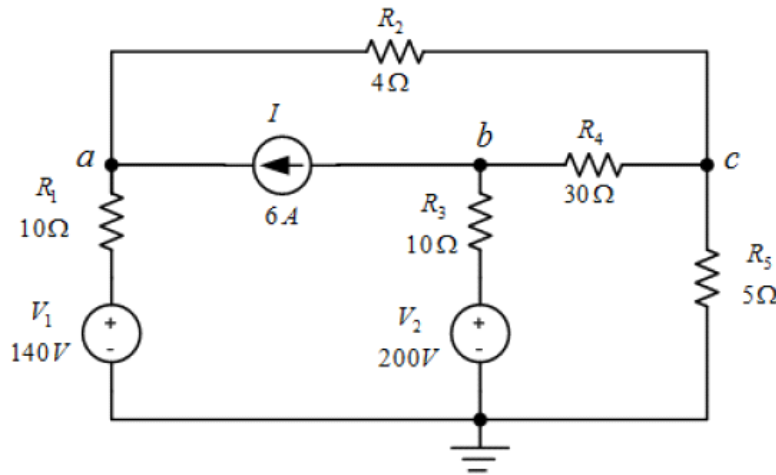


יש לענות על חמש מתוך 8 שאלות. ערך כל שאלה 20 נקודות.

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מוצג מעגל חשמלי.



איור לשאלה 1

8 נק') א. חשבו את מתחי הצמתים המסומנים באיור (V_a, V_b, V_c) ביחס לאדמה.

7 נק') ב. כמה הספק חשמלי מתפתח בכל אחד ממקורות האנרגיה?

5 נק') ג. עבור כ"א ממקורות האנרגיה:

איזה מקור מספק אנרגיה ואיזה מקור צורך אנרגיה? תשובה ללא נימוק לא תתקבל.

$$\textcircled{E} \begin{pmatrix} +G_{11} & -G_{12} & -G_{13} \\ -G_{21} & +G_{22} & -G_{23} \\ -G_{31} & -G_{32} & +G_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{sc1} \\ I_{sc2} \\ I_{sc3} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{aligned} G_{11} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{10} + \frac{1}{4} = \frac{7}{20} S \\ G_{22} &= \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{10} + \frac{1}{30} = \frac{2}{15} S \\ G_{33} &= \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{4} + \frac{1}{30} + \frac{1}{5} = \frac{29}{60} S \end{aligned}$$

$$G_{12} = G_{21} = 0 S$$

$$I_{sc1} = \frac{V_1}{R_1} + I = 20 A$$

$$G_{13} = G_{31} = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4} S$$

$$I_{sc2} = -I + \frac{V_2}{R_3} = 14 A$$

$$G_{23} = G_{32} = \frac{1}{R_4} = \frac{1}{30} S$$

$$I_{sc3} = 0 A$$

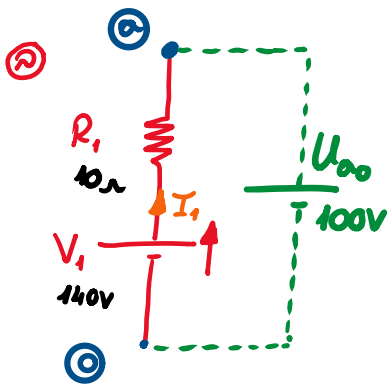


$$V_a = 100V$$

$$V_b = 120V$$

$$V_c = 60V$$

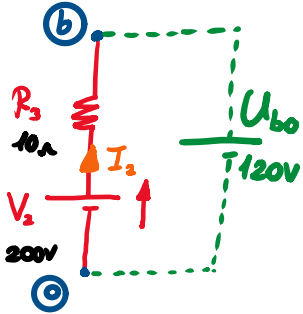
$$\leftarrow \begin{pmatrix} \frac{7}{20} & 0 & -\frac{1}{4} \\ 0 & \frac{2}{15} & -\frac{1}{30} \\ -\frac{1}{4} & -\frac{1}{30} & \frac{29}{60} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 20 \\ 14 \\ 0 \end{pmatrix}$$



$$I_1 = \frac{V_1 - U_{bo}}{R_1} = \frac{140 - 100}{10} = 4A$$

$$P_{V_1} = I_1 \cdot V_1 = 4 \cdot 140 = 560W \text{ (ספק)}$$

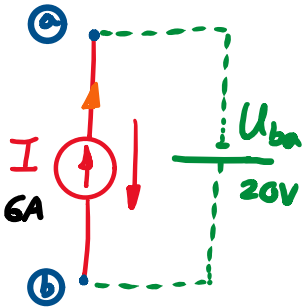
ח'צ' חזק וחסר עלו בלתי כיוון



$$I_2 = \frac{V_2 - U_{bo}}{R_3} = \frac{200 - 120}{10} = 8A$$

$$P_{V_2} = I_2 \cdot V_2 = 8 \cdot 200 = 1600W \text{ (ספק)}$$

כ'צ'



$$U_{ba} = V_b - V_a = 120 - 100 = 20V$$

$$P_I = I \cdot U_{ba} = 6 \cdot 20 = 120W \text{ (3-כין)}$$

פ'צ'צ'צ'צ' ח'צ' חזק וחסר עלו

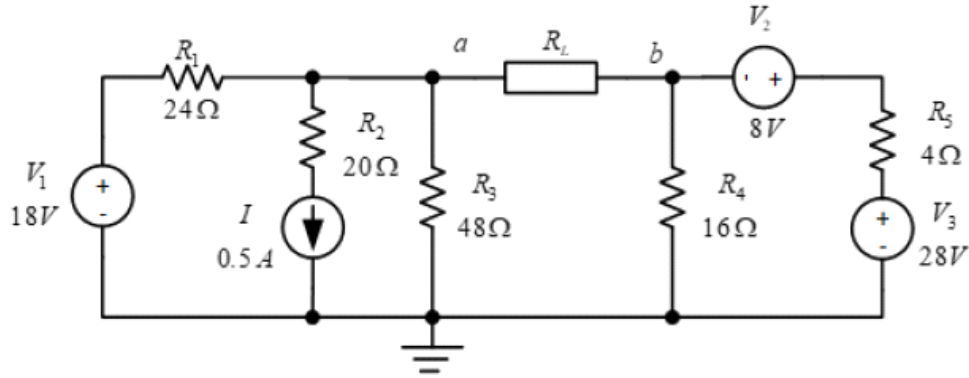
2) התחברו ע'צ'.



אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מוצג מעגל חשמלי:



איור לשאלה 2

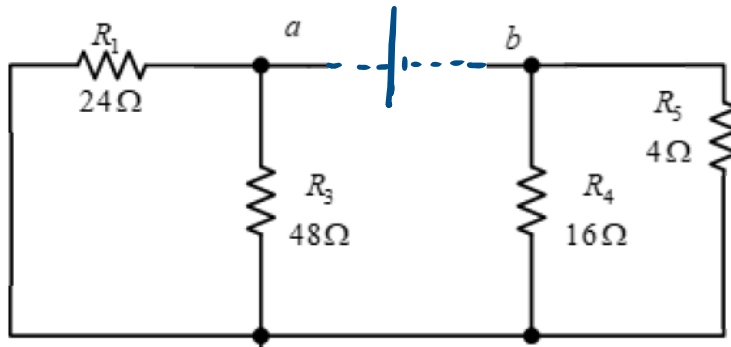
(10 נק') א. סרטטו את מעגל התמורה של תבנית עבור הנגד R_L המחובר בין הנקודות a ו- b .

(6 נק') ב. מהם שני הערכים של העומס, הנגד R_L , עבורם ההספק שיתפתח יהיה חצי מההספק המרבי?

(4 נק') ג. מקצרים את הנקודות a ו- b באמצעות תיל חסר התנגדות.

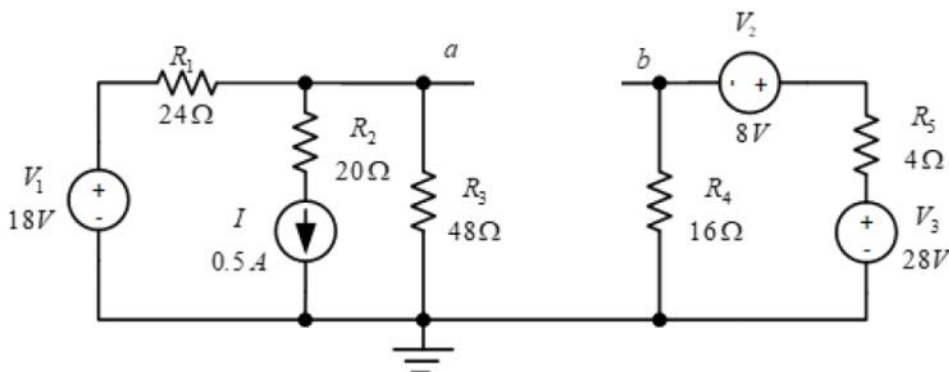
מה גודל הזרם הזורם בתיל ומהי מגמתו (מ- a ל- b או מ- b ל- a)?

Ⓔ ח'ע'ב R_{TH} :



$$\begin{aligned} R_{TH} &= (R_1 \parallel R_3) + (R_4 \parallel R_5) = \\ &= (24 \parallel 48) + (16 \parallel 4) = \\ &= 16 + 3.2 = 19.2 \Omega \end{aligned}$$

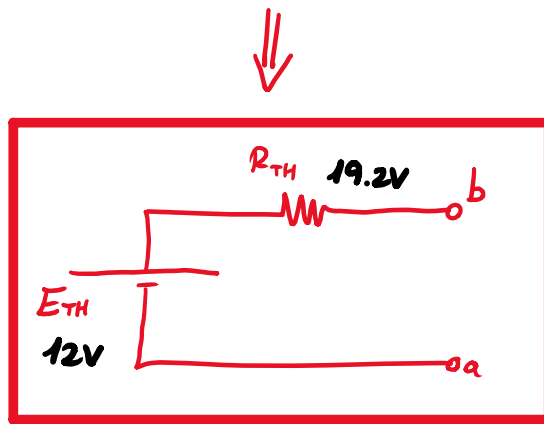
Ⓔ ח'ע'ב E_{TH} :



$$\begin{aligned} V_a &= \frac{V_1}{R_1} - I = \frac{18}{24} - 0.5 = \frac{0.25}{16^{-1}} = 4V \\ V_b &= (V_3 - V_2) \cdot \frac{R_4}{R_4 + R_5} = 20 \cdot \frac{16}{16 + 4} = 16V \\ E_{TH} &= V_b - V_a = 16 - 4 = 12V \end{aligned}$$



אבי יומטוביאן
פשוט להבין!



Ⓐ הספק מרבי של R_L נקבע ב- $R_L = R_{TH} = 19.2\Omega$

$$\Downarrow$$

$$P_{R_L \max} = \frac{U_{R_L}^2}{R_L} = \frac{6^2}{19.2} = 1.875W$$

$\Downarrow$

$$0.5 P_{R_L \max} = I^2 \cdot R_L$$

$$0.5 \cdot 1.875 = \left(\frac{E_{TH}}{R_{TH} + R_L} \right)^2 \cdot R_L$$

$$0.9375 = \left(\frac{12}{19.2 + R_L} \right)^2 \cdot R_L \Rightarrow R_L = \begin{cases} 3.294\Omega \\ 111.905\Omega \end{cases}$$

Ⓑ על מנת לקבל את המקסימום של P ב- a ו- b נקבע:

$$\boxed{I_{sc}} = \frac{E_{TH}}{R_{TH}} = \frac{12}{19.2} = \boxed{0.625A} \quad (b \rightarrow a)$$

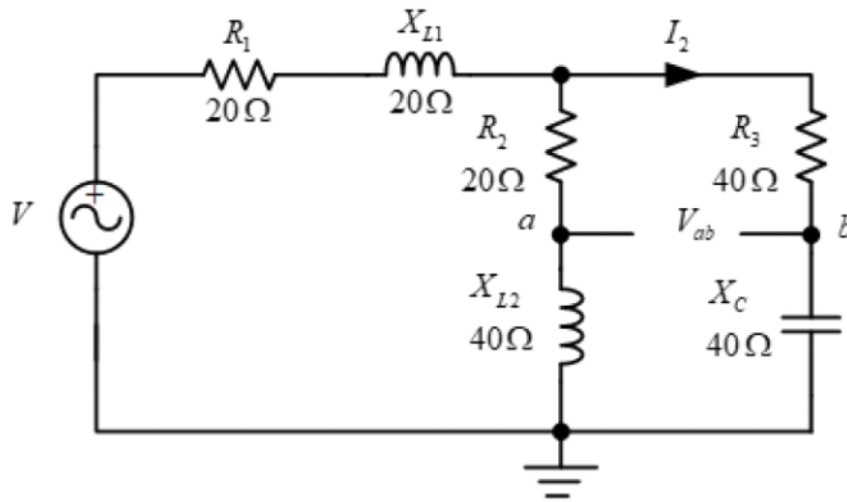


אבי יומטוב יאן
פשוט להביא!

שאלה 3

באיור לשאלה 3 מוצג מעגל חשמלי:

נתון: $I_2 = 2\angle 45^\circ \text{ A}$.

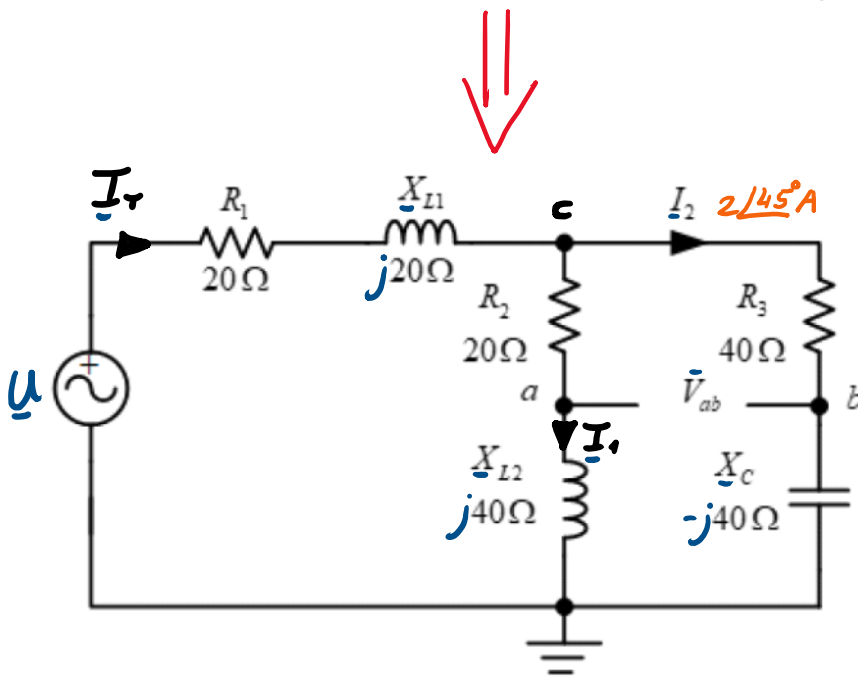


איור לשאלה 3

(12 נק') א. חשבו את ערכו של מקור המתח V ורשמו אותו בהצגה פולארית (גודל וזווית).

(4 נק') ב. חשבו את המתח V_{ab} ורשמו אותו בהצגה פולארית (גודל וזווית).

(4 נק') ג. חשבו את מקדם הספק של המעגל.



$$\bar{V}_c = \bar{I}_2 (R_3 + \underline{X}_c) =$$

$$= 2\angle 45^\circ (40 - j40) = 113.137\angle 0^\circ \text{ V}$$

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{V}_c}{R_2 + \underline{X}_{L2}} = \frac{113.137\angle 0^\circ}{20 + j40} =$$

$$= 2.53\angle -63.4^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}_T = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 = 2.53\angle -63.4^\circ + 2\angle 45^\circ = 2.683\angle -18.43^\circ \text{ A}$$

$$\boxed{\underline{U}} = \bar{I}_T \cdot (R_1 + \underline{X}_{L1}) + \bar{V}_c =$$

$$= 2.683\angle -18.43^\circ \cdot (20 + j20) + 113.137\angle 0^\circ = \boxed{184.173\angle 10.62^\circ \text{ V}}$$



אבי יומטוביאן
פשוט להבין!

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad \boxed{\tilde{V}_{ab}} &= \tilde{V}_a - \tilde{V}_b = \underline{U}_{x_{L_2}} - \underline{U}_{x_{L_1}} = \underline{I}_1 \cdot \underline{X}_{L_2} - \underline{I}_2 \cdot \underline{X}_{L_1} = \\ &= 2.53 \angle -63.4^\circ \cdot j40 - 2 \angle 45^\circ \cdot (-j40) = \\ &= \boxed{107.331 \angle 71.56^\circ \text{ V}} \end{aligned}$$

$$\textcircled{3} \quad \underline{Z}_T = \frac{\underline{U}}{\underline{I}_T} = \frac{184.173 \angle 10.62^\circ}{2.683 \angle -18.43^\circ} = 68.644 \angle 29.05^\circ \Omega$$



$$\boxed{\text{P.F.}} = \cos \varphi = \cos(29.05) = \boxed{0.874} \text{ (ind.)}$$

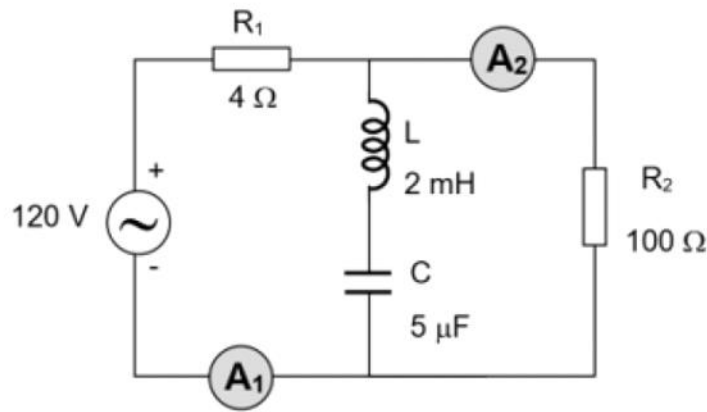


אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

שאלה 4

באיור לשאלה 4 מוצג מעגל חשמלי.

במעגל מחוברים שני מדי זרם אידיאליים A_1 ו- A_2 . אפשר לשנות את תדירות מקור המתח.



איור לשאלה 4

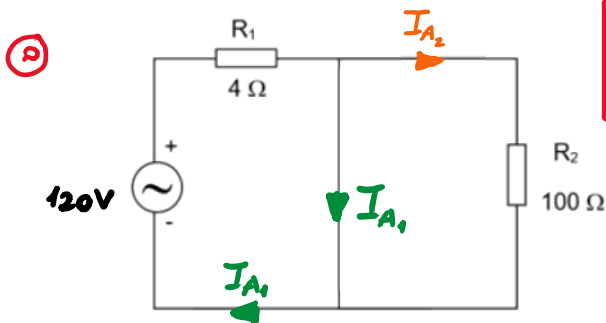
5 נק' א. מהו התדר של מקור המתח כדי שהמעגל יהיה במצב תהודה?

5 נק' ב. מהי הוריית כל אחד ממדי הזרם כשהמעגל נמצא במצב תהודה?

10 נק' ג. משנים את תדר המקור ל- $f = 159.155 \text{ Hz}$.

חשבו את הזרם שמספק מקור המתח וסרטטו משולש הספקים של המעגל.

$$\textcircled{a} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}} = 1591.55 \text{ Hz}$$



$$I_{A_2} = 0 \text{ A}$$

$$I_{A_1} = I_T = \frac{120}{R_1} = \frac{120}{4} = 30 \text{ A}$$



אבי יומטוב
פשוט להבין!

$$\textcircled{c} \quad f = 159.155 \text{ Hz} \Rightarrow X_L = j2\pi fL = j2\pi \cdot 159.155 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = j2 \Omega$$

$$X_C = -j \frac{1}{2\pi fC} = -j \frac{1}{2\pi \cdot 159.155 \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = -j200 \Omega$$



$$Z_T = [(X_L + X_C) \parallel R_2] + R_1 = [-j198 \parallel 100] + 4 =$$

$$= [79.676 - j40.24] + 4 = (83.676 - j40.24) \Omega =$$

$$= 92.85 \angle -25.68^\circ \Omega$$

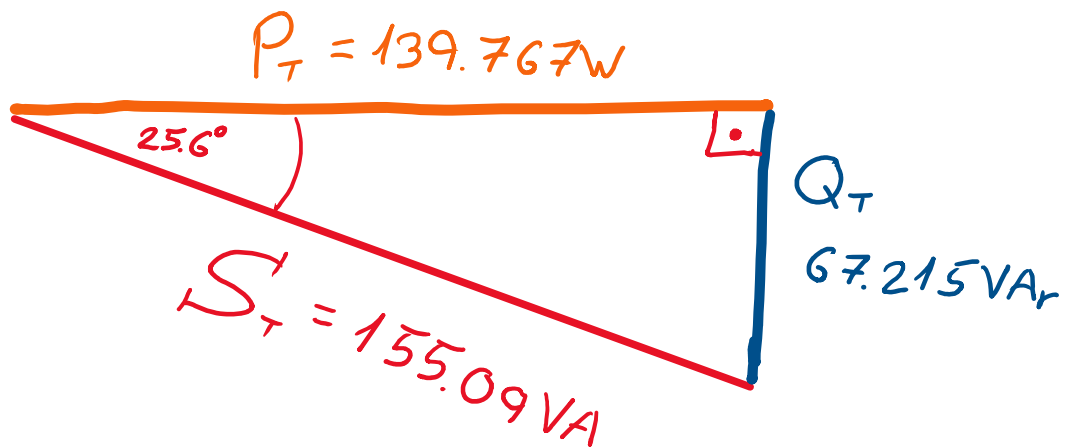
$$\Downarrow$$

$$\boxed{\underline{I}} = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}_T} = \frac{120 \angle 0^\circ}{92.85 \angle -25.68^\circ} = \boxed{1.292 \angle 25.6^\circ \text{ A}}$$



$$\underline{S}_T = \underline{I}^* \cdot \underline{U} = 1.292 \angle -25.6^\circ \cdot 120 \angle 0^\circ =$$

$$= \underbrace{(139.767)}_{P_T [\text{W}]} - j \underbrace{(67.215)}_{Q_T [\text{VAR}]} \text{ VA} = \underbrace{155.09}_{S_T [\text{VA}]} \angle \overbrace{-25.6^\circ}^{\varphi} \text{ VA}$$



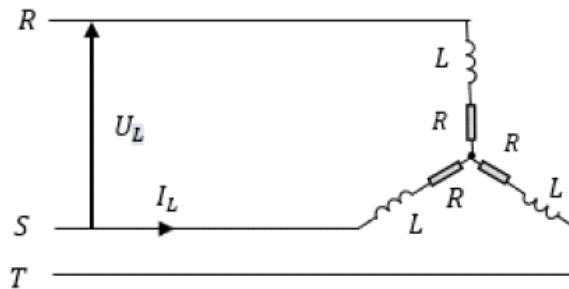
אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מוצג צרכן תלת מופעי סימטרי המוזן מרשת תלת מופעית המחוברת בצורת כוכב.

נתון: $X_L = 3 \Omega, R = 4 \Omega$

המתח השלוב של הרשת: $U_L = 400 V$



איור לשאלה 5: צרכן תלת מופעי בחיבור כוכב

6 נק' א. מהו הגודל של הזרם הקווי I_L ?

6 נק' ב. מהו מקדם ההספק של הצרכן $P_{fs}(\cos \varphi)$?

8 נק' ג. מהם ההספקים: הפעיל, ההיגבי, והנדמה הנצרכים מהרשת?

Ⓔ $\underline{Z} = R + jX_L = (4 + j3) = 5 \angle 36.86^\circ \Omega$

$U_L = 400 V \Rightarrow U_{ph} = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} \approx 231 V$



$\boxed{I_L} = I_{ph} = \frac{U_{ph}}{\underline{Z}} = \frac{231}{5} = \boxed{46.188 A}$

Ⓢ $\boxed{P.F.} = \cos \varphi = \cos(36.86^\circ) = \boxed{0.8} \text{ (ind.)}$



אבי יומטוביאן
פשוט להבין!

Ⓙ $\boxed{S_T} = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot U_L \angle \varphi = \sqrt{3} \cdot 46.188 \cdot 400 \angle 36.86^\circ$

$\approx \underbrace{(25)}_{P_T} + j \underbrace{(20)}_{Q_T} \text{ kVA} = \boxed{32 \angle 36.86^\circ \text{ kVA}}$

$\boxed{P_T = 25 \text{ kW}}$

$\boxed{Q_T = 20 \text{ kVAR}}$

$\boxed{S_T = 32 \text{ kVA}}$

שאלה 6

באיור לשאלה 6 מוצגת ליבת ברזל מגנטית חד-שטפית עם שני חריצי אוויר השווים באורכם. על הליבה מותקן סליל בעל 120 כריכות המחובר למקור מתח ישר $U = 10\text{ V}$, מקור המתח לא מוצג באיור.

נתון:

אורך המסלול המגנטי של הליבה ללא חריצי האוויר $l_e = 12.4\text{ cm}$.

אורך כל חריץ אוויר $l_g = 3\text{ mm}$.

שטח חתך של הליבה ושל חריצי האוויר אחיד $A = 2\text{ cm}^2$.

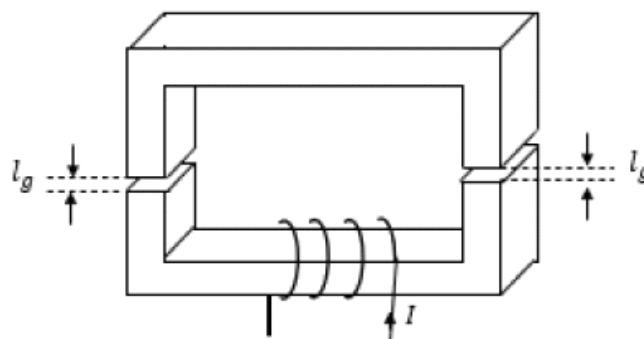
החדירות היחסית של הליבה $\mu_r = 250$.

נתוני הסליל:

התנגדות סגולית $\rho = 0.018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

אורך: $l_L = 70\text{ m}$

שטח חתך: $A_L = 0.3\text{ mm}^2$



איור לשאלה 6: ליבת ברזל מגנטית חד-שטפית

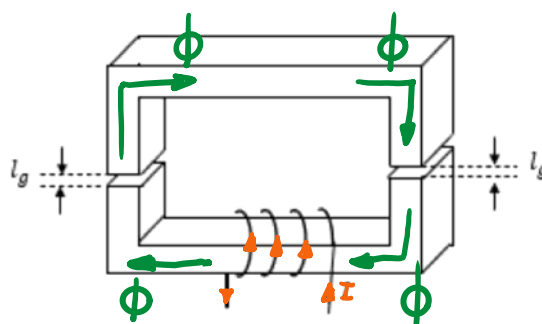
3 נק' א. מהו כיוון השטף המגנטי בליבת הברזל? נמקו את תשובתכם.

4 נק' ב. מהו הזרם I בסליל?

7 נק' ג. מהו המיאון המגנטי הכללי R_{mT} ?

6 נק' ד. מה גודל השדה המגנטי B בליבת הברזל?

ⓐ צפי' כעל יב יין, טימן לאויר שהלסל המגנטי יוצא לכיוון שמאל, והוא יטע בלעה
צפ כיוון השיון.



אבי יומטוביאן
פשוט להבין!

$$\textcircled{2} \quad \left. \begin{array}{l} \rho = 0.018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \\ l_L = 70 \text{ m} \\ A_L = 0.3 \text{ mm}^2 \end{array} \right\} \rightarrow R = \rho \cdot \frac{l_L}{A_L} = 0.018 \cdot \frac{70}{0.3} = 4.2 \Omega$$

$$\boxed{I} = \frac{U}{R} = \frac{10}{4.2} = \boxed{2.38 \text{ A}}$$

$$\textcircled{2} \quad \left. \begin{array}{l} l_e = 12.4 \text{ cm} = 12.4 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ \mu_r = 250 \\ A_e = 2 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{array} \right\} \rightarrow R_{m_e} = \frac{1}{\mu_0 \mu_r} \cdot \frac{l_e}{A_e} = \frac{1}{250 \mu_0} \cdot \frac{12.4 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-4}} = 1.973 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{H}}$$

$$\left. \begin{array}{l} l_o = 2 l_g = 6 \text{ mm} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\ \mu_r = 1 \\ A_o = 2 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{array} \right\} \rightarrow R_o = \frac{1}{\mu_0 \mu_r} \cdot \frac{l_o}{A_o} = \frac{1}{1 \cdot \mu_0} \cdot \frac{6 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-4}} = 23.873 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{H}}$$

$$\boxed{R_{m_T}} = R_{m_e} + R_o = 1.973 + 23.873 = \boxed{25.846 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{H}}}$$

$$\textcircled{3} \quad \phi = \frac{N \cdot I}{R_{m_T}} = \frac{120 \cdot 2.38}{25.846 \cdot 10^6} = 11.05 \mu \text{ Wb}$$

$$\boxed{B_e} = \frac{\phi}{A_e} = \frac{11.05 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-4}} = \boxed{55.248 \text{ mT}}$$

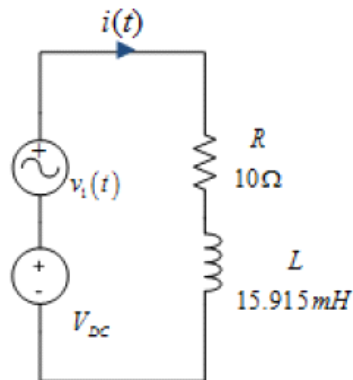


אבי יומטוב'אן
פשוט להבין!

שאלה 7

באיור לשאלה 7 מוצג מעגל חשמלי, המעגל פועל זמן רב וכל תופעות המעבר חלפו:

נתון: $V_{DC} = 4 \text{ V}$, $v_1(t) = 6 \cdot \sin(200 \cdot \pi \cdot t + 60^\circ) \text{ V}$



איור לשאלה 7

2 נק' א. חשבו את זמן המחזור והתדר של אות המתח $v_1(t)$.

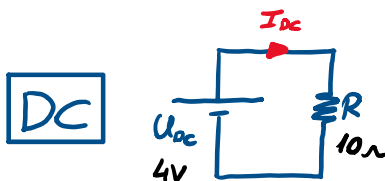
8 נק' ב. הציגו את הזרם הזורם במעגל כתלות בזמן, $i(t)$.

10 נק' ג. חשבו את ההספק הפעיל הממוצע המתפזר בעומס.

Ⓔ $\omega = 200\pi$

$$2\pi \cdot f = 200\pi \Rightarrow \boxed{f = 100 \text{ Hz}} \Rightarrow \boxed{T} = \frac{1}{f} = \frac{1}{100} = \boxed{10 \text{ mSec}}$$

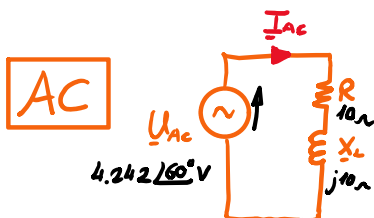
Ⓕ



$$I_{DC} = \frac{U_{DC}}{R} = \frac{4}{10} = 0.4 \text{ A}$$



אבי יומטוביאן
פשוט להבין!



$$U_{AC} = \frac{6}{\sqrt{2}} \angle 60^\circ = 4.242 \angle 60^\circ \text{ V}$$

$$X_L = j\omega L = j200\pi \cdot 15.915 \cdot 10^{-3} = j10 \Omega$$

$$\Downarrow$$

$$I_{AC} = \frac{U_{AC}}{R + X_L} = \frac{4.242 \angle 60^\circ}{10 + j10} = 0.3 \angle 15^\circ \text{ A}$$



$$\boxed{i(t)} = I_{DC} + i_{AC}(t) = 0.4 + 0.3\sqrt{2} \cdot \sin(200\pi t + 15^\circ) =$$

$$= \boxed{0.4 + 0.424 \cdot \sin(200\pi t + 15^\circ) [\text{A}]}$$

$$\textcircled{d} \quad I_{RMS} = \sqrt{I_{DC}^2 + I_{AC}^2} = \sqrt{0.4^2 + 0.3^2} = 0.5A$$



$$\boxed{P_{AV}} = I_{RMS}^2 \cdot R = 0.5^2 \cdot 10 = \boxed{2.5W}$$

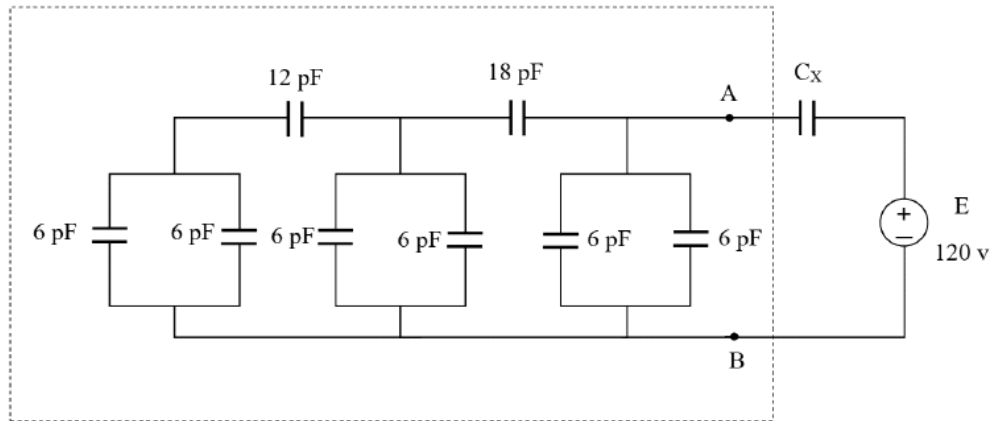


אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

שאלה 8

באיור אי' לשאלה 8 מוצג מעגל חשמלי.
על הקבל C_X שורר מתח של $U_{C_X} = 40 \text{ V}$.

המעגל פועל במצב יציב כאשר כל תופעות המעבר חלפו.



איור לשאלה 8

(7 נק') א. חשבו את ערך הקבל השקול C_{AB} של מערך הקבלים המוצג במסגרת המלבנית, ואת האנרגיה האגורה בו.

(5 נק') ב. חשבו את ערך הקבל C_X .

(4 נק') ג. הקבל C_X הוא קבל לוחות בעל שטח לוחות 94.87 mm^2 והמרחק בין הלוחות הוא 0.2 mm . חשבו את המקדם הדיאלקטרי היחסי ϵ_r של החומר הנמצא בין לוחות הקבל.

(4 נק') ד. מנתקים את הקבל C_X מהמעגל ומחברים במקומו נגד של 5Ω . מה יהיה המתח בין ההדקים A-B בסיום כל תופעות המעבר? תשובה ללא נימוק לא תתקבל.

$$\textcircled{E} \quad C_{AB} = \left[\left[(6+6) \rightarrow 12 \right] + 6+6 \right] \rightarrow 18 + 6+6 =$$

$$= \left[\left[\left[\frac{1}{12} + \frac{1}{12} \right]^{-1} + 12 \right] \rightarrow 18 \right] + 12 = \left[(6+12) \rightarrow 18 \right] + 12 =$$

$$= [18 \rightarrow 18] + 12 = 9+12 = \boxed{21 \text{ pF}}$$

$$U_{AB} = E - U_{C_X} = 120 - 40 = 80 \text{ V}$$



$$\boxed{W_{C_{AB}}} = 0.5 C_{AB} \cdot U_{AB}^2 = 0.5 \cdot 21 \cdot 10^{-12} \cdot 80^2 = \boxed{67.2 \text{ nJ}}$$



אבי יומטוביאו
פשוט להבין!

$$\textcircled{2} \quad Q_T = Q_{C_x} = Q_{C_{AB}} = C_{AB} \cdot U_{AB} = 21 \cdot 10^{-12} \cdot 80 = 1.68 \text{ nC}$$

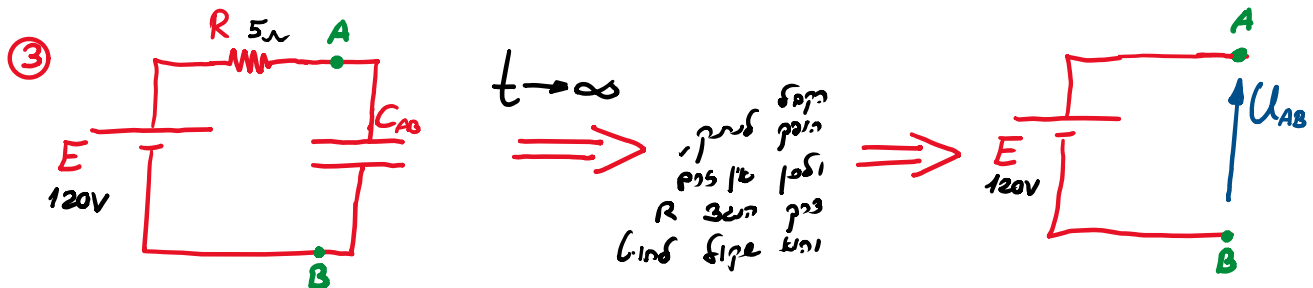


$$\boxed{C_x} = \frac{Q_{C_x}}{U_{C_x}} = \frac{1.68 \cdot 10^{-9}}{40} = \boxed{42 \text{ pF}}$$

$$\textcircled{1} \quad C_x = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

$$42 \cdot 10^{-12} = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{94.87 \cdot 10^{-6}}{0.2 \cdot 10^{-3}}$$

$$\boxed{\epsilon_r = 10}$$



$$\boxed{U_{AB} = 120 \text{ V}}$$



אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!