



MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN - VÂLCEA
Concursul Național de Fizică "EVRIKA!"
Ediția a XXII-a; 16 – 18 martie 2012
CPPP - Călimănești

XII

PROBA EXPERIMENTALĂ

Determinarea inductanței și a rezistenței ohmice ale unui bobine cu miez feromagnetic

Materiale la dispoziție (fig. 1)

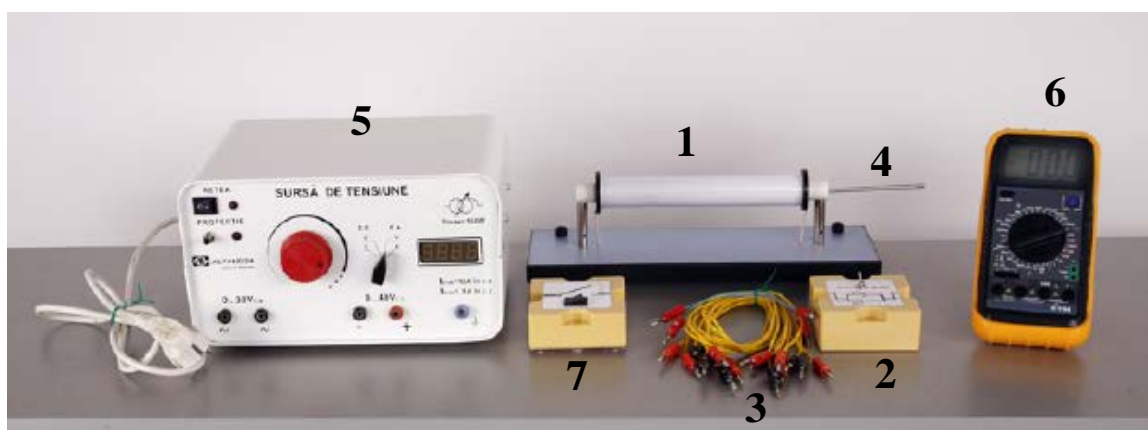


Fig. 1

- 1) bobină reală cu caracteristici necunoscute;
- 2) cutie cu doi condensatori identici ideali, fiecare cu capacitatea necunoscută, C , care pot fi conectați în paralel prin intermediul unui întrerupător;
- 3) conductoare de legătură – 10 bucăți;
- 4) miez de ferită cu mâner;
- 5) sursă de tensiune alternativă cu afișare numerică a valorii tensiunii la borne;
- 6) multimetru digital (AMPERMETRU IDEAL!);
- 7) întrerupător.

Indicație

Cu dispozitivele date se realizează montajul reprezentat în schema din figura 1.

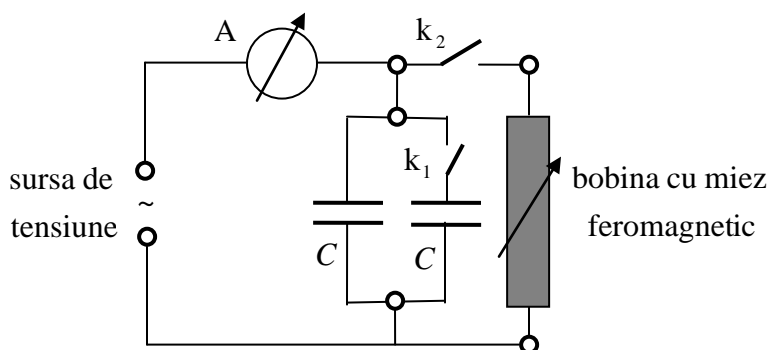


Fig. 1

Cerințe

a) *Să se determine* inductanța L a bobinei în curent alternativ, cu miezul feromagnetic în interiorul bobinei, în limita pozițiilor miezului, corespunzător cărora indicația ampermetrului A este aceeași indiferent de starea închis/deschis a întrerupătorului k_2 , în timp ce întrerupătorul k_1 rămâne deschis. *Să se determine* capacitatea C a fiecărui condensator din montaj. *Indicație:* după fiecare acționare a întrerupătorului k_2 și după fiecare deplasare a miezului feromagnetic în interiorul bobinei, urmărind aceeași indicație a ampermetrului, se va regla constanta tensiunii la bornele generatorului, pentru fiecare dintre valorile ei, $U = (1, 2, 3, \dots, 9, 10)$ V.

b) *Să se justifice* fenomenologic posibilitatea constantei inductanței L a bobinei cu miez, deși pentru fiecare valoare a tensiunii, $U = (1, 2, 3, \dots, 9, 10)$ V, lungimea miezului feromagnetic în interiorul bobinei este alta.

c) Menținând miezul feromagnetic în interiorul bobinei, în limitele pozițiilor stabilite anterior, *să se determine* rezistența ohmică echivalentă în curent alternativ, R , a bobinei. *Indicație:* se va regla constanta tensiunii la bornele generatorului, pentru fiecare dintre valorile ei, $U = (1, 2, 3, \dots, 9, 10)$ V, după închiderea întrerupătorului k_1 , indiferent de poziția întrerupătorului k_2 .

Frecvența tensiunii alternative utilizată este cunoscută, $\nu = 50$ Hz.

Precizări

Sursa de tensiune poate fi folosită numai pentru tensiuni alternative (ale cărei valori nu pot depăși 12 V, pentru a asigura protecția condensatorilor utilizați)! Se va folosi numai schema propusă, fără eliminarea vreunui element al său, prin acționarea celor două întrerupătoare, prin deplasarea miezului feromagnetic în interiorul bobinei și prin rotirea butonului sursei de tensiune alternativă! După fiecare acționare a unui întrerupător, sau deplasare a miezului feromagnetic, readuceți tensiunea la valoarea inițială. Nu schimbați scala ampermetrului (200 mA c.a.) și nici bornele de conectare ale acestuia în circuit (COM – alb; mA – roșu)! Dacă ați deteriorat ampermetrul, sursa sau condensatorii nu există posibilitatea înlocuirii acestora!

Lucrare propusă de prof. dr. Mihail Sandu
G.Ș.E.A.S. Călimănești

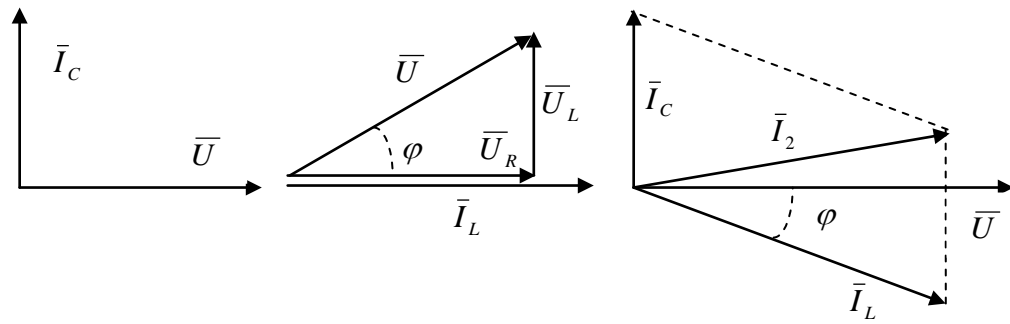


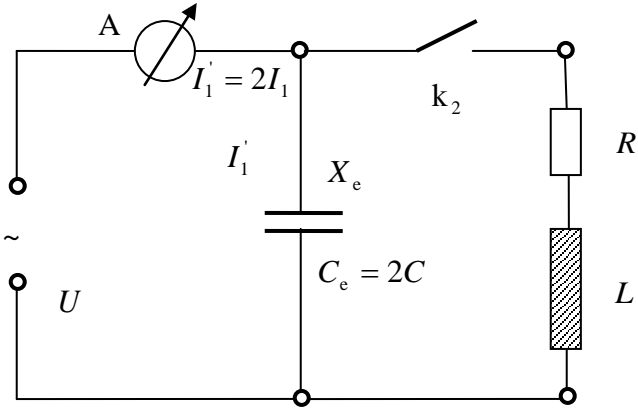
**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI
 ȘI SPORTULUI**
INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN - VÂLCEA
Concursul Național de Fizică “EVRIKA!”
 Ediția a 22-a; 16 – 18 martie 2012
CPPP - Călimănești

XII

**Determinarea inductanței și a rezistenței ohmice
 ale unei bobine cu miez feromagnetic**

Barem de notare	Parțial	Punctaj
		20
a) Determinarea inductanței L a bobinei, cu miezul feromagnetic în interiorul bobinei		8,00
<p>1) Cu întrerupătoarele k_1 și respectiv k_2 deschise, corespunzător schemei a din figura 1, indicația I_1 a ampermetrului A este dată de expresia:</p> $I_1 = \frac{U}{X_C} = U\omega C.$ $I_1 = \frac{U}{X_C} = U\omega C.$ <div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Fig. 1</p>	1,00	
<p>2) Întrerupătorul k_1 rămâne deschis, iar întrerupătorul k_2 se închide, așa cum indică schema b din figura 1. Utilizând diagramele fazoriale din figura 2, rezultă că indicația I_2 a ampermetrului este dată de expresia:</p> $\bar{I}_2 = \bar{I}_C + \bar{I}_L;$ <p>unde \bar{I}_2, \bar{I}_C și \bar{I}_L sunt fazorii asociați valorilor efective ale intensităților curenților din laturile rețelei;</p> $I_2^2 = I_C^2 + I_L^2 + 2I_C I_L \cos(90^\circ + \varphi);$	2,00	

<div>$I_L = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}};$$\sin \varphi = \frac{U_L}{U} = \frac{I_L X_L}{I_L \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}.$</div> <div></div> <div><p style="text-align: center;">Fig. 2</p></div>																																					
<div><p>3) Se deplasează foarte lent miezul feromagnetic al bobinei, în interiorul acesteia, până în momentul când indicația ampermetrului A este aceeași, indiferent de poziția închis sau deschis a întrerupătorului k_2. Dacă este cazul se reglează tensiunea sursei în așa fel încât valoarea acesteia să fie egală cu cea inițială, U. În aceste condiții, rezultă:</p>$I_2 = I_1; I_C = \frac{U}{X_C} = I_1; I_2 = I_1 = I_C;$$I_2^2 = I_1^2 + I_L^2 - 2I_1 I_L \sin \varphi;$$I_1^2 = I_1^2 + I_L^2 - 2I_1 I_L \sin \varphi;$$I_L = 2I_1 \sin \varphi;$$\frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = 2 \frac{U}{X_C} \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}};$$2X_L = X_C;$$2\omega L = \frac{U}{I_1}; L = \frac{U}{2\omega I_1} = \frac{U}{4\pi \nu I_1}.$</div>	2,00																																				
<div><p>4) Se repetă experimentul pentru diferite valori ale tensiunii U, realizând de fiecare dată un reglaj foarte mic al miezului feromagnetic, astfel încât indicația ampermetrului să fie aceeași, indiferent de poziția întrerupătorului k_2. Se completează tabelul alăturat.</p><table><tr><th>Nr. det.</th><th>U (V)</th><th>I_1 (mA)</th><th>L (H)</th><th>L_{mediu} (H)</th></tr><tr><td>1</td><td>1,00</td><td>3,2</td><td>0,4976</td><td>0,49407</td></tr><tr><td>2</td><td>2,00</td><td>6,6</td><td>0,4825</td><td></td></tr><tr><td>3</td><td>3,00</td><td>9,7</td><td>0,4924</td><td></td></tr><tr><td>4</td><td>4,00</td><td>12,8</td><td>0,4976</td><td></td></tr><tr><td>5</td><td>5,00</td><td>15,8</td><td>0,5039</td><td></td></tr><tr><td>6</td><td>6,00</td><td>19,3</td><td>0,4950</td><td></td></tr></table></div>	Nr. det.	U (V)	I_1 (mA)	L (H)	L_{mediu} (H)	1	1,00	3,2	0,4976	0,49407	2	2,00	6,6	0,4825		3	3,00	9,7	0,4924		4	4,00	12,8	0,4976		5	5,00	15,8	0,5039		6	6,00	19,3	0,4950		3,00	
Nr. det.	U (V)	I_1 (mA)	L (H)	L_{mediu} (H)																																	
1	1,00	3,2	0,4976	0,49407																																	
2	2,00	6,6	0,4825																																		
3	3,00	9,7	0,4924																																		
4	4,00	12,8	0,4976																																		
5	5,00	15,8	0,5039																																		
6	6,00	19,3	0,4950																																		

	7	7,00	22,6	0,4932			
	8	8,00	25,5	0,4995			
	9	9,00	28,8	0,4976			
	10	10,00	32,4	0,4914			
b) Justificare fenomenologică Intensitatea curentului prin spirele bobinei fiind variabilă, în miezul feromagnetic al bobinei apar curenți suplimentari, numiți curenți turbionari Foucault, ale căror câmpuri magnetice contribuie la fluxul magnetic propriu al bobinei, astfel încât, în aceste condiții, inductanța L a bobinei se schimbă, depinzând nu numai de caracteristicile bobinei. Pentru a compensa variațiile inductanței bobinei, datorită efectului curenților Foucault, trebuie realizată deplasarea miezului feromagnetic din interiorul bobinei, asigurând astfel constanța inductanței bobinei.						2,00	2,00
c) Determinarea rezistenței ohmice a bobinei							8,00
1) Închiderea întrerupătorului k_1 conectează cele două condensatoare în paralel, așa cum indică figura 3, astfel încât capacitatea lor echivalentă este $C' = 2C$. Ca urmare, indicația ampermetrului A (a cărei rezistență internă este neglijabilă), când întrerupătorul k_2 rămâne deschis se va dubla față de situația anterioară, la aceeași valoare a tensiunii și va fi: $I'_1 = \frac{U}{X_e} = \frac{U}{\frac{1}{\omega C_e}} = U \omega C_e = 2U \omega C \approx 2I_1.$ 						1,00	
Fig. 3							
2) Se închide și întrerupătorul k_2 , așa cum indică schema a din figura 4 și se citește indicația I'_2 a ampermetrului A .						3,00	

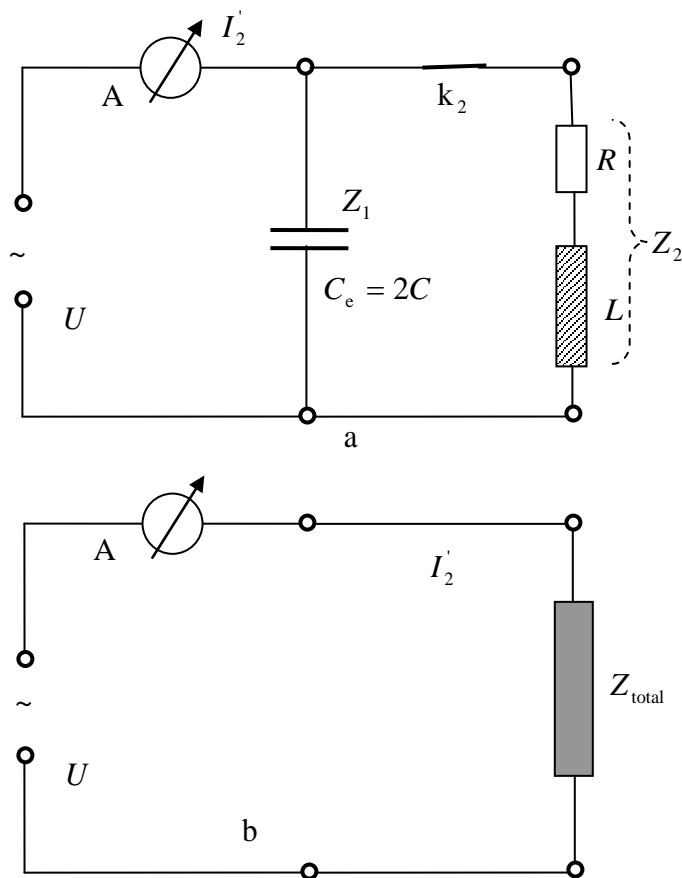


Fig. 4

Dacă impedențelor reale ale elementelor rețelei li se asociază, după reguli cunoscute, impedențe complexe, utilizând și schema echivalentă b din figura 4, rezultă:

$$\begin{aligned}\bar{Z}_{\text{total}} &= \frac{\bar{Z}_1 \bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2}; \\ \bar{Z}_1 &= -jX_e; \bar{Z}_2 = R + jX_L; \\ \bar{Z}_{\text{total}} &= \frac{-jX_e(R + jX_L)}{-jX_e + R + jX_L} = \frac{X_e X_L - jRX_e}{R + j(X_L - X_e)}; \\ \bar{Z}_{\text{total}} &= \frac{RX_e^2 - jX_e[R^2 + X_L(X_L - X_e)]}{R^2 + (X_L - X_e)^2}; \\ X_e &= \frac{1}{\omega C_e} = \frac{1}{2\omega C} = \frac{X_C}{2} = \frac{2X_L}{2}; \\ X_e &= X_L; \\ \bar{Z}_{\text{total}} &= \frac{X_L^2}{R} - jX_L; \\ Z_{\text{total}} &= \frac{U}{I_2'}; \\ Z_{\text{total}}^2 &= \frac{X_L^4}{R^2} + X_L^2 = \frac{U^2}{I_2'^2};\end{aligned}$$

$\frac{X_L^4}{R^2} = \frac{U^2}{I_2'^2} - X_L^2;$ $R = \frac{X_L^2}{\sqrt{\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2 - X_L^2}};$ $R = \frac{\omega^2 L^2}{\sqrt{\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2 - \omega^2 L^2}}; \quad 2\omega L = \frac{U}{I_1}; \quad \omega L = \frac{U}{2I_1};$ $R = \frac{\left(\frac{U}{2I_1}\right)^2}{\sqrt{\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2 - \left(\frac{U}{2I_1}\right)^2}}; \quad R = \frac{\left(\frac{U}{I_1'}\right)^2}{\sqrt{\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2 - \left(\frac{U}{I_1'}\right)^2}}.$																																																																															
<p>3) Se repetă experimentul pentru diferite valori ale lui U, aceleași cu cele anterioare. Se completează tabelele alăturate.</p> <p>Tabelul 2</p> <table><tr><th>Nr. det.</th><th>U (V)</th><th>I_1 (mA)</th><th>$I_1' \approx 2I_1$ (mA)</th><th>I_2' (mA)</th><th>$\left(\frac{U}{I_1'}\right)^2$</th><th>$\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2$</th></tr><tr><td>1</td><td>1,00</td><td>3,2</td><td>6,5</td><td>4,5</td><td>23.668,63</td><td>49.382,71</td></tr><tr><td>2</td><td>2,00</td><td>6,5</td><td>13,4</td><td>9,3</td><td>22.276,67</td><td>46.248,12</td></tr><tr><td>3</td><td>3,00</td><td>9,6</td><td>19,3</td><td>13,1</td><td>24.161,72</td><td>52.444,49</td></tr><tr><td>4</td><td>4,00</td><td>12,8</td><td>25,7</td><td>17,3</td><td>24.224,43</td><td>53.459,85</td></tr><tr><td>5</td><td>5,00</td><td>16,1</td><td>32,4</td><td>21,6</td><td>23.814,96</td><td>53.583,67</td></tr><tr><td>6</td><td>6,00</td><td>19,2</td><td>38,3</td><td>25,7</td><td>24.541,71</td><td>54.504,98</td></tr><tr><td>7</td><td>7,00</td><td>22,4</td><td>44,2</td><td>30,4</td><td>25.081,38</td><td>53.021,12</td></tr><tr><td>8</td><td>8,00</td><td>26,2</td><td>52,4</td><td>35,5</td><td>23.308,66</td><td>50.783,57</td></tr><tr><td>9</td><td>9,00</td><td>29,2</td><td>58,7</td><td>39,4</td><td>23.507,62</td><td>52.178,61</td></tr><tr><td>10</td><td>10,00</td><td>32,5</td><td>65,2</td><td>44,4</td><td>23.523,65</td><td>50.726,40</td></tr></table>	Nr. det.	U (V)	I_1 (mA)	$I_1' \approx 2I_1$ (mA)	I_2' (mA)	$\left(\frac{U}{I_1'}\right)^2$	$\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2$	1	1,00	3,2	6,5	4,5	23.668,63	49.382,71	2	2,00	6,5	13,4	9,3	22.276,67	46.248,12	3	3,00	9,6	19,3	13,1	24.161,72	52.444,49	4	4,00	12,8	25,7	17,3	24.224,43	53.459,85	5	5,00	16,1	32,4	21,6	23.814,96	53.583,67	6	6,00	19,2	38,3	25,7	24.541,71	54.504,98	7	7,00	22,4	44,2	30,4	25.081,38	53.021,12	8	8,00	26,2	52,4	35,5	23.308,66	50.783,57	9	9,00	29,2	58,7	39,4	23.507,62	52.178,61	10	10,00	32,5	65,2	44,4	23.523,65	50.726,40	4,00	
Nr. det.	U (V)	I_1 (mA)	$I_1' \approx 2I_1$ (mA)	I_2' (mA)	$\left(\frac{U}{I_1'}\right)^2$	$\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2$																																																																									
1	1,00	3,2	6,5	4,5	23.668,63	49.382,71																																																																									
2	2,00	6,5	13,4	9,3	22.276,67	46.248,12																																																																									
3	3,00	9,6	19,3	13,1	24.161,72	52.444,49																																																																									
4	4,00	12,8	25,7	17,3	24.224,43	53.459,85																																																																									
5	5,00	16,1	32,4	21,6	23.814,96	53.583,67																																																																									
6	6,00	19,2	38,3	25,7	24.541,71	54.504,98																																																																									
7	7,00	22,4	44,2	30,4	25.081,38	53.021,12																																																																									
8	8,00	26,2	52,4	35,5	23.308,66	50.783,57																																																																									
9	9,00	29,2	58,7	39,4	23.507,62	52.178,61																																																																									
10	10,00	32,5	65,2	44,4	23.523,65	50.726,40																																																																									
Tabelul 3																																																																															

	Nr. det.	$\sqrt{\left(\frac{U}{I_2}\right)^2 - \left(\frac{U}{I_1}\right)^2}$	$R = \frac{\left(\frac{U}{I_1}\right)^2}{\sqrt{\left(\frac{U}{I_2}\right)^2 - \left(\frac{U}{I_1}\right)^2}}$	R_{mediu} (Ω)		
	1	160,35 V/A	147,60 Ω	142,864 Ω		
	2	154,94	143,77			
	3	168,17	143,67			
	4	170,98	141,67			
	5	172,53	138,03			
	6	173,09	141,78			
	7	167,15	150,05			
	8	165,75	140,62			
	9	169,32	138,83			
	10	164,93	142,62			
Oficiu						2,00