

השאלות

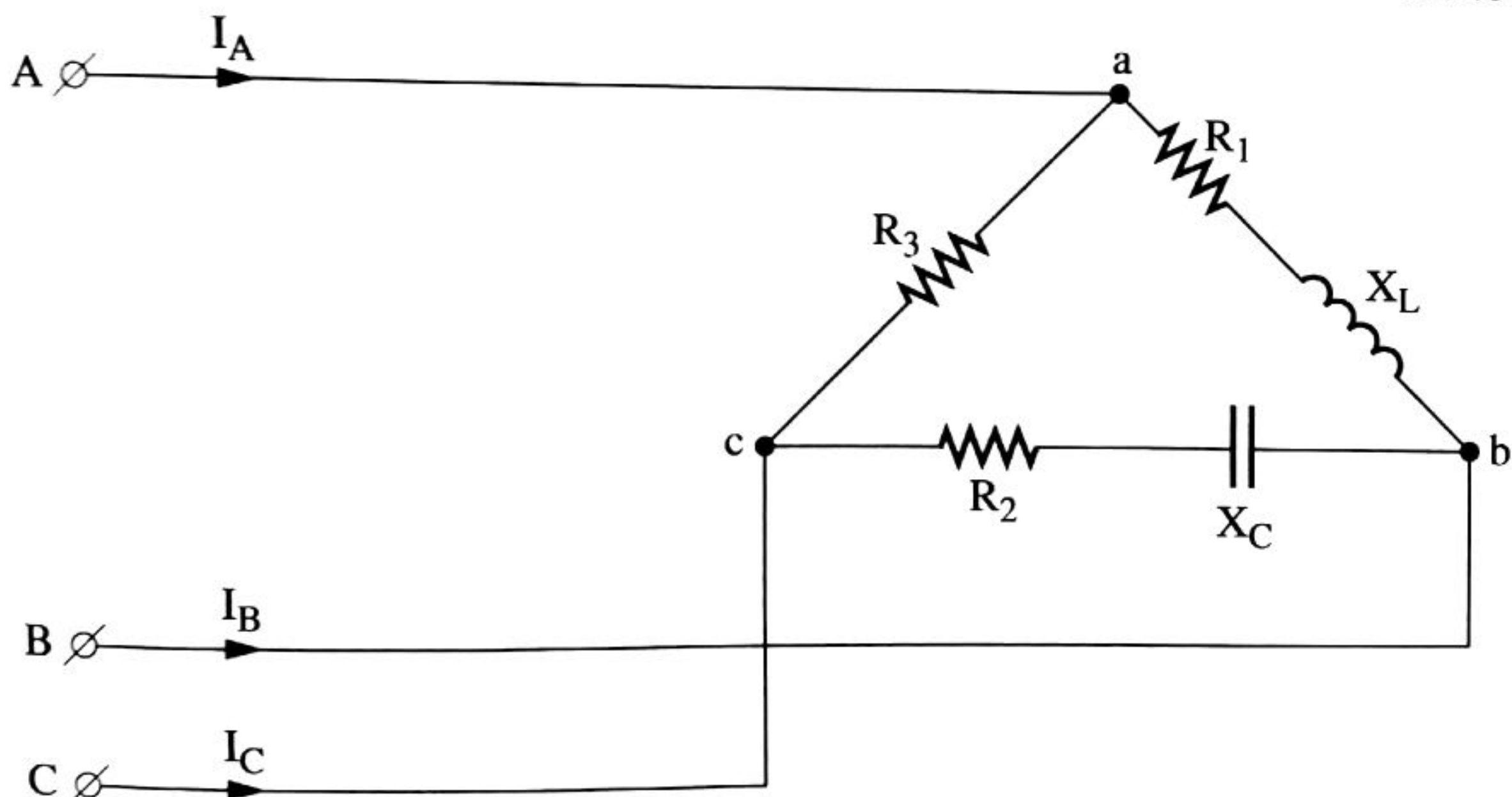
בשאלון זה שני פרקים, ובהם שמונה שאלות. יש להשיב על ארבע שאלות בלבד,
שאלה אחת לפחות מכל פרק.
לכל שאלה – 25 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.

פרק ראשון: מערכות חשמל

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

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מתוארת רשת תלת-מופעית המזינה עומס תלת-מופעי אסימטרי, אשר מחובר בחיבור משולש.



איור לשאלה 1

המתחים השלובים של הרשת התלת-מופעית הם:

$$\bar{U}_{AB} = 400 \angle 0^\circ \text{ V} \quad \bar{U}_{BC} = 400 \angle -120^\circ \text{ V} \quad \bar{U}_{CA} = 400 \angle 120^\circ \text{ V}$$

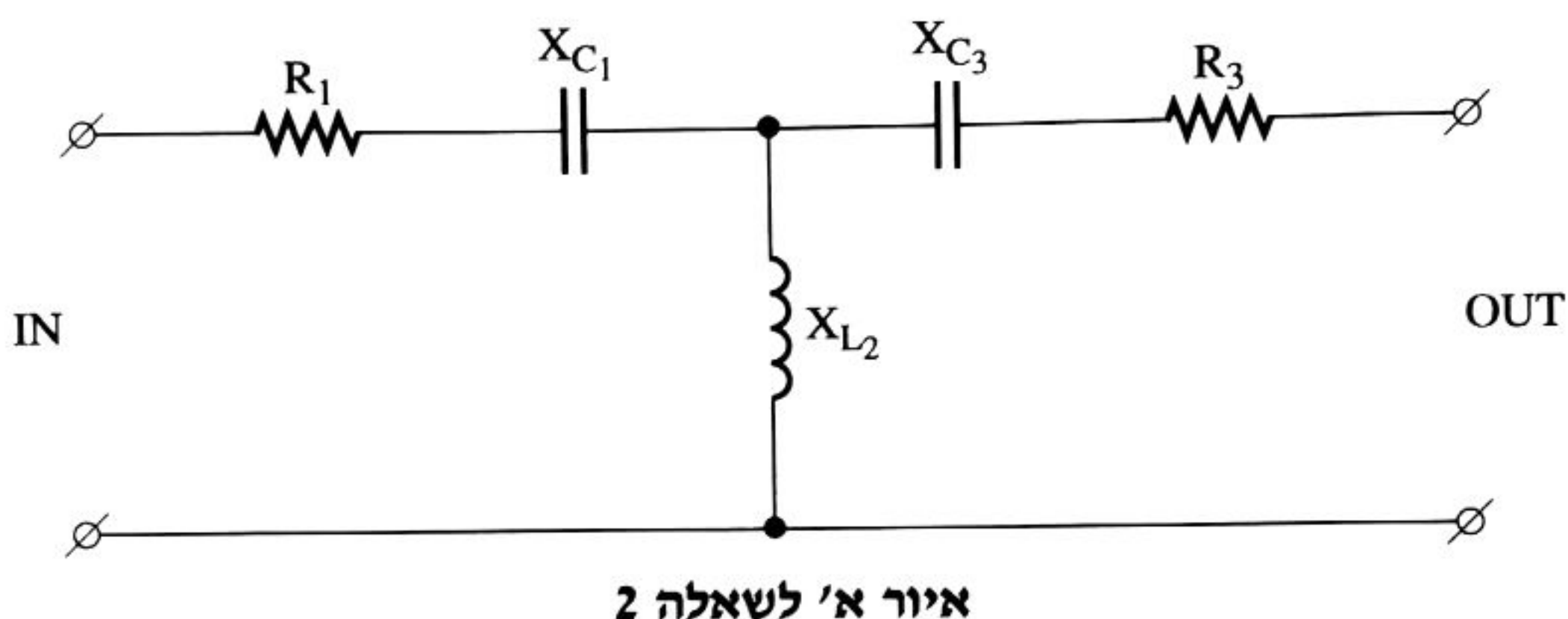
נתוני העומס התלת-מופעי הם:

$$R_1 = 15 \, \Omega, \quad R_2 = 10 \, \Omega, \quad R_3 = 8 \, \Omega, \quad X_L = 16 \, \Omega, \quad X_C = 20 \, \Omega$$

- א. חשב את הזרמים המופיעים בענפי העומס. הצג את תשובתך בהצגה מרוכבת.
- ב. חשב את הזרמים הקווים I_A , I_B , I_C . הצג את תשובתך בהצגה מרוכבת.
- ג. חשב את ההספק הפעיל הנצרך על-ידי העומס.

שאלה 2

באיור א' לשאלה 2 מתוארת רשת זוגיים.



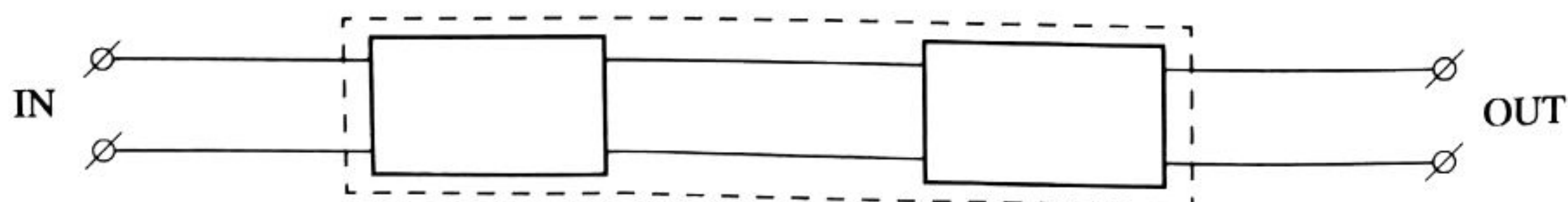
נתוני הרשת הם:

$$R_1 = R_3 = 2 \, \Omega$$

$$X_{C1} = X_{C3} = 5 \, \Omega$$

$$X_{L2} = 3 \, \Omega$$

- א. חשב את העכבה האופיינית של הרשת.
- ב. חשב את מקדמי הזוגיים A, B, C, D של רשת הזוגיים הנתונה.
- ג. באיור ב' לשאלה מתוארת רשת שבה כל מלבן מייצג את רשת הזוגיים המופיעה באיור א'.

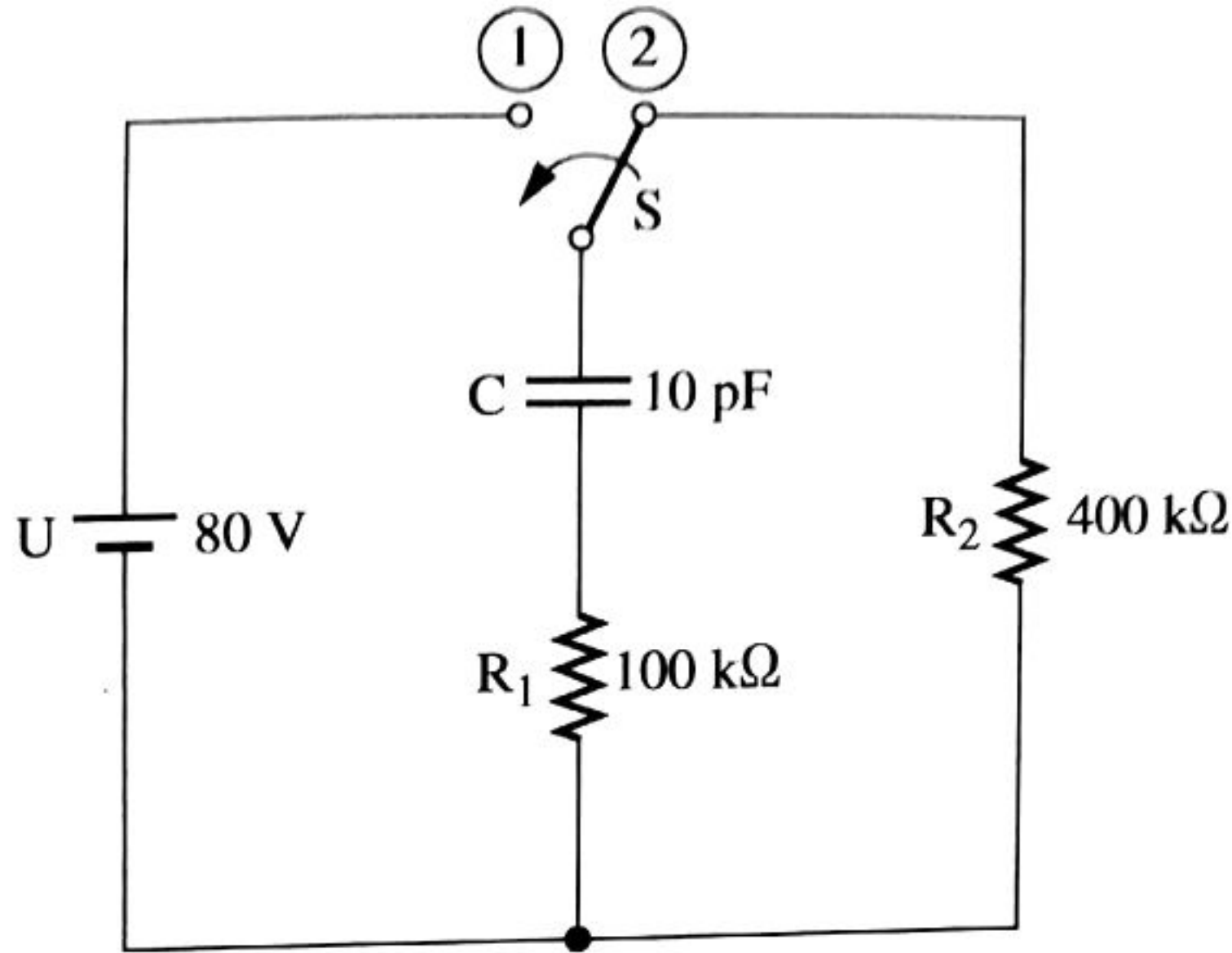


איור ב' לשאלה 2

חשב את מקדמי הזוגיים A, B, C, D של הרשת השקולה.

שאלה 3

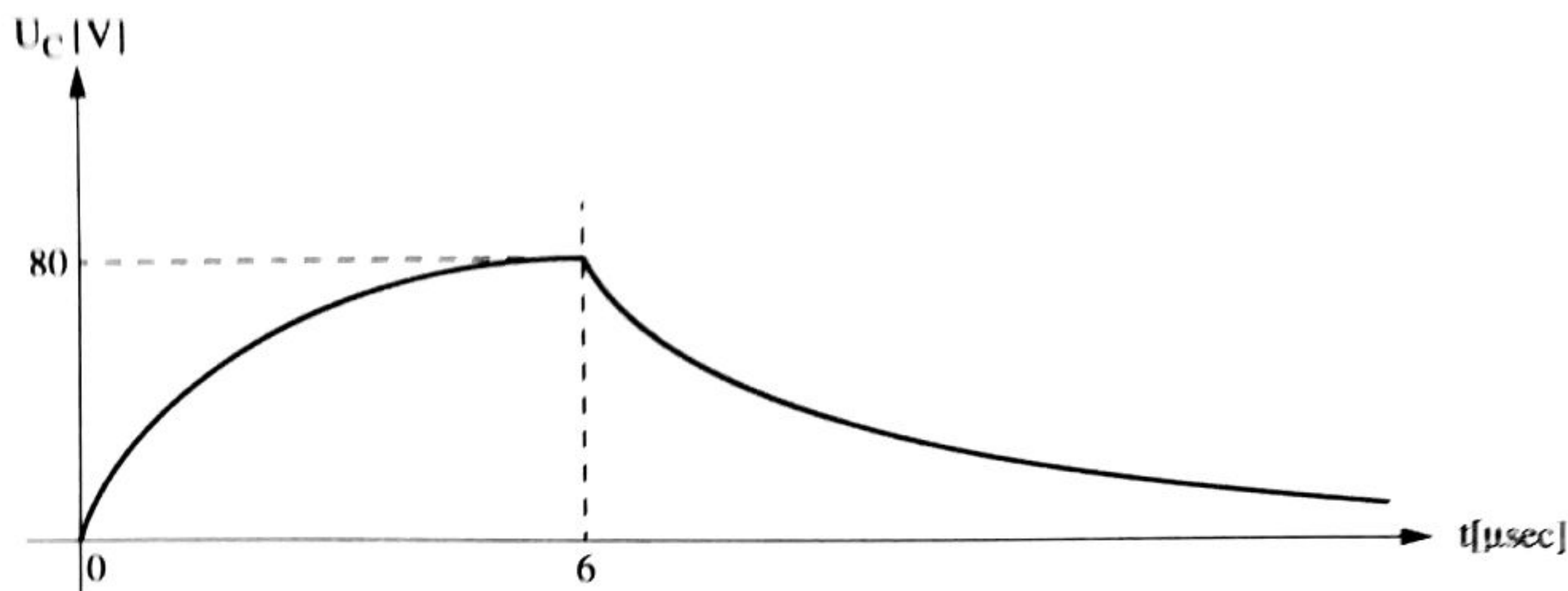
באיור א' לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי.



איור א' לשאלה 3

- המפסק S נמצא במצב (2) זמן רב מאוד. בזמן $t = 0$ מעבירים את המפסק S למצב (1).
- א. כתוב ביטוי המתאר את המתח U_C על הקבל C במעגל הנתון, כפונקצייה של הזמן. חשב את ערכו של המתח בזמן $t = 0.5 \mu\text{sec}$.
- ב. סרטט במחברתך גרף המתאר את המתח על-פני הנגד R_1 כפונקצייה של הזמן בתחום $0 \leq t \leq 7 \mu\text{sec}$, וציין את ערך המתח על הנגד בזמן $t = 0.5 \mu\text{sec}$.

- ג. החליפו את הנגד R_1 בנגד R אחר שערכו אינו ידוע. מדדו את ערכי המתחים על הקבל C והתקבל הגרף הזה:

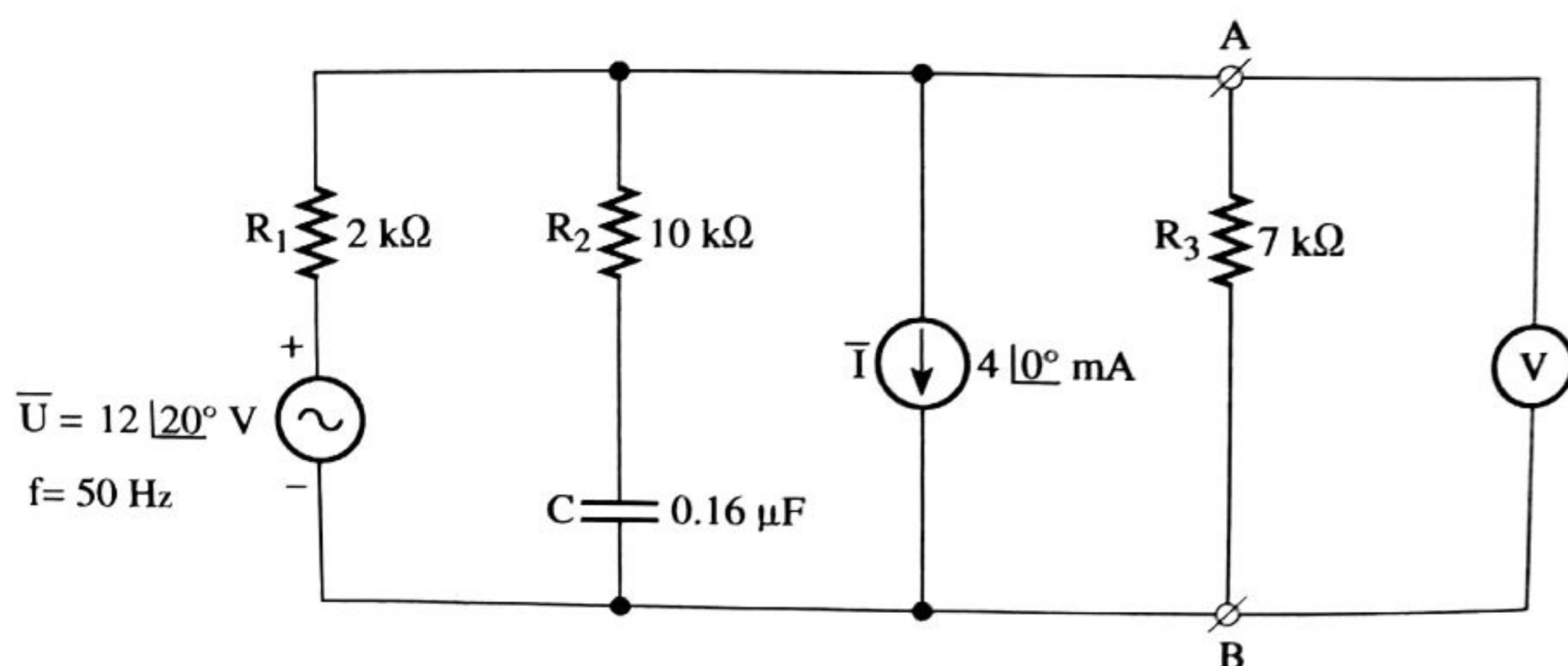


איור ב' לשאלה 3

1. באיזה מצב נמצא המפסק לאחר $t = 6 \mu\text{sec}$? נמק את תשובתך.
2. חשב מהו ערכו של הנגד R .

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון מעגל חשמלי.



איור לשאלה 4

- א. חשב את הזרם הזורם דרך הקבל C . הצג תשובתך כמספר מרוכב.
- ב. בין הנקודות A ו-B מחובר מד מתח. חשב את ערך קריאתו.

①

$$\textcircled{a} \quad \underline{I}_{ab} = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{X_L} = \frac{\underline{U}_{AB}}{\underline{R}_1 + \underline{X}_L} = \frac{400 \angle 0}{15 - j16} = 18.238 \angle -46.8^\circ \text{ A}$$

$$\underline{I}_{bc} = \underline{I}_{R_2} = \underline{I}_{X_C} = \frac{\underline{U}_{BC}}{\underline{R}_2 + \underline{X}_C} = \frac{400 \angle -120}{10 - j20} = 17.888 \angle -56.5^\circ \text{ A}$$

$$\underline{I}_{ca} = \underline{I}_{R_3} = \frac{\underline{U}_{CA}}{\underline{R}_3} = \frac{400 \angle 120}{8} = 50 \angle 120^\circ \text{ A}$$

$$\textcircled{a} \quad [\text{kCL @ a}] \quad \underline{I}_A + \underline{I}_{ca} = \underline{I}_{ab}$$

$$\underline{I}_A + 50 \angle 120 = 18.238 \angle -46.8$$

$$\underline{I}_A = 67.884 \angle -56.4^\circ \text{ A}$$

$$[\text{kCL @ b}] \quad \underline{I}_B + \underline{I}_{ab} = \underline{I}_{bc}$$

$$\underline{I}_B + 18.238 \angle -46.8 = 17.888 \angle -56.5$$

$$\underline{I}_B = 3.074 \angle -148.1^\circ \text{ A}$$

$$[\text{kCL @ c}] \quad \underline{I}_C + \underline{I}_{bc} = \underline{I}_{ca}$$

$$\underline{I}_C + 17.888 \angle -56.5 = 50 \angle 120$$

$$\underline{I}_C = 67.863 \angle 120.9^\circ \text{ A}$$

$$\textcircled{c} \quad \left. \begin{array}{l} P_{R_1} = I_{R_1}^2 \cdot R_1 = 18.238^2 \cdot 15 = 4989.37 \text{ W} \\ P_{R_2} = I_{R_2}^2 \cdot R_2 = 17.888^2 \cdot 10 = 3199.8 \text{ W} \\ P_{R_3} = I_{R_3}^2 \cdot R_3 = 50^2 \cdot 8 = 20000 \text{ W} \end{array} \right\}$$

$$P_T = 28189.17 \text{ W} = 28.189 \text{ kW}$$

2

$$\textcircled{e} \quad Z_{sc} = [(R_3 + X_{c3}) \parallel X_{L2}] + R_1 + X_{c1} =$$

$$= [(2 - j5) \parallel j3] + 2 - j5 =$$

$$= \left[\frac{1}{2 - j5} + \frac{1}{j3} \right]^{-1} + 2 - j5 =$$

$$= 2.25 + j5.25 + 2 - j5 = \overbrace{(4.25 + j0.25)}^{4.257 \angle 3.36^\circ} \Omega$$

$$Z_{oc} = R_1 + X_{c1} + X_{L2} = 2 - j5 + j3 = (2 - j2) \Omega = 2.828 \angle -45^\circ \Omega$$

$\Downarrow$

$$Z_o = \sqrt{Z_{sc} \cdot Z_{oc}} = \sqrt{4.257 \angle 3.36^\circ \cdot 2.828 \angle -45^\circ} = \sqrt{9 - j8} =$$

$$= \sqrt{12.041 \angle -41.6^\circ} = \sqrt{12.041} \angle \frac{-41.6}{2} = 3.47 \angle -20.8^\circ \Omega$$

$$\textcircled{a} \quad Z_1 = Z_3 = R_1 - jX_{c1} = (2 - j5) \Omega, \quad Z_2 = jX_{L2} = j3 \Omega$$

$$A = D = 1 + \frac{Z_1}{Z_2} = 1 + \frac{2 - j5}{j3} = -\left(\frac{2}{3} + j\frac{2}{3}\right) \begin{bmatrix} \cos \\ \sin \end{bmatrix}$$

$$B = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2} + Z_1 + Z_3 = \frac{(2 - j5)^2}{j3} + 2(2 - j5) = -\left(\frac{8}{3} + j3\right) \Omega$$

$$C = \frac{1}{Z_2} = \frac{1}{j3} = -j\frac{1}{3} S$$

הזרם I_o הוא הזרם הזורם דרך Z_o אל תוך המעגל

$$Z_o = \sqrt{\frac{B}{C}} = \sqrt{\frac{-(\frac{8}{3} + j3)}{-j\frac{1}{3}}} = \sqrt{9 - j8} = 3.47 \angle -20.8^\circ \Omega$$

$$\textcircled{c} \begin{pmatrix} A_r & B_r \\ C_r & D_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} AA + BC & AB + BD \\ CA + DC & CB + DD \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} -1 + \frac{16}{9}j & -\frac{4}{9} + \frac{68}{9}j \\ -\frac{4}{9} + \frac{4}{9}j & -1 + \frac{16}{9}j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 + j1.777 & -0.444 + j7.555 \\ -0.444 + j0.444 & -1 + j1.777 \end{pmatrix}$$

Pe כן נוסף לבצוק מרובות התוצאות ייחודיות:

$$Z_o = \sqrt{\frac{B_r}{C_r}} = \sqrt{\frac{-0.444 + j7.555}{-0.444 + j0.444}} = \sqrt{9 - j8} = 3.47 \angle -20.8^\circ \checkmark$$

שהי' צור' שהצבה האופיינית לאורך החיבור קוסקוס
חלופית זהה:

3

Ⓔ תוצאה

$$\tau_1 = R_1 C = 100 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-12} = 1 \mu\text{sec}$$

$$U_{C(0^+)} = 0V$$

$$U_{C(\infty)} = 80V$$

⇓

$$U_C(t) = U_{C(\infty)} - [U_{C(\infty)} - U_{C(0^+)}] e^{-\frac{t}{\tau_1}} =$$

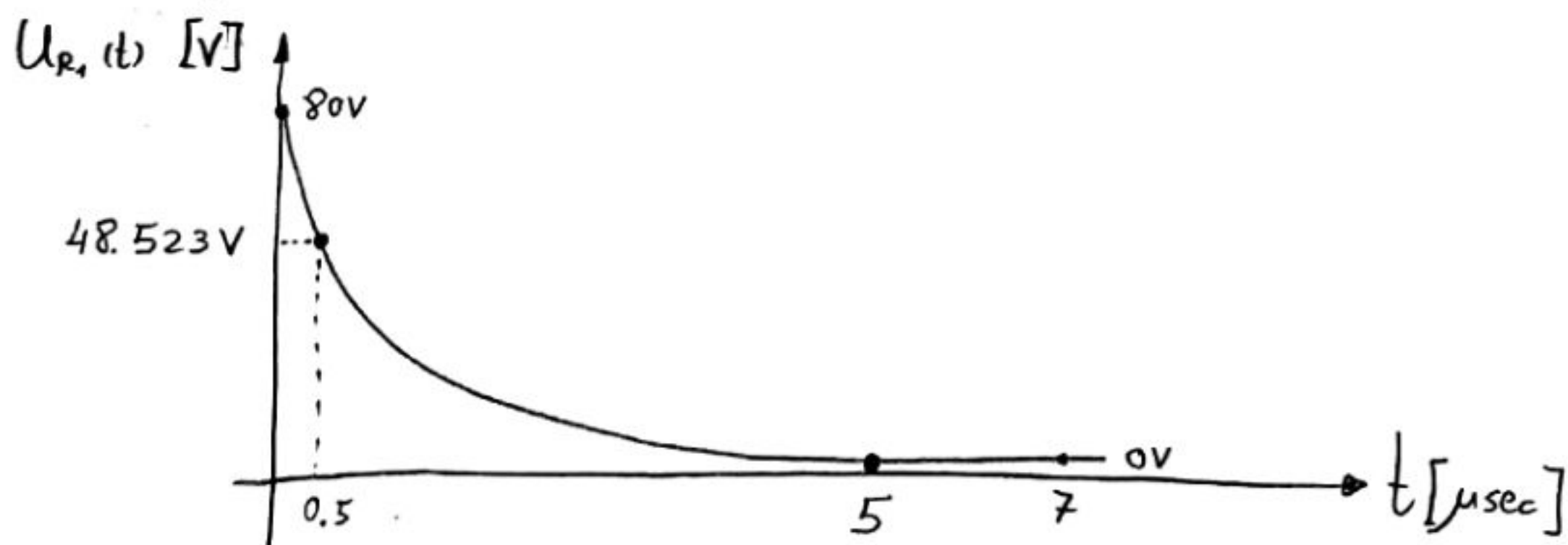
$$= 80 - [80 - 0] e^{-\frac{t}{1}} = 80 - 80e^{-t} [V]$$

$$U_C(t = 0.5 \mu\text{sec}) = 80 - 80e^{-0.5} = 31.477V$$

ⓐ $U = U_{R_1}(t) + U_C(t)$

$$80 = U_{R_1}(t) + U_C(t) \Rightarrow U_{R_1}(t) = 80 - U_C(t)$$

על כן הגרף יהיה כמו גרף פחיתת של קבלה. בזכור פתח נאן של 5Ω , כלומר $5\mu\text{sec}$, המהירות של הקבלה יגיד לזרם ולכן המהירות $(80V)$, ולכן המהירות של קבלה לאפס. הגרף יהיה כן:



Ⓔ [1] בעת $t > 6\mu\text{sec}$ הקבלה מוצא במצב פחיתת, כלומר המהירות של קבלה מוצא $t = 6\mu\text{sec}$.
[2] נניח לראות מן הגרף שמהירות הקבלה מוצא לזרם המהירות $t = 6\mu\text{sec}$.
שנה במהירות לראות 5Ω , ולכן:

$$5\Omega = 6\mu\text{sec}$$

$$5RC = 6 \cdot 10^{-6}$$

$$5 \cdot R \cdot 10 \cdot 10^{-12} = 6 \cdot 10^{-6}$$

$$R = 120k\Omega$$

④

$$X_c = -j \frac{1}{2\pi f C} = -j \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 0.16 \cdot 10^{-6}} = -j 19.894 \text{ k}\Omega \approx -j 20 \text{ k}\Omega$$

: $\underline{U}_{AB}$ — ძედი ვაჲ $\mu\delta\text{N}$ ღედი eV

$$\underline{U}_{AB} = \frac{\frac{\underline{U}}{R_1} - \underline{I}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + X_c} + \frac{1}{R_3}} = \frac{\frac{12 \angle 20}{2} - 4 \angle 0}{\frac{1}{2} + \frac{1}{10 - j20} + \frac{1}{7}} =$$

$$= \frac{1.638 + j2.052}{0.662 + j0.04} = 3.954 \angle 47.94^\circ \text{ V}$$

$\Downarrow$

$$\textcircled{b} \quad \underline{I}_c = \frac{\underline{U}_{AB}}{R_2 + X_c} = \frac{3.954 \angle 47.94}{10 - j20} = 0.176 \angle 111.3^\circ \text{ mA}$$

$\nearrow$ N°
 ! 26

$$\textcircled{c} \quad \underline{U}_v = \underline{U}_{AB} = 3.954 \angle 47.94^\circ \text{ V}$$