

**Názov cvičenia:****Meranie vlastnej indukčnosti cievky bez jadra**

Cieľ: naučiť žiakov odmerať vlastnú indukčnosť cievky bez feromagnetického jadra pomocou nepriamej VA a priamej mostíkovej metódy, vyhodnotiť meranie z hľadiska rýchlosti, presnosti merania a závislosti zmeny indukčnosti so zmenou veľkosti prúdu a kvality cievky

Úlohy:

1. Odmerajte:
 - odpor vinutia cievky priamou metódou
 - indukčnosť cievky bez feromagnetického jadra VA metódou
 - indukčnosť cievky bez feromagnetického jadra priamou mostíkovou metódou
2. Nakreslite:
 - charakteristiku závislosti $L = f(I)$
 - VA charakteristiku cievky bez jadra
 - fázorový diagram skutočnej cievky bez jadra pre jedno meranie

Teoretický úvod:

Charakteristická vlastnosť cievky (vzorec), charakteristika cievky bez jadra, druhy cievok z hľadiska vinutia, parameter potrebný pri pripojení cievky do elektrického obvodu, zdôvodnenie použitia zdroja na meranie odporu cievky a na meranie indukčnosti, vyjadrite straty a kvalitu cievky a meracie metódy

Cievka je pasívna, lineárna súčiastka, ktorá pri prechode el. prúdu vytvára magn. pole. Vlastná indukčnosť je jej základná vlastnosť, ktorá vzniká v cievke pri zmene prúdu, keď sa indukuje napätie, ktoré okrem zmeny prúdu ΔI za čas Δt závisí aj od koeficientu L . Výpočet (indukčnosť) $L = \mu \cdot N^2 \cdot \frac{S}{l} [H]$. Pri rovnakom napätí tečie cievkou v js. obvode menší prúd a v striedavom obvode väčší. Prúd závisí aj od frekvencie, ak je vyššia, tak prúd je menší. Výpočet odporu cievky (reaktancie): $X_L = \omega L [\Omega]$. Ak použijeme viac cievok vedľa seba vzniká **vzájomná indukčnosť (pôsobenie 2 cievok navzájom na seba). Výpočet (vzájomnej indukčnosti): $M = k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2}$.**

Cievky rozdeľujeme na **bezjadrové** (vzduchové) a s **feromagnetickým jadrom**.

Podľa spôsobu navíjania cievok máme **solenoid** (valcové) a **toroid** (prstencové).

V **js. obvode** sa cievka správa ako **drôt**. V **striedavom** obvode **indukuje napätie**.

Pri zapojení cievky do el. obvodu musíme poznať: **vlastnú indukčnosť** (H), **max. dovolený prúd** (A), **prúdovú hustotu** ($A \cdot m^{-2}$).

Druhy cievok:

a.) **ideálna** = činný odpor $R_L = 0$, napätie predbieha prúd o $\pi/2$, $Z = X_L$ (neexistuje)

b.) **technická** = činný odpor $R_L \neq 0$, fázový posun medzi U a I je v intervale $\varphi \in < 0^\circ; 90^\circ >$. Takýto typ cievky nahradíme sériovým **zapojením R-L**.

Cievka **má odpor**, pretože je navinutá s určitého materiálu s prierezom a dĺžkou.

Ak tečie cievkou väčší prúd ako I_{max} tak sa cievke **poškodí izolácia**.

Čím je Q – činiteľ kvality (akosti) vyššie tak tým je cievka kvalitnejšia, z fáz. diagramu:

$$Q = \frac{1}{\tan \varphi} = \frac{1}{\frac{U_R}{U_L}} = \frac{1}{\frac{I \cdot R}{I \cdot X_L}} = \frac{1}{\frac{R}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}{R}$$

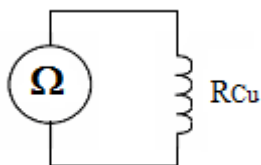
1.) **priama** – priamo pripojíme merací prístroj ako Ohmmeter na cievku, alebo RLC merač

2.) **nepriama VA metóda** – odmeranie činného odporu cievky a jej impedancie a výpočet indukčnosti vzduchovej cievky (bez feromagn. jadra)

3.) **indukčnosti cievky s feromagnetickým jadrom** – VA metóda doplnená Wattmetrickou

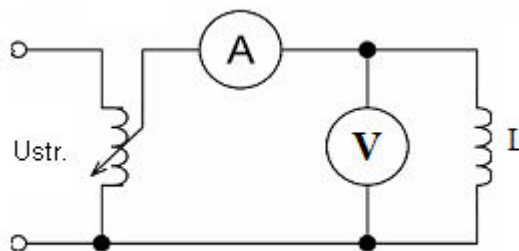
4.) **so striedavým mostíkom** – nulové metódy, MP potrebuje potrebuje indikátor rovnovážneho stavu, ktorý je podmienený splnením prúdových a napäťových pomerov

Schémy zapojenia:



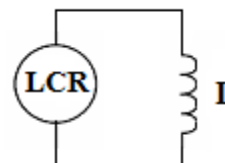
Priama metóda

na meranie *odporu* vinutia cievky



Nepriama – Volt-Ampérová metóda

na meranie *indukčnosti* cievky



Mostíková metóda

na meranie *indukčnosti* cievky

Použité meracie prístroje a pomôcky:

Ω – ohmmeter – *METEX M-3270D*

V – voltmeter – *METEX M-3270D*

A – ampérmeter – *AXIOMET AX585B*

striedavý zdroj typ – *STATRON*

Transformátor – *Soue a Universal Trafo*

LCR merač typ – *ELMA 6400*

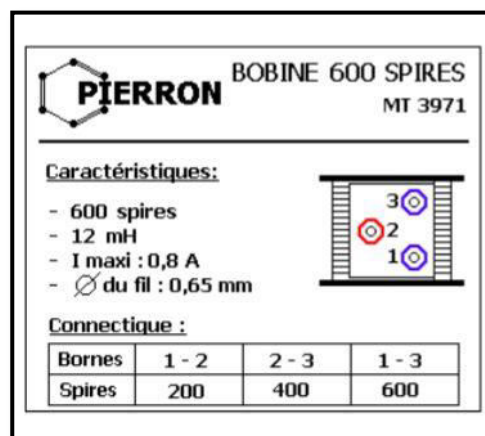
Prípojné vodiče

Meraný objekt – L:

Počet závitov: *600 (1 a 3 vývod)*

Prierez vodiča: *0,65 mm*

Maximálny prúd: *0,8 A*



Tabuľky nameraných a vypočítaných hodnôt:

Priama metóda – pomocou multimetra

č.m.	R_{Cu} (Ω)
1.	<i>5,5</i>

Postup pri meraní: Na začiatku si zistíme typ cievky a na aký max. prúd ju môžeme zapojiť zo štítka na cievke. Ďalej zmeriame odpor vynutia cievky priamou metódou pomocou Multimetra ako Ohmmetra. Vybrali sme si, že chceme merať pri 600 závitoch kde je najväčšia indukčnosť. Správne zvolíme merací rozsah na meracom prístroji.

Nepriama metóda – VA metóda

$f = 50 \text{ Hz}$

č.m.	I (A)	U (V)	Z (Ω)	L (mH)	Q (-)	φ (°)	Poznámka
1.	<i>0,17</i>	<i>1,245</i>	<i>7,32</i>	<i>15</i>	<i>0,857</i>	<i>40,59</i>	
2.	<i>0,241</i>	<i>1,7</i>	<i>7,05</i>	<i>12,7</i>	<i>0,725</i>	<i>35,96</i>	
3.	<i>0,334</i>	<i>2,324</i>	<i>6,958</i>	<i>12,23</i>	<i>0,698</i>	<i>34,94</i>	
4.	<i>0,429</i>	<i>2,96</i>	<i>6,899</i>	<i>11,89</i>	<i>0,679</i>	<i>34,18</i>	
5.	<i>0,511</i>	<i>3,518</i>	<i>6,88</i>	<i>11,78</i>	<i>0,672</i>	<i>33,94</i>	

Postup pri meraní: Na meranie indukčnosti použijeme nepriamu meraciu metódu, kde Ampérmeter zapojíme do série, Voltmeter paralelne so zdrojom napätia. Na meranie indukčnosti potrebujeme striedavý zdroj s frekvenciou 50 Hz. Keďže napätie a odpor sú veľmi malé, tak použijeme transformátor, ktorý nám z 230V dá menšie výstupné napätie 12V. Pred samotným zapojením do siete treba skontrolovať či je zdroj vypnutý, či je vytočený na minimálnej hodnote. Po zapnutí zdroja budeme nastavovať vysoké prúdy, tak zvolíme na prístroji merací rozsah na 20A a režim AC (na meranie striedavej veličiny). Toto si všimneme, že MP píše aj frekvenciu ktorú nám sieťový zdroj dáva (50Hz). Nastavujeme prúdy a napätia odčítavame. Následne dopočítame celkovú impedanciu, indukčnosť, činiteľ kvality a uhol medzi celkovým napätím a prúdom φ .

Priama metóda – pomocou LCR mostíka pre rôzne meracie frekvencie

	f (Hz)	L (mH)	R_{Cu} (Ω)	Q (-)	Iné veličiny
cievka					
cievka					
cievka					

Postup pri meraní:

Použité vzťahy pre výpočet:

VA metóda :

$$Z = \frac{U}{I} = \quad (\Omega)$$

Vlastná indukčnosť:

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R_{Cu}^2}}{2\pi f} = \quad (H)$$

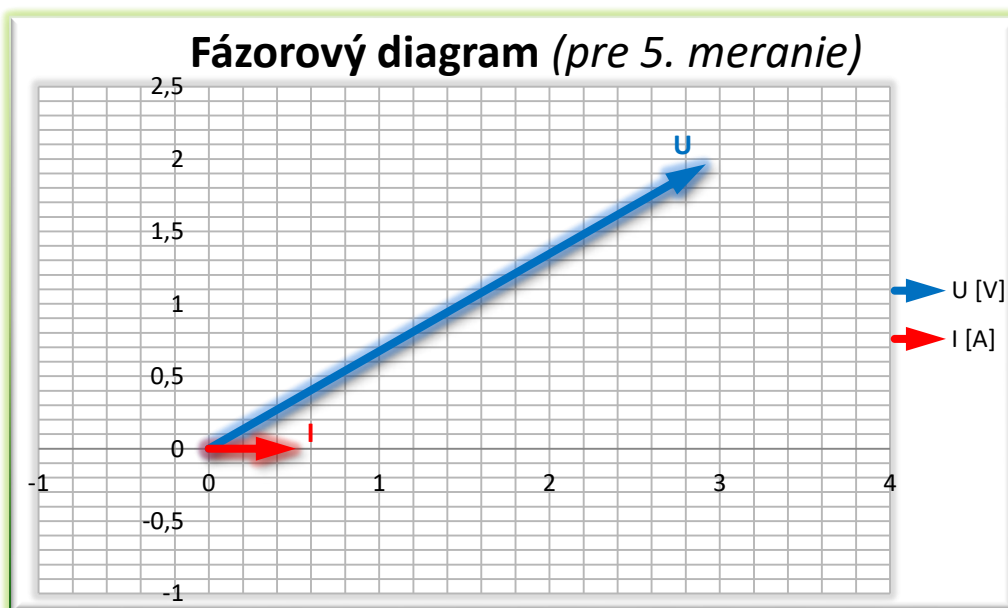
Fázový posuv:

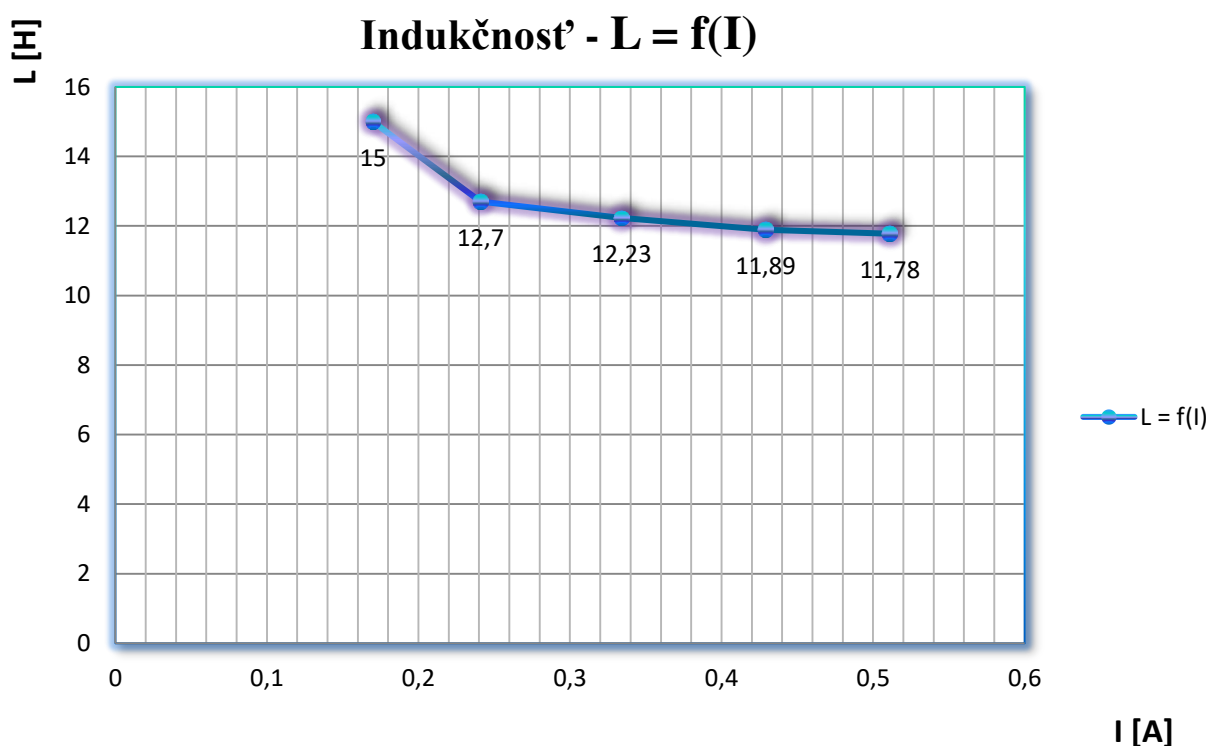
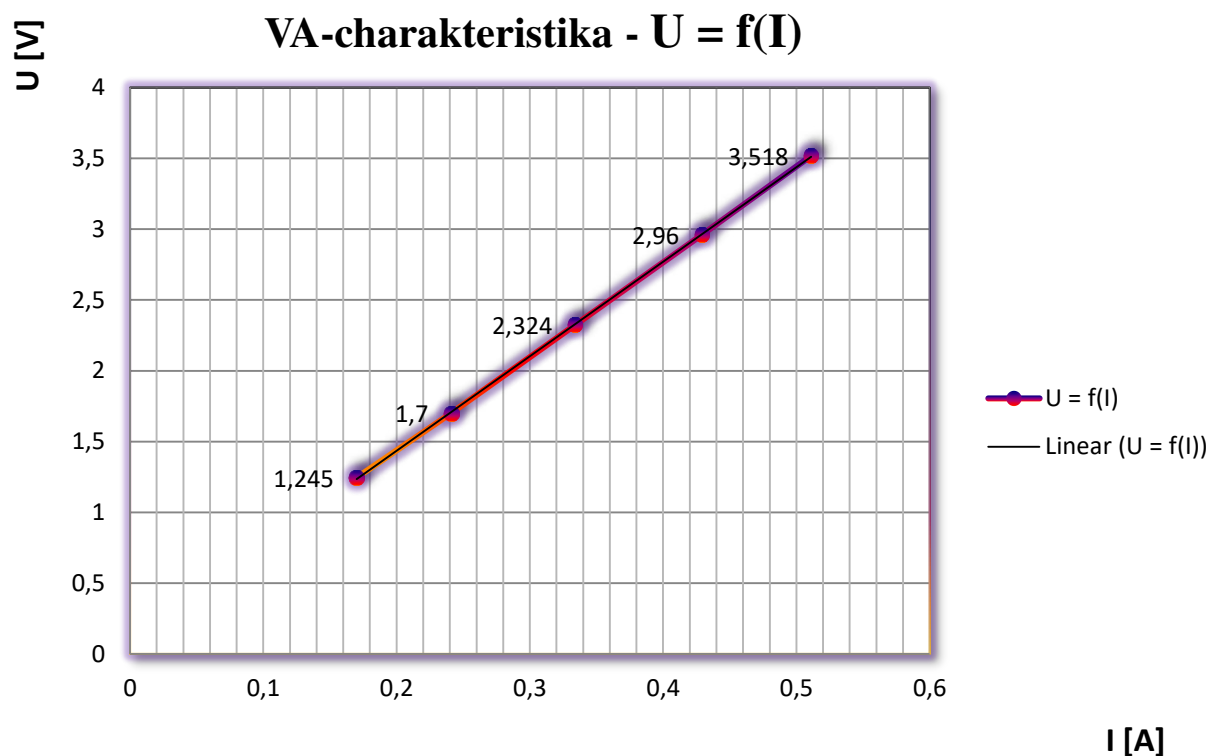
$$\varphi = \arctg \frac{\omega L}{R_{Cu}} = \quad (^\circ)$$

Kvalita cievky:

$$Q = \frac{\omega L}{R_{Cu}} = \quad (-)$$

Vyhodnotenie: nakreslite fázorový diagram pre jedno meranie, VA charakteristiku a závislosť indukčnosti od prúdu – vysvetlenie charakteristík. Pojednajte o použitých meracích metódach, ich presnosť, rýchlosť merania, možnosť merania ďalších parametrov cievky a vplyv frekvencie na indukčnosť cievky a jej kvalitu





VA-charakteristika cievky je lineárna (zvyšovaním napätia prúd rastie). Závislosť indukčnosti od prúdu je nelineárna, zvyšovaním prúdu klesá indukčnosť. Najjednoduchšia a najrýchlejšia je Priama metóda s RLC mostíkom (vieme na ňom zmeniť f). Potrebujeme na ňu najmenej meracích prístrojov a vodičov. Indukčnosť závisí veľkosti frekvencie a kvalita cievky je taktiež ovplyvnená frekvenciou a indukčnosťou. Čím bola indukčnosť cievky menšia, tým klesala aj kvalita.