

פתרון מבחן מה"ט

תורה החשמל

מועד ב
קייץ 2017

פתר: אבי יומטוביאן
yomtov7@gmail.com

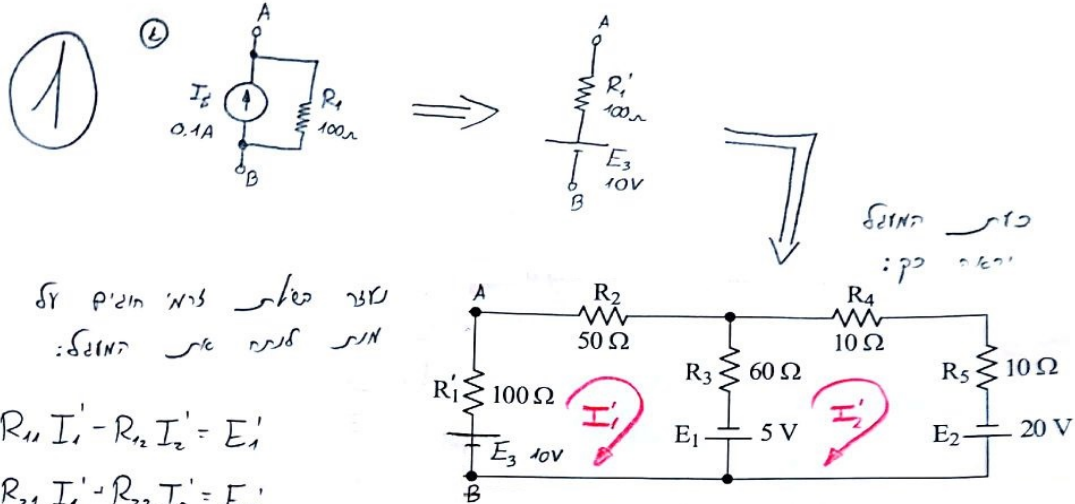
©

כל הזכויות שמורות

פתרון מוצע לבחינת מה"ט בתורת החשמל

מועד קיץ תשע"ז, אוגוסט 2017 (מועד ב')
מחבר: מר אבי יומטוביאן, מכללת אורט סינגאלובסקי – ת"א

שאלה מספר 1



נצטר שאלה זרימי חוץ עם
מתר עתה את המוצע:

$$\begin{cases} +R_{11} I_1' - R_{12} I_2' = E_1' \\ -R_{21} I_1' - R_{22} I_2' = E_2' \end{cases}$$

$$\begin{aligned} E_1' &= E_3 + E_1 = 10 + 5 = 15V \\ E_2' &= E_2 - E_1 = 20 - 5 = 15V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{11} &= R_1' + R_2 + R_3 = 100 + 50 + 60 = 210 \Omega \\ R_{22} &= R_3 + R_4 + R_5 = 60 + 10 + 10 = 80 \Omega \\ R_{12} &= R_{21} = R_3 = 60 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{cases} +210 I_1' - 60 I_2' = 15 \\ -60 I_1' + 80 I_2' = 15 \end{cases} \Rightarrow \begin{aligned} I_1' &= 0.159 A \\ I_2' &= 0.307 A \end{aligned} \Rightarrow \textcircled{2} I_{R_3} = I_2' - I_1' = 0.307 - 0.159 = 0.148 A$$

$$P_{R_3} = I_{R_3}^2 \cdot R_3 = 0.148^2 \cdot 60 = 1.314 W$$

הזרה: את ההספק הכולל של המוצע יש לטוב על המוצע (ה'מקור'), שיהיה מקור זרם, ועל כן לא ניתן לטוב את ההספק של E_3 או R_1' . נשתמש בתנאים היחידים את זה אתר אתר המוצע המקורי.

הזרה: את ההספק הכולל ניתן לטוב טתי זרימי: חישוב ההספק של הנגדים והמקור, א חיוב ההספק המקורי המקורי האנרגיה שמתקבלת מאי אשם בספק ומ' אשם כריבן וחיבורי ההספק.

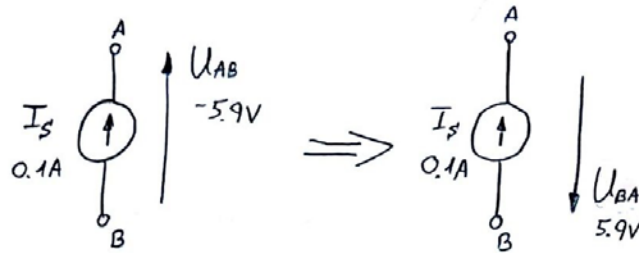
כמוכן שנתנה באופציה תנ"ה, כי היא כוללת חישוב 3 ההספקים ולא 5 כמו באופציה הראשונה.

$$P_{E_1} = I_{R_3} \cdot E_1 = 0.148 \cdot 5 = 0.74 W \quad (\text{3-בן})$$

$$P_{E_2} = I_2' \cdot E_2 = 0.307 \cdot 20 = 6.14 W \quad (\text{ספק})$$

כזו יש לטוב את הספק מקור הזרם I_s , וזה כן יש לטוב את החתך
 בין היצקים שאליהם הוא היה מחוסי, כפיית U_{AB} :

$$U_{AB} = -U_{R_1} - E_3 = -I_1' \cdot R_1 + E_3 = -0.159 \cdot 100 + 10 = -5.9V$$



$$P_{I_s} = I_s \cdot U_{BA} = 0.1 \cdot 5.9 = 0.59W \quad (\text{ב}^3)$$

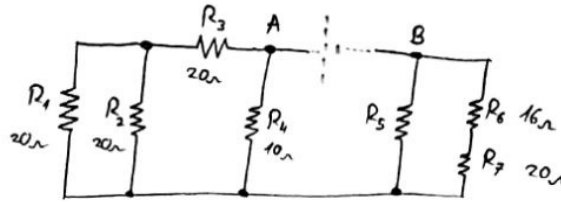


$$P_T = P_{E_2} - P_{E_1} - P_{I_s} = 6.14 - 0.74 - 0.59 = 4.81W$$

שאלה מספר 2

2

ⓔ $\begin{bmatrix} \text{ק"מ} \\ R_{TH} \end{bmatrix}$

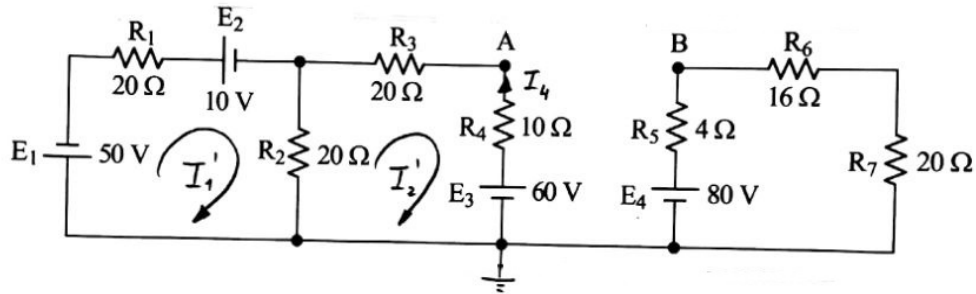


$$R_{TH} = \left([(R_1 \parallel R_2) + R_3] \parallel R_4 \right) + [(R_6 + R_7) \parallel R_5] =$$

$$= \left([(20 \parallel 20) + 20] \parallel 10 \right) + [(16 + 20) \parallel 4] =$$

$$= \left(\frac{1}{\frac{1}{30} + \frac{1}{10}} \right)^{-1} + \left(\frac{1}{\frac{1}{36} + \frac{1}{4}} \right)^{-1} = 7.5 + 3.6 = 11.1 \Omega //$$

ⓔ $\begin{bmatrix} \text{ק"מ} \\ E_{TH} \end{bmatrix}$

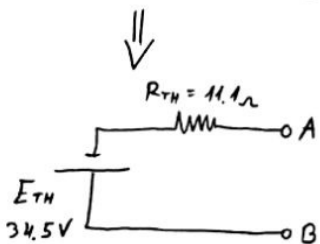
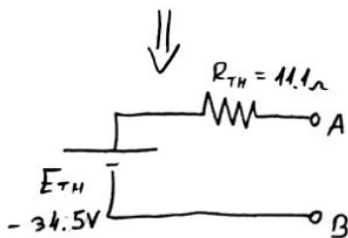


$$\begin{cases} +R_{11} I_1' - R_{12} I_2' = E_1' \\ -R_{21} I_1' + R_{22} I_2' = E_2' \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} +40 I_1' - 20 I_2' = -60 \\ -20 I_1' + 50 I_2' = -60 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1' = -2.625 A \\ I_2' = -2.25 A \end{cases}$$

$$E_{TH} = V_A - V_B = 37.5 - 72 = -34.5 V$$

$$V_A = -U_{R_4} + E_3 = -I_4 \cdot R_4 + E_3 = I_2' \cdot R_4 + E_3 = 37.5 V$$

$$V_B = U_{R_6,7} = E_4 \cdot \frac{R_6 + R_7}{R_5 + R_6 + R_7} = 72 V$$

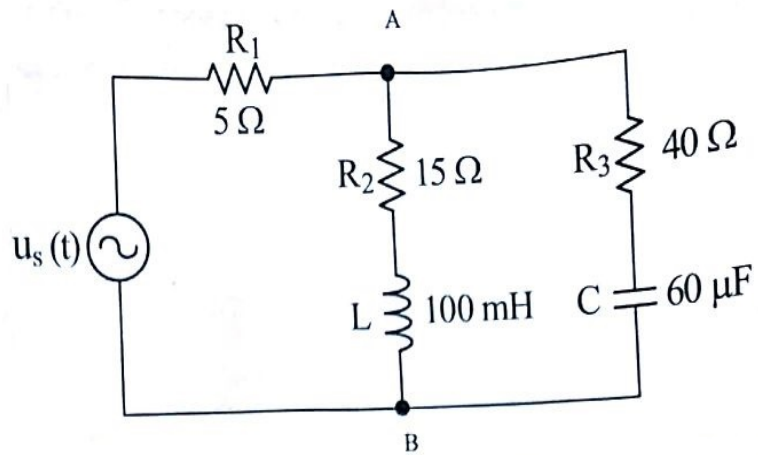


ⓐ $R_L = R_{TH} = 11.1 \Omega \Rightarrow P_{R_L} |_{max}$

ⓑ $P_{R_L max} = \frac{U_{R_L}^2}{R_L} = \frac{\left(\frac{E_{TH}}{2}\right)^2}{R_L} = \frac{17.25^2}{11.1} = 26.807 W$

שאלה מספר 3

③ $\underline{U}_s = 100 \angle 0^\circ \text{ V}$
 $\omega = 314 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$



① $X_L = \omega L = 314 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 31.4 \Omega \Rightarrow Z_L = j31.4 \Omega$

$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \cdot 60 \cdot 10^{-6}} = 53.078 \Omega \Rightarrow Z_C = -j53.078 \Omega$

$$Z_T = [(R_2 + Z_L) \parallel (R_3 + Z_C)] + R_1 = \left(\frac{1}{15 + j31.4} + \frac{1}{40 - j53.078} \right)^{-1} + 5 =$$

$$= 32.62 + j20.256 + 5 = 42.726 \angle 28.3^\circ \Omega$$

② $\underline{I} = \frac{\underline{U}_s}{Z_T} = \frac{100 \angle 0^\circ}{42.726 \angle 28.3^\circ} = 2.34 \angle -28.3^\circ \text{ A}$

$$\underline{U}_{AB} = \underline{U}_s - \underline{U}_{R_1} = 100 \angle 0^\circ - \underline{I} \cdot R_1 = 100 \angle 0^\circ - 2.34 \angle -28.3^\circ \cdot 5 =$$

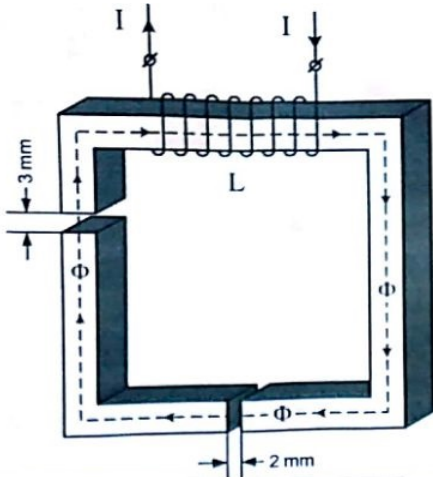
$$= 89.867 \angle 3.54^\circ \text{ V}$$

③ $P_{R_1} = I^2 \cdot R_1 = 2.34^2 \cdot 5 = 27.378 \text{ W}$

④ $\underline{I}_{R_2} = \frac{\underline{U}_{AB}}{R_2 + Z_L} = \frac{100 \angle 0^\circ}{15 + j31.4} = 2.873 \angle -64.4^\circ \text{ A}$

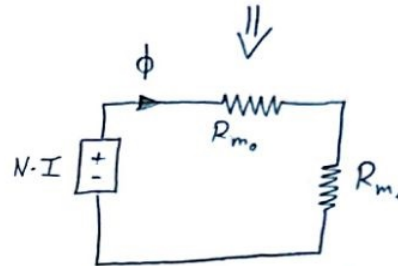
שאלה מספר 4

4



לכו אנוס אנטי טורי כול האנס 4
אנטי: 2 הנקודים חריצי האור, וזו 3
2 הנקודים החומה הפרו-אנטי.

נין לבט את האנס עשני אנטי
בלב: חריץ אור גודל של 5mm, וחומר
פרו-אנטי שאורכו 95mm (אורך היסודם
הכלל הוא 100mm, ונכחו חריצי האור, מקבלים
את הנקודה אדום).



כזה נצנה זע סזיה האנס, וזיה כן
נשנה זמר וזמר נמונים הנטיס
עט לבאר הנטיס:

⊕ $\Phi = 20 \mu Wb$

$A = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 25 \cdot 10^{-6} m^2$

$B = \frac{\Phi}{A} = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 10^{-6}} = 0.8 T$, $\Rightarrow \mu_r = \mu_0 \cdot \mu_{r1} = \frac{B}{H} = \frac{0.8}{500} = 1.6 \cdot 10^{-3} \frac{H}{m}$

⊕ $R_{m1} = \frac{1}{\mu_r} \cdot \frac{l_1}{A_1} = \frac{1}{1.6 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{95 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-6}} = 2.375 \cdot 10^6 \frac{1}{H}$

$R_{m0} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{l_0}{A_0} = \frac{1}{1.256 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-6}} = 159.155 \cdot 10^6 \frac{1}{H}$

$R_{mT} = R_{m0} + R_{m1} = 159.155 + 2.375 = 161.53 \cdot 10^6 \frac{1}{H}$

חוק הווקנטין
(נין אורס האנס)

⊕ $\Phi = \frac{N \cdot I}{R_{mT}}$

$20 \cdot 10^{-6} = \frac{300 I}{161.53 \cdot 10^6}$

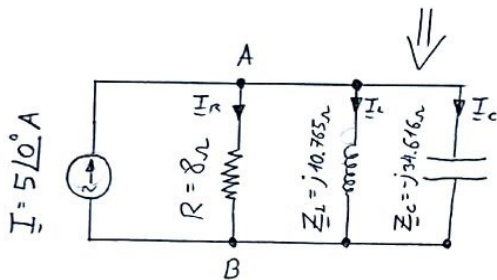
$I = 10.768 A$

שאלה מספר 5

5

$R = R_1 \parallel R_2 = \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{24}\right)^{-1} = 8 \Omega$
 $L = L_1 \parallel L_2 = \left(\frac{1}{60} + \frac{1}{80}\right)^{-1} = 34.285 \text{ mH}$
 $C = C_1 \parallel C_2 = 60 + 32 = 92 \mu\text{F}$

$\textcircled{2} \underline{I} = 5 \angle 0^\circ \text{ A} \quad \omega = 314 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \Rightarrow \underline{Z}_L = j\omega L = j314 \cdot 34.285 \cdot 10^{-3} = j10.765 \Omega$
 $\underline{Z}_C = -j \frac{1}{\omega C} = -j \frac{1}{314 \cdot 92 \cdot 10^{-6}} = -j34.616 \Omega$



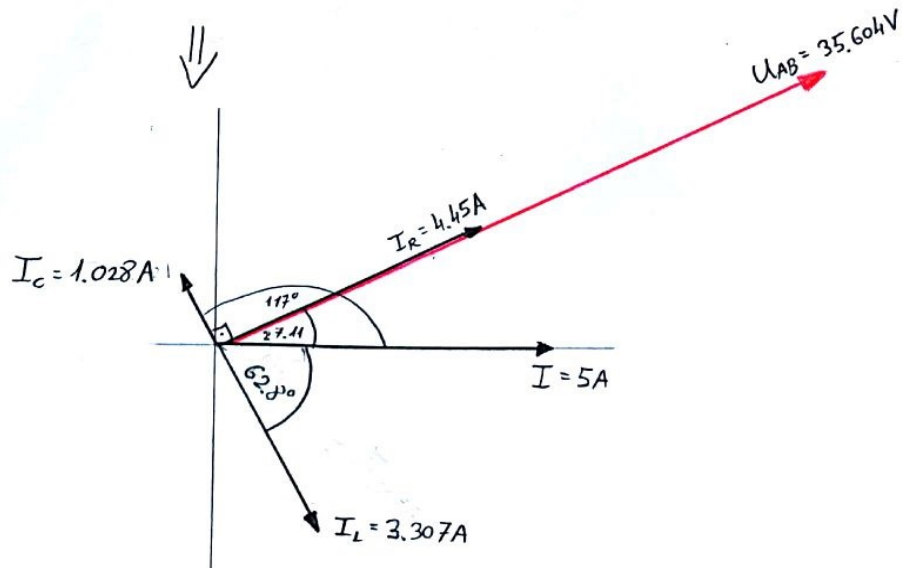
כזו שהמונח 'אמפרי' ניתן לטעם
אם U_{AB} , ואפשר לעשות זאת בכוח
שילוח וזרימי פ.טני אפיקור באמצעות
משל אישתי:

$$\underline{U}_{AB} = \frac{\underline{I}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{\underline{Z}_L} + \frac{1}{\underline{Z}_C}} = \frac{5 \angle 0^\circ}{\frac{1}{8} + \frac{1}{j10.765} + \frac{1}{-j34.616}} = 35.604 \angle 27.11^\circ \text{ V}$$

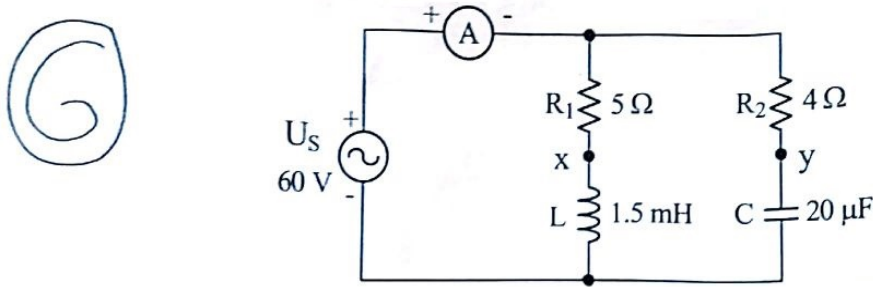
$\textcircled{2} \underline{I}_R = \frac{\underline{U}_{AB}}{R} = \frac{35.604 \angle 27.11^\circ}{8} = 4.45 \angle 27.11^\circ \text{ A}$

$\underline{I}_L = \frac{\underline{U}_{AB}}{\underline{Z}_L} = \frac{35.604 \angle 27.11^\circ}{j10.765} = 3.307 \angle -62.8^\circ \text{ A}$

$\underline{I}_C = \frac{\underline{U}_{AB}}{\underline{Z}_C} = \frac{35.604 \angle 27.11^\circ}{-j34.616} = 1.028 \angle 117.11^\circ \text{ A}$



שאלה מספר 6



למה מוסיף תמונה מקבילי? ע"כ, וזה כן יש להיחסם בנוסחה
המתאימה, ובנוסף גם להתייחס עם מוסיף מקביל שבו $X_c = X_L$ זה לא המקרה
בגרסה שלט! $X_L \neq X_c$

Ⓔ $R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{1.5 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-6}}} = \sqrt{75} = 8.66 \Omega$

$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \cdot \sqrt{\frac{R_0^2 - R_1^2}{R_0^2 - R_2^2}} = \sqrt{\frac{1}{1.5 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-6}}} \cdot \sqrt{\frac{75 - 5^2}{75 - 4^2}} = 5315 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$

$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{5315}{2\pi} = 845.9 \text{ Hz}$ $f_0 \approx 846 \text{ Hz}$

Ⓕ $Z_L = j\omega_0 L = j5315 \cdot 1.5 \cdot 10^{-3} = j7.972 \Omega$

$Z_C = -j \frac{1}{\omega_0 C} = -j \frac{1}{5315 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = -j9.407 \Omega$

כבר, לומר תזכיר טקסטה
שזה לא נכון, ולא כוונתי מתחילת
מקרה לא נכונה של תמונה
כמתקין

$Z_T = (R_1 + Z_L) \parallel (R_2 + Z_C) = \left(\frac{1}{5 + j7.972} + \frac{1}{4 - j9.407} \right)^{-1} = 10.554 \angle -0.0005^\circ = 10.554 \Omega$

$I_A = I_T = \frac{U_s}{Z_T} = \frac{60}{10.554} = 5.685 \text{ A}$ $I_A = 5.685 \text{ A}$

Ⓖ $\underline{U}_{xy} = \bar{V}_x - \bar{V}_y$

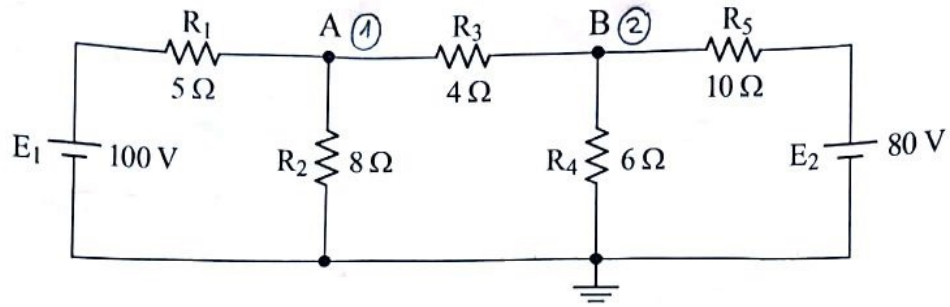
$= \bar{U}_L - \bar{U}_C = U_s \cdot \frac{Z_L}{R_1 + Z_L} - U_s \cdot \frac{Z_C}{R_2 + Z_C} = U_s \cdot \left(\frac{Z_L}{R_1 + Z_L} - \frac{Z_C}{R_2 + Z_C} \right) =$

$= 60 \angle 0^\circ \cdot \left(\frac{j7.972}{5 + j7.972} - \frac{-j9.407}{4 - j9.407} \right) = 49.228 \angle 99^\circ \text{ V}$

$\underline{U}_{xy} = 49.228 \angle 99^\circ \text{ V}$

שאלה מספר 7

7



$$\textcircled{E} \begin{cases} +G_{11}V_1 - G_{12}V_2 = I_{sc1} \\ -G_{21}V_1 + G_{22}V_2 = I_{sc2} \end{cases} \Rightarrow$$

$$G_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{5} + \frac{1}{8} + \frac{1}{4} = \frac{23}{40} \text{ S}$$

$$G_{22} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{10} = \frac{31}{60} \text{ S}$$

$$G_{12} = G_{21} = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{4} \text{ S}$$

$$I_{sc1} = \frac{E_1}{R_1} = \frac{100}{5} = 20 \text{ A}$$

$$I_{sc2} = \frac{E_2}{R_5} = \frac{80}{10} = 8 \text{ A}$$

$$\begin{cases} +\frac{23}{40}V_1 - \frac{1}{4}V_2 = 20 \\ -\frac{1}{4}V_1 + \frac{31}{60}V_2 = 8 \end{cases} \Leftarrow$$

$$V_1 = 52.575 \text{ V}$$

$$V_2 = 40.923 \text{ V}$$

$$\Rightarrow U_{AB} = V_1 - V_2 = 52.575 - 40.923$$

$$U_{AB} = 11.652 \text{ V}$$

$$\textcircled{2} I_{R_4} = \frac{U_{20}}{R_4} = \frac{V_2 - 0}{R_4} = \frac{40.923}{6} = 6.82 \text{ A}$$

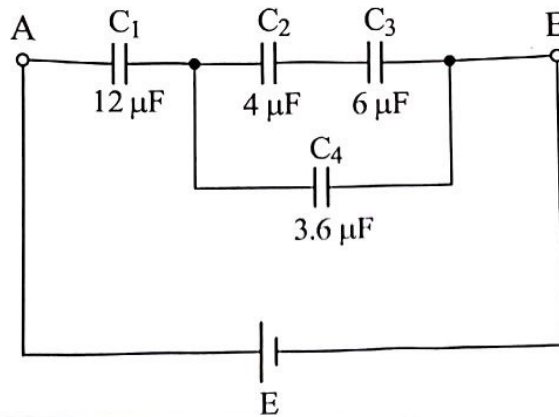
$$I_{R_4} = 6.82 \text{ A}$$

$$\textcircled{2} I_{E_1} = \frac{E_1 - V_1}{R_1} = \frac{100 - 52.575}{5} = 9.485 \text{ A}$$

$$P_{E_1} = I_{E_1} \cdot E_1 = 9.485 \cdot 100 = 948.5 \text{ W} \quad (\text{ק״ו})$$

$$P_{E_1} = 948.5 \text{ W}$$

שאלה מספר 8



$$\begin{aligned} \text{E) } C_T &= [(C_2 \rightarrow C_3) \parallel C_4] \rightarrow C_1 = \\ &= \left[\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right)^{-1} + 3.6 \right] \rightarrow 12 = \\ &= [2.4 + 3.6] \rightarrow 12 = \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{12} \right)^{-1} = 4 \mu F \end{aligned}$$

ב) $Q_3 = 10 \mu C \Rightarrow$ באר, מלפון הקבילים שווה

$$U_{2,3} = \frac{Q_{2,3}}{C_{2,3}} = \frac{10}{2.4} = 4.166 V$$

$$U_4 = U_{2,3} = 4.166 V$$

$$Q_4 = C_4 \cdot U_4 = 3.6 \cdot 10^{-6} \cdot 4.166 = 15 \mu C$$

צ"ע הציקרון שהמלפון
באר צבה, ואילו במקביל
הוא סכום המלפנים

$$Q_T = Q_1 = Q_4 + Q_3 = 15 + 10 = 25 \mu C$$

$$\text{D) } E = \frac{Q_T}{C_T} = \frac{25}{4} = 6.25 V$$