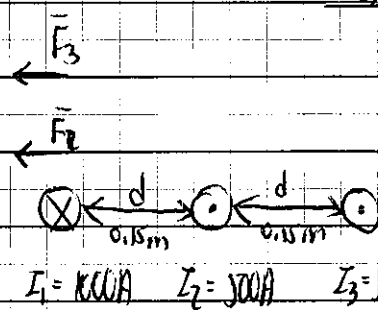


המכון הלאומי למחקר (המל"מ) - תל אביב
 חודש יולי 2014



לחלק 1
 מוסד המכשיר
 מוסד המכשיר

נתון גודל הכוח המושך בין מוליכים 2 ו-3
 של מוליך 1, ואילו מן קוטר המוליך של המוליך
 של המוליך, מוליכים נולדו כח זרימה והפך - כח המשיכה
 ואילו מוליכים נולדו כח זרימה כיוון - כח המשיכה!

$$|\vec{F}| = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{r}$$

הוא גודל הכוח של מוליך אורך $(l=1m)$

גודל הכוח
 של מוליך 1
 מוליך 2

$$|\vec{F}_2| = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{d}$$

$$|\vec{F}_2| = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{1000 \cdot 500}{0.15} = \frac{2}{3} N \left(\leftarrow \begin{matrix} \text{כח} \\ \text{משיכה} \end{matrix} \right)$$

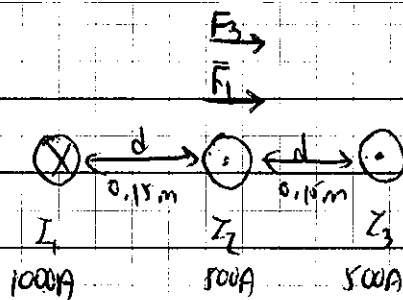
גודל הכוח
 של מוליך 1
 מוליך 3

$$|\vec{F}_3| = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_3 \cdot l}{(d+d)}$$

$$|\vec{F}_3| = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{1000 \cdot 500}{0.3} = \frac{1}{3} N \left(\leftarrow \begin{matrix} \text{כח} \\ \text{משיכה} \end{matrix} \right)$$

הוא גודל הכוח של מוליך 1

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \frac{2}{3} \leftarrow + \frac{1}{3} \leftarrow = 1 N \leftarrow$$



17

יחסי פאסיב
מגנט ומכילה

$$|\vec{F}_1| = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{|I_1| |I_2|}{d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{1000 \cdot 500}{0.15}$$

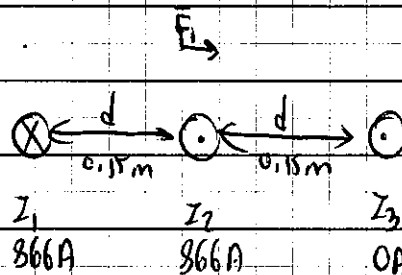
$$|\vec{F}_1| = \frac{2}{3} (N) \quad \left(\rightarrow \begin{matrix} N \\ 1.111 \end{matrix} \right)$$

$$|\vec{F}_3| = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{|I_2| |I_3|}{d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{500 \cdot 500}{0.15}$$

$$|\vec{F}_3| = \frac{1}{3} (N) \quad \left(\rightarrow \begin{matrix} N \\ 0.555 \end{matrix} \right)$$

הכוח והכוח השלילי של כוחות אלו

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_1 + \vec{F}_3 = \frac{2}{3} + \frac{1}{3} = 1(N) \rightarrow$$



18

כל המוליך 3 של כוחות של כח כיוון שלילי
הנכנס המוליך לזרם 0!

כל המוליך 2 של כוחות כח כיוון שלילי
הנכנס המוליך

$$|\vec{F}| = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{|\vec{z}_1| \cdot |\vec{z}_2|}{d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{366 \cdot 866}{0.15}$$

$$\vec{F} \approx 1(N) \rightarrow$$

יחסי יאשי
מכחל המכללה

הערה: ניתן למצוא (מדידים) (מדידים) (מדידים) (מדידים)
 כל דבר ש "נחמד" (מדידים) (מדידים) (מדידים) (מדידים)
 נא ל" (מדידים) (מדידים) (מדידים) (מדידים) (מדידים) (מדידים)
 (מדידים) (מדידים) (מדידים) (מדידים) (מדידים) (מדידים)

ללא 2

(תנאי) אנוני (מדידים) (מדידים) (מדידים) (מדידים)
 (מדידים) (מדידים) (מדידים) (מדידים) (מדידים) (מדידים)

$$|\vec{S}_1| = 5 \text{ kVA} ; \cos \phi_1 = 0.6 \text{ (מדידים)}$$

$$P_2 = 3 \text{ kW} ; \cos \phi = 0.8 \text{ (מדידים)}$$

$$P_3 = 4 \text{ kW} \text{ (מדידים)}$$

$$|\vec{Q}_4| = 1.2 \text{ kVAr} \text{ (מדידים)}$$

(11)

$$\cos \phi = \frac{P}{|\vec{S}|}$$

$$P_1 = \cos \phi_1 \cdot |\vec{S}_1| = \cos \phi_1 \cdot 5 = 3 \text{ kW}$$

$$|\vec{S}_1|^2 = P_1^2 + |\vec{Q}_1|^2$$

$$|\vec{Q}_1|^2 = \sqrt{|\vec{S}_1|^2 - P_1^2} = \sqrt{5^2 - 3^2} = 4 \text{ kVAr (מדידים)}$$

$$\tan \phi = \frac{|\vec{Q}|}{P}$$

$$\cos \phi = 0.8 \rightarrow \phi = 36.86^\circ \rightarrow \tan \phi = 0.75$$

$$|\vec{Q}_2| = P_2 \cdot \tan \phi_2 = 3 \cdot 0.75 = 2.25 \text{ kVAr (מדידים)}$$

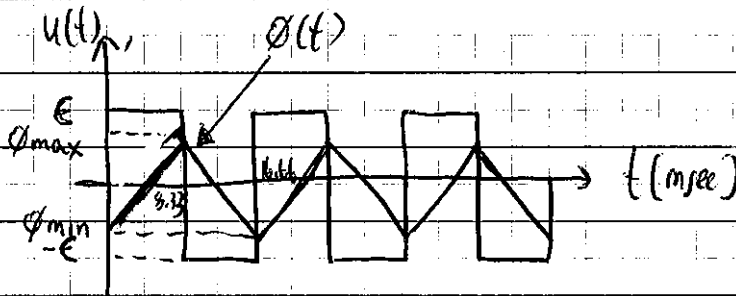
$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 0.566} = 301.24 (\mu F)$$

יחסי
מנהל המכללה

3

א. חיזור השילוב לאור מתחנני כיוון ישרים לכן
לפניה יופיע אור (אם מתחנני זכרון השילוב).
אור הורם לנג זכרון אור השילוב



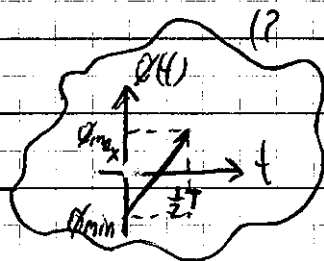
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60} = 16.666 \text{ msec}$$

הערה: הורם השילוב עולה ויוצר זכרון לזכרון
חיזור אור מתחנני לזכרון.

$$\Phi_{\max} = B \cdot A_{\max} = 0.1 \cdot 10^{-3} = 0.1 \text{ mWb}$$

$$E_L = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

הנני להחליט זכרון לזכרון



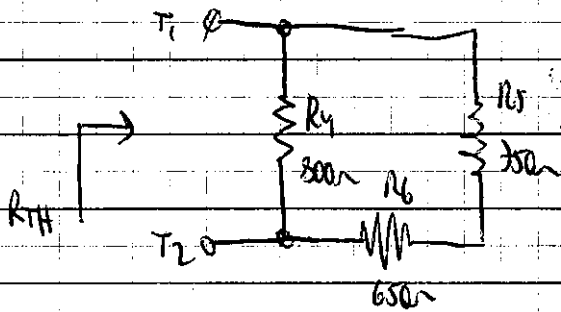
$$V_L = N \frac{(\Phi_{\max} - \Phi_{\min})}{(\frac{1}{2}T - 0)} = \frac{N \cdot 2 \cdot \Phi_{\max}}{T} = \frac{1000 \cdot 2 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3}}{16.666 \cdot 10^{-3}} = 2 \text{ V}$$

$$E_{\max} = 24 \text{ (V)}$$

4, 10kl

ה) (כ) (ל) (מ) (נ) (ס) (ע) (פ) (צ) (ק) (ר) (ש) (ת) (י) (כ) (ל) (מ) (נ) (ס) (ע) (פ) (צ) (ק) (ר) (ש) (ת) (י)

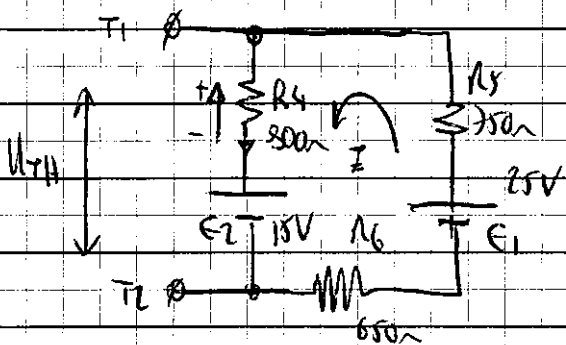
ה) R_{TH}



ה) R_{TH}

$$R_{TH} = (R_5 + R_6) \parallel R_4 = 1400 \parallel 800 = 509.09 \Omega$$

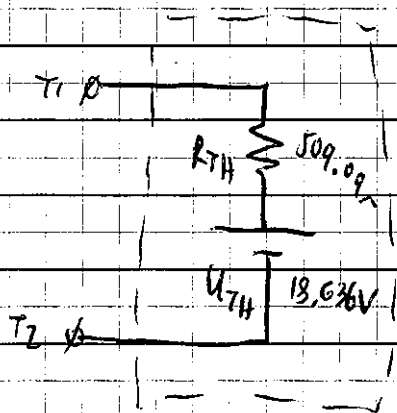
ה) U_{TH}



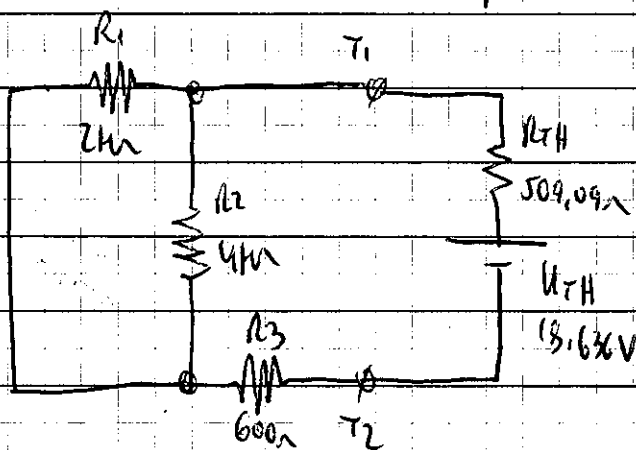
$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_4 + R_5 + R_6} = \frac{25 - 15}{2200} = 4.545 \text{ mA}$$

$$U_{T_1-T_2} = U_{R_4} + E_2 = I \cdot R_4 + E_2 = 4.545 \cdot 10^{-3} \cdot 800 + 15$$

$$U_{TH} = 18.636 \text{ V}$$



$$P_{R3} (R_X = 0) = ? \quad (2)$$



יחסית פשוט
מנהל המכללה

$$R_T = R_1 \parallel R_2 + R_3 + R_{TH}$$

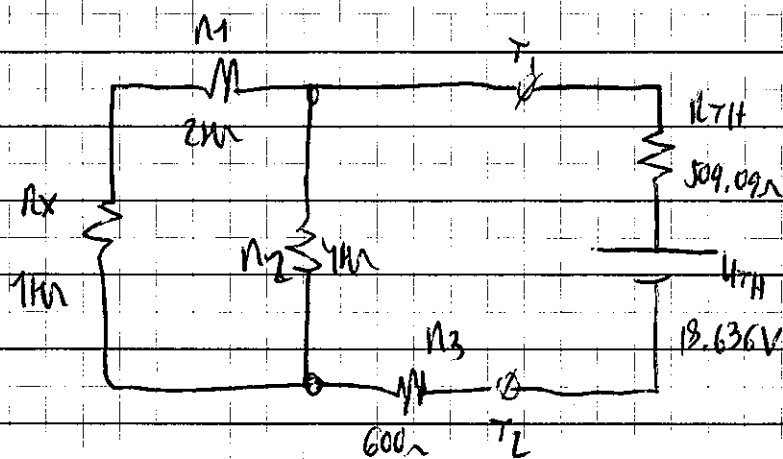
$$R_T = 2k \parallel 4k + 600 + 509.09 = 2.442 k\Omega$$

$$I_T = \frac{U_{TH}}{R_T} = \frac{18.636}{2.442 \cdot 10^3} = 7.63 \text{ mA}$$

$$P_{R3} = I_{R3}^2 \cdot R_3 = (7.63 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 600 = 34.931 \text{ (mW)}$$

$$I_{R2} = \frac{I_T \cdot R_1}{R_1 + R_2} = \frac{7.63 \cdot 10^{-3} \cdot 2000}{6000} = 2.543 \text{ (mA)} \quad (1)$$

$$P_{R1} (R_X = 1k\Omega) = ? \quad (3)$$



$$R_T = ((R_1 + R_x) \parallel R_2) + R_3 + R_{TH}$$

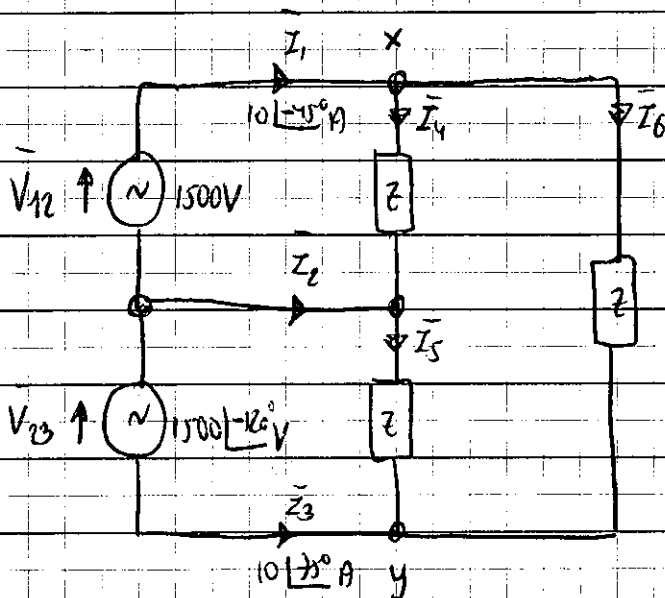
$$R_T = 3k \parallel 4k + 600 + 509.09 = 2.823 k\Omega$$

$$I_T = \frac{U_{TH}}{R_T} = \frac{18.636}{2.823 \cdot 10^3} = 6.6 \text{ mA}$$

יחסית
מגודל המכנה

$$I_{R_4} = \frac{I_T \cdot R_2}{R_2 + (R_1 + R_x)} = \frac{6.6 \cdot 10^{-3} \cdot 4000}{4000 + 3000} = 3.31 \text{ mA}$$

$$P_{R_4} = I_{R_4}^2 \cdot R_4 = (3.31 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 2000 = 28.44 \text{ (mW)}$$



5.10k

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_4 + \vec{I}_6$$

$$\vec{I}_4 = \frac{\vec{V}_{12}}{\vec{Z}} = \frac{1500}{\vec{Z}}$$

$$\vec{I}_6 = \frac{\vec{U}_{xy}}{\vec{Z}} = \frac{\vec{V}_{12} + \vec{V}_{23}}{\vec{Z}} = \frac{1500 + 1500 \angle -120^\circ}{\vec{Z}} = \frac{750 - j1299.038}{\vec{Z}}$$

$$10 \angle -45^\circ = \frac{1500}{\vec{Z}} + \frac{750 - j1299.038}{\vec{Z}}$$

$$10 \angle -45^\circ = \frac{1500 + (750 - j1299.038)}{\bar{Z}} \quad (2)$$

$$\bar{Z} = \frac{1500 + 750 - j1299.038}{10 \angle -45^\circ} = \frac{(250.954 + j67.243) \text{ (A)}}{\begin{matrix} \uparrow & \uparrow \\ R_2 & X_L \end{matrix}}$$

כוחות המניעים

$$\bar{I}_4 = \frac{\bar{V}_{R_2}}{\bar{Z}} = \frac{1500}{250.954 + j67.243} = 5.773 \angle -15^\circ \text{ A} \quad (3)$$

$$\bar{I}_5 = \frac{\bar{V}_{X_L}}{\bar{Z}} = \frac{1500 \angle -120^\circ}{250.954 + j67.243} = 5.773 \angle -135^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}_2 + \bar{I}_4 = \bar{I}_5$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_5 - \bar{I}_4 = 5.773 \angle -135^\circ - 5.773 \angle -15^\circ = 10 \angle -165^\circ \text{ (A)}$$

$$\bar{I}_6 = \frac{\bar{U}_{X_2}}{\bar{Z}} = \frac{750 - j1299.038}{250.954 + j67.243} = 5.773 \angle -35^\circ \text{ A} \quad (4)$$

מכיוון שהערכות נאות והערכות הנכונות הן כן
אם מן המערכת, מחלקים להם את כל אחד
מהערכות. כך (העל) נוסף על עשרה נוספים
3-2 נקודות נוספים כנראה.

$$P_1 = |\bar{I}_2|^2 \cdot R_2 = 5.773^2 \cdot 250.954 = 8363.676 \text{ W}$$

$$P_T = 3P_1 = 25,091 \text{ (kW)}$$

$$|\bar{Q}_1| = |\bar{I}_2| \cdot X_L = 5.773^2 \cdot 67.243 = 2241.043 \text{ VAR}$$

$$|\bar{Q}_T| = 3 \cdot |\bar{Q}_1| = 6.723 \text{ (kVAR)}$$

6. לדוגמה

$$X_{L1} = 2\pi f L_1 = 2\pi \cdot 1000 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 6.283 \Omega$$

$$X_{L2} = 2\pi f L_2 = 2\pi \cdot 1000 \cdot 2.5 \cdot 10^{-3} = 15.708 \Omega$$

$$X_{C1} = \frac{1}{2\pi f C_1} = \frac{1}{2\pi \cdot 1000 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 15.915 \Omega$$

$$\bar{Z}_T = \left[(\bar{Z}_{C1} + \bar{Z}_{L1}) \parallel (R_0 + \bar{Z}_{L2}) \right] + R_i$$

קוסי נאטורי
במרחל המכילה

$$\bar{Z}_T = \left[(-j15.915 + j6.283) \parallel (25 + j15.708) \right] + 10$$

$$\bar{Z}_T = (13.504 - j10.483) \Omega$$

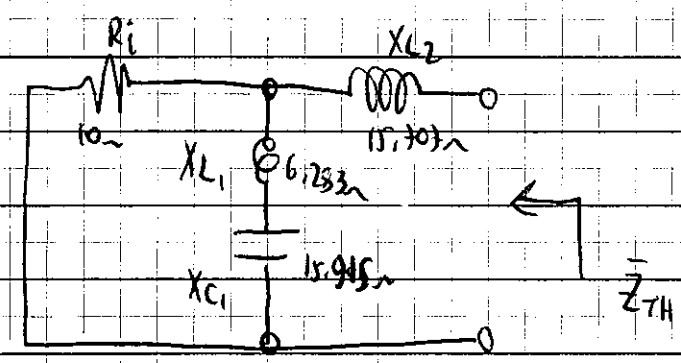
$$\bar{I}_T = \frac{\bar{V}_T}{\bar{Z}_T} = \frac{50}{13.504 - j10.483} = 2.924 / 37.822^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}_{R0} = \frac{\bar{I}_T \cdot \bar{Z}_{L1,C1}}{\bar{Z}_{L1,C1} + \bar{Z}_{L1,R0}}$$

$$\bar{I}_{R0} = \frac{2.924 / 37.822 \cdot (-j9.632)}{-j9.632 + 25 + j15.708} = 1.094 / -65.836^\circ \text{ A}$$

$$P_{R0} = |\bar{I}_{R0}|^2 \cdot R_0 = 1.094^2 \cdot 25 = 29.92 \text{ (W)}$$

על מנת לחשב את ההפסד ב- R_0 נדרש לדעת את הזרם הזורם דרך R_0 .
לכן נחשב את הזרם הזורם דרך R_0 באמצעות חוקי קירכוף.
הזרם הזורם דרך R_0 הוא $\bar{I}_{R0}$.



$$\bar{Z}_{th} = [R_i \parallel (\bar{Z}_{L1} + \bar{Z}_{C1})] + \bar{Z}_{L2}$$

$$\bar{Z}_{th} = [10 \parallel (-j9.632)] + j15.708 = (4.812 + j10.71) \Omega = 11.742 \angle 60.8^\circ$$

(התאם למעגל) וחסך ממנו R_o שלוחים

$P_{R_o}(\max)$

$$R_o = |\bar{Z}_{th}|$$

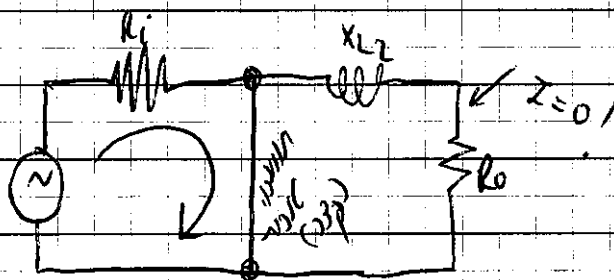
נוסח ידוע
מגדל המכילה

$$R_o = |\bar{Z}_{th}| = 11.742 (\Omega)$$

ז' על מנת להפוך (לזרמים) יחידים, L ו- C נכנסים
תהווה (אנדר) L ו- C (מ"ס) (33.7)

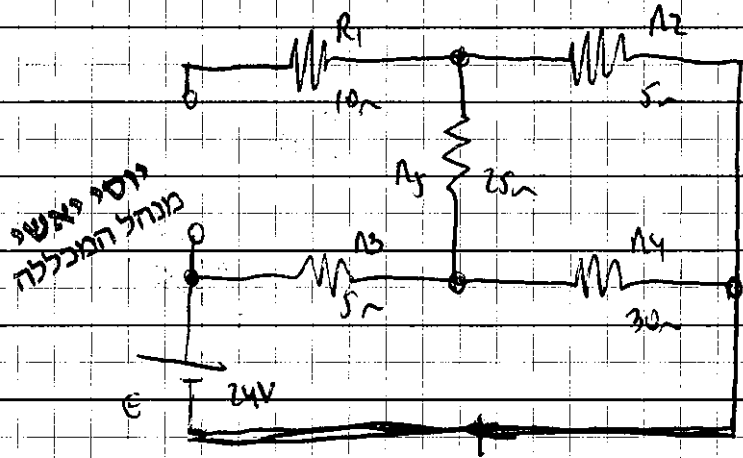
$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}} = 1591.549 \text{ (Hz)}$$

! $P_{R_o} = 0$ מתקן 1591.549 Hz של מקור תדירות



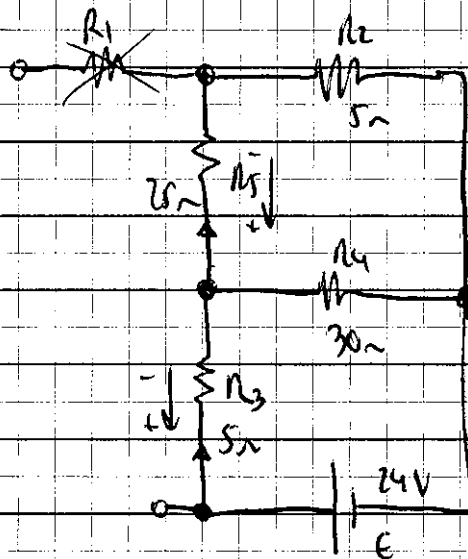
השאלה

א) חשבו את ההספק המסופק על ידי מקור ה-24V



ב) חשבו את ההספק המסופק על ידי מקור ה-24V

אם R_1 מנותק



$$R_T = ((R_2 + R_5) \parallel R_4) + R_3$$

$$R_T = 30 \parallel 30 + 5 = 20 \Omega$$

$$P_T = \frac{E^2}{R_T} = \frac{24^2}{20} = 28.8 \text{ (W)}$$

$$I_{R1} = 0(A)$$

(2)

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{24}{20} = 1.2A$$

(2)

יחסי יצאשי
מנהל המכללה

$$I_T = I_{R3} = 1.2A$$

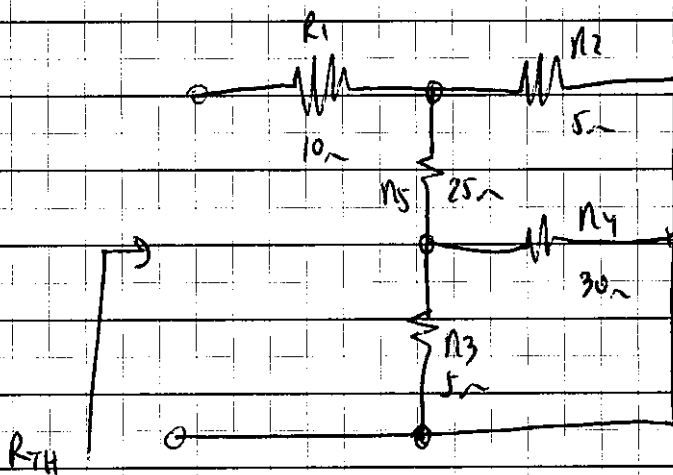
$$U_{R3} = I_{R3} \cdot R_3 = 1.2 \cdot 5 = 6V$$

$$I_{R5} = \frac{I_{R3} \cdot R_4}{R_4 + (R_2 + R_5)} = \frac{1.2 \cdot 30}{30 + 30} = 0.6A$$

$$U_{R5} = I_{R5} \cdot R_5 = 0.6 \cdot 25 = 15V$$

$$U_C = U_{R3} + U_{R5} = 6 + 15 = 21(V)$$

3) אם מניח טקטור מ קדום והמשך (הקדם) והקדם
(הקדם) מניח מניח טקטור "הקדם" (הקדם) מניח
באם (הקדם):



$$R_{TH} = \{ [(R_3 || R_4) + R_5] || R_2 \} + R_1$$

$$R_{TH} = [(5 || 30 + 25) || 5] + 10 = 14.27 \Omega$$

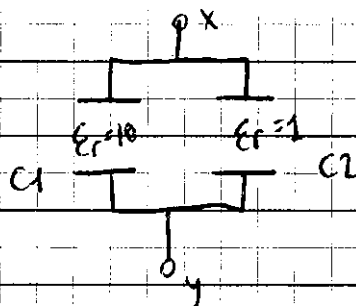
$$\tau = C \cdot R_{TH} = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 14.27 = 14.27(\mu sec)$$

הקדם: אנו מחפשים למצוא את המאפיין של הקדם
אשר הוא מורכב מ-2 קדם, ונרצה למצוא את המאפיין של הקדם



ננסה למצוא
מאפיין המאפיין

25% קדם $\epsilon_r = 1$
75% קדם $\epsilon_r = 10$



$$C_{xy} = C_1 + C_2$$

(ק) נתון: נתון קודם של C_1 ו- C_2 :

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \cdot A}{d}$$

$$A = 10 \text{ cm}^2 = 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 1 \text{ mm} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

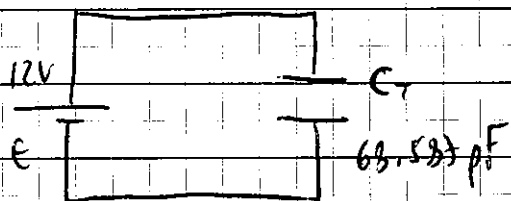
$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \cdot 0.75 \cdot A}{d} = \frac{8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot 0.75 \cdot 10 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}}$$

$$C_1 = 66.375 \text{ pF}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \cdot 0.25 \cdot A}{d} = \frac{8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 0.25 \cdot 10 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}}$$

$$C_2 = 2.212 \text{ pF}$$

$$C_T(x_y) = 66.375 + 2.212 = 68.587 \text{ (pF)}$$



(2)

פוטנציאל
מקורל המכללה

Quantum $W_C = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_C^2$

$$W_C = 0.5 \cdot 68.587 \cdot 10^{-12} \cdot 12^2$$

$$W_C = 4.938 \cdot 10^{-9} \text{ (J)}$$

$$Q = U \cdot C = 12 \cdot 68.587 \cdot 10^{-12} = 0.823 \text{ (nC)}$$

(1)

(3) למדן ניתוח של קולט ומקור (12V) (מקור)
(מקור), (מקור), (מקור) (מקור) (מקור)

$$W_C = 4.938 \cdot 10^{-9} \text{ (J)}$$

