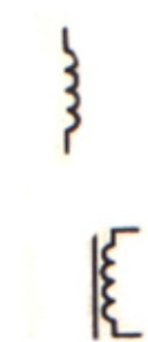


## Cívky

Jsou elektrotechnické součástky tvořené řadou závitů zpravidla stejného průměru vzájemně stejně vzdálených.

**Schématická značka**

cívka a cívka s jádrem



Obr. 1: Schématické značky cívky

## Procvič si

1. Nakresli schématickou značku cívky.
2. Co je indukčnost cívky a jak se vypočítá?
3. Co je a jak se vypočítá vzájemná indukčnost cívky?

## Vlastní indukčnost cívky

Připojíme-li cívku ke zdroji střídavého napětí, prochází střídavý proud, který v ní vyvolá střídavý magnetický tok. V závitěch cívky se bude indukovat napětí. Indukované napětí je úměrné počtu závitů a rovnoměrné změně magnetického toku a působí proti změně, která jej vyvolala. Při zvětšování proudu působí indukované napětí proti připojenému svorkovému napětí a při klesání proudu působí ve směru svorkového napětí. Vlastní indukci charakterizuje fyzikální veličina indukčnost.

**Značka – L**

**Jednotka – H (henry)**

Cívka má indukčnost 1 H, když se na ní při stejnosměrné změně proudu o 1 A za 1 s indukuje napětí 1 V.

**Cívky hromadí energii v magnetickém poli.**

Vztah pro výpočet vlastní indukčnosti: 
$$L = \frac{N \cdot \Phi}{I}$$

kde: **N** – počet závitů cívky

**$\Phi$**  – magnetický indukční tok v cívce

**I** – elektrický proud procházející cívkou.

## Vzájemná indukčnost

Vzniká u dvou cívek na společném jádru. Magnetický tok první cívky zasahuje do druhé cívky a naopak magnetický tok druhé cívky zasahuje do první cívky. Toto vzájemné ovlivňování můžeme vyjádřit pomocí vzájemné indukčnosti.

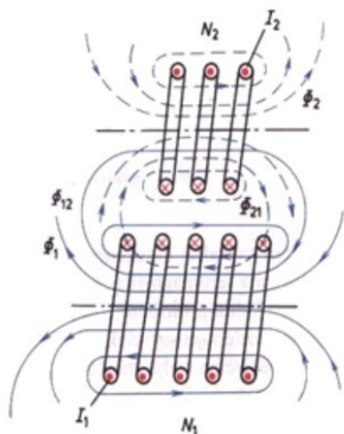
Vzájemná indukčnost dvou cívek závisí pouze na geometrickém uspořádání obou cívek a proto je vzájemná indukčnost první cívky vzhledem k druhé cívce stejná jako vzájemná indukčnost druhé cívky vzhledem k první cívce.

**Značka – M**

**Jednotka – H (henry)**

Jsou-li obě cívky na společném jádru z feromagnetického materiálu a magnetický tok se tak bude uzavírat pouze v jádru, vzájemná indukčnost bude záviset pouze na vlastní indukčnosti jednotlivých cívek. Potom platí:

$$M = \sqrt{L_1 \cdot L_2}$$



Obr. 2: Vzájemné působení magnetických polí

Dvě cívky mají vzájemnou indukčnost jeden henry, jestliže se v jedné (pasivní) cívce indukuje napětí jeden volt při rovnoměrné změně proudu v druhé (aktivní) cívce o jeden ampér za jednu sekundu.

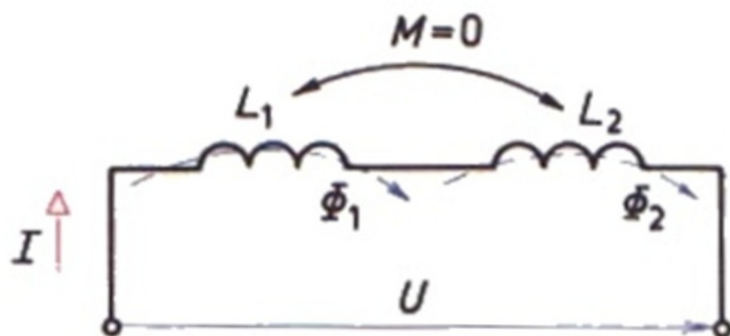
## Razení cívek

### Sériové řazení cívek

- a) Dvě cívky  $L_1$  a  $L_2$  zařazené do série tak, že magnetický tok vybuzený proudem jedné cívky nezasahuje druhou cívku.

Vzájemná indukčnost  $M = 0$  H. Cívky se chovají jako jedna cívka s indukčností  $L$ .

Je-li zařazeno několik cívek, pak platí:  $L = L_1 + L_2 + \dots + L_n$

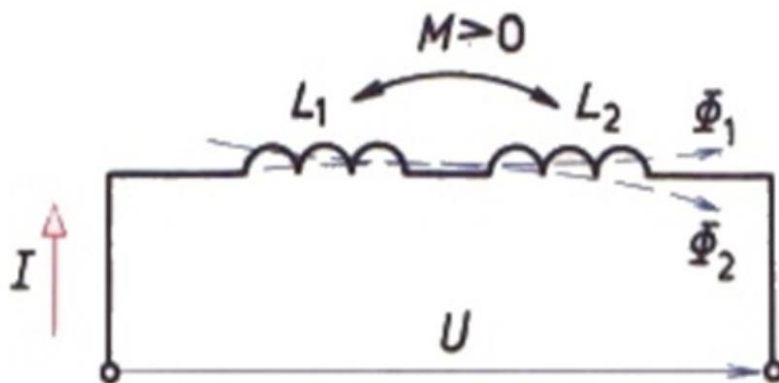


Obr. 1: Sériové řazení dvou cívek, magnetický tok jedné cívky nezasahuje druhou cívku

- b) Dvě cívky v sérii jsou vzájemně vázány indukčností  $M$  při působení magnetických toků ve stejném směru.

Magnetické toky vyvolané proudem v obou cívkách mají stejný směr a vzájemně se protínají. Vzájemná indukčnost je větší než 0 H.

Výsledná indukčnost obou cívek je:  $L = L_1 + L_2 + 2M$

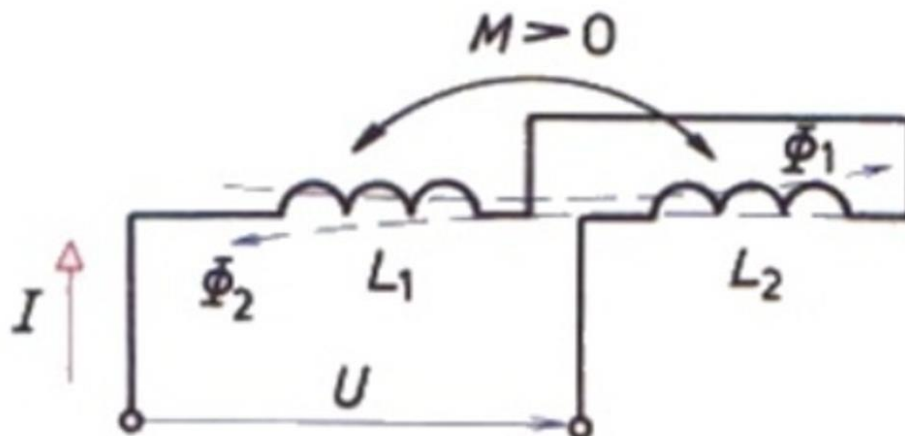


Obr. 2: Sériové řazení cívek, při působení magnetických toků ve stejném směru

c) Dvě cívky v sérii jsou vzájemně vázány indukčností  $M$  při působení magnetických toků proti sobě.

Proud ve druhé cívkě prochází opačným směrem než v první cívkě a magnetické toky pak působí proti sobě. Vzájemná indukčnost je větší než 0 H.

Výsledná indukčnost obou cívek je:  $L = L_1 + L_2 - 2M$



Obr. 3: Sériové řazení cívek, při působení magnetických toků proti sobě

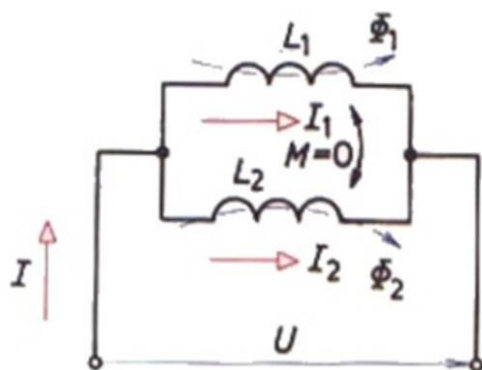
## Paralelní řazení cívek

a) Dvě cívky  $L_1$  a  $L_2$  zařazené paralelně tak, že magnetický tok jedné cívky nezasahuje druhou cívku.

Při paralelním zařazení dvou cívek se v obou cívkách indukuje stejně velké napětí jen tehdy, je-li jejich činný odpor zanedbatelný.

Vzájemná indukčnost  $M = 0$  H.

Je-li zařazeno několik cívek, pak platí:  $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}$

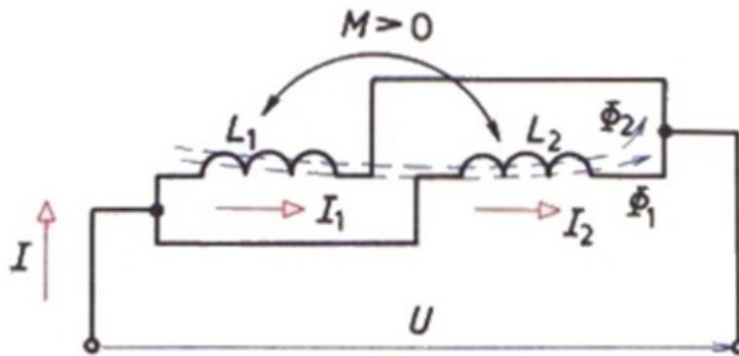


Obr. 4: Paralelní řazení dvou cívek, magnetický tok jedné cívky nezasahuje druhou cívku

b) Dvě cívky paralelně jsou vzájemně vázány indukčností  $M$  při působení magnetických toků ve stejném směru.

Mají-li obě cívky zanedbatelný činný odpor a jsou zařazeny paralelně tak, že magnetické toky mají souhlasný směr a vzájemně se protínají, je vzájemná indukčnost větší než 0 H.

Výslednou indukčnost vypočítáme ze vztahu:  $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1 + M} + \frac{1}{L_2 + M}$

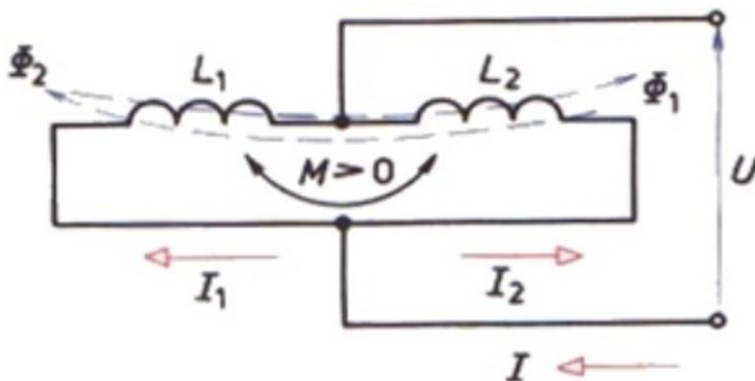


Obr. 5: Paralelní řazení cívek, při působení magnetických toků ve stejném směru

c) Dvě cívky paralelně jsou vzájemně vázány indukčností  $M$  při působení magnetických toků proti sobě.

Mají-li obě cívky zanedbatelný činný odpor a jsou zařazeny paralelně tak, že magnetické toky působí proti sobě a obě cívky jsou jimi protínány je vzájemná indukčnost větší než 0 H.

Výslednou indukčnost vypočítáme ze vztahu:  $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1 - M} + \frac{1}{L_2 - M}$

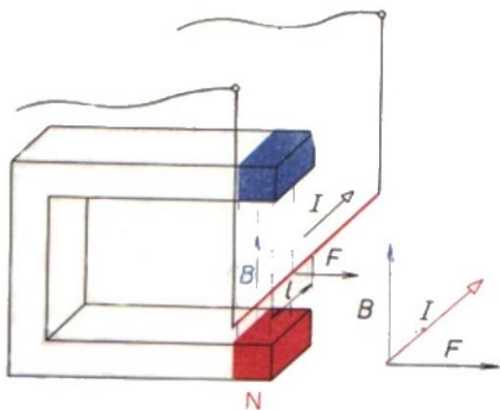


Obr. 6: Paralelní řazení cívek, při působení magnetických toků proti sobě

## Pohyb vodiče v magnetickém poli

Vložíme-li vodič, kterým prochází proud, do magnetického pole, vodič se vychýlí.

To je způsobené vzájemným silovým působením magnetického pole magnetu a vodiče. Na vodič protékající proudem v magnetickém poli působí síla kolmá na směr magnetického pole a kolmá na osu vodiče. Vodič se vychýlí směrem ven z magnetu.



Obr. 1: Pohyb vodiče v magnetickém poli trvalého magnetu

## Síla působící na vodič

Magnetické pole působí boční silou na pohybující se elektrony ve vodiči. Protože vodivostní elektrony nemohou vodič opustit, přenáší se tato síla na samotný vodič.

Síla působící na vodič se zvětšuje s rostoucím proudem ve vodiči, s rostoucí magnetickou indukcí pole a s účinnou délkou vodiče.

$$F = B \cdot I \cdot l$$

kde:  $F$  – síla, kterou se vodič vychyluje

$B$  – magnetická indukce magnetu

$I$  – proud procházející vodičem

$l$  – délka vodiče v magnetickém poli.

Nejsou-li indukční čáry kolmé na vodič, pak:  $F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\alpha$

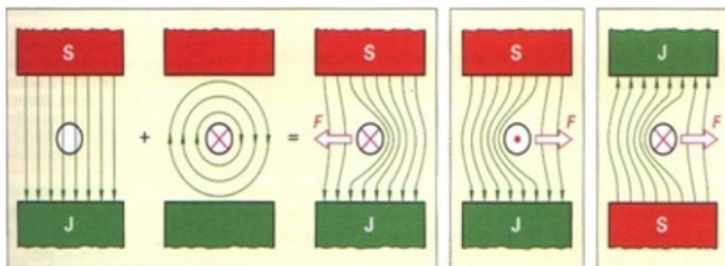
$\alpha$  – úhel, který svírá vodič s indukčními čarami.

Nachází-li se současně více vodičů v magnetickém poli a teče jimi stejný proud stejného směru, je celková síla rovna součtu sil působících na jednotlivé vodiče.

## Směr vychylující síly

**Směr vychylující síly závisí na směru pole magnetu a na směru proudu ve vodiči (na směru pole vodiče).**

Pole magnetu a pole vodiče vytvoří spolu jedno společné výsledné pole. Na jedné straně vodiče probíhají indukční čáry pole vodiče proti indukčním čarám pole magnetu. Indukce na této straně vodiče klesá. Na druhé straně vodiče mají indukční čáry obou polí stejný směr. Zde bude pole hustější. Indukční čáry se zde stlačují. Tlačí se na sebe a mají snahu se zkracovat. Vodič je tedy z místa větší indukce vytlačován. Při opačném směru proudu ve vodiči bude společné pole hustější na druhé straně vodiče a směr pohybu obrácený. Otočíme-li současně směr pole magnetu i směr pole vodiče, zůstane směr pohybu vodiče nezměněn.



Obr. 2: Silové působení magnetického pole magnetu a vodiče

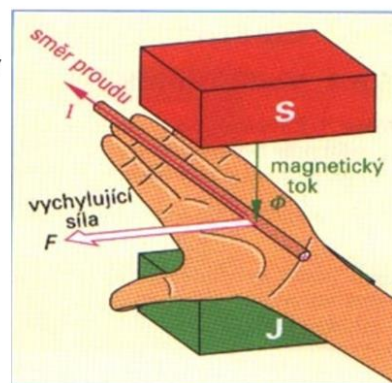
## Určení směru vychýlení vodiče

Vodič protékající proudem se v magnetickém poli vychýlí. Směr vychylující síly závisí na směru pole magnetu a na směru proudu ve vodiči (směru pole vodiče). Směr pohybu vodiče je možné určit pomocí Flemingova pravidla levé ruky.

### Flemingovo pravidlo levé ruky

– levou ruku položíme dlaní pod proudem protékající vodič tak, aby indukční čáry směřovaly do dlaně a prsty ukazovaly směr proudu, a pak palec ukáže směr síly, která působí na vodič.

Obr. 3: Určení směru vychýlení vodiče Flemingovým pravidlem levé ruky



Vychylující síla má původ v silách magnetického pole, působících na náboje pohybující se ve vodiči.

## Vzájemné působení dvou vodičů protékaných proudy

U dvou rovnoběžných vodičů vznikají kolem každého vodiče magnetická pole, která jsou nehomogenní.

Pokud protékají proudy v obou vodičích stejným směrem, vodiče jsou obklopeny společným magnetickým polem a mezi nimi je magnetická indukce menší než vně vodičů. Indukční čáry mají snahu se zkracovat a přitom vzniká mezi vodiči přitažlivá síla.

Pokud protékají proudy v obou vodičích opačným směrem, indukční čáry polí obou vodičů mají mezi vodiči stejný směr, kolmý k rovině, ve které leží vodiče.

### Síla působící mezi vodiči

Oba vodiče na sebe vzájemně působí silami  $F$ .  
Měřením se zjistilo, že platí:

### Síla působící mezi vodiči

Oba vodiče na sebe vzájemně působí silami  $F$ .

Měřením se zjistilo, že platí:  $F = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{d}$   
kde:  $F$  – síla, kterou na sebe působí dva rovnoběžné vodiče

$l$  – délka vodiče

$d$  – vzdálenost vodičů

$\mu$  – permeabilita prostředí kolem vodičů.

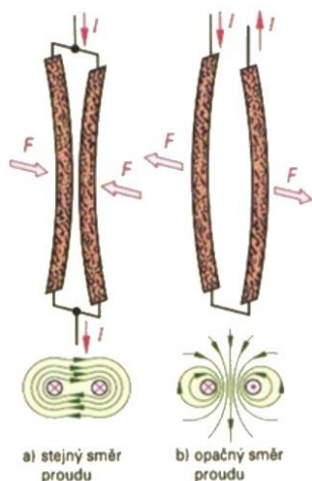
$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

$\mu_0$  – permeabilita vakua

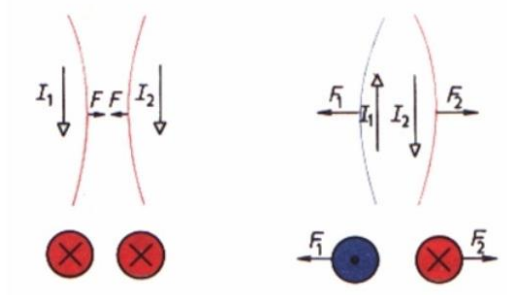
$\mu_r$  – permeabilita relativní – v tabulkách.

Vztah platí pro vodiče se zanedbatelným průřezem.

Obr. 1: Magnetická pole dvou vodičů



Obr. 2: Silové působení dvou vodičů



Dva vodiče, kterými prochází proud stejným směrem, se k sobě přitahují.

Dva vodiče, kterými prochází proud opačným směrem, se odpuzují.

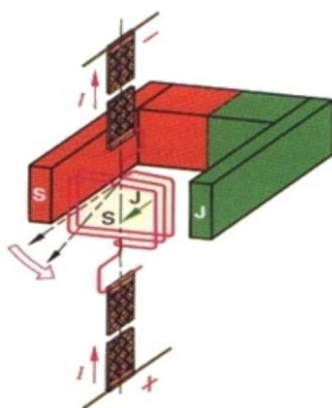
Při zkratových proudech jsou tyto síly poměrně velké a mohou způsobit zkroucení nebo vytrhání špatně upevněných vodičů.

## Cívka v magnetickém poli

Na cívku protékanou proudem v magnetickém poli působí síly otáčející cívku.

Je-li cívka upevněná otočně dvěma tenkými kovovými pásky mezi póly podkovovitého magnetu a protéká-li cívkou proud, chová se jako dvojice vodičů kolmých ke směru pole a začne se natáčet. Směr otáčivého momentu sil závisí na směru proudu v cívce a na směru magnetického toku pole.

Obr. 1: Cívka v magnetickém poli



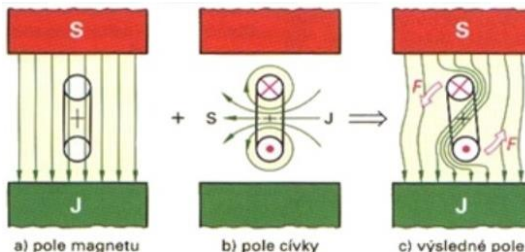
## Otáčení cívky v magnetickém poli

Pole vodičů s polem cívky vytváří otáčivý moment, který závisí na směru proudu a směru magnetického pole.

Ten se násobí s větším počtem závitů.

Proud jednoho závitu vinutí cívky vytváří magnetické pole, které lze zjednodušeně zobrazit jako pole dvojice vodičů kolmých ke směru pole. Tato pole vytváří s polem magnetu výsledné pole. Síly vychylující části závitu (oba zobrazené vodiče) vytvoří otáčivý moment, který se při větším počtu závitů násobí jejich počtem.

Obr. 2: Silové účinky magnetického pole magnetu a cívky



Má-li být zachován směr otáčení cívky, musí být po otočení cívky o  $180^\circ$  opačná polarita napájení cívky, aby proud protékal opačným směrem.

U stejnosměrných strojů se k přepínání směru proudu (komutace) slouží komutátor.