

Názov cvičenia:

Meranie vlastnej indukčnosti cievky s feromagnetickým jadrom

Cieľ: naučiť žiakov používať digitálny wattmeter, zopakovať pojmy činný, jalový a zdanlivý výkon, odmerať vlastnú indukčnosť cievky s feromagnetickým jadrom pomocou nepriamej VA metódy doplnenou wattmetrickou metódou a priamej mostíkovej metódy pri rôznych meracích frekvenciách. Vyhodnotiť meranie z hľadiska použitých meracích metód, závislosti zmeny indukčnosti so zmenou veľkosti prúdu a kvality cievky a porovnať výsledky s výsledkami indukčnosti cievky bez jadra.

Úlohy:

1. Odmerajte:
 - indukčnosť cievky s feromagnetickým jadrom VA metódou doplnenou wattmetrickou metódou
 - indukčnosť cievky s feromagnetickým jadrom LCR mostíkom pre rôzne meracie frekvencie
2. Vypočítajte celkový stratový odpor cievky s feromagnetickým jadrom
3. Nakreslite:
 - charakteristiku závislosti $L = f(I)$
 - VA charakteristiku a fázorový diagram skutočnej cievky s feromagnetickým jadrom pre jedno meranie

Teoretický úvod: Charakteristická vlastnosť cievky (vzorec), charakteristika cievky s Fe jadrom, parameter potrebný pri pripojení cievky do elektrického obvodu, zdôvodnenie použitia wattmetra na meranie celkového odporu cievky s Fe jadrom na meranie jej indukčnosti, výkony v striedavom obvode, meracie metódy a vplyv meracej frekvencie

Vlastná indukčnosť je základná vlastnosť cievky, ktorá vzniká pri zmene prúdu, keď sa indukuje napätie, ktoré okrem zmeny prúdu ΔI za čas Δt závisí aj od koeficientu L . Výpočet vlastnej indukčnosti: $L = \mu \cdot N^2 \cdot \frac{S}{l} [H]$.

Cievky rozdelujeme na **bezjadrové** (vzduchové) a s **feromagnetickým jadrom**, ktoré sa ďalej delia na s **otvoreným** a **uzavretým** jadrom.

Pri zapojení cievky do el. obvodu musíme poznať: **vlastnú indukčnosť** (H), **max. dovolený prúd** (A), **prúdovú hustotu** (A.m⁻²).

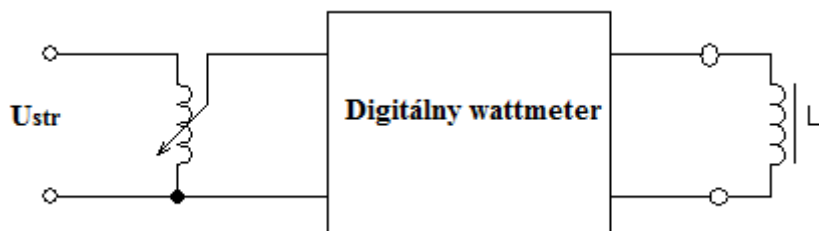
Metóda na meranie L cievky s feromagnetickým jadrom:

VA metóda doplnená Wattmetrickou metódou. Voltmetrom sa odmeria napätie na cievke, ampérmetrom prúd a wattmetrom straty na cievke, ktoré vzniknú vo vinutí a v jadre (železe). Straty vplyvom prechodu str. prúdu v železnom jadre vypočítame z odmer. činného výkonu a prúdu pretekajúceho cievkou. V js. prúde sa straty neprejavujú. Jeden z najjednoduchších spôsobov je použiť digitálny Wattmeter, ktorý meria činný, jalový výkon, účinník $\cos \varphi$, napätie a prúd.

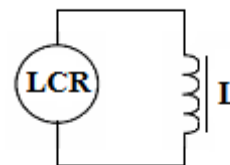
Výkony striedavého prúdu :

- 1.) **Činný výkon** – vzniká na činnom odpore, je to žiadaný výkon. Činný odpor odoberá zo zdroja energiu, ktorú celú spotrebuje na teplo.
- 2.) **Jalový výkon** – vzniká na cievke a kondenzátore, je to nežiadúci výkon. Je potrebný na vytvorenie elektrického alebo magnetického pola. Spotrebič sa bez neho nezaobíde.
- 3.) **Zdanlivý výkon** – maximálny výkon aký môžeme dosiahnuť. Navrhujú sa z neho elektrické spotrebiče. Za tento výkon platíme. Nezaobíde sa bez žiadúceho (činného) a nežiadúceho (jalového).

Schéma zapojenia:



Nepriama – Volt-Ampérová metóda doplnená wattmetrickou metódou na meranie **indukčnosti** cievky



Mostíková metóda na meranie **indukčnosti** cievky

**Použité meracie prístroje a pomôcky:**striedavý zdroj typ – *STATRON*Digitálny wattmeter – voltmeter – *ISW8000 WATTMETER*Transformátor – *Soue a Universal Trafo*LCR merač typ – *ELMA 6400*

Prípojné vodiče

Meraný objekt – *L* s feromagnetickým jadrom:Počet závitov: *600*Indukčnosť: *12 mH*Prierez vodiča: *0,65 mm*Maximálny prúd: *0,8 A***Nepriama metóda – VA metóda doplnená wattmetrickou metódou***f* = 50 Hz

Č.M.	U (V)	I (A)	P _č (W)	P _j (VAr)	Z (Ω)	R (Ω)	L (H)	cos φ (-)	φ (°)	Q (-)
1.	<i>55,3</i>	<i>0,1</i>	<i>2,29</i>	<i>5,1</i>	<i>553</i>	<i>229</i>	<i>1,6</i>	<i>0,41</i>	<i>65,8</i>	<i>2,19</i>
2.	<i>112,1</i>	<i>0,2</i>	<i>8,9</i>	<i>21</i>	<i>560,5</i>	<i>222,5</i>	<i>1,64</i>	<i>0,4</i>	<i>66,42</i>	<i>2,32</i>
3.	<i>164,1</i>	<i>0,3</i>	<i>18,8</i>	<i>46</i>	<i>547</i>	<i>208,89</i>	<i>1,61</i>	<i>0,38</i>	<i>67,67</i>	<i>2,42</i>
4.	<i>185,1</i>	<i>0,35</i>	<i>23,7</i>	<i>60</i>	<i>528,89</i>	<i>193,47</i>	<i>1,57</i>	<i>0,37</i>	<i>68,28</i>	<i>2,55</i>
5.	<i>203,2</i>	<i>0,4</i>	<i>28,5</i>	<i>76</i>	<i>508</i>	<i>178,13</i>	<i>1,51</i>	<i>0,35</i>	<i>69,51</i>	<i>2,66</i>
6.	<i>227,8</i>	<i>0,481</i>	<i>35,7</i>	<i>104</i>	<i>473,6</i>	<i>154,3</i>	<i>1,43</i>	<i>0,33</i>	<i>70,73</i>	<i>2,91</i>

Postup pri meraní: Na meranie indukčnosti cievky s Fe jadrom postupujeme tak, že vložíme do cievky jadro (odpor a napätie sa zväčšia). Jadro sa bude uplatňovať až pri prechode striedavého prúdu. Z tohto dôvodu nemôžeme odmerať odpor vynutia cievky. Zapojíme si obvod pre nepriamu meraciu metódu pomocou výkonu (Wattmetra). V tomto prípade musíme vypočítať straty na jadre (odpor vynutia) a odmerať celkový odpor. Nastavujeme prúdy a odčítavame všetky hodnoty, ktoré nám číslicový Wattmeter dá. Na meranie potrebujeme striedavý zdroj s frekvenciou 50 Hz. Keďže napätie a odpor sú väčšie ako v predošlom meraní použijeme oddelovací transformátor. Zmena rozsahu na Wattmetri bola vykonaná automaticky. Z Wattmetra sme zistili napätie, prúd a výkon. Zvyšovaním prúdu jadrá cievky začínali drnčať (neprijemná frekvencia). Následne dopočítame celkovú impedanciu, indukčnosť, stratový odpor pri prechode striedavého prúdu, činiteľ kvality a fázový posun medzi napätím a prúdom φ.

Priama metóda – pomocou LCR mostíka pre rôzne meracie frekvencie

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

Postup pri meraní:

Použité vzťahy pre výpočet: dosadíte konkrétne hodnoty pre jedno meranie

R – celkový stratový odpor pri prechode striedavého prúdu

$$R_{Fe} = \frac{P_{\Sigma}}{I^2} = \frac{2,29}{0,1^2} \quad (\Omega)$$

VA metóda :

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{55,3}{0,1} \quad (\Omega)$$

Vlastná indukčnosť s jadrom:

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{2\pi f} = \frac{\sqrt{553^2 - 229^2}}{2 \cdot \pi \cdot 50} \quad (H)$$

Fázový posuv:

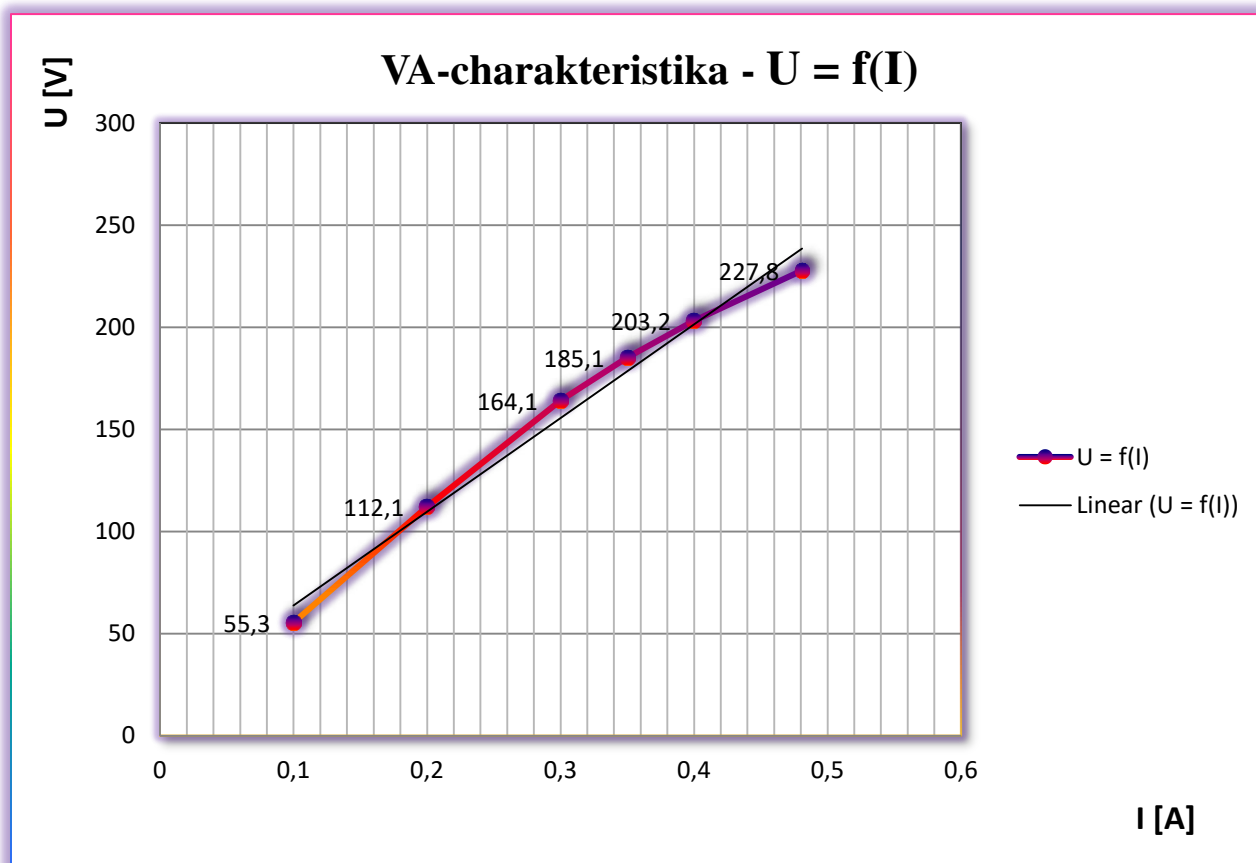
$$\varphi = \arccos \cos \varphi = \cos^{-1}(0,41) \quad (^{\circ})$$

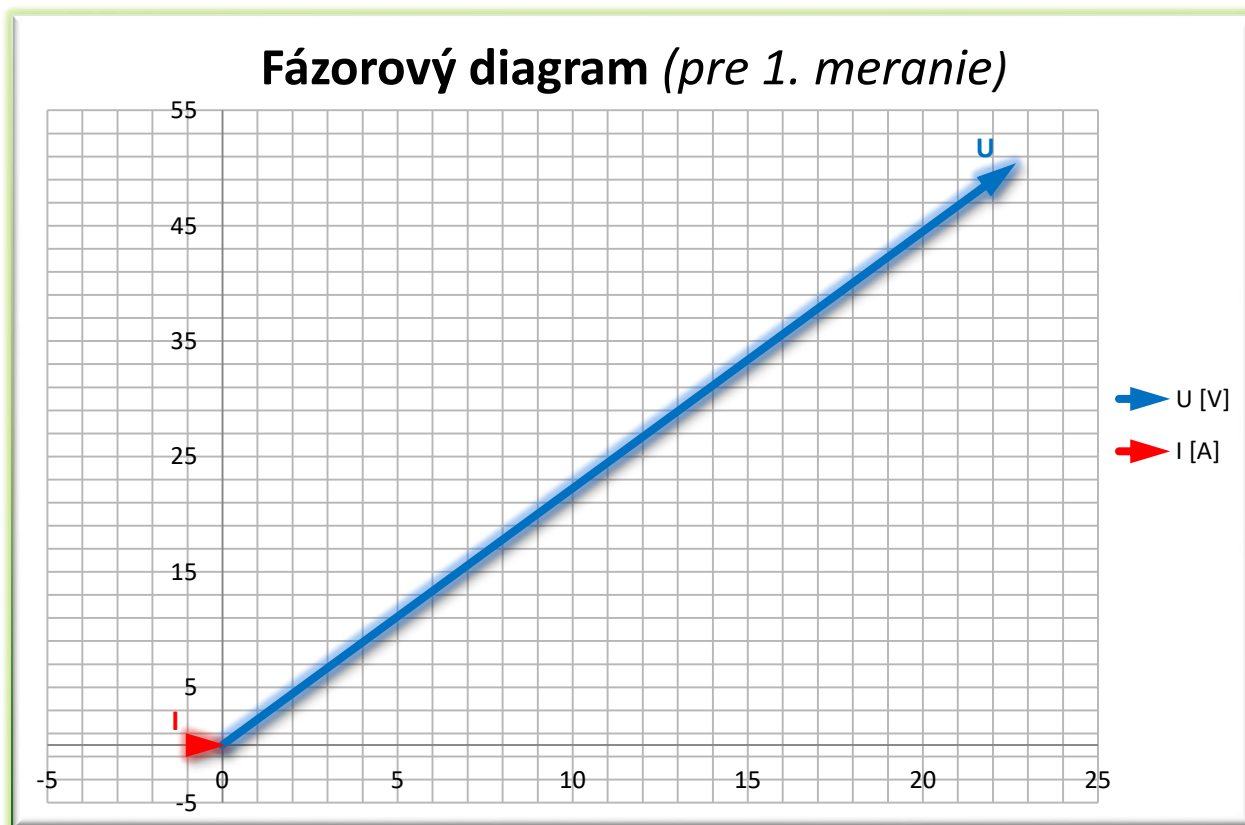
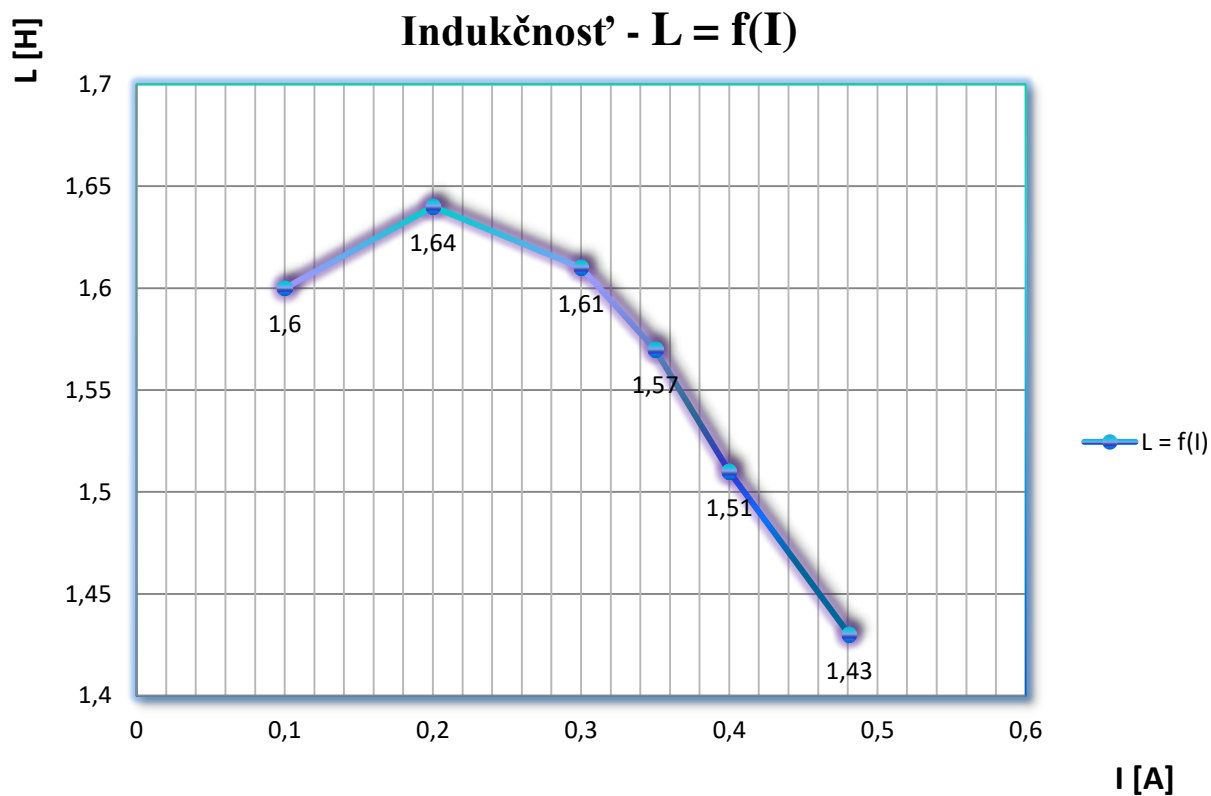
Kvalita cievky:

$$Q = \frac{1}{\tan \varphi} = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi f L}{R} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1,6}{229} \quad (-)$$

Vyhodnotenie: nakreslite fázorový diagram pre jedno meranie, VA charakteristiku a závislosť indukčnosti od prúdu – vysvetlenie charakteristík. Pojednáte o použitých meracích metódach, ich presnosť, rýchlosť merania a možnosť merania ďalších parametrov cievky. Napíšte vplyv frekvencie na celkovú indukčnosť a kvalitu cievky. Vypočítajte relatívnu permeabilitu cievky a z elektrotechnických tabuliek určte materiál feromagnetického materiálu

VA-charakteristika cievky s Fe jadrom nie je lineárna tak ako bola pri cievke bez jadra (zvyšovaním prúdu napätie stúpa nelineárne). Závislosť indukčnosti od prúdu je nelineárna (zvyšovaním prúdu klesá indukčnosť) ale omnoho rýchlejšie ako pri cievke bez jadra. Najjednoduchšia a najrýchlejšia metóda je Priama s RLC mostíkom (vieme na ňom zmeniť f). Potrebujeme na ňu najmenej meracích prístrojov a vodičov. Indukčnosť závisí od veľkosti frekvencie a kvalita cievky je taktiež ovplyvnená frekvenciou a indukčnosťou. Vložením jadra a zvyšovaním prúdu kvalita bola vyššia, čiže lepšia čo sa nedá povedať pri cievke bez jadra, tak zvyšovaním prúdu kvalita bola menšia. Indukčnosť závisí od veľkosti frekvencie a kvalita cievky je taktiež ovplyvnená frekvenciou a indukčnosťou.





$$\mu_r = \frac{L_{s \text{ jadrom}}}{L_{\text{bez jadra}}} = \frac{1,56}{0,0172} = 90,68$$

Naše jadro cievky je vyrobené z elektrickej ocele (trafoplech).