

## Elektrické ochrany

*Elektrická ochrana* – zařízení kontrolující chod části energetického systému (G, T, V) = *chráněného objektu*, zajistit normální provoz

*Chráněný objekt* – fyzikální zařízení pro přenos el. energie, funkce charakterizovaná okamžitými hodnotami měřitelných fyzikálních veličin = *stavových veličin* (U, I, P, Q, f, T, F,...)

*Činnost ochrany* - získává informace o veličinách, zpracovává je a hodnotí meze normálního provozu a nepřípustných hodnot. Při poruchovém stavu chr. objektu dojde k odpojení chr. zařízení od zdrojů → zabránění havárii nebo omezení následků poruchy. (Také vysílání signálu o působení pro obsluhu.)

## Poruchové stavy

### *Zkrat*

- spojení fází, fáze a země → možné poškození elektrické, tepelné, mechanické, ztráta synchronismu

### *Přetížení*

- příliš vysoký proud (výkon) zařízením → poškození tepelné, mechanické

### *Přepětí*

- zvýšení napětí nad dovolenou mez → poškození a stárnutí izolací, přídatné ztráty, nebezpečí zkratu
- vlivy atmosférické, spínací, regulace napětí, kapacitní zátěž, vedení naprázdno

### *Podpětí*

- pokles napětí pod dovolenou mez
- proudové přetížení, regulace napětí

### *Snížení frekvence*

- přebytek spotřeby nad výrobou v ES
- → nesprávná funkce, vyšší magnetizační proudy a ztráty

### *Zvýšení frekvence*

- přebytek výroby nad spotřebou v ES
- → nesprávná funkce, mech. namáhání

### *Nesymetrické zatížení*

- jednofázové zatížení, trakce
- → zpětná složka proudu → přidavné ztráty v rotoru, ohřátí

### *Zemní spojení*

- 1 fáze se zemí u sítí s izolovaným uzlem
- pravděpodobnost následného zkratu

### *Zpětný tok výkonu*

- porucha turbíny → uzavření přívodu páry → motorický chod

## *Ztráta buzení*

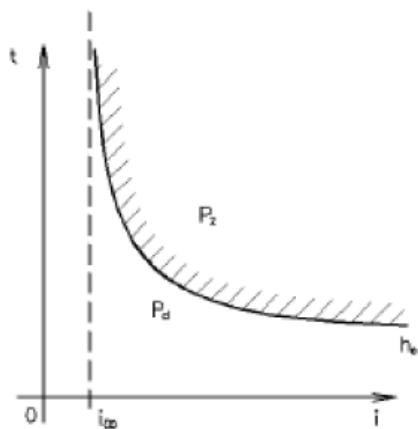
- pokles budicího proudu pod mez statické stability → asynchronní chod
- → přídavné vířivé ztráty

## Charakteristiky a rovnice ochran

Char-ka ochrany popisuje hranici mezi dovolenými a poruchovými stavy. Podle funkčního principu jsou sledovány jen některé stavové veličiny  $x(t)$ .

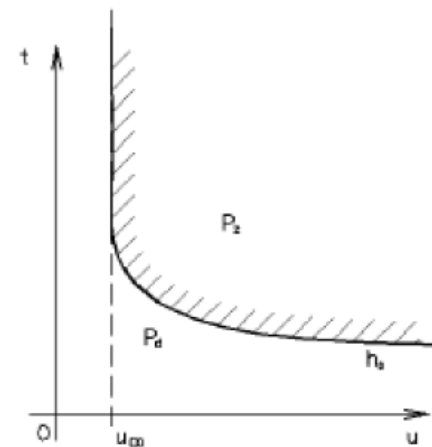
*např. Proudová ochrana*

$$F(i, t) = 0$$



*Napěťová ochrana*

$$F(u, t) = 0$$



### Dělení dle doby působení

- mžiková – doba působení omezena jen zpracováním informací a reakcí ochrany, tj. působí „okamžitě“
- závislá – doba působení funkcí měřené veličiny
- časově nezávislá – konstantní doba působení (nastavitelná)

### Požadavky na ochrany

#### *a) Rychlost*

Dána dobou působení = doba ochrany + působení vypínače. Volba rychlosti závisí na typu poruchy (zkrat x přetížení).

#### *b) Citlivost a přesnost*

Minimální velikost měřené veličiny, na kterou ochrana reaguje, a její relativní chyba.

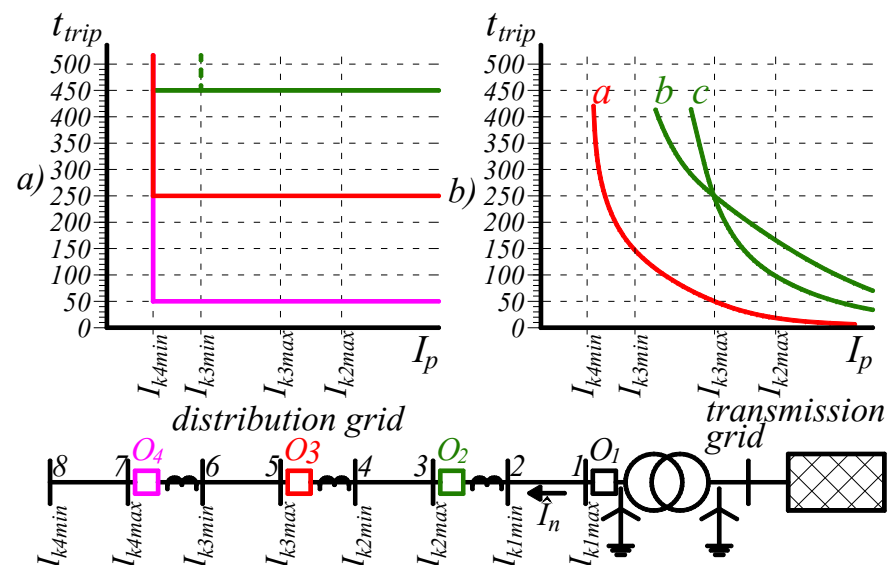
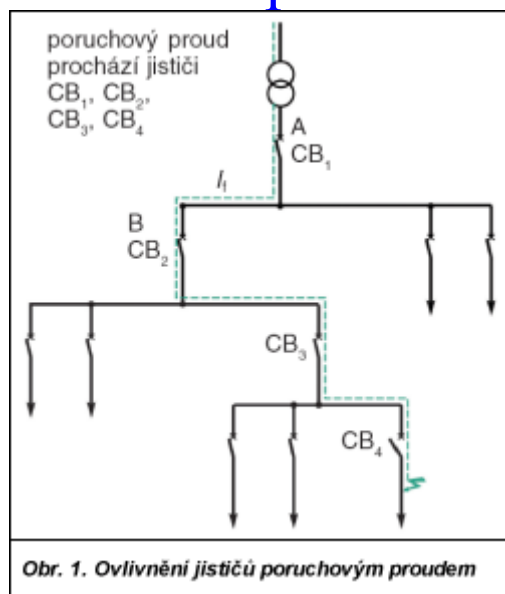
#### *c) Spolehlivost*

Schopnost působit při poruše a nepůsobit, není-li porucha. Vliv vnějších podmínek, mechanismu ochrany, údržba. Zálohování.

d) Snadnost údržby a kontroly

e) Selektivita

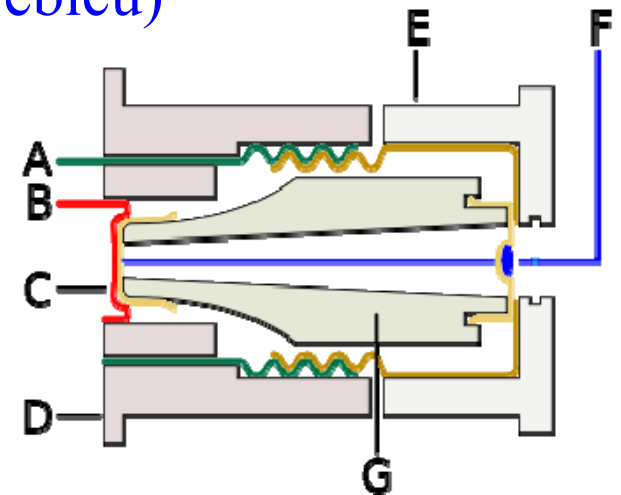
Vypnutí co nejmenší části soustavy. Časovým, proudovým nebo místním odstupňováním charakteristik.

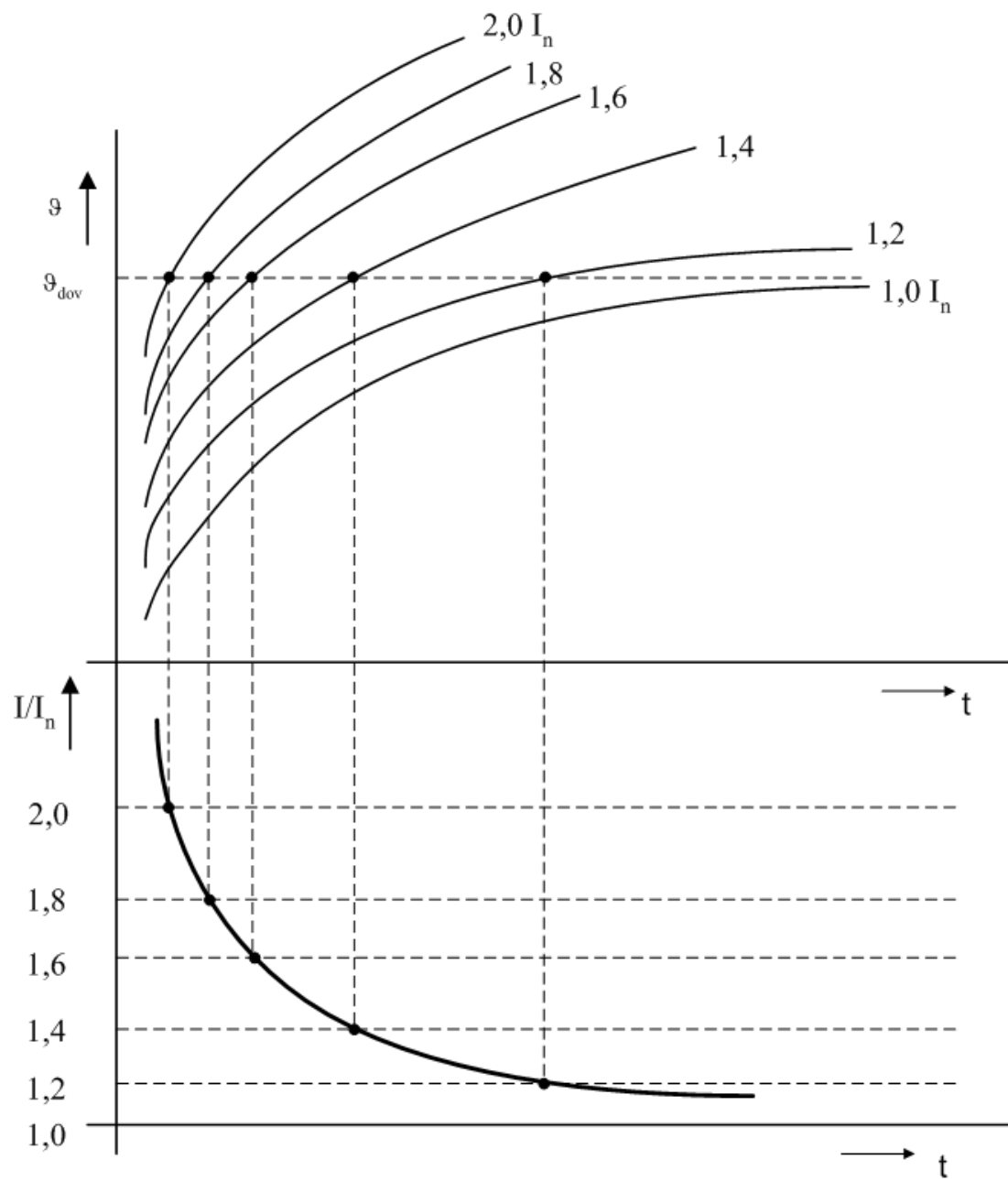


## Ochrany v rozvodu nn

### Pojistky

- nejstarší princip chránění proti nadměrným proudům
- uměle vytvořené nejslabší místo v rozvodu, které přeruší tok proudu
- přetavení kalibrovaného drátku, pásku (Ag, Cu)
- přetavení v hasicím prostředí (jemný křemičitý písek), také tlumí tlakovou vlnu po přehoření
- (+) jednoduchost, spolehlivost
- (-) nutná výměna po působení, možnost přetavení jen v jedné fázi (u 3f spotřebičů)
- nesmějí se neodborně opravovat
- použití na NN, VN x ne na VVN
- může omezit zkratový proud
- konstrukce vypínací charakteristiky z oteplovacích křivek pro různá přetížení
- vyp. char. závislá



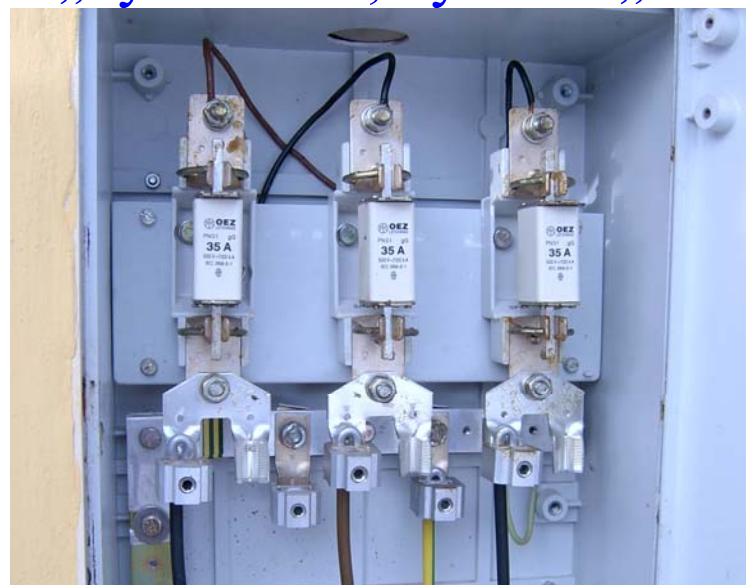


## Rozdělení pojistek podle konstrukce

- *závitové* – keramické, menší proudy



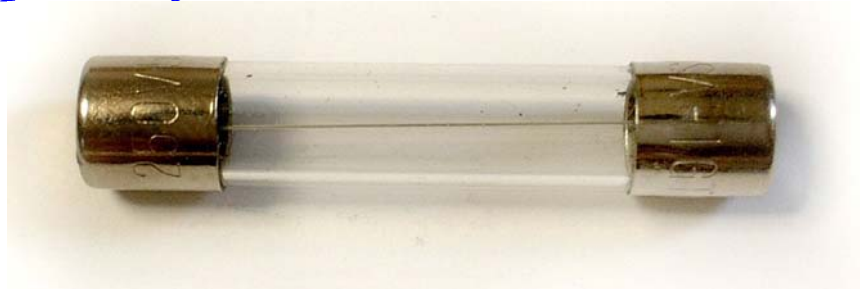
- *nožové* – větší proudy, rychlé → „výkonové“, výměna „žehličkou“



- *válcové* – jako vložky do odpínačů



- *s kontaktními praporci* – velmi rychlé (x ms), omezovací schopnost, pro PV prvky
- *přístrojové* – tenké skleněné trubičky, tavný drátek ve vzduchu



- *automobilové*



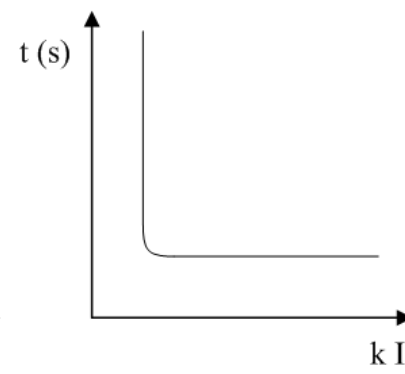
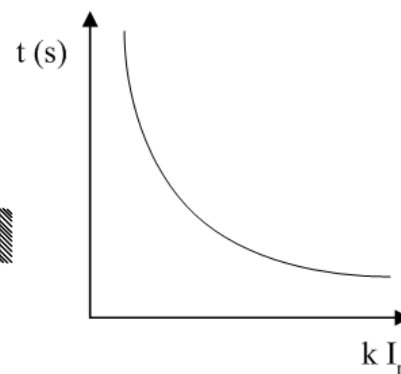
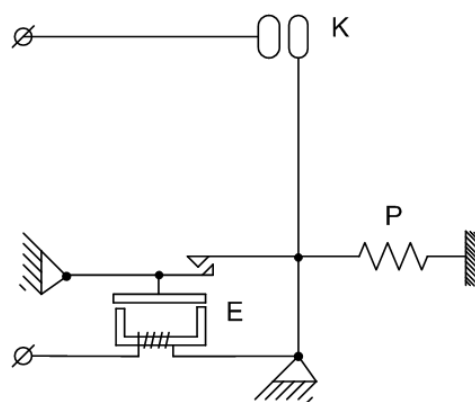
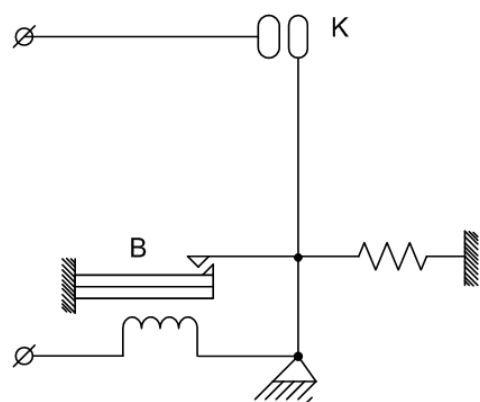
- *pojistky vn – např. distribuční transformátory*

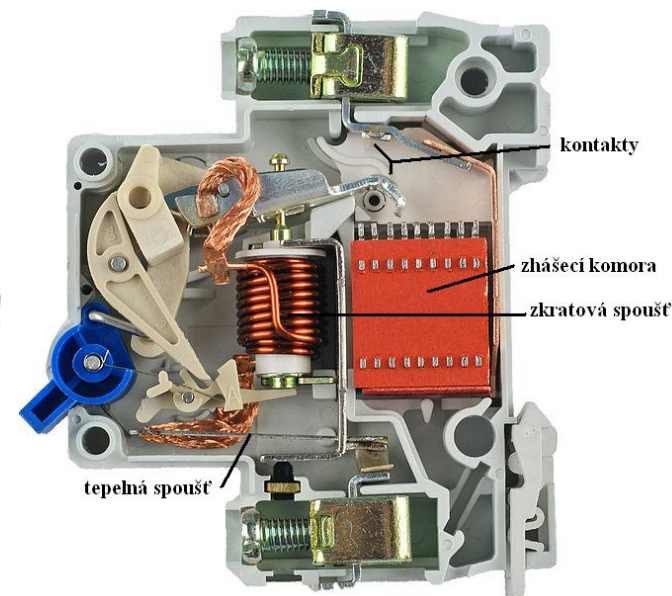
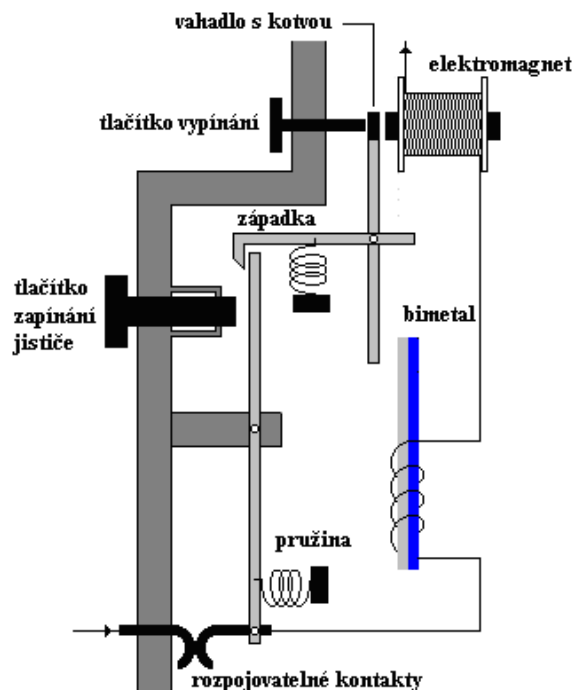


- *jiné – pásy, cívky,...*

## Jističe

- samočinné nadproudové vypínače
- spoušť nadproudová (bimetal, přetížení) a zkratová (elektromagnet, zkrat)
- vypínají proud v nule, nemají omezovací schopnost
- někdy předřadit pojistku pro zkrat, když nestačí vypínací schopnost
- (+) opakovatelná funkce, vícepólové provedení pro 3f spotřebiče
- (-) složitost, nákladnost

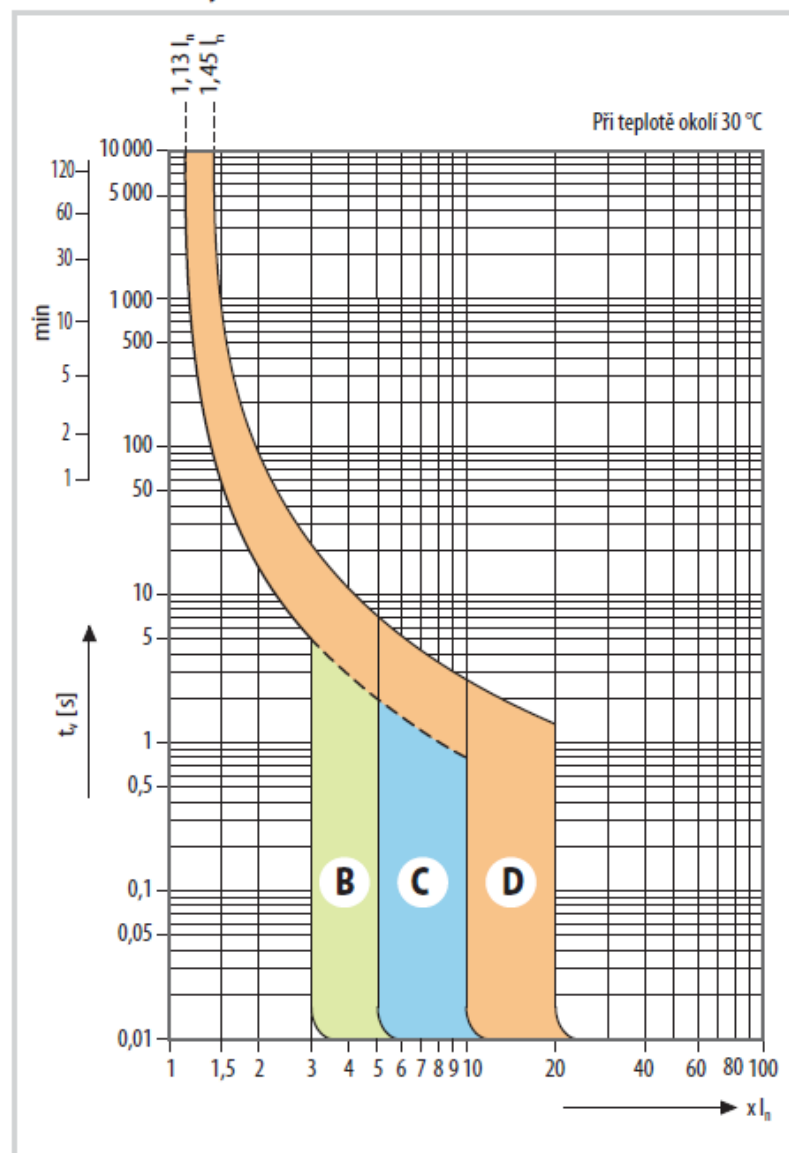




## Rozdělení jističů

- *účel* – pro vedení, motorové (zpoždění pro rozběh), ochranné (s napětovou spouští, s podpětovou spouští)
- *počet pólů* – 1 (1f), 2 (DC), 3 (3f), 4 (speciální)
- *uložení kontaktů* – vzduchové, olejové (pouze 3-pólové, i ke spínání motorů)

## Charakteristiky LTN v AC obvodu <sup>1)</sup>



<sup>1)</sup> V DC obvodu se mění meze elektromagnetické spouště s korekčním koeficientem 1,4.  
Charakteristika B:  $(4,2 \div 7) I_n$  / C:  $(7 \div 14) I_n$  / D:  $(14 \div 28) I_n$

- **Charakteristika B:** pro jistění vedení elektrických obvodů se zařízeními, která nezpůsobují proudové rázy. Zkratová spoušť nastavena na  $(3 \div 5) I_n$ .
- **Charakteristika C:** pro jistění vedení elektrických obvodů se zařízeními, která způsobují proudové rázy. Zkratová spoušť nastavena na  $(5 \div 10) I_n$ .
- **Charakteristika D:** pro jistění vedení elektrických obvodů se zařízeními, která způsobují vysoké proudové rázy. Zkratová spoušť nastavena na  $(10 \div 20) I_n$ .

### Vypínací charakteristiky jističů podle ČSN EN 60898-1

| Tepelná spoušť            |                                   | Typ charakteristiky<br>B, C, D |                     |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Smluvený nevypínací proud | $I_{nt}$ pro $t \geq 1$ h         | (pro $I_n \leq 63$ A)          | $I_{nt} = 1,13 I_n$ |
|                           | $I_{nt}$ pro $t \geq 2$ h         | (pro $I_n > 63$ A)             |                     |
| Smluvený vypínací proud   | $I_{nt}$ pro $t < 1$ h            | (pro $I_n \leq 63$ A)          | $I_t = 1,45 I_n$    |
|                           | $I_{nt}$ pro $t < 2$ h            | (pro $I_n > 63$ A)             |                     |
| Proud $I_3$ pro           | $1 \text{ s} < t < 60 \text{ s}$  | (pro $I_n \leq 32$ A)          | $I_3 = 2,55 I_n$    |
|                           | $1 \text{ s} < t < 120 \text{ s}$ | (pro $I_n > 32$ A)             |                     |

t - vypínací doba jističe

| Elektromagnetická spoušť |                                        | Typ charakteristiky<br>B C D |               |                               |
|--------------------------|----------------------------------------|------------------------------|---------------|-------------------------------|
| Proud $I_4$ pro          | $0,1 \text{ s} < t < 45 \text{ s}$     | (pro $I_n \leq 32$ A)        | $I_4 = 3 I_n$ |                               |
|                          | $0,1 \text{ s} < t < 90 \text{ s}$     | (pro $I_n > 32$ A)           |               |                               |
|                          | $0,1 \text{ s} < t < 15 \text{ s}$     | (pro $I_n \leq 32$ A)        | $I_4 = 5 I_n$ |                               |
|                          | $0,1 \text{ s} < t < 30 \text{ s}$     | (pro $I_n > 32$ A)           |               |                               |
|                          | $0,1 \text{ s} < t < 4 \text{ s}^{1)}$ | (pro $I_n \leq 32$ A)        |               | $I_4 = 10 I_n$                |
|                          | $0,1 \text{ s} < t < 8 \text{ s}$      | (pro $I_n > 32$ A)           |               |                               |
| Proud $I_5$ pro          |                                        | $t < 0,1 \text{ s}$          | $I_5 = 5 I_n$ | $I_5 = 10 I_n$ $I_5 = 20 I_n$ |

t - vypínací doba jističe

<sup>1)</sup> pro  $I_n \leq 10$  A se připouští  $t < 8 \text{ s}$

- velikost  $I_n$   
do 80-125 A



do 1600 A

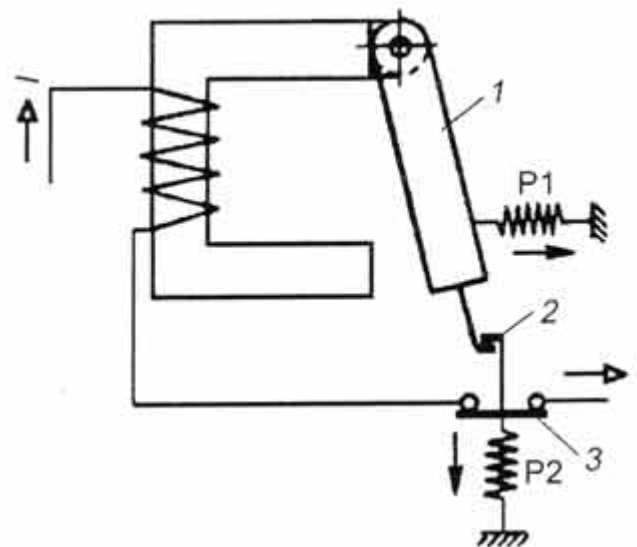


do 6300 A



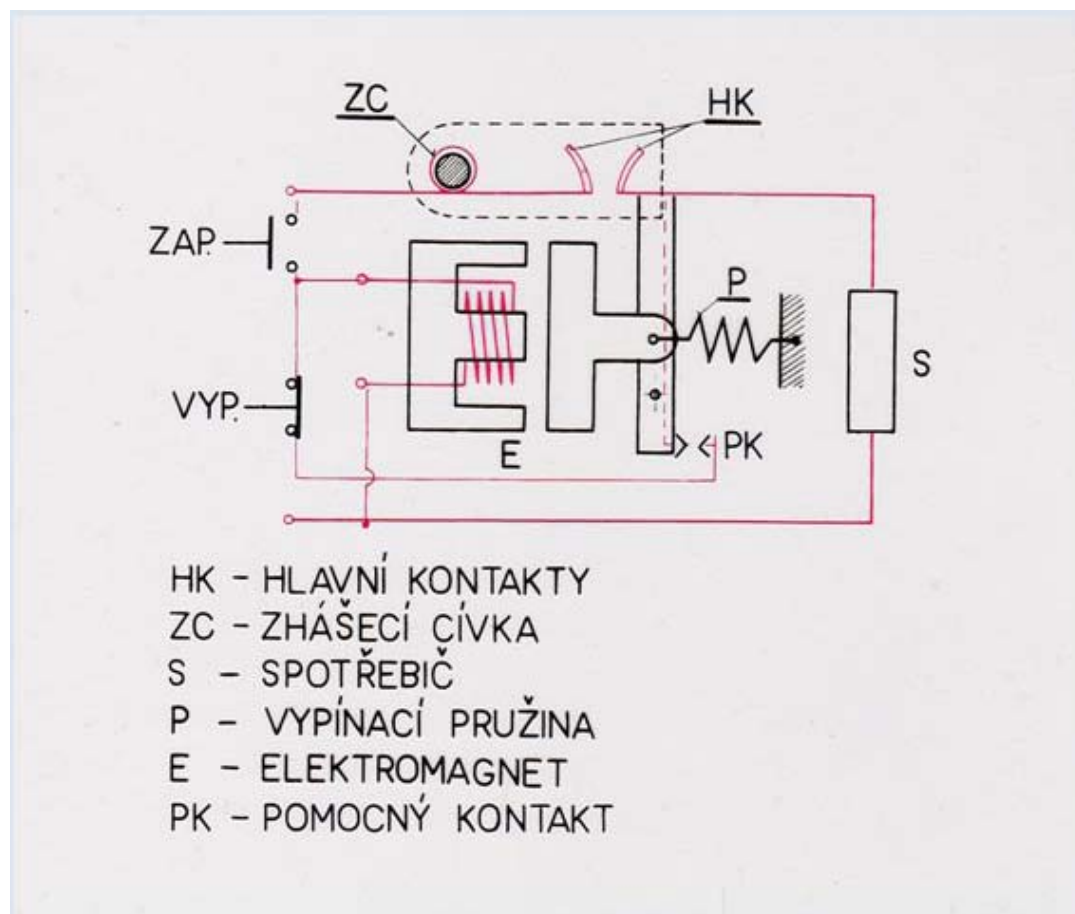
## Jisticí nadproudová relé

- jištění před přetížením, chodem na 2 fáze
- ne proti zkratu (malá vypínací schopnost)
- často spolupráce se stykačem (rozepíná silový obvod nebo jen cívku stykače)
- nastavitelná proudová spoušť ( $\pm 20\% I_n$ ), cca do 100 A
- závislá vypínací charakteristika nebo princip elektromagnetu



## Stykače

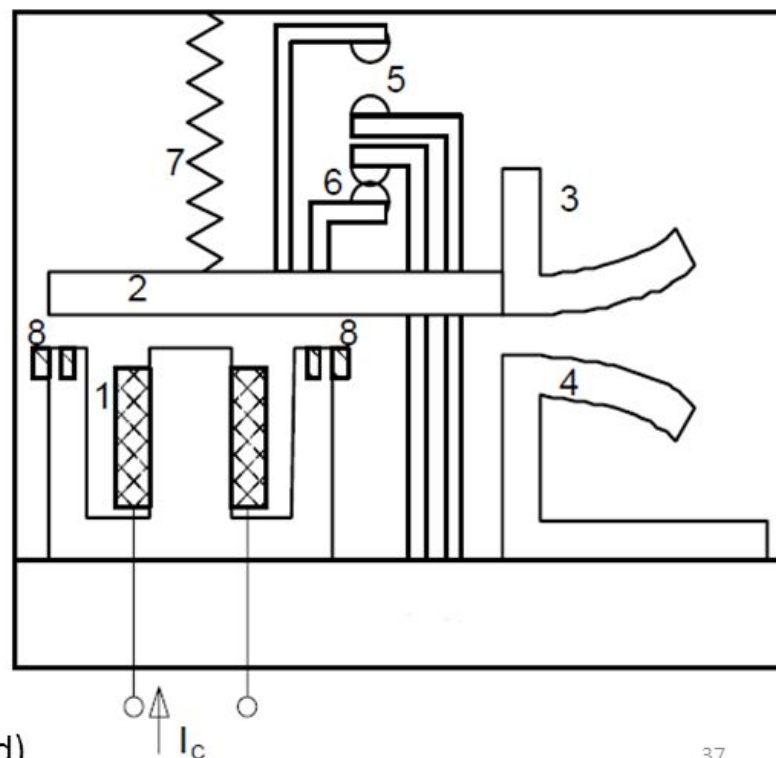
- zařízení pro spínání a rozepínání elektrických silových obvodů
- v klidu vypnutý, pro udržení zapnutí potřeba vnější síla (proud)
- elektromagnetický princip



# STYKAČ

## Konstrukce stykače

1. Cívka elektromagnetu
2. Kotva elektromagnetu
3. Hlavní pohyblivý kontakt
4. Hlavní pevný kontakt
5. Zapínací pomocný kontakt
6. Rozpínací pomocný kontakt
7. Vratná pružina
8. Závit nakrátko (pro střídavý proud)



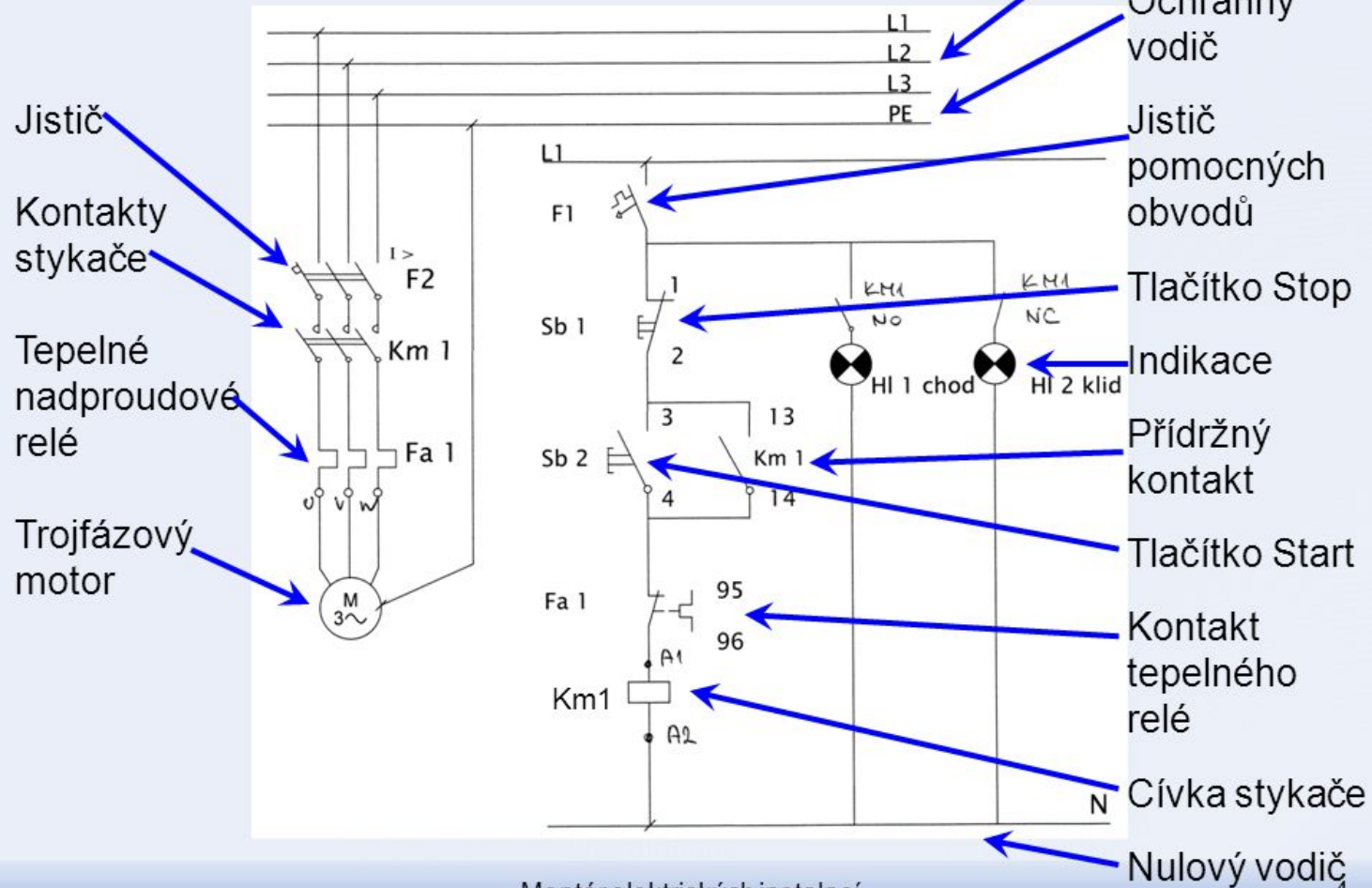
37

# STYKAČ

## Princip činnosti stykače

- ✓ Proud  $I_C$  tekoucí cívkou **1** způsobí přitažení kotvy elektromagnetu **2**.
- ✓ Spojí se hlavní pohyblivý kontakt **3** s pevným kontaktem **4**.
- ✓ Zároveň se spojí zapínací pomocný kontakt **5** a rozpojí pomocný kontakt **6**. Jsou určeny pro ovládání (např. sepnutí dalšího stykače), signalizaci (světelná kontrolka – sepnuto/rozepnuto), atd.
- ✓ Přestane-li cívkou procházet proud  $I_C$ , vratná pružina **7** oddálí kontakty **3** a **4**.
- ✓ Stykače na střídavý proud jsou vybaveny závitem nakrátko **8**, ve kterém se indukují největší napětí při průchodu proudu nulou a drží kotvu přitaženou i při  $I_C = 0$ .

38

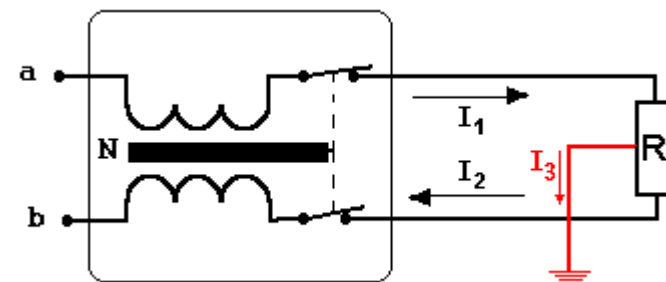


## Chrániče

- samočinné odpojení poruchy ve velmi krátkém čase
- v místech se zvýšeným nebezpečím úrazu (doporučení nebo předepsání)
- doplňková ochrana před nebezpečným dotykem

## Proudový chránič

- sčítání proudů všech pracovních vodičů
- při poruše  $\sum i \neq 0$  (součtový transformátor)
- rozdílový proud vybaví relé, odepnou se všechny pracovní vodiče
- odpojení vyvoláno vybavovacím rozdílovým proudem (např. 50 %  $I_{\Delta n}$ )
- $I_{\Delta n} = 10, \underline{30}, 100, 300, 500$  mA
- testovací tlačítko
- někdy s vestavěným jističem proti přetížení



- ČSN 33 2000-4-41: zásuvkové obvody do 20 A s přístupem laiků (výjimky výpočetní technika, chladničky, velké škody při vypnutí) + venkovní zásuvky do 32 A

chránič

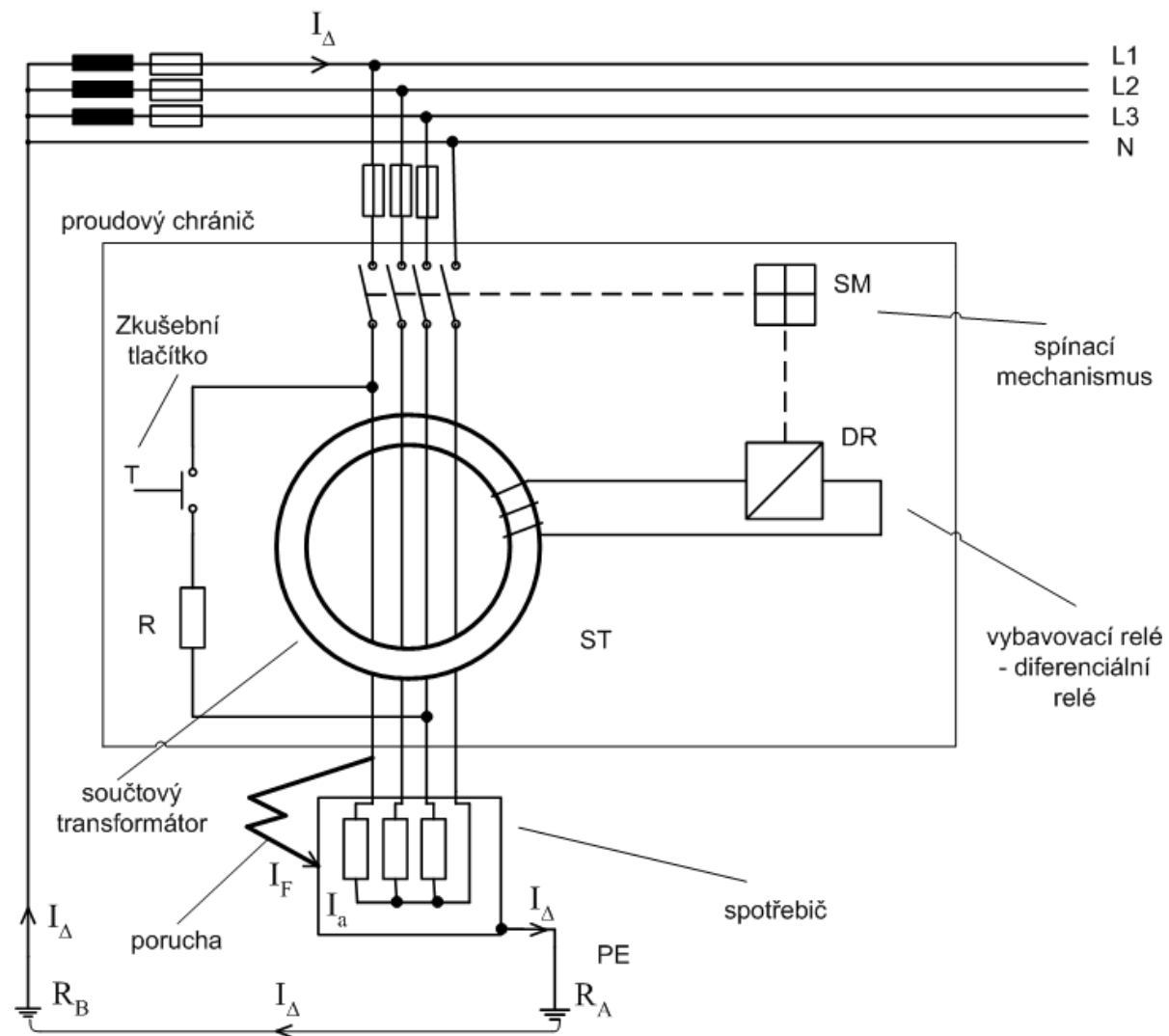


chránič + jistič



- také integrované do zásuvek



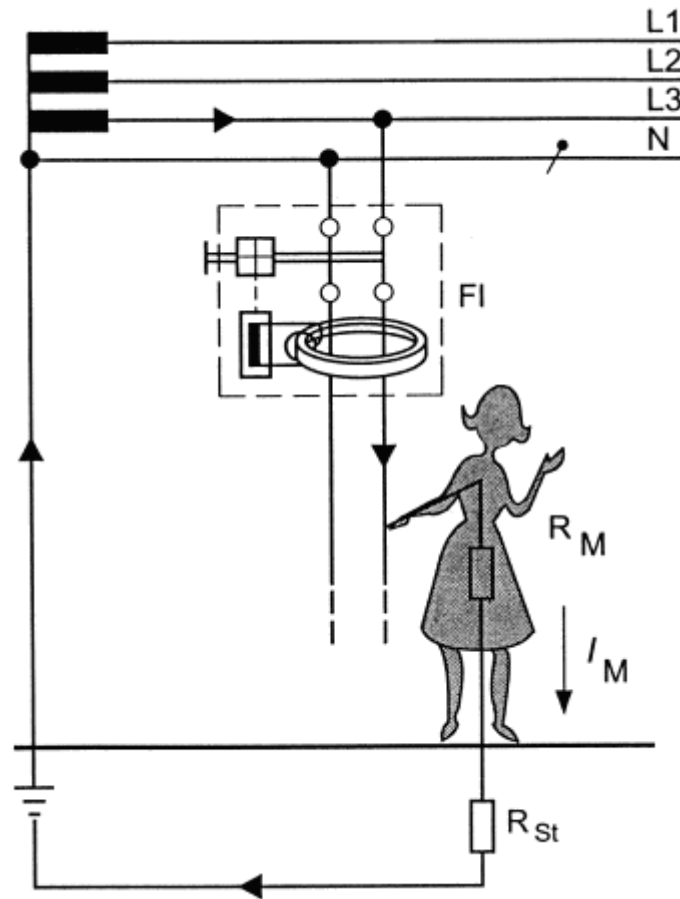


$$I_{\Delta} = I_F + I_a$$

$I_{\Delta}$ .....rozdílový proud (reziduální proud)

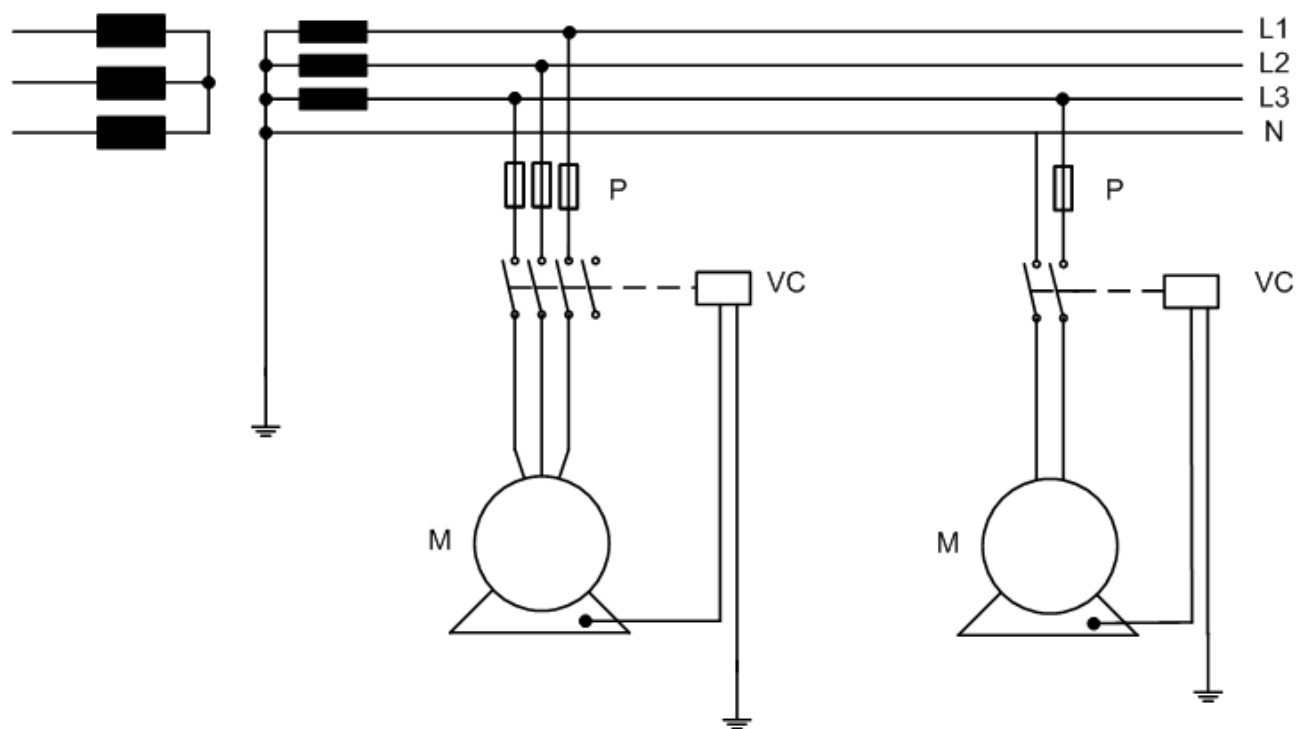
$I_F$ .....chybový proud při poruše

$I_a$ .....svodový proud – běžně zanedbáváme



## Napět'ový chránič

- uzemněná vypínací cívka na kostru
- elektromagnet odpojí při nastaveném napětí (dovolené dotykové)
- vypíná všechny pracovní vodiče (i střední) → 2-pól, 4-pól
- dnes už moc ne – nevýhody (potřeba malý odpor uzemnění, část proudů i jinudy) → proudové chrániče



## Jističe + pojistky

- přetížení – vyšší proud zátěže → ochrana vodičů i zařízení
- zkrat – vysoký proud (bez impedance zátěže) žádoucí kvůli rychlému vypnutí → potřeba nízká impedance smyčky → kvalitní uzemnění, pospojování

## Uzemnění

### Účel uzemnění

- ochrana lidí a zvířat před úrazem (snížením dotykového a krokového napětí na bezpečnou míru)
- udržovat na potenciálu země nějakou část elektrického obvodu
- umožňovat funkci elektrických strojů, přístrojů a zařízení
- chránit elektrické stroje a zařízení před účinky přepětí a velkých proudů
- svést atmosférické proudy a omezit přepětí

## Uzemnění

- vodivé spojení mezi daným bodem a lokální zemí
- uzemňovaná místa: uzly generátorů a transformátorů, vodivé části a konstrukční prvky

## Zemní odpor

- závisí na rozměrech zemniče, uložení a měrném odporu půdy

- $R_{uz} \leq \frac{U_d}{I_V}$

$R_{uz}$  – dovolený odpor

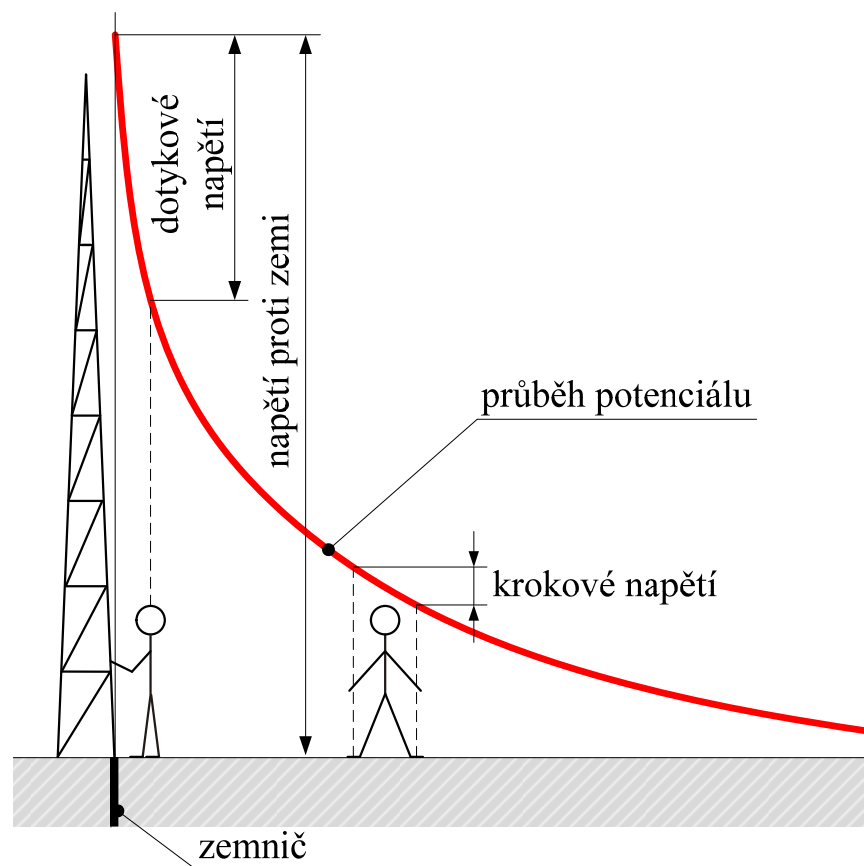
$U_d$  – dovolené dotykové napětí

$I_V$  – vypínací proud jisticího prvku

- požadované hodnoty (NN)
  - $R \leq 10 \, \Omega$  – uzemnění jednoho svodu hromosvodu (LPS)
  - $R \leq 5 \, \Omega$  – uzemnění uzlu zdroje
  - $R \leq 2 \, \Omega$  – odpor všech ochranných vodičů a uzlu zdroje

## Dotykové a krokové napětí

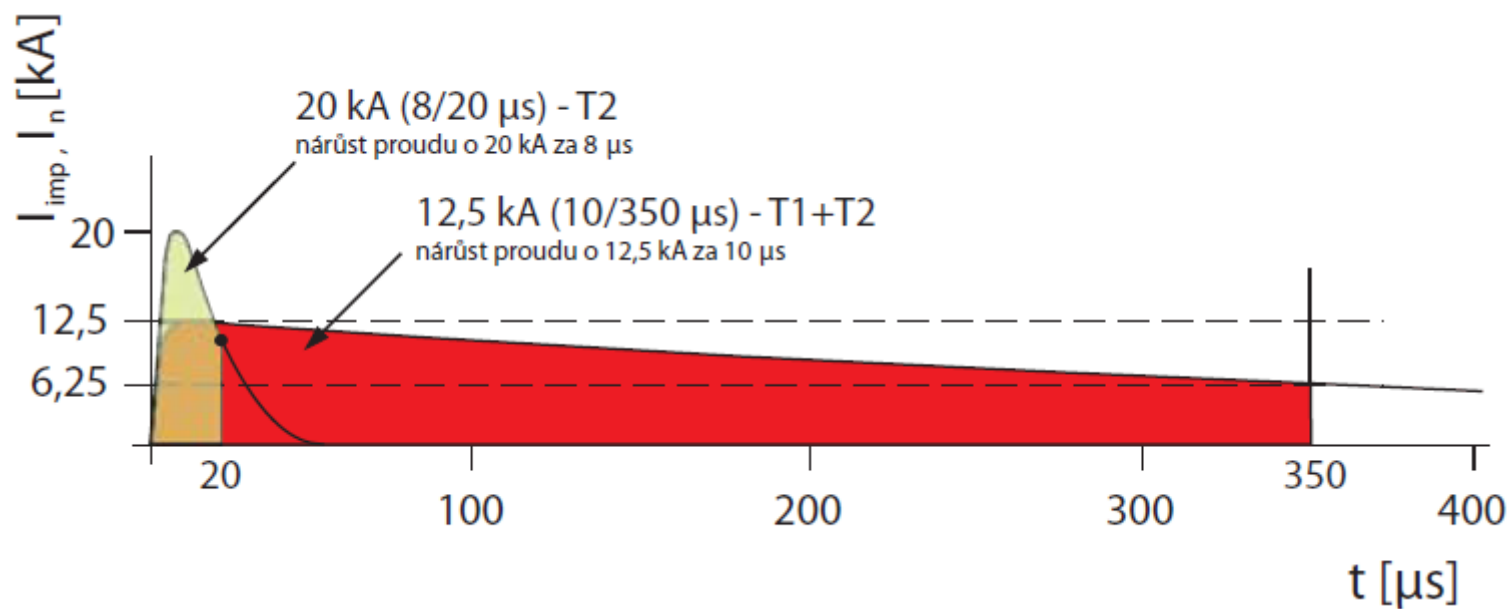
- potenciálové pole v okolí zemniče (i na povrchu)
- potenciál největší na povrchu zemniče, úměrný  $R_{uz}$  a proudu (až kA)
- krokové napětí – rozdíl potenciálů na povrchu země na délku lidského kroku (0,75÷1 m)



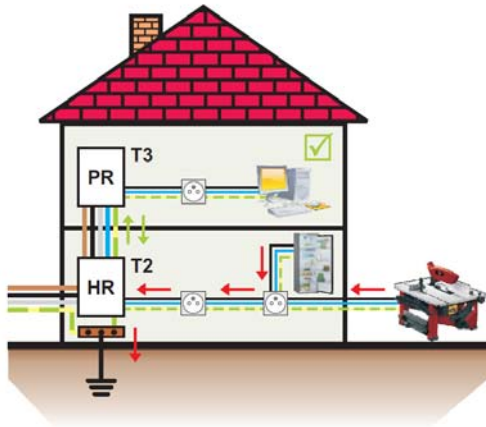
# Ochrany proti přepětí

## Přepětí

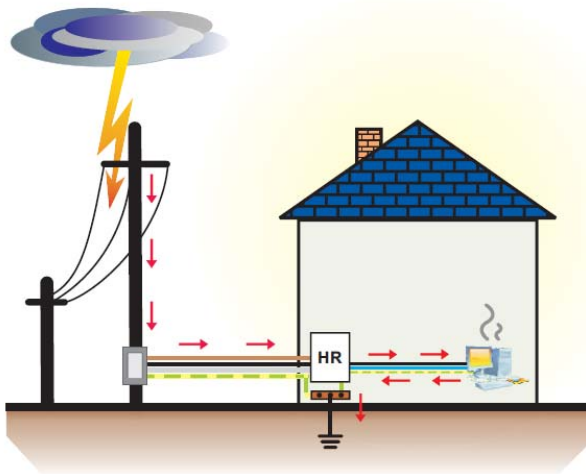
- napětí přesahující nejvyšší provozní hodnotu napětí sítě
- přechodná: atmosférická a spínací
- atmosférická (blesk) s mnohem vyšší energií → na ně ochrany



- spínací přepětí

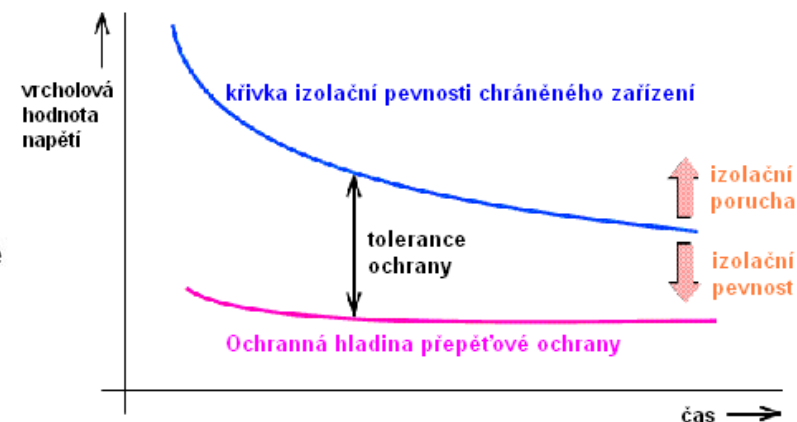
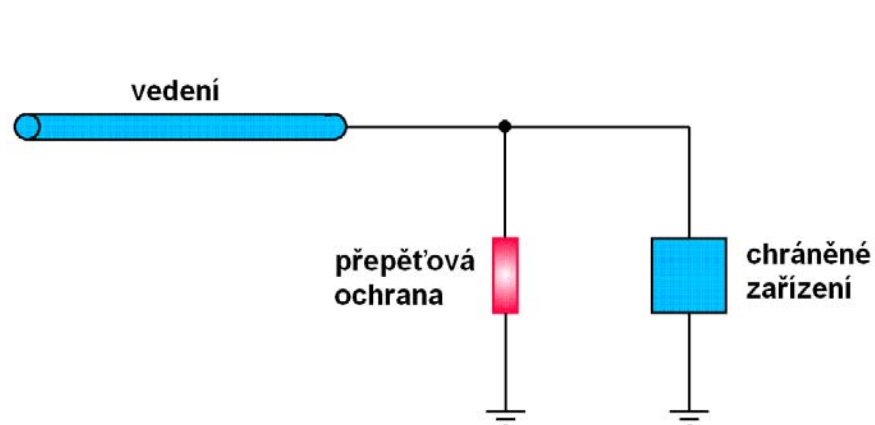


- atmosférické přepětí – různá ohrožení  
indukované ( $8/20 \mu\text{s}$ , 5 kA)    přímý úder ( $10/350 \mu\text{s}$ , 10 kA, 25 kA)

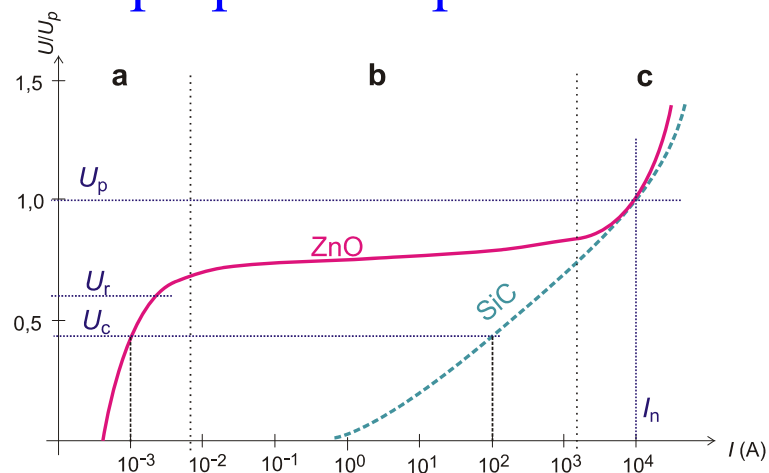


# Ochrany

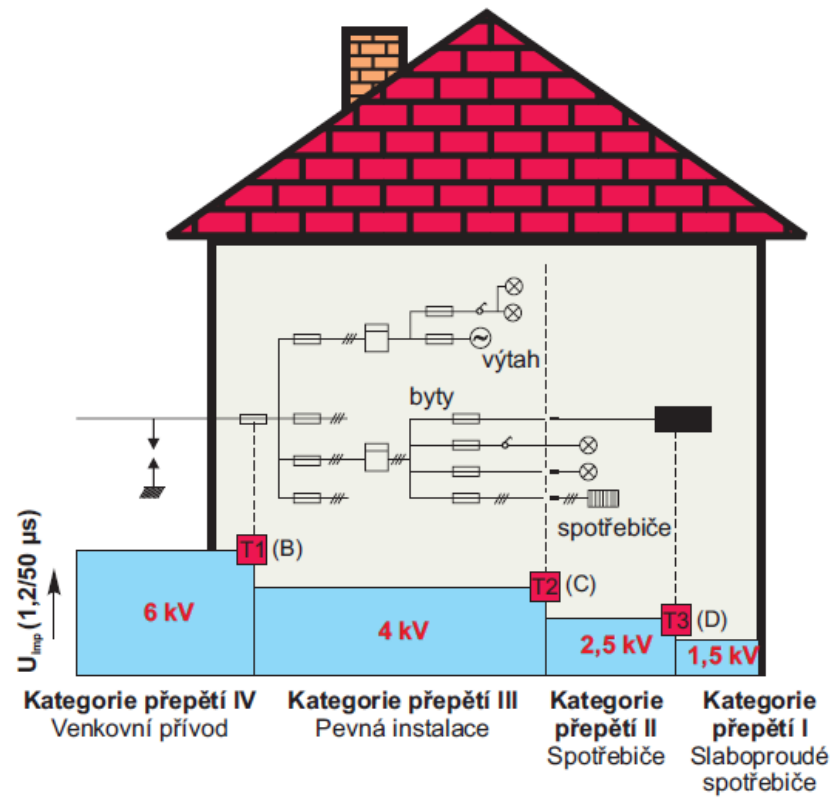
- pospojování vodivých částí (ne vodiče☺)
- přepět'ové ochrany



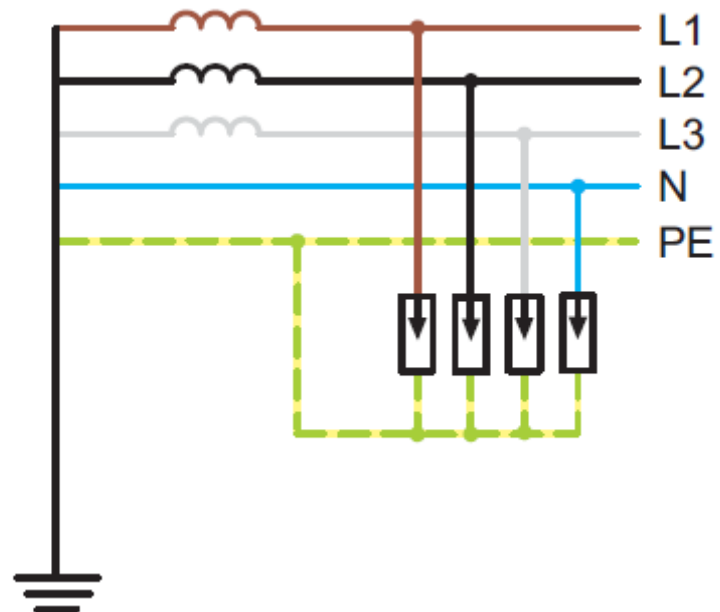
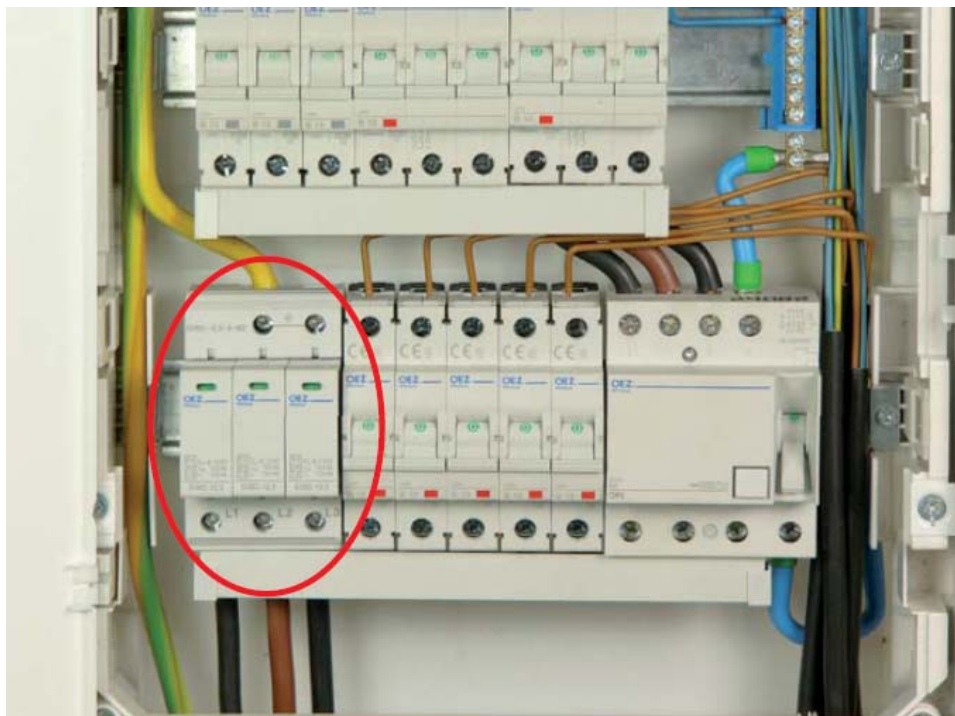
- svodiče přepětí – napět'ově závislé odpory



- stupně ochran



- zapojení



- 
- The image shows four Eaton SPBT12-280/1 surge protectors mounted side-by-side. Each unit is white with a blue Eaton logo and technical specifications printed on its front. The specifications include: T1 T2 280VAC, 160A<sub>GL</sub>, I<sub>imp</sub> = 12.5kA (10/350μs), In = 25kA (10/350μs), I<sub>max</sub> = 50kA, U<sub>c</sub> = 250VAC, U<sub>p</sub> = 1500V, and a CE mark. A schematic symbol for a surge protector is also present on each unit. The units are labeled SPBT12-280/1, SPBT12-280/1, SPBT12-280/1, and SPBT12-280/1.

