

פתרון מבחן מה"ט

תורת החשבון חזרה 2016

פתר: אבי יומטוביאן
yomtov7@gmail.com

©

כל הזכויות שמורות

1

$$\textcircled{b} \quad \underline{U}_{AB} = 40 \angle 0^\circ \text{ V}$$

החלפה
של
הקוטב

$$\underline{V}_A - \underline{V}_B = 40 \angle 0^\circ$$

$$\underline{U}_{X_L} - \underline{U}_{R_3} = 40 \angle 0^\circ$$

$$\underline{U} \cdot \frac{\underline{X}_L}{\underline{X}_L + R_1} - \underline{U} \frac{R_3}{R_3 + R_2} = 40 \angle 0^\circ$$

$$\underline{U} \cdot \left(\frac{j2}{4+j2} - \frac{7}{3+7} \right) = 40 \angle 0^\circ$$

$$\underline{U} \cdot (-0.5 + j0.4) = 40 \angle 0^\circ$$

$$\underline{U} = 62.47 \angle -141.34^\circ \text{ V}$$

$\Downarrow$

$$\boxed{U = 62.47 \text{ V}}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad \underline{Z}_T &= (R_1 + \underline{X}_L) \parallel (R_2 + R_3) = \left(\frac{1}{4+j2} + \frac{1}{3+7} \right)^{-1} = \\ &= (3+j) \Omega = 3.162 \angle 18.434^\circ \Omega \end{aligned}$$

$\Downarrow$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{62.47}{3.162} = 19.754 \text{ A}$$

$$\boxed{I = 19.754 \text{ A}}$$

$$\textcircled{2} \quad \textcircled{E} \quad A_1 = 150 \text{ cm}^2 = 150 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d_1 = 50 \text{ mm} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\epsilon_{r_1} = 1.885$$



$$C_1 = \epsilon_{r_1} \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A_1}{d_1} = 1.885 \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{150 \cdot 10^{-4}}{50 \cdot 10^{-3}} = 5 \text{ pF}$$



$$U_1 = U_s \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2}$$

$$140 = U_s \cdot \frac{3.5}{3.5 + 5}$$

$$140 = U_s \cdot \frac{7}{17}$$



$$U_s = 340 \text{ V}$$

$$\textcircled{2} \quad C_T = (C_1 \rightarrow C_2) \parallel C_3 = \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{3.5} \right)^{-1} + 2.5 =$$

$$= 2.058 + 2.5 = 4.558 \text{ pF}$$

$$C_T = 4.558 \text{ pF}$$

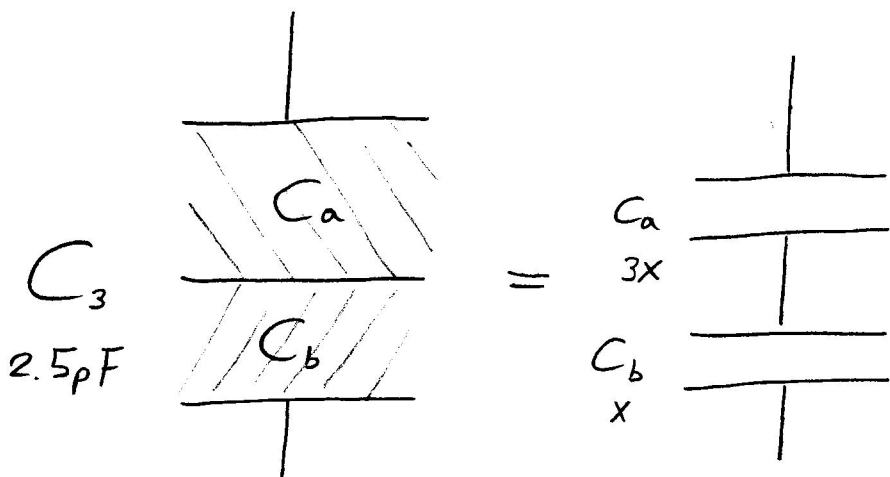


$$\textcircled{2} \quad Q_T = C_T \cdot U_s = 4.558 \cdot 10^{-12} \cdot 340 = 1.55 \text{ nC}$$

$$Q_T = 1.55 \text{ nC}$$

$$\textcircled{3} \quad C_b = \epsilon_{r_b} \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} = 3 \cdot \frac{\epsilon_0 A}{d} = 3X$$

$$C_a = \epsilon_{r_a} \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{2d} = 2 \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{2d} = \frac{\epsilon_0 A}{d} = X$$



$$C_a \rightarrow C_b = C_3$$

$$\left(\frac{1}{3X} + \frac{1}{X} \right)^{-1} = 2.5 \cdot 10^{-12}$$

$$\left(\frac{1+3}{3X} \right)^{-1} = 2.5 \cdot 10^{-12}$$

$$\frac{3X}{4} = 2.5 \cdot 10^{-12}$$

$$X = 3.333 \cdot 10^{-12}$$



$$\begin{aligned}
 C_a &= X = 3.333 \text{ pF} \\
 C_b &= 3X = 10 \text{ pF}
 \end{aligned}$$

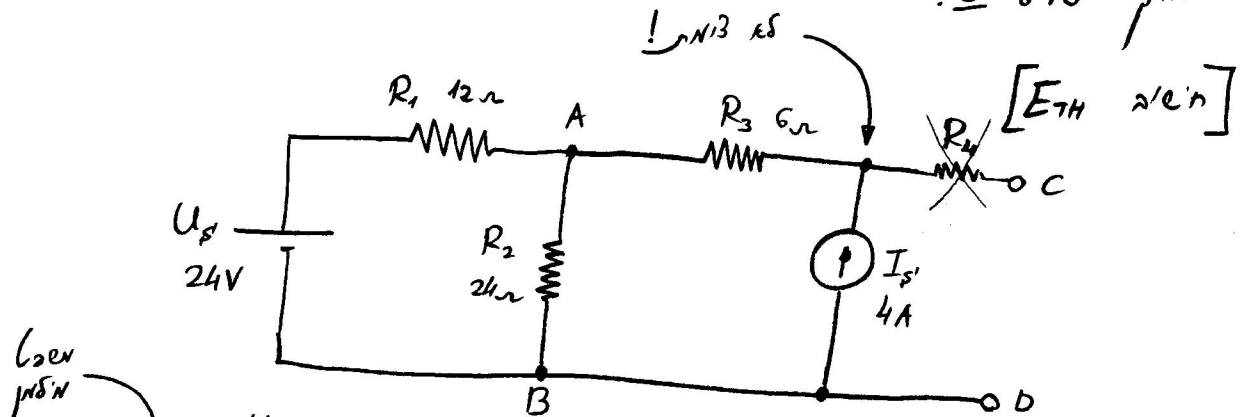
3

$$\textcircled{b} R_{TH} = (R_1 \parallel R_2) + R_3 + R_4 = (12 \parallel 24) + 6 + 4 = 8 + 10 = 18 \Omega$$

ז"פ. משל הזכרתי הספק מ'רבי:

$$R_L = R_{TH} = 18 \Omega$$

$\textcircled{c}$ בכני למצב של ההספק ה"ם אפשר לחבר את ה- R_L היחיד למצב ולמצוא את ההספק, אך צ"ע לאחור את המצב למצב תמורה מבין צ'בורק ס"ס 2.



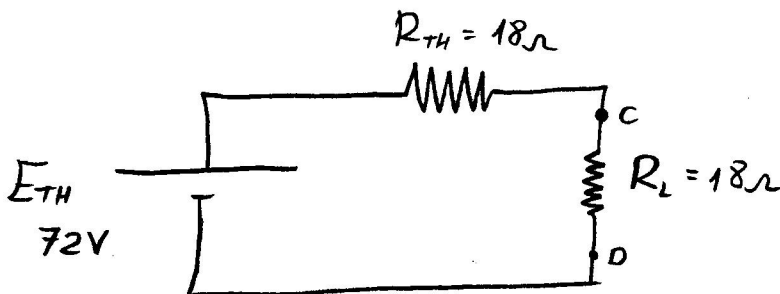
$$U_{AB} = \frac{\frac{U_s}{R_1} + I_s}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{\frac{24}{12} + 4}{\frac{1}{12} + \frac{1}{24}} = \frac{6}{\frac{1}{8}} = 48V$$

$\Downarrow$

$$E_{TH} = U_{R_3} + U_{AB} = I_s \cdot R_3 + U_{AB} = 4 \cdot 6 + 48 = 72V$$

[kVL]

$\Downarrow$



$\Downarrow$

$$I_{R_L} = \frac{E_{TH}}{R_L + R_{TH}} = \frac{72}{18 + 18} = 2A$$

$$P_{R_L \max} = I_{R_L}^2 \cdot R_L = 2^2 \cdot 18 = 72W$$

$$P_{R_L \max} = 72W$$

$$\textcircled{2} \quad P_{R_L} = 0.6 P_{R_L \max} = 0.6 \cdot 72 = 43.2W$$

$$P_{R_L} = I_{R_L}^2 \cdot R_L$$

$$43.2 = \left(\frac{E_{TH}}{R_{TH} + R_L} \right)^2 \cdot R_L$$

$$43.2 = \frac{72^2 R_L}{(18 + R_L)^2}$$



$$R_L = \begin{cases} 4.052 \Omega \\ 79.947 \Omega \end{cases}$$



$$P_R = I_R^2 \cdot R = 24.77^2 \cdot 1.1 = 674.943 \text{ W},$$

$$P_{Eeq} = I_R \cdot E_{eq} = 24.77 \cdot 54 = 1337.58 \text{ W},$$



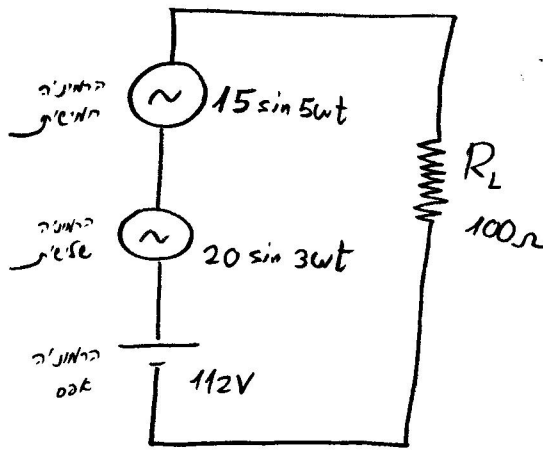
$$\textcircled{3} \quad \eta = \frac{P_R}{P_{Eeq}} \cdot 100\% = \frac{674.943}{1337.58} \cdot 100\%$$

$$\boxed{\eta = 50.4\%}$$

$$\textcircled{2} \quad t = \frac{Q_{eq}}{I_R} = \frac{m \cdot Q}{I_R} = \frac{4 \cdot 3.1}{24.77} = 0.5 \text{ h}$$

$$\boxed{t = 0.5 \text{ h} = 30 \text{ min}}$$

5



הרמוניקה הראשונה, והשנייה
הרמוניקה של 0
3-ה



$$\textcircled{1} U_{RMS} = \sqrt{U_{RMS_0}^2 + U_{RMS_3}^2 + U_{RMS_5}^2} =$$

$$= \sqrt{112^2 + \left(\frac{20}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{15}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{12856.5}$$

$$U_{RMS} = 113.386V$$



$$\textcircled{2} P_{R_L} = \frac{U_{RMS}^2}{R_L} = \frac{113.386^2}{100} = 128.565W$$

$$P_{R_L} = 128.565W$$

$$\textcircled{3} U_{AV} = U_{AV_0} + U_{AV_3} + U_{AV_5} = 112 + 0 + 0 = 112V$$

$$U_{AV} = 112V$$

$$\textcircled{3} U_{RMS} = \sqrt{U_{RMS_0}^2 + U_{RMS_3}^2 + U_{RMS_5}^2 + U_{RMS_7}^2}$$

$$120 = \sqrt{12856.5 + U_{RMS_7}^2}$$

$$120^2 = 12856.5 + U_{RMS_7}^2$$

$$U_{RMS_7}^2 = 1543.5$$

$$U_{RMS_7} = 39.287$$

$$\frac{U_{max_7}}{\sqrt{2}} = 39.287$$

$$U_{max_7} = 55.56V$$

6

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

$$G_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{2} = \frac{3}{4} S$$

$$I_{sc1} = I_{s1} = 3A$$

$$G_{22} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{2} + \frac{1}{1} = \frac{3}{2} S$$

$$I_{sc2} = -I_{s2} = -5A$$

$$G_{12} = G_{21} = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{2} S$$



$$\begin{cases} +\frac{3}{4}V_1 - \frac{1}{2}V_2 = 3 \\ -\frac{1}{2}V_1 + \frac{3}{2}V_2 = -5 \end{cases}$$



$$\begin{cases} V_1 = \frac{16}{7} = 2.285V \\ V_2 = -\frac{18}{7} = -2.571V \end{cases}$$



$$\textcircled{2} P_{R_1} = \frac{U_{10}^2}{R_1} = \frac{2.285^2}{4} = 1.306W_{//}$$

$$P_{R_2} = \frac{U_{12}^2}{R_2} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{R_2} = \frac{(2.285 + 2.571)^2}{2} = 11.795W_{//}$$

$$P_{R_3} = \frac{U_{20}^2}{R_3} = \frac{2.571^2}{1} = 6.612W_{//}$$

$$\textcircled{2} I_{R_2} = 0 \Rightarrow U_{12} = 0 \Rightarrow V_1 - V_2 = 0 \Rightarrow \boxed{V_1 = V_2}$$

נציב נתון זה בחציבת המשוואות שממשלם נמצא:

$$\textcircled{1} +\frac{3}{4}V_1 - \frac{1}{2}V_1 = 3$$

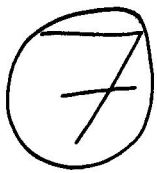
$$\textcircled{2} -\frac{1}{2}V_1 + \frac{3}{2}V_1 = I_{s2}$$

משוואה מספר 1 קודם לקבלת ע- V_1 יהיה שווה ל- $V_1 = 12V$.
נציב נתון חצי זה במשוואה 2 ונקבל:

$$-\frac{1}{2} \cdot 12 + \frac{3}{2} \cdot 12 = I_{s2}$$

$$\boxed{I_{s2} = 12A}$$

תוצאת הזרם יצאה חיובית, כלומר כיוון מקור הזרם כעבר ממצא



P 2/6 p/n
1.26 821N/P

(e)

$$\underline{I} = \frac{\underline{U}_{s_1} + \underline{U}_{s_2}}{R + \underline{X}_c} = \frac{400 \angle 0^\circ + 400 \angle 120^\circ}{100 - j100} = 2\sqrt{2} \angle 105^\circ \text{ A}$$

$$\underline{I} = 2.828 \angle 105^\circ \text{ A}$$

"816", KVL

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad \underline{U}_{OB} &= \underline{U}_R - \underline{U}_{s_2} = \underline{I} \cdot R - \underline{U}_{s_2} = \\ &= 2.828 \angle 105^\circ \cdot 100 - 400 \angle 0^\circ = 546.41 \angle 150^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

$$\underline{U}_{OB} = 546.41 \angle 150^\circ \text{ V}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{d} \quad \underline{S}_{u_{s_1}} &= \underline{I}^* \cdot \underline{U}_{s_1} = 2.828 \angle -105^\circ \cdot 400 \angle 120^\circ = \\ &= \underbrace{(1092.655)}_P + j \underbrace{(292.776)}_Q \text{ VA} = \\ &= 1131.2 \angle 15^\circ \text{ VA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 1092.655 \text{ W} \\ Q &= 292.776 \text{ VAR} \\ S &= 1131.2 \text{ VA} \end{aligned}$$

8) מוליך ארוך מאוד הנושא זרם חשמלי שבה חשלי רציף
שאלו נעו ז' המסחה הבאה:

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r}$$

התנע של $\mu = 1$ (אוויר) ולכן במקום μ נכתוב μ_0 שהוא $4\pi \cdot 10^{-7}$ טל.

אם כיוון הזרם החשמלי נע לאורך צפי כל יו ימין (כלל הקורט), ואם נע
הוא נע השדות מתחברים (לכיוון שמאל).

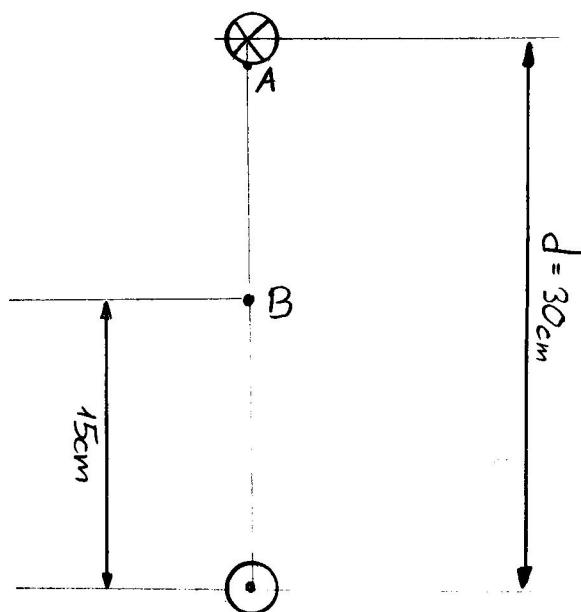
$$S = \pi R^2$$

$$314.16 = \pi R^2$$

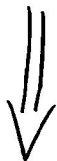
$$R^2 = 100 \text{ mm}^2$$

$$R = 10 \text{ mm}$$

נמצא את רציוס של מוליך ומוליך:



הזרם יש להתחבב ברציוס המוליך
במיל' שבה!



כזר נופל לזרם אר
הזה של כל מוליך באמצעות
המסחה של צפוף נקודה A:

$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2\pi R} = \frac{100 \mu_0}{2\pi \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 2000 \mu T$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 \cdot I_2}{2\pi (d-R)} = \frac{100 \cdot \mu_0}{2\pi (30 \cdot 10^{-2} - 10 \cdot 10^{-3})} = 68.965 \mu T$$

$$\Rightarrow B_A = B_1 + B_2 = 2068.965 \mu T$$



$$H_A = \frac{B_A}{\mu_0} = \frac{2068.965 \cdot 10^{-6}}{\mu_0}$$

$$H_A = 1646.43 \frac{A}{m}$$

Ⓒ נחזור על התהליך פי התנאים החדשים ונקבל ב:

$$B_1 = B_2 = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot r} = \frac{100 \mu_0}{2\pi \cdot 15 \cdot 10^{-2}} = 133.333 \mu T$$

$\Downarrow$

$$B_B = B_1 + B_2 = 266.666 \mu T$$

$\Downarrow$

$$H_B = \frac{B_B}{\mu_0} = \frac{266.666 \cdot 10^{-6}}{\mu_0}$$

$$H_B = 212.206 \frac{A}{m}$$

Ⓓ נתן לחשב את הכוח לחיצה אורך הכוזה על כל אחד מן המוליכים

באמצעות הנוסחה:

$$F = \frac{\mu \cdot I_1 \cdot I_2}{2\pi d}$$

$\Downarrow$

כיוון I_2 צפונה לכיוון I_1

$$F = \frac{\mu_0 \cdot 100 \cdot (-100)}{2\pi \cdot 30 \cdot 10^{-2}} = -6.666 \cdot 10^{-3} \frac{N}{m}$$

הכוח שפועל על המוליכים יהיה כוח צחי

$$F = 6.666 \cdot 10^{-3} \frac{N}{m}$$

כוח צחי