



MĚŘENÍ – Laboratorní cvičení z měření

Měření vlastní a vzájemné indukčnosti

část 3-1-1 Teoretický rozbor

Výukový materiál

Číslo projektu: CZ.1.07/1.5.00/34.0093

Šablona: III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Sada: 1

Číslo materiálu: VY_32_INOVACE_



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

NÁZEV DUM

Předmět: MĚŘENÍ

Ročník: 3.

Jméno autora: Ing. Jaroslav Drexler

Škola: VOŠ a SPŠ Šumperk, Gen. Krátkého 1

Anotace : Rozbor měření vlastní a vzájemné indukčnosti a způsob jejich měření.

Klíčová slova: vlastní indukčnost, vzájemná indukčnost, Volt-Ampérová charakteristika, RLCG most.

*Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Ing. Jaroslav Drexler
Financováno z ESF a státního rozpočtu ČR.*

POUŽITÉ ZDROJE

1. BEN - technická literatura. *Elektrotechnická měření*. Dotisk 1.vydání. Praha: Nakladatelství BEN – technická literatura, 2003. 256 s. ISBN 80-7300-022-9.
2. V. Fajt, M. Jakl; Přesná měření elektrických veličin; SNTL Praha 1979

*Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Ing. Jaroslav Drexler
Financováno z ESF a státního rozpočtu ČR.*

Teoretický rozbor úlohy:

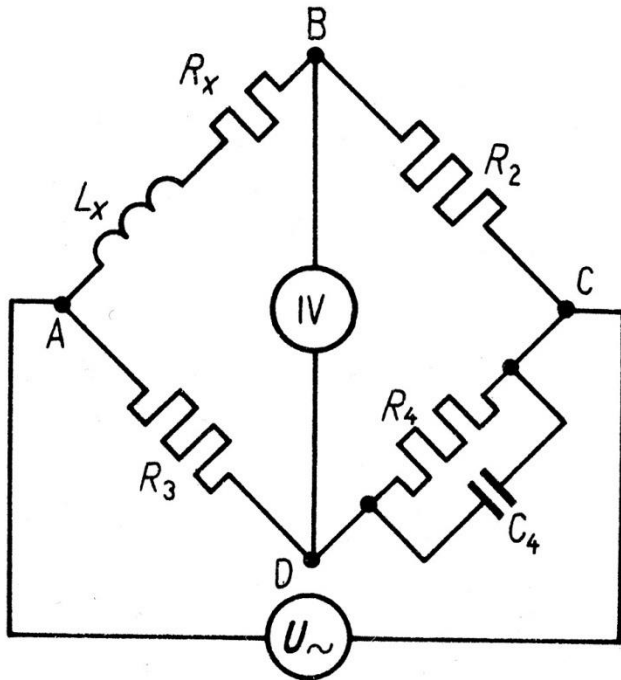
Indukčnost cívky a vzájemnou indukčnost lze měřit:

- Můstkovou metodou – hodnotu vypočteme z hodnot normálových R , L a C vyváženého můstku
- Volt – Ampérovou metodou – měřením impedance a činného odporu cívky a následným výpočtem
- Přímou ukazujícími přístroji založenými nejčastěji na můstkové metodě s automatickým vyvažováním (analogové nebo digitální přístroje)

např: RLCG most řízený mikroprocesorem

Můstková metoda:

Pro měření lze použít Maxwellův-Wienův můstek. Pro běžnou technickou praxi můžeme zanedbat parazitní kapacity a vlastní indukčnosti normálových odporů a ztrátový činitel normálových kapacit.



Můstek obvykle vyvažujeme dekádami R_4 a C_4 .

Hodnoty činného odporu R_x a indukčnosti L_x určíme ze vztahů:

$$R_X = \frac{R_2 R_3}{R_4} \quad [\Omega]$$

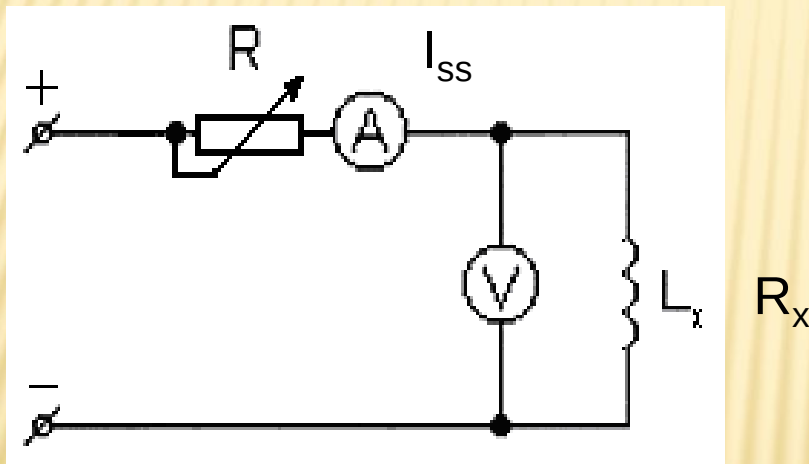
$$L_X = R_2 R_3 C_4 \quad [\text{H}]$$

Volt – Ampérova metoda:

Indukčnost cívky určíme tak, že změříme impedanci a činný odpor dané cívky.

Činný odpor

měříme Ohmovou metodou při stejnosměrném napájení.



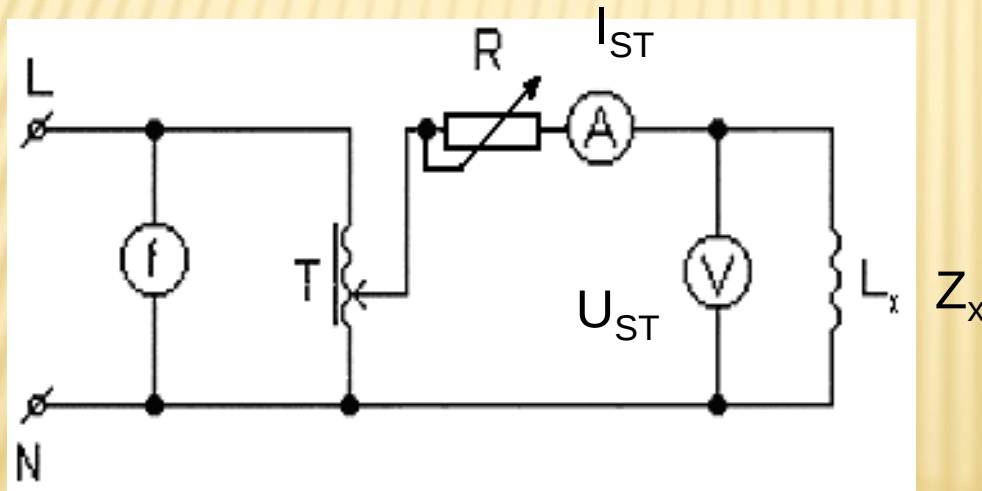
$$R_x = \frac{U_{ss}}{I_{ss}}$$

$$[\Omega; V, A]$$

Impedance

se měří při střídavém sinusovém napájení stálého kmitočtu podle Ohmova zákona:

Napětí měříme voltmetrem a proud ampérmetrem. V tomto zapojení je výhodné, aby měl voltmetr velký vnitřní odpor, protože provádět korekci by bylo velmi obtížné z důvodu fázového posunu proudu ve voltmetru proti proudu v měřené cívce. Nemáme-li takový voltmetr, raději čteme proud při odpojeném voltmetru.



$$Z_x = \frac{U_{ST}}{I_{ST}}$$

$[\Omega; V, A]$

Indukčnost cívky

určíme následujícím způsobem:

Pro induktivní reaktanci platí:

$$X_L = \omega L_X = 2\pi f L_X \quad [\Omega; -, \text{Hz}, \text{H}]$$

Impedanci můžeme vyjádřit:

$$Z_X = \frac{U_{ST}}{I_{ST}} = \sqrt{R_X^2 + X_L^2} = \sqrt{R_X^2 + (2\pi f L_X)^2} \quad [\Omega]$$

Rovnici nyní umocníme a následně vyjádříme vlastní indukčnost L_X

$$Z_X^2 = \frac{U_{ST}^2}{I_{ST}^2} = R_X^2 + (2\pi f L_X)^2 \quad [\Omega] \quad L_X = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\frac{U_{ST}^2}{I_{ST}^2} - R_X^2} \quad [\text{H}]$$

Vhodnou volbou rozsahů měřicích přístrojů lze měřit indukčnost prakticky všech cívek. Přesnost měření je ovlivněna použitými přístroji a také přesností měření činného odporu R_X .

Vzájemnou indukčnost

můžeme měřit například metodou transformátoru naprázdno. Tato metoda je vhodná pro cívky s magnetickým obvodem i bez magnetického obvodu. Při běžném měření nelze počítat s velkou přesností. Metoda je vhodná pro provozní měření. Při odvození zanedbáme odpory vinutí.

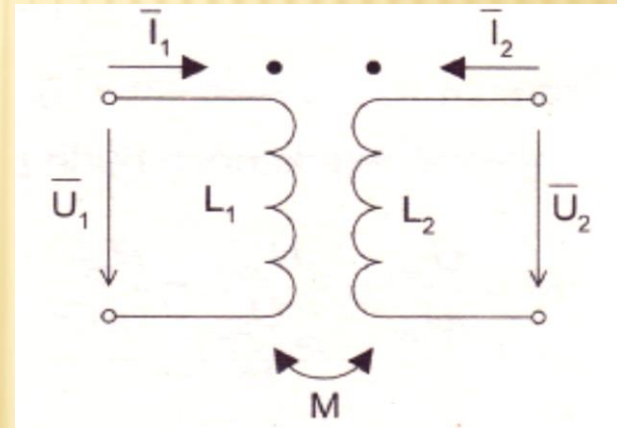
Pro **transformátor** dle obrázku můžeme sepsat rovnice:

Pro primární vinutí:

$$\overline{U}_1 - j\omega L_1 \overline{I}_1 - j\omega M \overline{I}_2 = 0$$

Pro sekundární vinutí:

$$\overline{U}_2 - j\omega L_2 \overline{I}_2 - j\omega M \overline{I}_1 = 0$$



Nebude-li na sekundární cívku připojen žádný obvod, bude proud $I_2 = 0$ a druhá rovnice přejde do tvaru:

$$\overline{U_{20}} = j\omega M \overline{I_{10}} \Rightarrow M = \frac{\overline{U_{20}}}{\omega \overline{I_{10}}}$$

Což můžeme psát i skalárně (v rovnici jsou pouze součiny), tedy:

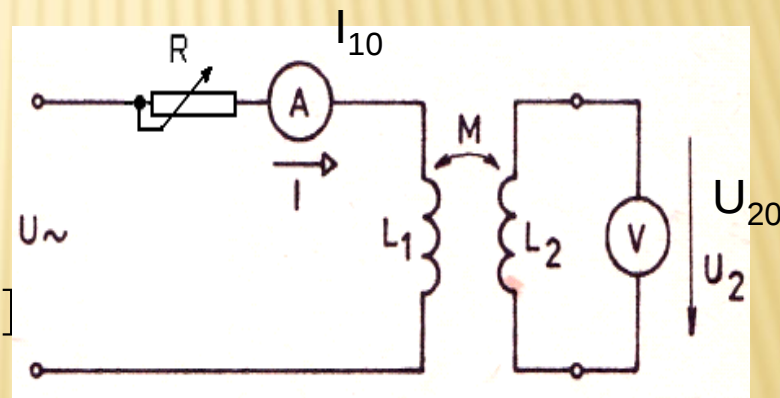
$$M = \frac{U_{20}}{\omega I_{10}} = \frac{U_{20}}{2\pi f I_{10}} \quad [\text{H}; \text{V}, \text{Hz}, \text{A}]$$

U_{20} - sekundární napětí naprázdno [V]

I_{10} - primární proud naprázdno [A]

ω - úhlová frekvence [rad.s⁻¹]

f - frekvence [Hz]

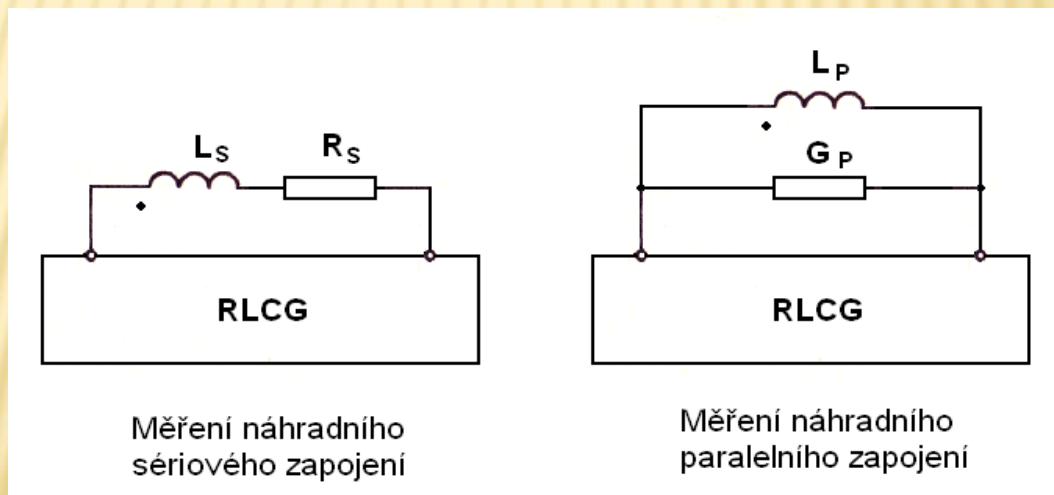


Měření na RLCG můstku:

Indukčnost a vnitřní odpor

můžeme měřit i na elektronickém RLCG mostu. Při tomto měření volíme frekvenci a napětí, při kterém provádíme měření. Dle použitého rozsahu volí můstek metodu s paralelním nebo sériovým náhradním zapojením.

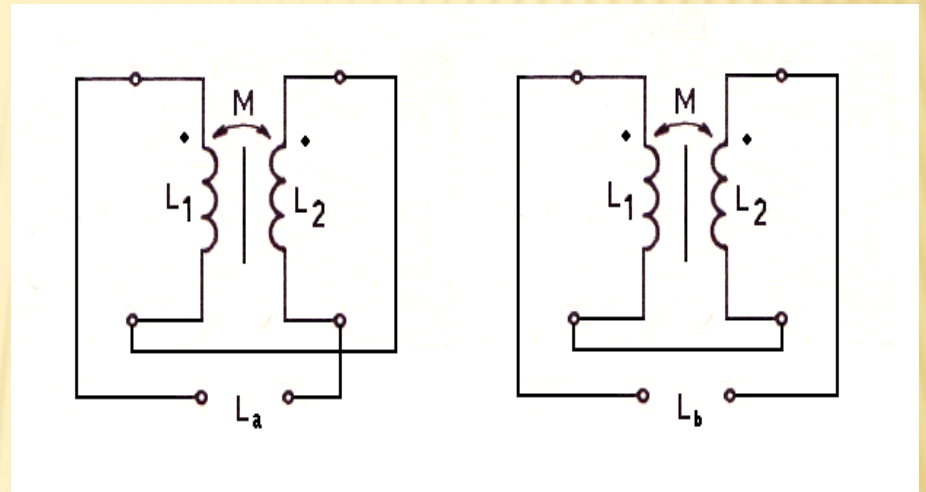
Při měření indukčnosti s feromagnetickým materiálem, bude výsledek ovlivněn zvolenou frekvencí a napětím a můžeme se dopustit velké chyby.



Měření vzájemné indukčnosti

Při měření vzájemné indukčnosti použijeme metodu sériového spojení cívek se součtem a rozdílem magnetických polí. Výslednou vzájemnou indukčnost vypočítáme ze vztahu:

$$M = \frac{L_a - L_b}{4} \quad [\text{H}; \text{H}, \text{H}]$$



Tato metoda je vhodná pro cívky, jejichž indukčnosti jsou přibližně stejné a jsou bez feromagnetického jádra. Při měření s feromagnetickým jádrem je výsledek zatížen velkou chybou a může být použit jen jako orientační (porovnávací) měření.

**Porozuměl jsi problematice
a postupu měření ?**

Pokud ne, zkus to znovu !

Stiskni „Opakovat“,

Pokud ano, proveř svoje znalosti testem

ELM-3-1-2.pdf

