

# ELEKTRICKÉ PŘÍSTROJE

Určeno pro posluchače bakalářských studijních programů

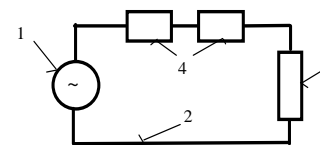
## Obsah

1. Úvod ( definice, funkce, rozdělení)
2. Elektrický obvod a kontakty elektrických přístrojů
3. Přístroje jistící (pojistky, jističe, proud. chrániče, relé a spouště)
4. Přístroje spínací a spojovací (rozdělení, stykače, relé, nesamočinné přístroje, svorky, svorkovnice, zásuvky, armatury)
5. Elektromagnety (EM)

Doc. Ing. Václav V r á n a , CSc., Ing. Václav Kolář Ph.D.  
poslední úprava: **únor 2006**

## 1. Úvod

Každý elektrický obvod - EO ( i ten nejjednodušší ) obsahuje čtyři základní prvky:



Obr.1 Schéma elektrického obvodu

1. zdroj ( baterie, generátor, síť apod.)
2. spojovací vedení (vodiče, kabely, šňůry, troleje apod.)
3. spotřebiče (žárovky, topidla, motory, počítače, televizory apod.)
4. ovládací, spínací a jistící člen -4 (vypínač, pojistka apod) – tzv. Elektrický spínací přístroj (ESPř)

Elektrický přístroj je zařízení používané v elektrických obvodech k obsluze a jistění elektrických rozvodů, pohonů, spotřebičů, k měření a k využití silových účinků elektrického proudu. Jedná se o velmi obsáhlý sortiment elektrických zařízení (EZ).

### Rozdělení Elektrických přístrojů podle funkce:

- **spínací (TSPř):** - spínají a rozpínají EO galvanicky oddělují zdroj od spotřebiče

dle působení tyto dále dělíme na :

- nesamočinné - obyčejné (spínače, vypínače, odpínače, odpojovače,- k sepnutí dochází jen vnějším mechanickým zásahem, např. rukou, částí stroje apod.);
- samočinné (stykače, relé , jističe, vypínače se spouští a pod.);

- **řídící, spouštěcí, regulační** (zabezpečují další požadované funkce EO kromě jeho spojení jako např.aktivní členy- polovodičové prvky a pasivní členy - rezistory, tlumivky apod));

- **jistící** - chrání EO a okolí před účinky poruchových stavů jako např.:

- přetížení (pojistky; jističe , relé);
- přepětí (bleskojistky)
- ohrožení zdraví osob, zvířat a majetku (chrániče)

- **spojovací** pro trvalé spojení (svorkovnice, zásuvky, armatury apod.)

- **měřící** (měřící přístroje a jejich příslušenství);

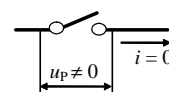
- **ostatní** (odporníky, tlumivky, elektromagnety apod).

### Elektrické přístroje slouží k:

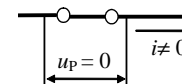
- požadovanému připojení zapojení spotřebiče, popř. rozvodu
- jistění spotřebiče popř. rozvodu (proti nadproudům)
- řízení funkcí a činností
- měření elektrických i neelektrických veličin (zvláštní skupina tzv. Měřící přístroje a systémy

### Charakteristika spínacích přístrojů:

Každý Elektrický přístroj má čtyři základní stavy:



- VYPNUTO - (nulový proud a plné napětí na kontaktech, které určuje rozměr přístroje )



- ZAPNUTO ( nulové napětí a průchod proudu kontaktem způsobuje oteplení přístroje vlivem Jouleových ztrát)

- ZAPÍNÁNÍ - přechod mezi stavy VYP → ZAP
- VYPÍNÁNÍ - přechod mezi stavy ZAP → VYP,

Vypínací schopnost přístroje je velikost proudu, který dokáže spínač vypnout (bez poškození spínače).

## 2. Elektrický oblouk a kontakty u elektrických přístrojů

**Elektrický oblouk (EO)**-výboj v plynném prostředí (následná fáze elektrické jiskry popř. doutnavého výboje) - čtvrté skupenství hmoty - PLAZMA

Ionizace – proces, při kterém se z neutrálního plynu (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, He, H, ...) stává plazma

Plasma – plyn, na kterém jsou neutrální atomy a molekuly .....na elektrony a ionty a stává se elektricky vodivý

Základní vlastnosti EO: - elektricky vodivý (10<sup>8</sup> A/m<sup>2</sup>),  
- vysoká teplota (10<sup>4</sup> ÷ 10<sup>6</sup> K)  
....- intenzivní záření  
.... - nelineární charakteristika, čtvrtý charakter

- průvodní jev při vypínání (přerušování) elektrického obvodu protékajícího proudem, nebo i při jeho zapínání (zejména u vypínačů na vn a vvn)

- následek většiny průrazů a přeskoků izolačních částí (poruchový stav)

### Zhášení oblouku:

V důsledku ochlazení dojde ke zmenšení jeho vodivosti (stupeň ionizace závislý na teplotě).

### Zhášení EO v obvodech stejnosměrného proudu:

- prodloužením jeho délky, rozdělení na úseky

- intenzivním ochlazováním (změna R v důsledku zmenšování průřezu))

Praktická realizace: vřhnutí (vyfoukávání) el. oblouku prostřednictvím magn. pole do zhašecí komory opatřené úzkými štěrbinami.

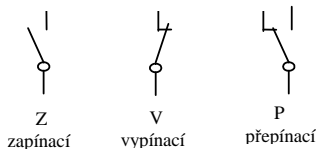
### Zhášení EO v obvodech střídavého proudu:

- lepší podmínky než u ss oblouku (obnovení izolačního stavu při průchodu proudu nulou - samovolné zhášení)

- potřeba chlazení a rychlé deionizace prostředí mezi kontakty (nejrychlejší je to ve vakuu)

### Kontakty (základní prvek) u ESPř:

Označování ve schématech (grafické značky)



Z  
zapínací

V  
vypínací

P  
přepínací

Podstata činnosti je ve změně elektrického odporu části obvodu mezi kontakty

$R = \infty$  při vypnutém stavu

$R \cong 0$  při zapnutém stavu (závisí na velikosti proudu, stavu kontaktů a prostředí)


- opotřebení kontaktů - míra životnosti a funkčnosti ESPř, (úbytek materiálu na A - kráter,

nános materiálu na K - výčnělek)

- materiál kontaktů : - neušlechťené - nejčastěji Cu a jeho slitiny (bronz, mosaz)

- poloušlechťené-- spékané materiály (slituté kovy, W, Ni, Cu, Ag, C), mechanicky a tepelně odolné

## 3. Přístroje jistící

**Pojistky** značka ve schématech , označení písmenem F (FU)

**def.:** Přístroje, které přetavením určených součástí (tavných vložek) přerušují obvod ve kterém jsou zapojeny, pokud proud pojistkou přesáhne po stanovenou dobu stanovené hodnoty.

účel: K jištění rozvodu nebo EZ před nadproudem, který by mohl způsobit jejich poškození popř. úraz,

Základní funkce pojistky:

- Přerušení obvodu v důsledku přetavení drátku popř. pásku umístěného v tavné vložce obsahující zhašelo - křemičitý písek). K přetavení dochází teplem vznikajícím při průchodu proudu.

- Omezení zkrat. proudu v obvodu za pojistkou ( v důsledku rychlého působení v 1. půlperiodě zkrat. proudu)

### Konstrukční části pojistek:

pojistková vložka (patrona) a pojistkový spodek (držák), ukazatel indikace zapůsobení. .

### Mechanické provedení pojistek:

- trubičkové (skleněné, používané u domácích spotřebičů a elektronických. obvodů)

- závitové (E13, 27, 33)

- nožové (zásuvné), válcové

- speciální (např. v autoinstalacích apod).

Pojistka propustí do EO energii úměrnou propustnému integrálu (tzv. Joulovu integrálu).

$$\left[ I^2 t \right]_{prop} = \int_0^{t_k} i_k^2 \cdot dt$$

$t_k$  - vypínací doba pojistky

Pojistka tedy vypíná zkratový proud během jeho nárůstu a tím vlastně dochází k omezení zkratového proudu tekoucího obvodem na hodnotu tavného proudu pojistky.

Z hlediska omezení je nejnepříznivější zkrat s velkou počáteční strmostí proudu.

Schopnost pojistky omezení zkratového proudu se vyjadřuje pomocí tzv. omezovacích charakteristik pojistky uváděných v dokumentaci – v katalogích.

### Rozsahy vypínání pojistek

Označuje se písmenným znakem na tavné vložce

„g“ ... tavné vložky mohou vypínat všechny nadproudy (v celém rozsahu vypínací schopnosti)

„a“ ... tavné vložky mohou vypínat pouze část nadproudů

Kategorie užití pojistek (písmeno na tavné vložce)

„G“ ... všeobecné užití

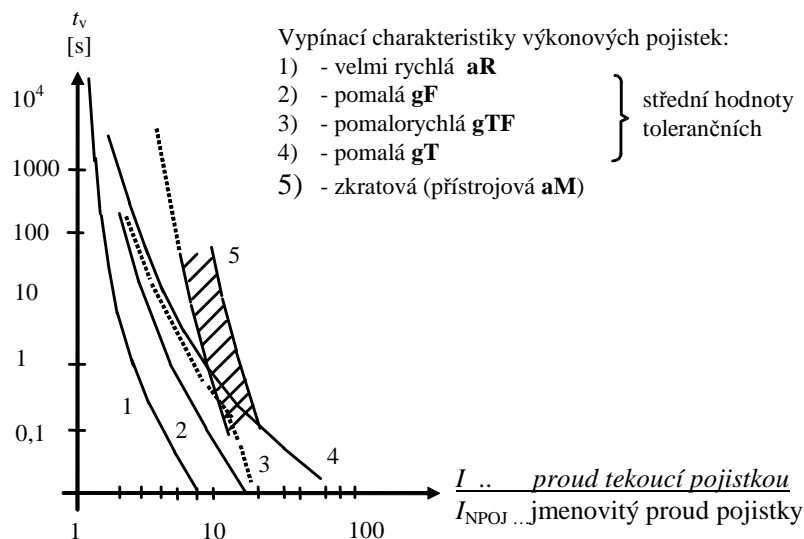
„M“ ... jištění motorových obvodů

“R“ ... jištění polovodičů, „Tr“ ... jištění transformátorů,

### Jmenovitá vypínací schopnost pojistky:

Je to hodnota předpokládaného proudu, kterou je schopna tavná vložka přerušit. (Udáno v TD)

Vlastnosti pojistek jsou udávány **vypínacími charakteristikami**, které vlastně vyjadřují střed tolerančního (rozptylového) pásma.



obr.2 Vypínací charakteristiky výkonových pojistek.

Provedení tavných vložek pojistek dle jejich vypínacích charakteristik:

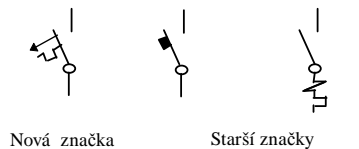
- **normální** ( použití k jištění vedení)
- **pomalé** (označené znakem - šnekem - použití k jištění motorů))
- **rychlé a velmi rychlé** ( k jištění obvodů s polovodičovými součástkami)

Rozdělení pojistek podle obsluhy:

Pojistky určené pro kvalifikovanou obsluhu (dříve pro průmyslové použití)

Pojistky určené pro nekvalifikovanou obsluhu (dříve pro domovní a podobné účely) – zajištění ochrany před nebezpečím úrazu elektrickým proudem a nezaměnitelnost tavných vložek

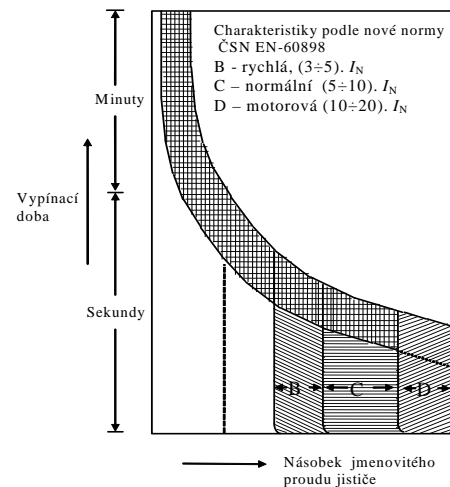
**Jističe** značky: ve schématech



Římsenné označení ...F.

def.: Mechanické spínací přístroje se schopností spínání, přenášení a vypínání proudu obvodu za normálních i abnormálních podmínek (např. při zkratu).

Stabilní poloha jističe je ve vypnuté poloze. Do zapnuté polohy jsou jističe uváděny vnější silou (mechanicky pomocí ovládacího elementu popř. zapínací cívkou) a jsou v ní drženy pomocí volnoběžky. Síla na vypnutí je vyvozena od pružiny. Popud k vypnutí (k vybavení volnoběžky) je mechanicky a to buď ručně nebo od spouští popř. cívky elektromagnetu.



Obr.3 Vypínací charakteristiky jističů

Funkce jističe spočívá v jištění výkonového obvodu a zařízení zapojených za jističem před poškozením při poruše. Většina jističů je vybavena standardní nadproudovou a zkratovou spouští s možností přidavného doplnění (např. spouští podpěťovou, cívkami, pomocnými kontakty a pod.).

K jištění a k ručnímu spínání střídavých motorů se používají trojpólové jističe označované jako **motorové spouštěče** (spouštěče motorů).

Vypínací schopnost jističů je rozdílná podle výrobce, typové velikosti a pracovního napětí. Na obr.3 jsou znázorněny příklady vypínacích charakteristik jističů

## Proudové chrániče

def.: Je to elektrický ochranný prvek který detekuje a vyhodnocuje tzv. reziduální (rozdílový) proud vůči přednastavené hodnotě.

**Reziduální proud** : efektivní hodnota výsledného vektoru okamžitých hodnot proudů tekoucích hlavním obvodem.

Označení ve schématech:

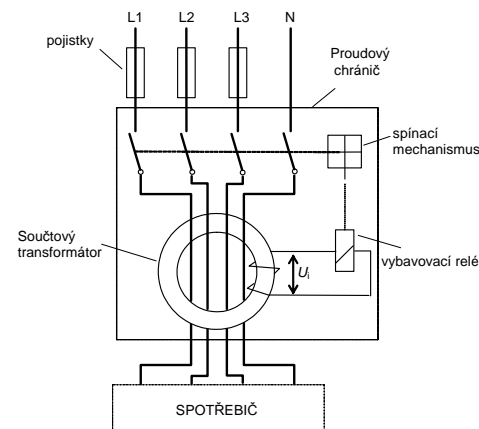


**Proudový chránič nejistí připojený obvod před nadproudy . Jeho praktické použití je spojeno s ochranou před nebezpečím úrazu elektrickým proudem !!**

Upozornění: proudový chránič nechrání před účinky při dvoupólovém dotyku (dotknete-li se současně dvou fází, nebo fázového a nulového vodiče).

Provedení PCH z hlediska počtu pólů:

- 2 pólové - určené pro 1 fáz. spotřebiče připojené na L a N
  - 4 pólové - určené pro 3 fáz. spotřebiče, připojené na L1, L2, L3, N
- Provedení s ohledem na rychlost vypnutí
- bez zpoždění (určen pro všeobecné použití)
  - s prodlouženým vypínacím časem (např.  $t_{vmin}=10$  ms)
  - selektivní s prodlouženým vypínacím časem ( $t_{vmin} = 40$  ms )



Sestava proudového chrániče obsahuje:

- proudový součtový transformátor (pro všechny pracovní vodiče)

- citlivé- vybavovací relé
- spínací mechanismus (pro všechny pracovní vodiče)

Normální pracovní podmínky (stav): - kontakty jsou v zapnutém stavu, spotřebič je připojen

- součet všech proudů procházejících vodiči a tím i součtovým transformátorem je roven nule  

$$\sum_{i=0}$$
- indukované napětí ve vinutí je nulové  $U_i = 0$

Poruchový stav (průraz izolace, dotyk apod.):  $\sum_{i \neq 0} U_i \neq 0 \rightarrow$  vybavovací relé aktivuje vypínací mechanismus a kontakty se rozpojí a tím se spotřebič odpojí od napájecí sítě.

Provedení s ohledem na citlivost (druh proudu):

AC ... citlivost na střídavý proud

A .... citlivost na střídavý a pulzující stejnosměrný proud

B ... citlivost jako A a na ss reziduální proudy vzniklé při usměrňování

Možná mechanická provedení : vestavná (do rozváděče)  
 přenosná pro pohyblivé přívody (TZV. zásuvkový adaptér)

Použití: ochranný prvek při ochraně před nebezpečím úrazu el. proudem

V poslední době jsou k dispozici i kombinované přístroje Proudový chránič + jistič, zabezpečující jak ochranu před nebezpečím úrazu, tak i proti přetížením, popř. zkratům.

#### 4. Spínací a spojovací přístroje

##### Spínací přístroje

Konstrukčně nejjednodušší, nikoliv svým významem. Dělení je možno provést dle množství kritérií (např. konstrukce, provedení, krytí, funkce, způsob vypnutí apod.):

- **samočinné spínače** - stykače, pomocná a časová relé
- **nesamočinné spínače** - otočné, stiskací ovládače  
 - mezní spínače (mechanické, teplotní, tlakové, rychlostní apod.)

**Stykače** - nepoužívanější samočinné spínače, které mají aretovanou pouze jednu polohu (nejčastěji klidovou t.j. ve vypnutém stavu). Umožňují poměrně vysokou hustotu spínání s možností dálkového ovládní (zapínání i vypínání). Jsou základním výkonovým spínacím prvkem pro kontaktní logické řízení.

Provedení stykačů: Vzduchové, olejové, vakuové. Vzduchové jsou nejčastější.

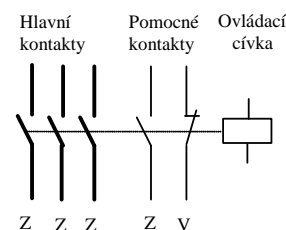
Základní vybavení: Ovládací cívka (elektromagnet) a kontakty,

Druhy kontaktů: - **Hlavní (silové) kontakty** přenášející výkon připojeného spotřebiče (obvodu)  
 - Pomocné (ovládací).

Provedení kontaktů zapínací - *pracovní* (Z), vypínací - *klidový* (V)

##### Popis funkce:

Přivedením napětí na ovládací cívku elektromagnetu dojde působením elektromagnetického pole k přitahu kotvy, která je spojena s pohyblivými kontakty (nejčastěji v můstkovém provedení), které se uvedou do druhé pracovní polohy (pracovního stavu zapnuto vypnuto).



##### Kategorie použití stykačů s ohledem na jejich životnost :

- AC-1 Neinduktivní nebo slabě induktivní zátěž, (např. odporové pece)
- AC-2 Motory s kotvou kroužkovou, spouštění a reverzace chodu
- AC-3 Motory s kotvou nakrátko
- AC-4 Motory s klecovým rotorem, spouštění, reverzace
- AC-11 Elektromagnety (cívky stykačů, břemenové)

Modulární (sestavné) provedení stykačů umožňuje sestavení požadované varianty (např. hlavní a pomocné kontakty, časově zpožděný kontakt apod.)

Proudová zatížitelnost stykačů se pohybuje v rozmezí 10 ÷ 420 A.

Ovládní stykačů se provádí pomocí ovládacích přístrojů zapojených v obvodu ovládací cívky. Podrobně to bude popsáno v části „Logické řízení“

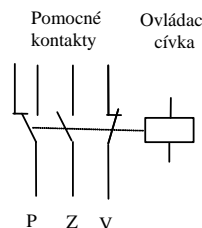
Změny stavu lze v zásadě dosáhnout:

- impulzním sepnutím a vypnutím (např. tlačítka).
- trvalým sepnutím (rozpojením) kontaktu ovládacího spínače

**Pomocné stykače** jsou svým konstrukčním provedením (nízká proudová zatížitelnost kontaktů) obdobné stykačům a jsou určeny ke spínání malých výkonů (proudů).

**Motorové spouštěče** – jedná se o obdobné provedení jako stykač s možností přímého mechanického ručního ovládní jejich stavu. Jsou určeny k zapojení do přívodu k elektrickým motorům.

**Pomocná relé** (zkráceně jenom relé) jsou svým konstrukčním provedením obdobná stykačům s tím,



že obsahují pouze pomocné kontakty v různé sestavě vypínacích a zapínacích kontaktů. Tyto jsou určeny pro zapojení do obvodů dalších přístrojů (tzv. ovládacích obvodů) a mají malou proudovou zatížitelnost. (Nejsou tedy určeny ke spínání přenášeného elektrického výkonu). Provedení kontaktů je rovněž obdobné (ZAP, VYP). Často se zde navíc vyskytuje provedení přepínacího kontaktu (P)

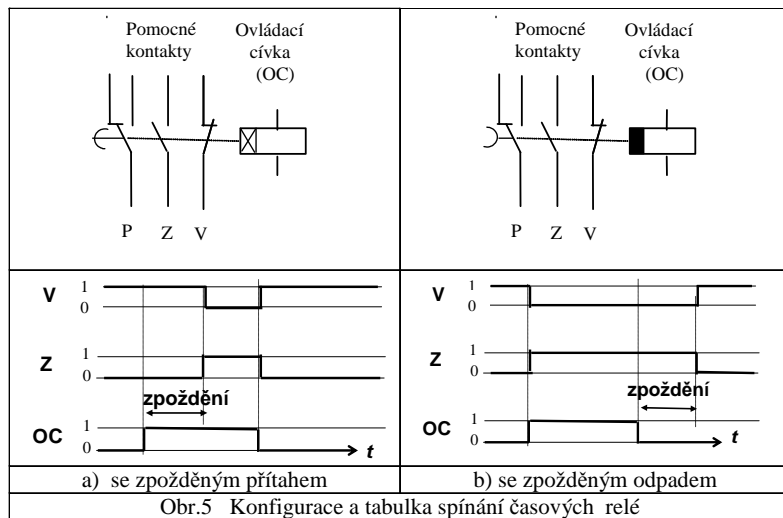
**Časová relé** umožňují dosáhnout časového zpoždění mezi připojením (odpojením) ovládací cívky k napětí a přitahem (odpadem) kotvy

elektromagnetu spojené s kontakty a tím i změny jejich stavu. Podle funkce je dělíme na:

- Č.R. se zpožděným přitahem (kotvy)
- Č.R. se zpožděným odpadem (kotvy).

Funkce a označení kontaktů a ovládacích cívek ve schématech je zřejmé z obr. 5

U většiny těchto relé lze časové zpoždění nastavit. Provedení těchto relé bývají elektromechanické (např. s hodinovým strojkem) nebo elektronické.



Obr.5 Konfigurace a tabulka spínání časových relé

### Nesamočinné spínací přístroje

Jedná se opět o obsáhlou skupinu přístrojů, které lze rozdělit podle řady kritérií: dle provedení kontaktů a způsobů ovládní (nožové, pákové, otočné, stiskací, kolébkové apod.) dle druhu ovládacího mechanismu: (ručně ovládané, koncové, mezní, programové atd.)

### Přístroje spojovací

Svorky, svorkovnice (pevný spoj)

Zásuvky, vidlice (snadno rozpojitelný spoj určený např. pro připojení pohyblivých (mobilních) spotřebičů, rozebíratelné proudložené přívodu apod.). Napětí ze zdroje je zde vždy nutno přivést na izolačně chráněné částí tzv. dutinky)

Spojovací armatury (ke spojení holých vodičů (troleje, zemnicí vedení, bleskosvody apod.).

### 5. Elektromagnety (EM)

Definice: Elektromagnety jsou přístroje využívající silové účinky el. proudu, které se projevují silovým působením magnetického pole na feromagnetické materiály.

Magnetický obvod - MO (zákony, základní vztahy- opakování fyziky)

Je to část prostoru, ve kterém se uzavírá magnetický tok. Soustředění magnetického pole do určitého pracovního prostoru lze dosáhnout pomocí dobře magneticky vodivého materiálu. (nejčastěji železo, nebo v kombinaci Fe + vzduchová mezera).

Obdobně jako v EO i zde platí Kirchhoffovy zákony /K.z.) a zákon Hopkinsonův (obdoba Ohmova zákona).

I. K.z.  $\sum \Phi = 0$  algebraický součet magnetických toků v místě jejich rozdělování MO (obdoba uzlu v EO) je roven nule

II. K.z.  $\sum U_m = \sum F_m$  Algebraický součet magnetických napětí v uzavřené smyčce MO je roven alg. součtu magnetomotorických sil v téže smyčce

Hopkinsonův zákon:  $\Phi = A_m \cdot F_m = \frac{F_m}{R_m}$ ,

jeho grafickým vyjádřením je magnetizační charakteristika  $\Phi = f(F_m)$

Pro cívku s  $N$  závitů protékanou proudem  $I$  lze uvedené zákony aplikovat do vztahu:

$$F_m = \sum U_m = \Phi \cdot \sum R_m = N \cdot I$$

Magnetomotorická síla ( $mms$ ) je rovna součtu magnetických napětí všech částí MO na uzavřené indukční čáře.

Cílem výpočtu MO je zpravidla určení magnetomotorické síly  $F_m$  (popř. budícího proudu cívkou  $I_b$ ) pro danou velikost magnetického toku  $\Phi$  (nebo indukce  $B$ ) v pracovní oblasti elektromagnetu.

Pro MO lze taky použít náhradního el. schématu v němž jsou elektrické veličiny  $U, I, R$  nahrazeny veličinami magnetickými  $F_m, \Phi, R_m$

Magnetický odpor materiálu konst. průřezu  $S$  a stejné permeability  $\mu$  je pro délku siločáry  $l$  možno

zjednodušeně určit dle vztahu:  $R_m = \frac{l}{\mu \cdot S}$  [ $H^{-1}$ ;  $m, H.m^{-1}, m^2$ ]

Rozdělení EM dle jejich použití:

- **přidržené** - slouží k uptoní feromagnetických předmětů při jejich přemístování nebo opracovávání, (břemenové elektromagnety, elektromagn. upínací desky, elektromagn. spojky, třídíče apod.), charakteristický rys: celistvost MO, nejčastěji v provedení na ss proud
- **pohybové** - (zapínací - vypínací mechanismy jističů, spínačů, ventily, brzdy apod.). charakteristický rys: magnetický obvod obsahuje pevnou část, pohyblivou část (kotvu) a vzduchovou mezuru

Rozdělení EM podle druhu el. proudu:

- stejnosměrné (konst. proud a tím i buzení, síla je závislá na momentálním zdvihu elektromagnetu)
- střídavé (mag. tok i indukce jsou přibližně konstantní tzn., že je konstantní i síla - přednost)

Přitažlivá (tažná) síla elektromagnetu: je dána změnou energie magn. pole -  $W_m$  při posuvu (zdvihu) pohyblivého jádra (kotvy) -  $x=l_\delta$

$$F = \frac{dW_m}{dx} \approx \frac{dR_m}{dl_\delta}, \text{ kde } W_m = \frac{1}{2} \cdot F_m \cdot \Phi = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 = \frac{1}{2} \cdot \Phi^2 \cdot R_m = \frac{1}{2} \cdot A_m \cdot F_m^2$$

Při zapínání a vypínání obvodu s **magnety na stejnosměrný proud** se jedná o přechodný děj EO s prvky  $R, L$ . (viz. popis v „Stejnoseměrných obvodech) K zamezení nežádoucích jevů a k dosažení požadovaných vlastností se proto používají následné prostředky:

- předřadné indukčnosti (tlumivky) - zvětšení časové konstanty  $\tau = L/R$
- předřadné odpory - zmenšení časové konstanty.
- ochranné odpory (diody) - omezení přepětí při vypínání

**U elektromagnetů na střídavý proud** je složení magnetického obvodu provedeno z orientovaných (dynamových.) plechů a je zde časová závislost tažné síly (harmonická fce), Po připojení cívky EM na střídavé napětí  $U$  o kmitočtu  $f$  vznikne v MO magnetický tok  $\Phi$ , jehož velikost lze určit z rovnice pro indukované napětí

Napětí indukované ve vinutí s  $N$  závitů, které se nachází v MO je dle indukčního zákona ( $u = d\Phi/dt$ ) dáno vztahem:

$$U = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \Phi$$

Z kterého lze určit velikost magnetického toku vybuzeného cívkou připojenou k napětí  $U$ :

$$\Rightarrow \Phi = \frac{U}{4,44 \cdot f \cdot N}$$