

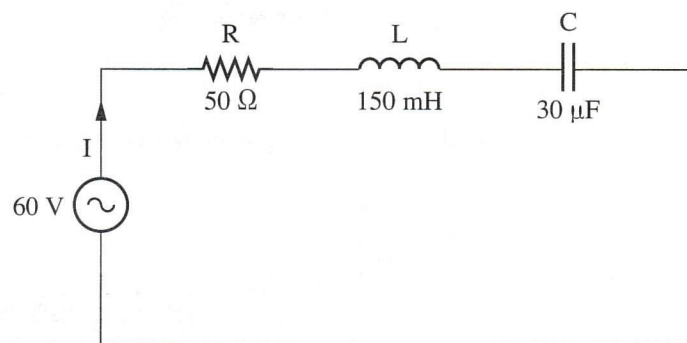
השאלות

בשאלון זה שמונה שאלות. יש לענות על 4 שאלות בלבד. לכל שאלה – 25 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.

פרק ראשון: מערכות חשמל

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מתואר מעגל חשמלי הפועל בזרם חילופין ונמצא במצב תהודה.



איור לשאלה 1

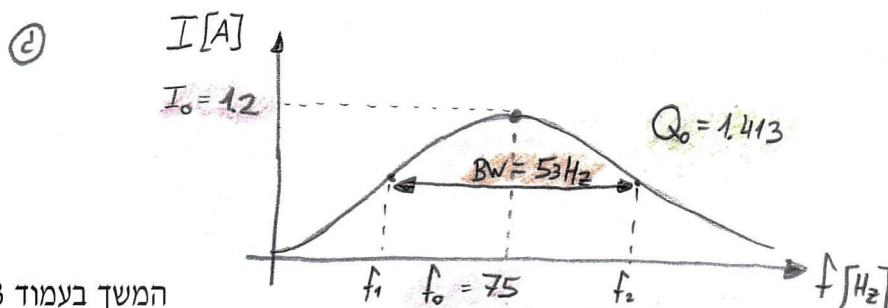
- (12 נק') א. חשבו את תדר התהודה, את גורם הטיב ואת רוחב הפס של המעגל.
(6 נק') ב. חשבו את המתח המתפתח על הקבל, את המתח המתפתח על הסליל ואת הזרם במעגל.
(7 נק') ג. סרטטו גרף (עקום היענות) המתאר את עוצמת הזרם במעגל כפונקצייה של התדר. ציינו בסרטוט את הערכים שחישבתם בסעיפים הקודמים, פרט גורם הטיב של המעגל.

$$\text{ב) } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{150 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 10^{-6}}} \approx 75 \text{ Hz}$$

$$Q_0 = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{2\pi f_0 \cdot L}{R} = \frac{2\pi \cdot 75 \cdot 150 \cdot 10^{-3}}{50} = 1.413 \Rightarrow BW = \frac{f_0}{Q_0} = \frac{75}{1.413} = 53 \text{ Hz}$$

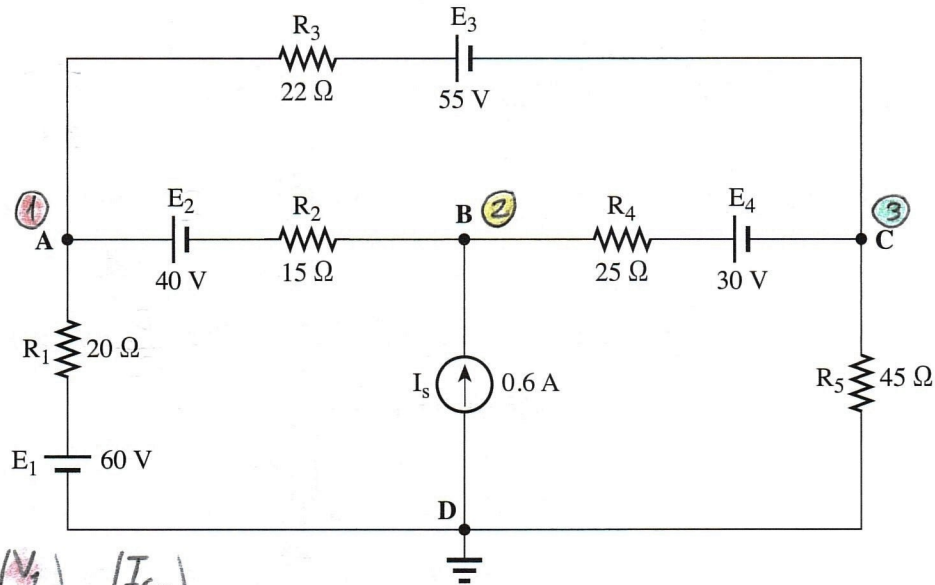
$$\text{ג) } I_0 = \frac{U}{R} = \frac{60 \angle 0^\circ}{50} = 1.2 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$U_L = U_C = U \cdot Q_0 = 60 \cdot 1.413 = 84.78 \text{ V} \begin{cases} U_L = 84.78 \angle 90^\circ \text{ V} \\ U_C = 84.78 \angle -90^\circ \text{ V} \end{cases}$$



שאלה 2

באיור לשאלה 2 מתואר מעגל חשמלי. נקודה D חוברת לפוטנציאל האפס.



איור לשאלה 2

$$\begin{pmatrix} G_{11} & -G_{12} & -G_{13} \\ -G_{21} & G_{22} & -G_{23} \\ -G_{31} & -G_{32} & G_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{s1} \\ I_{s2} \\ I_{s3} \end{pmatrix}$$

1. כתבו מערכת משוואות לפתרון המעגל החשמלי בשיטת מתחי צמתים. (10 נק')

$$G_{11} = \frac{1}{20} + \frac{1}{15} + \frac{1}{22} = \frac{107}{660} S$$

2. כתבו ייצוג מטריציאלי של המשוואות שכתבתם בתשובה לסעיף 1.

$$G_{22} = \frac{1}{15} + \frac{1}{25} = \frac{8}{75} S$$

ב. חשבו את המתח בנקודות A, B, C. (8 נק')

$$G_{33} = \frac{1}{22} + \frac{1}{25} + \frac{1}{45} = \frac{533}{4950} S$$

ג. חשבו את ההספק של מקור המתח E_2 וציינו אם E_2 משמש כמקור או כצרכן. (7 נק')

$$G_{12} = G_{21} = \frac{1}{15} S$$

$$G_{13} = G_{31} = \frac{1}{22} S$$

$$G_{23} = G_{32} = \frac{1}{25} S$$

$$I_{s1} = \frac{60}{20} + \frac{40}{15} + \frac{55}{22} = 8.166 A$$

$$I_{s2} = -\frac{40}{15} + 0.6 + \frac{30}{25} = -0.866 A$$

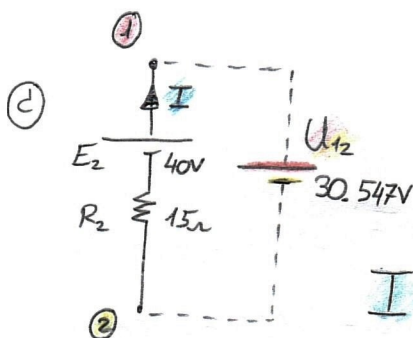
$$I_{s3} = -\frac{55}{22} - \frac{30}{25} = -3.7 A$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} \frac{107}{660} & -\frac{1}{15} & -\frac{1}{22} \\ -\frac{1}{15} & \frac{8}{75} & -\frac{1}{25} \\ -\frac{1}{22} & -\frac{1}{25} & \frac{533}{4950} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 8.166 \\ -0.866 \\ -3.7 \end{pmatrix}$$

⇓

$$\textcircled{2} V_A = V_1 = 68.244 V \quad V_B = V_2 = 37.696 V$$

$$V_C = V_3 = 8.45 V$$



$$I = \frac{E_2 - U_{12}}{R_2} = \frac{40 - 30.547}{15} = 0.63 A$$

⇓

המשך בעמוד 4

$$P_{E_2} = I \cdot E_2 = 0.63 \cdot 40 = 25.2 W \text{ (7 נק')}$$

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון תרשים של עומס תלת-מופעי המחובר בחיבור כוכב. העומס Z_2 מוזן מרשת תלת-מופעית באמצעות קו הזנה שעכבתו Z_1 .

נתונים:

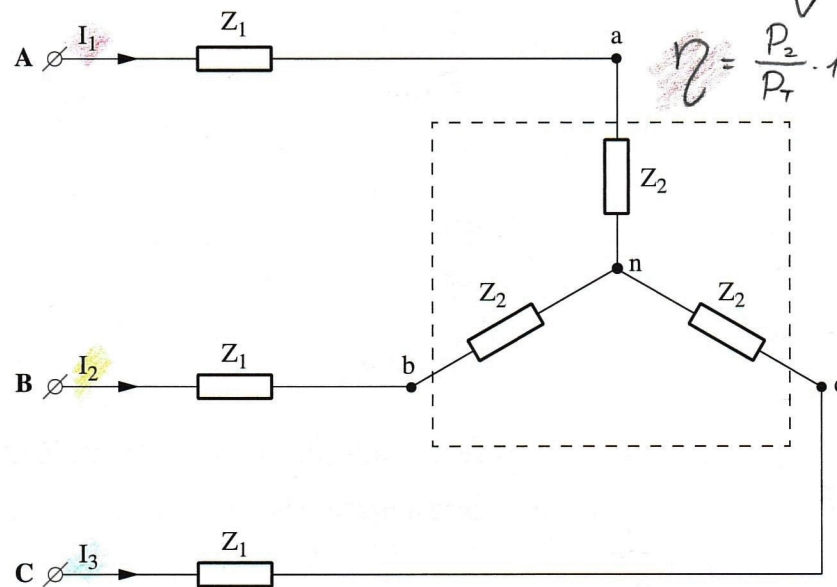
$$U_{an} = 220 \angle 0^\circ \text{ V} ; U_{bn} = 220 \angle -120^\circ \text{ V} ; U_{cn} = 220 \angle +120^\circ \text{ V}$$

$$Z_1 = (5 + j8) \frac{\Omega}{\text{ph}} ; Z_2 = (75 + j50) \frac{\Omega}{\text{ph}}$$

$$\textcircled{1} P_2 = 3 \cdot I_L^2 \cdot R_2 = 3 \cdot 2.44^2 \cdot 75 = 1339.56 \text{ W}$$

$$P_T = 1428.89 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_T} \cdot 100\% = \frac{1339.56}{1428.89} \cdot 100\% = 93.74\%$$



איור לשאלה 3

10 נק') א. חשבו את פאזורי הזרמים הקווים I_1, I_2, I_3 .

8 נק') ב. 1. חשבו את ההספק הפעיל P_T , את ההספק ההיגבי Q_T ואת ההספק המדומה S_T שנצרכים מהרשת.

2. סרטטו את משולש הספקים של המעגל.

7 נק') ג. חשבו את נצילות העברת ההספק של הרשת.

$$\textcircled{E} I_1 = \frac{U_{an}}{Z_2} = \frac{220 \angle 0^\circ}{75 + j50} = 2.44 \angle -33.7^\circ \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U_{bn}}{Z_2} = \frac{220 \angle -120^\circ}{75 + j50} = 2.44 \angle -153.7^\circ \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{U_{cn}}{Z_2} = \frac{220 \angle 120^\circ}{75 + j50} = 2.44 \angle 86.3^\circ \text{ A}$$

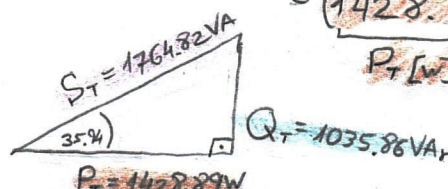
$$\textcircled{2} Z_1 + Z_2 = (80 + j58) \Omega = 98.813 \angle 35.94^\circ \Omega \Rightarrow \varphi = +35.94^\circ$$

$$U_{ph} = |I_L (Z_1 + Z_2)| = 241.1 \text{ V} \Rightarrow S_T = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot U_L \angle \varphi = \sqrt{3} \cdot 2.44 \cdot 417.6 \angle 35.94^\circ = (1428.89 - j1035.86) \text{ VA} = 1764.82 \angle 35.94^\circ$$

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_{ph} = 417.6 \text{ V}$$

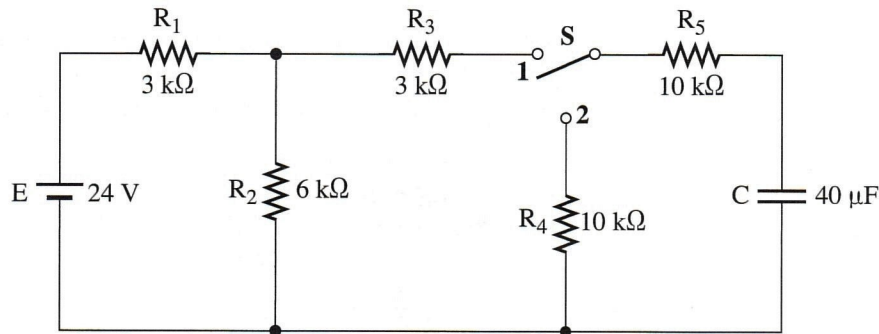
$$I_L = I_1 = 2.44 \text{ A}$$

המשך בעמוד 5



שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתואר מעגל חשמלי.



איור לשאלה 4

$$\textcircled{1} E_{TH} = E \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 24 \cdot \frac{6}{9} = 16V$$

המפסק S נמצא במצב "2" זמן רב מאוד. בזמן $t = 0$ מעבירים את המפסק S למצב "1".

$$R_{TH} = (R_1 \parallel R_2) + R_3 + R_5 = (3 \parallel 6) + 13 = 15k\Omega$$

א. (6 נק')

1. חשבו את הזרם הזורם דרך הקבל C ברגע העברת המפסק למצב "1" ($t = 0^+$).

2. חשבו את המתח על הקבל C במצב מתמיד.

$$\Downarrow$$

$$[1] i_C(0^+) = \frac{E_{TH}}{R_{TH}} = \frac{16}{15} = 1.066mA$$

ב. (6 נק')

$$[2] U_C(\infty) = E_{TH} = 16V$$

1. חשבו את קבוע זמן הטעינה.

2. כתבו ביטוי המתאר את המתח על פני הקבל בתלות בזמן.

$$\textcircled{2} \tau = R_{TH} \cdot C =$$

$$= 15 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 0.6 \text{ sec}$$

ג. (6 נק') חשבו את הזמן שיעבור עד שהמתח על הקבל יגיע ל-8 V.

בזמן שהמתח על הקבל מגיע ל-8 V, מעבירים את המפסק S למצב 2.

ד. (6 נק') חשבו את המתח על הקבל C כעבור $t = 0.5 \text{ sec}$ מרגע העברת המפסק למצב 2.

$$U_C(t) = U_C(\infty) - [U_C(\infty) - U_C(0^+)] \cdot e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} = 16 - [16 - 0] e^{-\frac{\Delta t}{0.6}} =$$

$$= 16 - 16e^{-\frac{\Delta t}{0.6}} [V]$$

$\Downarrow$

$$\textcircled{2} 8 = 16 - 16e^{-\frac{\Delta t}{0.6}} \Rightarrow \Delta t = 0.4158 \text{ sec}$$

$$\textcircled{3} \tau = (R_4 + R_5) \cdot C = 20 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 0.8 \text{ sec}$$

$\Downarrow$

$$U_C(0.5 \text{ sec}) = U_C(\infty) - [U_C(\infty) - U_C(0^+)] e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} =$$

$$= 0 - [0 - 8] \cdot e^{-\frac{0.5}{0.8}} =$$

$$= 8e^{-\frac{0.5}{0.8}} = 4.282V$$