

השאלות

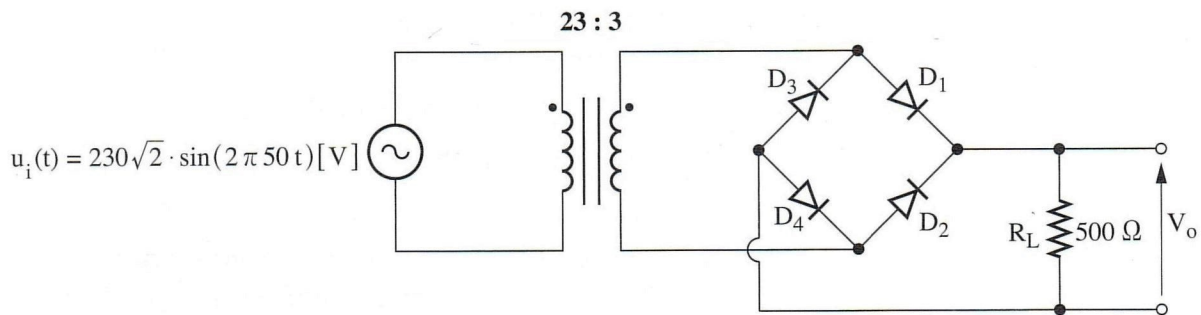
ענו על חמש מבין השאלות 1-10. עליכם לענות על שאלה אחת לפחות מן הפרק הראשון, על שאלה אחת לפחות מן הפרק השני, ועל שאלה אחת מן הפרק השלישי.

פרק ראשון: אלקטרוניקה תקבילית

ענו על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 1-4 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מתואר מעגל חשמלי הכולל גשר דיודות אידיאליות ושנאי אידיאלי בעל יחס השנאה של 23:3.



איור לשאלה 1

א. (8 נק')

1. (4 נק') סרטטו שני מחזורים של מתח המבוא $u_i(t)$. ציינו את זמן המחזור ואת הערך המרבי והערך המזערי של המתח.

2. (4 נק') סרטטו בהתאמה לסרטוט הקודם שני מחזורים של מתח המוצא $v_o(t)$. ציינו את זמן המחזור ואת הערך המרבי והערך המזערי של המתח.

ב. (4 נק') חשבו את המתח הממוצע של העומס R_L .

ג. (4 נק')

1. (2 נק') חשבו את המתח היעיל על העומס R_L .

2. (2 נק') חשבו את ההספק הממוצע המתפתח בנגד העומס R_L .

ד. (4 נק') להורדת גליות מתח המוצא, מוסיפים קבל במקביל לנגד R_L .

חשבו את ערכו של הקבל, כדי לקבל גליות מתח מוצא של $\Delta V_o = 0.5 \text{ V}$.



אבי יומטוביאן
פשוט להבין!

① (k) $f = 50 \text{ Hz} \Rightarrow T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 20 \text{ msec}$

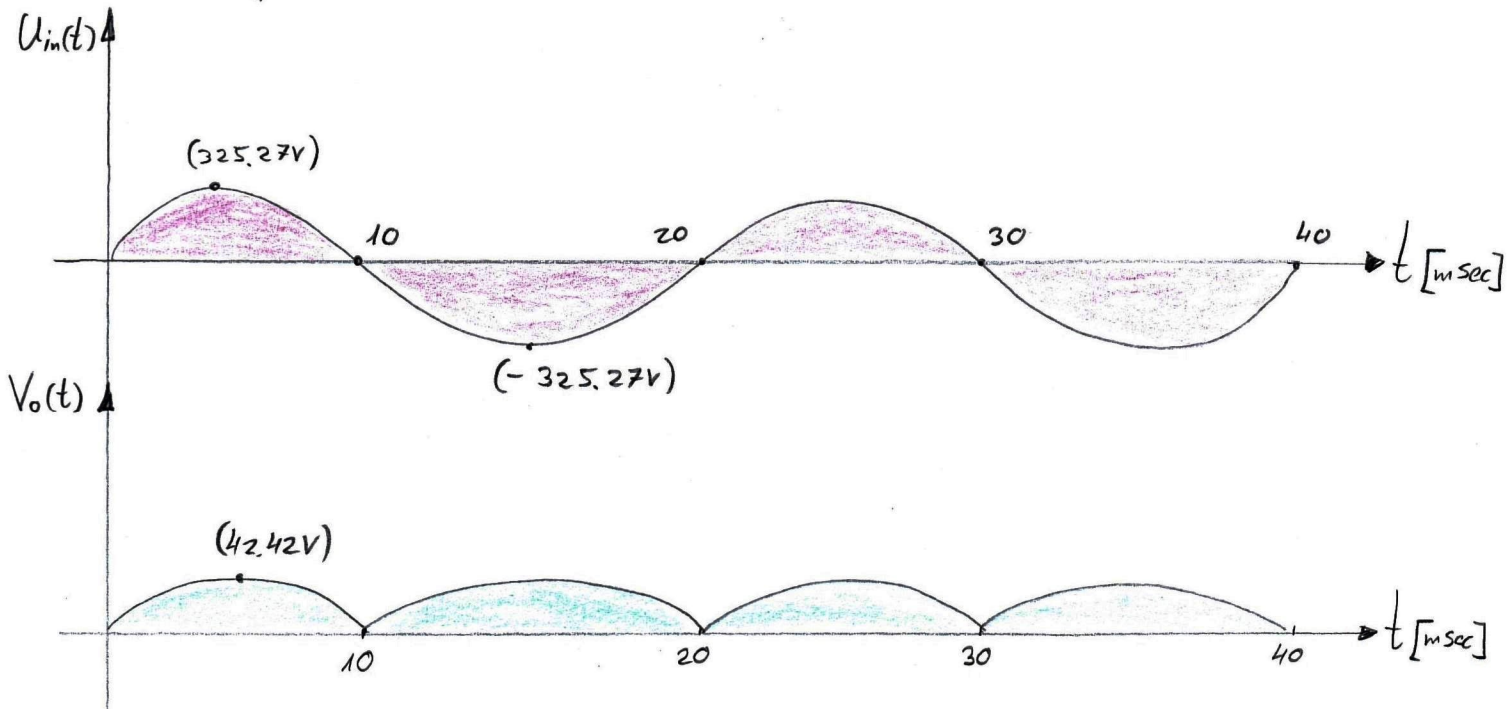
$$U_{1\max} = 230\sqrt{2} = 325.27V$$

$$K = \frac{23}{3}$$

$$K = \frac{u_{1\max}}{u_{2\max}}$$

$$\frac{23}{3} = \frac{325.27}{U_{2\max}} \Rightarrow U_{2\max} = 30\sqrt{2} = 42.42V$$

זה גם יהיה הצורך המקסימלי של העם הפועל בארץ למען הציונות, ואולי:



$$\textcircled{2} \quad U_{AV} = \frac{2 \cdot U_{z_{max}}}{\pi} = \frac{2 \cdot 30\sqrt{2}}{\pi} = 27V$$



אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

$$\textcircled{d} \quad U_{RMS} = \frac{U_{2max}}{\sqrt{2}} = \frac{30\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \boxed{30V}$$

$$\Downarrow$$

$$\boxed{P} = \frac{U_{RMS}^2}{R} = \frac{30^2}{500} = \boxed{1.8W}$$

$$\textcircled{3} \quad \Delta V \approx \frac{V_{0max}}{2 \cdot R \cdot C \cdot f}$$

$$0.5 \approx \frac{30\sqrt{2}}{2 \cdot 500 \cdot C \cdot 50}$$

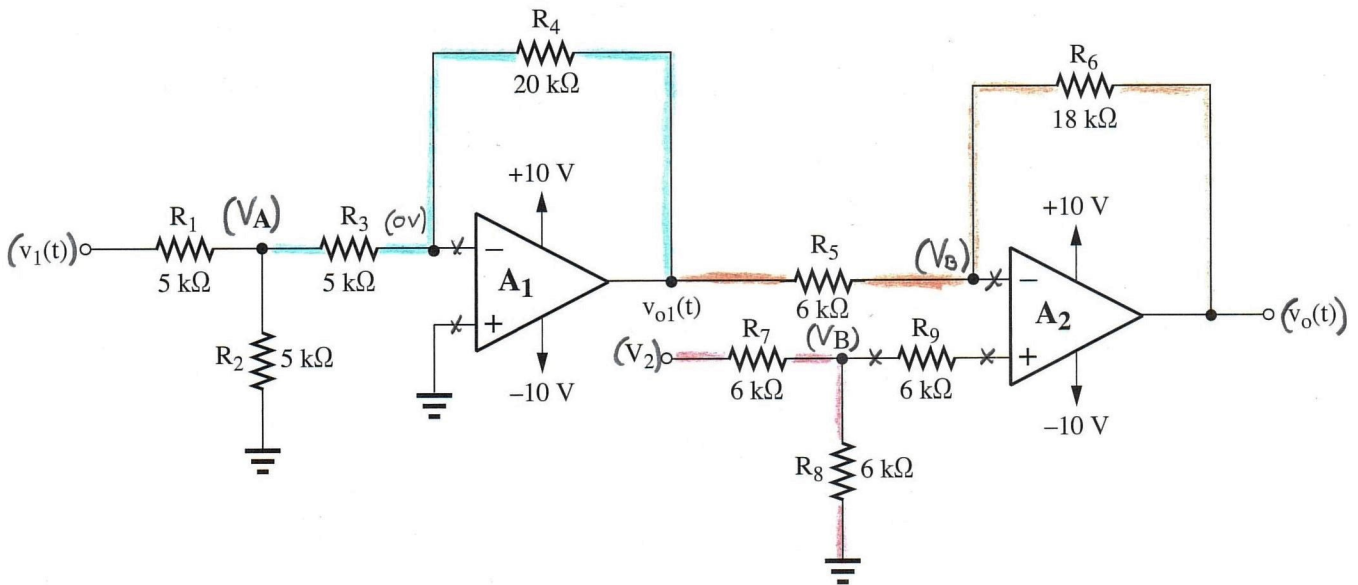
$$\boxed{C \approx 1.7_m F}$$



אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מתואר מעגל חשמלי הכולל מגברי שרת אידיאליים שבהם מתחי הרוויה שווים למתחי ההזנה.



איור לשאלה 2

א. (7 נק')

1. (4 נק') כתבו ביטוי המתאר את מתח המוצא של המגבר הראשון v_{o1} כפונקצייה של מתח המבוא v_1 .

2. (3 נק') כתבו ביטוי המתאר את מתח המוצא $v_o(t)$ כפונקצייה של מתחי המבוא $v_1(t)$ ו- V_2 .

ב. (6 נק') חשבו את מתח המבוא v_1 המרבי לקבלת מתח המוצא המגבר הראשון v_{o1} ללא עיוותים.

ג. (7 נק') נתון: $v_1(t) = 1.5 \cdot \sin(\omega t) [V]$, $V_2 = 3V$

1. (4 נק') חשבו את הערך המרבי ואת הערך המזערי של מתח המוצא v_o .

2. (3 נק') סרטוט זה מתחת לזה בהתאמה את המתחים $v_1(t)$, $v_{o1}(t)$, $v_o(t)$. ציינו בסרטוט את הערכים המרביים והערכים המזעריים של כל מתח.



אבי יומטוביאן
פשוט להבין!

2

1k

$$I_{R_1} = I_{R_2} + I_{R_3}$$

$$\frac{V_1 - V_A}{R_1} = \frac{V_A - 0}{R_2} + \frac{V_A - 0}{R_3}$$

$$\frac{V_1 - V_A}{5} = \frac{V_A}{5} + \frac{V_A}{5} \quad / \cdot 5$$

$$V_1 - V_A = 2V_A \Rightarrow V_1 = 3V_A$$

$$V_A = \frac{V_1}{3}$$

$$I_{R_3} = I_{R_4}$$

$$\frac{V_A - 0}{R_3} = \frac{0 - V_{o1}}{R_4}$$

$$\frac{V_A}{5} = - \frac{V_{o1}}{20} \quad / \cdot (-20)$$

$$V_{o1} = -4 \cdot V_A = -4 \cdot \frac{V_1}{3}$$

$$V_{o1} = -1.333 V_1$$

2k

$$V_B = V_2 \cdot \frac{R_8}{R_7 + R_8} = V_2 \cdot \frac{6}{6+6} = \frac{V_2}{2}$$

$$I_{R_5} = I_{R_6}$$

$$\frac{V_{o1} - V_B}{R_5} = \frac{V_B - V_o}{R_6}$$

$$\frac{V_{o1} - V_B}{6} = \frac{V_B - V_o}{18} \quad / \cdot 18$$

$$3V_{o1} - 3V_B = V_B - V_o$$



אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

$$3 \cdot V_{0,1} - 4V_2 = -V_0$$

$$3 \cdot (-1.333V_1) - 4 \cdot \frac{V_2}{2} = -V_0$$

$$-4V_1 - 2V_2 = -V_0$$

$$V_0 = 4V_1 + 2V_2$$



אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

ב)

$$V_{0,1} = -1.333V_1$$

$$\pm 10 = -1.333V_1 \quad /: (-1.333)$$

$$V_1 = \pm 7.5V \Rightarrow V_{1_{\max}} = 7.5V$$

$$1c) \quad V_0 = 4 \cdot V_1 + 2 \cdot V_2 = 4 \cdot 1.5 \cdot \sin(\omega t) + 2 \cdot 3 = 6 \cdot \sin(\omega t) + 6 [V]$$

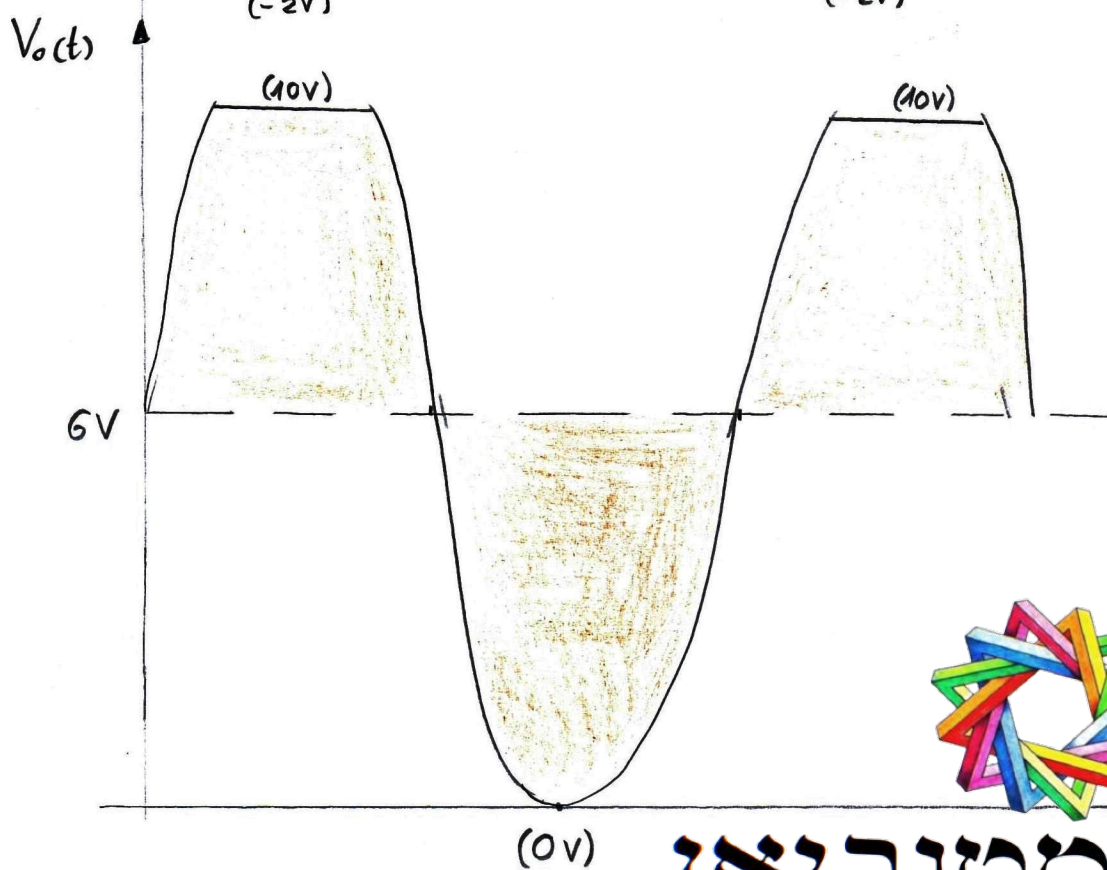
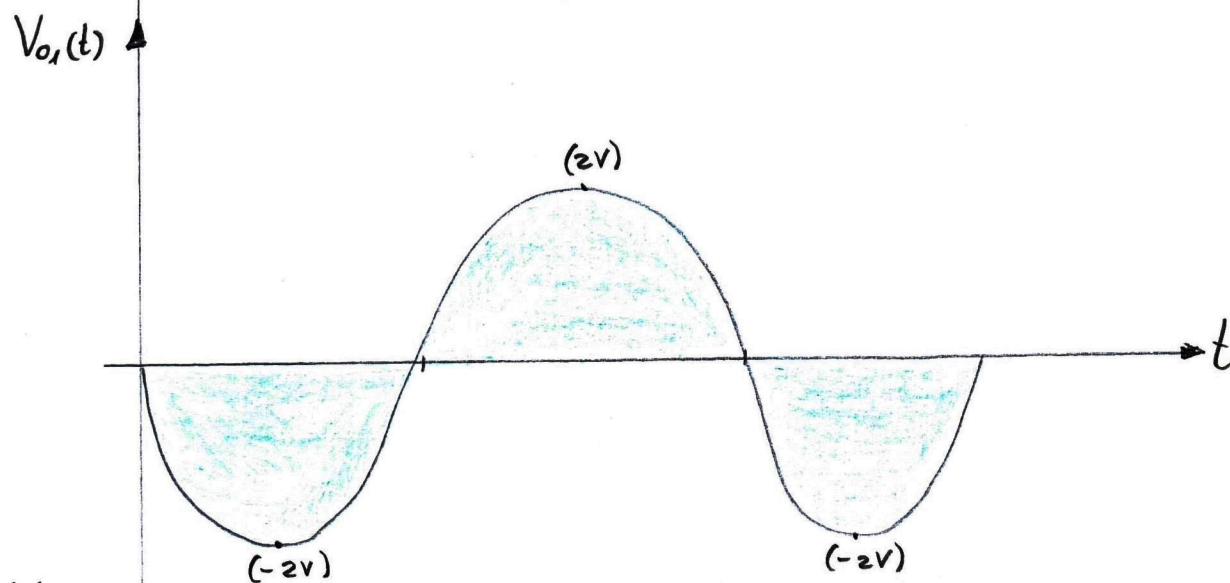
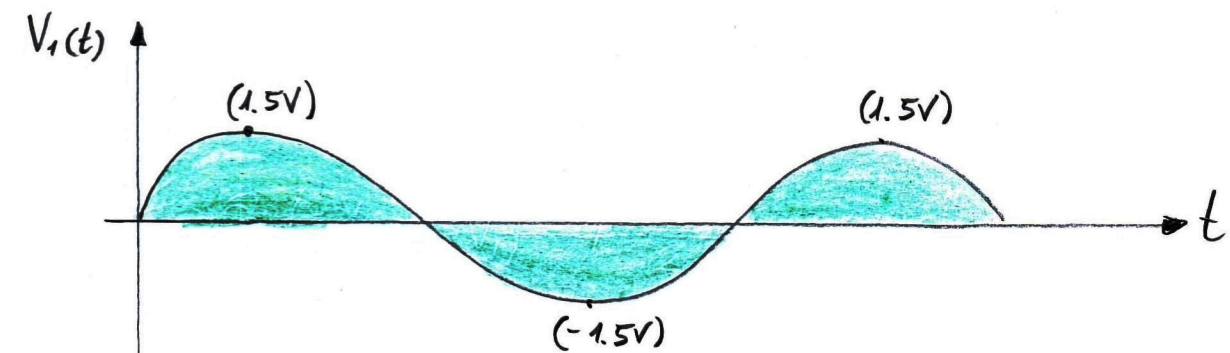
לד היסודות נצ בין הרמיקס $\pm 6V$, ורק בן V_0 ינוצ בין הרמיקס $12V$
 דאס, אקס זקב אנדאן אמת התנה V_0 לא יקרה אר הרק
 ד 10V, ולסן:

$$V_0 = \begin{cases} \max = 10V \\ \min = 0V \end{cases}$$

$$2d) \quad V_1(t) = 1.5 \cdot \sin(\omega t) [V]$$

$$V_{0,1}(t) = -2 \cdot \sin(\omega t) [V]$$

$$V_0(t) = 6 \cdot \sin(\omega t) + 6 [V]$$



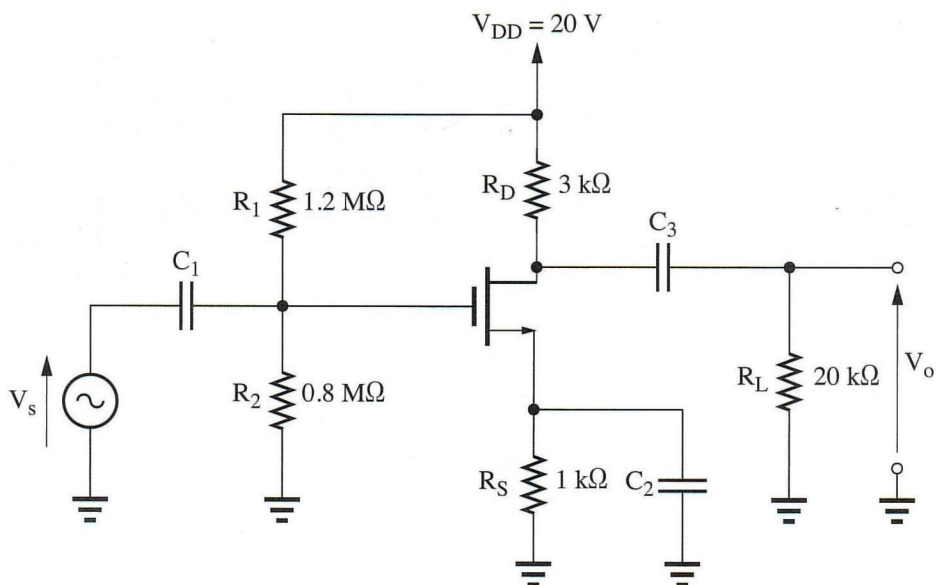
אבי יומטוביאן
פשוט להבין!

שאלה 3

באיור לשאלה 3 מתואר מעגל חשמלי של דרגת הגברה טרנזיסטורית מבוססת MOSFET מסוג העשרה (Enhancement). היגבי הקבלים במעגל זניחים.

להלן נתוני ה-MOSFET:

$V_T = 3 \text{ V}$ (מתח צביטה); $k = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ (קבוע המוליכות); r_d שואף לאין סוף



איור לשאלה 3

- א. (8 נק') חשבו את נקודת העבודה של הטרנזיסטור (V_{DS} , I_D).
- ב. (4 נק') סרטטו מעגל תמורה לאות חילופין של מעגל זה.
- ג. (8 נק') חשבו את הגבר המתח של המעגל $A_v = \frac{V_o}{V_s}$, וכתבו את ערכו גם ביחידות dB.

3

$$\textcircled{a} V_{GG} = V_{DD} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 20 \cdot \frac{0.8}{0.8 + 1.2} = 8V$$

$\Downarrow$

$$V_{GS} = V_G - V_S = V_{GG} - U_{RS} = 8 - 1 \cdot I_D$$

$\Downarrow$

$$I_D = k (V_{GS} - V_T)^2$$

$$I_D = 1 \cdot (8 - 1 \cdot I_D - 3)^2$$

$$I_D = (5 - I_D)^2$$



אבי יומטוביץ
פשוט להבין!

$$I_D = \begin{cases} 3.208 \text{ mA} \Rightarrow V_{GS} = 8 - 1 \cdot I_D = 4.792 \text{ V} > V_T \checkmark \\ \cancel{7.791 \text{ mA}} \Rightarrow \cancel{V_{GS} = 8 - 1 \cdot I_D = 0.209 \text{ V}} < V_T \times \end{cases}$$

$\Downarrow$

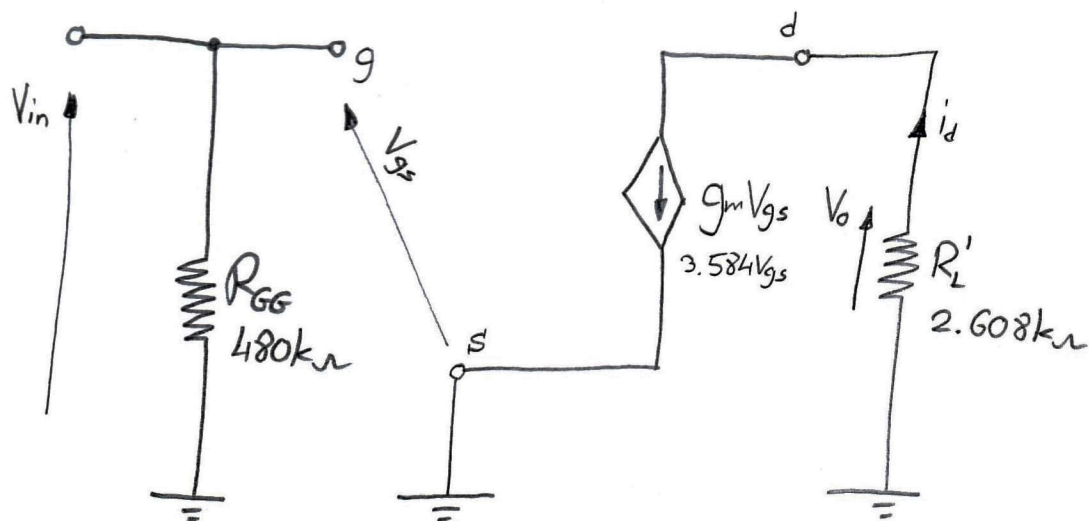
$$V_{DD} - 0 = U_{RD} + V_{DS} + U_{RS}$$

$$20 = (3 + 1)I_D + V_{DS}$$

$$20 = 4 \cdot 3.208 + V_{DS} \Rightarrow V_{DS} = 7.168 \text{ V}$$

$$\textcircled{b} g_m = 2 \cdot k (V_{GS} - V_T) = 2 \cdot 1 \cdot (4.792 - 3) = 3.584 \text{ mS}$$

$\Downarrow$



$$\textcircled{d} \quad V_o = -g_m V_{gs} \cdot R_L' = -3.584 V_{gs} \cdot 2.608 = -9.347 V_{gs}$$

$$V_{in} = V_{gs}$$



$$A_v = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{-9.347 V_{gs}}{V_{gs}} = -9.347$$

$$A_{v[\text{dB}]} = 20 \cdot \log |A_v| = 20 \log(9.347) = 19.413 \text{ dB}$$

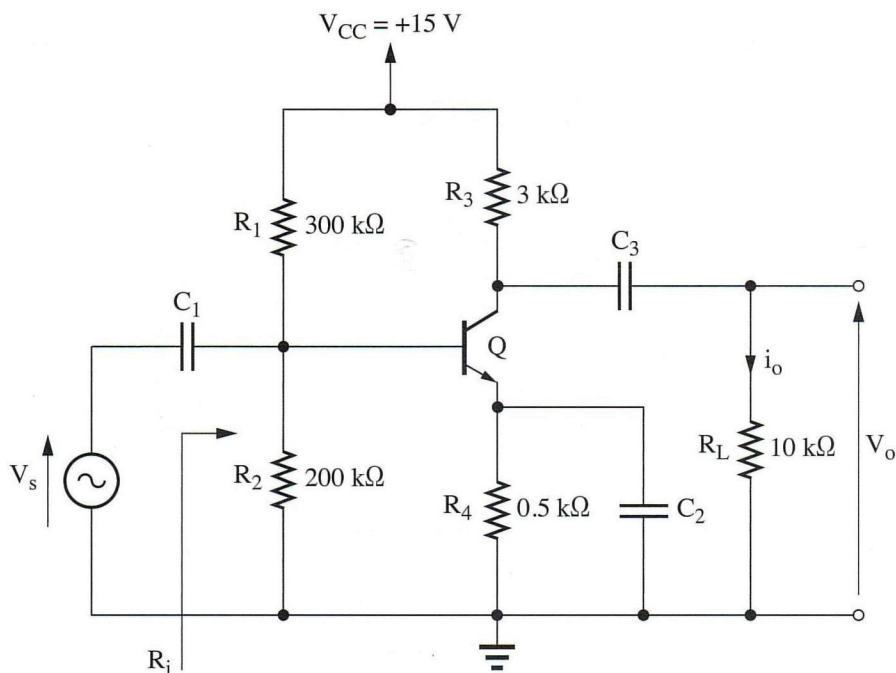


אבי יומטוב יאן
פשוט להביא!

שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתואר מעגל חשמלי של דרגת הגברה טרנזיסטורית מבוססת טרנזיסטור דו-נושאי (Bipolar). היגבי הקבלים במעגל זניחים.

להלן נתוני הטרנזיסטור: $h_{fe} = 100$; $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$; $h_{ie} = 1 \text{ k}\Omega$



איור לשאלה 4

- א. (6 נק') חשבו את נקודת העבודה של הטרנזיסטור (V_{CE} , I_C).
- ב. (4 נק') סרטטו מעגל תמורה לאות חילופין של מעגל זה.
- ג. (5 נק') חשבו את הגבר המתח של המעגל $A_v = \frac{V_o}{V_s}$.
- ד. (5 נק') חשבו את התנגדות הכניסה של המעגל R_i , ואת הגבר הזרם של המעגל $A_i = \frac{i_o}{i_{in}}$.



אבי יומטוב יאן
פשוט להביץ!

4

$$\textcircled{e} R_{BB} = R_1 \parallel R_2 = 300 \parallel 200 = 120 \text{ k}\Omega$$

$$V_{BB} = V_{cc} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 15 \cdot \frac{200}{500} = 6 \text{ V}$$



$$V_{BB} - 0 = U_{R_{BB}} + V_{BE} + U_{R_E}$$

$$6 = 120 I_B + 0.7 + 101 I_B \cdot 0.5$$

$$I_B = 31.085 \cdot 10^{-3} \text{ mA} = 31.085 \mu\text{A}$$



$$I_C = \beta I_B = 3.108 \text{ mA}$$



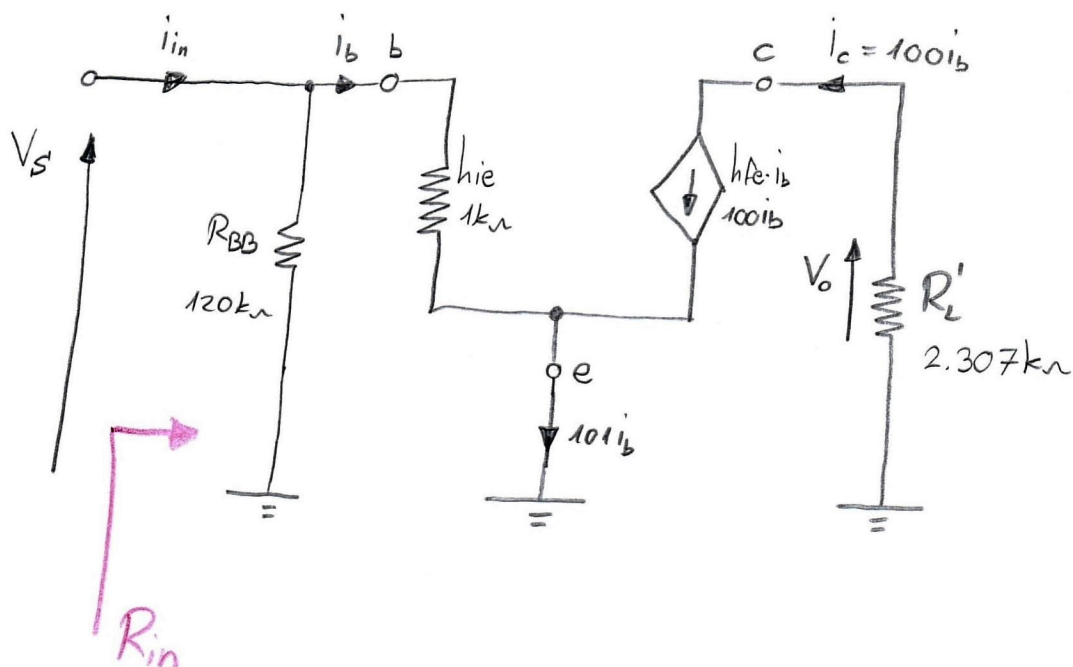
אבי יומטוביאן
פשוט להביא!

$$V_{cc} - 0 = U_{R_C} + V_{CE} + U_{R_E}$$

$$15 = 3 \cdot 100 I_B + V_{CE} + 0.5 \cdot 101 I_B$$

$$V_{CE} = 4.104 \text{ V}$$

2



$$\textcircled{d} \quad V_o = -h_{fe} \cdot i_b \cdot R_L' = -100 i_b \cdot 2.307 = -230.7 i_b$$

$$V_s = h_{ie} \cdot i_b = 1 \cdot i_b$$



$$\boxed{A_v} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{-230.7 i_b}{1 \cdot i_b} = \boxed{-230.7}$$

$$\textcircled{3} \quad \boxed{R_{in}} = R_{BB} \parallel h_{ie} = 120 \parallel 1 = \boxed{0.991 k\Omega}$$

$$i_o = \frac{V_o}{R_L} = \frac{-230.7 i_b}{10} = -23.07 i_b$$

$$i_{in} = \frac{V_s}{R_{in}} = \frac{1 \cdot i_b}{0.991} = 1.008 i_b$$



$$\boxed{A_I} = \frac{i_{out}}{i_{in}} = \frac{-23.07 i_b}{1.008 i_b} = \boxed{-22.88}$$



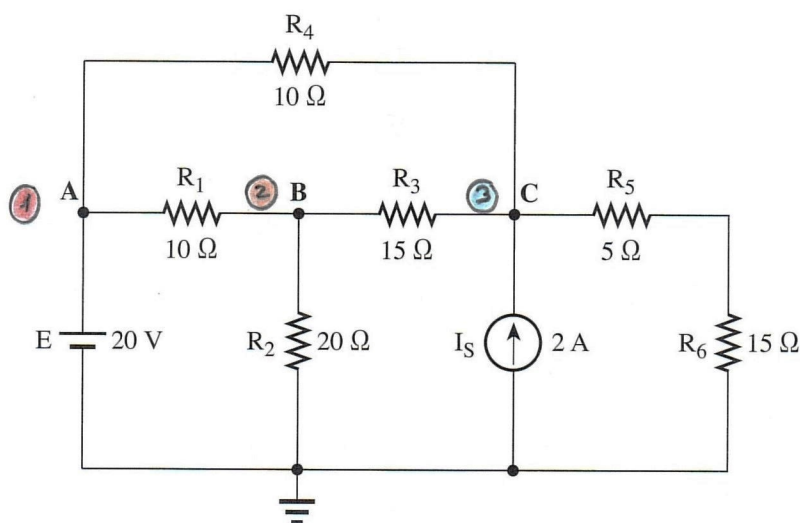
אבי יומטוב יאן
פשוט להביא!

פרק שני: תורת החשמל

ענו על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 5-8 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתואר מעגל חשמלי הפועל בזרם ישר.



איור לשאלה 5

- א. (8 נק') חשבו את המתח בנקודות A, B, ו-C.
- ב. (4 נק') חשבו את הזרם הזורם דרך הנגד R_1 , וציינו את כיוונו (מ-A ל-B או מ-B ל-A).
- ג. (4 נק') חשבו את המתח על נגד R_6 .
- ד. (4 נק') חשבו את ההספק המתפתח בנגד R_4 .



אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

5

$$\textcircled{b} \begin{pmatrix} +G_{11} & -G_{12} & -G_{13} \\ -G_{21} & +G_{22} & -G_{23} \\ -G_{31} & -G_{32} & +G_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{sc1} \\ I_{sc2} \\ I_{sc3} \end{pmatrix}$$

$V_1 = 20V$
 $\Downarrow$

$$(1 \ 0 \ 0)(V_1) = (20)$$

$$G_{22} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{15} = \frac{13}{60} S$$

$$G_{33} = \frac{1}{15} + \frac{1}{10} + \frac{1}{5+15} = \frac{13}{60} S$$

$$G_{21} = \frac{1}{10} S$$

$$I_{sc2} = 0A$$

$$G_{23} = G_{32} = \frac{1}{15} S$$

$$I_{sc3} = 2A$$

$$G_{31} = \frac{1}{10} S$$



אבי יומטוביץ
פשוט להבין!

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{10} & \frac{13}{60} & -\frac{1}{15} \\ -\frac{1}{10} & -\frac{1}{15} & \frac{13}{60} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 20 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$V_A = 20V$$

$$V_B = 16.47V$$

$$V_C = 23.53V$$

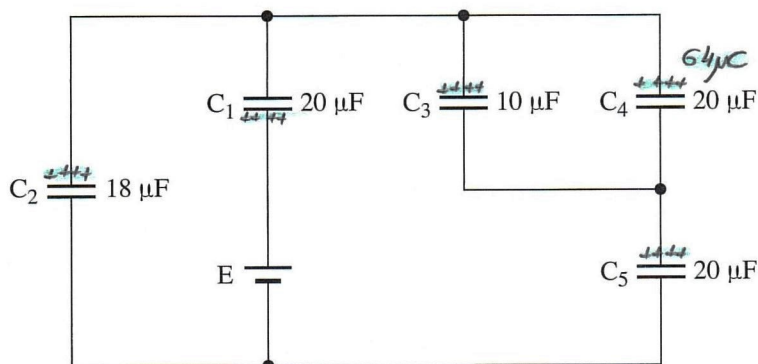
$$\textcircled{2} \boxed{I_{R1}} = \frac{V_1 - V_2}{R_1} = \frac{20 - 16.47}{10} = \boxed{0.353A} \quad (A \rightarrow B)$$

$$\textcircled{c} \boxed{U_{R6}} = U_{30} \cdot \frac{R_6}{R_5 + R_6} = 23.53 \cdot \frac{15}{20} = \boxed{17.647V}$$

$$\textcircled{3} \boxed{P_{R4}} = \frac{U_{R4}^2}{R_4} = \frac{(V_3 - V_1)^2}{R_4} = \frac{(23.53 - 20)^2}{10} = \boxed{1.246W}$$

שאלה 6

באיור לשאלה 6 מתואר מעגל חשמלי. נתון כי המטען האגור בקבל C_4 שווה ל $64 \mu C$.



איור לשאלה 6

- א. (5 נק') חשבו את המטען האגור בקבל C_3 .
- ב. (5 נק') חשבו את המתח על קבל C_2 .
- ג. (5 נק') חשבו את הקיבול השקול, C_T .
- ד. (5 נק') חשבו את ערכו של מתח המקור E.



אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

$$\textcircled{6} \quad \begin{matrix} Q_4 = 64 \mu\text{C} \\ C_4 = 20 \mu\text{C} \end{matrix} \Rightarrow U_3 = U_4 = \frac{Q_4}{C_4} = \frac{64}{20} = 3.2 \text{V}$$



$$\boxed{Q_3} = C_3 \cdot U_3 = 10 \cdot 3.2 = \boxed{32 \mu\text{C}}$$



$$\textcircled{7} \quad Q_5 = Q_3 + Q_4 = 32 + 64 = 96 \mu\text{C}$$



$$U_5 = \frac{Q_5}{C_5} = \frac{96}{20} = 4.8 \text{V}$$



$$\boxed{U_2} = U_3 + U_5 = 3.2 + 4.8 = \boxed{8 \text{V}}$$



אבי יומטוב יאן
פשוט להביא!

$$\textcircled{8} \quad \boxed{C_T} = \left([(C_3 + C_4) \rightarrow C_5] + C_2 \right) \rightarrow C_1 =$$

$$= ([30 \rightarrow 20] + 18) \rightarrow 20 =$$

$$= \left(\left[\frac{1}{30} + \frac{1}{20} \right]^{-1} + 18 \right) \rightarrow 20 = 30 \rightarrow 20 = \boxed{12 \mu\text{F}}$$

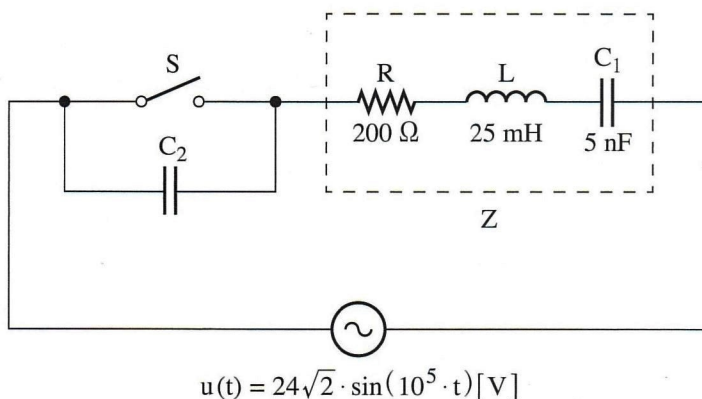
$$\textcircled{9} \quad Q_T = Q_2 + Q_5 = C_2 U_2 + 96 = 18 \cdot 8 + 96 = 240 \mu\text{C}$$



$$\boxed{E} = \frac{Q_T}{C_T} = \frac{240}{12} = \boxed{20 \text{V}}$$

שאלה 7

באיור לשאלה 7 מתואר מעגל חשמלי הפועל בזרם חילופין.



איור לשאלה 7

סוגרים את המפסק S.

(5 נק') א. חשבו את עכבת המעגל Z.

(5 נק') ב. חשבו וסרטטו את פאזורי המתחים $\bar{U}$, $\bar{U}_C$, $\bar{U}_L$, $\bar{U}_R$.

פותחים את המפסק S.

(5 נק') ג. חשבו את ערכו של הקבל C_2 הדרוש כדי שהמעגל ייכנס למצב תהודה.

(5 נק') ד. חשבו את גורם הטיב ואת רוחב הסרט של המעגל.



אבי יומטוב יאן
פשוט להביץ!

7

Ⓔ $\omega = 10^5 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$

$$X_L = j\omega L = j10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = j2500 \Omega$$

$$X_C = -j \cdot \frac{1}{\omega C} = -j \cdot \frac{1}{10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-9}} = -j2000 \Omega$$

$\Downarrow$

$$\boxed{Z} = R + X_L + X_C = 200 + j2500 - j2000 =$$

$$= (200 + j500) \Omega = \boxed{538.516 \angle 68.2^\circ \Omega}$$

Ⓕ $U = 24 \angle 0^\circ \text{ V}$

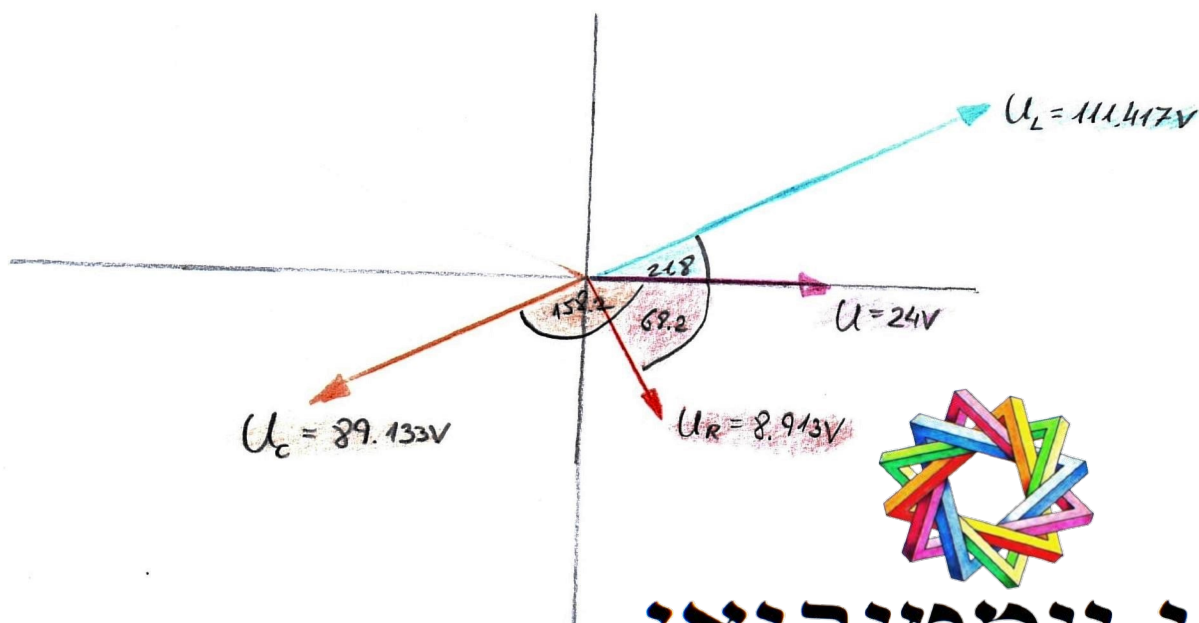
$$\underline{I} = \frac{U}{Z} = \frac{24 \angle 0^\circ}{538.516 \angle 68.2^\circ} = 44.566 \angle -68.2^\circ \text{ mA}$$

$\Downarrow$

$$\boxed{U_R} = \underline{I} \cdot R = 44.566 \cdot 10^{-3} \angle -68.2^\circ \cdot 200 = \boxed{8.913 \angle -68.2^\circ \text{ V}}$$

$$\boxed{U_L} = \underline{I} \cdot X_L = 44.566 \cdot 10^{-3} \angle -68.2^\circ \cdot j2500 = \boxed{111.417 \angle 21.8^\circ \text{ V}}$$

$$\boxed{U_C} = \underline{I} \cdot X_C = 44.566 \cdot 10^{-3} \angle -68.2^\circ \cdot (-j2000) = \boxed{89.133 \angle -158.2^\circ \text{ V}}$$



אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

$$\textcircled{2} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_T}}$$

$$10^5 = \frac{1}{\sqrt{25 \cdot 10^{-3} C_T}}$$

$$C_T = 4_n F$$

$$\left(\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_1} \right)^{-1} = 4$$

$$\left(\frac{1}{C_2} + \frac{1}{5} \right)^{-1} = 4 \Rightarrow \boxed{C_2 = 20_n F}$$

$$\textcircled{3} \quad \boxed{Q_0} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{2500}{200} = \boxed{12.5}$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{10^5}{2\pi} = 15.915 \text{ kHz}$$



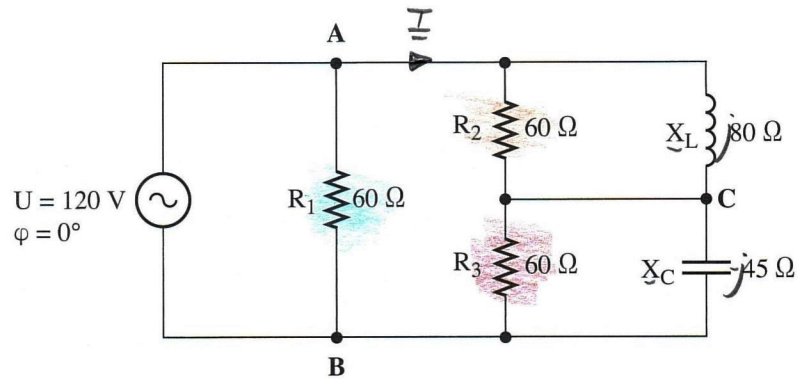
$$\boxed{BW} = \frac{f_0}{Q_0} = \frac{15.915 \cdot 10^3}{12.5} = \boxed{1.273 \text{ kHz}}$$



אבי יומטוב יאן
פשוט להבין!

שאלה 8

באיור לשאלה 8 מתואר מעגל חשמלי הפועל בזרם חילופין.



איור לשאלה 8

- א. חשבו את עכבת המעגל, Z_T . הציגו את התשובה כמספר מרוכב. (6 נק')
- ב. חשבו את פאזורי הזרמים $\bar{I}_{R_1}$, $\bar{I}_{R_2}$, $\bar{I}_{R_3}$. (8 נק')
- ג. חשבו את ההספק הממשי, P , את ההספק ההיגבי, Q , ואת ההספק המדומה, S , של המעגל. (6 נק')



אבי יומטוב יאן
פשוט להביץ!

8

ⓔ

$$\begin{aligned}\underline{Z}_T &= \left[(R_2 \parallel X_L) + (R_3 \parallel X_C) \right] \parallel R_1 = \\ &= \left[\left(\frac{1}{60} + \frac{1}{j80} \right)^{-1} + \left(\frac{1}{60} + \frac{1}{-j45} \right)^{-1} \right] \parallel 60 = \\ &= \left[(38.4 - j28.8) + (21.6 - j28.8) \right] \parallel 60 \\ &= 60 \parallel 60 = \boxed{30 \angle 0^\circ \Omega}\end{aligned}$$



החזקת מרחב!

Ⓟ $\underline{I}_{R_1} = \frac{U}{R_1} = \frac{120 \angle 0}{60} = \boxed{2 \angle 0^\circ \text{ A}}$

$$\underline{I}_T = \frac{U}{\underline{Z}_T} = \frac{120 \angle 0}{30 \angle 0} = 4 \angle 0^\circ \text{ A}$$



$$\underline{I} = \underline{I}_T - \underline{I}_{R_1} = 4 \angle 0 - 2 \angle 0 = 2 \angle 0^\circ \text{ A}$$



$$\underline{I}_{R_2} = \underline{I} \cdot \frac{X_L}{R_2 + X_L} = 2 \angle 0 \cdot \frac{j80}{60 + j80} = \boxed{1.6 \angle 36.87^\circ \text{ A}}$$

$$\underline{I}_{R_3} = \underline{I} \cdot \frac{X_C}{R_3 + X_C} = 2 \angle 0 \cdot \frac{-j45}{60 - j45} = \boxed{1.2 \angle -53.13^\circ \text{ A}}$$

Ⓛ $\underline{S}_T = \underline{I}_T^* \cdot U = 4 \angle -0 \cdot 120 \angle 0 =$
 $= (480 + j0) \text{ VA} = \boxed{480 \angle 0^\circ \text{ VA}}$

$$\boxed{P_T = 480 \text{ W}}$$

$$\boxed{Q_T = 0 \text{ VAR}}$$

$$\boxed{S_T = 480 \text{ VA}}$$



אבי יומטוביאן
פשוט להבין!