

פתרון מבחן מה"ט

תורת

החשמל

אביב 2004

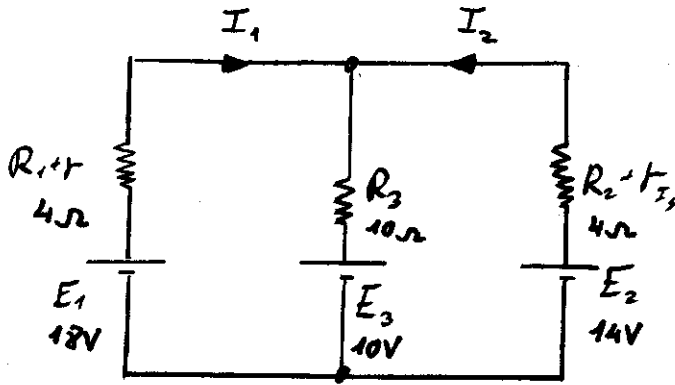
פתר: אבי יומטוביאן

©

כל הזכויות שמורות

1

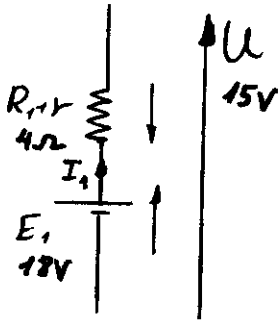
$$g = 0.5 S \Rightarrow r_{I_3} = \frac{1}{g} = 2 \Omega$$



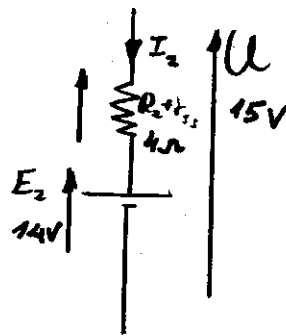
$$E_2 = I_3 \cdot r_{I_3} = 7 \cdot 2 = 14V$$

יחסית לזרם הנתון נרשם P_{I_3} כך נמדד רק E_2

$$U = \frac{\frac{E_1}{R_1+r} + \frac{E_3}{R_3} + \frac{E_2}{R_2+r_{I_3}}}{\frac{1}{R_1+r} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2+r_{I_3}}} = \frac{\frac{18}{4} + \frac{10}{10} + \frac{14}{4}}{\frac{1}{4} + \frac{1}{10} + \frac{1}{4}} = \frac{9}{0.6} = 15V$$



$$I_1 = \frac{E_1 - U}{R_1+r} = \frac{18-15}{4} = 0.75A$$

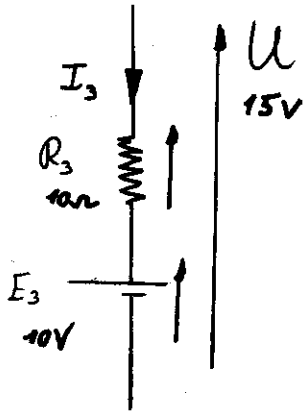


$$I_2 = \frac{U - E_2}{R_2+r_{I_3}} = \frac{15-14}{4} = 0.25A$$

כיוון הזרם I_2 הוא
הפוך לזה שצוין
בשרטוט

$$I_2 = -0.25A$$

1



$$I_3 = \frac{U - E_3}{R_3} = \frac{5}{10} = 0.5A$$

הכנסו את ערכי ה-10V ו-15V
 והצדדים יתאזנו

⇓

$$= \underline{\underline{0.5A}} \quad E_3$$

②

$$\underline{U}_1 = 15 \angle 0 \text{ V}$$

$$R_1 = 196.9 \Omega$$

$$C_1 = 0.16 \mu\text{F}$$

$$f = 5 \text{ kHz}$$

$$R_2 = 50 \Omega$$

$$C_2 = 0.63 \mu\text{F}$$



$$\underline{X}_{C_1} = \frac{1}{j2\pi f C_1} = -j \frac{1}{2\pi f C_1} = -j \frac{1}{2\pi \cdot 5000 \cdot 0.16 \cdot 10^{-6}} = -j198.944 \Omega$$

$$\underline{X}_{C_2} = \frac{1}{j2\pi f C_2} = -j \frac{1}{2\pi \cdot 5000 \cdot 0.63 \cdot 10^{-6}} = -j50.525 \Omega$$



$$\textcircled{1} \quad \underline{Z}_2 = R_2 \parallel \underline{X}_{C_2} = \frac{R_2 \cdot \underline{X}_{C_2}}{R_2 + \underline{X}_{C_2}} = \frac{-j50.525 \cdot 50}{50 - j50.525} = 35.539 \angle -44.7^\circ \Omega //$$

$$\textcircled{2} \quad \underline{Z}_1 = R_1 + \underline{X}_{C_1} = 196.9 + (-j198.944) = 279.907 \angle -45.3^\circ \Omega$$



$$\underline{I}_T = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2} = \frac{15 \angle 0}{279.907 \angle -45.3 + 35.539 \angle -44.7} = 47.551 \angle 45.22^\circ \text{ mA} //$$



$$\textcircled{3} \quad \underline{U}_2 = \underline{I}_T \cdot \underline{Z}_2 = 47.551 \cdot 10^{-3} \angle 45.22 \cdot 35.539 \angle -44.7 = 1.7 \angle 0.005 \text{ V} = 1.7 \angle 0 \text{ V}$$



$$P_{u_1} = 0^\circ$$

$$P_{u_2} = 0^\circ$$

$$\Rightarrow P_{u_2} - P_{u_1} = 0 //$$

③

3

$$U_{max} = 176.8V \Rightarrow U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = 125V$$

$$I_{max} = 9A \Rightarrow I = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 6.363A$$

$$\textcircled{A} \quad \frac{T}{2} = 20_{ms} \Rightarrow T = 40_{ms}$$

⇓

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{40 \cdot 10^{-3}} = 25Hz,$$

$$3.333_{ms} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{6}$$

ⓐ של פיזיקה עם זרימה הזמן שווה ל-
ולכן ניתן לראות שהזמן פרופורציונלי לזרימה הזרימה
בפיזיקה אחר ←

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{\phi}{360^\circ}$$

$$\frac{3.333 \cdot 10^{-3}}{40 \cdot 10^{-3}} = \frac{\phi}{360^\circ} \Rightarrow \phi = 30^\circ$$

וכאמור שהזווית בין אפס המשי (φ > 0)
הזווית φ של המזמן היא גם הזווית של הערכה
הכוחות של הזמן

⇓

$$\textcircled{b} \quad Z = \frac{U}{I} = \frac{125}{6.363} = 19.644 \Omega$$

⇓

$$\underline{Z} = 19.644 \angle 30^\circ \Omega = (17.013 + j9.822) \Omega$$

$$\textcircled{c} \quad \underline{S} = \underline{Z} \cdot I^2 = 19.644 \angle 30^\circ \cdot 6.363^2 = 3220.3 \angle 30^\circ VA =$$

$$= (\underbrace{688.815}_{P [W]} + j \underbrace{397.688}_{Q [VAR]}) VA$$

ⓓ

4

$$E = 1.5V$$

$$r = 1.9\Omega$$

$$Q = 300mAh$$

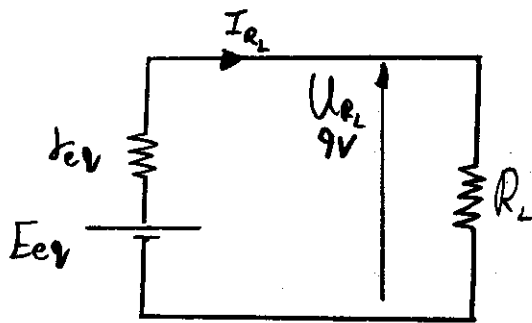
$$U_{R_L} = 9V$$

$$I_{R_L} = 790mA$$



$$\textcircled{1} P_{R_L} = U_{R_L} \cdot I_{R_L} = 9 \cdot 790 \cdot 10^{-3} = 7.11W$$

$$\textcircled{2} R_L = U_{R_L} / I_{R_L} = 9 / 790 \cdot 10^{-3} = 11.392\Omega$$



מחשבים את ההתנגדות המינימלית הנדרשת



$$r_{eq} = R_L = 11.392\Omega$$

$$r_{eq} = \frac{n}{m} r$$

$$11.392 = \frac{n}{m} \cdot 1.9$$

$$\boxed{n = 6m}$$

מחשבים את המסה של הניקל הנדרשת

$$U_{R_L} = E_{eq} - I_{R_L} \cdot r_{eq}$$

$$9 = E_{eq} - 790 \cdot 10^{-3} \cdot 11.392$$

$$9 = E_{eq} - 9$$

$$E_{eq} = 18V \quad \textcircled{3}$$

$$nE = 18$$

$$n \cdot 1.5 = 18$$

$$\boxed{n = 12}$$



$$m = \frac{n}{6} = \frac{12}{6}$$

$$\boxed{m = 2}$$



$$\textcircled{d} \quad Q_{\text{eq}} = mQ = 2 \cdot 300 \cdot 10^{-3} = 600_{\text{mAh}}$$

$$\Delta t = \frac{Q_{\text{eq}}}{I_{\text{rel}}} = \frac{600 \cdot 10^{-3}}{790 \cdot 10^{-3}} = 0.759 \text{ h} =$$

$$= 0.759 \cdot 60 \text{ min} = 45.57 \text{ min},$$

5

בתרומה מקבילים 'ענ'

כך שכל התחמאות אצבו נתונות בטוחות.
נתון שר הזכרים הנתונים בטובה הוא הסימונים
שבטוחות, כך שיקם זכרם אהמין:

$$r_c = R = 8 \Omega$$

$$L = 33 \text{ mH}$$

$$r_L = R = 8 \Omega$$

$$C = 16 \mu\text{F}$$

$$R = \infty \text{ (ק"מ)}$$

$$U = 8 \angle 0 \text{ V}$$

!
322
מחלקת
8 ק"מ
מחלקת
U

כמו כן נחשב את R_0

$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{33 \cdot 10^{-3}}{16 \cdot 10^{-6}}} = 45.414 \Omega$$



$$\begin{aligned} \text{E)} \quad \omega_0 &= \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{\frac{R_0^2 - r_L^2}{R_0^2 - r_c^2}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot \sqrt{\frac{R_0^2 - 8^2}{R_0^2 - 8^2}} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot 1 = \sqrt{\frac{1}{33 \cdot 10^{-3} \cdot 16 \cdot 10^{-6}}} = 1376.2 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \end{aligned}$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1376.2}{2\pi} = 219.03 \text{ Hz}$$



$$\text{B)} \quad X_L = j\omega_0 L = j1376.2 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = j45.414 \Omega$$

$$X_C = -j \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{1}{j1376.2 \cdot 16 \cdot 10^{-6}} = -j45.414 \Omega$$

$$Z_1 = R + X_L = 8 + j45.414 = 46.113 \angle 80^\circ \Omega$$

$$Z_2 = R + X_C = 8 - j45.414 = 46.113 \angle -80^\circ \Omega$$

7

$$\underline{I}_L = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}_1} = \frac{8 \angle 0}{46.113 \angle -80} = 173.486 \angle -80 \text{ mA}$$

$$\underline{I}_C = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}_2} = \frac{8 \angle 0}{46.113 \angle -80} = 173.486 \angle -80 \text{ mA}$$

$$\underline{I} = \underline{I}_L + \underline{I}_C = 173.486 \cdot 10^{-3} \angle -80 + 173.486 \cdot 10^{-3} \angle -80 = 60.194 \angle 0 \text{ mA}$$

ד) אלו קבוצות הזרם \Rightarrow קבוצות הזרם

הזרם
 \Downarrow
 $\underline{U} = 8 \angle 0$
 \Leftarrow זרם הזרם המופץ של הזרם
 \underline{I} זרם הזרם
 זרם הזרם $\angle 0^\circ$

\Downarrow
 \underline{Z}_2 זרם הזרם יותר זרם הזרם
 \underline{Z}_1 זרם הזרם יותר זרם הזרם

$$\underline{Z}_2 > \underline{Z}_1$$

$$\sqrt{r_c^2 + x_c^2} > \sqrt{r_L^2 + x_L^2}$$

$$r_c^2 + x_c^2 > r_L^2 + x_L^2$$

$$\cancel{r^2} + x_c^2 > \cancel{r^2} + x_L^2$$

$$x_c > x_L$$

$$\frac{1}{\omega C} > \omega L$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} > \omega \Rightarrow$$

8

זרם הזרם ω
 קבוצות הזרם ω_0
 (זרם הזרם)
 הזרם הזרם קבוצות
 אלו קבוצות

בגודל R_3 לא ברור שיש זרם, ולכן נוסף המרחק 18V
 שווה 0.5.

6

המחיר הנמוך הוא בגודל R_3 כוללת בטובה שניתן בקלות
 לרשום בה את הזרם =

$$\textcircled{E} \quad I = \frac{E_2 + E_1}{R_1 + R_2} = \frac{24 + 12}{40 + 160} = 0.18 \text{ A} = 180 \text{ mA}$$

⇓

$$U_{ab} = + I \cdot R_2 - E_2 = 0.18 \cdot 160 - 24 = 4.8 \text{ V}$$

$$U_{TH} = U_{ab} = 4.8 \text{ V}$$

R_{TH} נמצא על ידי

$$R_{TH} = (R_1 \parallel R_2) + R_3 = 32 + 16 = 48 \Omega$$

⇓

$$U_{TH} = 4.8 \text{ V}$$

$$R_{TH} = 48 \Omega$$

⇒

$$I_N = \frac{U_{TH}}{R_{TH}} = \frac{4.8}{48} = 0.1 \text{ A} = 100 \text{ mA}$$

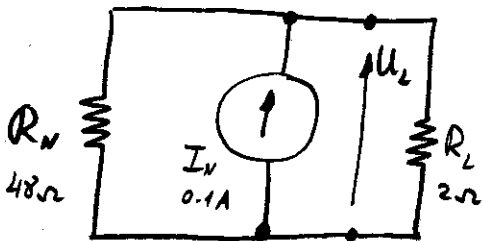
$$R_N = R_{TH} = 48 \Omega$$

⇓

$$I_N = 100 \text{ mA}$$

$$G_N = \frac{1}{R_N} = \frac{1}{48} = 20.833 \text{ mS}$$

7



$$U_L = I_N \cdot (R_N \parallel R_L) = 0.1 \cdot (48 \parallel 2) = 0.192 \text{ V}$$

$$P_{Load} = \frac{U_L^2}{R_L} = \frac{0.192^2}{2} = 18.432 \text{ mW}$$

9

7

$$U = 28 \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$N = 500$$

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

$$R = 8 \Omega$$

חלק 1

$$\mu_{r1} = 1800$$

$$\mu_{o1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}$$

$$l_1 = 0.12 \text{ m}$$

$$A_1 = 1.8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

חלק 2

$$\mu_{r2} = 125$$

$$\mu_{o2} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}$$

$$l_2 = 2.75 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$A_2 = 1.8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

300

כאן

כל הענפים

מחברים

במורה

ובין השורות

בתוך פורמט:

חלק 3

3N 8in

$$\mu_{r3} = 1$$

$$\mu_{o3} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}$$

$$l_{3 \text{ out}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$A_3 = 1.8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

חלק 3

3N 2in

$$\mu_{r3} = 1$$

$$\mu_{o3} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}$$

$$l_{3 \text{ in}} = 0.25 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$A_3 = 1.8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$



$$\textcircled{E} R_{m1} = \frac{l_1}{\mu_{o1} \cdot \mu_{r1} \cdot A_1} = \frac{0.12}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1800 \cdot 1.8 \cdot 10^{-4}} = 2.947 \cdot 10^5 \frac{1}{\text{H}}$$

$$R_{m2} = \frac{l_2}{\mu_{o2} \cdot \mu_{r2} \cdot A_2} = \frac{2.75 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 125 \cdot 1.8 \cdot 10^{-4}} = 0.972 \cdot 10^5 \frac{1}{\text{H}}$$

$$R_{m3 \text{ in}} = \frac{l_{3 \text{ in}}}{\mu_{o3} \cdot \mu_{r3} \cdot A_3} = \frac{0.25 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 1.8 \cdot 10^{-4}} = 11.052 \cdot 10^5 \frac{1}{\text{H}}$$

$$R_{m3 \text{ out}} = \frac{l_{3 \text{ out}}}{\mu_{o3} \cdot \mu_{r3} \cdot A_3} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 1.8 \cdot 10^{-4}} = 132.629 \cdot 10^5 \frac{1}{\text{H}}$$

כל שטח
במרכז פנים
ובמרכז חוץ
במילים אחרות

$$\textcircled{2} R_{m_T \text{ in}} = R_{m_1} + R_{m_2} + R_{3 \text{ in}} = 2.947 + 0.972 + 11.052 =$$

$$= 14.971 \cdot 10^5 \frac{1}{\Omega} "$$

$$R_{m_T \text{ out}} = R_{m_1} + R_{m_3} + R_{3 \text{ out}} = 2.947 + 0.972 + 132.629 =$$

$$= 136.548 \cdot 10^5 \frac{1}{\Omega} "$$

$$\textcircled{d} L_{\text{in}} = \frac{N^2}{R_{m_T \text{ in}}} = \frac{500^2}{14.971 \cdot 10^5} = 167 \text{ mH}$$

$$L_{\text{out}} = \frac{N^2}{R_{m_T \text{ out}}} = \frac{500^2}{136.548 \cdot 10^5} = 18.3 \text{ mH}$$



$$\textcircled{3} X_{L \text{ in}} = j 2\pi f L_{\text{in}} = j 2\pi \cdot 50 \cdot 167 \cdot 10^{-3} = j 52.464 \Omega$$

$$X_{L \text{ out}} = j 2\pi f L_{\text{out}} = j 2\pi \cdot 50 \cdot 18.3 \cdot 10^{-3} = j 5.75 \Omega$$



$$\underline{I}_{\text{in}} = \frac{\underline{u}}{R + X_{L \text{ in}}} =$$

$$= \frac{28 \angle 0}{8 + j 52.464} = 527.6 \angle -91 \text{ mA}$$



$$I_{\text{in}} = 527.6 \text{ mA} "$$



$$\underline{I}_{\text{out}} = \frac{\underline{u}}{R + X_{L \text{ out}}} =$$

$$= \frac{28 \angle 0}{8 + j 5.75} = 2.842 \angle -35^\circ \text{ A}$$



$$I_{\text{out}} = 2.842 \text{ A}.$$

$$\textcircled{1} \textcircled{E} E_{TH} = E \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 50 \frac{240}{250} = 48V,$$

$$R_{TH} = R_1 \parallel R_2 = 10 \parallel 240 = 9.6 \Omega,$$

$$\textcircled{2} Q = C \cdot U = C \cdot E_{TH} = 1500 \cdot 10^{-6} \cdot 48 = 72 \text{ mC},$$

$$W = 0.5 C \cdot U^2 = 0.5 \cdot 1500 \cdot 10^{-6} \cdot 48^2 = 1.728 \text{ J}$$

כך למחר שלב תופצות המוצא יסת"א וקב"ל זרם פתיקה
ש"ה לאפס, ולכן:

$$W_L = \frac{L \cdot I^2}{2} = \frac{L}{2} \cdot 0^2 = 0 \text{ J}$$

$$U_C = U_{R_2} = 0 \quad \text{כ"ס זרם המוצא
הפתיקה}$$

$$\Downarrow$$

$$W_C = \frac{C \cdot U_C^2}{2} = \frac{C}{2} \cdot 0^2 = 0 \text{ J}$$

כל האנרגיה התבזבזה
על אנרגיית חום הנצ'פ
R₂ - R₃

כך נקב"ל מוצא של R₃ מחוקי במקב"ל R₂, והקב"ל
לזרם מחוקי הזרם R₁, ולכן:

$$I_T = \frac{E}{R_1 + R_2 \parallel R_3} = \frac{50}{10 + 240 \parallel 0.4} = \frac{50}{10.4} = 4.8 \text{ A}$$

$$I_L = I_T \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 4.8 \frac{240}{240 + 0.4} = 4.799 \text{ A}$$

$$\Downarrow$$

$$W_L = \frac{L \cdot I_L^2}{2} = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 4.799^2}{2} = 0.345 \text{ J},$$