

# ELEKTROTECHNICKÝ TAHÁK - 5

## ELEKTROMAGNETICKÁ INDUKCE

Faradayův indukční zákon

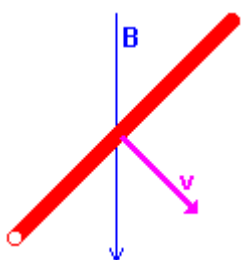
$$U = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

Indukované napětí směřuje vždy proti změně, která indukcí tohoto napětí vyvolává.

po dosazení za  $\Phi = B \cdot S$

$$U = - \frac{d}{dt}(B \cdot S) \quad (1a)$$

### 1) PŘÍMÝ VODIČ POHYBUJÍCÍ SE V MAGNETICKÉM POLI



za předpokladu, že:

- magnetické pole v němž se vodič pohybuje je homogenní
- vektor magnetické indukce  $\mathbf{B}$  je kolmý na vodič
- vektor rychlosti vodiče je kolmý na vodič i vektor magnetické indukce  $\mathbf{B}$
- rychlost vodiče  $v$  je konstantní

lze rovnici (1a) upravit do tvaru

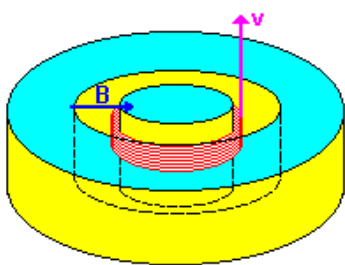
$$U = - B \cdot \frac{dS}{dt} \quad (1b)$$

dosadíme-li za  $S = v \cdot l$ , kde  $v$  je rychlost vodiče a  $l$  jeho délka a za předpokladu, že  $dv/dt = 0$  platí pro velikost indukovaného napětí rovnice

$$U = Bvl \quad (2)$$

#### Poznámka:

Zvláštním případem vodiče pohybujícím se v magnetickém poli jsou cívky umístěné v mezeře magnetického obvodu tvaru mezikruží. Předpokládáme, že v každém místě cívky je vektor magnetické indukce  $\mathbf{B}$  kolmý na vodič cívky, magnetické pole v mezeře je homogenní.



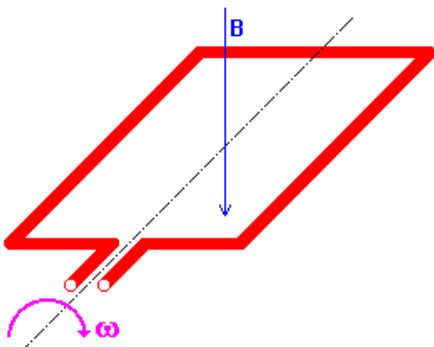
Je-li střední průměr vinutí cívky  $D_s$ , je délka vodiče při  $n$  závitěch

$$l = \pi n D_s$$

indukované napětí při rychlosti  $v$  se vypočítá podle rovnice (2).

Typickým příkladem je cívka dynamického mikrofону.

### 2) SMYČKA OTÁČEJÍCÍ SE V MAGNETICKÉM POLI



za předpokladu, že:

- magnetické pole v němž se smyčka otáčí je homogenní
- vektor magnetické indukce  $\mathbf{B}$  je kolmý na osu otáčení
- rychlost otáčení smyčky  $\omega$  je konstantní

platí rovnice 
$$U = -B \cdot \frac{dS}{dt} \quad (1b)$$

plocha, kterou prochází magnetický tok 
$$S_B = S \cdot \sin \varphi \quad (3)$$

kde  $S$  je fyzická plocha smyčky a  $\varphi$  úhel natočení roviny smyčky vůči vektoru magnetické indukce  $B$

dosazením do (1b) 
$$U = -B \cdot \frac{d}{dt}(S \cdot \sin \varphi) \quad (4)$$

kde 
$$\varphi = \omega \cdot t \quad \text{a} \quad \frac{d\varphi}{dt} = \omega \quad (5), (6)$$

po dosazení (5) do (4) a derivaci 
$$U = -B \cdot S \cdot \omega \cdot \cos \omega t \quad (7)$$

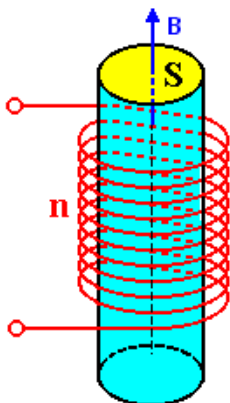
maximální velikost indukovaného napětí (pro  $\cos \omega t = 1$ )

$$U = B \cdot S \cdot \omega \quad (8)$$

pro cívku o  $n$  závitů, která se otáčí rychlostí  $N$  ot/min je maximální velikost indukovaného napětí

$$U = \frac{\pi \cdot n \cdot N \cdot B \cdot S}{300\,000} \quad (\mathbf{S \text{ v cm}^2})! \quad (9)$$

### 3) CÍVKA V PROMĚNNÉM MAGNETICKÉM POLI



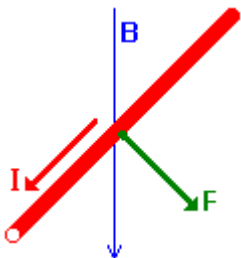
za předpokladu, že magnetické pole uvnitř cívky o  $n$  závitů je homogenní a průřez cívky (jádra) je stálý lze rovnici (1a) upravit do tvaru

$$U = -n \cdot S \cdot \frac{dB}{dt} \quad (1c)$$

#### Poznámka:

Velikost indukovaného napětí je přímo úměrná frekvenci, průběh indukovaného napětí je časovou derivací budícího průběhu.

### 4) SÍLA PŮSOBÍCÍ NA VODIČ PROTÉKANÝ PROUDEM



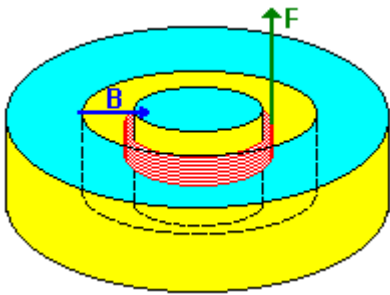
za předpokladu, že magnetické pole v němž se vodič pohybuje je homogenní a vektor magnetické indukce  $B$  je kolmý na vodič

působí na vodič síla o velikosti 
$$F = IBl \quad (10)$$

kde  $I$  je proud procházející vodičem a  $l$  jeho délka.

#### Poznámka:

Zvláštním případem silového působení na vodič protékaný proudem v magnetickém poli jsou cívky umístěné v mezeře magnetického obvodu tvaru mezikružít. Předpokládáme, že v každém místě cívky je vektor magnetické indukce  $B$  kolmý na vodič cívky, magnetické pole v mezeře je homogenní.



Je-li střední průměr vinutí cívky  $D_s$ , je délka vodiče při  $n$  závitěch

$$l = \pi n D_s$$

síla  $F$ , která na cívku působí se vypočítá podle rovnice (10).

Typickým příkladem jsou lineární servopohony a kmitací cívky dynamických reproduktorů.

## 5) ŘAZENÍ INDUKČNOSTÍ

### 5.1) sériové spojení indukčností bez vzájemné magnetické vazby



výsledná indukčnost

$$L = L_1 + L_2 \quad (11)$$

### 5.2) sériové spojení indukčností se vzájemnou magnetickou vazbou



výsledná indukčnost

$$L = L_1 + L_2 \pm 2 \cdot M \quad (12)$$

kde  $M$  je vzájemná indukčnost

#### Poznámka:

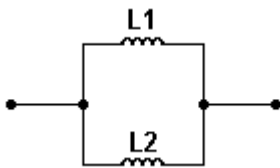
pokud magnetická pole cívek působí v magnetickém obvodu souhlasně je výsledná indukčnost

$$L = L_1 + L_2 + 2 \cdot M \quad (12a)$$

pokud magnetická pole cívek působí v magnetickém obvodu proti sobě je výsledná indukčnost

$$L = L_1 + L_2 - 2 \cdot M \quad (12b)$$

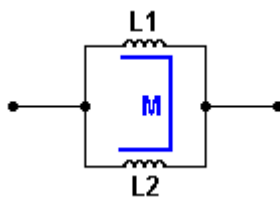
### 5.3) paralelní spojení indukčností bez vzájemné magnetické vazby



výsledná indukčnost

$$L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2} \quad (13)$$

### 5.4) paralelní spojení indukčností se vzájemnou magnetickou vazbou



výsledná indukčnost

$$L = \frac{L_1 \cdot L_2 - M^2}{L_1 + L_2 \mp 2 \cdot M} \quad (14)$$

kde  $M$  je vzájemná indukčnost

**Poznámka:**

pokud magnetická pole cívek působí v magnetickém obvodu souhlasně je výsledná indukčnost

$$L = \frac{L_1 \cdot L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2 \cdot M} \quad (14a)$$

pokud magnetická pole cívek působí v magnetickém obvodu proti sobě je výsledná indukčnost

$$L = \frac{L_1 \cdot L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2 \cdot M} \quad (14b)$$