

השאלות

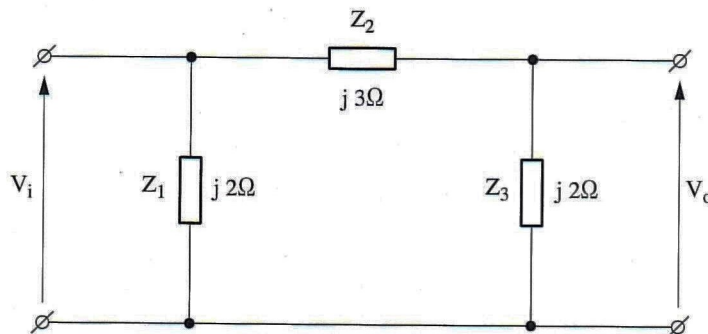
בשאלון זה שני פרקים, ובהם שמונה שאלות. יש להשיב על ארבע שאלות בלבד, שאלה אחת לפחות מכל פרק.
לכל שאלה – 25 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.

פרק ראשון: מערכות חשמל

ענו על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 1–4 (לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 1

באיור א' לשאלה 1 נתון תרשים של רשת זוגיים.



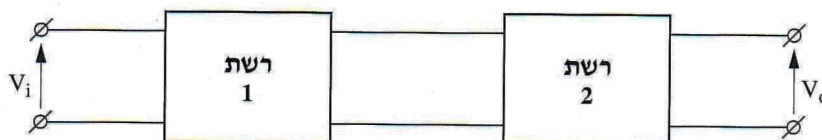
איור א' לשאלה 1



אבי יומטוביאן
פשוט להבין!

- א. (7 נק') חשבו את מקדמי A, B, C ו-D של הרשת.
- ב. (8 נק') חשבו את עכבת המבוא של הרשת כאשר:
 1. (4 נק') המוצא מקוצר.
 2. (4 נק') המוצא מנותק.
- ג. (5 נק') חשבו את העכבה האופיינית של הרשת.

באיור ב' לשאלה מתוארות שתי רשתות זהות לרשת הזוגיים הנתונה המחוברות זו לזו בקסקדה.



איור ב' לשאלה 1

- ד. (5 נק') חשבו את המקדמים A, B, C ו-D של הרשת השקולה.

1

$$\textcircled{a} \quad \frac{1}{\pi} \Rightarrow A = 1 + \frac{Z_2}{Z_3} = 1 + \frac{j3}{j2} = 2.5$$

$$B = Z_2 = j3 \Omega$$

$$C = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{Z_1 \cdot Z_2} = \frac{j2 + j3 + j2}{j2 \cdot j2} = -j1.75 S$$

$$D = 1 + \frac{Z_2}{Z_1} = 1 + \frac{j3}{j2} = 2.5$$

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.5 & j3 \\ -j1.75 & 2.5 \end{pmatrix} \quad \leftarrow$$

$$\textcircled{a} \quad Z_{sc} = Z_1 \parallel Z_2 = j2 \parallel j3 = j1.2 \Omega$$

$$Z_{oc} = (Z_2 + Z_3) \parallel Z_1 = j5 \parallel j2 = j1.428 \Omega$$

$\Downarrow$

$$\textcircled{b} \quad Z_0 = \sqrt{Z_{sc} \cdot Z_{oc}} = \sqrt{j1.2 \cdot j1.428} = \sqrt{-1.714} =$$

$$= j1.309 \Omega = 1.309 \angle 90^\circ \Omega$$



אבי יומטוביאן
פשוט להבין!!

10

$$Z_0 = \sqrt{\frac{B}{C}} = \sqrt{\frac{j3}{-j1.75}} = \sqrt{-1.714} = j1.309 \Omega = 1.309 \angle 90^\circ \Omega$$

3

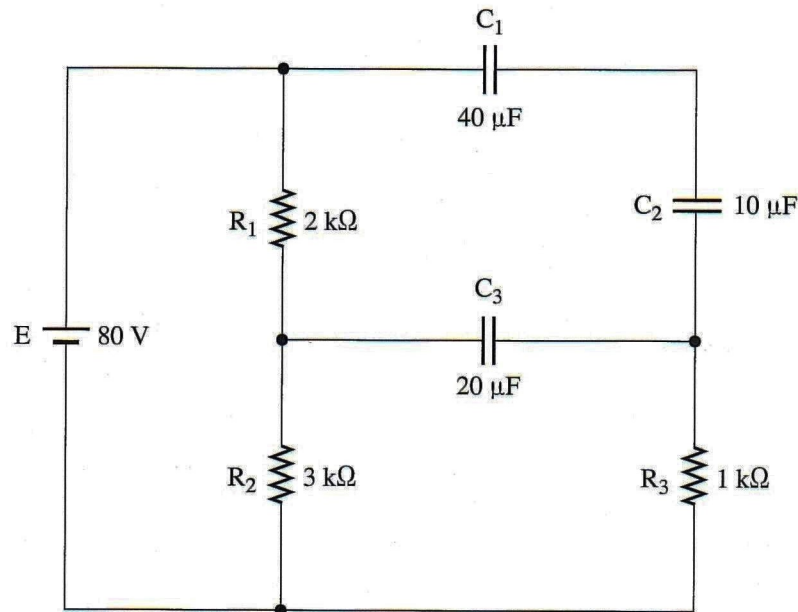
$$\begin{pmatrix} A_T & B_T \\ C_T & D_T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} AA + BC & AB + BD \\ CA + DC & CB + DD \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 11.5 & j15 \\ -j8.75 & 11.5 \end{pmatrix} \Rightarrow Z_0 = \sqrt{\frac{B_T}{C_T}} = 1.309 \angle 90^\circ \Omega \quad \checkmark$$

בסוף:

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מתואר מעגל חשמלי הפועל בזרם ישר.

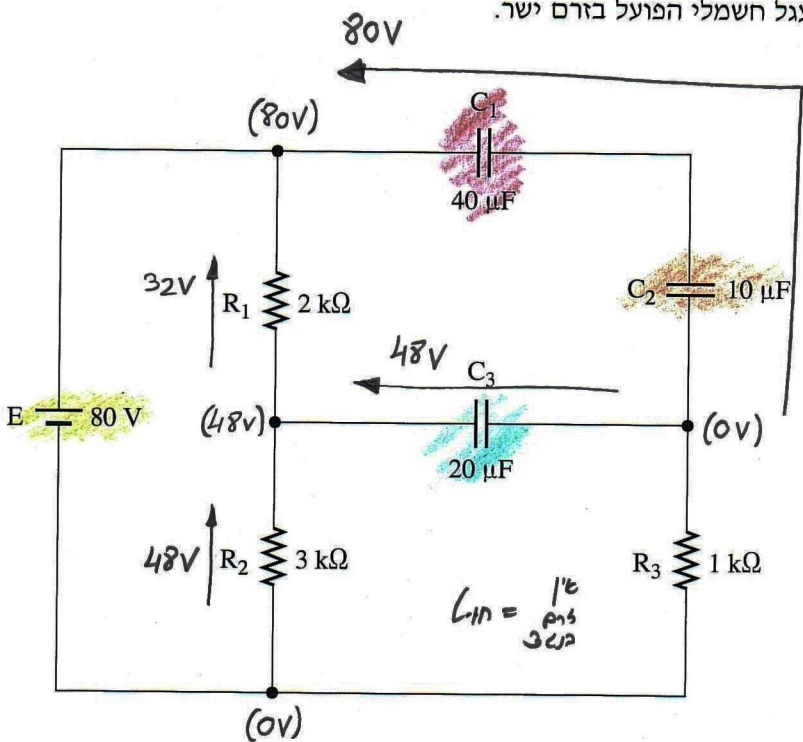


איור לשאלה 2

- א. (9 נק') חשבו את המתח על הקבלים C_1 , C_2 ו- C_3 במצב המתמיד.
- ב. (8 נק') חשבו את האנרגייה האצורה בקבל C_2 .
- ג. (8 נק') חשבו את הזרם הזורם דרך הנגד R_1 .



אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!



② במרב ממצב כס הקבילים מתקנים כולל, ולכן ב- R_3 לא

2

לזרם זרם

! R_3 מתקן כולל!

! E במקביל מתקן $C_{1,2}$

! R_2 במקביל מתקן C_3

המתקן הוא מתקן מולי שמסל R_1 ו- R_2

$$U_{C_1} = E \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2} = 80 \cdot \frac{10}{10 + 40} = 16V$$

$$U_{C_2} = E - U_{C_1} = 80 - 16 = 64V$$

$$U_{C_3} = U_{R_2} = E \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 80 \cdot \frac{3}{2 + 3} = 48V$$



$$② W_{C_2} = \frac{C_2 \cdot U_{C_2}^2}{2} = \frac{10 \cdot 10^{-6} \cdot 64^2}{2} = 20.48mJ$$

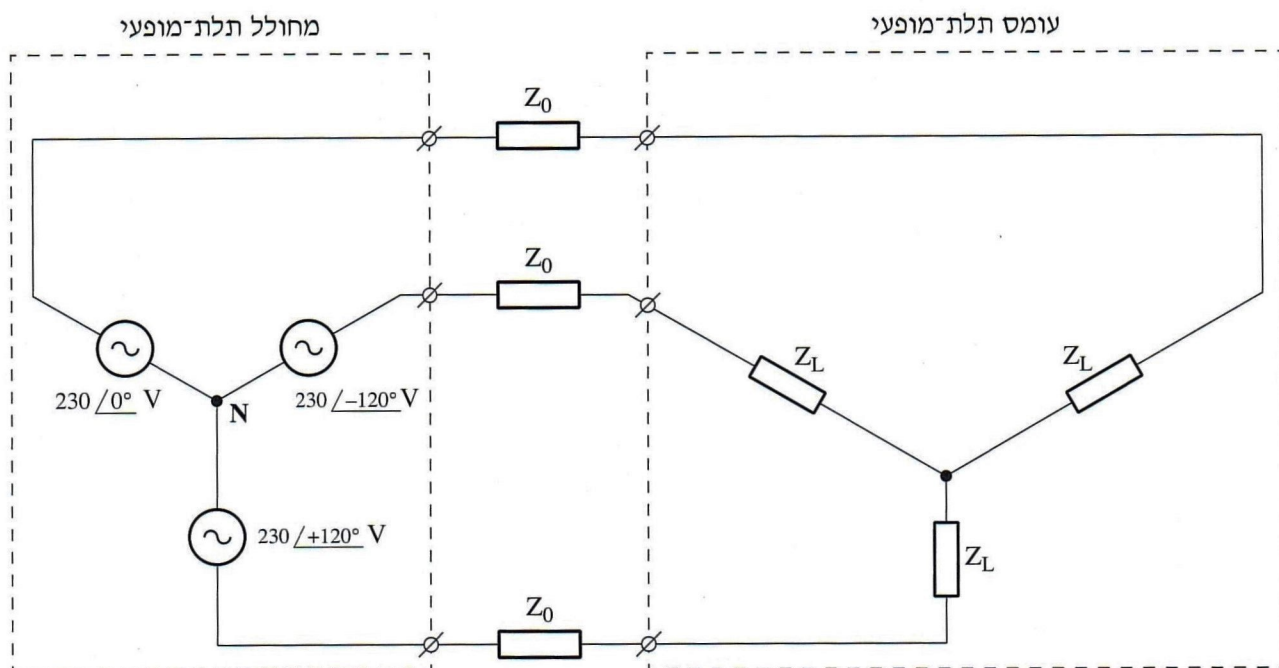
$$③ I_{R_1} = I_T = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{80}{2 + 3} = 16mA$$



אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון מחולל תלת-מופעי סימטרי. אל המחולל מחברים עומס תלת-מופעי סימטרי בחיבור כוכב. תדר המחולל הוא 50 Hz.



איור לשאלה 3

$$Z_L = 50 \angle 36.86^\circ \frac{\Omega}{\text{ph}} \quad \text{נתוני העומס:}$$

$$Z_0 = (0.2 - j0.2) \frac{\Omega}{\text{ph}} \quad \text{נתוני קו ההזנה:}$$

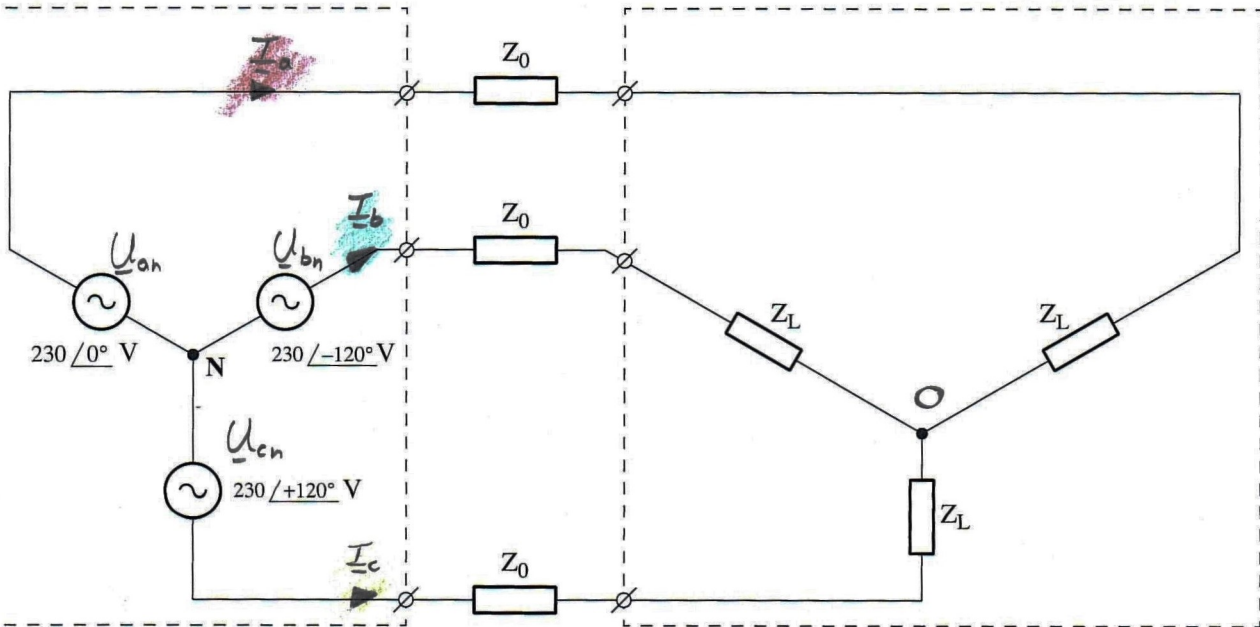
- א. (8 נק') חשבו את פאזורי הזרם הזורם בכל אחד מקווי ההזנה.
- ב. (9 נק') חשבו את ההספק הממשי, P , את ההספק העיוור, Q , ואת ההספק המדומה, S , הנמסרים לעומס.
- ג. (4 נק') סרטטו את משולש ההספקים של העומס.
- ד. (4 נק') חשבו את נצילות העברת ההספק בקו ההזנה.



אבי יומטוביאן
פשוט להבין!

מחולל תלת-מופעי

עומס תלת-מופעי



④ נתונה ישרת זרם אופיינית סימלית PY וזוהי כושר הפעלה הוא סימלית, והוא קצוות כושר

3



$$U_{No} = 0V \quad (\text{נתן למכונה ז"א מעטל מלאמן})$$



$$\underline{Z}_T = \underline{Z}_0 + \underline{Z}_L = (0.2 - j0.2) + 50 \angle 36.86^\circ = 50.04 \angle 36.53^\circ \frac{\Omega}{ph}$$

$$\underline{I}_a = \frac{U_{0a}}{\underline{Z}_T} = \frac{230 \angle 0}{50.04 \angle 36.53} = 4.596 \angle -36.53^\circ A$$

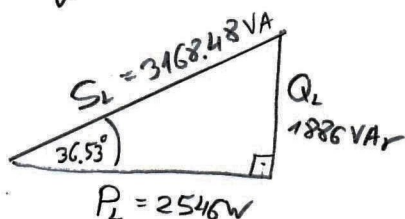
$$\underline{I}_b = \frac{U_{0b}}{\underline{Z}_T} = \frac{230 \angle -120}{50.04 \angle 36.53} = 4.596 \angle -156.53^\circ A$$

$$\underline{I}_c = \frac{U_{0c}}{\underline{Z}_T} = \frac{230 \angle 120}{50.04 \angle 36.53} = 4.596 \angle 83.46^\circ A$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} S_L &= 3 \cdot I^2 \cdot Z_L = 3 \cdot 4.596^2 \cdot 50 \angle 36.86^\circ = \\ &= \underbrace{(2546)}_{P_L [W]} + j \underbrace{1886}_{Q_L [VAR]} VA = 3168.48 \angle 36.53^\circ VA \end{aligned}$$



④



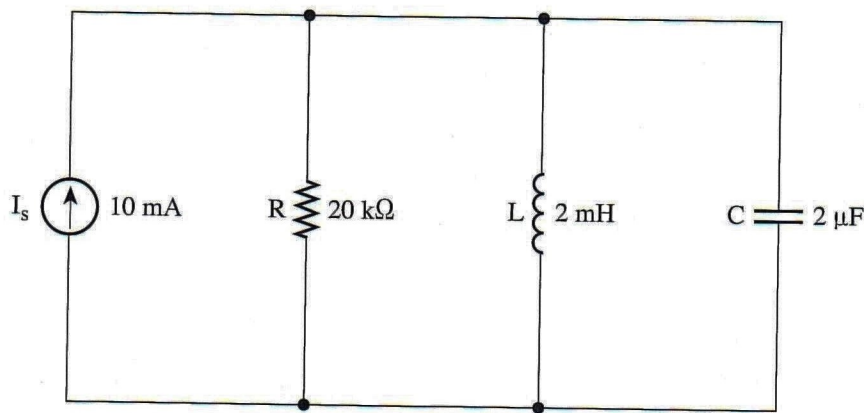
אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

$$\textcircled{3} P_0 = 3 \cdot I^2 \cdot r_0 = 3 \cdot 4.596^2 \cdot 0.2 = 12.674 W$$

$$\eta = \frac{P_L}{P_L + P_0} = \frac{2546}{2546 + 12.674} = 0.995 \Rightarrow \eta_{\%} = 99.5\%$$

שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתואר מעגל חשמלי הפועל בזרם חילופין. המעגל נמצא במצב תהודה.



איור לשאלה 4

- א. (5 נק') חשבו את תדר התהודה.
- ב. (5 נק') חשבו את גורם הטיב ואת רוחב הפס.
- ג. (5 נק') חשבו את העכבה הכוללת של המעגל.
- ד. (5 נק') חשבו את תדרי מחצית ההספק.
- ה. (5 נק') חשבו את הזרם הזורם דרך כל רכיב במעגל, וסרטטו את הדיאגרמה הפאזורית של הזרמים.



אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

4

$$b) f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 2.516 \text{ kHz}$$

$$c) Q_0 = \frac{R}{\omega_0 L} = \frac{20 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 2.516 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 632.571$$

$\Downarrow$

$$BW = \frac{f_0}{Q_0} = \frac{2.516}{632.571} = 3.977 \text{ Hz} \approx 4 \text{ Hz}$$

$$d) Z_T = R = 20 \text{ k}\Omega$$

$$e) Q_0 \gg 10 \Rightarrow f_{1,2} = f_0 \pm \frac{BW}{2} = 2516 \pm \frac{4}{2} = \begin{cases} 2.514 \text{ kHz} \\ 2.518 \text{ kHz} \end{cases}$$

$$f) \underline{I_R} = \underline{I_S} = 10 \angle 0^\circ \text{ mA}$$

$$I_L = I_C = I_R \cdot Q_0 = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 632.571 = 6.325 \text{ A}$$

זכור: C.I.V.I.L

$$\underline{I_L} = 6.325 \angle -90^\circ \text{ A} = 6325 \angle -90^\circ \text{ mA}$$

$$\underline{I_C} = 6.325 \angle 90^\circ \text{ A} = 6325 \angle 90^\circ \text{ mA}$$



אבי יומטוביאן
פשוט להבין!

