
(dále jen „nabyvatel“)

## Čl. 1

### Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
- ☐ diplomová práce
- ☒ bakalářská práce
- ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako .....  
(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP:

Vedoucí/ školitel VŠKP:

Ústav:

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v\*:

- ☒ tištěné formě – počet exemplářů 1
- ☒ elektronické formě – počet exemplářů 1

\* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

## **Článek 2**

### **Udělení licenčního oprávnění**

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
  - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
  - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
  - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
  - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
  - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

## **Článek 3**

### **Závěrečná ustanovení**

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

**V Brně dne:** .....

.....  
**Nabyvatel**

**Tomáš Ondruš**  
.....  
**Autor**

## Abstrakt

Práce je věnována selektivitě elektrických přístrojů. Je to nově se rozvíjející oblast, které se zabývá vhodným řazením jisticích a ochranných přístrojů o různých jmenovitých hodnotách proudu, tak aby při poruše určité části obvodu vypnul pouze jisticí (ochranný) přístroj umístěný nejbližší místu poruchy směrem od zdroje. Vysvětleno je zde základní rozdělení jisticích a ochranných přístrojů, jejich funkce a možnosti použití i při různých kombinacích, a také různé způsoby dosažení selektivity. Selektivita je nově požadována hlavně v průmyslových rozvodech, neboť při dosažení úplné selektivity se ztráty v důsledku výpadků napájení minimalizují, i když vybudování selektivního obvodu je nákladnou záležitostí.

This work is focused on the matter of proper selectivity of switchgears. It is a newly emerging area dealing with the matter of appropriateness of sequence in switching-in of protection devices of given electric current values in order to achieve the state, when, in the case of particular circuit section breakdown, only the protective device placed fast by the section broken in the direction from the electrical source is to be switched off. The basic classification of the protective devices together with the comments on their functions and their potential usage in different combinations is provided here, together with the various ways describing how to reach the selectivity. The selectivity is a requested attribute especially in industrial electric power distribution, when, if the absolute selectivity is achieved, the loss caused by the circuit breakdown is minimized. However, the process of establishing of a selective circuit is still rather an expensive objective.

## Klíčová slova

**elektrický** – electric - používající (pracující s) elektrickou energií

**elektrický proud** – electric current - množství elektronů, které projde určitou plochou za čas

**jistič** – breaker - jisticí přístroj s tepelnou a zkratovou spouští, chrání zařízení před nadproudy a zkraty

**neživá část** – inactive part - část obvodu, kterou za poruchového stavu může téct elektrický proud

**pojistka** – fuse - jisticí přístroj, chrání zařízení před nadproudy a zkraty

**proudový chránič** – earth-leakage breaker - chrání před dotykem živé (i neživé) části obvodu

**přetížení** – overload - mírně větší hodnota určité veličiny, než je dovoleno

**přístroj** – instrument - zařízení, které plní určitou funkci

**selektivita** – selectivity - výběrovost

**zkrat** – short-circuit - podstatně větší hodnota určité veličiny, než je dovoleno

**živá část** – electrically active part - část obvodu, kterou za bezporuchového stavu teče elektrický proud

## **Bibliografická citace**

Ondruš, T. *Selektivita elektrických přístrojů*  
Brno: FEKT VUT v Brně, 2008. 43s.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Selektivita elektrických přístrojů jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

27.5.2009

## **Poděkování**

**Děkuji mému vedoucímu práce, panu inženýru Jiřímu Valentovi, Ph.D. za poskytnutou pomoc v průběhu zpracovávání této práce.**



# ***OBSAH***

## **1. Úvod**

## **2. Princip, význam a druhy selektivity mezi dvěma jistíci prvky**

### **2.1. Nejběžnější typy přetížení**

### **2.2. Způsoby zajištění selektivity**

### **2.3. Elektrické přístroje:**

#### **2.3.1. Elektrický jistič**

#### **2.3.2. Tavná pojistka**

#### **2.3.3. Proudový chránič**

#### **2.3.4. Napěťový chránič**

#### **2.3.5. Přepět'ová ochrana**

#### **2.3.6. Odpojovač**

#### **2.3.7. Odpínač**

#### **2.3.8. Výkonový odpojovač**

### **2.4. Vzájemná selektivita proudových chráničů**

## **3. Princip stanovení meze selektivity v oblasti přetížení a zkratu**

### **3.1. Rozdělení selektivity (z hlediska meze selektivity)**

## **4. Zajištění selektivity mezi různými kombinacemi jističů a pojistek**

### **4.1. jistič – jistič**

### **4.2. pojistka – pojistka**

### **4.3. jistič – pojistka**

### **4.4. pojistka – jistič**

## **5. Experimentální vyhodnocení selektivity různých kombinací prvků**

### **5.1. selektivita proudových chráničů**

### **5.2. selektivita pojistka - jistič při zkratu**

### **5.3. selektivita pojistka - jistič při přetížení**

### **5.4. selektivita pojistka - pojistka při zkratu**

### **5.5. selektivita pojistka - pojistka při přetížení**

### **5.6. selektivita jistič – jistič při zkratu**

### **5.7. selektivita jistič – jistič při přetížení**

### **5.8. selektivita jistič – pojistka při zkratu**

### **5.9. selektivita jistič – pojistka při přetížení**

## **6. Zpracování projektu rozvodu elektrické energie**

## **7. Závěr**

## **8. Přílohy**

# *Selektivita elektrických přístrojů*

## *1. Úvod*

**Selektivita** - schopnost, citlivost výběru, ladění.

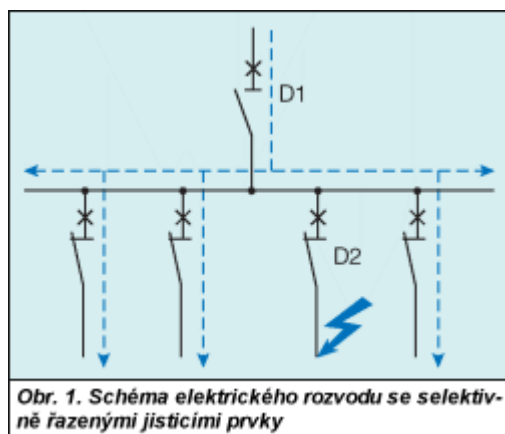
- výběrovost, schopnost a dovednost vybrat si (detekovat) ze shluků jevů nebo aktivit jev nebo činnost, mající v dané situaci prioritní význam.

**Selektivita** je základní podmínkou, která musí být vzata v úvahu již na počátku každého projektu elektrických rozvodů, je to taková koordinace pracovních charakteristik elektrických přístrojů (jistíků, pojistek a chráničů) zapojených v sérii, při které v případě vzniku poruchy vypne pouze přístroj umístěný nejbližší nad místem poruchy, avšak další přístroj nepůsobí a zůstává i nadále v provozu.

V elektrických rozvodech dávají uživatelé nejvyšší prioritu požadavkům na bezpečnost osob a zařízení a požadavkům na spolehlivost elektrického napájení (plynulou dodávku elektřiny). První požadavek je zajištěn použitím různých elektrických ochranných zařízení. Druhý požadavek je splněn vzájemnou koordinací systému jističů. Rozvody elektrické energie jsou téměř vždy tvořeny rozvětvenou paprskovou sítí s mnoha jistíci a ochrannými přístroji řazenými za sebou. Základní prvkem selektivity v elektrickém rozvodu je vhodné odstupňování jističů a ochranných přístrojů. V současné době se stále více setkáváme s výstavbou nových investičně velmi náročných technologických celků. Investoři běžně počítají s celodenním provozem, což je v převážné většině jediná cesta k ekonomicky rozumné návratnosti vložených investic. Pro zajištění plynulosti napájení a pro minimalizaci doby výpadku je nezbytná koordinace ochranných zařízení. Jakékoli odstávky provozu vzniklé poruchami na technologii, popřípadě nevhodným návrhem technologie a jejího napájení, pak vedou ke značnému snížení návratnosti a tím prodražení celé investice. Hledisko návratnosti je si potřeba u nových rozvodů dobře a důkladně rozmyslet, jestli se vyplatí investovat do mnohdy dražších jističů a ochranných přístrojů nebo oproti tomu počítat s možnými riziky ztrát v důsledku výpadků elektrické energie. Selektivita přístrojů v elektrických rozvodech je nový pojem, který je znám několik posledních let. Selektivita nebyla před mnoha lety brána nijak vážně, ani se jí nedosahovalo tak snadno, neboť ještě nebyly tak rozvinuty inteligentní jističí prvky s nastavitelnými charakteristikami. Neselektivita způsobovala hlavně v průmyslu, obrovské ztráty, kdy docházelo úplně zbytečně k ztrátě napájení funkčních, neporuchových částí systému, což způsobovalo zničení surovin nebo polotovarů již částečně zpracovaných nebo nacházejících se právě ve výrobním procesu – tuhnutí chemikálií, skla atd. V neposlední řadě nenadálá odstávka může také znamenat ohrožení bezpečnosti obsluhy, životního prostředí atd. Pokud by k poruše i tak došlo, je potřeba, aby touto poruchou byla postižena co nejmenší část elektrického rozvodu s cílem odpojit pouze odbočku nebo zátěž s poruchou od sítě bez ovlivnění jiných vývodů a zachovat nepřerušené napájení. A to se docílí selektivním řazením jističů a ochranných přístrojů. K tomuto požadavku přispěl hlavně rozvoj inteligentních a nastavitelných jističů a ochranných přístrojů, u nichž se mohou vypínací charakteristiky ovlivňovat časovým zpožděním a nastavením různých hodnot jmenovitých proudů. V případě kdy dojde k poruše nadproudem (ať už přetížením nebo zkratem), je potřeba toto postižené místo odpojit od zbytku obvodu a to jističím přístrojem, který je řazen nejbližší k místu poruchy směrem od zdroje. Vypnutí musí být vždy včasné, aby nemohlo dojít k oteplení vodiče nad únosnou mez při přetížení, či poškození vodičů tepelnými respektive dynamickými účinky při zkratu. Tomu se musí vypínací charakteristiky jističů a ochranných přístrojů přizpůsobit.

## 2. Princip, význam a druhy selektivity mezi dvěma jistíci prvky

Studie selektivity řeší pro danou síť rozbor potřeby ochranných funkcí, vycházející z údajů výrobců. Začíná analýzou požadavků na typ ochrany podle typu poruchy. Dalším krokem je koordinace ochrany z pohledu typu poruchy. Výsledkem je zajištění co nejvyšší spolehlivosti jištění a ochrany při plynulém provozu.



- obrázek 1.1 příklad neselektivního působení prvků

V tomhle případě neměl vypnout nadřazený jistící přístroj D1, ale přiřazený jistící přístroj D2. Důsledkem tohoto odpojení bylo omezení dodávky na celou paralelní větev. Kdyby vypnul pouze jistící přístroj D2, nedošlo by k omezení dodávky energie do zbylé části rozvodu. Toto působení jistících prvků je neselektivní. Pokud by vypnul pouze přístroj D2 a nevypnul D1 jednalo by se selektivní jištění.

Selektivitu sériového řazení (řetězce) jistících přístrojů nelze většinou přesně posoudit v obvykle požadovaném rozsahu proudů, jen na základě vzájemných poloh vypínacích charakteristik (čas/proud) jednotlivých přístrojů. Pro velké nadproudy (v oblasti energetické selektivity) je třeba selektivitu ověřit zkouškami, protože v některých případech neodpovídá hodnota z vypínacích charakteristik hodnotě naměřené, což může vést k neselektivnímu chování přístrojů. Vyplývá to z toho, že jednotlivé jistící přístroje, vlivem rozdílných vlastností daných principem působení a konstrukčním řešením, u již používaných přístrojů také opotřebením, mají své specifické vlastnosti v oblasti velkých nadproudů. Ovlivnění charakteristiky vypínacího prvku může způsobit i okolní teplota, která jistící prvek zahřívá. Jsou to např. rozdílné reakční časy nebo energie (tavná energie pojistky) potřebné k iniciaci vypnutí přístroje na jedné straně a případné omezovací schopnosti proudu na straně druhé. Selektivitu je dobré vyšetřovat vždy pro dva přístroje zapojené bezprostředně za sebou, aby nemohlo být měření ovlivněno úbytky na spojovacím vedení mezi přístroji.

### 2.1. Nejběžnější typy přetížení (jak proudového, tak napětového) rozvodů představují:

- přetížení,
- zkraty,
- proudové nárazy,
- zemní proudy,
- přechodové jevy vyvolané poklesem napětí nebo ztrátou napájení.

Je třeba připomenout, že nežádoucí vypnutí jističů může vyvolat působení podpětových spouští v případném poklesu napětí. Každému typu poruchy odpovídá specifický typ použité ochrany (proti přetížení, zkratu, zemnímu spojení). Jeden typ poruchy však může současně nebo ovlivněním namáhat více typů ochrany.

- vysoké úrovně zkratových proudů způsobují poklesy napětí a mohou iniciovat působení podpětových ochrany,

- poruchy izolace mohou v systémech zemních ochran působit jako zkrat pracovního vodiče a neutrálního vodiče a vybavit zkratové spouště (příklady sítí TN, IT), vysoké úrovně zkratových proudů mohou vypínat systémy zemních ochran z důvodu nasycení toroidů vytvořením fiktivní nulové složky proudu.

Významné pojmy:

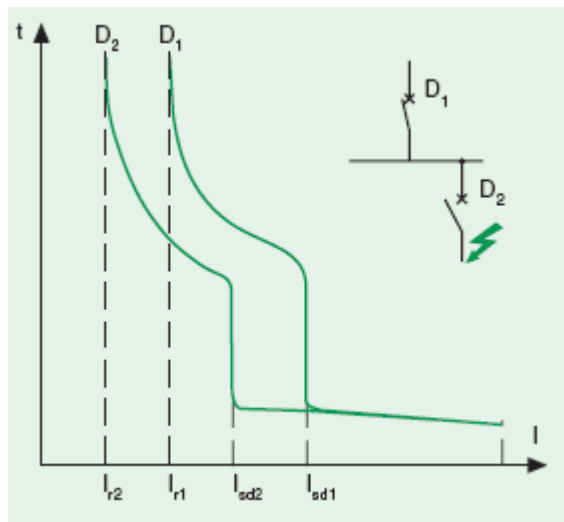
**Přiřazený jistící přístroj** – je to ten jistící přístroj, který je umístěný nejbližší k (vypínané) zátěži.

**Předřazený jistící prvek** – je to jistící prvek umístěný nejbližší ke zdroji.

**Mez selektivity** – je to proud, do jehož hodnoty jsou zařazené prvky selektivní. Pro hodnoty proudu vyšší než je tento proud se přístroje již nemusí chovat selektivně. Tento proud označujeme  $I_{Is}$ .

## 2.2. Způsoby zajištění selektivity:

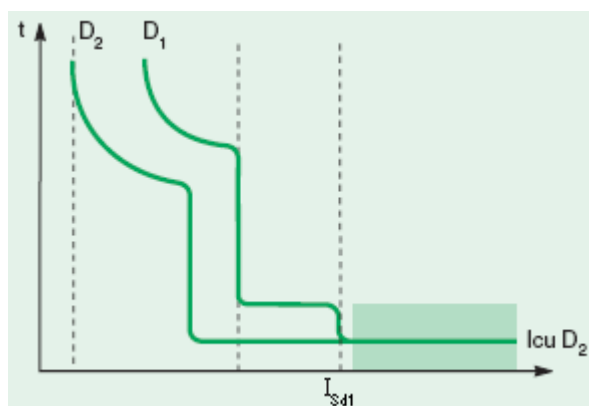
- **proudová selektivita** (tento druh selektivity se dosahuje stupňováním vypínacích charakteristik na přetížení nebo charakteristik s malým zpožděním dvou za sebou zapojených jističů). Používá se nejčastěji v obvodech s odbočkami, při osazení jističi bez spouští s časovým zpožděním. Chrání proti zkratovým proudům a svým působením je částečná. Tento způsob je účinnější, jestliže jde o rozdílné poruchové proudy a tehdy, když se jedná o působení v různých částech rozvodu, kde se mohou vyskytnout nezanedbatelné impedance vodičů malých průřezů. Pokud nejsou proudové spouště různých úrovní nebo se v některé z částí překrývají nemusí se jednat o úplnou selektivitu. Selektivní oblast je tím významnější, čím větší je rozdíl mezi nastavením okamžitých jmenovitých hodnot spouští  $D_1$  a  $D_2$  a vzdáleností místa poruchy od  $D_2$ . Minimální poměr mezi úrovněmi  $I_{nd1}$  a  $I_{nd2}$  musí být 1,6 násobek vzhledem k přesnosti nastavení.



obrázek 1.2 – charakteristiky proudově selektivních jističů

**energetická selektivita** - je zlepšenou verzí časové selektivity. Tento typ selektivního působení je založen na přesném zvládnutí energie prošlé jistícím prvkem během vypínání. Citlivost spouští na hodnotu prošlé energie je významným příspěvkem k zabezpečení plynulosti dodávek energie. Selektivita je úplná, jestliže pro všechny hodnoty poruchového proudu je energie, která je propuštěná přiřazeným jistícím prvkem menší, než energie nutná k vypnutí předřazeného jističe. Nad oblastí působení selektivní zkratové spouště předřazeného jističe ( $I_{sd1}$ ) může být vzájemná selektivita jističů stanovena pouze porovnáním charakteristik propuštěné energie. Pokud se charakteristiky obou jistících prvků v oblasti nad zkratovou

spouští překrývají nebo se k sobě těsně blíží, je potřeba (i podle výrobců) selektivitu odzkoušet.

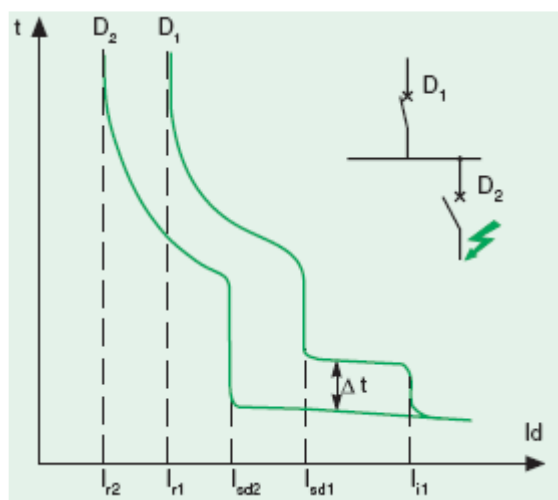


obrázek 1.3 – zvýrazněná energetická oblast selektivity

- **časová selektivita** (dosahuje se časovým zpožděním  $\Delta t$  selektivní zkratové spouště (ST) jističe D1. Vychází z pravidla, kdy se nesmí křížit, popř. překrývat charakteristiky jističů pro jakoukoliv hodnotu předpokládaného zkratového proudu. V oblasti vyšších hodnot zkratových proudů je zaručena úplná selektivita, když vodorovné části charakteristik – vpravo od bodu  $I_{sd1}$  jsou různých úrovní. Předřazený selektivní jistič (blíže napájecímu zdroji) je obvykle s vyšším časovým zpožděním než přiřazený. Použití tohoto jističe odpovídá časové selektivitě, v případě poruchy vede k hodnotě celkového vypínacího času delšího než 10 ms (jedna půlvlna). Může dosáhnout až několika stovek milisekund. Pro splnění ochranné funkce jsou nutné dvě podmínky:

- jistič je vybaven spouští s pevným nebo nastavitelným časovým zpožděním,
- části rozvodu včetně jističe jsou dostatečně odolné po dobu trvání časového zpoždění (dostatečná tepelná a dynamická odolnost).

Jestliže odolnost instalace a jističe není dostatečná (během zpoždění) pro namáhání zkratovými proudy  $I_{dc}$ , musí být jistič D1 vybaven okamžitou spouští s vysokým nastavením.



obrázek 1.4 – časová selektivita dvou jističů

#### - kombinovaná selektivita

Jednotlivé metody řešení selektivity jsou obvykle kombinovány pro zajištění co největší spolehlivosti napájení. Při návrhu řešení selektivity se nejčastěji využívají tabulky výrobců jisticích prvků, kde jsou také uvedeny meze selektivity pro přiřazení jističů a různé typy spouští. Při návrhu jsou rovněž uvažovány náklady na volbu přístrojů a případného neselektivního působení.

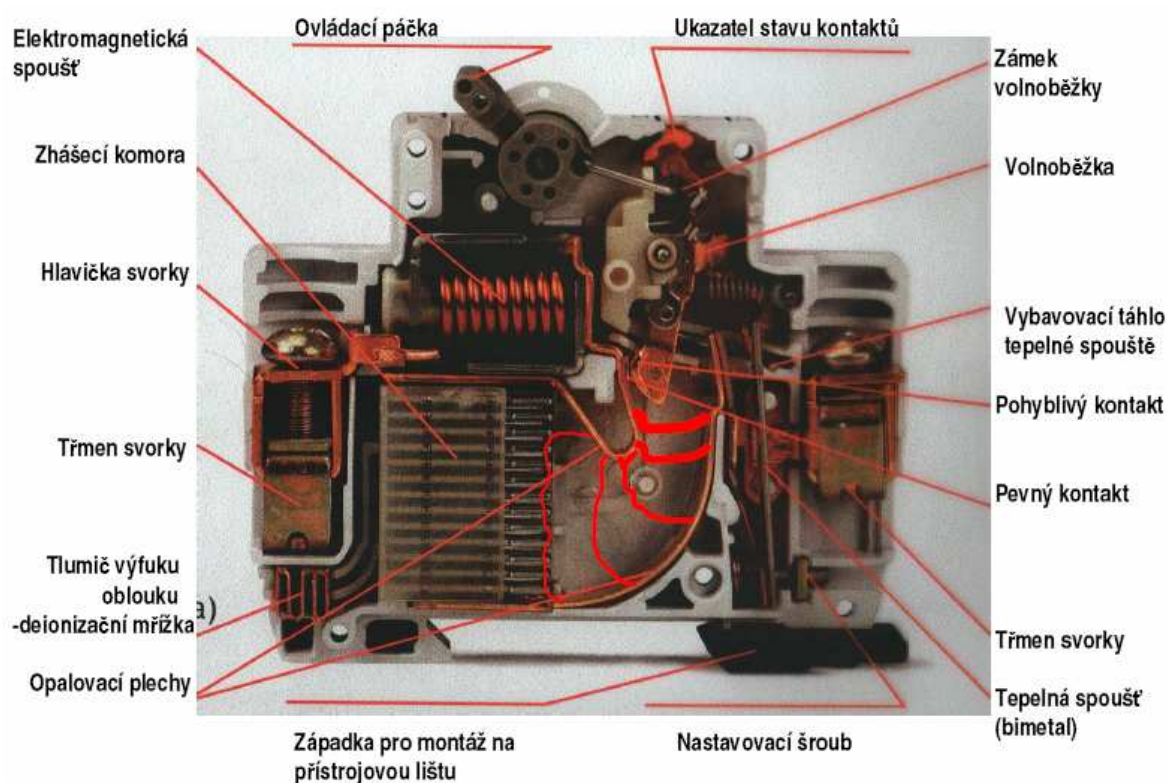
## 2.3. Elektrické přístroje:

**Základní rozdělení:** spínací přístroje,  
ochranné a jistící přístroje  
měřicí přístroje

**Podrobnější rozdělení elektrických přístrojů** (rozdělení podle Wikipedie):

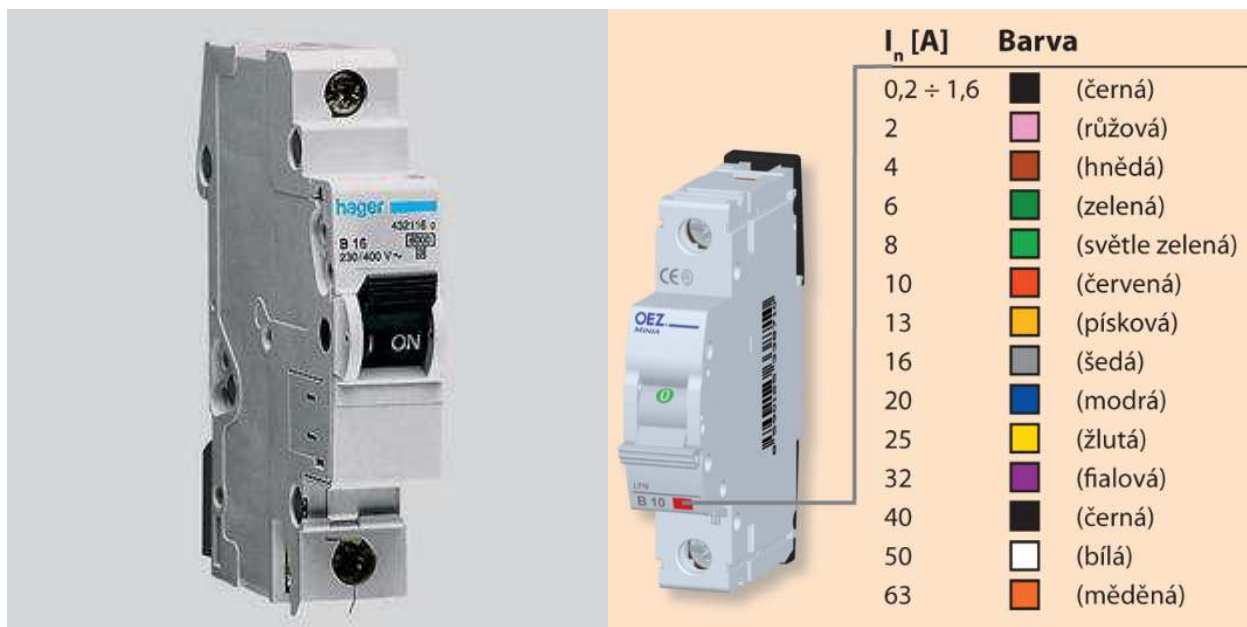
**2.3.1. Elektrický jistič** – je elektrický přístroj patřící mezi jistící přístroje, který při nadměrném elektrickém proudu (nadproudu – většinou při přetížení nebo zkratu) automaticky rozpojí elektrický obvod a tím může chránit obsluhu před možným úrazem elektrickým proudem a chráněné elektrické zařízení před jeho poškozením. Na rozdíl od pojistky, která musí být vyměněna, lze jistič znovu zapnout a obnovit tak dodávku proudu do elektrického obvodu. Jedná se tedy o nedestruktivní jistící zařízení. Charakteristickými hodnotami jističe jsou jmenovité napětí  $U_n$ , pro které je určen, zkratový proud (vypínací schopnost), který je schopen vypnout (u běžných domácích přístrojů typicky několik kiloampérů, které jsou dány zkratovým výkonem přívodu) a vypínací charakteristika (podle rychlosti reakce na nadproud nebo zkratový proud udávaná v milisekundách).

*Motorové jističe* – jsou určené pro ochranu prakticky všech elektromotorů musí být konstruované tak, aby vysoké záběrové proudy elektromotorů v klidovém stavu (tedy při startu motoru z klidového stavu) nevedly k jejich nežádoucímu vypnutí, což je dáno právě správnou vypínací charakteristikou jejich jističe.



obrázek 1.5 – řez jističem





obrázek 1.6 – příklady běžně vyráběných jističů

Jistič má dvě spouště, které jej při nadproudech vybavují, jsou to:

- *zkratová spoušť* – je vybavována při zkratech a působí magnetické a elektrodynamické silové účinky na nárazovou kotvu a vinutí.
- *tepelná spoušť* – funguje na principu bimetalu, který se při průchodu proudu zahřívá

Zkratová spoušť - sestává obecně z cívky s ponornou kotvou, která slouží k odblokování zámku vypínače. Často je také pro rychlejší rozepnutí kontaktů používán nárazový (úderný) kolíček, který působí přímo na pohyblivý kontakt. Rozhodující vliv na vybavení jističů vedení má magnetická síla vyvolaná procházejícím proudem, která působí na kotvu zkratové spouště. Významná je přitom nejen velikost tohoto proudu, ale také délka trvání jeho působení. U zkratové spouště dochází obzvláště u rázového proudu s tvarem vlny 8/20  $\mu$ s ke kvalitativním změnám, které narušují její řádnou funkčnost a mohou vést až k jejímu zničení. V této souvislosti lze uvést především působení elektromotorických sil na vinutí cívky, jejichž účinky se projevují od rozšíření a zdeformování cívky (změna indukčnosti a vybavovací charakteristiky) až po odtržení konce cívky od jejího nosníku, což vede k úplnému selhání jističe vedení.

- *obecně mohou být nadproudové spouště:*

- a) závislé — doba vybavení je nepřímo úměrná proudu; při nadproudu vypínají tím dříve, čím je proud větší,
- b) nezávislá — doba vybavení nezávisí na velikosti proudu; při každém nadproudu vypínají za stejný, předem nastavený čas;
- c) polozávislé — do určité velikosti proudu působí závisle, při větších proudech nezávisle.

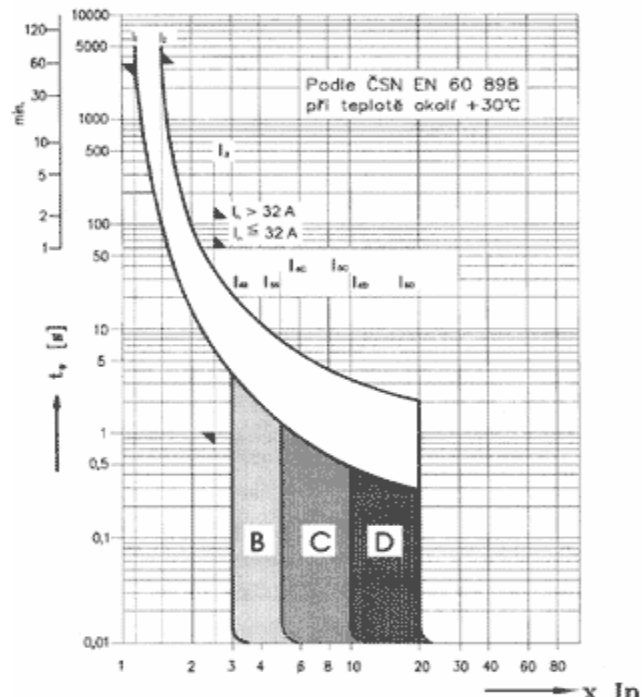
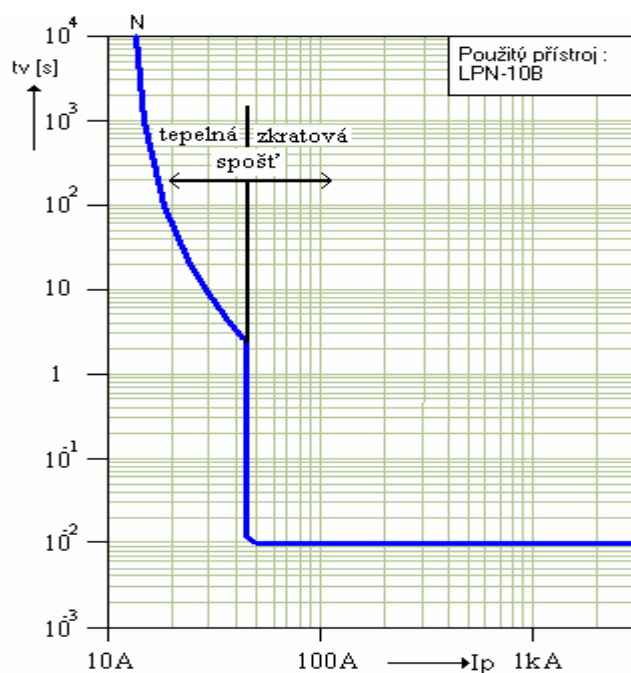
- *charakteristické údaje jističů:*

jmenovité napětí  $U_n$  – napětí na které je určen

jmenovitý proud  $I_n$  – proud, od kterého se odvíjí vypínací charakteristika

vypínací schopnost – hodnota nadproudu, kterou jistič bezpečně vypne

vypínací charakteristika – závislost času na proudu (nadproudu)



obrázek 1.8 – vypínací charakteristiky jističů typu B, C a D  
obrázek 1.7. – vypínací charakteristika jističe LPN s jmenovitou hodnotou proudu 10 A

**Tepelná (nadproudová) spoušť** – reaguje na nízké násobky jmenovitého proudu (přetížení), nemá žádný vliv na vybavení spínacích přístrojů při rázových proudech, protože přiváděná energie je příliš malá, než aby výrazně ohřála bimetal. Toto platí také pro většinu krátce po sobě následujících rázových proudů.

- rozdělení jističů podle násobku vypínaného jmenovitého proudu (viz obrázek 1.8):

a) **typ B** - vypíná při  $5 \times I_n$ , hodí se k jištění zařízení, které nezpůsobují proudové rázy (jištění vedení)

b) **typ C** - vypíná při  $10 \times I_n$ , používá se k zařízením, které způsobují proudové rázy (žárovkové skupiny, vedení s motory)

c) **typ D** - vypíná při  $20 \times I_n$ , používá se k zařízením s vysokými proudovými rázy (transformátory, 2-pólové motory)

**2.3.2. Tavná pojistka** – je elektrický přístroj, který chrání elektrotechnické zařízení či obvod před poškozením nadměrným proudem. Princip jištění spočívá v tom, že pojistka tvoří nejslabší místo elektrického obvodu. Při zahřátí vyšším, než povoleným proudem se vodič uvnitř pojistky přetaví a elektrický obvod přeruší. Pojistka (užívají se i výrazy pojistková patrona nebo pojistková vložka) funguje jednorázově, musí se vždy po přerušení vyměnit, nesmí se opravovat. Nejpoužívanější jsou pojistky: pro bytové a jim podobné instalace, válcové pojistky, nožové pojistky a další široká škála pojistek pro různé speciální použití (např. autopojistky).

**Značení pojistkových vložek:**

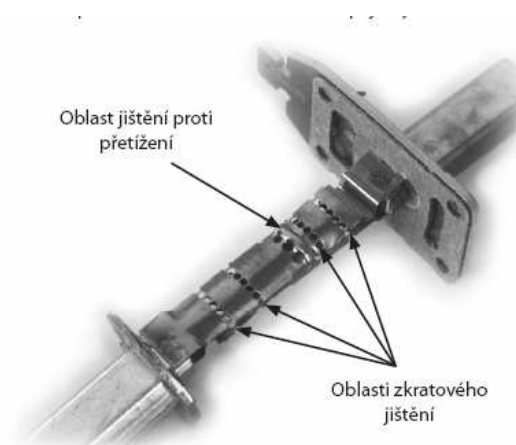
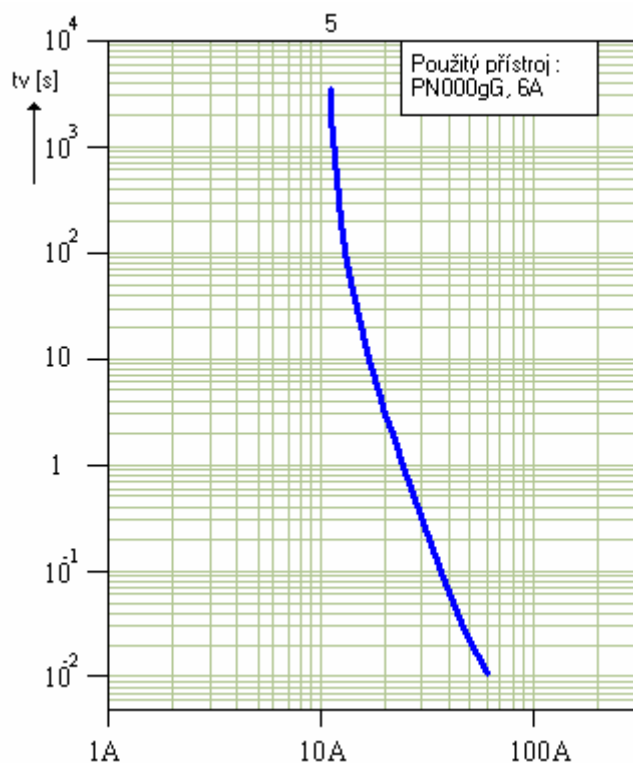
**1.znak:** a – vypíná od  $4 \times I_n$  do své vypínací schopnosti, pro nižší nadproudy nutno použít jiný vypínací prvek

g – vypíná veškeré nadproudy až do své vypínací schopnosti



2.znak:

- G – pro všeobecné použití
- M – pro jištění motorů
- R – pro polovodičové prvky ( mají rychlou vypínací charakteristiku )
- S – pro polovodičové prvky a kabely ( upravená charakteristika v oblasti malých nadproudů )
- Tr – pro jištění transformátorů ( hlavně na sekundární straně )
- L – podobná charakteristika jako u R ( specialita Německé republiky )



obrázek 1.9. – tělo pojistky

obrázek 1.10 - vypínací charakteristika pojistky PN000gG s jmenovitou hodnotou proudu 6 A.



obrázek 1.11 - klasická keramická pojistka



obrázek 1.12 - autopojistka

**2.3.3. Proudový chránič** - je elektrický přístroj, který odpojí chráněný elektrický obvod, pokud část přitékajícího proudu odtéká mimo obvod. Proudový chránič zajišťující doplňkovou ochranu (před dotykem živých částí) může současně zajišťovat i ochranu při poruše (před dotykem neživých částí). Vzhledem ke své citlivosti ji může zajišťovat mnohdy výrazně dokonaleji, uvažíme-li možné negativní okolnosti (zvýšený přechodový odpor spoju, dodatečná impedance připojovací nebo i prodlužovací šňůry atd.) Základní princip - pokud je přitékající proud  $I_1$  roven odtékajícímu proudu  $I_2$ , zůstává relé sepnuté. V okamžiku, kdy dojde k poruše a do země (nebo do člověka) teče proud  $I_3$ , přestane magnetické pole dolní cívky rušit magnetické pole horní cívky a relé rozepne kontakty.

Významnou novinkou je požadavek na doplňkovou ochranu zásuvek a mobilních zařízení pro venkovní použití proudovými chrániči s jmenovitým reziduálním proudem  $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ .

Ve střídavé síti musí být doplňková ochrana proudovými chrániči provedena:

- mobilních zařízení pro venkovní použití, u nichž jmenovitý proud nepřesahuje 32 A.
- zásuvek, jejichž jmenovitý proud nepřekračuje 20 A, které jsou užívány laiky (osobami bez elektrotechnické kvalifikace) a jsou určeny pro všeobecné použití.

Doplňkovou ochranu proudovým chráničem nemusí mít zásuvky určené k použití pod dozorem znalé nebo poučené osoby, zvláštní zásuvka určená pro připojení speciálního zařízení. Takovými zásuvkami pro speciální druh zařízení mohou být např. zásuvky pro zařízení kancelářské a výpočetní techniky nebo pro chladničky, tj. zásuvky pro napájení zařízení, jehož nežádoucí vypnutí by mohlo být příčinou značných škod. Základním principem proudových chráničů je obvykle zapojení součtového transformátoru za normálních provozních podmínek je vektorový součet proudů protékajících transformátorem nulový, neboť proud tekoucí do obvodu vyrovnává účinky proudu z obvodu vytékajícího. Výsledný magnetický tok v jádře transformátoru je roven nule. Ve chvíli, kdy je část proudu odváděna jinudy, vznikne rozdíl proudů mezi oběma vodiči (v případě jednofázového vedení) či obecně nenulový součet výsledného proudu na několika vodičích (např. tři fáze a nulový vodič). Tento rozdílový proud je pak chráničem detekován a obvod je rozpojen. Ve většině domácností se proudové chrániče zatím používají spíše omezeně, jen pro některé obvody, jako doplněk ke standardním jističům. V nových instalacích je však použití chráničů povinné pro zapojení koupelen a pro zásuvkové obvody určené zařízením používaným mimo budovu. Typicky tedy pro různé sekačky, drobné stavební stroje, čerpadla. Proudovým chráničem musí být povinně vybaveny také přemístitelné (staveništní) rozvaděče. Od roku 2009 bude používání proudových chráničů povinné pro všechny zásuvkové obvody () v nových nebo rekonstruovaných domovních instalacích, toto neplatí pro obvody respektive zásuvky, na které budou napojeny zařízení jejichž výpadek může způsobit škody, jedná se o zapojení plazmových a LCD televizorů, PC a ledniček. Proudové chrániče nedokáží rozeznat zkrat mezi fázemi, proto nemohou být použity samostatně a musí být doplněny o nadproudovou ochranu. Při vypínání obvodu proudovým chráničem, musí být vypnuty všechny pracovní vodiče.

#### **a) Rozdělení proudových chráničů:**

- proudové chrániče podle citlivosti na druh proudu:

##### **a) chrániče typu AC**

Chrániče tohoto typu jsou vhodné pro ochranu v elektrických rozvodech nebo jejich částech, v kterých se mohou vyskytnout jen střídavé reziduální proudy. Pulzující stejnosměrné složky reziduálního proudu snižují citlivost tohoto typu chrániče. V bytové výstavbě má typ AC dominantní použití.

##### **b) chrániče typu A**

Chrániče typu A jsou vhodné pro ochranu v elektrických rozvodech nebo jejich částech, v kterých se mohou vyskytnout jak střídavé, tak i pulzující stejnosměrné reziduální proudy. V bytové výstavbě má omezené použití. Některé levné domácí spotřebiče používají pro regulaci výkonu diodu (jednocestné usměrnění), např. vysoušeče vlasů. Je tedy mimo jiné vhodný pro ochranu zásuvek, do kterých lze předpokládat připojení takovýchto spotřebičů, např. zásuvek v koupelně.

##### **c) chrániče typu B**

Chrániče typu B jsou vhodné pro ochranu v elektrických rozvodech nebo jejich částech, v kterých se mohou vyskytnout jak střídavé, ale i pulzující stejnosměrné reziduální proudy, tak i hladké stejnosměrné reziduální proudy. Vzhledem k velmi omezenému použití je většina dodavatelů nemá ve své základní nabídce. V bytové výstavbě se nepoužívají.

- proudové chrániče podle vypínací charakteristiky (časového zpoždění vypnutí):

a) chrániče pro všeobecné použití —

– bez zpoždění (obvykle bez označení)

Odolnost těchto chráničů proti rázovému proudu (8/20  $\mu$ s) je 250 A.

Mohou vybavovat okamžitě po vzniku vypínacího reziduálního proudu (vypínací čas není zdola omezen). Pásmo vypínacích časů v závislosti na vypínacím reziduálním proudu viz obr. 17. Chrániče pro všeobecné použití zaručují dostatečnou odolnost proti obvyklým zapínacím proudům.

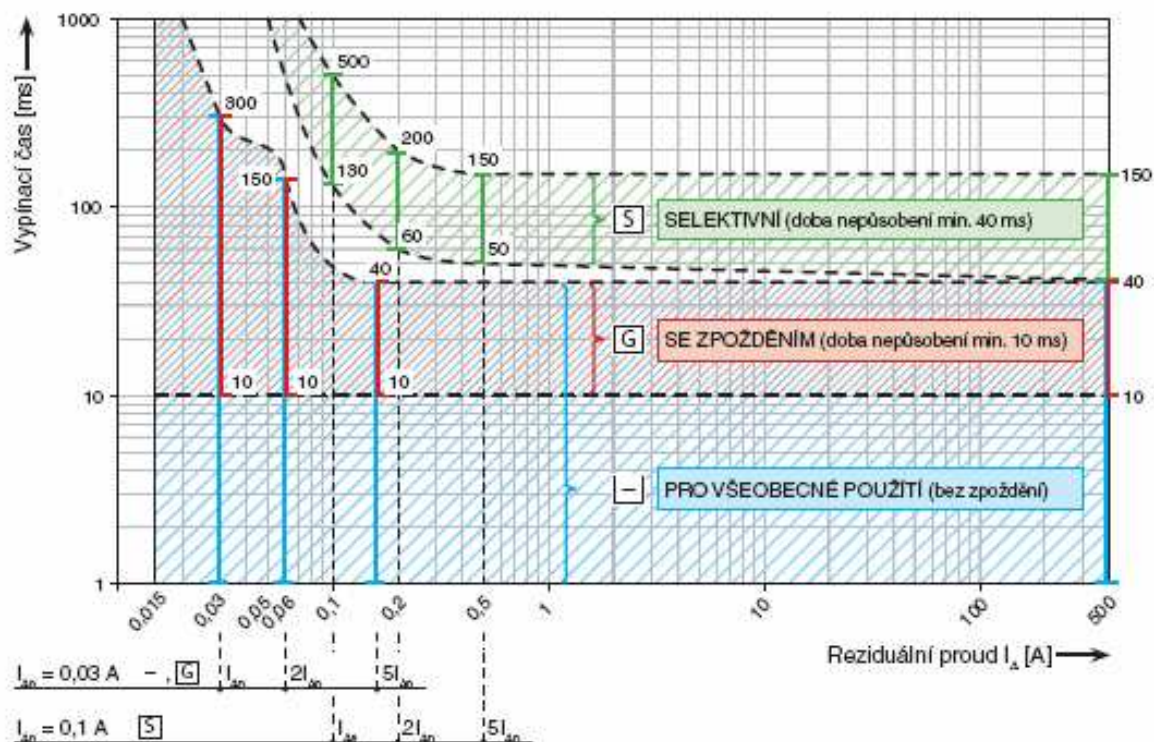
b) chrániče se zpožděním min. 10ms G

Odolnost těchto chráničů proti rázovému proudu (8/20  $\mu$ s) je 3 kA. Jejich doba nepůsobení (zpoždění) je minimálně 10 ms. Maximální vypínací časy v závislosti na velikosti vypínacího reziduálního proudu jsou stejné jako u chráničů pro všeobecné použití viz obr. 17. Tyto chrániče zaručují velkou odolnost, a to nejen proti zapínacím proudům, ale také proti krátkodobým proudům vyvolaným spínacím přepětím při použití odrušovacích kapacitních filtrů nebo atmosférickým přepětím při použití přepět'ových ochran. Významně omezují počet nežádoucích vypnutí.

c) selektivní proudové chrániče S

- se zpožděním min. 40 ms

Odolnost těchto chráničů proti rázovému proudu (8/20  $\mu$ s) je 5 kA. Jejich doba nepůsobení je minimálně 40 ms. Mají ještě větší odolnost proti krátkodobým proudům. Splňují podmínky z hlediska automatického odpojení od zdroje v případě poruchy pro maximální doby odpojení 0,4 a 0,2 s (nutno uvažovat vypínací reziduální proud větší než jmenovitý reziduální proud viz obr. 17. Používá se většinou jako hlavní chránič. Umožňují dosažení selektivity mezi proudovými chrániči.



obrázek 1.13 – charakteristiky chráničů s různým časovým zpožděním

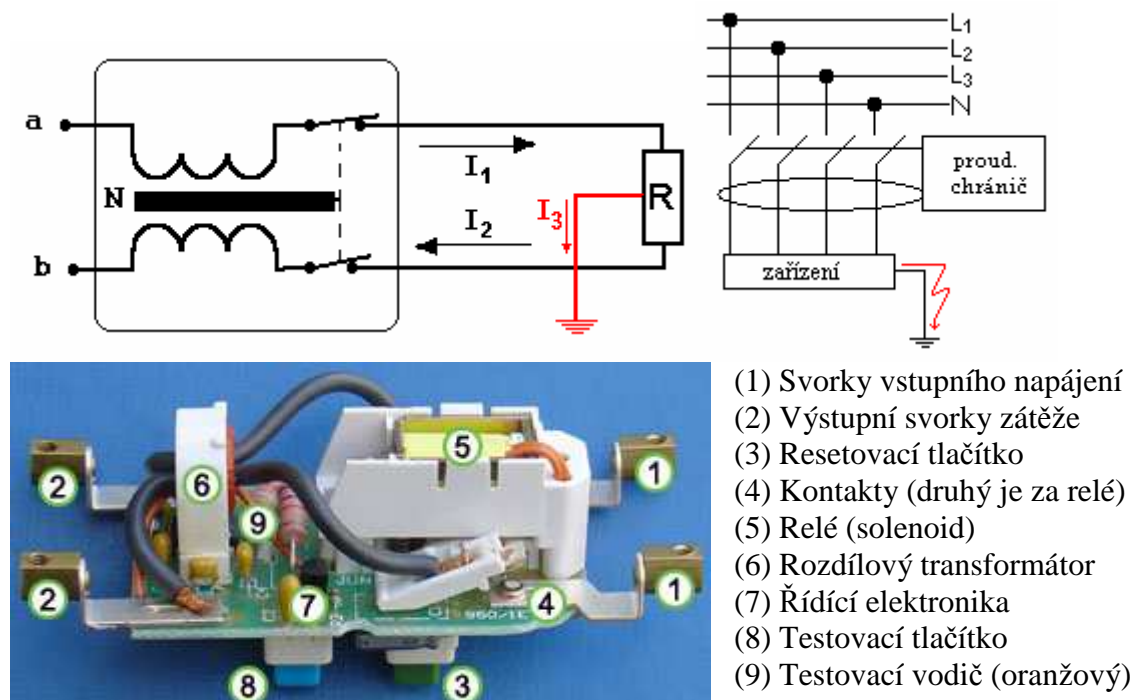
- proudové chrániče podle funkční závislosti na napájecím napětí:

a) funkčně nezávislé

Ochranná funkce těchto proudových chráničů není závislá na napětí sítě nebo na pomocném zdroji. Vypnutí chrániče v případě jeho aktivace, tj. vzniku vypínacího reziduálního proudu, zajišťuje energie naštědovaná jeho zapnutím a samotný vypínací reziduální proud. Proudové chrániče tohoto druhu mohou podle v současné době platných norem zajišťovat jak doplňkovou ochranu, tak také ochranu při poruše.

#### b) funkčně závislé

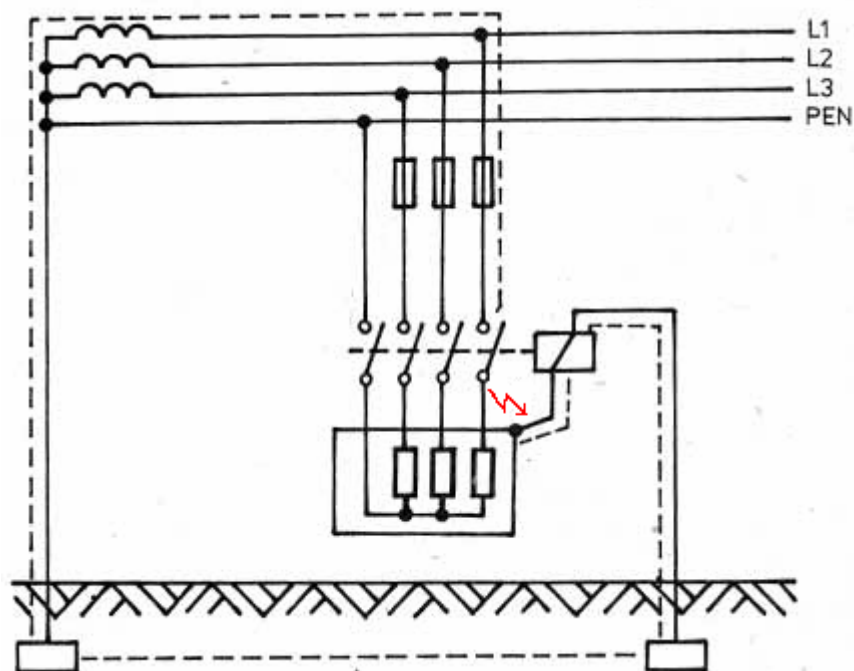
Chrániče funkčně závislé na napájecím napětí musí pracovat v rozmezí 0,85 až 1,1 jmenovitého pracovního napětí. Tyto chrániče se dále dělí na chrániče *vypínající* a na chrániče *nevypínající* automaticky při poruše napájecího napětí.



obrázek 1.14 – konstrukce a princip funkce proudového chrániče

#### 2.3.4. Napěťový chránič

Dříve byly v elektroinstalacích používány i napěťové chrániče. Jejich konstrukce a podmínky pro správný chod se musely kontrolovat a dodržovat, proto byl nahrazen konstrukčně i provozně jednodušším proudovým chráničem. Limitující podmínky jsou - za pomocný zemnič musí být použito samostatného zemniče, který je umístěn mimo oblast působení jiných zemničů. Zemní odpor pomocného zemniče nemá být větší než 200Ω.



obrázek 1.15 princip vypínání napěťového chrániče

**2.3.5. Přepět'ová ochrana** - chrání elektrická zařízení před poškozením izolace vyšším přepětím, než které je schopná izolace vydržet. Nazývají se též "bleskojistky" nebo "svodiče přepětí". Za přepětí můžeme považovat napětí ( $U$ ), které je dvakrát větší než jmenovité napětí ( $U_n$ ). Běžně se setkáme s polovodičovými přepět'ovými ochranami, ochrannými jiskřišti, rŕžkovými bleskojistkami, vyfukovacími trubicemi, ventilovými bleskojistkami, průrazkami atd. Překročení jmenovité hodnoty napětí  $U_n$  o 10-20% je považováno za normální provozní stav. Nastavená ochranná hladina, kdy přepět'ová ochrana začne omezovat napětí průchodem vnitřního proudu, musí být nižší než je izolační hladina zařízení.



obrázek 1.16 - zásuvková přepět'ová ochrana



obrázek 1.17 - přepět'ová ochrana slaboproudých obvodů

**2.3.6. Odpojovač** – je elektrický přístroj, který slouží k zapojování a odpojování nezatížených elektrických obvodů a k viditelnému odpojení elektrických zařízení od napájecího napětí. Na rozdíl od spínače neobsahuje zhášecí komoru, takže k odpojení nesmí dojít v situaci, kdy je obvod zatížen a odpojovačem protéká elektrický proud. Vlivem kapacitních proudů může dojít k elektrickému oblouku i při odpojování nezatíženého obvodu, nicméně s takovým obloukem konstrukce odpojovače počítá. Přípustné je i odpojování magnetizačního proudu nezatížených transformátorů. Používá se například jako bezpečnostní pojistka při opravách vysokonapěťových zařízení, nebo k připojování a odpojování krátkých venkovních či kabelových vedení a menších transformátorů. Odpojovač bývá často kombinován s uzemňovačem. Konstrukčně velmi podobným zařízením je přepojovač, který umožňuje spínat



dva různé elektrické obvody. Specifickým druhem odpojovačů jsou úsečníky. Úsečníky jsou zařízení pouze pro VN (vysoká napětí), jsou ručně (mechanicky) ovládané, výhodou úsečníků je, že mohou vypínat jmenovité proudy.

**2.3.6. Odpínač** – je to vlastně odpojovač, který je možno odpojit i pod jmenovitým zatížením.

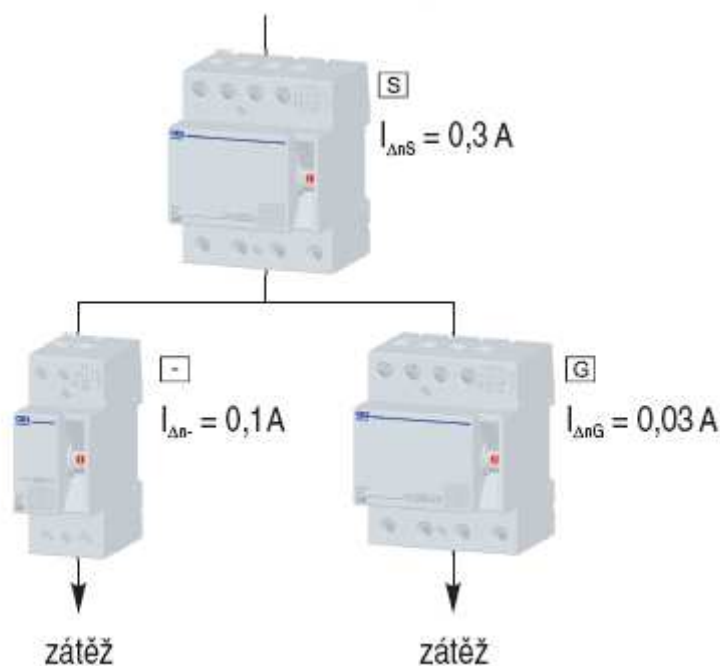
**2.3.7. Výkonový odpojovač** – dokáže vypínat i zkratové proudy

## **2.4. Vzájemná selektivita proudových chráničů:**

*- aby byla zajištěna selektivita mezi dvěma za sebou řazenými proudovými chrániči, musí být splněny dvě podmínky:*

1) doby nepůsobení předřazeného proudového chrániče (blíže ke zdroji) musí být delší než celkové vypínací časy přiřazeného proudového chrániče, a to pro všechny hodnoty vypínacího reziduálního proudu. Jinak řečeno - spodní hranice pásma vypínacích časů předřazeného chrániče musí ležet nad horní hranicí pásma vypínacích časů přiřazeného chrániče, viz obr.1.13. Je zřejmé, že tuto podmínku může jako předřazený chránič splnit jen selektivní proudový chránič, a to ještě při splnění i druhé podmínky.

Selektivní působení proudových chráničů má dvě podmínky:  $I_{\Delta n}$  předřazeného chrániče musí být alespoň třikrát větší než chrániče přiřazeného a předřazený chránič musí být v provedení selektivním (typ S), zatímco přiřazený může být standardní (typ A nebo AC) nebo rázově odolný (typ G).



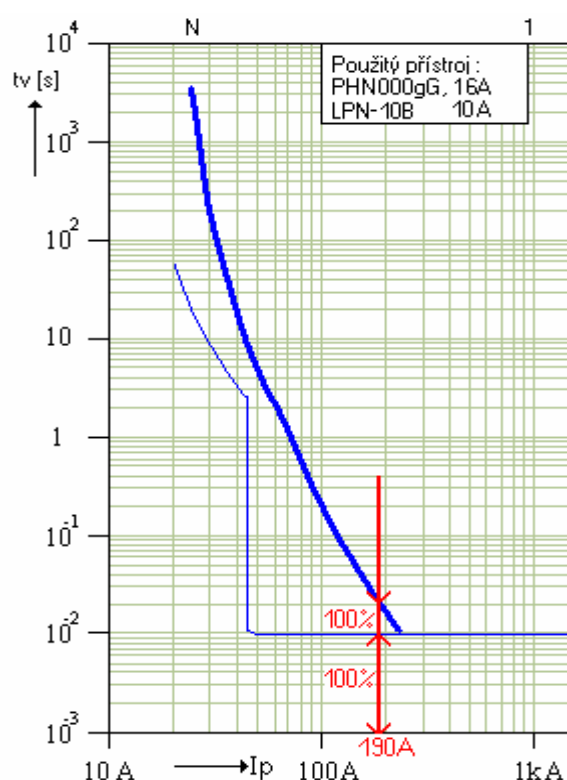
obrázek 1.18 – příklad selektivního řazení proudových chráničů

2) Proudové chrániče mohou podle již uvedené ČSN EN 61008 vypínat při dosažení 50 % svého jmenovitého reziduálního proudu. Vyrábí se obvykle v řadě jmenovitých reziduálních proudů  $I_{\Delta n} = 10, 30, 100, 300$  atd. mA.

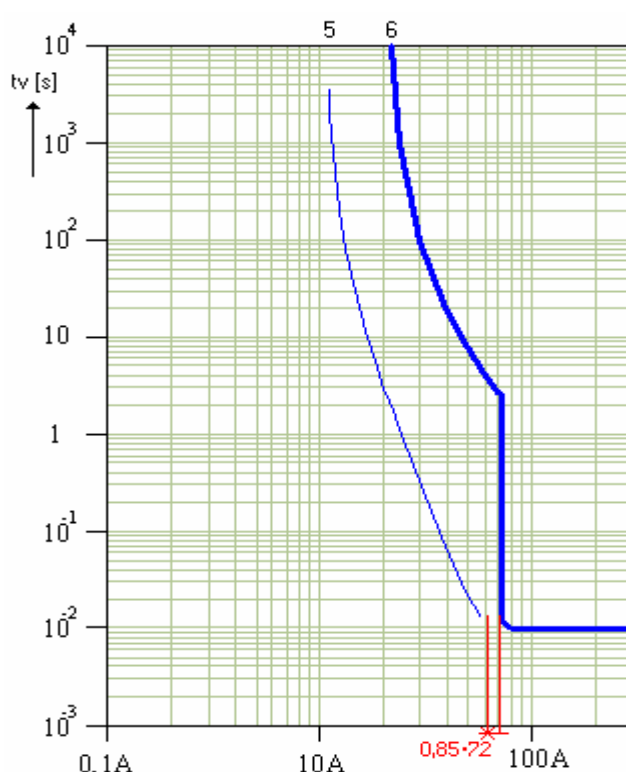
Lze tedy formulovat obecně druhou podmínku: Aby byla zajištěna selektivita mezi proudovými chrániči, musí tedy být předřazený proudový chránič vždy selektivní a přiřazený proudový chránič může být buď pro všeobecné použití nebo se zpožděním a zároveň musí být jmenovitý reziduální proud předřazeného proudového chrániče minimálně 3x větší než jmenovitý reziduální proud přiřazeného proudového chrániče.

### 3. Princip stanovení meze selektivity v oblasti přetížení a zkratu

Mez selektivity je taková hodnota zkratového proudu ( $I_p$  přetížení), do které je zaručeno selektivní vypínání jističích prvků. Za mez selektivity mezi dvě přístroji se považuje zkratový proud, který vypne předřazený jističí prvek za dvojnásobek času předřazeného jističího prvku (o 100% času navíc proti přiřazeného prvku). Pokud se vyšetřované charakteristiky kříží tak, že je možné nalézt bod, ve kterém je rozdíl vypínacích časů 100%, potom je mez minimální selektivity právě souřadnicí tohoto bodu (obrázek 3.1.). Pokud před bodem křížení charakteristik je rozdíl mezi vypínacími časy větší než 100%, potom se za mez zaručené selektivity bere 85% hodnoty proudu zobrazeného nastavení okamžité spouště předřazeného prvku. To se týká např. dvou jističů nebo jističe s přiřazenou pojistkou (obrázek 3.2.).



obrázek 3.1. – jistič s předřazenou pojistkou



obrázek 3.2. – pojistka s předřazeným jističem

Selektivita pojistek PN000-3 gG																						
Přiřazená pojistka		In [A]	6	10	16	20	25	32	35	40	50	63	80	100	125	160	200	224	250	315	350	400
Předřazená pojistka pro Ip:	10 kA	In [A]	16	25	32	35	50	63	80	80	100	125	160	200	224	250	315	315	350	500	630	630
	50 kA	In [A]	20	25	32	40	50	80	80	100	100	125	160	224	250	315	315	350	400	630	630	-
	100 kA	In [A]	20	32	32	40	63	80	80	100	100	460	200	224	315	315	350	350	400	630	630	-

obrázek 3.3. – hodnoty jmenovitých proudů předřazených pojistek podle zkratového proudu v obvodu udávaných firmou OEZ.

### **3.1. Rozdělení selektivity (z hlediska meze selektivity):**

- **úplná** (zajištěná pro všechny hodnoty zkratového proudu) – mez selektivity daného řazení jisticích přístrojů je vyšší, než je maximální možný (trojfázový) zkratový proud v daném místě instalace přiřazeného jisticího přístroje. Úplná selektivita je takto kvalifikována tehdy, když v důsledku poruchy vypne pouze nejbližší jistič z pohledu zátěže – tzv. přiřazený, a to pro všechny hodnoty poruchových proudů.

- **částečná** (zajištěná pouze do určité hodnoty poruchového nebo zkratového proudu) – mez selektivity daného řazení jisticích prvků je nižší, než maximální možný zkratový proud v daném místě instalace přiřazeného jisticího přístroje. Selektivita je zajištěna jen v určitém rozsahu zkratových proudů.

- pro dosažení selektivity ve zkratové oblasti mezi jisticími přístroji je možné použít různé způsoby:

- proudovou selektivitu,
- časovou selektivitu,
- logickou selektivitu,
- energetickou selektivitu

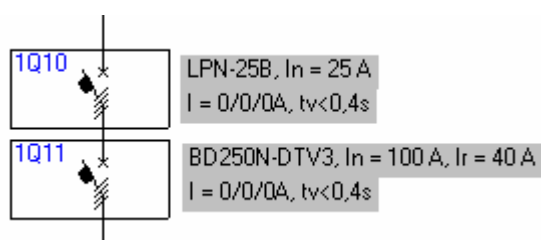
Při využití energetické selektivity omezuje vypínající přiřazený jistič proud na hodnotu, která je významně nižší než hodnota vypínacího proudu předřazeného jističe. Přiřazený jistič je přirozeně selektivní s předřazeným. Při průtoku proudu dojde i u předřazeného jističe k malému oddálení kontaktů, zapálení oblouku a vzniku obloukového napětí. Toto napětí se přičte k obloukovému napětí vytvořenému přiřazeným jističem a pomáhá tak přerušit poruchový proud. Vypínací schopnost přiřazeného jističe je posílena kaskádováním. Proto v případě jističů mohou být obvykle rozporné funkce – selektivita a kaskádování - využity současně. Tím se sníží investiční náklady na instalaci (možnost volby jističů s nižší vypínací schopností, optimální dimenzování silových vodičů atd.) a provozní náklady (přirozená selektivita jističů apod.).

## ***4. Zajištění selektivity mezi různými kombinacemi jističů a pojistek***

**Možné kombinace selektivity mezi různými jisticími přístroji:**

- jistič - jistič
- jistič - pojistka
- pojistka – jistič
- pojistka – pojistka

### **4.1. jistič – jistič:**

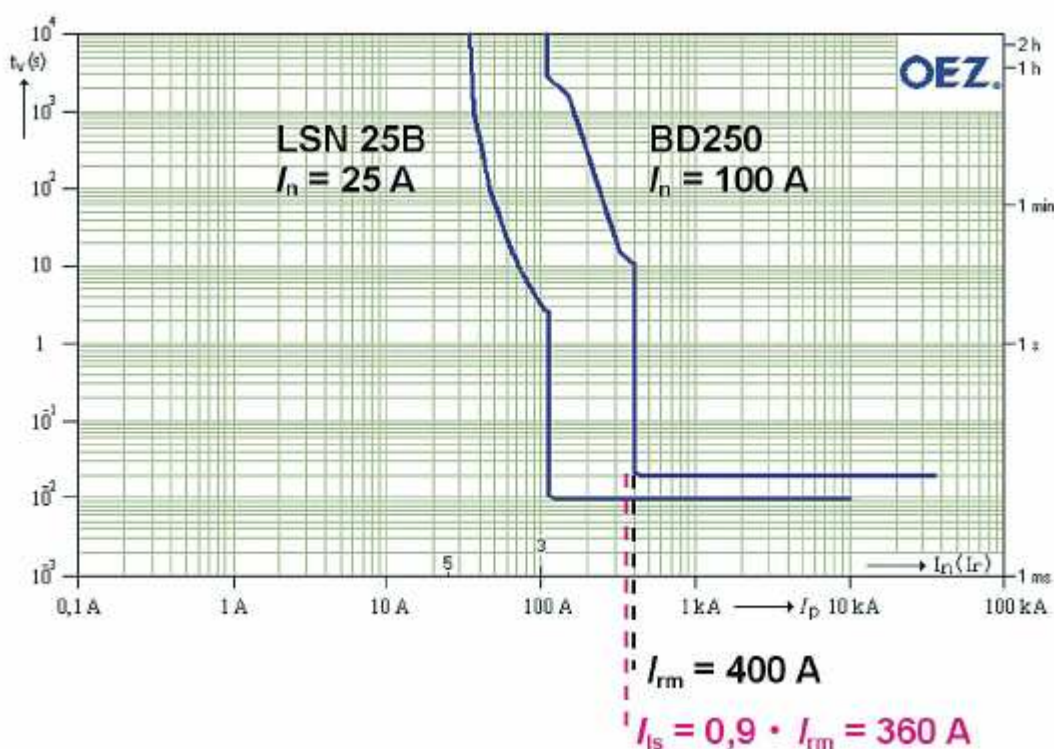


obrázek 4.1. – řazení jistič – jistič

Selektivitu kombinace jistič-jistič je možné jednoznačně posoudit z vypínacích charakteristik jen do velikosti proudu, který je o 10% menší než nastavení okamžité spouště  $I_{rm}$  nadřazeného jističe. Snížení o 10% je uvedeno z důvodů, že okamžité spouště jističů pro všeobecné použití podle normy ČSN EN 60947-2 musí vypínat

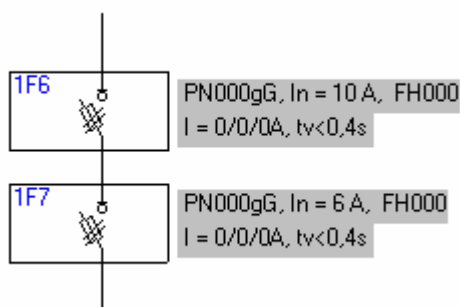


maximálně v rozmezí  $\pm 10\%$   $I_{rm}$ . V případě nadřazeného jističe pro nadproudové jištění domovních a jiných instalací podle ČCS EN 60898 je tímto proudem spodní hranice rozmezí vypínání okamžité spouště předřazeného jističe. Do tohoto proudu jsou jističe určité selektivní, pokud se jejich vypínací charakteristiky nekříží, mají dostatečný odstup a nadřazený jistič vypíná za delší dobu. Za dostatečný odstup charakteristik kreslených jednou čarou lze z hlediska praxe považovat rozdíl vypínacích dob větší než asi 100%. Tyto podmínky platné pro menší proudy platí i pro ostatní kombinace jisticích přístrojů. Nad tuto hodnotu proudu lze selektivitu, popř. mez selektivity dané kombinace jističů, stanovit pouze na základě zkoušek (informace od výrobce přístrojů), a to i v případě, že se vypínací charakteristiky ani v oblasti proudů nekříží. Skutečná mez selektivity se tak může nacházet někde v intervalu od  $0,9 I_{rm}$  nadřazeného jističe do hodnoty  $I_{cu}$  (mezní vypínací schopnost) obou jističů. Záleží na jejich specifických vlastnostech v oblasti velkých nadproudů. Protože je nesnadné posuzovat selektivitu kombinace jističů (platí i pro ostatní kombinace jisticích přístrojů) různých výrobců, jestliže je přiřazený jistič omezující, lze očekávat vyšší hodnotu meze selektivity. Jestliže omezující není a odstup jmenovitých proudů obou jističů není velký, je reálný předpoklad, že mez selektivity je v blízkosti  $I_{rm}$ .



obrázek 4.2. – příklad selektivního řazení jističů

#### 4.2. pojistka – pojistka:

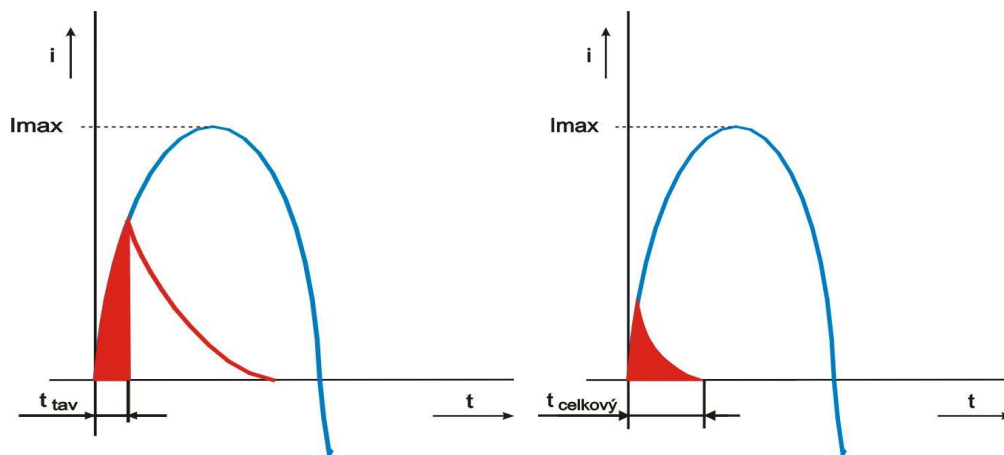


obrázek 4.3. – řazení pojistka – pojistka

K vypínání pojistky dochází na základě přetavení jejího tavného vodiče. Energie potřebná k přetavení vodiče pojistky charakterizuje tzv. Jouleův tavný (předobloukový) integrál, který se označuje  $(I^2t)_{tav}$ . Tavná energie tvoří jen část energie, která projde pojistkou při vypínání proudu. Tuto celkovou energii charakterizuje tzv. Jouleův celkový (vypínací) integrál  $(I^2t)_{celk}$  – odpovídající celkové vypínací době pojistky  $t_{celk}$  tj. zahrnuje v sobě dobu

tavení vodiče pojistky  $t_{\text{tav}}$  a jí odpovídající tavný integrál  $(I^2t)_{\text{tav}}$  a dobu hoření oblouku  $t_{\text{obl}}$  a integrál  $(I^2t)_{\text{obl}}$ . Pro selektivitu dvou sériově řazených pojistek vyplývá jednoznačné kritérium: Jouleův tavný integrál předřazené pojistky musí být větší než celkový tavný integrál  $(I^2t)_{\text{celk}}$  pojistky přiřazené.

$$(I^2t)_{\text{tavný } P1} > (I^2t)_{\text{celkový } P2}$$



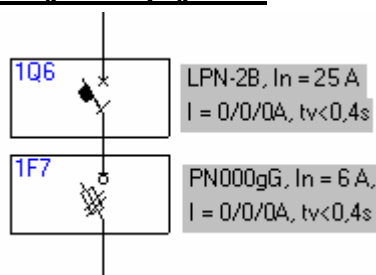
obrázek 4.4. – podmínka pro selektivní působení v oblasti velkých nadproudů

řazení pojistka – pojistka

Norma ČSN EN 35 4701-2-1 stanovuje minimální  $(I^2t)_{\text{tav}}$  a maximální  $(I^2t)_{\text{celk}}$  pro jednotlivé jmenovité proudy pojistek a určené hodnoty předpokládaných (vypínacích) proudů. Z těchto stanovených hodnot vyplývá, že dvě pojistky musí být selektivní pro poměr svých jmenovitých proudů (předřazená/přiřazená) nejméně 1,6 nebo větší. Přitom mezemi selektivity  $I_{\text{ls}}$  jsou proudy odpovídající vypínacím dobám asi 10 ms předřazené pojistky. Tyto proudy jsou relativně malé a činí 10 až 40  $I_n$  této pojistky (podle velikosti, větším pojiskám náleží větší násobek). Pro větší proudy obvykle neplatí a je třeba se řídit informacemi výrobce anebo uvažovat poměr jmenovitých proudů alespoň 2,0.

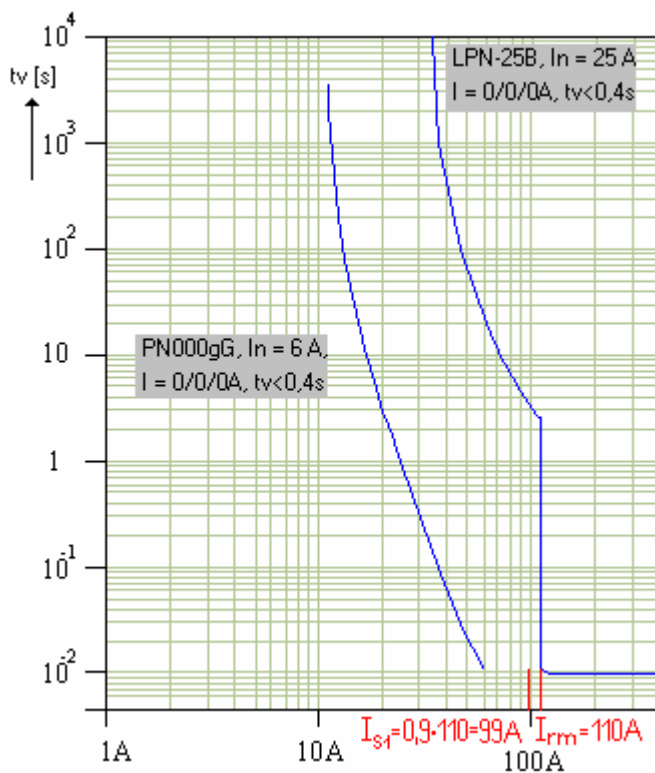
(Hodnoty jmenovitých proudů předřazených pojistek pro různé zkratové proudy jsou v obrázku 3.3.)

#### 4.3. jistič – pojistka:



obrázek 4.5. – řazení jistič – pojistka

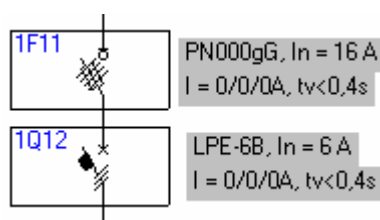
Lze k vzhledem specifickým vlastnostem jističů v oblasti velkých nadproudů selektivitu kombinace jistič – pojistka obecně stanovit z proudových charakteristik jen do velikosti proudu odpovídající 0,9  $I$  nebo spodní hranici rozmezí vypínání okamžité nadřazeného jističe podle jeho druhu, a to i v případech, kdy se charakteristiky nekříží. Pro větší proudy je nutné selektivitu ověřit zkouškami.



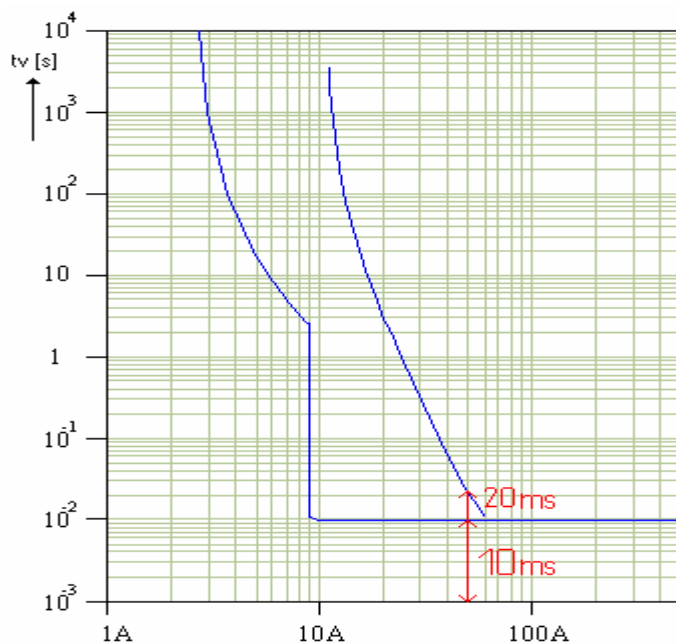
obrázek 4.6 - příklad selektivního řazení jistič a pojistka

#### 4.4. pojistka – jistič:

Pro selektivitu kombinace pojistka jistič platí obdobné kritérium jako pro kombinaci pojistka – pojistka. Pojistka s jističem je tedy selektivní, pokud platí, že Jouleův tavný integrál předřazené pojistky je větší než Jouleův celkový integrál přiřazeného jističe. Selektivitu lze posoudit z vypínacích charakteristik a stanovit meze selektivity do bodu který odpovídá 100% rozdílu vypínacích dob před bodem křížení charakteristik. Viz obrázek 3.1. a 4.4. Je na snadě, že obzvlášť pro omezující jističe bude mít skutečná mez selektivity větší hodnotu, než mez selektivity stanovená z proudových charakteristik.



obrázek 4.7. – řazení pojistka – jistič



obrázek 4.8 - příklad selektivního řazení jistič a pojistka

## **5. Experimentální vyhodnocení selektivity různých kombinací prvků**

### **5.1. selektivita proudových chráničů**

V laboratorních podmínkách jsem měl k dispozici tři proudové chrániče od firmy OEZ a to:

OFI 25/2/030	typ A
OFI 40/4/300	typ A
OFI 40/4/300 S	typ A

- ( OFI znamená, že jde o proudový chránič, 25 je hodnota proudu, který může procházet chráničem v A, 2 je počet pólů chrániče, 030 je hodnota reziduálního proudu v mA a S znamená, že je proudový chránič selektivní).

Nejprve jsem vyzkoušeli správnou funkci všech přístrojů. Naměřil jsme přitom tyto hodnoty:

OFI 25/2/030 – vypnutí v čase 9 ms při reziduálním proudu přibližně 18,7 mA

OFI 40/4/300 – vypnutí v čase 10 ms při reziduálním proudu přibližně 210 mA

OFI 40/4/300 S – vypnutí v čase 49 ms při reziduálním proudu přibližně 225 mA

#### **Kombinace OFI 25/2/030 a OFI 40/4/300:**

Pro tuto kombinaci jsem zvolil několik hodnot reziduálních proudů a to: 30, 150, 300, 600 1500 mA. Ve všech zkouškách, kromě zkoušky při reziduálním proudu 1500 mA došlo ke správnému zareagování proudových chráničů, kdy vypnul (vybavil ) pouze přiřazený proudový chránič OFI 25/2/030 a předřazený proudový chránič OFI 40/4/300 nevypnul ( nevybavil se ). Při reziduálním proudu 1500 mA procházející chrániči došlo k vybavení obou proudových chráničů, což je pro selektivitu nepřijatelné. Na tomto případě se prokázala nutnost mít předřazený proudový chránič selektivní i když je hodnota vypínacího reziduálního proudu značně rozlišené. Při vyšší reziduálních proudech nestihne přiřazený proudový chránič vypnout v dostatečném čase, tak aby předřazený neselektivní proudový chránič o vyšší reziduálním proudu nezareagoval.

#### **Kombinace OFI 25/2/030 a OFI 40/4/300 S:**

Při této kombinaci proudových chráničů jsem zvolil opět hodnoty reziduálních proudů 30, 150 300, 600 a 1500 mA. Při žádném z těchto proudů nedošlo ke špatnému zareagování proudových chráničů a vypnul vždy pouze přiřazený proudový chránič OFI 25/2/030. Při tomto měření jsem si vyzkoušel kombinaci dvou selektivních proudových chráničů. Tuto kombinaci udávají jako selektivní i výrobci, neboť splňuje obě podmínky selektivity proudových chráničů a to: předřazený proudový chránič musí mít reziduální proud minimálně třikrát větší než přiřazený a předřazený proudový chránič musí být selektivní, kdežto přiřazený ne.

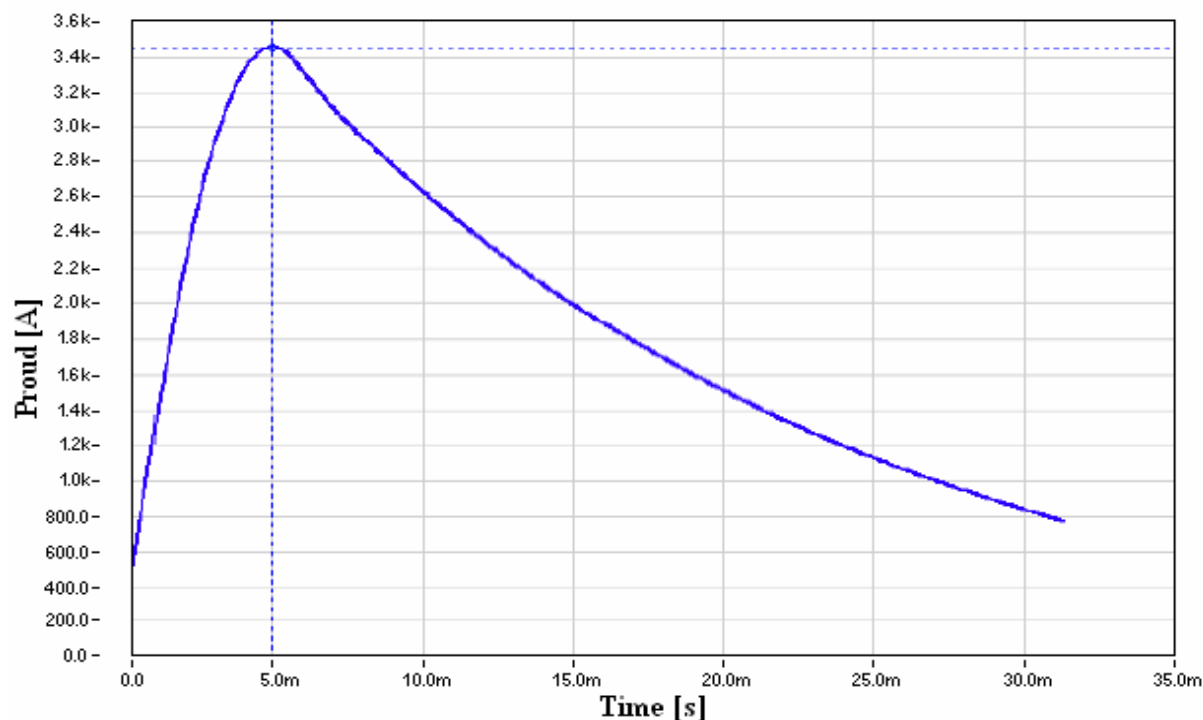
#### **Kombinace OFI 40/4/300 a OFI 40/4/300 S**

Pro tuto kombinaci dvou proudových chráničů jsem zvolil zkušební reziduální proudy 150, 300, 600 a 1500 mA. V žádném z těchto případů nedošlo k vybavení selektivního proudového chrániče OFI 40/4/300 S a vypnul vždy jen neselektivní proudový chránič OFI 40/4/300. Tato kombinace není výrobci považována za selektivní, neboť v oblasti malých reziduálních proudů, kdy proudové chrániče začínají vypínat může dojít k vybavení pouze jednoho z nich a to právě selektivního proudového chrániče. V našem případě k nesprávnému vybavení nedošlo, ale teoreticky je to možné a proto je potřeba dodržet podmínku, kdy přiřazený proudový chránič má minimálně třikrát menší reziduální proud než předřazený proudový chránič.

## 5.2. selektivita pojistka ( PN000gG 100A ) – jistič (LSN 10C ) při zkratu

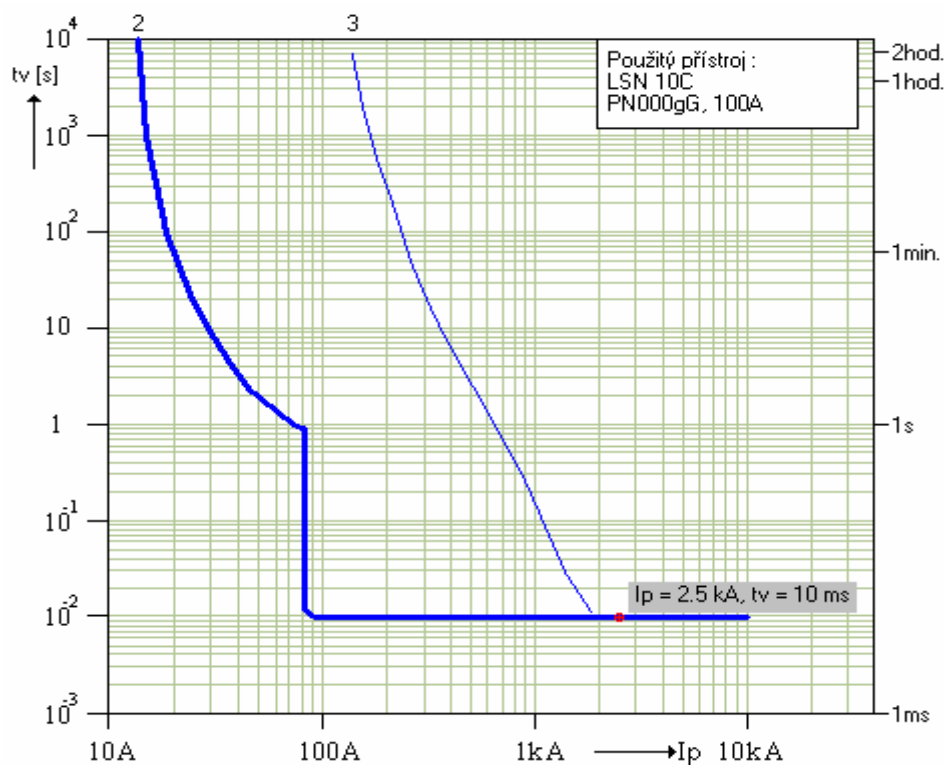
Měření jsme prováděli na zkratovacím zařízení, kde je nutno si nejprve nacejchovat obvod, z důvodů zjištění parametrů, které bude zařízení při zkratech do obvodu dodávat.

Napětí při kterém zkratuji zařízení jsem si zvolil 190 V.



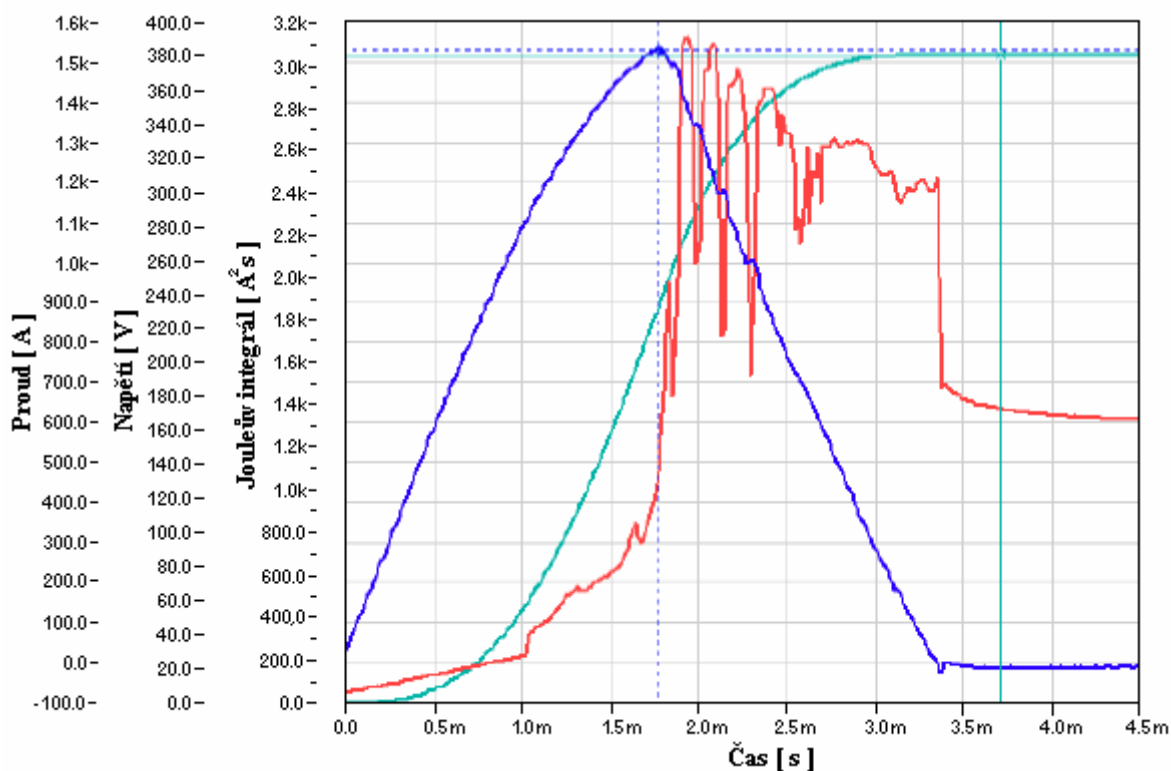
- cejch zkratového obvodu při napětí 190 V

Maximální hodnota proudu je v čase 5 ms rovna 3460 A. Efektivní hodnota proudu tohoto obvodu v daném čase je přibližně 2450 A.



- vypínací charakteristiky pojistky PN000gG 100A a jističe LSN 10C při daném zkratovém proudu zobrazené programem Sichr

Tuto kombinaci prvků jsem namodeloval v programu Sichr od firmy OEZ. Sichr mi kvalifikoval tuto kombinaci jako neselektivní, neboť zkratový proud tohoto obvodu má vyšší hodnotu, než je nejvyšší hodnota selektivního působení prvků. Největší selektivní zkratový proud je přibližně 1200 A. Tento proud je dán podmínkou, kdy čas vypnutí předřazeného jistícího prvku je dán dvojnásobkem vypínacího času přiřazeného jistícího prvku. Pokud by jsme provedli zkrat v daném obvodu s nastavenými parametry, tak by podle výpočtu programu došlo jak k porušení pojistky ( přetavení nebo natavení ), ale také k vybavení jističe.

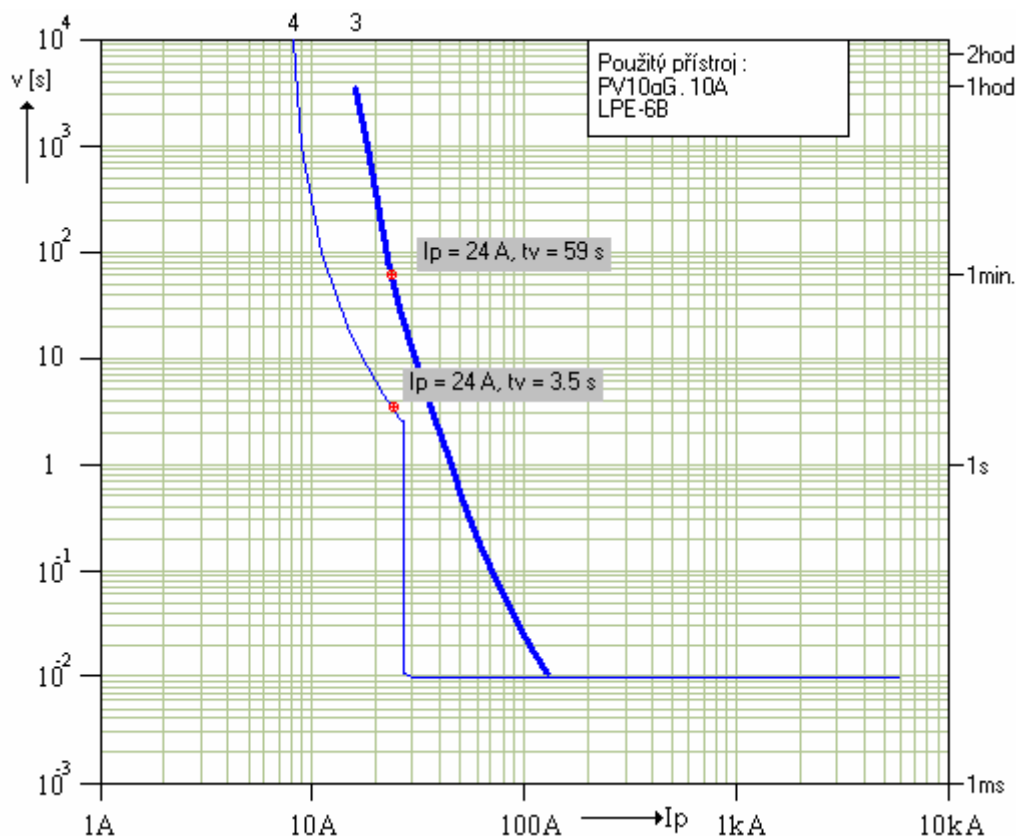


- průběh proudu ( modře ), napětí mezi kontakty jističe ( červeně ) a Jouleův integrál ( zeleně ) přiřazeného jističe LSN C10 a pojistky PN000 gG 100A při zkušebním napětí obvodu 190 V.

Při této zkratové zkoušce nedošlo k natavení ani přetavení pojistky, na niž nás upozorňoval program Sichr. Bylo to dáno tím, že jistič svým vypnutím omezil energii procházející obvodem. Maximální hodnota proudu při zkratu byla 1530 A, což odpovídá efektivní hodnotě 1080 A a tato hodnota se nachází v selektivní oblasti dané kombinace prvků. Natavení respektive přetavení pojistky jsem zjišťoval velikostí odporu pojistky (nebo úbytkem napětí na pojistce). Při tomto zkratu byla celková energie ( Jouleův integrál ), kterou propustil jistič menší, při našem měření je jeho hodnota rovna 3046 A<sup>2</sup>s, než tavný integrál pojistky a proto nedošlo k natavení ani přetavení pojistky. Měřením jsem zjistil, že do zkratového proudu 2450A je dané kombinace jistících prvků ( PN000gG 100A – LSN 10C ) selektivní.

### 5.3. selektivita pojistka ( PV10gG ) - jistič ( LPE 6B ) při přetížení

Pro ověření selektivity v oblasti přetížení pro kombinaci pojistka – jistič, jsem zvolil jako předřazený jističí prvek válcovou pojistku PV10gG o jmenovitém proudu 10 A od firmy OEZ a jistič LPE 6B o jmenovitém proudu 6 A také od firmy OEZ. Tato kombinace splňuje základní podmínku selektivity pojistka – jistič při přetížení, kdy musí být jmenovitý proud předřazeného prvku minimálně 1,6-krát větší než je jmenovitý proud přiřazeného jističe.



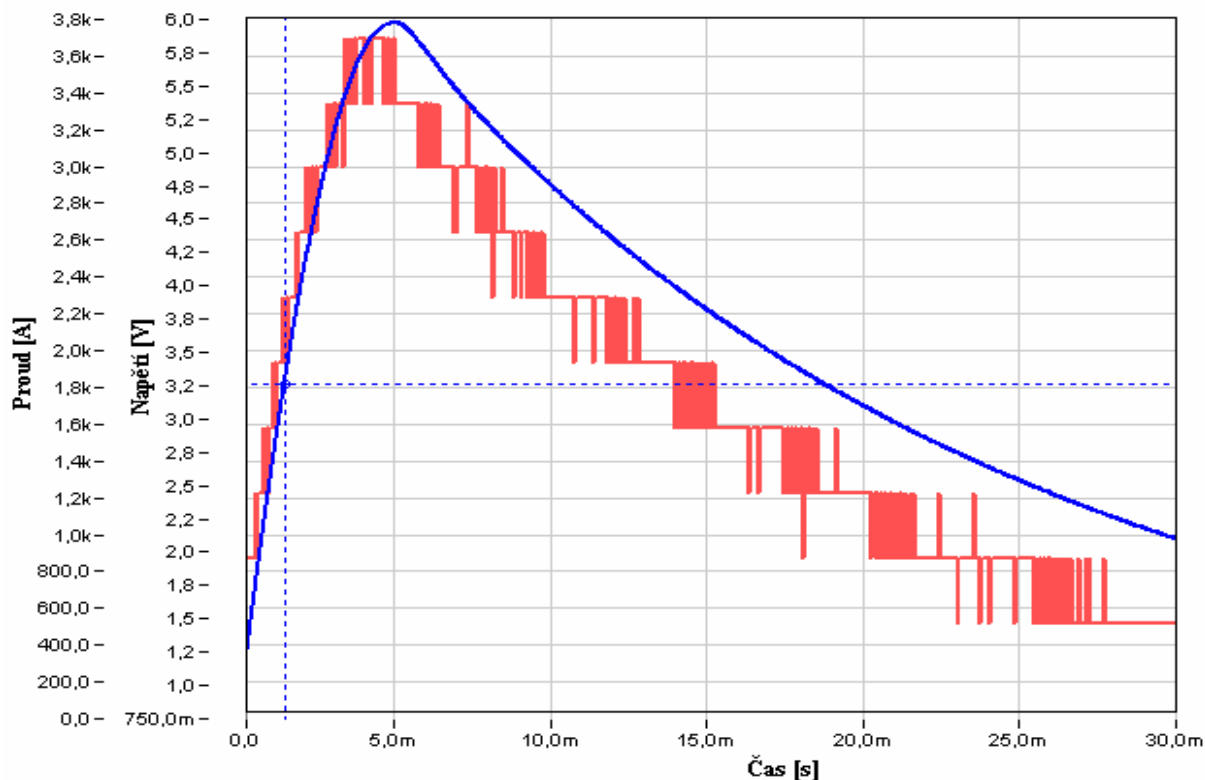
- hodnoty vypočtené programem Sichr pro přetížení proudem 24A.

Při mnou zvoleném proudu při přetížení, který jsem nastavil na hodnotu 24 A, mělo dojít dle programu Sichr k vypnutí obvodu v čase 3,5 sekundy a to vybavením přiřazeného jističe LPE 6B. K vypnutí ( vybavení ) došlo v téměř neměřitelném čase, který byl zlomkem sekundy. Podle předpokladu vybavit ( vypnul ) přiřazený jistič LPE 6B. K vypnutí došlo ve velmi krátkém čase, který odpovídá v charakteristice jističe zkratové spouští. To mohlo být způsobeno tím, že charakteristika jističe typu B znamená, že zkratová spoušť začíná působit od tří až pětinasobku jmenovitého proudu jističe. Program Sichr má nastavenou zkratovou spoušť na hodnotu 75 % z tohoto rozsahu, tzn. že je to na hodnotu 4,5 násobku jmenovitého proudu. Pokud jsem měl k dispozici jistič, jehož zkratová spoušť začínala působit právě v rozmezí tří až čtyř násobku jmenovitého proudu jističe, došlo k vybavení zkratovou spouští, přestože se jednalo o měření selektivního působení při přetížení a měla tedy podle předpokladu vybavit tepelná spoušť. Avšak tato neshoda s programem Sichr mohla být způsobena také tím, že jistič nebyl nový a jeho dřívějším požíváním mohlo dojít k odchýlení současné vypínací charakteristiky jističe od charakteristiky, kterou měl jistič v době svého výroby. K natavení, popřípadě přetavení pojistky dle předpokladu nedošlo. Proud tekoucí oběma prvky byl v selektivní části vypínací charakteristiky a proto byl předpoklad, že k poškození pojistky nedojde. Měření natavení ( přetavení ) pojistky jsem opět zjišťoval měřením velikosti odporu pojistky, který byl jak před měřením, tak i po měření stejný a jeho hodnota byla přibližně 0,6  $\Omega$ . Měření jsem si ověřil, že dané jističí prvky ( PV10gG - LPE 6B ) jsou v oblasti přetížení selektivní.



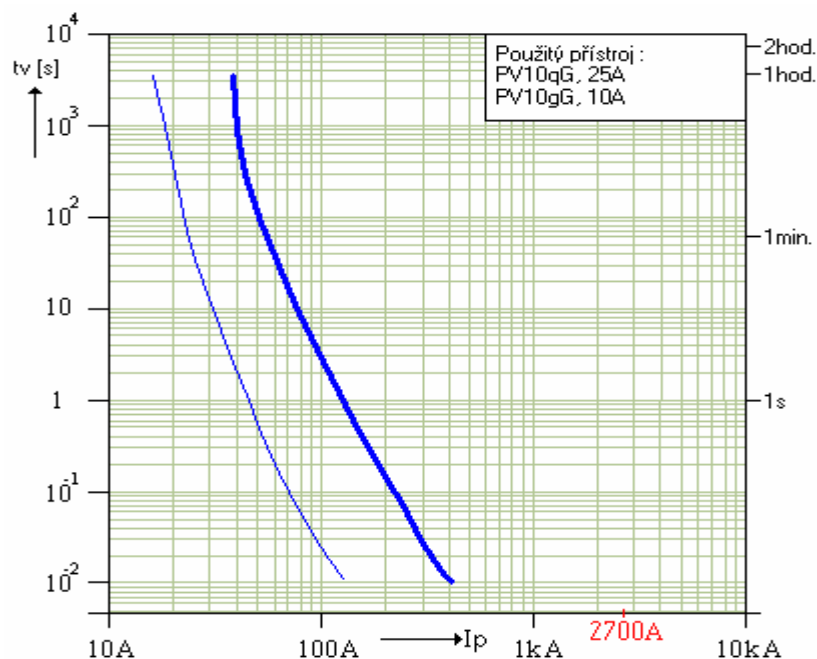
## 5.4. selektivita pojistka ( PV10gG 25A ) – pojistka ( PV10gG 10A ) při zkratu

Před samotným měřením jsem musel nacejchovat obvod, tzn. nastavit na zkratovacím zařízení konstantní parametry, které budou shodné, jak pro cejch, tak pro samotná měření.



- cejch zkratového obvodu při napětí 206 V (červeně)

Maximální hodnota proudu je v čase 5 ms rovna 3800 A. Efektivní hodnota proudu tohoto obvodu v daném čase je 2687 A.



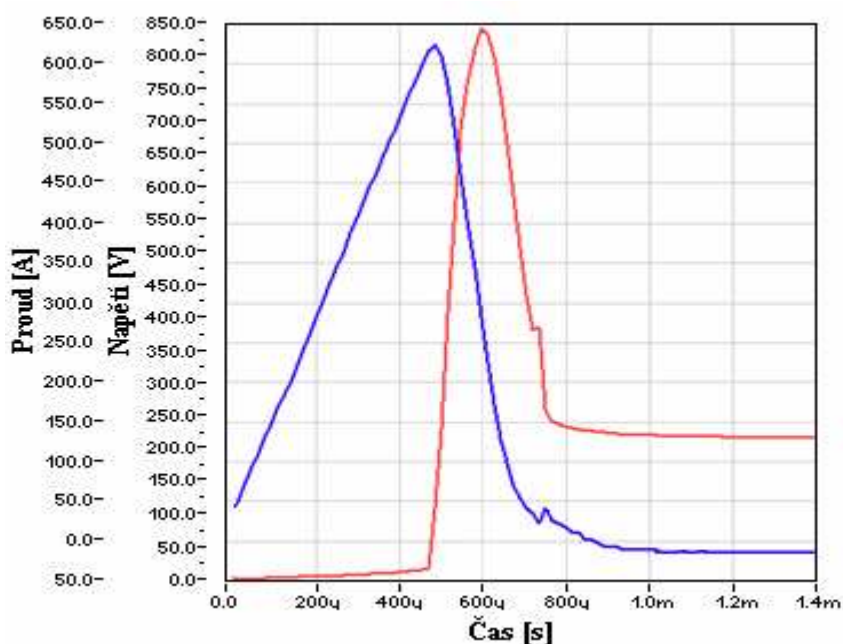
- charakteristiky pojistek PV10gG 25A a PV10gG 10A zobrazené programem Sichr s vyznačeným poruchovým proudem o hodnotě 2700A



Pro ověření energetické selektivity pro kombinaci pojistka – pojistka, jsem zvolil jako předřazený jistící prvek válcovou pojistku PV10gG o jmenovitém proudu 25 A od firmy OEZ a jako přiřazenou pojistku PV10gG o jmenovitém proudu 10 A také od firmy OEZ. Podmínku selektivity mezi dvěma pojistkami při zkratu, která je dána Jouleovým integrálem, kdy celkový integrál přiřazené pojistky musí být menší, než tavný integrál předřazené pojistky. Selektivitu těchto dvou pojistek nemůžu ze zadaných parametrů určit, protože nelze z tabulek zjistit tavný integrál předřazené pojistky PV10gG 25A. Hodnota celkového integrálu pojistky PV10gG 10A je z  $I^2t$  charakteristiky ( viz příloha č.1 ) rovna přibližně 310 A<sup>2</sup>s.

Parametry vn sítě : $I_k = 48.1 \text{ kA}$ , $X/R = 10.01$		
$I_k'' = 2.40 \text{ kA}$		
$i_p = 4.68 \text{ kA}$		
PV10gG $I_n = 25 \text{ A}$	$I_{cc} = 110 \text{ kA}$ $i_o = 1.50 \text{ kA}$	Připojeno pomocí OPV10; Cd/Pb free $Z_s(0,4s) = 1.36 \text{ Ohm}$ ( $I_a = 170 \text{ A}$ )
PV10gG $I_n = 10 \text{ A}$	$I_{cc} = 110 \text{ kA}$ $i_o = 685 \text{ A}$	Připojeno pomocí OPV10; Cd/Pb free $Z_s(0,4s) = 3.94 \text{ Ohm}$ ( $I_a = 59 \text{ A}$ )
PV10gG 25 A - PV10gG 10 A zaručena plná selektivita		

- hodnoty vypočtené programem Sichr pro kombinaci PV10gG 25A a PV10gG 10A



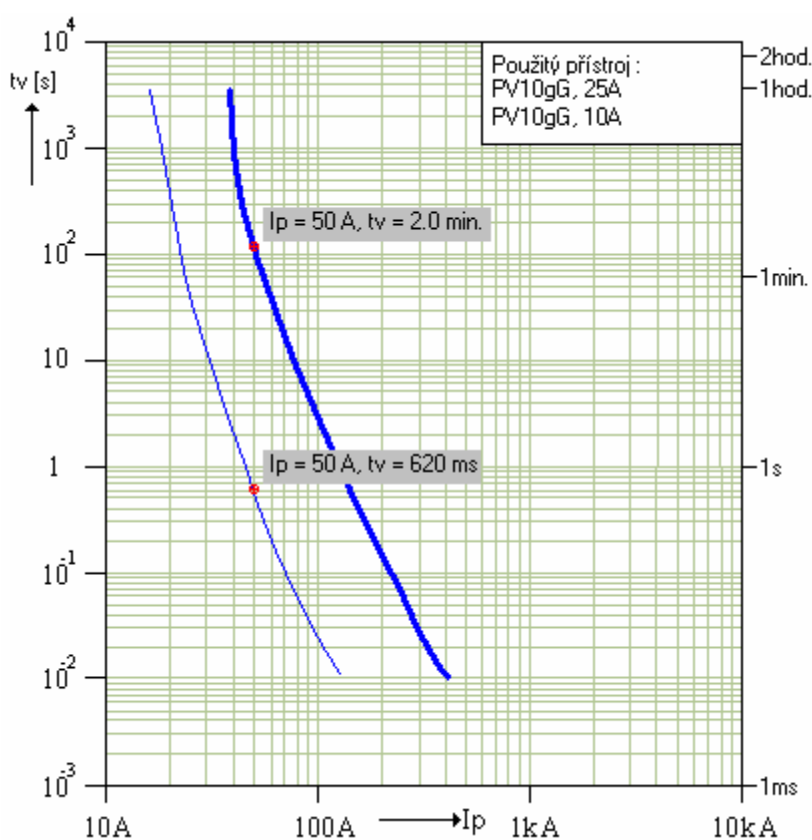
- průběh napětí ( červeně ) a proudu ( modře ) při zkratu v obvodu s předřazenou pojistkou PV10gG 25A a přiřazenou pojistkou PV10gG 10A

Tuto kombinaci jistících prvků mně program Sichr kvalifikoval jako selektivní. Daný zkratový proud se nachází ve vypínací charakteristice napravo od obou pojistkových charakteristik. To ukazuje, že zkratový proud se nalézá v oblasti energetické selektivity pojistek a její zaručení je možné pouze na základě zkoušek. Tyto zkoušky provádí většinou výrobce a pro různé hladiny zkratových proudů deklaruje selektivní kombinaci jistících prvků ( viz příloha č. 2 ). Pokud by opravdu protékal obvodem, respektive pojistkami námi daný proud 2700A, došlo by s největší pravděpodobností k přetavení obou pojistek. To ovšem nenastalo, protože pojistky mají omezovací schopnost, tzn. že při velkých nadproudech se přetaví v čase, kdy omezí průchod proudu a tím pádem neprochází obvodem tak velký proud, jaký je schopný zdroj dodávat. Dle omezovací charakteristiky pojistek PV10gG ( viz příloha č.3 ) při poruchovém proudu 2700A měla pojistka omezit proud obvodem na maximální

hodnotu kolem 750A, což odpovídá efektivní hodnotě proudu 530A. Program Sichr vypočetl, že hodnota omezeného poruchového by měla mít maximální velikost 685A, což v tomto případě odpovídá efektivní hodnotě 485A. Měřením bylo zjištěno, že při zkratovém ( v charakteristice poruchovém  $I_p$  ) proudu došlo k omezení proudu obvodem na podstatně nižší hodnotu oproti hodnotě spočtené z omezovací charakteristiky a programem Sichr, na hodnotu 440A. Tento proud by předřazená pojistka PV10gG 25A vypnula v čase 100 ms. Přiřazená pojistka PV10gG 10A úplně vypnula obvod v čase 1 ms, což je mnohem méně, než který je potřeba na přetavení předřazené pojistky a proto během měření nedošlo k poškození pojistky PV10gG 25A. Možné poškození bylo zjišťováno velikostí odporu pojistky před a po měření. Hodnota odporu u obou měření byla přibližně  $0,6\Omega$ . Nenatavením ani nepřetavením předřazené pojistky byla splněna podmínka selektivity, kdy celkový Jouleův integrál přiřazené pojistky byl menší než tavný integrál předřazené pojistky. Proto je tato kombinace pojistek v oblasti nadproudů selektivní. Měřením jsem si ověřil, že tato kombinace pojistek je do zkratového proudu 2700A selektivní.

### 5.5. selektivita pojistka ( PV10gG 25A ) – pojistka ( PV10gG 10A ) při přetížení

Pro zkoušku při přetížení jsem zvolil hodnotu poruchového proudu rovnu 50A. Pro ověření selektivity při přetížení pro kombinaci pojistka – pojistka, jsem zvolil jako předřazený jistící prvek válcovou pojistku PV10gG o jmenovitém proudu 25 A od firmy OEZ a jako přiřazenou pojistku PV10gG o jmenovitém proudu 10 A také od firmy OEZ. Základní podmínka selektivity mezi dvěma pojistkami při přetížení je splněna, kdy hodnota jmenovitého proudu předřazené pojistky je alespoň 1,6 násobek jmenovité hodnoty proudu přiřazené pojistky.

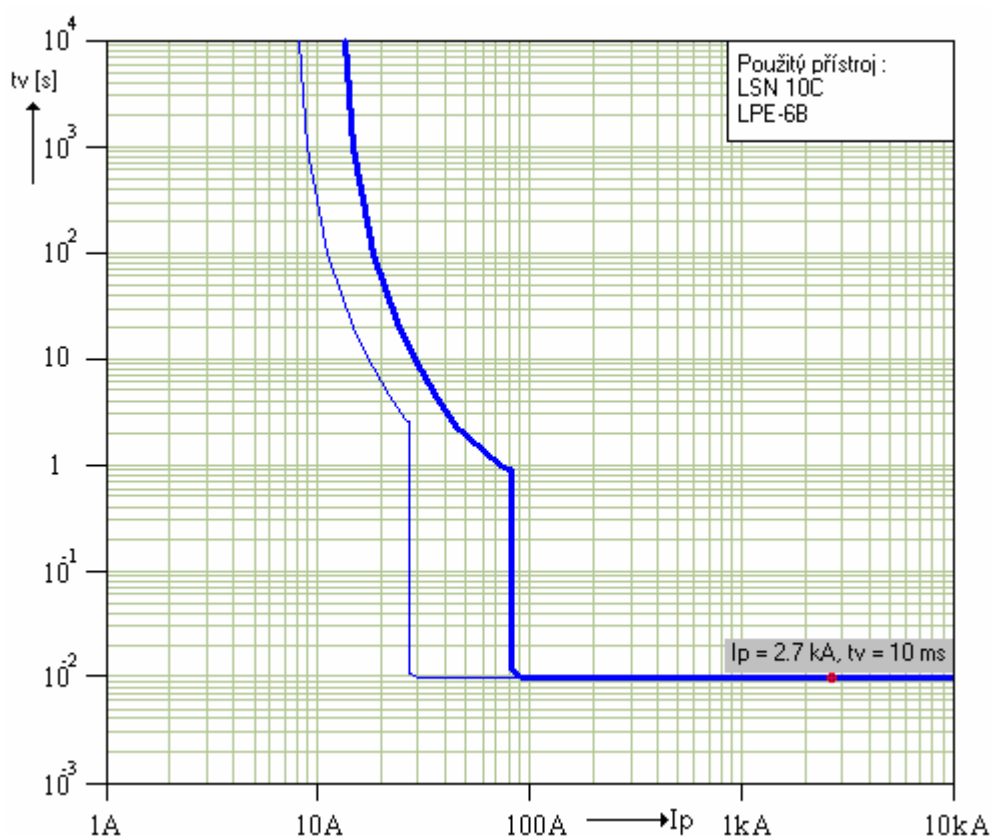


- charakteristiky pojistek PV10gG 25A a PV10gG 10A zobrazené programem Sichr při přetížení s vyznačenou hodnotou poruchového proudu o hodnotě 50A

Při měření jsem si zvolil hodnotu poruchového proudu o velikosti 50A. Tato kombinace pojistek je podle programu Sichr selektivní a proto by mělo dojít při jakémkoliv přetížení pouze k přetavení přiřazené pojistky PV10gG10A a předřazená pojistka PV10gG 25A by měla zůstat neporušená. Při této hodnotě poruchového proudu mělo podle programu Sichr dojít k vypnutí obvodu v čase 620ms a to vybavením přiřazené pojistky PV10gG 10A. Při měření došlo k vypnutí ( vybavení ) pojistky PV10gG 10A, ale v mnohem delším čase a to asi za 3 sekundy. Tento vypínací čas odpovídá podle programu Sichr poruchovému proudu o hodnotě 38A. K natavení předřazené pojistky PV10gG 25A dle předpokladu nedošlo, hodnota jejího odporu byla jak před měřením, tak po měření stejná a to přibližně 0,7Ω. Nenatavením předřazené pojistky byla splněna podmínka selektivity, kdy celkový Jouleův integrál přiřazené pojistky byl menší než tavný integrál předřazené pojistky. Proto je tato kombinace pojistek v oblasti nadproudů selektivní.

## 5.6. selektivita jistič ( LSN C10 ) – jistič ( LPE B6 ) při zkratu

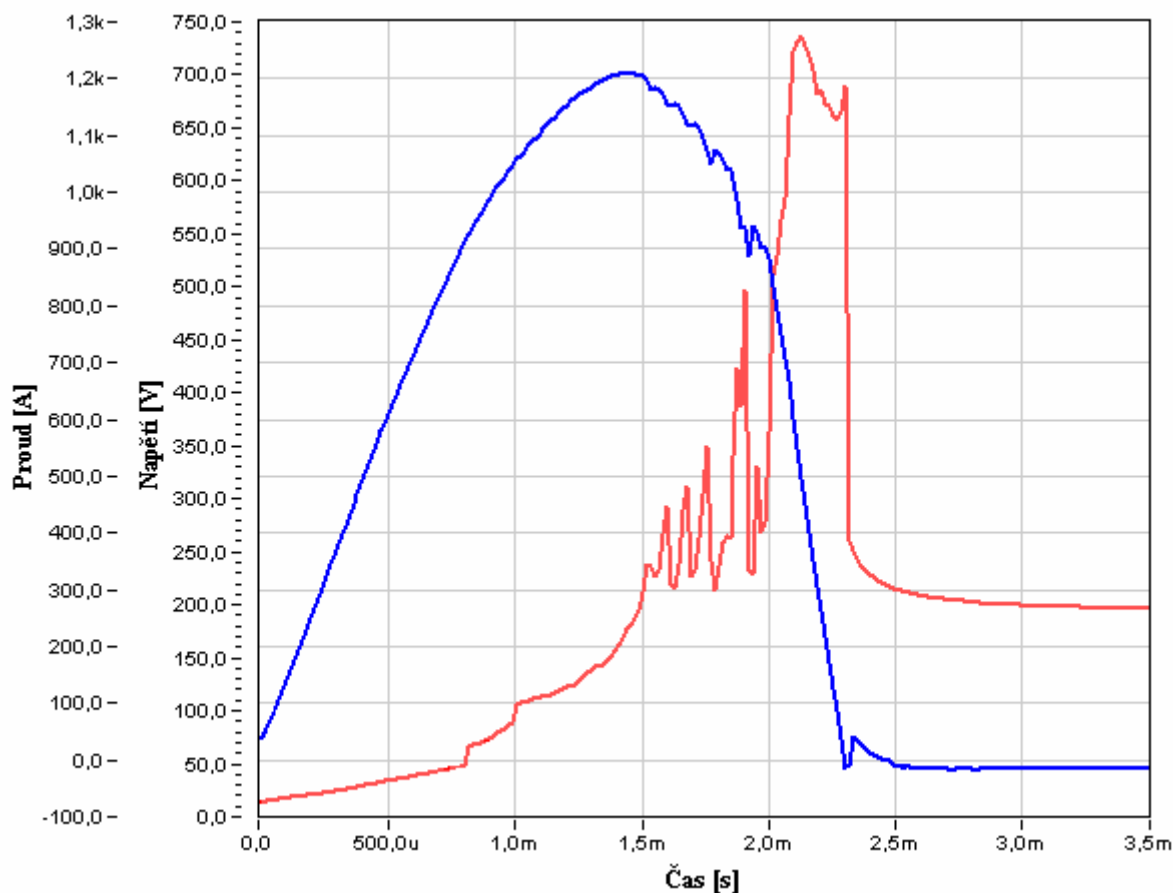
Pro ověření selektivity pro kombinaci jistič – jistič při zkratu jsem zvolil jako předřazený jističí prvek jistič LSN 10C o jmenovitém proudu 10A od firmy OEZ a jako přiřazený jistič LPE 6B o jmenovitém proudu 6A také od firmy OEZ. Selektivita těchto dvou jističů při zkratu je zaručena do hodnoty 0,9 násobku minimální hodnoty proudu, kdy zapůsobí zkratová spoušť předřazeného jističe.



charakteristiky jističů LSN 10C a jističe LPE 6B zobrazené programem Sichr s vyznačenou hodnotou poruchového zkratového proudu o hodnotě 2700A

Dle programu Sichr je u této kombinace jističích prvků zaručena selektivita pouze do hodnoty poruchového proudu 70A, ale hodnota zkratového ( poruchového ) proudu je mnohonásobně větší než je mez selektivity, proto se nachází v oblasti energetické selektivity. Energetickou selektivitu je potřeba u těchto dvou jističích prvků odzkoušet. Výrobce má různé kombinace

jističů prozkoušeny a deklaruje pro různé hladiny zkratových proudů selektivní kombinace těchto jistících přístrojů.

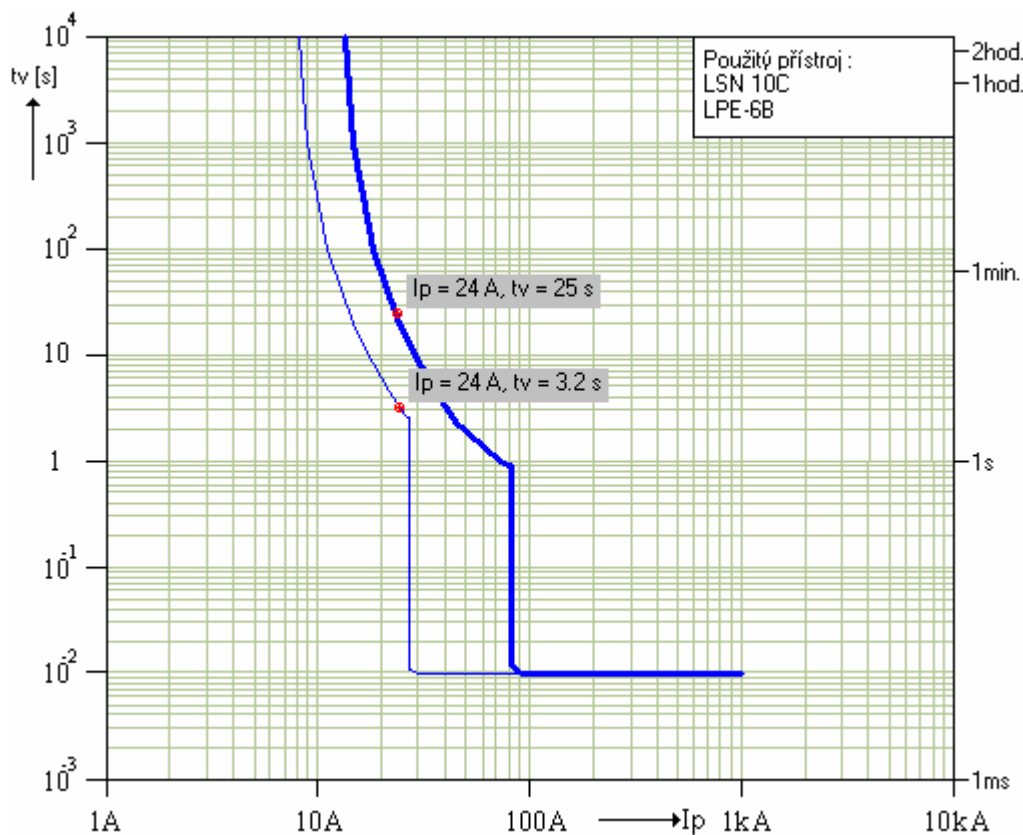


- průběh proudu ( modře ) a napětí ( červeně ) v obvodu s předřazeným jističem LSN C10 a přiřazeným jističem LPE B6 při zkratovacím napětí 206V

Z daného měření jsem vyčetl, že došlo k omezení proudu obvodem na maximální hodnotu 1210A, který byl dosažen v čase 1,5 ms, což odpovídá efektivní hodnotě proudu 855A. Při mém měření přiřazený jistič nestihnul vypnout dostatečně rychle, aby omezil proud obvodem a zamezil tím zareagování předřazeného jističe a proto došlo k vybavení obou jističů. Neboť došlo k vypnutí obou, z měření nelze zjistit, který jistící prvkem tento proud tak výrazně omezil. Vypnutí předřazeného jističe je nepříjemná záležitost, neboť dojde k odpojení dalších neporušených částí elektrického rozvodu. Tento jev je velmi častý u neselektivních domovních elektroinstalací, kdy zkratový proud v domě je mnohem větší, než proud, do kterého jsou jistící prvky selektivní. Je to dáno tím, že dům není důležitý z hlediska napájení a výpadek elektrické energie v celém domě nezpůsobí žádné výrazné škody, navíc pořízení selektivních jistících prvků bývá mnohdy drahé a proto se vhodná kombinace selektivní jistících prvků v domovních elektroinstalacích moc nepoužívá. Kombinace jističů LSN 10C – LPE 6B při zkratech není selektivní a proto používání této kombinace pro jištění velkých nadproudů nedoporučuje.

## 5.7. selektivita jistič ( LSN C10 ) – jistič ( LPE B6 ) při přetížení

Pro ověření selektivity při přetížení pro kombinaci jistič – jistič jsem zvolil jako předřazený jističí prvek jistič LSN 10C o jmenovitém proudu 10A od firmy OEZ a jako přiřazený jistič LPE 6B o jmenovitém proudu 6A také od firmy OEZ. U těchto jističů je splněna základní podmínka selektivity dvou jističů při přetížení, kdy jmenovitý proud předřazeného jističe je roven nebo větší 1,6 násobku jmenovitého proudu přiřazeného prvku.

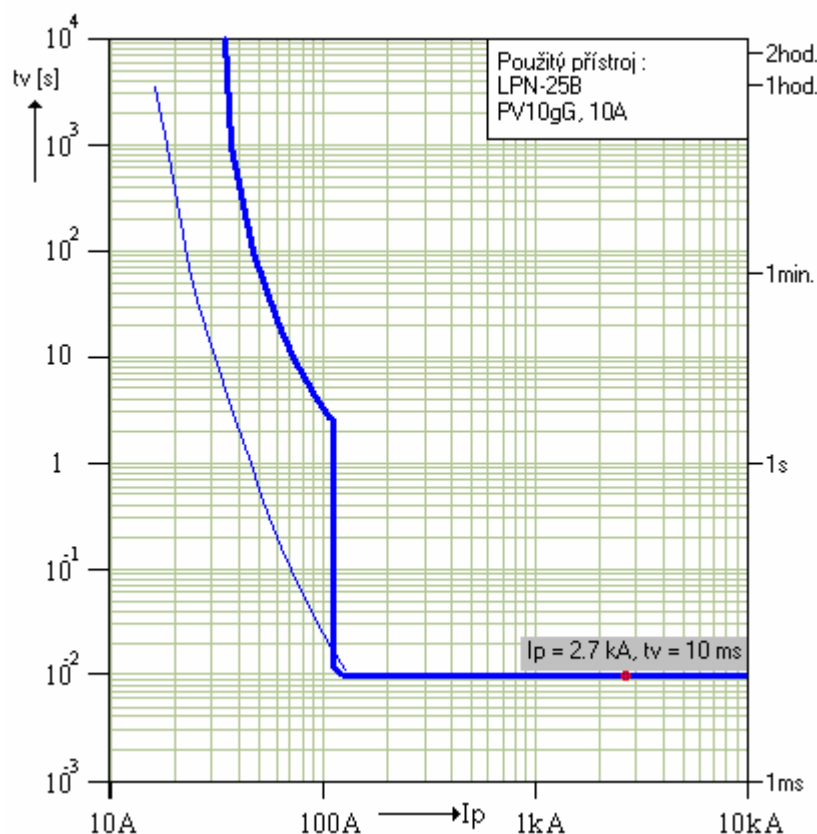


- vypínací charakteristiky jističů LSN 10C a LPE 6B a hodnoty vypínacích časů při poruchovém proudu 24A zobrazené programem Sichr

Podle programu Sichr je tato kombinace jističích prvků selektivní do hodnoty poruchového proudu 70A a proto by mělo dojít k vybavení ( vypnutí ) obvodu při proudu 24A jističem LPE 6B a to v čase 3,2 sekundy. Při měření tomu tak opravdu bylo a došlo k vypnutí obvodu jističem LPE 6B přibližně v čase 3 sekund a jistič PSN 10C nezareagoval a zůstal zapnut. V tomto případě výsledky samotného měření shodovali s s předpokladem, který jsem si nasimuloval v programu Sichr. Kombinace jističů LSN 10C – LPE 6B je v oblasti přetížení selektivní a na jištění malých nadproudů je vhodná, ale jak jsem zjistil v předchozím měření, pro větší hodnoty poruchových proudů v oblasti energetické selektivity je kombinace těchto prvků nevhodná.

## 5.8. selektivita jistič ( LPN 25B ) – pojistka ( PV10gG 10A ) při zkratu3

Pro ověření selektivity kombinace jistič – pojistka při zkratu jsem zvolil jako předřazený jistící prvek jistič LPN 25B o jmenovitém proudu 25A od firmy OEZ a jako přiřazený jistící prvek pojistku PV10gG 10A o jmenovitém proudu 10A také od firmy OEZ. U této kombinace jistících prvků lze k vzhledem specifickým vlastnostem jističů v oblasti velkých nadproudů selektivitu kombinace jistič – pojistka obecně stanovit z proudových charakteristik jen do velikosti proudu odpovídající 0,9 násobku minimální hodnoty zkratového spouště. Pro větší proudy je nutné selektivitu ověřit zkouškami.

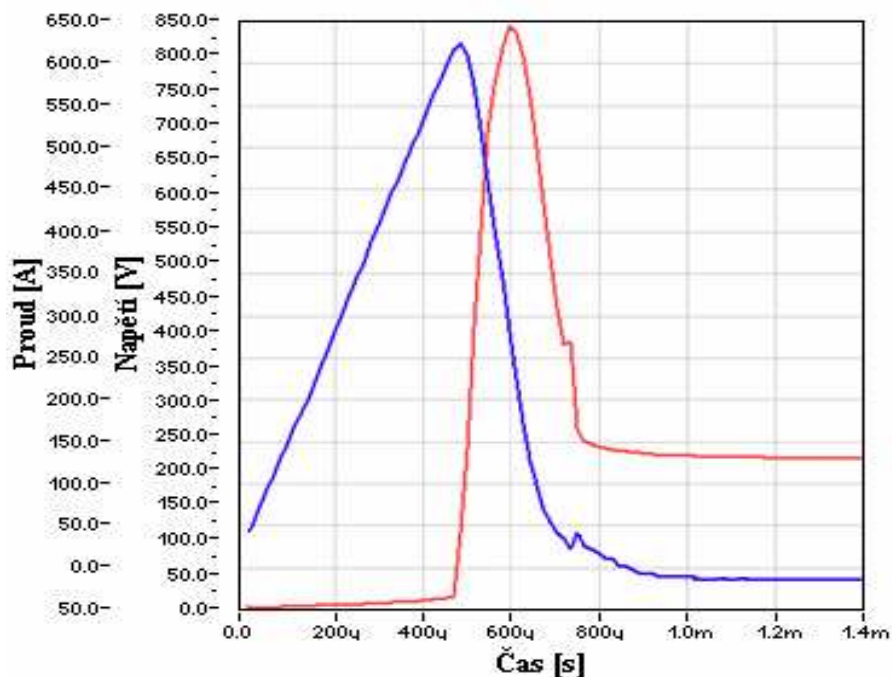


- vypínací charakteristiky jističe LPN 25B a pojistky PV10gG 10A zobrazené programem Sichr s vyznačenou hodnotou poruchového zkratového proudu o hodnotě 2700A

LSN 25B	$I_{cn} = 10 \text{ kA}$	$I_{rm} = 112.50 \text{ A}$
$I_n = 25 \text{ A}$	$i_p = 2.99 \text{ kA}$	$Z_s(0,4s) = 1.87 \text{ Ohm } (I_a = 124 \text{ A})$
PV10gG	$I_{cc} = 110 \text{ kA}$	Připojeno pomocí OPV10; Cd/Pb free
$I_n = 10 \text{ A}$	$i_o = 624 \text{ A}$	$Z_s(0,4s) = 3.94 \text{ Ohm } (I_a = 59 \text{ A})$
		1Q2-1F3 selektivní minimálně do 83 A

- hodnoty spočtené programem Sichr pro danou kombinaci jistících prvků

Tuto kombinaci jistících prvků vyhodnotil program Sichr jako selektivní do minimální hodnoty poruchového proudu 83A, ale hodnota zkratového ( poruchového ) proudu je mnohonásobně větší než je mez selektivity, tzn. se nachází v oblasti energetické selektivity.

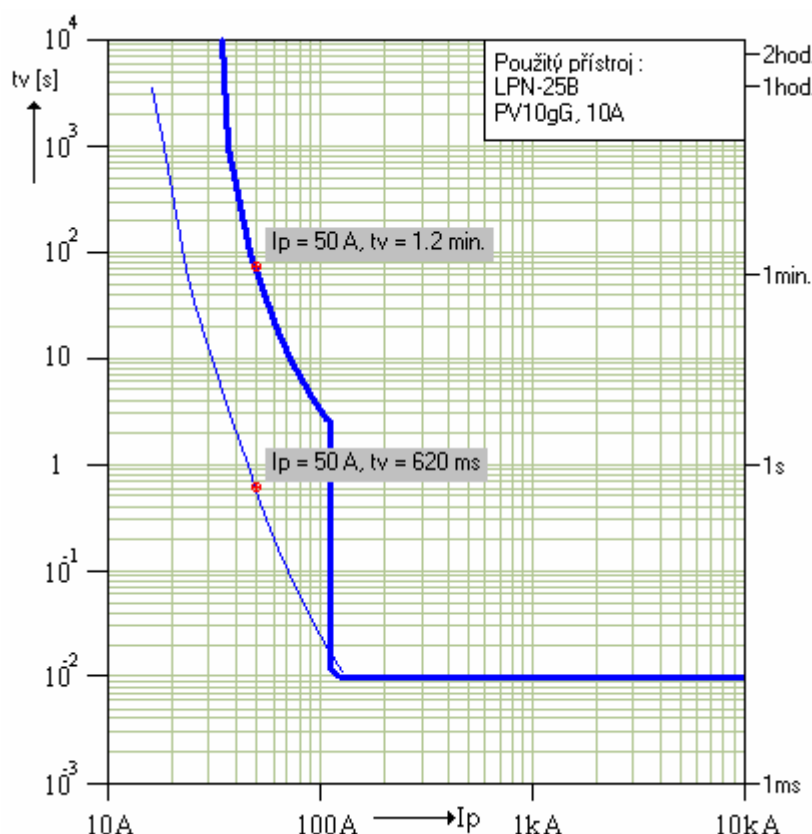


- průběh napětí ( červeně ) a proudu ( modře ) při zkratu v obvodu s předřazeným jističem LPN 25B a přiřazenou pojistkou PV10gG 10A

Při mnou provedeném testu došlo pouze k přetavení přiřazené pojistky PV10gG 10A a předřazený jistič zůstal v sepnutém stavu. K úplnému vypnutí obvodu došlo přibližně v čase 800  $\mu$ s. Podle omezovací charakteristiky pojistek PV10gG ( viz příloha č.3 ) při poruchovém proudu 2700A měla pojistka omezit proud obvodem na maximální hodnotu kolem 750A, což odpovídá efektivní hodnotě proudu 530A. Dle programu Sichr došlo při zkratu vlivem vypnutí pojistky k omezení proudu na maximální hodnotu proudu 624A, což odpovídá efektivní hodnotě poruchového proudu 440A. Tyto hodnoty se shodují s hodnotami naměřenými na zkratovacím zařízení. Daná kombinace prvků má místo nejistoty, která je v oblasti křížení se charakteristik, okolo proudu 110A. Pokud by měl proud hodnotu přibližnou proudu místa nejistoty, může docházet i k vypínání předřazeného jističe, což je nežádoucí a mohlo by docházet k vypínání neporušených částí obvodu. Tato kombinace jistících prvků je v oblasti energetické selektivity do zkratového proudu 2700A selektivní.



## 5.7. selektivita jistič ( LPN 25B ) – pojistka (PV10gG 10A) při přetížení



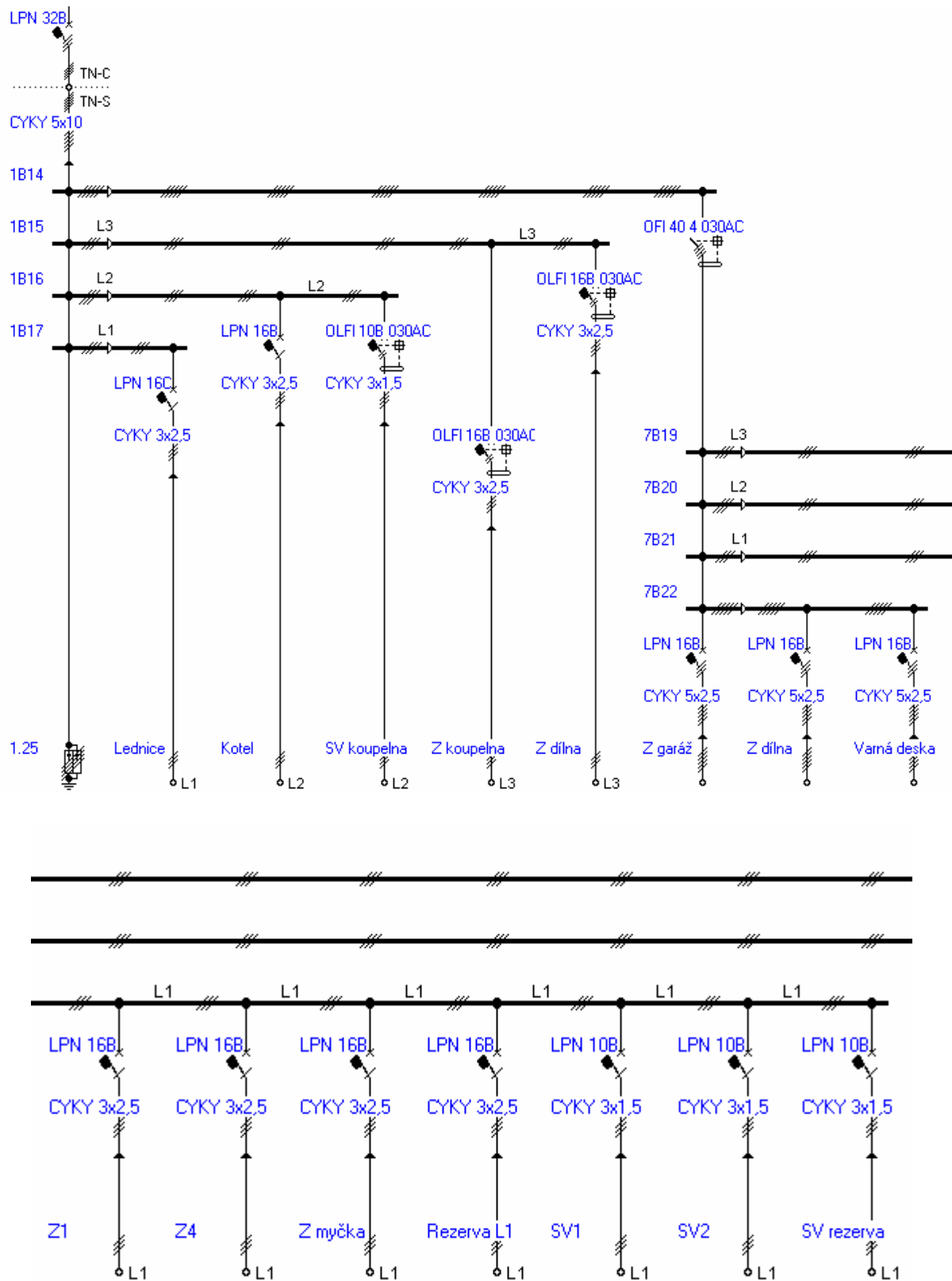
- vypínací charakteristiky jističe LPN 25B a pojistky PV10gG 10A a hodnoty vypínacích časů při poruchovém proudu 50A zobrazené programem Sichr

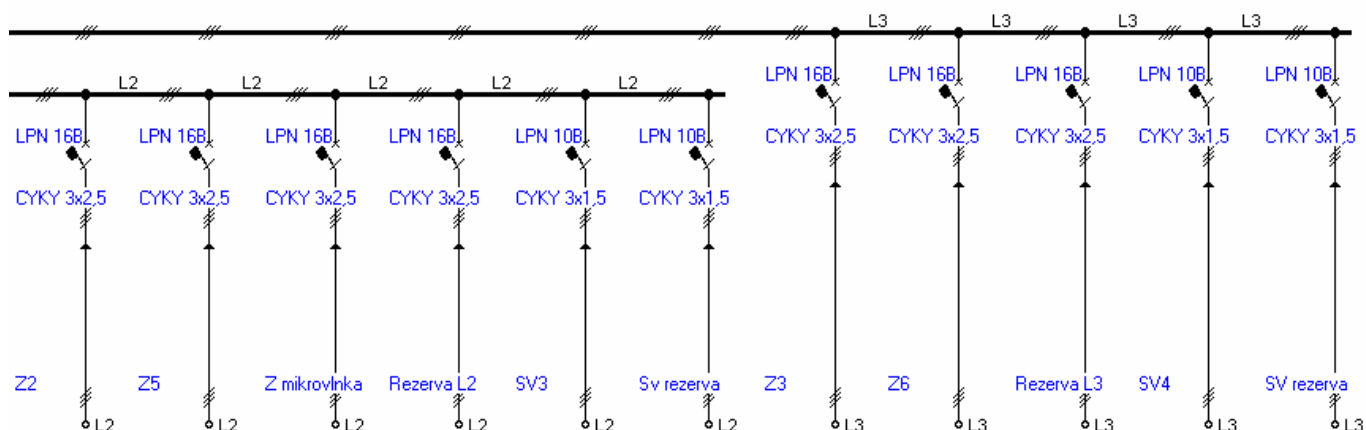
Podle programu Sichr je tato kombinace jističích prvků selektivní do hodnoty poruchového proudu minimálně 83A a proto by mělo dojít k vybavení ( vypnutí ) obvodu při proudu 50A pojistkou PV10gG 10A a to v čase 620 milisekundy. Při měření tomu tak opravdu bylo a došlo k vypnutí obvodu přiřazenou pojistkou PV10gG 10A v čase menším než 1 sekunda a jistič LPN 25B na poruchový proud nezareagoval a zůstal zapnut. V tomto případě se výsledky samotného měření shodovali s s předpokladem, který jsem si nasimuloval v programu Sichr. Kombinace jističe LPN 25B a pojistky PV10gG 10A je v oblasti jak přetížení tak zkratů do hodnoty proudu 2700A selektivní a na jištění nadproudů je vhodná.



## 6. Zpracování projektu rozvodu elektrické energie

Zpracování projektu rozvodu elektrické energie v programu Sichr





Předmětem tohoto projektu je elektroinstalace novostavby RD o obytné ploše přibližně 100 m<sup>2</sup> s kuchyní, chodbou, vstupní halou, koupelnou, dvěma WC, garáží, dílnou, obývacím pokojem a třemi dětskými pokoji. Projekt řeší napájení a ovládání nově nainstalovaných zařízení, vč. ovládání osvětlení. Rozmístění a počet svítidel si vlastník domu určí sám. Elektrická zařízení jsou nainstalována dle požadavku zadání a navržené řešení vychází z dostupných podkladů a informací v době zpracování projektu. Dům je napájen rozvodem elektrické energie 3/N/PE AC 50Hz, 400/230 V / TN-C-S. Z hlavního rozvaděče je vyvedena přepěťová ochrana prvního a druhého stupně. Jednotlivé elektroinstalační rozvody jsou navrženy kabely CYKY s celoplastovou izolací, budou uloženy ve zdi pod omítkou, popř. nad podhledy pod stropem. Přesné umístění jednotlivých tras bude řešeno při montáži dle místních podmínek. V kuchyni je umístěna zásuvka pro lednici jež není chráněna proudovým chráničem a to z důvodu možnosti vzniku škody při vypnutí. Také kotel není chráněn proudovým chráničem, neboť se přes vodu uzavírají reziduální proudy a mohlo by docházet k častým a nechtěným vypínáním. Půdorys domu je umístěn v příloze ( číslo 4 ). Pro lepší přehlednost je možné tento projekt otevřít a shlédnout v programu Sichr, v němž byl také vytvořen. Tímto programem je zde kontrolována selektivita mezi hlavním domovním jističem LPN 32B a podružnými jističi ( LPN ), popřípadě jističochrániči o jmenovité hodnotě proudu 16A pro zásuvky a 10A pro světelné obvody. Selektivita je zaručena pro všechny hodnoty poruchových proudů. Mnou stanovená hodnota maximálního možného zkratového proudu elektroinstalace je 1800A.

## **7. Závěr**

Touto prací jsem se zaměřil na nový obor (směr), který je v současné době čím dál více rozvíjen a využíván. Selektivita elektrických přístrojů je ještě, hlavně v domovních instalacích, neznámou věcí, ale s požadavky na co největší spolehlivost dodávky elektrické energie je stále více připomínána.

Jednotlivé části zahrnuté v práci nastiňují princip fungování jednotlivých přístrojů, jejich vlastnosti a oblasti použití, hlavně v oblasti zkratových proudů. Také vysvětluje principy a způsoby zajištění různých druhů selektivity. Nejčastěji se využívá selektivity mezi jističi a pojistkami, a také mezi různými kombinacemi těchto dvou přístrojů. Nově se začíná také využívat selektivity mezi proudovými chrániči.

Touhle prací jsem si vyzkoušel funkce a chování jistících a ochranných prvků, což jsou pojistky, jističe a proudové chrániče, při přetíženích a zkratech. Porovnal jsem naměřené hodnoty s charakteristikami od výrobce a také s programem na modelování chování jistících prvků Sichr od společnosti OEZ. Naměřené hodnoty se většinou shodovali s teoretickými hodnotami vypočtené Sichrem, ale mnohdy se skutečné hodnoty lišily. Je to dáno širším rozptylem nastavení vypínacích charakteristik jistících prvků oproti programu, který počítá s nějakou pevně nastavenou hodnotou, popřípadě se střední hodnotou. Proud zkratové spouště je „n“ násobek jmenovité hodnoty proudu jističe a „n“ může mít pro jeden typ jističe více hodnot a to program nezhodnotí. Všechny naměřené a vyzkoušené kombinace jistících a ochranných prvků jsou v práci zhodnoceny a srovnány s údaji výrobců a Sichrem. Navržená selektivní domovní elektroinstalace byla vytvořena v programu Sichr, jímž byla také selektivita všech prvků zkontrolována.

## **Seznam použité literatury:**

[www.odbornecasopisy.cz](http://www.odbornecasopisy.cz) – oblast elektro a jimi vydávané odborné časopisy

[www.oez.cz](http://www.oez.cz) – sekce Modrá planeta

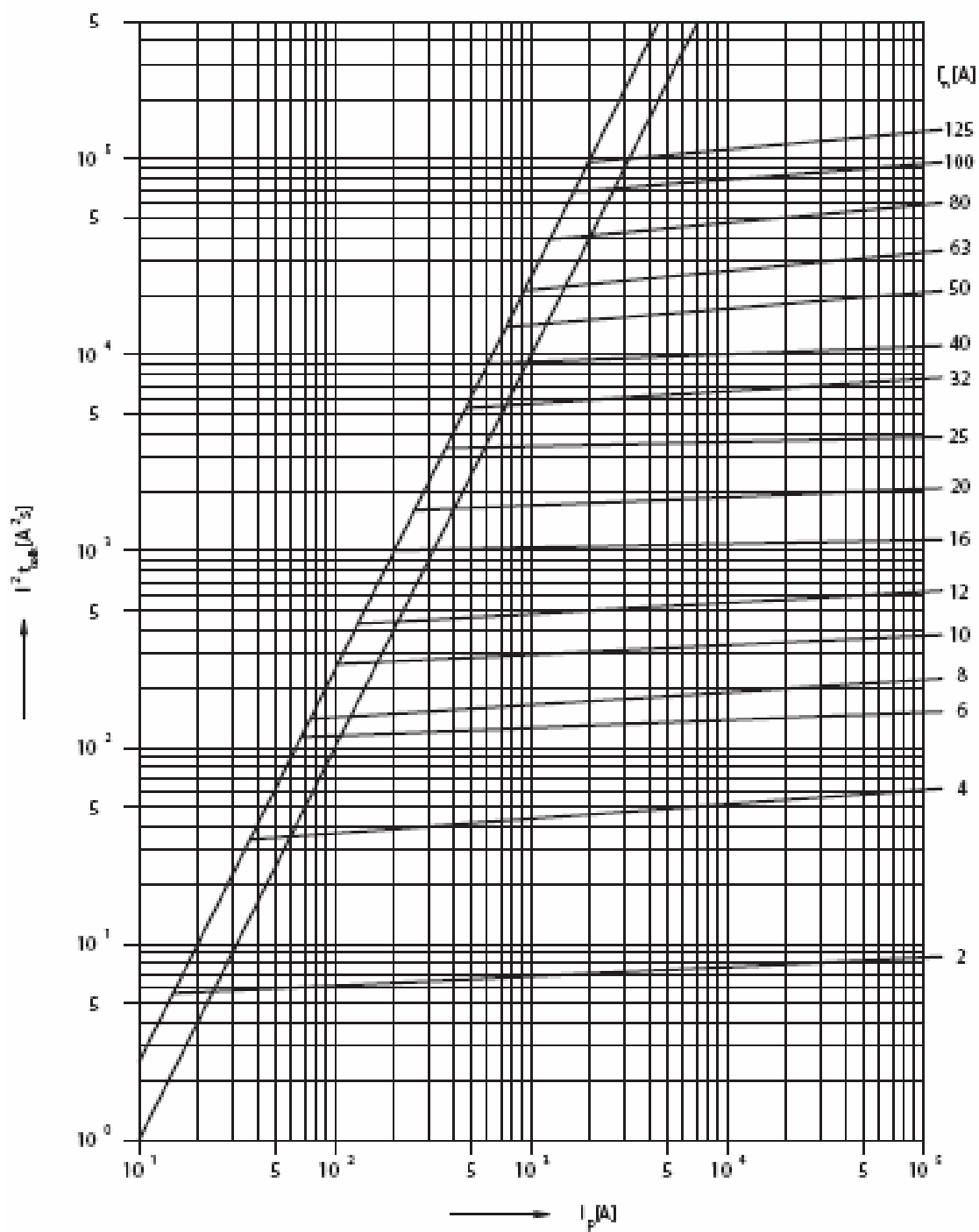
[www.schneider-electric.cz](http://www.schneider-electric.cz) – koordinace jistících přístrojů nn

<http://wikipedia.org/>

## 8. Přílohy:

příloha číslo 1:

Jouleův celkový integrál pojistek PV10gG pro 500V.



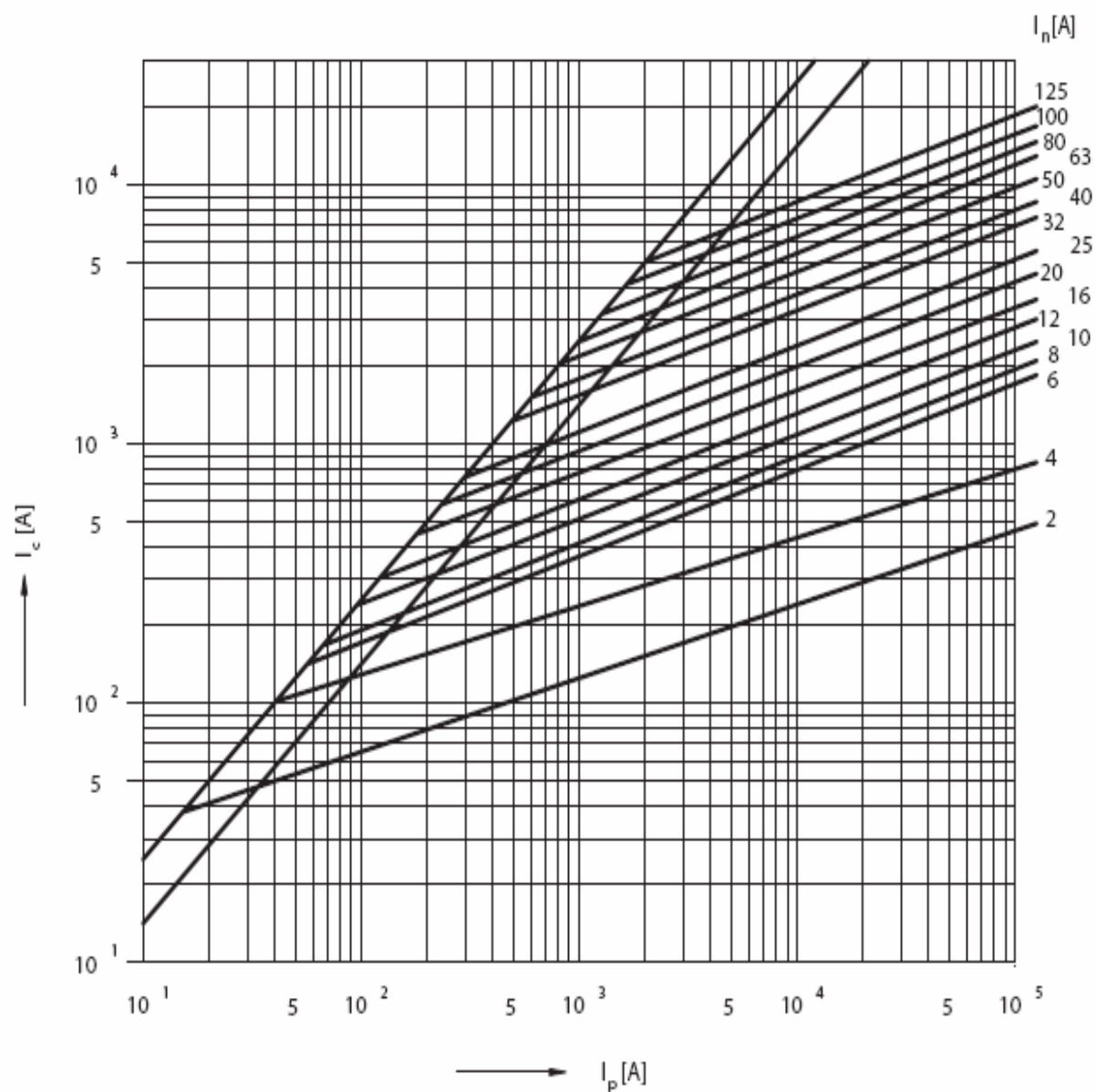
příloha číslo 2:

přidělená předřazená pojistka PN000 přiřazené PN000 při daném zkratovém proudu.  
Deklarace od společnosti OEZ.

Přiřazená pojistka	Předřazená pojistka pro $I_p$		
	10 kA	50 kA	100 kA
In [A]	In [A]	In [A]	In [A]
6	16	20	20
10	25	25	32
16	32	32	32
20	35	40	40
25	50	50	63
32	63	80	80
35	80	80	80
40	80	100	100
50	100	100	100
63	125	125	160
80	160	160	200
100	200	224	224
125	224	250	315
160	250	315	315
200	315	315	350
224	315	350	350
250	350	400	400
315	500	630	630
350	630	630	630
400	630	--	--

příloha číslo 3:

Omezovací charakteristika PV10gG pro 500V.



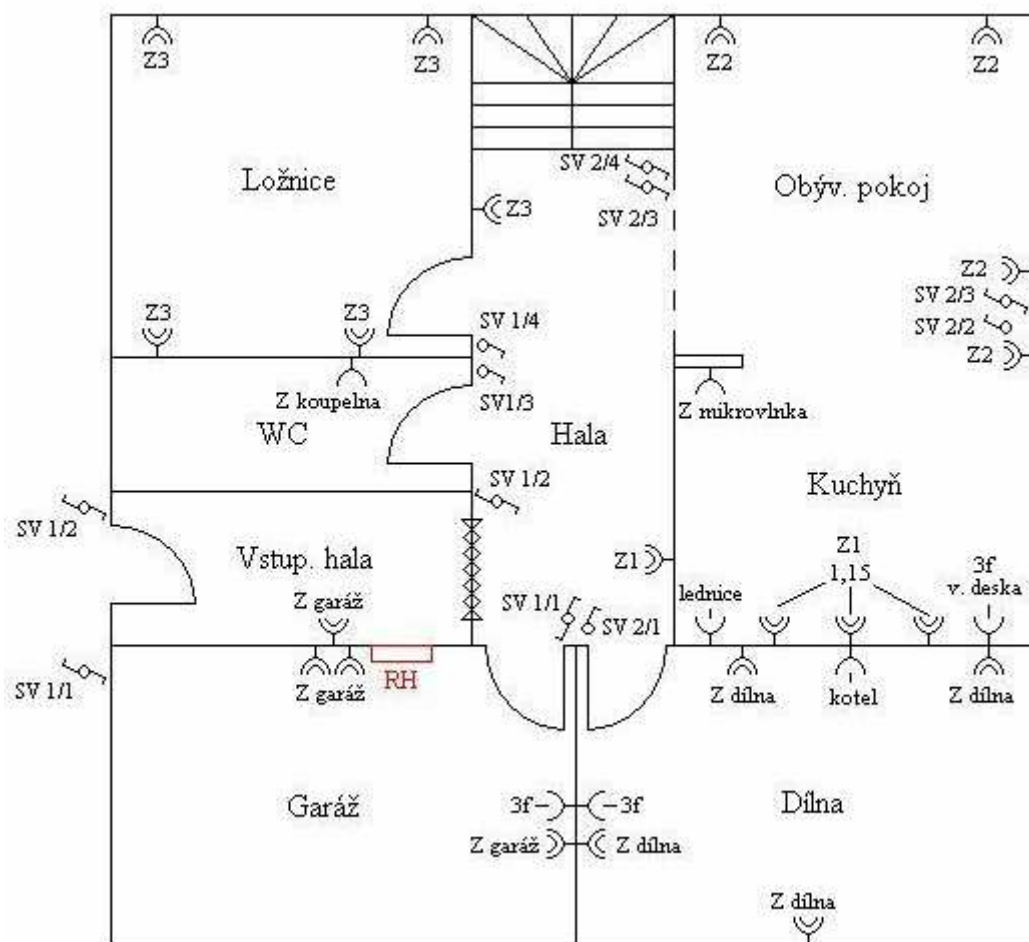
- závislost omezeného proudu  $I_c$  na poruchovém proudu  $I_p$  ( omezený proud je v maximálních hodnotách, kdežto poruchový proud v efektivních hodnotách ).



příloha číslo 4:

- půdorys domu na nějž je vytvořen v programu Sichr elektroinstalační projekt

část 1) – 1.N.P.



část 2) – 2.N.P.

