

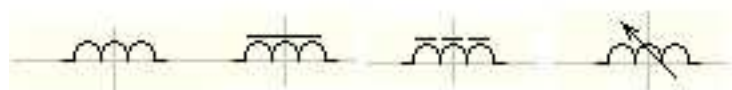
### 7.3 Cívky a tlumivky

Základní vlastností těchto součástek je jejich indukčnost žádané velikosti.

#### Rozdělení podle konstrukčního provedení:

- vzduchové – zpravidla samonosné nebo na nemagnetickém jádru
- se železným jádrem – tlumivky nebo vícevývodové (transformátory)
- s feritovým nebo práškovým jádrem – zpravidla pro vf zařízení nebo spínané zdroje

Schématické značky:



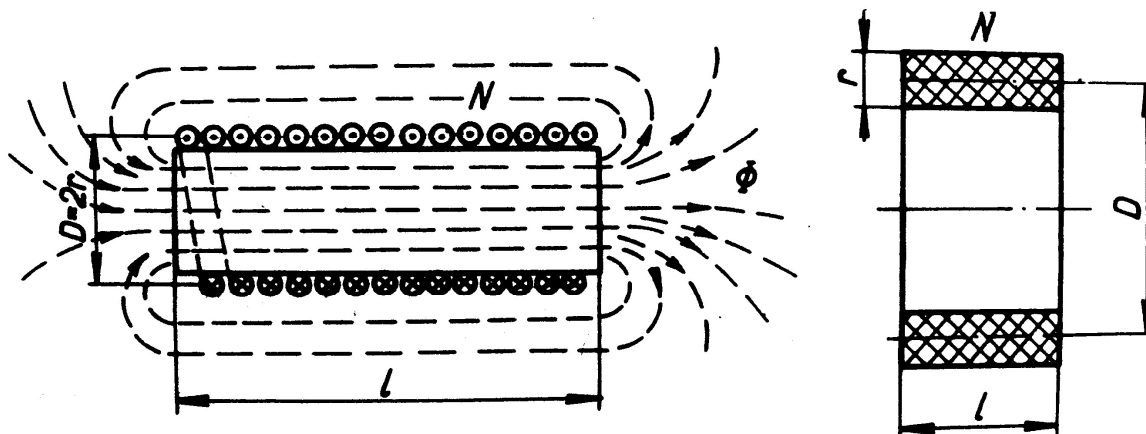
Cívka (obecně), se železným jádrem, s feritovým jádrem, laditelná cívka

#### Charakteristické vlastnosti:

- a) **Indukčnost** – je vlastnost materiálu. Je definovaná jako konstanta úměrnosti mezi velikostí procházejícího proudu a vybuzeným magnetickým polem. Stočením vodiče do závitů cívky se magnetické účinky elektrického proudu soustředí do menšího prostoru a indukčnost vzrůstá.

Její velikost je dána vztahem 
$$L = \mu_0 \mu_r N^2 \frac{S}{l} \quad [\text{H}; \text{H/m}; \text{m}^2; \text{m}]$$

- b) **Vlastnost jádra** – u vzduchových cívek, jednovrstvých i vícevrstvých, nelze přesně určit délku magnetického obvodu. Do vzorce pro výpočet indukčnosti se proto dosazuje za střední délku silové čáry pouze délka cívky a vliv zbývající části magnetického obvodu se udává konstantou, která se určí z rozměrů cívky.



Pro jednovrstvé cívky vychází po dosazení za  $\mu_0$  a úpravě pro jednotky používané v praxi vztah

$$L = 0,00987 \frac{D^2 N^2}{l} K \quad [\mu\text{H}; \text{cm}; \text{cm}]$$

Kde K je tzv. Nagaokova konstanta, která se nalezne v tab.1 v závislosti na průměru a délce cívky.

Pro výpočet vícevrstvých válcových cívek se používá Hakova vztahu:

$$L = N^2 D Y.10^{-6} \quad [\text{mH}; \text{cm}]$$

a velikost se pak vyhledává v grafu za použití dalších výpočtů.

U cívek, jejichž magnetický obvod je zcela nebo částečně vytvořen z magnetického materiálu, vznikají kromě ztrát ve vinutí (ztrát v mědi) ještě ztráty v jádru, které se skládají ze ztrát hysterezích a ztrát vířivými proudy.

Ke zmenšení ztrát se cívky zhotovují s práškovými (železovými) nebo feritovými jádry. Takový materiál jader má lepší magnetickou vodivost než vzduch a cívky mají tedy větší indukčnost při jinak stejných rozměrech.

U *železových jader* se snižují ztráty vířivými proudy tím, že se při jejich výrobě použije magnetického materiálu rozemletého na prášek, jehož drobná zrnka jsou vzájemně izolována. Železný prášek se slepuje polystyrenem nebo se lisuje s fenoplastem.

*Feritová jádra* se dělají ze směsi kysličníku železa a kysličníků dalších kovů (např. hořčíku, manganu, niklu, zinku nebo kobaltu). Hmota vzniká slinutím kysličníků (tzv. ferit), je feromagnetická, ačkoli žádná z výchozích složek taková není. Tím se liší ferity od práškových materiálů jader cívek. Feritová jádra mají relativní (poměrnou) permeabilitu 6 až 3 000, takže požadované indukčnosti se dosáhne s poměrně malým počtem závitů.

Indukčnost cívek s jádry v závislosti na počtu závitů se počítá pomocí vztahu

$$N = k \sqrt{L} \quad [-; -; \text{H}].$$

Konstanta  $k$  závisí na materiálu a tvaru použitého jádra. Její velikost se pohybuje v rozmezí 0,1 až 10.

*Železné jádro* se používá u cívek, u kterých se požaduje větší indukčnost a větší výkonová zatížitelnost. Magnetický obvod je složen z transformátorových plechů. Takto se vyrábějí *tlumivky* a *transformátory*.

## Tlumivky

Indukčnost tlumivky je závislá na permeabilitě magnetického obvodu a ta se mění s magnetickou indukcí. Proto i voltampérová charakteristika přechází v nelineární průběh blížký tvaru magnetizační křivky.

Charakteristika tlumivky se může částečně linearizovat vzduchovou mezerou. Magnetický obvod se potom skládá ze sériově zapojeného obvodu v železe délky  $l_{Fe}$  a vzduchové mezery  $l_v$ . Magnetický odpor obvodu je dán vztahem

$$R_m = \frac{1}{\mu_0} \frac{l_v}{S} + \frac{1}{\mu_0 \mu_r} \frac{l_{Fe}}{S} = \frac{1}{\mu_0 S} \left( l_v + \frac{l_{Fe}}{\mu_r} \right)$$

Poněvadž relativní permeabilita transformátorových plechů je značně velká, řádově  $10^3$ , lze při výpočtu tlumivky zanedbat délku obvodu v železe a počítat magnetický odpor pouze ze vztahu

$$R_m = \frac{l_v}{\mu_0 S} \quad \left[ \frac{1}{\text{H}}; \text{m}, \frac{\text{H}}{\text{m}}, \text{m}^2 \right]$$

Při návrhu tlumivky se obvykle vychází z požadovaného napětí  $U_L$  a proudu  $I_L$ . Přibližný výpočet dovoluje zanedbat činný odpor vinutí a počítat reaktanci tlumivky z výrazu

$$X_L = \frac{U_L}{I_L} \quad L = \frac{U_L}{\omega I_L}$$

Na základě zjištěné indukčnosti se zvolí typ plechů, výška jádra a velikost vzduchové mezery. Zanedbá-li se odpor feromagnetické části obvodu, dostáváme pro počet závitů vzorec

$$N^2 = LR_m = L \frac{l_v}{\mu_0 S}$$

Pro kontrolu magnetických poměrů tlumivky lze použít vztahu

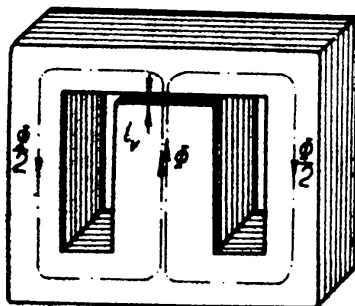
$$U_L = 4,44NBSf \quad [V; \text{Wb}, \text{m}^2; \text{Hz}]$$

Za magnetickou indukci se dosazuje mezní hodnota 1 T. Vychází-li napětí větší než požadované, tlumivka vyhovuje. Průměr vodiče se volí na základě předpokládané proudové hustoty 2 až 3 A/mm<sup>2</sup>. Větší průřez vodiče zajišťuje jeho menší oteplení. V běžných případech se volí proudová hustota 2,5 A/mm<sup>2</sup> a odpovídající průměr drátu se pak vypočítá ze vzorce

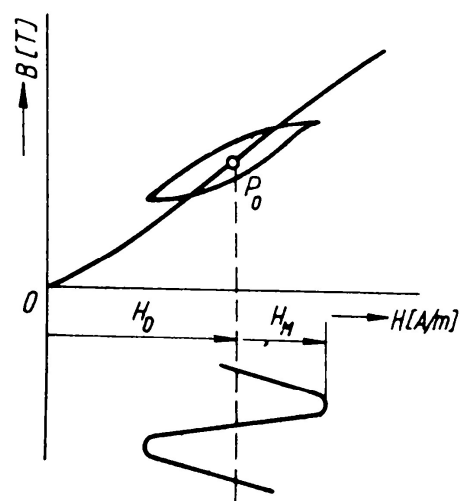
$$D = \sqrt{\frac{I}{2}} \quad [\text{mm}; \text{A}]$$

Dále se kontroluje plnění okénka pro zvolený vodič. Zjistí se počet závitů  $p$  připadající na plochu 1 cm<sup>2</sup> a vypočítá se celková plocha zabraná vinutím. Počet závitů  $p$  ne 1 cm<sup>2</sup> plochy okénka se nalezne v tabulkách normalizovaných průměrů drátů. Pro plochu okénka pak musí vycházet:

$$S > \frac{N}{P} \quad [\text{cm}^2; \text{cm}^2]$$



Magnetický obvod tlumivky se vzduchovou mezerou



Magnetizační křivka tlumivky s přemagnetovaným stejnosměrným proudem

U tlumivek, které jsou současně magnetizovány stejnosměrným i střídavým proudem, určuje stejnosměrná složka intenzity  $H_{ss}$  a pracovní bod  $P_0$ , kdežto střídavá složka  $H_{st}$  průběh hysterezi smyčky, která probíhá kolem pracovního bodu. Výpočet tlumivky se stejnosměrným přemagnetizováním se obvykle řeší pomocí ***Hannova diagramu***.

Použitá literatura: Dílenská příručka elektronika I. – kolektiv autorů