

שאלה 1

מקור האנרגיה שבאיור 1 הוא מצבר אלקטרו-כימי. הוא מזין שני מכשירי חשמל. כאשר המצבר טעון לחלוטין ושני המתגים במצב מופסק (off), המתח שבין הדקי המצבר הוא 13.2 V וכמות המטען החשמלי האגורה בו היא 40 Ah . ההתנגדות הפנימית של המצבר היא $0.33\ \Omega$.

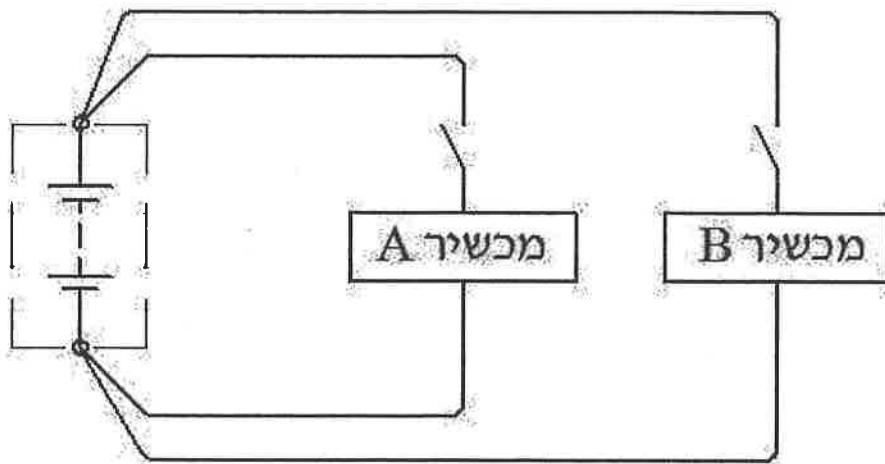
5 נקי א מה סוג אות המתח שבין הדקי המצבר?

5 נקי ב מה הערך הממוצע של אות המתח שבין הדקי המצבר ומהו הערך היעיל שלו, כאשר המצבר טעון לחלוטין והמתגים במצב מופסק (off)?

כאשר שני המכשירים פועלים כשורה, צריכת האנרגיה של מכשיר A נעשית בזרם קבוע של 1.9 A וצריכת האנרגיה של מכשיר B נעשית בזרם קבוע של 1.3 A .

5 נקי ג מה הספק צריכת האנרגיה של שני המכשירים יחד, מיד לאחר סגירת המעגלים (העברת המתגים למצב מופסק (off) למצב מחובר (on)) ?

5 נקי ד לאורך כמה זמן הם יפעלו כשורה?



איור 1

שאלה 1 – תשובות

תשובה על שאלה א

אות המתח שבין הדקי המצבר הוא אות ישר, גודלו קבוע $u(t) = E_{\text{accumulator}} = 13.2 \text{ V}$

תשובה על שאלה ב

כאשר המצבר טעון לחלוטין, המתח הממוצע שווה למתח המצבר וגם הערך היעיל שווה למתח שבין הדקי המצב.

$$U_{\text{av}} = 13.2 \text{ V} \quad U_{\text{RMS}} = 13.2 \text{ V}$$

תשובה על שאלה ג

המתח שבין הדקי המצבר:

$$I_{\text{acc}} = I_{\text{load}} = I_A + I_B = 1.9 + 1.3 = 3.2 \text{ A}$$

$$U_{\text{acc}} = E_{\text{acc}} - R_{\text{acc}} I_{\text{acc}} = 13.2 - 0.33 \times 3.2 = 12.14 \text{ V}$$

הספק צריכת האנרגיה של שני המכשירים יחד:

$$P_{\text{load}} = U_{\text{acc}} I_{\text{load}} = 12.14 \times 3.2 = 38.86 \text{ W}$$

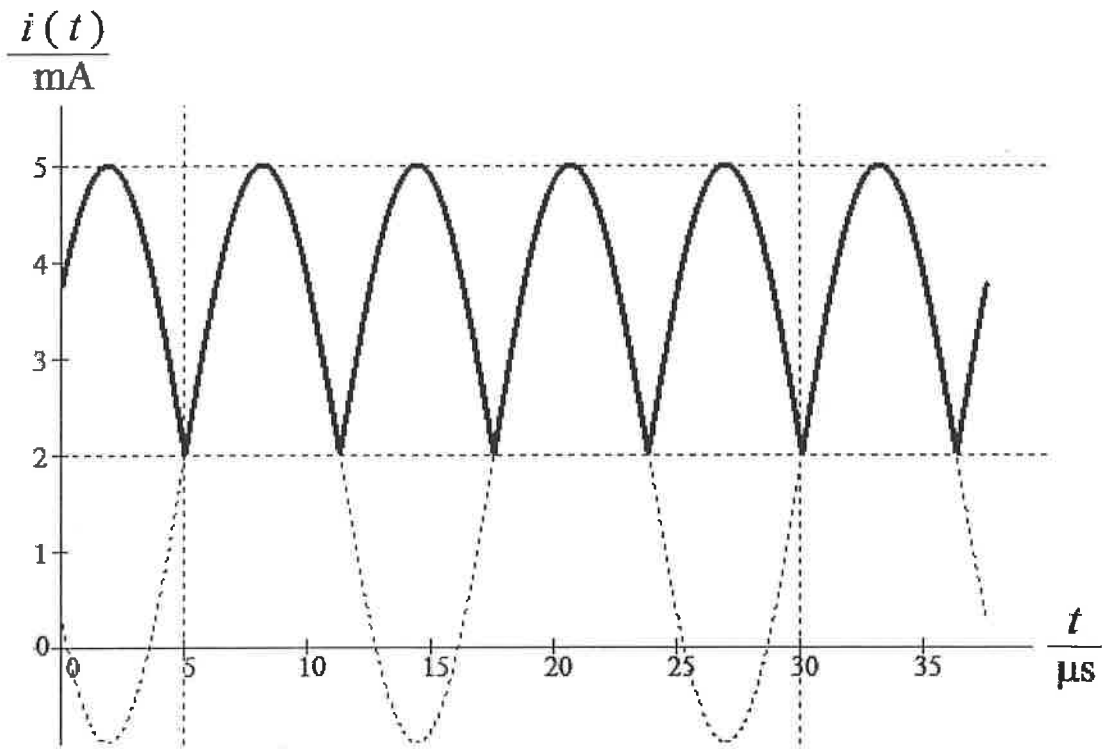
תשובה על שאלה ד

אורך הזמן שבו שני המכשירים יפעלו כשורה:

$$\Delta t = \frac{Q_{\text{acc}}}{I_{\text{acc}}} = \frac{40 \text{ Ah}}{3.2 \text{ A}} = 12.5 \text{ h}$$

שאלה 2

אות הזרם שבאיור 2, מורכב מאות סינוסואידי מיושר גל שלם ומאות זרם ישר.



איור 2

5 נקי' א מה תדר האות שבאיור 2?

5 נקי' ב מה שיעורו הממוצע של האות שבאיור?

5 נקי' ג אות הזרם שבאיור, הוא אות זרם הטעינה של קבל של $220 \mu\text{F}$, טעינה ממקור זרם.

תהליך טעינת הקבל נמשך חמש דקות, תהליך שבו הקבל רק נטען במטען חשמלי. בתחילת תהליך הטעינה, אין מטען חשמלי בקבל, הוא פרוק לחלוטין.

כמה מטען חשמלי יהיה אגור בקבל בסוף תהליך הטעינה?

5 נקי' ד כמה אנרגיה חשמלית תהיה אגורה בקבל בסוף תהליך הטעינה?

שאלה 2 – תשובות

תשובה על שאלה א

זמן המחזור של האות והתדר שלו:

$$T_{\text{period}} = \frac{t_2 - t_1}{4} = \frac{30 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-6}}{4} = 6.25 \times 10^{-6} \text{ s} = 6.25 \mu\text{s}$$

$$f = \frac{1}{T_{\text{period}}} = \frac{1}{6.25 \times 10^{-6}} = 1.6 \times 10^5 \text{ Hz} = 0.16 \text{ MHz} = 160 \text{ kHz}$$

תשובה על שאלה ב

שיעורו הממוצע של האות שבאיור הוא סכום השיעור הממוצע של כל אחד מהאותות המרכיבים אותו:

$$i_1(t) = I_{\text{DC}} = 2 \text{ mA}$$

$$I_{2,\text{max}} = I_{\text{max}} - I_{\text{DC}} = 5 \text{ mA} - 2 \text{ mA} = 3 \text{ mA}$$

$$i_2(t) = I_{2,\text{max}} |\sin(\omega t)|$$

$$I_{\text{av}} = I_{\text{DC}} + \left(\frac{2}{\pi}\right) I_{2,\text{max}} = \left(2 + \frac{2 \times 3}{\pi}\right) \times 10^{-3} = (2 + 1.91) \times 10^{-3} = 3.91 \times 10^{-3} \text{ A} = 3.91 \text{ mA}$$

תשובה על שאלה ג

כמות המטען החשמלי האגור בקבל בסוף תהליך הטעינה:

$$Q_C = I_{\text{av}} \Delta t = 3.91 \times 10^{-3} \times 300 = 1.173 \text{ C}$$

תשובה על שאלה ד

המתח שבין הדקי הקבל בסוף תהליך הטעינה:

$$Q_C = C U_C \quad U_C = \frac{Q_C}{C} = \frac{1.173}{220 \times 10^{-6}} = 5332 \text{ V}$$

כמות האנרגיה האגורה בקבל בסוף תהליך הטעינה:

$$W_C = \frac{C U_C^2}{2} = \frac{220 \times 10^{-6} \times 5332^2}{2} = 3127 \text{ J}$$

שאלה 3

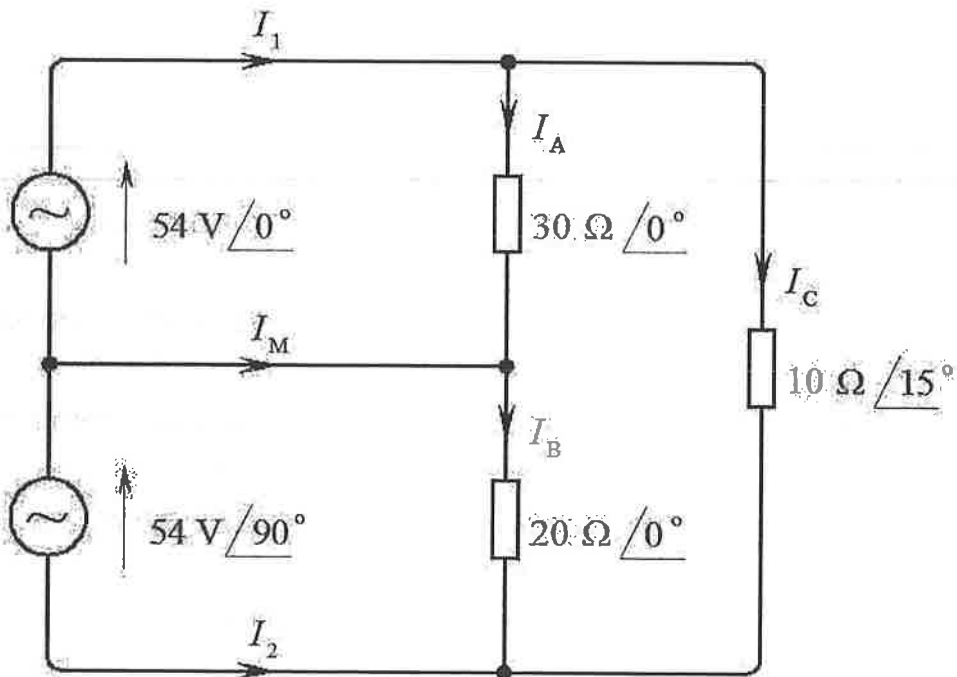
שלושה עומסים מוזנים משני מקורות מתח בזרם חילופים. רכיבי המעגל החשמלי המתארים את העומסים והמקורות והחיבור שלהם זה אל זה, נתונים באיור 3.

5 נק' א מהי דיאגרמת המחוגים המתארת את המתח שבין הדקי העומס שגודל עכבתו 10Ω , בתלות במתח המקורות? המחוג שזוויתו אפס, הוא מחוג הייחוס.

5 נק' ב מה הזרם בכל אחד משלושת העומסים? את התשובה יש לתת במספר מרוכב ועל פי מגמת הזרם המסומנת באיור.

5 נק' ג מה הזרם בכל אחד משלושת המוליכים המחברים את העומסים אל מקורות המתח? את התשובה יש לתת במספר מרוכב ועל פי מגמת הזרם המסומנת באיור.

5 נק' ד מהי דיאגרמת המחוגים המתארת את הזרם \bar{I}_M בתלות בזרם \bar{I}_A ובזרם \bar{I}_B ? את מחוגי הזרם יש להוסיף על ציור דיאגרמת המחוגים של המתחים.



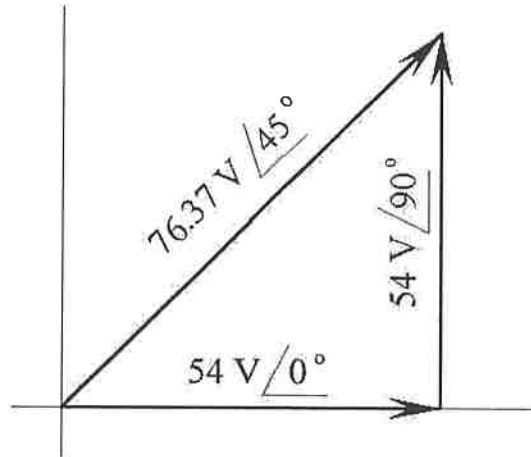
איור 3

שאלה 3 – תשובות

תשובה על שאלה א

$$\bar{U}_C = \bar{U}_A + \bar{U}_B = (54 + j0) + (0 + j54) = (54 + j54)V = 76.37 V \angle 45^\circ$$

דיאגרמת המרחבים:



תשובה על שאלה ב

חשבון הזרם בעומסים:

$$\bar{I} = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}}$$

$$\bar{I}_A = \frac{54}{30} = (1.8 + j0)A = 1.8 A \angle 0^\circ$$

$$\bar{I}_B = \frac{j54}{20} = (0 + j2.7)A = 2.7 A \angle 90^\circ$$

$$\bar{I}_C = \frac{(54 + j54)}{10 \times (\cos(15^\circ) + j\sin(15^\circ))} = \frac{(54 + j54)}{(9.659 + j2.588)} = (6.614 + j3.818)A = 7.637 A \angle 30^\circ$$

$$= \left(\frac{76.37 V \angle 45^\circ}{10 \Omega \angle 15^\circ} \right) = 7.637 A \angle 30^\circ$$

תשובה על שאלה ג

חשבון הזרמים בשלושת המוליכים המחוברים את העומסים אל המקורות:

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_A + \bar{I}_C = (1.8 + j0) + (6.614 + j3.818) = (8.414 + j3.818)A = 9.240 A \angle 24.4^\circ$$

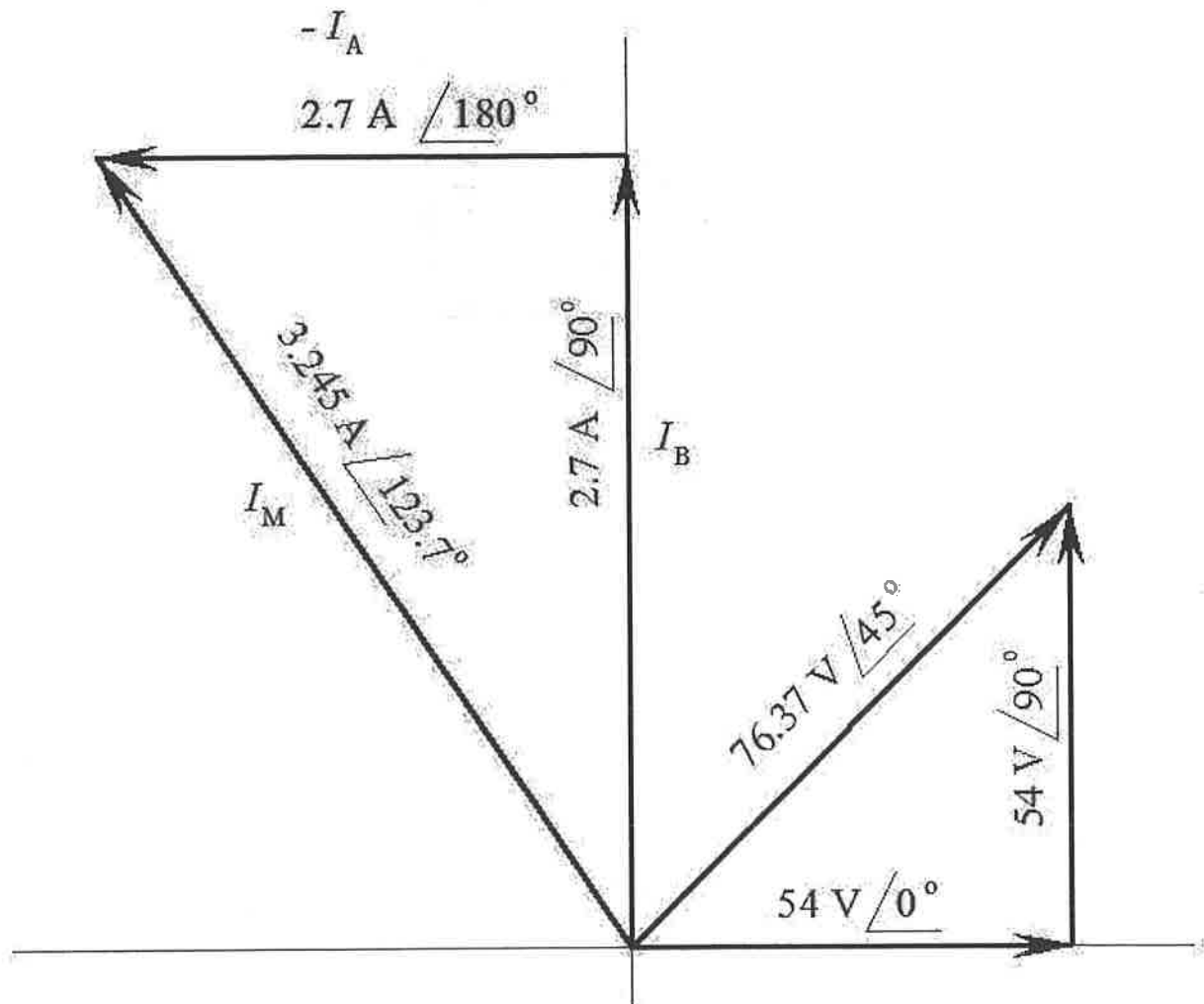
$$\bar{I}_2 = -(\bar{I}_B + \bar{I}_C) = -((0 + j2.7) + (6.614 + j3.818)) = (-6.614 - j6.518)A = 9.286 A \angle -135.4^\circ$$

$$\bar{I}_M = \bar{I}_B - \bar{I}_A = (0 + j2.7) - (1.8 + j0) = (-1.8 + j2.7)A = 3.245 A \angle 123.7^\circ$$

תשובה על שאלה ד

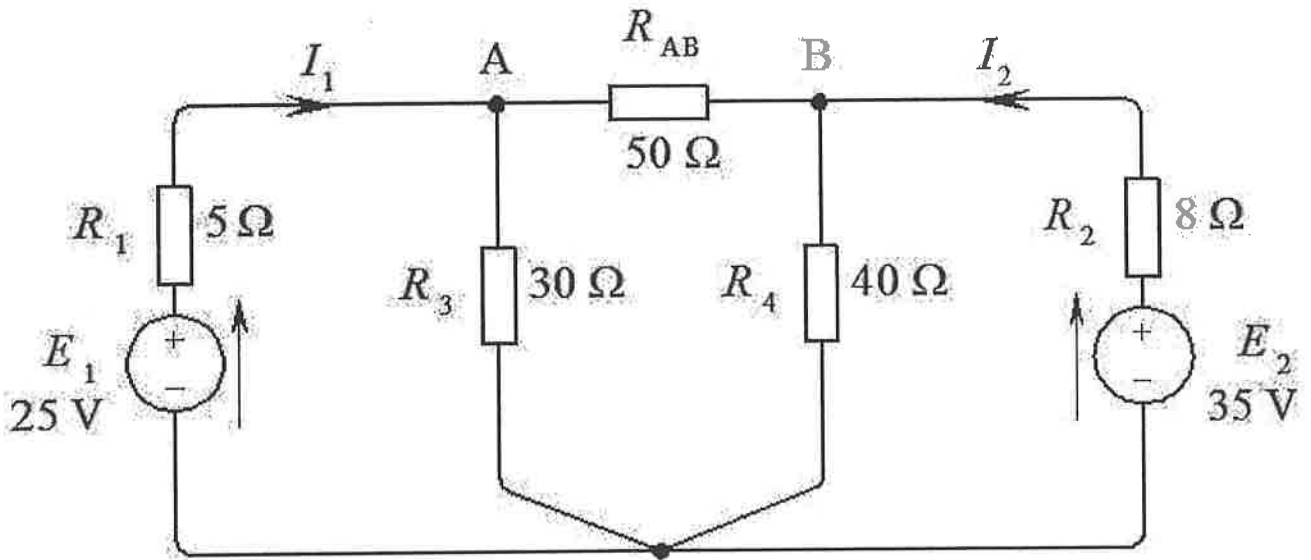
דיאגרמת המחווגים של הזרם :

$$\bar{I}_M = \bar{I}_B + (-\bar{I}_A)$$



שאלה 4

ההתנגדות R_{AB} שבאיור 4, היא רכיב מעגל השקיל לעומס החשמלי של מכשיר הפועל בזרם-ישר. המכשיר מחובר אל שני מקורות אנרגיה בזרם ישר כמתואר בתרשים שבאיור.



איור 4

3 נקי א כמה משוואות מתחי צמתים וכמה משוואות לולאות זרם (זרמי חוגים), דרושות כדי לחשב את הספק צריכת האנרגיה במכשיר?

9 נקי ב מהי עצמת הזרם הזורם בעומס החשמלי?

4 נקי ג שני מצבי עבודה אפשריים במקורות האנרגיה שבאיור: מצב שבו הוא מספק אנרגיה במתח קבוע – מקור מתח; מצב שבו הוא נטען באנרגיה (כמו במצבר) – עומס חשמלי.

מי משני המקורות שבאיור נמצא במצב עבודה של מקור מתח ומי במצב עבודה של עומס חשמלי?

4 נקי ד הספק המבוא (input) של המעגל הוא הספק מקורות המתח, והספק המוצא (output) הוא הספק המכשיר המיוצג באמצעות ההתנגדות R_{AB} . מהי נצילות המעגל?

שאלה 4 – תשובות

תשובה על שאלה א

בשיטת מתחי צמתים דרושות שתי משוואות, מספר הצמתים פחות אחת; ובשיטת לולאות זרם (זרמי חוגים) דרושות שלוש משוואות, מספר הלולאות הבלתי תלויות זו בזו.

תשובה על שאלה ב

חשבון מתחי הצמתים:

$$\begin{pmatrix} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{AB}} + \frac{1}{R_3}\right) & \left(\frac{-1}{R_{AB}}\right) \\ \left(\frac{-1}{R_{AB}}\right) & \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{AB}} + \frac{1}{R_4}\right) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left(\frac{E_1}{R_1}\right) \\ \left(\frac{E_2}{R_2}\right) \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{50} + \frac{1}{30}\right) & \left(\frac{-1}{50}\right) \\ \left(\frac{-1}{50}\right) & \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{50} + \frac{1}{40}\right) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left(\frac{25}{5}\right) \\ \left(\frac{35}{8}\right) \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0.2533 & -0.02 \\ -0.02 & 0.17 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 4.375 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} U_A \\ U_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.2533 & -0.02 \\ -0.02 & 0.17 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 5 \\ 4.375 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 21.97 \\ 28.32 \end{pmatrix} \text{ V}$$

הזרם בעומס:

$$I_{AB} = \frac{U_A - U_B}{R_{AB}} = \frac{21.97 - 28.32}{50} = -0.1270 \text{ A}$$

חשבון בזרמי לולאות:

$$\begin{pmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_1 + R_3 & -R_3 & 0 \\ -R_3 & R_3 + R_{AB} + R_4 & -R_4 \\ 0 & -R_4 & R_4 + R_2 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} E_1 \\ 0 \\ -E_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5+30 & -30 & 0 \\ -30 & 30+50+40 & -40 \\ 0 & -40 & 40+8 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 25 \\ 0 \\ -35 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 0.6055 \\ -0.127 \\ -0.835 \end{pmatrix} A$$

הזרם בעומס:

$$I_{AB} = I_b = -0.1270 A$$

תשובה על שאלה ג

על פי חשבון מתחי צמתים או לולאות זרם, הזרם במקור 1:

$$I_1 = \frac{E_1 - U_A}{R_1} = \frac{25 - 21.97}{5} = 0.6055 A \quad (= I_a)$$

הזרם חיובי לכן מקור האנרגיה 1 הוא מקור מתח, הוא מספק אנרגיה.

הזרם במקור 2:

$$I_2 = \frac{E_2 - U_B}{R_2} = \frac{35 - 28.32}{8} = 0.8350 A \quad (= -I_c)$$

הזרם חיובי. לכן מקור האנרגיה 2 הוא מקור מתח, הוא מספק אנרגיה.

תשובה על שאלה ד

הספק צריכת האנרגיה במכשיר, התנגדות R_{AB} :

$$P_{AB} = I_{AB}^2 R_{AB} = (-0.127)^2 \times 50 = 0.806 W$$

הספק מקורות המתח:

$$P_{E1} = E_1 I_1 = 25 \times 0.6055 = 15.14 W$$

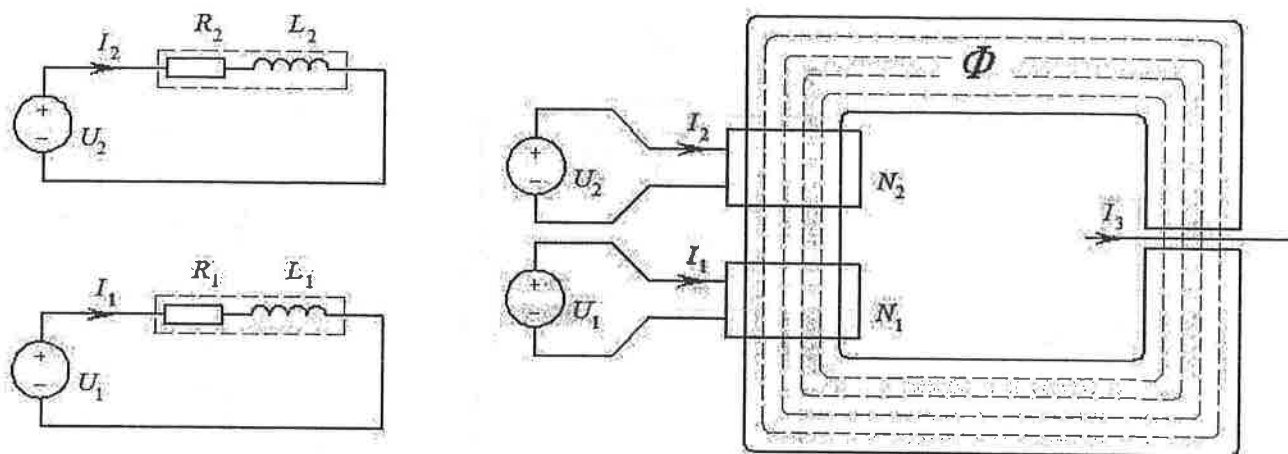
$$P_{E2} = E_2 I_2 = 35 \times 0.835 = 29.22 W$$

נצילות המעגל:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{AB}}{P_{E1} + P_{E2}} = \frac{0.806}{15.14 + 29.22} = 0.0182 = 1.82 \%$$

שאלה 5

התקן אלקטרו-מכני בנוי ליבת חומר פרומגנטי ועליה מותקנים שני סלילים, כמתואר עקרונית באיור 5. בחריץ האוויר שבליבה, עובר מוליך נושא זרם I_3 , והכוח הפועל עליו יחסי למכפלה $I_3 \Phi$. עוד נתון באיור, המעגל החשמלי של כל אחד מהסלילים.



איור 5

האורך הממוצע של מסלול השטף בחומר הפרומגנטי הוא 250 mm , שטח החתך של הליבה הוא 400 mm^2 , אורך חריץ האוויר הוא 2 mm והחדירות המגנטית היחסית של החומר הפרומגנטי היא 2500 . בקירוב טוב מאוד, אין בהתקן פיזור שטף מגנטי, לא בסלילים ולא בחומר הפרומגנטי. וכמות השטף המגנטי בשולי חריץ האוויר זניחה. בסליל 1 יש 230 כריכות והוא עשוי מוליך נחושת מבודד שאורכו 21 m ושטח החתך שלו 0.15 mm^2 . התנגדות סגולית של נחושת היא $0.01754 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. סליל 1 מחובר למקור מתח ישר של 1.8 V . בסליל 2 יש 180 כריכות והתנגדות החשמלית שלו היא 6.7Ω .

6 נקי א מה הגודל של ההשראות L בכל אחד משני המעגלים החשמליים?

10 נקי ב כמה שטף מגנטי יוצר סליל 1?

4 נקי ג מה צריך להיות הגודל של המתח U_2 ומה צריכה להיות מגמת הליפוף בסלילים, כדי שעל המוליך נושא הזרם שבתריץ האוויר, לא יפעל כל כוח (הכוח יהיה שווה אפס)?

שאלה 5 – תשובות

תשובה על שאלה א

מיאון הליבה :

$$R_{m.core} = \frac{l_{core}}{\mu_0 \mu_r A_{core}} = \frac{250 \times 10^{-3}}{4 \times \pi \times 10^{-7} \times 2500 \times 400 \times 10^{-6}} = 1.989 \times 10^5 \frac{1}{H}$$

מיאון חריץ האוויר :

$$R_{m.air.gap} = \frac{l_{air.gap}}{\mu_0 A_{air.gap}} = \frac{2 \times 10^{-3}}{4 \times \pi \times 10^{-7} \times 400 \times 10^{-6}} = 3.979 \times 10^6 \frac{1}{H}$$

מיאון המעגל המגנטי :

$$R_m = R_{m.core} + R_{m.air.gap} = 1.989 \times 10^5 + 3.979 \times 10^6 = 4.178 \times 10^6 \frac{1}{H}$$

השראות כל אחד מרכיבי המעגל החשמלי :

$$L = \frac{N^2}{R_m} \quad L_1 = \frac{230^2}{4.178 \times 10^6} = 12.66 \text{ mH} \quad L_2 = \frac{180^2}{4.178 \times 10^6} = 7.755 \text{ mH}$$

תשובה על שאלה ב

התנגדות סליל 1 :

$$R_1 = \frac{\rho_{Cu} l_{Cu}}{A_{Cu}} = \frac{0.01754 \times 21}{0.15} = 2.456 \Omega$$

בזרם ישר אין ההשראות הסליל משפיעה על עצמת הזרם :

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{1.8}{2.456} = 0.7330 \text{ A}$$

סליל 1 יוצר שטף מגנטי של :

$$\Phi_1 = \frac{N_1 I_1}{R_m} = \frac{230 \times 0.733}{4.178 \times 10^6} = 4.035 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

תשובה על שאלה ג

כדי שעל המוליך לא יפעל כוח, השטף המגנטי חייב להיות אפס. הזרם בסליל 2 :

$$N_1 I_1 + N_2 I_2 = 0 \text{ A}$$

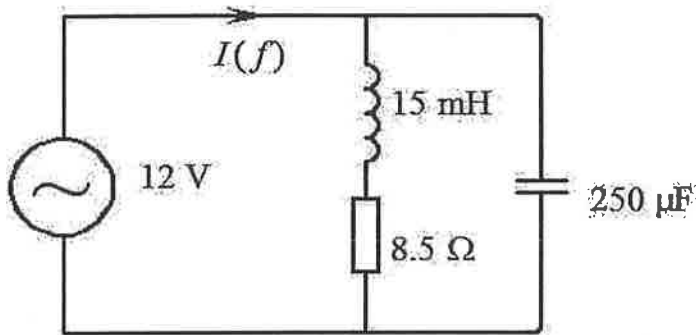
$$I_2 = \frac{-N_1 I_1}{N_2} = \frac{-230 \times 0.733}{180} = -0.9366 \text{ A}$$

בזרם ישר אין ההשראות הסליל משפיעה על שיעור המתח :

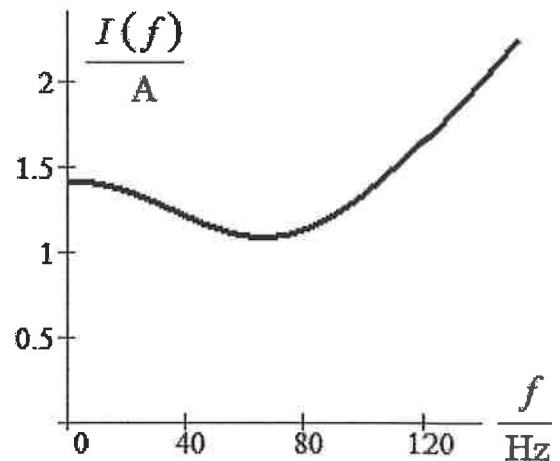
$$U_2 = |I_2| R_2 = 0.9366 \times 6.7 = 6.275 \text{ V}$$

שאלה 6

מקור המתח שבאיור 6.1 הוא מחולל אות (signal generator). הוא מפיק אות סינוסואידי במתח קבוע ובתדר משתנה. מחולל האות מחובר להתקן המיוצג באמצעות התנגדות והשראות וקיבול, המחוברים זה לזה כמתואר באיור.



איור 6.1



איור 6.2

- 4 נקי א על פי הנתונים של רכיבי המעגל שבאיור 6.1, מהי עצמת הזרם במקור בתדר של $f = 0 \text{ Hz}$?
- 10 נקי ב על פי הנתונים של רכיבי המעגל שבאיור 6.1, מהי עצמת הזרם במקור בתדר של $f = 66 \text{ Hz}$?
- 2 נקי ג האם התשובות על שתי השאלות לעיל, תואמות לעקום שבאיור 6.2? תשובה בנוסח כן או לא, אינה תשובה כלל!
- 4 נקי ד האם ייתכן מצב שבו המעגל שבאיור 6.1, יהיה בתהודה? עליך לסמוך את התשובה בחישוב מתאים.

שאלה 6 – תשובות

התלות של הזרם במקור בתדר הזווית:

$$\bar{I}(\omega) = \bar{U}_s \left(\frac{1}{R + j\omega L} + j\omega C \right) \quad \bar{U}_s = 12 \text{ V} \angle 0^\circ$$

תשובה על שאלה א

במצב מתמיד, בתדר של $f = 0 \text{ Hz}$ הקיבול נוהג כמו נתק וההשראות, כמו קצר.

$$I|_{f=0\text{Hz}} = \frac{|\bar{U}_s|}{R} = \frac{12}{8.5} = 1.412 \text{ A}$$

על פי הביטוי לעיל:

$$\omega = 2\pi f = 2 \times \pi \times 0 = 0 \text{ rad/s}$$

$$\bar{I}(\omega)|_{\omega=0\text{rad/s}} = 12 \times \left(\frac{1}{8.5 + j0} + j0 \right) = \frac{12}{8.5} = 1.412 \text{ A} \quad |\bar{I}(\omega)|_{\omega=0\text{rad/s}} = 1.412 \text{ A}$$

תשובה על שאלה ב

$$\omega = 2\pi f = 2 \times \pi \times 66 = 414.7 \text{ rad/s}$$

$$\omega L = 414.7 \times 15 \times 10^{-3} = 6.220 \Omega \quad \omega C = 414.7 \times 250 \times 10^{-6} = 0.1037 \text{ S}$$

$$\begin{aligned} \bar{I}(\omega)|_{\omega=414.7\text{rad/s}} &= 12 \times \left(\frac{1}{8.5 + j6.220} + j0.1037 \right) \\ &= (0.9194 + j0.5713) \text{ A} = 1.082 \text{ A} \angle 0.5560 \text{ rad} = 1.082 \text{ A} \angle 31.85^\circ \end{aligned}$$

$$|\bar{I}(\omega)|_{\omega=414.7\text{rad/s}} = 1.082 \text{ A}$$

תשובה על שאלה ג

שתי התוצאות תואמות את העקום: בתדר $f = 0 \text{ Hz}$ עצמת הזרם היא 1.412 A היא קטנה במעט מעצמת זרם של 1.5 A . בתדר $f = 66 \text{ Hz}$ עצמת הזרם היא 1.082 A והיא קטנה מעצמת הזרם בתדר $f = 0 \text{ Hz}$ והיא עצמת זה הקרובה לנקודה על העקום שבו עצמת הזרם מזערית.

תשובה על שאלה ד

חיבור רכיבי המעגל זה אל זה הוא חיבור המתאים למעגל תהודה RLC מקבילי שבו

$$r_L = 8.5 \Omega \quad L = 15 \text{ mH} \quad r_C = 0 \Omega \quad C = 250 \mu\text{F} \quad R = \infty \Omega$$

ההתנגדות האופיינית של המעגל היא :

$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{15 \times 10^{-3}}{250 \times 10^{-6}}} = 7.746 \Omega$$

תדר זוויתי הוא מספר ממשי.

הביטוי הכללי לחישוב התדר הזוויתי שבו המעגל בתהודה :

$$\omega_{\text{res}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{\frac{R_0^2 - r_L^2}{R_0^2 - r_C^2}}$$

על פי הנתונים של רכיבי המעגל שבאיור: $r_L^2 > R_0^2$ כי $r_L = 8.5 \Omega > R_0 = 7.746 \Omega$. ולכן תוצאת החישוב היא

תדר זוויתי שהוא מספר מרוכב דמיוני. משמעות התוצאה היא שלא ייתכן מצב שבו המעגל שבאיור 6, יהיה בתהודה.

שאלה 7

המתח שבין ההדקים של קבל לוחות נמדד באמצעות מד מתח. ההתנגדות הפנימית של מד המתח גדולה מאוד ואין היא משפיעה על המתח שבין הדקי הקבל לאורך זמן הניסוי.

שטח פני לוחות הקבל הוא 300 cm^2 והמרחק בין הלוחות נתון באיור 7.1.

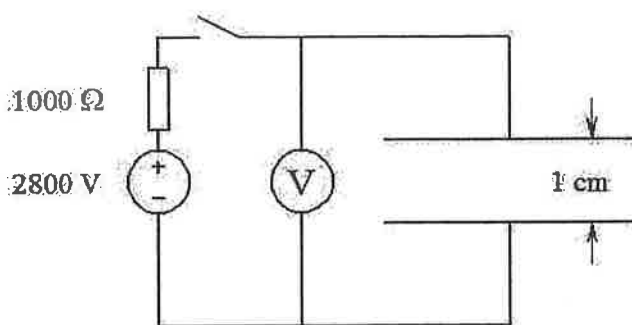
5 נק' א כאשר חומר הבידוד שבין לוחות הקבל, הוא אוויר בלבד, כמתואר באיור 7.1, מהו קיבול הקבל?

5 נק' ב העבירו את המתג למצב מחובר (on). לאחר שחלפה תופעת המעבר של טעינת הקבל, כמה מטען חשמלי אגור בקבל הזה?

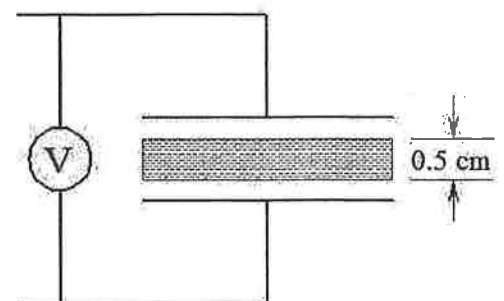
העבירו את המתג למצב מופסק (off). בין לוחות הקבל הכניסו חומר מבודד שהפרמיטיביות היחסית שלו אינה ידועה. עובי החומר המבודד ומקומו בין לוחות הקבל, נתון באיור 7.2. שטח פני החומר שווה לשטח פני לוחות הקבל. לאחר הכנסת החומר המבודד, בין לוחות הקבל נמדד מתח של 1800 V .

5 נק' ג מהו קיבול הקבל המתואר באיור 7.2?

5 נק' ד מה הפרמיטיביות היחסית של החומר המבודד שהוכנס בין לוחות הקבל?



איור 7.1



איור 7.2

שאלה 7 – תשובות

תשובה על שאלה א

קיבול קבל הלוחות

$$C_{\text{air}} = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 300 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-2}} = 2.653 \times 10^{-11} \text{ F} = 26.53 \text{ pF}$$

תשובה על שאלה ב

כמות המטען האגורה בקבל:

$$Q_{\text{air}} = C_{\text{air}} U_{\text{air}} = 2.653 \times 10^{-11} \times 2800 = 7.427 \times 10^{-8} \text{ C} = 74.27 \text{ nC}$$

תשובה על שאלה ג

כמות המטען האגורה בקבל אינה משתנה בעקבות הכנסת החומר המבודד הנוסף.

קיבול הקבל לאחר שהוכנס לתוכו החומר המבודד:

$$C_1 = \frac{Q_{\text{air}}}{U_1} = \frac{7.427 \times 10^{-8}}{1800} = 4.126 \times 10^{-11} \text{ F} = 41.26 \text{ pF}$$

תשובה על שאלה ד

הכנסת החומר המבודד הפכה את הקבל המקורי לשני קבלים המחוברים זה לזה בטור. קיבול קבל האוויר:

$$C_{\text{air.1}} = \frac{\epsilon_0 A}{\left(\frac{d}{2}\right)} = 2C_{\text{air}}$$

קיבול הקבל שבו החומר המבודד שהפרמיטיביות שלו לא ידוע:

$$C_1 = \frac{C_{\text{air.1}} C_x}{C_{\text{air.1}} + C_x} = \frac{2C_{\text{air}} C_x}{2C_{\text{air}} + C_x} \quad (2C_{\text{air}} + C_x) C_1 = 2C_{\text{air}} C_x$$

$$C_x = \frac{2C_{\text{air}} C_1}{2C_{\text{air}} - C_1} = \frac{2 \times 2.653 \times 10^{-11} \times 4.126 \times 10^{-11}}{2 \times 2.653 \times 10^{-11} - 4.126 \times 10^{-11}} = 1.857 \times 10^{-10} \text{ F} = 185.7 \text{ pF}$$

הפרמיטיביות של החומר המבודד שהוכנס בין לוחות הקבל:

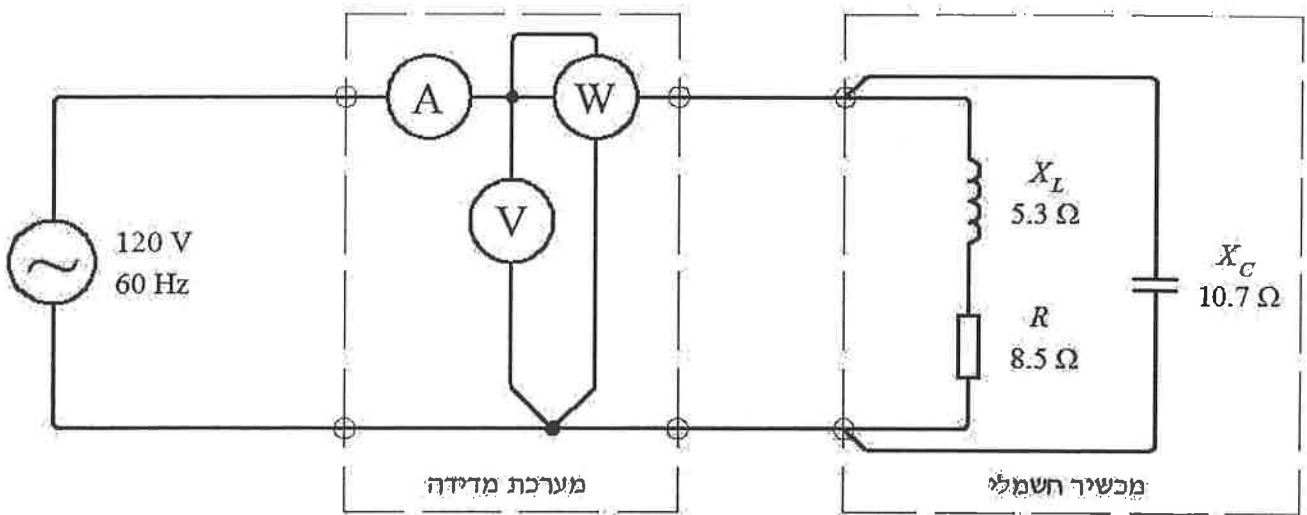
$$C_x = \frac{\epsilon_0 \epsilon_x A}{d}$$

$$\epsilon_x = \frac{C_x d_x}{\epsilon_0 A} = \frac{1.857 \times 10^{-10} \times 0.5 \times 10^{-2}}{8.854 \times 10^{-12} \times 300 \times 10^{-4}} = 3.5$$

שאלה 8

תרשים החיבורים של מערכת מדידה של מאפייני צריכת האנרגיה במכשיר חשמלי, נתון באיור 8. עוד נתון באיור, ייצוג המכשיר באמצעות רכיבי מעגל חשמלי והחיבור שלהם זה אל זה. בקירוב טוב מאוד, אין מכשירי המדידה משפיעים על תוצאות המדידה ואין בהורייטם שגיאה כלשהי.

- 10 נק' א מהו ההספק המרוכב במקור האנרגיה?
- 4 נק' ב מה תהיה הוריית מכשירי המדידה?
- 2 נק' ג מה הגודל של זווית הפרש המופע שבין אות הזרם לאות המתח שבמקור האנרגיה?
- 4 נק' ד החליפו את מקור המתח שבאיור, במקור מתח של 120 V 50 Hz . לאחר ההחלפה, הוריית מד ההספק היא 1334 W . מה ההסבר האיכותי, ללא חישובים, לתוצאת מדידה זו?



איור 8

בהצלחה

שאלה 8 – תשובות

תשובה על שאלה א

העכבה השקילה לעכבת המכשיר:

$$\bar{Z}_1 = R + jX_L = (8.5 + j5.3)\Omega \quad \bar{Z}_2 = -jX_C = -j10.7\Omega$$

$$\bar{Z}_{12} = \frac{\bar{Z}_1 \bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} = \frac{(8.5 + j5.3) \times (-j10.7)}{(8.5 + j5.3) + (-j10.7)} = (9.596 - j4.604)\Omega$$

הזרם במקור:

$$\bar{I}_s = \frac{\bar{U}_s}{\bar{Z}_{12}} = \frac{120}{(9.596 - j4.604)} = (10.17 + j4.877)\text{A} = 11.27 \text{A} \angle 0.4473 \text{rad} = 11.27 \text{A} \angle 25.6^\circ$$

ההספק המרוכב במקור:

$$\bar{S}_s = \bar{U}_s \bar{I}_s^* = 120 \times (10.17 - j4.877) = (1220 - j585.1)\text{VA}$$

תשובה על שאלה ב

הוריית מד ההספק היא החלק הממשי של ההספק המרוכב:

$$P_w = \text{Re}(\bar{S}_s) = 1220 \text{W}$$

הוריית מד המתח הוא גודל המתח שבין הדקי המקור (אין מד הזרם משפיע על תוצאת מדידת המתח):

$$U_v = |\bar{U}_s| = 120 \text{V}$$

הוריית מד הזרם הוא גודל הזרם שבמקור:

$$I_A = |\bar{I}_s| = 11.27 \text{A}$$

תשובה על שאלה ג

זווית הפרש המופע שבין אות הזרם לאות המתח היא $0.4473 \text{rad} = 25.6^\circ$, אות הזרם מקדים את אות המתח.

תשובה על שאלה ד

ההיגב ההשראי תלוי בתדר ביחס ישר; הקטנת התדר מקטינה את ההיגב. עכבת הענף שבנו נמצא ההיגב המחובר בטור להתנגדות, קטנה ולכן הזרם בענף יגדל. הוריית מד הספק היא ההספק בהתנגדות, הספק היחסי ישר לזרם בריבוע.