

Lab 2: Conspect lab 1 și lab 2 din inelrămator.

Lab 3: Conspect lucrarea 7 (inelrămator) (curent alternativ)

Lab 4: Conspect lucrarea 4.

Lab 5: Conspect Luc. 14, Luc. 15

Lab 6: Conspect Luc. 20, Luc. 23

Lab 2. (Lucrarea nr. 1 și lucrarea nr. 2) Conspect

Lucrarea 1

Determinarea spectrului și a suprafețelor echipotențiale ale unui câmp electric cu un model electrostatic

1 Considerații teoretice

În regim electrostatic doi electrozi cilindrii de raze r_1 și r_2 așezati concentric și încărcăți cu o distribuție de sarcină $\rho_e = \frac{q}{l}$ uniformă pe toată lungimea lor, crează un câmp electric având expresia: $\vec{E} = \frac{\rho_e}{2\pi\epsilon} \frac{\vec{r}}{r^2}$ (1)

(fiind un câmp plan-paralel, cu distribuție radială și simetrie cilindrică suprafețele echipotențiale sunt cilindri concentrici cu cei doi electrozi)

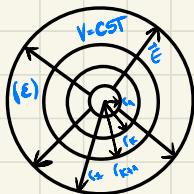


Fig. 1

Dacă potențialul electrodului central este V_1 , atunci potențialul unui punct din câmp situat la rază r_K va fi

$$V_K = V_1 - \int_{r_1}^{r_K} \vec{E} dr = V_1 - \frac{\rho_e}{2\pi\epsilon} \ln \frac{r_K}{r_1} \quad (2)$$

~~F~~

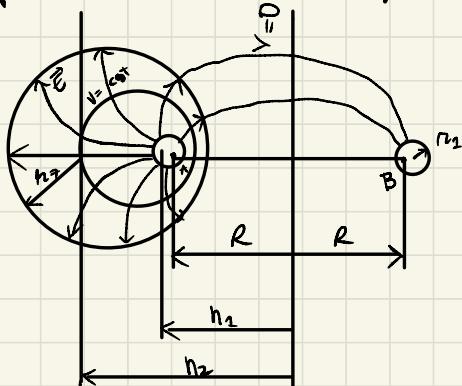
Dacă distanța $(r_2 - r_1)$ se imparte în sase părți, treând cercurile concentrice, atunci tensiunea între două cercuri vecine este:

$$U_{K,K+1} = \frac{\rho_e}{2\pi\epsilon} \ln \frac{r_{K+1}}{r_K} = \frac{U_{12}}{6} = \frac{1}{6} \frac{\rho_e}{2\pi\epsilon} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (3)$$

respectiv

$$r_{K+1} = r_K \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^{\frac{1}{6}}, K = \overline{1,6} \quad (4)$$

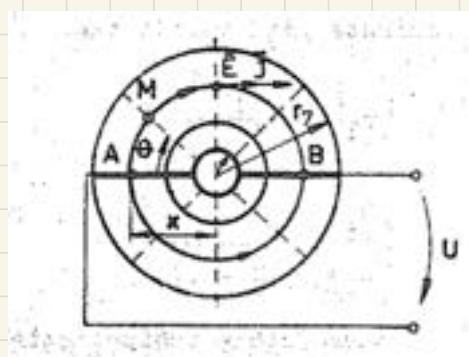
Razele celor cinci suprafețe echipotentiale trăsute între cei doi electriți se pot calcula cu relectia (4)



$$\begin{cases} h_1 = \frac{n_2^2 - n_1^2 - d^2}{2d} \\ h_2 = h_1 + d \\ R = \sqrt{h_1^2 - n_1^2} \end{cases} \quad (5)$$

$$C = \frac{2\pi \epsilon_0}{\ln \frac{n_2}{n_1}} \quad (6)$$

$$R = \left(\frac{1}{C} \right)_{\epsilon_0 = \frac{1}{P}} = \frac{P}{2\pi n} \ln \frac{n_2}{n_1} \quad (7)$$



$$U_{AM} = \int_A^M \vec{E} \cdot d\vec{l} = P \int_A^M \vec{j} \cdot d\vec{l} \quad (8)$$

$$P \int_A^M j_x d\theta = P \cdot j_x \theta$$

Fig. 3.

$$\text{Dar: } U = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_A^B P \int_A^M j_x d\theta \rightarrow j_x = \frac{U}{\pi P \theta} \rightarrow U_{AM} = \frac{\theta}{\pi} U \quad (9)$$

$$R = \frac{1}{G}, \quad G = 2 \int \frac{ds}{se} = 2 \int_{h_1}^{h_2} \frac{1}{P} \frac{n dr}{\pi n} = \frac{2n}{\pi P} \ln \frac{n_2}{n_1} \quad (10)$$

2. Obiectul lucrării

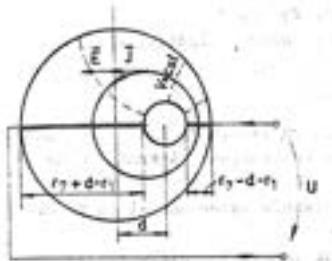


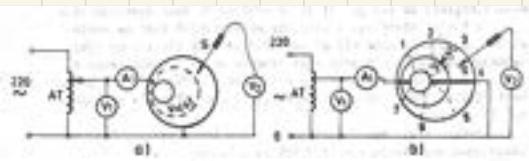
Fig. 4.

- Pentru poziția concentrică (și excentrică) a celor doi electrozi din fig. 1 și 2 se vor trasa cinci linii echipotentiale care să împartă tensiunea U dintre electrozi în 6 parti egale

- Pentru Fig 4 și Fig 3 se vor trasa curbele echipotentiale și verificăm coïncidența lor cu linile de câmp E din primele modele

- Se va determina poziția axelor electrice la modele din fig. 2. și 4. cu relația (5) și se va verifica experimental dacă punctele A și B sunt puncte de convergență.

3. Scheme de montaj și aparatură utilizată



AT - autotransformator ATP-8; 0-250 V, 8A (transformare energie electrică în direcție paralelă)

V_2 - Voltmetru de c.a. (0-250)V

V_1 - voltmetru DV-20 (pe scara de 100V)

S - sonda pentru căutarea punctelor echipotentiale

A_1 - amperméttru (1A)

4. Modul de lucru

- Nu se vor alimenta electrozi cu tensiune continuă pentru a evita fenomenele de electroză și cu tensiune alternativă de frecvență 50 Hz

- Ulterior la autotransformator \Rightarrow tensiunea $= 60V$

- Pt modelul din fig. 5 a) trăsim linile echipotentiale din I_0 în I_0/V unind toate punctele care au aceeași tensiune față de electrodul exterior. Aceste puncte sunt reprezentate cu sonda S

- Modelul din fig. 5 b) alimentat $V=40V$ pornind din cele 7 puncte marcate pe curba se trăsătră linii echipotentiale pt. ca să găsim un punct care nu se aliniază pe curba

5. Rezultate experimentale și prelucrarea datelor

- Se trasează linile echopotentiale și echopotentiale și linile de câmp ale fiecărui model în parte și verificăm dacă coincid unele cu celelalte
- Se determină rezistența electrică dintre electrozi pe bază indiciilor lui V_1 și A_1 și se compara cu rezultatul calculat

$$R = \frac{\pi \rho}{2h} \frac{1}{\left(\ln \frac{n_2-d}{n_2+d} \right) \frac{n_2}{n_1}}$$

$$n_1 = 20 \text{ mm}$$

$$n_2 = 195 \text{ mm}$$

$$h = 97 \text{ mm}$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

Racirea 2

Model electric pentru ecuația lui Laplace în diverse finite aplicată la determinarea suprafețelor echopotentiale și spectrului unui câmp electrostatic

1. Considerații teoretice

Ecuțiile cimpului electrostatic sunt:

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{P_v}{\epsilon} \quad (\text{legea fluxului electric sub forma locală}) \quad (1)$$

$$\operatorname{rot} \vec{E} = 0 \quad (\text{teorema potentialului electrostatic, forma locală}) \quad (2)$$

$$\text{Ec. dñi se mai scrie: } \vec{E} = -\operatorname{grad} V \quad (3)$$

expr care imp. cu (1) duce la

$$\operatorname{div} \operatorname{grad} V = -\frac{P_v}{\epsilon} \text{ sau } \Delta V = -\frac{P_v}{\epsilon} \quad (4)$$

(ecuația lui Poisson)

În coordinate carteziene ecuația se scrie sub forma:

$$\frac{\partial^2 \gamma}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \gamma}{\partial y^2} = 0 \quad (5)$$

dacă $\rho_V = 0 \Rightarrow \frac{\partial^2 \gamma}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \gamma}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \gamma}{\partial z^2} = 0 \quad (6)$

Ecuția lui Laplace în plan este: $\frac{\partial^2 \gamma}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \gamma}{\partial y^2} = 0 \quad (7)$

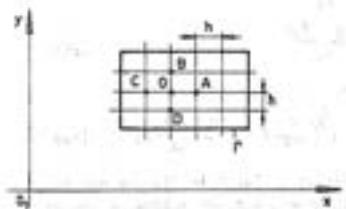


Fig. 1.

În planul x_1, y_1 se consideră o rețea de drepte paralele cu axa O_1x și O_1y situate la distanța h

h -pasul rețelei

pt de intersecție - nodurile rețelei

→ rețea patratică

Fie pt. O de coordonate x_0, y_0 și $V(x_0, y_0) = V_0$ se dezvoltă în serie Taylor

$$V(x, y) = V_0 + \frac{1}{1!} \left[(x - x_0) \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)_0 + (y - y_0) \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)_0 \right] + \frac{1}{2!} \left[(x - x_0)^2 \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} \right)_0 + 2(x - x_0)(y - y_0) \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x \partial y} \right)_0 + (y - y_0)^2 \left(\frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right)_0 \right] + \dots \quad (8)$$

Ec (8) se scrie pt pt. $A(x_0 + h, y_0)$:

$$V_A = V_0 + h \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)_0 + h^2 \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} \right)_0 \quad (g)$$

Analog pt B, C, D :

Adunând ec 9-12 și tinând cont de (7):

$$V_0 = \frac{V_A + V_B + V_C + V_D}{4} \quad (13)$$

ecuația lui Laplace în diferențe finite corespunzătoare nodului 0(x_0, y_0)

$$\stackrel{(9)-(11)}{\Rightarrow} \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)_0 = \frac{V_A - V_C}{2h} \quad (14)$$

$$\stackrel{(10)-(12)}{\Rightarrow} \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)_0 = \frac{V_B - V_D}{2h} \quad (15)$$

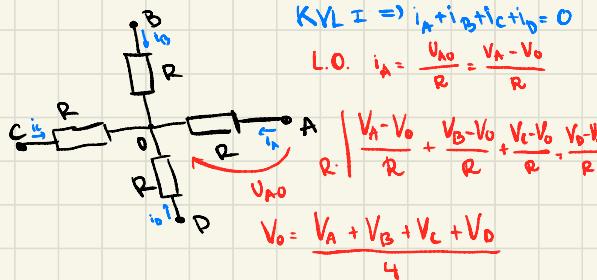
adâncă cîmpului în pct M este

$$\vec{E}_0 = - \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)_0 \vec{i} - \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)_0 \vec{j} = \frac{V_C - V_A}{2h} \vec{i} + \frac{V_D - V_E}{2h} \vec{j} \quad (16)$$

Considerăm modelul din fig 2. prima teorema a lui Kirchhoff în nodul 0 :

$$\frac{V_A - V_0}{R} + \frac{V_B - V_0}{R} + \frac{V_C - V_0}{R} + \frac{V_D - V_0}{R} = 0$$

sau $V_0 = \frac{V_A + V_B + V_C + V_D}{4}$



2 Obiectul lucrării

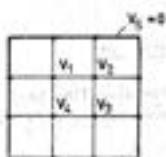
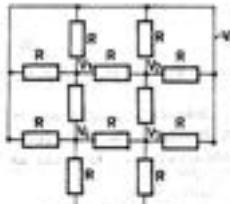


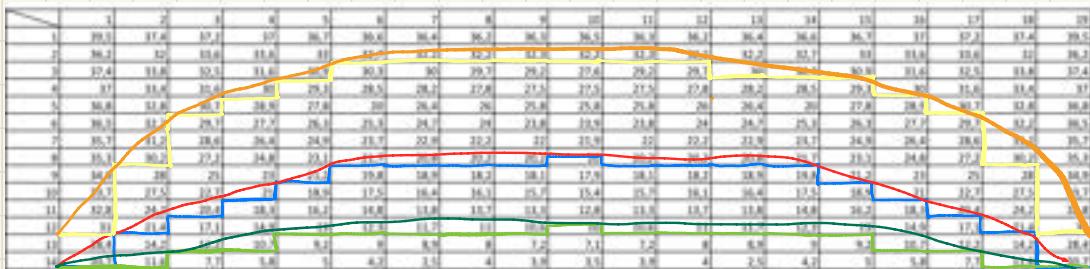
Fig. 2.



$$V_1 = V_2 = \frac{V}{8} \quad ; \quad V_3 = V_4 = \frac{3V}{8}$$

Lab. 2

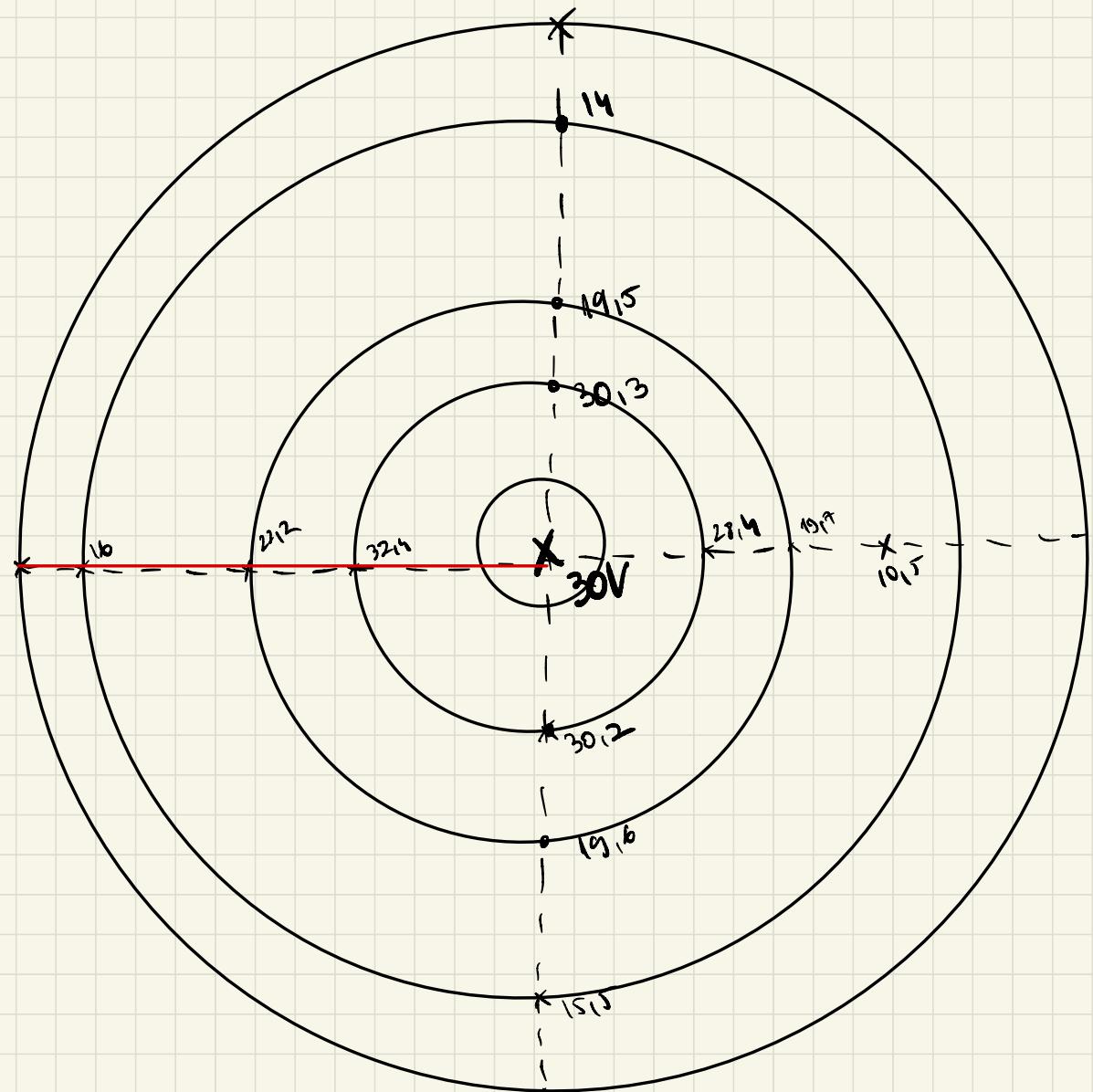
03.03.2022

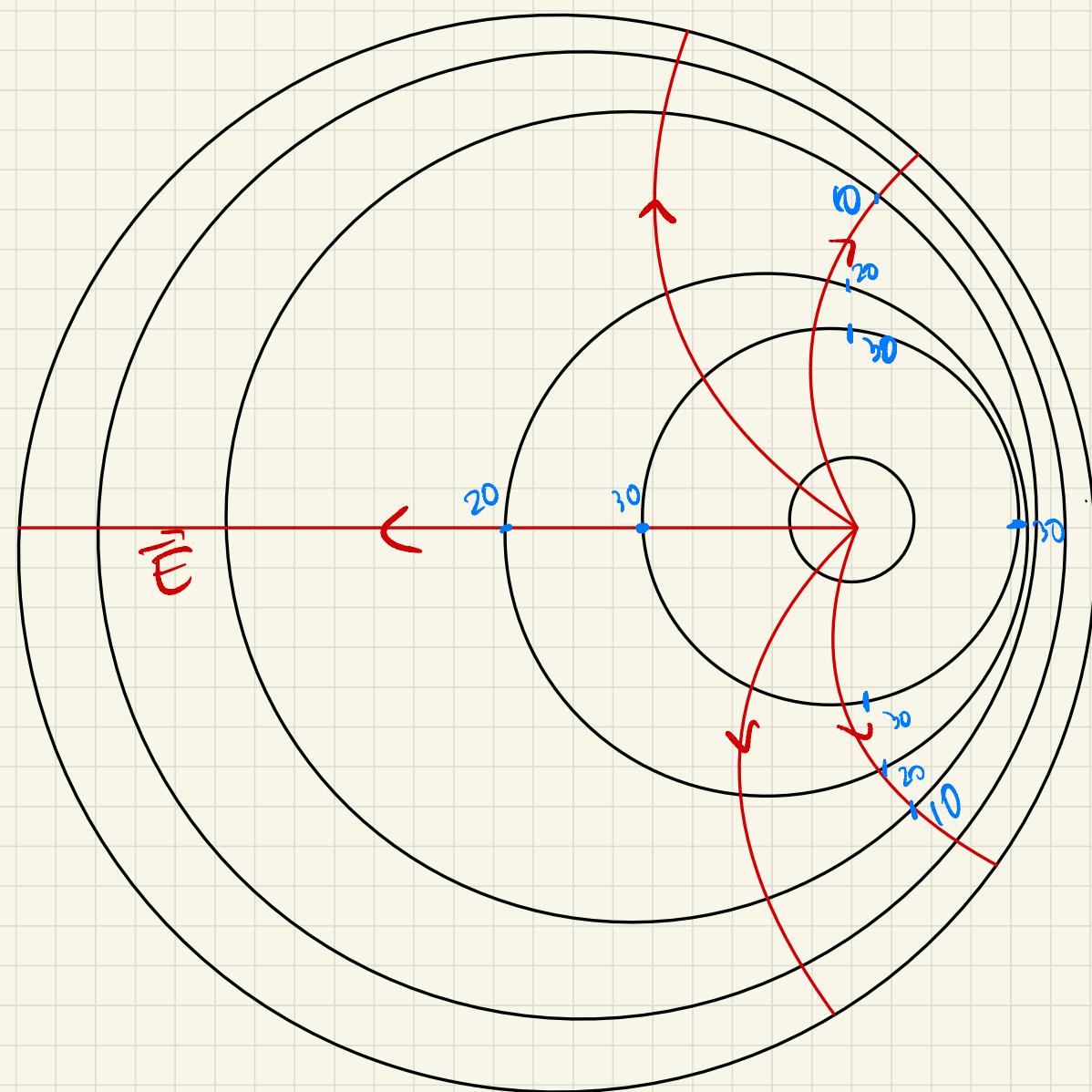


$$32,2 = \frac{36,4 + 32,2 + 30 + 32,7}{4} \approx 32,18$$

$$18 = \frac{17,9 + 20,2 + 18,2 + 15,8}{4} \approx 18,02$$

$$g = \frac{8,9 + 12,3 + 9,2 + 4,2}{4} \approx 8,65$$

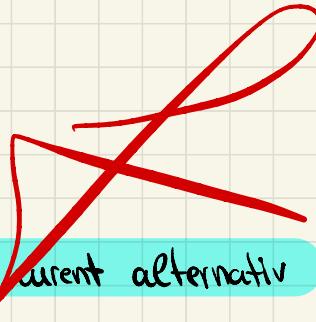




Lab 3 și Lab 4

Conspect

\approx lucrarea $\neq \approx$
 $*$ curent alternativ *



4.2 Studiu circuitului magnetic de curent alternativ

Aplicând infuzorului bobinei o tensiune alternativă, în miezul feromagnetic apare flux magnetic alternativ, care induce în bobină de probă respectivă (cu N' spire) o tensiune electromotrice

$$e = N' \frac{d\Phi_f}{dt} = -N' \frac{d}{dt} (\Phi_{fm} \cos \omega t) = N' \omega \Phi_{fm} \sin \omega t \quad (20)$$

dacă

$$e = N' 2\pi f B_m A \sin \omega t = E \sqrt{2} \sin \omega t \quad (21)$$

B_m - inducția maximă

A - aria secțiunii miezului

f - frecvența

E - valoarea efectivă a t.e.m.

Rezultă :

$$B_m = \frac{E \sqrt{2}}{2 \pi f N' A} = \frac{E}{4,44 N' f A} = \frac{U}{4,44 N' f A} \quad (22)$$

5. Rezultate experimentale și procesarea datelor

5.2 Pt. studiul circuitului magnetic în curent alternativ, relațiile de calcul sunt :

- inducția magnetică maximă în latura k a circuitului magnetic

$$B_{mk} = \frac{U_k}{4\pi \mu_0 N A_k} \quad (28)$$

- fluxul magnetic maxim total în latura K

$$\Phi_{mk} = B_{mk} \cdot A_k \cdot N_k \quad (29)$$

- inductivitatea de amplitudine din latura 1

$$L_{m1} = \frac{\Phi_{m1}}{I_{m1}} = \frac{\Phi_{m1}}{\sqrt{2} I_1} = \frac{N_1 \Phi_{fm1}}{\sqrt{2} I_1} \quad (30)$$

Tabelul 2

		I (A)	U (V)	B _m (T)	Φ _m (W _b)	L _m (H)
K ₂ -deschis	Latura 1	3154	11,3	1871,4	0,036	0,09
	Latura 2	0,02	3,6	6071,3	0,011	
	Latura 3	—	6,9	8043	0,003	
K ₂ -închis	Latura 1	315	9,3	1526,7	0,029	0,008
	Latura 2	3,26	8,8	1469	0,021	0,021
	Latura 3	—	16,1	1884,5	0,023	0,022

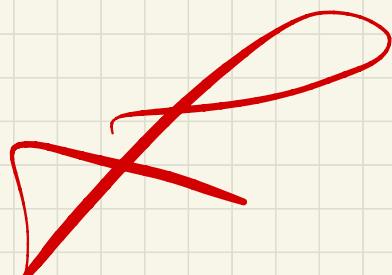
≈ Lucrarea 4 ≈

STUDIUL UNUI CIRCUIT DE CURENT CONTINUU

1. Considerații teoretice

1.1 Teorema lui Kirchoff

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0 \quad (1)$$



1.2. Legătura lui Ohm

$$U = RI \quad (2)$$

1.3. Teorema superpozitiei:

Intensitatea curentului electric în orice fază a unui circuit electric liniar, este suma algebrică a intensităților curentelor pe care îl ar stabili prin acea fază fiecare dintre surse dacă să ar găsi singură în circuit.

1.4. Teorema reciprocității

Curentul produs într-o fază "m" a unui circuit, de o sursă situată într-o altă fază "k" este egal cu curentul pe care îl ar produce în fază "k" aceeași sursă mutată în fază "m", rezistența fazelor rămânând neșimbată.

$$(I_{mk})_{E_{mk} = E} = (I_{km})_{E_m = E} \quad (3)$$

1.5. Teoremele generatorului echivalent

$$I_{AB} = \frac{U_{AB0}}{R + R_{AB0}} \quad (4)$$

$$U_{AB} = \frac{I_{AB0} \cdot G}{G + G_{AB0}} \quad (5)$$

3. Schema de montaj și operație utilizată

Se va executa montajul din figura 1 unde

E_1, E_2 - surse de curent continuu de $12V, 8V$

A_1, A_2, A - ampermetre de curent continuu magnetoelectricice, $1A$

V - Voltmetru de curent continuu magnetoelectric 30 V

R_1, R_2, R_3 - rezistoare

R - neostat cu cursor, 30Ω , 5A

K_1, K_2 - comutatoare bipolare cu paraghe

K - interrupator bipolar

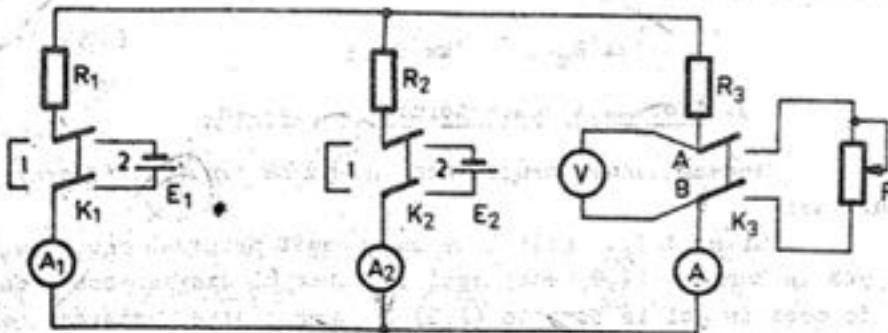


Fig 1

5. Rezultate experimentale si prelucrarea datelor

Val. din tabel 2 se calculeaza cu:

$$R = \frac{U_{AB'}}{I} \quad ; \quad G = \frac{1}{R} \quad (6)$$

$$R_{AB0} = \frac{U_{AB0}}{I_{sc}} \quad ; \quad G_{AB0} = \frac{1}{R_{AB0}} \quad (7)$$

$$I = \frac{U_{AB0}}{R + R_{AB0}} \quad (8)$$

$$U_{AB} = \frac{I_{sc}}{G + G_{AB0}} \quad (9)$$

Tabelul 1

Nr. crt.	Poziția lui		I ₁	I ₂	I	U _{AB}	R
	K ₁	K ₂	(A)	(A)	(A)	(V)	(Ω)

Tabelul 2

I'	U _{AB'}	U _{ABo}	I _{se}	R	G ₁	R _{ABo}	G _{ABo}	I	U _{AB}
(A)	(A)	(V)	(A)	(Ω)	(S)	(Ω)	(S)	(A)	(V)

Pt lucrarea 7 :

$$B_{mk} = \frac{U_k}{4\pi\mu \cdot f \cdot N \cdot A_k}$$

$$\Phi_{mk} = B_{mk} \cdot A_k \cdot N_k$$

$$L_{m2} = \frac{\Phi_{m1}}{I_{m2}} = \frac{\Phi_{m1}}{\sqrt{2} I_2} = \frac{N_1 \cdot \Phi_{f m1}}{\sqrt{2} \cdot I_2}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$N_1 = N_2 = N_3 = 100$$

$$N'_1 = N'_2 = 100$$

$$N'_3 = 100$$

$$A_1 = A_2 = 14 \times 14 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = 28 \times 14 \text{ mm}^2$$

T Kirchhoff
 $K_1, K_2 - \text{paar 1}$

$$I_1 = -46,05 \text{ mA}$$

$$I_2 = -21,05 \text{ mA}$$

$$I_3 = 67,9 \text{ mA}$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$V = RI$$

$$V = 6,7, R = 99,36$$

T. Superposition

Connect. E_1, E_2

$$I_{11} = -46,05$$

$$I_{12} = -21,72$$

$$I_{13} = 67,92$$

Connect. E_1

$$I_{21} = 102,29$$

$$I_{22} = 84,30$$

$$I_{23} = 18,17$$

Connect. E_2

$$I_{31} = 55,75$$

$$I_{32} = -107,38$$

$$I_{33} = 49,82$$

T. Reciprocalität

$$I_{21} = 84,03$$

$$I_{12} = 83,5$$

T.

$$U_{AB_0} =$$

LAMPA

Val E_2	Val poz		Val neg	
	$V(V)$	$I(mA)$	$V(V)$	$I(mA)$
0	0	0	0	0
2	1,19	12,48	-1,19	-12,48
4	2,68	17,38	-2,68	-17,38
6	4,18	21,91	-4,18	-21,91
8				
10	7,22	24,17	-7,22	-24,17
12	8,72	33,17	-8,72	-33,17
14	10,19	36,92	-10,19	-36,92
16	11,79	39,15	-11,79	-39,15
18	13,29	42,29	-13,29	-42,29
20	14,76	44,92	-14,76	-44,92

la fel
doar
nu pun
"-"

LVC7

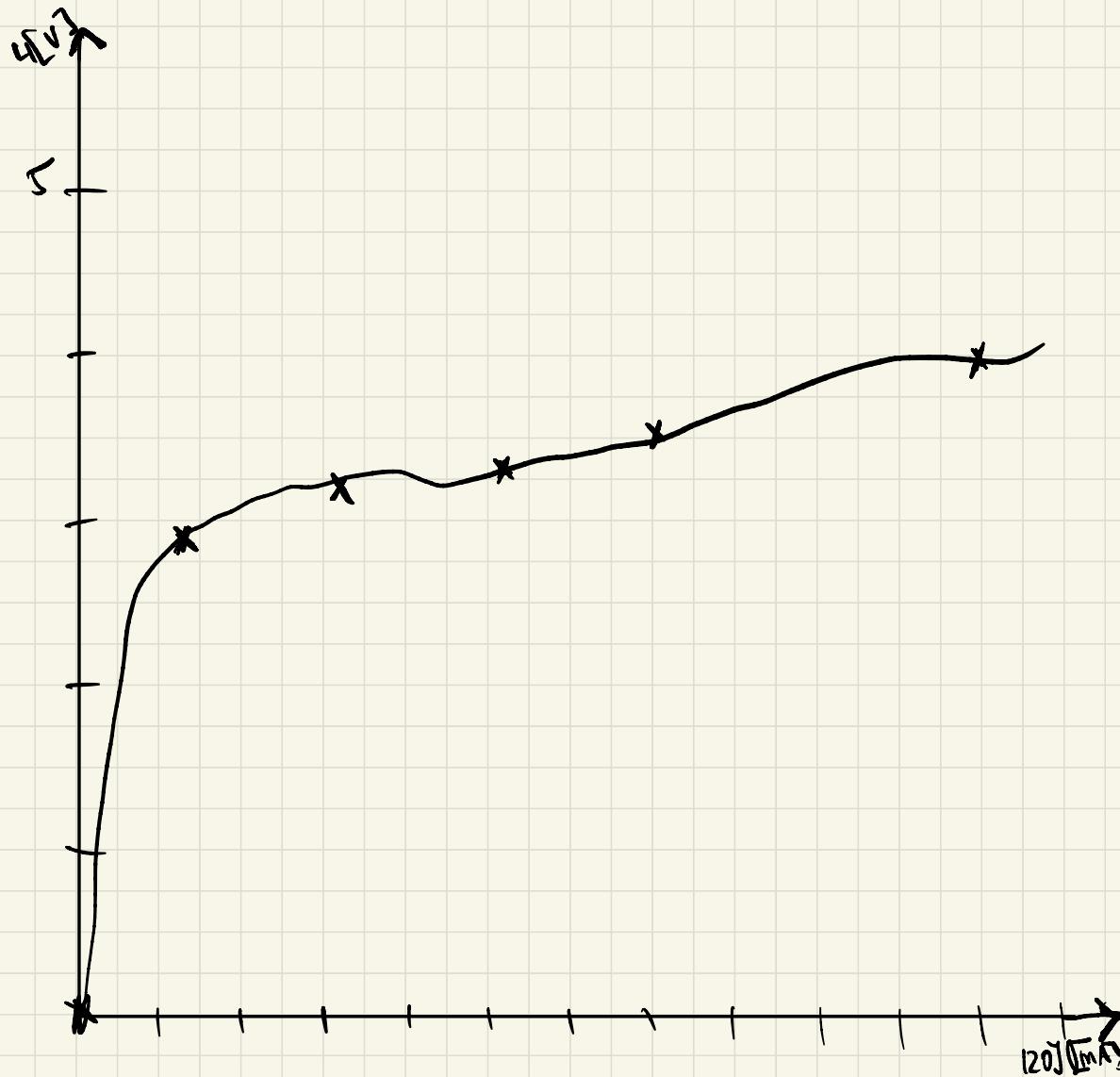
LED

	pos		neg	
	U	I	V	I
0	0	0	0	0
1	0,76	0,02	-0,76	-0,02
2	1,63	0,02	-1,63	0,02
3	2,41	0,06	-2,41	-0,06
4	2,15	13,05	-2,15	-13,05
5	3,07	30,88	-3,07	-30,88
6	3,28	30,72	-3,28	-30,72
7	3,59	70,72	-3,59	-70,72
8	3,76	89,50	-3,76	-89,50
9	3,98	107,18	-3,98	-107,18
10	4,30	128,82	-4,30	-128,82

Luc7

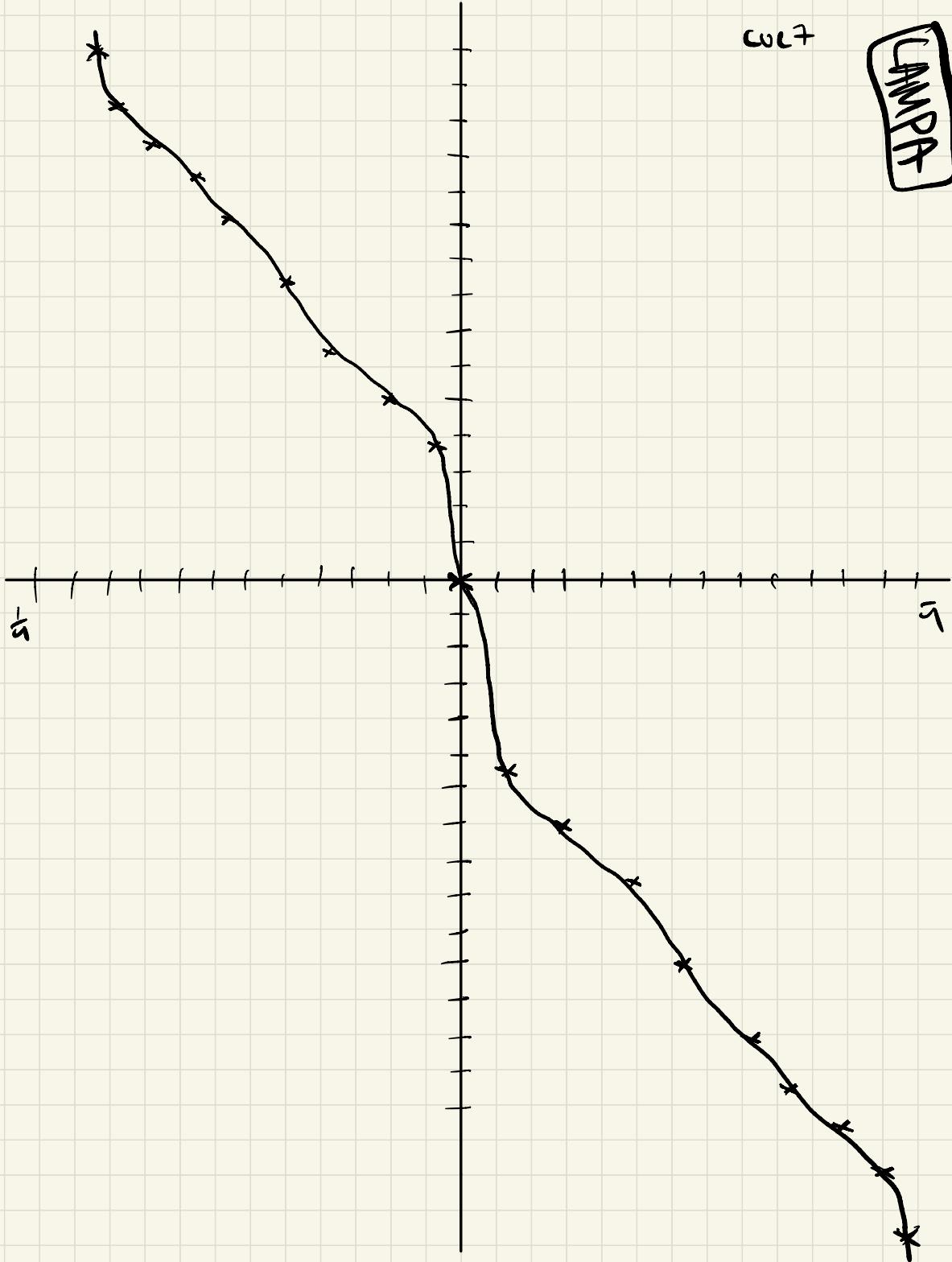
LED

LVC7



COLT

CAMPAGNA



Laborator 4

Conспект

• Lucrarea 14 ≈

STUDIUL CIRCUITULUI R.L.C SERIE SI A REZONANTEI DE TENSIUNI

1 Consideratii teoretice

- Fig 1. - circuit serie - rezistor ideal cu rezistență R
- o bobină ideală inductivitatea L
- condensator ideal cu capacitate C
- alimentat cu tensiune sinusoidală

$$u = \sqrt{2} U \sin(\omega t + \phi) \quad (1)$$

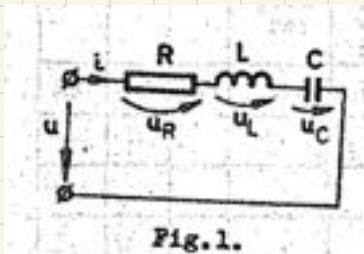


Fig.1.

$$\Rightarrow \text{Generalizarea legii lui Ohm} \Rightarrow u = u_R + u_L + u_C \quad (2)$$

$$\text{Unde : } u_R = R \cdot i ; \quad u_L = L \frac{di}{dt} ; \quad u_C = \frac{1}{C} \int i \cdot dt \quad (3)$$

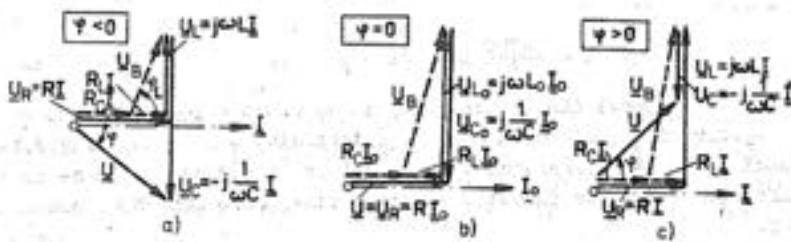
$$\underbrace{(1)(2)(3)}_{\rightarrow} \quad R \cdot i + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i \cdot dt = \sqrt{2} U \sin(\omega t + \phi) \quad (4)$$

$$RI + j\omega L I + \frac{1}{j\omega C} I = U \quad (5)$$

$$U = U e^{j\beta} \quad (6)$$

$$U_R = RI ; U_L = j\omega L I ; U_C = \frac{1}{j\omega C} I = -j \frac{1}{\omega C} I \quad (7)$$

Fig 2 său reprezentat cu linie continuă diagramele vectoriale a tensiunilor, corespunzătoare relației (5)



$$U_B = R_L I + L \frac{di}{dt} \quad (8)$$

Sau în complex

$$U_B = R_L I + j\omega L I = R_L I + U_L \quad (9)$$

$$I = \frac{U}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \cdot e^{j(\beta - \arctg \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R})} \quad (10)$$

$$X_L = \omega L ; X_C = -\frac{1}{\omega C} \quad (11)$$

$$\text{reactanța circuitului : } X = X_L + X_C \quad (12)$$

impedanța complexă și impedanța reală a circuitului

$$Z = R + jX = R + j(X_L + X_C)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L + X_C)^2} \quad (13)$$

$$\varphi = \arctg \frac{X}{R} = \arctg \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \quad (14)$$

$$\stackrel{(10)}{\Rightarrow} I = \frac{U}{Z} e^{j(\beta - \varphi)} \quad (15)$$

$$i = \frac{\sqrt{2} U}{Z} \sin(\omega t + \beta - \varphi) \quad (1b)$$

În circuitele electrice care contin bobine și condensatoare pot exista cazuri când reactanța echivalentă a întregului circuit este nulă ($X = 0$), întrucât rezistențele inductive și capacitive se compenșează reciproc.

$$X = \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \quad (17)$$

$$U_{L_0} = U_{C_0} = 0$$

3. Schema de montaj și operarea utilizată

K - interupător bipolar

AT - autotransformator 0-250 V; 8 A;

V - voltmetru de curent alternativ 50 V;

R_C - rezistor cu cursor, 30 Ω, 5 A;

B - bobină de inductivitate variabilă

C - condensator $100 \mu F$; $400 V$

V₁ - voltmetru de curenț alternativ $50 V$

V₂, V₃ - voltmetru de curenț alternativ de $150 V$

A - ampermetru de curenț alternativ de $5 A$

W - wattmetru $60 V$; $5 A$

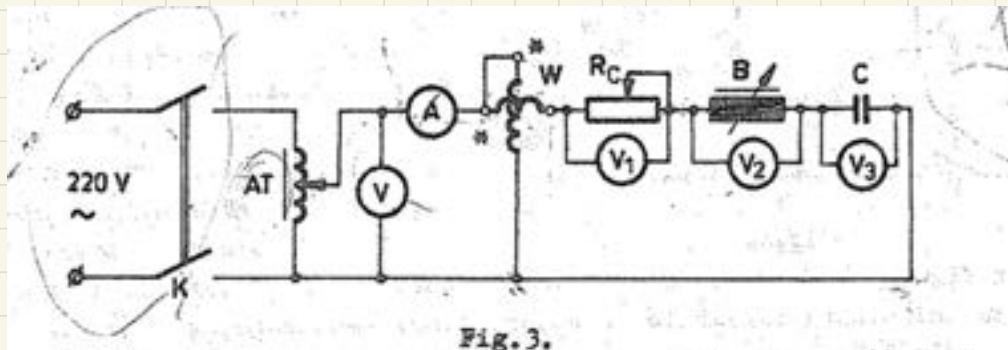


Fig. 3.

5. Rezultate experimentale și prelucrarea dictelor

Rezistență bobinei

$$R_L = \frac{P}{I^2} \quad (20)$$

Rezistența neostatului este

$$R_C = \frac{U_{R_C}}{I} \quad (21)$$

iar rezistența echivalentă a circuitului este

$$R = R_C + R_L \quad (22)$$

Impedanța bobinei, reactanța inductivă și inductivitatea bobinei sunt:

$$Z_L = \frac{U_B}{I} ; X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2} ; L = \frac{X_L}{\omega} \quad (23)$$

$$U_L = \sqrt{U_B^2 - (R_L I)^2} \quad (24)$$

$$|X_C| = \frac{1}{\omega C} = \frac{V_c}{I} \quad ; \quad C = \frac{10^6}{\omega X_C} \quad [\mu F] \quad (25)$$

$$\omega L_0 = \frac{1}{\omega C} \quad (26)$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI} = \frac{R_C + R_L}{\sqrt{(R_C + R_L)^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \quad (27)$$

- 104 -

LVC 14

Rezultat

Tabelul 1.

I (A)	1,11	1,12	1,200	1,269	1,25	1,19	1,138
U _{RC} (V)	32	32,12	34,6	36,13	36	31	33,18
U _B (V)	12	12,16	20,2	38,18	40,8	49,7	50,2
U _C (V)	22,2	24,3	36,2	38,18	38,17	36,12	36
P	div.	42	43	48	54	53	49
	(W)	42	43	48	54	53	49

Tabelul 2.

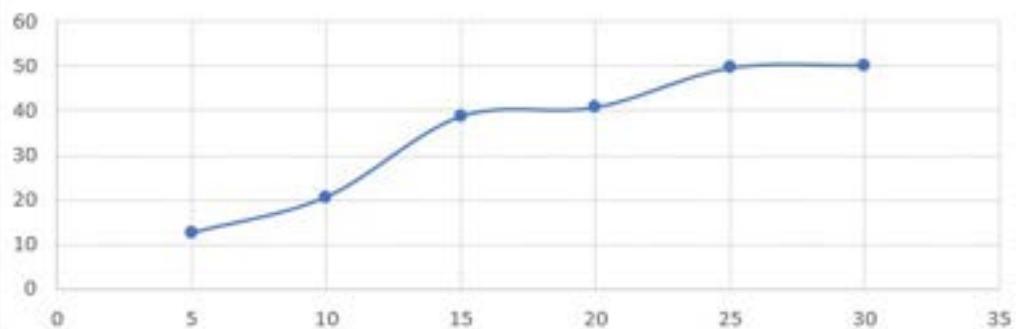
I [A]	P		R _L (Ω)
	div.	(W)	
1,1648	14	14	5,22

$$R_L = \frac{14}{(1,1648)^2} = \frac{14}{2,68} = 5,22$$

Tabelul 3.

R _C (Ω)	30,254	30,252	30,122,5	30,127,4	30,204	30,106,7	30,109,1	30,117,3	30,113,6
R (Ω)	35,104	35,102	35,074	35,124	35,059	34,915	34,944,35,349	34,987	
Z _L (Ω)	42,1301	42,1857	40	33,1598	26,1676	24,1216	21,249	13,1112	11,1142
X _L (Ω)	43,701	42,782	39,1705	33,1249	26,1232	23,1266	16,1253	12,122	10,1261
L (H)	0,138	0,136	0,126	0,106	0,083	0,076	0,053	0,031	0,033
U _L (V)	56,268	55,740	53,204	46,1013	36,1383	32,725	21,1784	15,1623	11,1861
cos φ	0,112	0,111	0,109	0,108	0,117	0,122	0,116	0,1165	0,122
X _D (Ω)	31,1948	31,1056	31,866	31,1936	31,1795	31,1836	31,1763	31,1754	31,1289
C (μF)	99,665	99,971	99,942	99,720	100,163	100,135	100,1265	100,1245	100,1256

UB(XL)



[REDACTED] T



⇒ Lucrarea 15 ≈

STUDIUL CIRCUITULUI R.L.C SI A REZONANTEI DE CURENT

+ Consideratii teoretice

- Fig. 1 - circuit in paralel (rezistor ideal R , bobină ideală cu inducție L și condensator ideal, alimentat cu tensiune sinusoidală)

$$u = \sqrt{2} U \sin(\omega t + \beta) \quad (1)$$

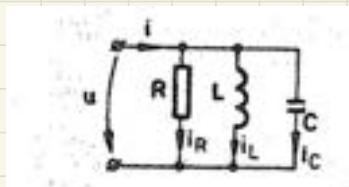


Fig. 1.

Kirchhoff

$$i = i_R + i_L + i_C \quad (2)$$

$$i_R = \frac{1}{R} u = Gu ; i_L = \frac{1}{L} \int u dt ; i_C = C \frac{du}{dt} \quad (3)$$

ec (2) devine $i = Gu + C \frac{du}{dt} + \frac{1}{L} \int u dt \quad (4)$

$$B = \omega C - \frac{1}{\omega L}$$

$$I = GU + j\omega CU + \frac{1}{j\omega L} U = \left[G + j(\omega C - \frac{1}{\omega L}) \right] U = (G + jB) U \quad (5)$$

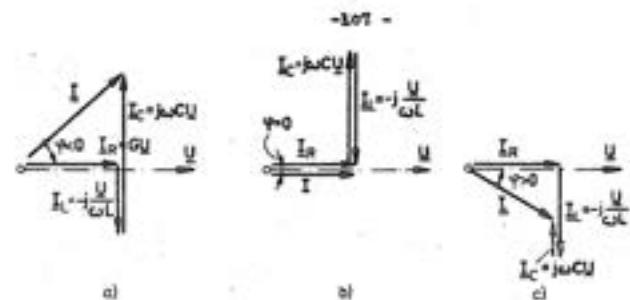


Fig. 2.

$$B = \omega C - \frac{1}{\omega L} = 0 \quad (6)$$

$$I_L + I_C = j(\omega C - \frac{1}{\omega L}) U = 0 \quad (7)$$

$$I_0 = \frac{U}{R} = GU \quad (8)$$

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R} = G \quad (9)$$

$$G_L = \frac{R_L}{Z_L^2} = \frac{R_L}{R_L^2 + \omega^2 L^2} \quad (10)$$

$$B_L = -\frac{X_L}{Z_L^2} = -\frac{\omega L}{R_L^2 + \omega^2 L^2} \quad (11)$$

$$G_C = \frac{1}{R_0} \quad (12)$$

$$B_C = \omega C \quad (13)$$

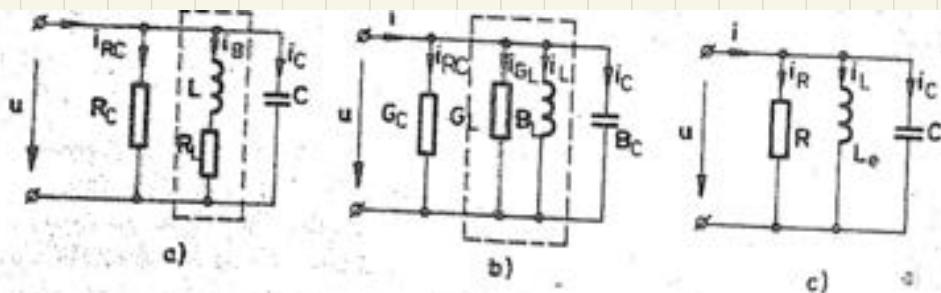


Fig. 3.

$$G = G_C + G_L \quad (14)$$

$$R = \frac{1}{G} = \frac{1}{G_C + G_L} \quad (15)$$

$$-\frac{1}{\omega L_e} = B_L = -\frac{\omega L}{G_C + G_L} \quad (15)$$

$$-\frac{1}{\omega L_e} = B_L = \frac{\omega L}{B_L^2 + \omega^2 L^2} \quad (16)$$

$$L_e = \frac{R_C^2 + \omega^2 L^2}{\omega^2 L} \quad (17)$$

$$\omega_C = \frac{1}{\omega L_e} = 0 \quad (18)$$

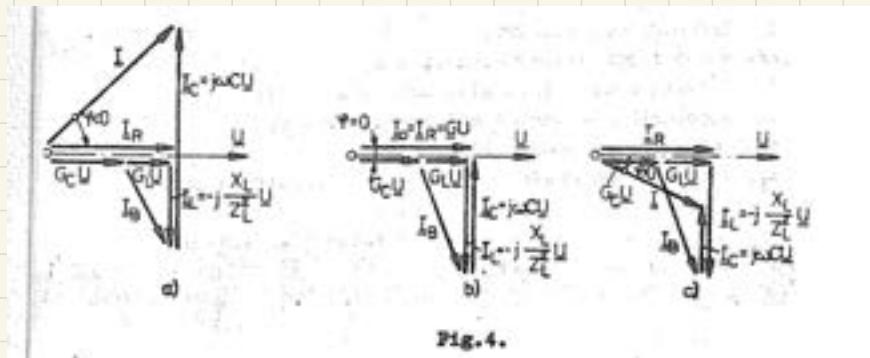
$$\omega_C = \frac{\omega L}{R_C^2 + \omega^2 L^2} = 0 \quad (19)$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot \frac{\sqrt{\frac{L}{C} - R_L^2}}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \quad (20)$$

$$I = I_{RC} + I_{GL} + I_L + I_C \quad (21)$$

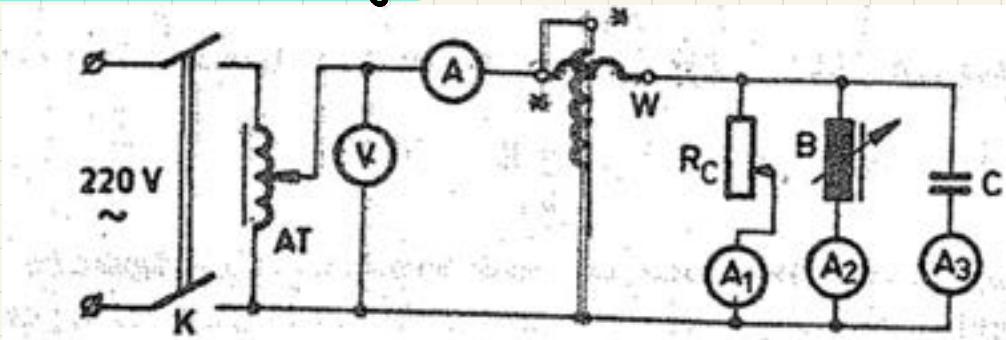
$$I = G_C \cdot U + G_L \cdot U + jB_L \cdot U + jB_C \cdot U \quad (22)$$

$$I = (G_C + G_L)U - j \frac{X_L}{Z_L^2}U + j\omega CU \quad (23)$$



$$I_D = G_C \cdot U + jB_L \cdot U = G_L \cdot U - j \frac{X_L}{Z_L^2} \cdot U \quad (24)$$

3 Schema de montaj



Aparatura utilizată este:

K - intrerupător bipolar;

AT - autotransformator 0-250 V; 8 A;

V - voltmetru de curent alternativ de 150 V;

A - ampermetru de curent alternativ de 1 A;

W - wattmetru pe scara 120 V; 1 A;

A_1, A_2, A_3 - ampermetre de curent alternativ de 1 A;

R_C - reostat cu cursor, de 160Ω ; 2 A;

B - bobină cu inductivitatea variabilă ($0,2-0,55$ H);

C - condensator de $32\mu F$; 400 V.

Lucrare

Tabelul 1.

I [A]	0,47	0,45	0,43	0,41	0,39	0,36	0,33	I
I_{RC} [A]	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	R
I_B [A]	0,21	0,15	0,13	0,15	0,16	0,19	0,09	B
I_C [A]	0,152	0,152	0,152	0,15	0,152	0,152	0,152	C
P [W]	19	19	19	19	19,15	20	20,15	W

Tabelul 2.

U [V]	P [W]	I [A]	R_L [Ω]	G_L [S]
50	1	0,153	4,169	0,004

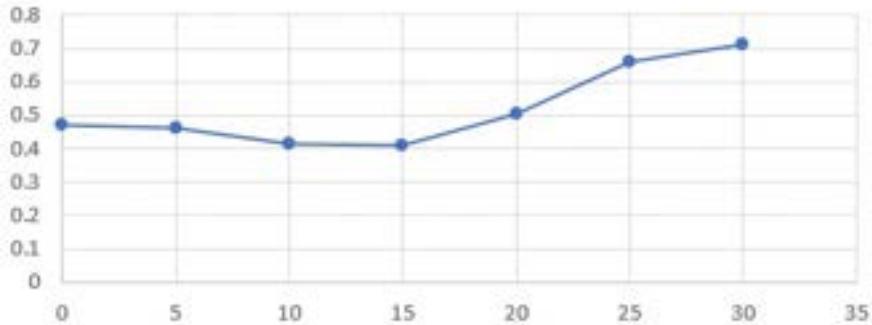
RLC - parallel

Lc95

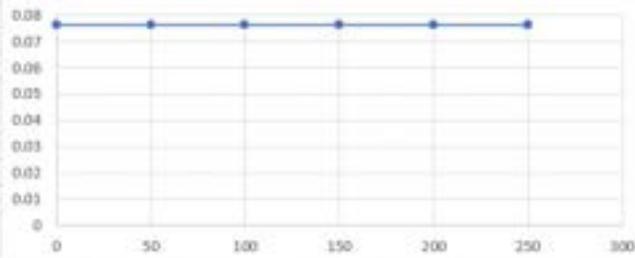
Tabelul 3.

C_C	[S]	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
G	[S]	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
Z_L	[Ω]	146,96	134,52	123,52	113,75	98,05	88,05	76,35	64,39	53,98
I_L	[A]	146,87	134,12	123,41	113,63	98,72	87,84	76,36	64,18	55,73
B_L	[Ω]	-0,006	-0,002	-0,008	-0,008	-0,010	-0,011	-0,013	-0,015	-0,018
L	[H]	0,468	0,428	0,393	0,362	0,334	0,280	0,243	0,204	0,171
I_L	[A]	0,1001	0,1048	0,1078	0,1030	0,1010	0,1085	0,1788	0,1937	1,118
B_C	[Ω]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C	[μF]	32,628	32,443	32,902	32,849	32,736	32,592	32,585	32,131	32,424
B	[S]	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	-0,002	-0,003	-0,002	-0,008
Y	[S]	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007	0,009	0,007	0,011
$\cos \varphi$		0,07614	0,07619	0,07614	0,07617	0,07614	0,07614	0,07619	0,07619	0,07619

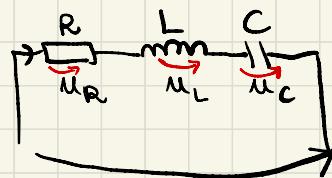
$|I(XL)|$



$\cos(\chi_l)$



Lab 4.



$$u = u_R + u_L + u_C$$

$$u = i \cdot R + L \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int idt$$

$$U = RI + j\omega L \cdot I + \frac{1}{j\omega C} \cdot I$$

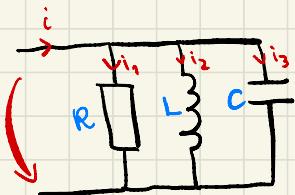
$$U = I \left[R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \right] = I = \frac{U}{R + jX}$$

X
Z

$$Z = R + jX$$

$$x = 0 ; \omega L = \frac{1}{\omega C} ; Z = R - jX , Y_{max} ; \Psi = 0$$

$$P_{max}, Q_{av} = 0$$



$$i = i_R + i_L + i_C$$

$$i_R = \frac{U}{R} = G \cdot u ; i_L = \frac{1}{L} \int u dt ; i_C = C \frac{du}{dt}$$

$$i = G u + \frac{1}{L} \int u dt + C \frac{du}{dt}$$

$$I = GU + \frac{1}{j\omega L} \cdot U + j\omega C U$$

$$I = \underline{Y} \left[G - j \left(\underbrace{\frac{1}{wL} - wC}_{B} \right) \right]$$

$$I = Y - j B$$

$$B = 0, \quad \frac{1}{wL} = wC, \quad Y_{\text{min}}, \quad I_{\text{max}}, \quad Y = 0$$

$$P_{\text{minimum}}, \quad Q = 0$$

$$w^2 L \cdot C = 1$$

Conспект

≈ Lucrarea 20 N

STUDIUL UNUI CUADRIPOL PASIV

1 Consideratii teoretice

Un quadripol pasiv este un ansamblu de elemente passive de circuit interconectate intre ele si care au 4 borne de acces cu exteriorul.

Fig. 1 - quadripol dipart cu o portă de integrare 1-1' si una de ieșire 2-2'.

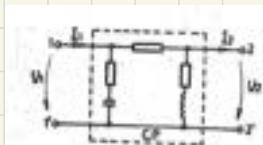


Fig. 1

Intre maximile de intrare (U_1, I_1) si cele de ieșire (U_2, I_2) relativ la legătura pot fi scrise în 6 moduri

$$\begin{aligned} U_1 &= AU_2 + BI_2 \\ I_1 &= CU_2 + DI_2 \end{aligned} \quad (1)$$

$$A = \left(\frac{U_1}{U_2} \right)_{I_2=0} = A \angle \varphi_A ; \quad B = \left(\frac{I_1}{I_2} \right)_{U_2=0} = B \angle \varphi_B$$

$$C = \left(\frac{I_1}{U_2} \right)_{I_2=0} = C \angle \varphi_C ; \quad D = \left(\frac{I_1}{U_2} \right)_{U_2=0} = D \angle \varphi_D$$

3 Schema de montaj

$$C = 20\text{F} ; R_1 = 190\text{ }\Omega ; R_2 = 70\text{ }\Omega ; R_3 = 80\text{ }\Omega$$

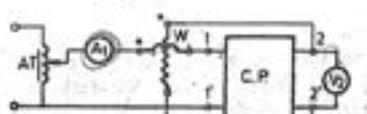


Fig. 2-a

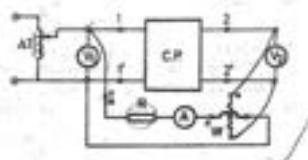


Fig. 2-b

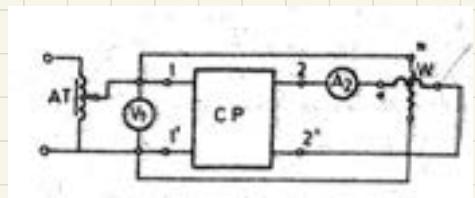


Fig. 2-c

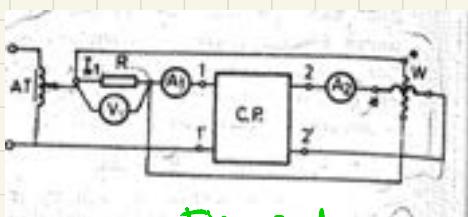


Fig. 2-d.

Aparatura utilizata:

AT - autotransformator 0 - 250 V, 8 A

A, A_1, A_2 - ampermetre de c.a. pe scara de 3 A

V, V_1, V_2 - voltmetre de c.a. 300 V, 150 V

W - wattmetru electrohidraulic

4. Modul de lucru

$$P = U_2 I \cdot \cos \varphi (U_2, I); \text{ dar } I = \frac{U_1}{R}, \text{ deci}$$

$$P = U_2 I \cdot \cos \varphi (U_1, U_2) = U_2 \cdot I \cdot \cos \varphi_A$$

faza param. A cf. rel. (2) este

$$\varphi_A = (\text{faza } U_{10} - \text{faza } U_{20}) = \arccos \frac{P}{U_2 \cdot \frac{U_1}{R}} \quad (3)$$

iar Modulul este $A = \frac{U_{20}}{U_{10}}$

param C: $C = \frac{I_{10}}{U_{20}} \Rightarrow \varphi_C = \arccos \frac{P}{U_{20} \cdot I_{10}} \quad (4)$

param B: $B = \frac{U_{10c}}{I_{20c}} \text{ iar } \varphi_B = \arccos \frac{P}{U_{10c} \cdot I_{20c}} \quad (5)$

$$\text{param } D: \quad D = \frac{I_{1sc}}{I_{2sc}} \quad \text{si} \quad \varphi_D = \arccos \frac{P}{RI_{1sc}I_{2sc}} \quad (6)$$

$$Z_{1o} = Z_{1o} \angle \varphi_{1o} \quad \text{unde: } Z_{1o} = \frac{U_{1o}}{I_{1o}} \quad \text{si} \quad \varphi_{1o} = \arccos \frac{P_{1o}}{U_{1o}I_{1o}} \quad (7)$$

$$Z_{1sc} = Z_{1sc} \angle \varphi_{1sc} \quad \text{unde: } Z_{1sc} = \frac{U_{1sc}}{I_{1sc}} \quad (8)$$

$$\text{si} \quad \varphi_{1sc} = \arccos \frac{P_{1sc}}{U_{1sc}I_{1sc}}$$

$$Z_{2o} = Z_{2o} \angle \varphi_{2o} \quad \text{unde: } Z_{2o} = \frac{U_{2o}}{I_{2o}} \quad \text{si}$$

$$\varphi_{2o} = \arccos \frac{P_{2o}}{U_{2o}I_{2o}}$$

$$C = \pm \frac{1}{Z_{2o}(Z_{1o} - Z_{1sc})} \quad ; \quad A = CZ_{1o}; \quad D = CZ_{2o}; \quad B = CZ_{2sc}$$

5 Rezultate experimentale si prelucrarea datelor

a) Pe baza măsurătorilor facute cu montajele fig 2-a,b,c,d se vor determina parametrii complexi A, B, C, D conform relațiilor (2)

b) Determinând impedanțele de probă $Z_{1o}, Z_{1sc}, Z_{2o}, Z_{2sc}$ calculăm param A, B, C, D (10)

c) Se verifică cond. $AD - BC = 1$ si

$$Z_{1o} \cdot Z_{2sc} = Z_{2o} \cdot Z_{1sc}$$

$$d) \quad Y_o = C; \quad Z_1 = \frac{1}{C}(A-1); \quad Z_2 = \frac{1}{C}(D-1) \quad (11)$$

$$Z_0 = B, \quad Y_1 = \frac{1}{B} (D - 1); \quad Y_2 = \frac{1}{B} (A - 1)$$

≈ Lucrarea 23^a

**STUDIUL REGIMULUI TRANZITORIU
ÎNTR-UN CIRCUIT R.L.C - SERIE
CU AJUTORUL UNUI OSCILOSCOP**

**INCĂRCAREA și DESCĂRCAREA UNUI
CONDENSATOR**

1 Considerații Teoretice

Considerăm circuitul R.L.C - serie (fig. 1). Interesează expresia tensiunii la bornele condensatorului și a curentului i din circuit atunci când se schimbă condițiile de funcționare ale circuitului (K₁ deschis)

$$u_0 = 0; i_0 = 0 \quad (1)$$

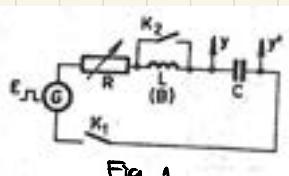


Fig. 1

1.1 Conectarea circuitului R.L.C serie la o t.e.m. constantă E

$$L \frac{di}{dt} + R_i + u = E \quad (2)$$

$$i = C \frac{du}{dt} \quad (3)$$

$$LC \frac{du^2}{dt^2} + RC \frac{du}{dt} + u = E \quad (4)$$

$$M = M_i + M_p \quad (5)$$

$$i = i_p + i_p$$

$$LC \frac{d^2u}{dt^2} + RC \frac{du}{dt} + M = 0 \quad (6)$$

$$LC p^2 + RC p + 1 = 0 \quad (7)$$

$$P_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}} \quad (8)$$

$$\delta = \frac{R}{2L} \quad (\text{factorul de amortizare al circuitului}) \quad (9)$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (\text{pulsatia proprie a circuitului}) \quad (10)$$

$$\omega'_0 = \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2} \quad (11)$$

$$(8) \Rightarrow P_{1,2} = -\delta \pm \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2} = -\delta \pm \omega'_0 \quad (12)$$

$$M_L = A \cdot e^{P_1 t} + B \cdot e^{P_2 t} \quad (13)$$

$$i_L = \frac{dM_L}{dt} = C \frac{du}{dt} = C \cdot A \cdot P_1 e^{P_1 t} + C \cdot B \cdot P_2 e^{P_2 t} \quad (14)$$

cu (12) și utilizând relațiile:

$$\begin{aligned} e^x &= \sinh x + \cosh x \\ e^{-x} &= \cosh x - \sinh x \end{aligned} \quad (15)$$

$$(13) (14) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u_p = e^{-\delta t} \left[(A+B) \cosh w_0' t + (A-B) \sinh w_0' t \right] \quad (16)$$

$$i_p = C \cdot e^{-\delta t} \left\{ [(A-B)w_0' - (A-B)\delta] \cosh w_0' t + [(A+B)w_0' - (A-B)\delta] \sinh w_0' t \right\} \quad (17)$$

$$u_{p0} = u_0 - u_{p0} \quad (18)$$

$$i_{p0} = i_0 - i_{p0} \quad (18')$$

$$(16)(18) \Rightarrow A+B = u_{p0} \quad (19)$$

$$C[(A+B)w_0' - (A+B)\delta] = i_{p0} \quad (20)$$

$$A-B = \frac{(i_0 - i_{p0})}{Cw_0'} + \frac{(u_0 - u_{p0})\delta}{w_0'} \quad \left. \right\} \quad (21)$$

$$A+B = u_0 - u_{p0}$$

$$\tanh \alpha' = \frac{w_0'}{\delta} \quad (22)$$

$$\sinh \alpha' = \frac{\tanh \alpha'}{\sqrt{1-\tanh^2 \alpha'}} = w_0' \sqrt{LC} = \frac{w_0'}{w_0} \quad (23)$$

$$\cosh \alpha' = \frac{1}{\sqrt{1-\tanh^2 \alpha'}} = \delta \sqrt{LC} = \frac{\delta}{w_0}$$

$$w_0'^2 < 0 \quad (26)$$

$$R < 2\sqrt{\frac{L}{C}} \quad (27)$$

$$\left. \begin{array}{l} w_0' = jw_0'' \\ R = j\omega'' \end{array} \right\} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} w_0'' &= \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{s^2}{4L^2}} \\ \operatorname{tg} \delta'' &= \frac{w_0''}{s} \end{aligned} \quad (28')$$

$$U = E - \frac{w_0}{w_0''} E \cdot e^{-st} \sin(w_0''t + \omega'') \quad (31)$$

3 Schema de montaj și apărătură utilizată

B - bobină , având aproximativ inductivitatea $L = 22 \text{ mH}$ și rezistența $R_L = 200 \Omega$

C - condensator cu capacitatea de 30 pF

R - cutie de rezistență în decade

G - generator de semnale treapta , de joasă tensiune

yy' - barele planșor de deflecție verticală ale osciloscopului

5. Rezultate experimentale și prelucrarea datelor

$$S = \frac{1}{T} \ln \left| \frac{U_{m1}}{U_{m2}} \right| = \frac{1}{T} \ln \left| \frac{U_{m2}}{U_{m3}} \right| = \dots \quad (39)$$

Parametrii circuitului			Valori teoretice			Valori determinate experimental						
R _c	R=R _c +R _L	C	δ	ω ₀	ω'' ₀	T	U _{m1}	U _{m2}	U _{m3}	ω'' ₀	δ	ω ₀
Ω	Ω	F	s ⁻¹	rad/s	rad/s	s	div.	div.	div.	rad/s	s ⁻¹	rad/s
0	200	30·10 ⁻¹² 47015. 63645	1230914. 91	1233916. 517	1/500	0,66	0,98	1,42	1230914.91	47,65 63,63	12309123. 302	
50	250	30·10 ⁻¹ 5621. 818	1230914. 91	1230416. 517	1/500	0,56	0,84	1,32	1230414. 91	202,73 257,11	1230729. 023	
100	300	30·10 ⁻¹ 661216. 1818	1230914. 91	1230416. 517	1/500	0,15	0,48	1,24	1230414. 91	222,74 291,6	12309133. 293	



$$\begin{cases} \underline{U}_1 = A \cdot \underline{U}_2 + B \underline{I}_2 \\ \underline{I}_1 = C \underline{U}_2 + D \underline{I}_2 \end{cases}$$

$$\underline{I}_2 = 0 \Rightarrow A = \frac{\underline{U}_1}{\underline{U}_2} ; \quad C = \frac{\underline{I}_1}{\underline{U}_2}$$

$$\underline{U}_2 = 0 \Rightarrow B = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_2} ; \quad D = \frac{\underline{I}_1}{\underline{I}_2}$$

$$A \cdot D - B \cdot C = 1$$



L0C2b

Parametrik A

$$U_1 = 50,2 \text{ V}$$

$$U_2 = 23,5 \text{ V}$$

$$I = 1,69 \text{ A}$$

$$R = 30 \Omega$$

$$P = 39 \text{ W}$$

$$\varphi_A = \arccos \frac{P}{U_1 \cdot U_2 / R} = \arccos \frac{39}{23,5 \cdot \frac{50,2}{30}} \approx \arccos 0,99$$

$$P_A = 8,10$$

$$A = \frac{U_1}{U_2} = \frac{50,2}{23,5} \approx 2,14$$

$$A = 2,14 (\cos \varphi_A + j \sin \varphi_A) = 2,14 (\cos 0,049 + j \sin 0,049)$$

$$= 2,14 (0,99 + j 0,11)$$

$$= 2,12 + j 0,23$$

$$AD = 2,17 + j \cdot 1,06 + j \cdot 0,3 - 0,15 = 2,02 + j \cdot 1,12$$

$$BC = 1,13 + j \cdot 0,65 + j \cdot 0,149 - 0,12j = 0,89 + j 0,71$$

Parametrik B

$$U_1 = 50,1 \text{ V}$$

$$y_2 = 0,130 \text{ mA}$$

$$P = 17 \text{ W}$$

$$B = \frac{U_1}{y_2} = \frac{50,1}{0,130} = 161,8$$

$$\varphi_B = \arccos \frac{P}{U_1 \cdot y_2} =$$

$$= \arccos \frac{17}{50,1 \cdot 0,130} = \arccos(0,92) = 23,07$$

Lvc 23

$$\begin{aligned}B &= B(\cos \varphi_B + j \cdot \sin \varphi_B) \\&= 161,8(0,92 + j \cdot 0,39) \\&= 141,61 + j \cdot 52,79\end{aligned}$$

Parametru C

$$\begin{aligned}j_1 &= 0,1221 \text{ A} \\V_2 &= 23,11 \text{ V} \\P &= 1,5 \text{ W}\end{aligned}$$

$$C = \frac{j_1}{V_2} = 0,10094$$

$$\varphi_C = \arccos \frac{P}{V_2 \cdot j_1} = \arccos(0,87)$$

$$C = 0,10083 + 0,1006 \cdot j$$

Parametru D

$$\begin{aligned}j_1 &= 0,1346 \text{ A} \\j_2 &= 0,1302 \text{ A} \\V_R &= 9,13 \text{ V} \\P &= 2,5 \text{ W}\end{aligned}$$

$$D = \frac{j_1}{j_2} = 1,15$$

$$\varphi_D = \arccos \frac{P}{j_1 \cdot j_2 \cdot R} = 26,174 = \arccos(0,84)$$

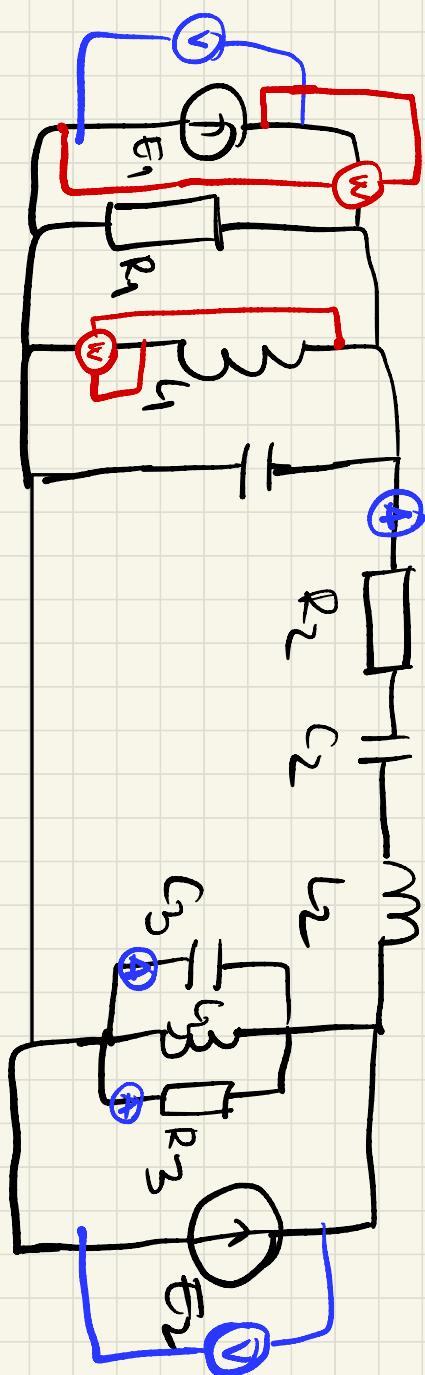
$$D = D(\cos \varphi_D + j \cdot \sin \varphi_D) = 1,0235 + j \cdot 0,1056$$

$$\begin{aligned}AD - BC &= (2,112 + j \cdot 0,12) \cdot (1,0235 + j \cdot 0,1056) - (141,61 + j \cdot 52,79) \cdot (0,10083 + j \cdot 0,1006) \\&= 2,102 + j \cdot 0,12 - 0,189 - j \cdot 0,11 = 1,113 + j \cdot 0,12\end{aligned}$$

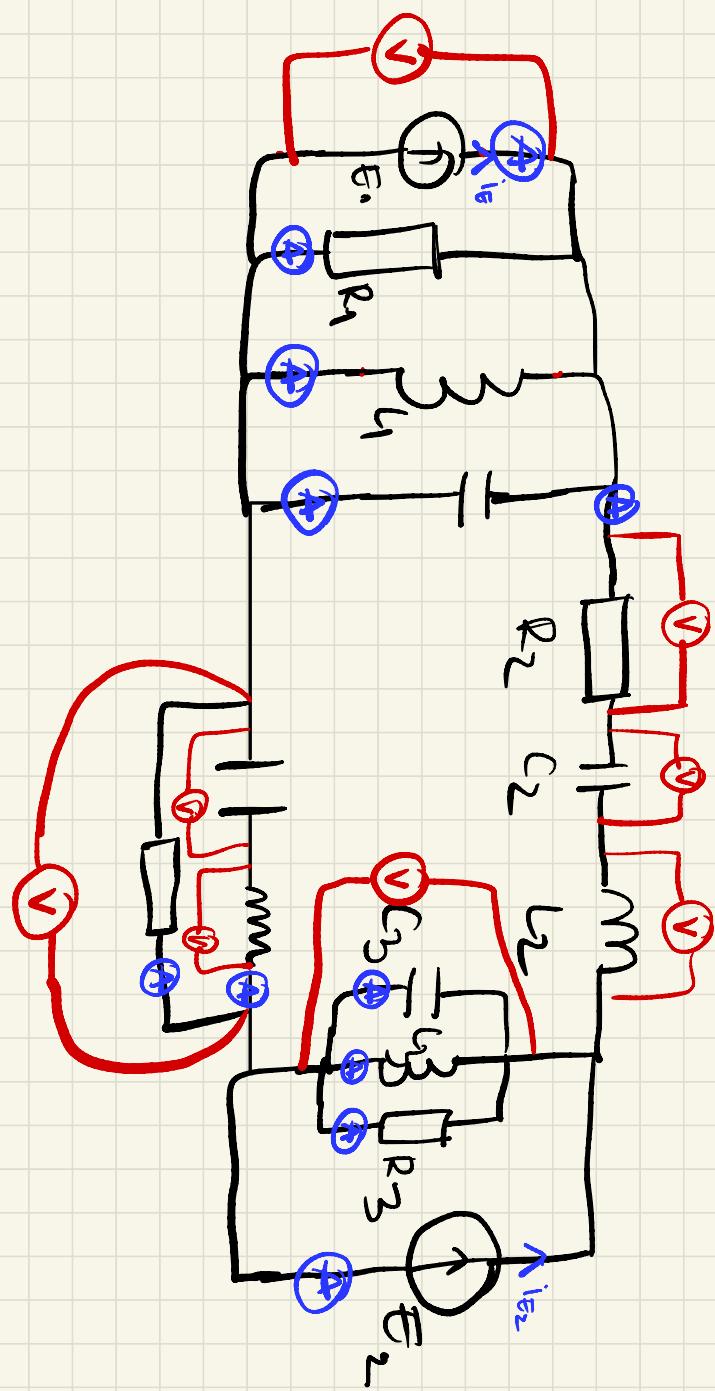
Dacă $AD - BC = 1 \quad :)$

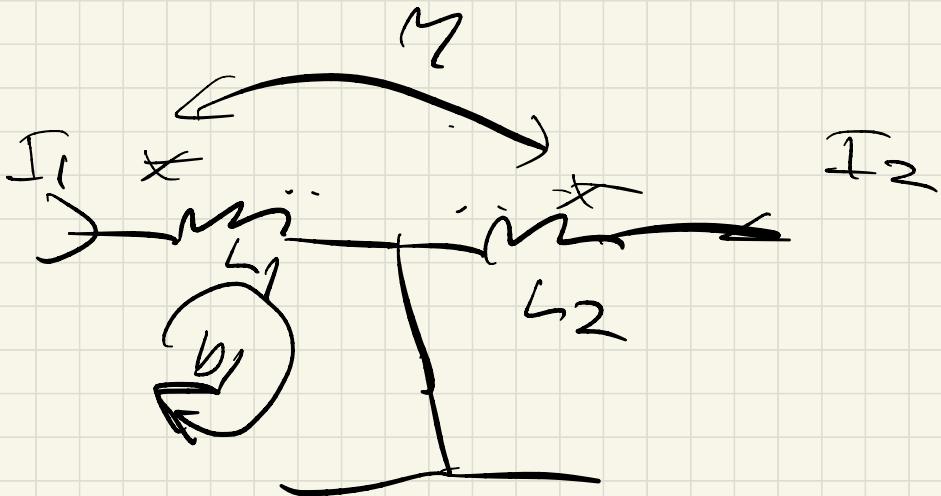
$$\sqrt{T^2 - 1^2}$$

V_{E1}
 V_{E2}
 U_{C1}
 U_{L1}
 U_{R1}
 U_{C2}
 U_{C3}



EXAMPLEU COLOCYIU





$$(b_1): I_1 \omega_j L_1 + I_2 \omega_j M$$

(b₂):