

מועד הבחינה :
 קיץ תשפ"ה – 2025 - מועד א
 מספר שאלון : 97111
 נספח : נוסחאון

פתרון תורת החשמל ומבוא לאלקטרוניקה להנדסאים במגמת הנדסת אלקטרוניקה 97111

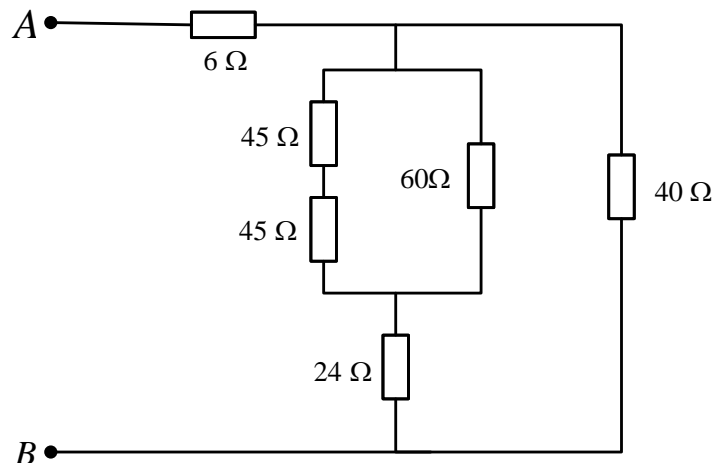
שאלה 1

התנגדותו של מוליך ברזל בטמפרטורה של $85^{\circ}C$ היא 42Ω .
 מקדם הטמפרטורה של הברזל בטמפרטורה - $20^{\circ}C$ הוא $\alpha = 0.005 \frac{1}{^{\circ}C}$.
 מהי התנגדותו של מוליך הברזל בטמפרטורה של $20^{\circ}C$?

- א. 39.12Ω
- ב. 21.76Ω
- ג. 37.98
- ד. 31.69Ω

שאלה 2

באיור המצורף לשאלה מוצג מעגל חשמלי.



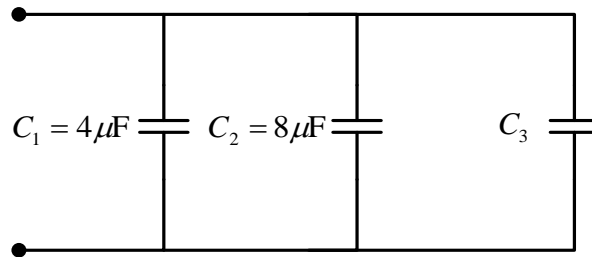
מהי ההתנגדות השקולה בין הנקודות A ו-B?

- א. 24Ω
- ב. 30Ω
- ג. 12Ω
- ד. 40Ω

שאלה 3

נתון מעגל חשמלי.

הקיבול השקול של המעגל $C_T = 24 \mu F$

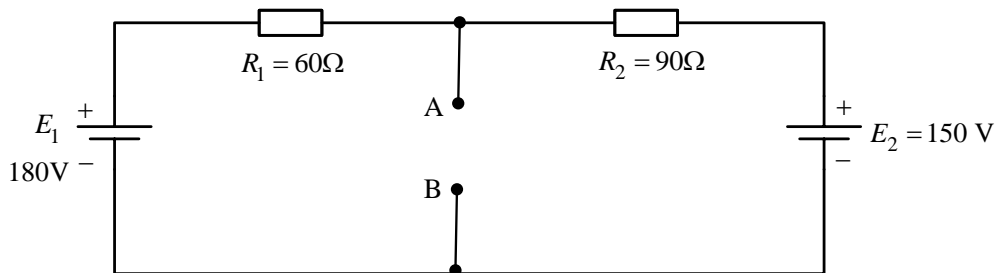


מהו קיבול הקבל C_3 ?

- א. $C_3 = 6 \mu F$
- ב. $C_3 = 12 \mu F$
- ג. $C_3 = 18 \mu F$
- ד. $C_3 = 24 \mu F$

שאלה 4

נתון מעגל חשמלי.



מהו שקול נורטון בין הנקודות A ו-B?

- א. $I_N = 0A \quad R_N = 150\Omega$
- ב. $I_N = 4.666A \quad R_N = 36\Omega$
- ג. $I_N = 6A \quad R_N = 36\Omega$
- ד. $I_N = 7.5A \quad R_N = 12\Omega$

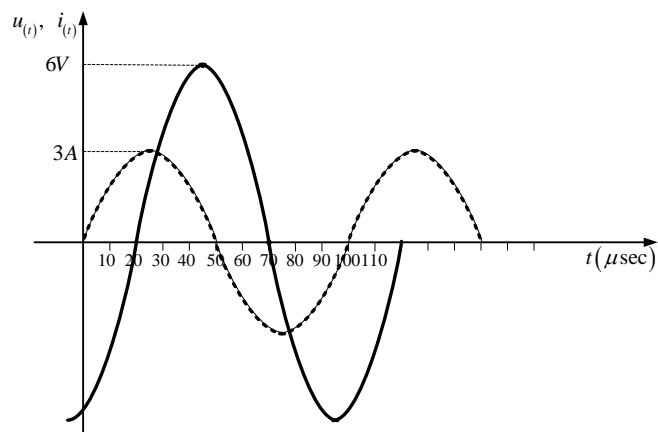
שאלה 5

נתון מעגל חשמלי הכולל סוללה המורכבת מארבעה תאים זהים המחוברים בטור. כל תא בעל כ"מ של $2.5V$ והתנגדות פנימית של 0.14Ω . הסוללה מחוברת לעומס שהתנגדותו $R_L = 4.44\Omega$. מהו ההספק המתבזבז בתוך הסוללה?

- א. $17.76W$
- ב. $20W$
- ג. $2.24W$
- ד. $0W$

שאלה 6

נתונים שני אותות סינוסואידיים: אות מתח ואות זרם.



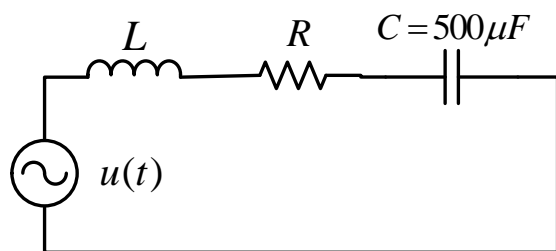
מהו המשפט הנכון?

- א. המתח במעגל מפגר אחרי הזרם.
- ב. המתח במעגל מקדים את הזרם.
- ג. הזרם והמתח נמצאים במופע זהה.
- ד. הזרם במעגל מפגר אחרי המתח.

שאלה 7

נתון תרשים של מעגל RLC טורי.

$$i(t) = 10 \sin(1000t) \text{ (A)} \quad u(t) = 50 \sin(1000t + 60^\circ) \text{ V}$$



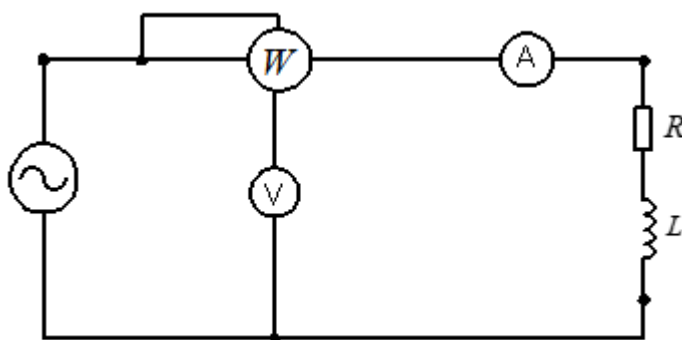
מהי השראות הסליל?

- א. 2.44 mH
- ב. אי אפשר לדעת.
- ג. 4.66 mH
- ד. 6.33 mH

שאלה 8

כדי למצוא את התנגדות והשראת הסליל, הוא מחובר למקור מתח חילופין בתדר של 50 Hz , כפי שמוצג בתרשים. קריאות מכשירי המדידה הן:

- מד זרם 5 A
- מד המתח 230 V
- מד ההספק 600 W



מהו ההספק הראקטיבי?

- א. אי אפשר לדעת.
- ב. 753.65 VAr
- ג. 823.65 VAr
- ד. 981.07 VAr

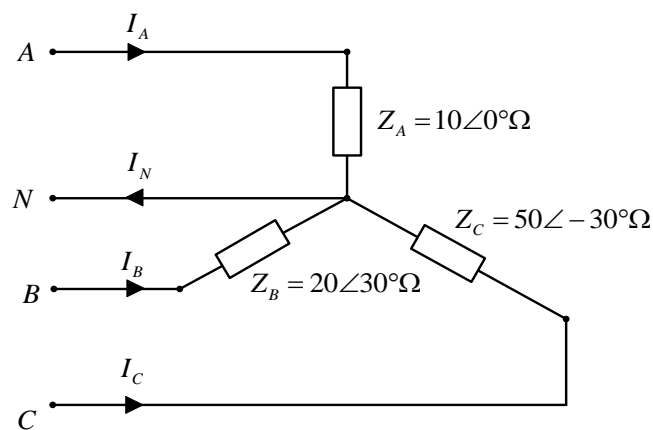
שאלה 9

מהו ההיגד הנכון?

- א. בתהודה ההיגב ההשראי שווה להיגב הקיבולי ולכן החלק המדומה של העכבה מתאפס.
- ב. בתהודה ההיגב ההשראי גדול מההיגב הקיבולי ולכן החלק המדומה של העכבה הוא השראי.
- ג. בתהודה ההיגב ההשראי קטן מההיגב הקיבולי ולכן החלק המדומה של העכבה הוא קיבולי.
- ד. בתהודה ההיגב ההשראי שווה להיגב הקיבולי ולכן החלק הממשי של העכבה מתאפס.

שאלה 10

נתון תרשים של עומס תלת-מופעי לא מאוזן, המחובר בכוכב למוליך האפס. העומס מוזן מרשת תלת-מופעית בעלת מתח לוב של $U_L = 400V$.

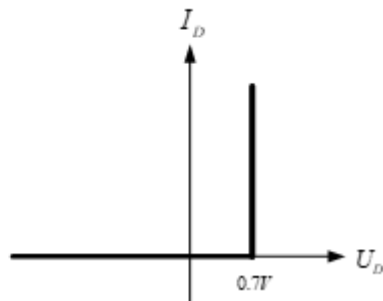
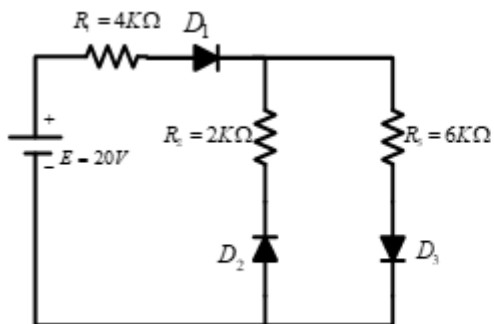


מהו ההספק הממשי הכולל של הרשת?

- א. $2896.412W$
- ב. $3924.498W$
- ג. $5432.198W$
- ד. $8515.558W$

שאלה 11

נתון המעגל החשמלי הבא:
 הניחו שהדיודות זהות.
 אופיין הדיודות:



מהו המתח בנגד R_3 ?

א. **11.16V**

ב. 12.46V

ג. 9.26V

ד. 6V

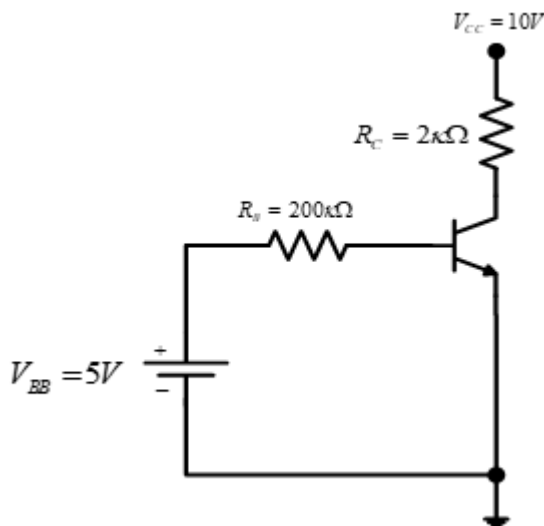
שאלה 12

באיור נתון מעגל של טרנזיסטור עם הנתונים הבאים:

$\beta = 100$

$V_{BE} = 0.7V$

$V_{CEsat} = 0V$



מהו זרם הקולקטור שיביא את הטרנזיסטור למצב רוויה?

א. אי אפשר לדעת.

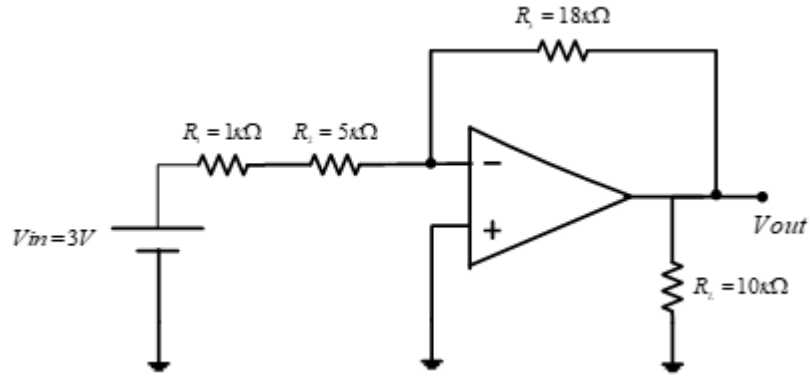
ב. $I_C \geq 2.5mA$

ג. $I_C \leq 2.5mA$

ד. **$I_C \geq 5mA$**

שאלה 13

המעגל המוצג באיור לשאלה כולל מגבר שרת אידיאלי.



מהו הגבר המתח?

א. $A_V = -3$

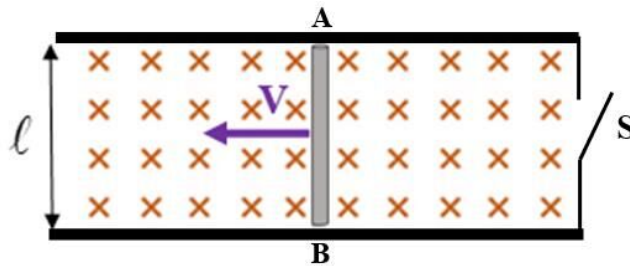
ב. $A_V = 3$

ג. $A_V = 4.667$

ד. $A_V = -4.667$

שאלה 14

באיור לשאלה נתונה מערכת הנמצאת בשדה מגנטי. צפיפות השטף המגנטי אחידה ושיעורה הוא $B = 0.6T$. השדה ניצב למישור הדף וכיוונו **פנימה** אל תוך המישור. המערכת כוללת שתי מסילות מתכתיות שהתנגדותן החשמלית זניחה. לאורך המסילות נע מוט מתכתי באורך $\ell = 0.8m$ ועם התנגדות של $R = 4\Omega$, במהירות של $V = 9 \frac{m}{s}$ וללא חיכוך.



כאשר המפסק S סגור, האם השדה המגנטי מפעיל כוח על המוט AB ?

אם כן, חשבו את גודלו.

א. לא מפעיל כוח.

ב. $F_B = 0.259N$

ג. $F_B = 0.518N$

ד. $F_B = 0.812N$

שאלה 15

מטען חשמלי נמצא במנוחה בתוך שדה מגנטי.



מהו גודלו וכיוונו של השדה המגנטי בנקודות A הנמצא במרחק $0.75m$ מהמוליך?

א. $B = 4 \cdot 10^{-5} T$ כיוון השדה פנימה.

ב. $B = 4 \cdot 10^{-5} T$ כיוון השדה החוצה.

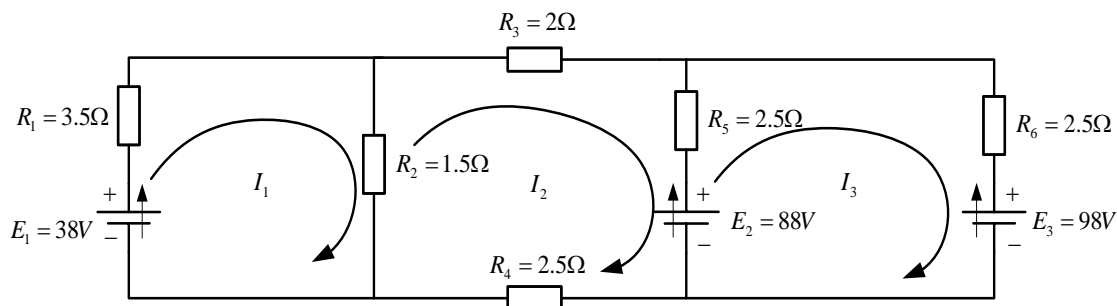
ג. $B = 2 \cdot 10^{-5} T$ כיוון השדה פנימה.

ד. $B = 2 \cdot 10^{-5} T$ כיוון השדה החוצה.

פרק ב' - ענו על ארבע מתוך השאלות 16-21, כאשר ערך כל שאלה הוא 15 נקודות..

פתרון שאלה 16

א. נסמן את הזרמים



משוואות מתחים לכל חוג שסומן :

$$I_1(R_1 + R_2) - I_2 \cdot R_2 - I_3 \cdot 0 = E_1$$

$$-I_1 \cdot R_2 + I_2(R_2 + R_3 + R_4 + R_5) - I_3 \cdot R_5 = -E_2$$

$$-I_1 \cdot 0 - I_2 \cdot R_5 + I_3(R_5 + R_6) = E_2 - E_3$$

נציב את ערכי הרכיבים במשוואות :

$$5I_1 - 1.5I_2 - 0I_3 = 38$$

$$-1.5I_1 + 8.5I_2 - 2.5I_3 = -88$$

$$-0I_1 - 2.5I_2 + 5I_3 = -10$$

מפתרון המשוואות נקבל :

$$I_1 = 4A \quad I_2 = -12A \quad I_3 = -8A$$

הזרם I_1 חיובי ולכן כיוונו בהתאם לכיוון ההנחה.

הזרמים I_2 ו- I_3 שליליים ולכן כיוונם הפוך לכיוון ההנחה.

$$I_{R1} = I_1 = 4A$$

$$I_{R2} = I_1 - I_2 = 4 - (-12) = 16A$$

$$I_{R3} = I_{R4} = I_2 = 12A$$

$$I_{R5} = I_3 - I_2 = -8 - (-12) = 4A$$

$$I_{R6} = I_3 = 8A$$

ב. נחשב את הספקי היצרנים שבמעגל:

$$P_{E1} = I_1 \cdot E_1 = 4 \cdot 38 = 152W$$

$$P_{E2} = I_{R5} \cdot E_2 = 4 \cdot 88 = 352W$$

$$P_{E3} = I_3 \cdot E_3 = 8 \cdot 98 = 784W$$

שלושת מקורות המתח מהווים יצרנים

$$\sum P = \sum P$$

צרכנים יצרנים

$$P_{E1} + P_{E2} + P_{E3} = 152 + 352 + 784 = 1288W$$

נחשב את הספקי הצרכנים שבמעגל:

$$P_{R1} = I_{R1}^2 \cdot R_1 = 4^2 \cdot 3.5 = 56W$$

$$P_{R2} = I_{R2}^2 \cdot R_2 = 16^2 \cdot 1.5 = 384W$$

$$P_{R3} = I_{R3}^2 \cdot R_3 = 12^2 \cdot 2 = 288W$$

$$P_{R4} = I_{R4}^2 \cdot R_4 = 12^2 \cdot 2.5 = 360W$$

$$P_{R5} = I_{R5}^2 \cdot R_5 = 4^2 \cdot 2.5 = 40W$$

$$P_{R6} = I_{R6}^2 \cdot R_6 = 8^2 \cdot 2.5 = 160W$$

$$P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} + P_{R4} + P_{R5} + P_{R6} = 56 + 384 + 288 + 360 + 40 + 160 = 1288W$$

פתרון שאלה 17

א.

$$R_T = \frac{75 \cdot 50}{75 + 50} = 30 \Omega$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{60}{30} = 2A$$

$$I_L = I_{R1} = I_T \frac{R_{2-4}}{R_1 + R_{2-4}} = 2 \cdot \frac{75}{50 + 75} = 1.2A$$

$$W_L = \frac{I_L^2 \cdot L}{2} = \frac{1.2^2 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{2} = 21.6mJ$$

ב. קבוע הזמן של המעגל:

$$\tau = \frac{L}{R_T} = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{30} = 1m \text{ sec}$$

משוואת זרם טעינת הסליל:

$$I_{L(t)} = I_{L(\infty)} - (I_{L(\infty)} - I_{L(0)}) \cdot e^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)}$$

$$I_{L(0)} = 1.2A$$

$$I_{L(\infty)} = 0A$$

נציב את הנתונים:

$$I_{L(t=2m)} = 0 - (0 - 1.2) \cdot e^{-\left(\frac{2m}{1m}\right)} = 0.162A$$

ג. המתח על הנגד בזמן $t = 2 \cdot 10^{-3} \text{ sec}$

$$U_R = I_L \cdot R_1 = 0.162 \cdot 50 = 8.1V$$

ד. משוואת זרם טעינת הסליל:

$$I_{L(t)} = I_{L(\infty)} - (I_{L(\infty)} - I_{L(0)}) \cdot e^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)}$$

$$I_{L(0)} = 1.2A$$

$$I_{L(t)} = 0.2A$$

נציב את הנתונים:

$$0.2 = 0 - (0 - 1.2) \cdot e^{-\left(\frac{t}{1m}\right)}$$

מפתרון המשוואה נקבל:

$$t = 1.791m \text{ sec}$$

פתרון שאלה 18

א. ההספק הממשי במעגל נתון ע"י הנוסחה:

$$P_T = I_T^2 \cdot R_T$$

$$R_T = \frac{P_T}{I_T^2} = \frac{2 \cdot 10^3}{5^2} = 80 \Omega$$

התנגדות שקולה במעגל:

ההתנגדות השקולה R_T מורכבת משתי התנגדויות R_1 ו- R_2 :

$$R_T = R_1 + R_2 \Rightarrow R_2 = R_T - R_1$$

$$R_2 = 80 - 20 = 60 \Omega$$

$$P_T = U_T \cdot I_T \cdot \cos \varphi_T$$

ההספק הממשי נתון ע"י הנוסחה:

גורם ההספק במעגל:

$$\cos \varphi_T = \frac{P_T}{U_T \cdot I_T} = \frac{2 \cdot 10^3}{500 \cdot 5} = 0.8$$

$$\cos \varphi_T = \frac{P_T}{S_T} \Rightarrow S_T = \frac{P_T}{\cos \varphi_T} = \frac{2 \cdot 10^3}{0.8} = 2500 \text{ VA}$$

$$S_T = 2500 \angle \varphi_T = 2500 \angle 36.87^\circ \text{ VA}$$

ההספק המדומה:

הזרם הכללי במעגל יחושב לפי נוסחת ההספק המדומה:

$$S_T = U_T \cdot I_T^* \Rightarrow I_T^* = \frac{S_T}{U_T} = \frac{2500 \angle 36.87^\circ}{500 \angle 0^\circ} = 5 \angle 36.87^\circ \text{ A}$$

$$I_T = 5 \angle -36.87^\circ \text{ A}$$

$$X_{L2,C} = \frac{X_C \cdot X_{L2}}{X_C + X_{L2}} = \frac{18 \angle -90^\circ \cdot 12 \angle 90^\circ}{(18 \angle -90^\circ + 12 \angle 90^\circ)} = \frac{216 \angle 0^\circ}{6 \angle -90^\circ} = 36 \angle 90^\circ \Omega$$

העכבה השקולה:

$$Z_T = \frac{U_{eff}}{I_{eff}} = \frac{500 \angle 0^\circ}{5 \angle -36.87^\circ} = 100 \angle 36.87^\circ = (80 + j60) \Omega$$

$$Z_T = (R_1 + R_2) + jX_{L1} + jX_{L2,C} = 80 + j(X_{L1} + 36)$$

$$X_{L1} = j60 - j36 = j24 \Omega$$

$$X_{L1} = \omega L_1 \Rightarrow L_1 = \frac{X_{L1}}{\omega} = \frac{24}{314} = 76.433 \text{ mH}$$

ב. את הזרם דרך האמפרמטר נחשב לפי שיטת מחלק זרם:

$$I_A = I_{X_C} = I_T \cdot \frac{X_{L2} \angle 90^\circ}{X_{L2} \angle 90^\circ + X_C \angle -90^\circ}$$

$$I_A = 5 \angle -36.87^\circ \cdot \frac{12 \angle 90^\circ}{(12 \angle 90^\circ + 18 \angle -90^\circ)} = 10 \angle 143.13^\circ \text{ A}$$

ג. הזרם דרך הסליל L_2 :

$$I_{L2} = I_T - I_{X_C} = 5 \angle -36.87^\circ - 10 \angle 143.13^\circ = 15 \angle -36.87^\circ \text{ A}$$

$$\Delta \varphi = \varphi_{I_{X_C}} - \varphi_{I_{L2}} = 143.13^\circ - (-36.87^\circ) = 180^\circ$$

עמוד 12 מתוך 15

פתרון שאלה 19

א. האורך הממוצע של המעגל המגנטי :

$$\ell = 4 \cdot \left(\frac{10+15}{2} \right) = 50 \text{ cm} = 50 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

שטח החתך של המעגל המגנטי :

$$A = 2.5 \cdot 10^{-2} \cdot 2.5 \cdot 10^{-2} = 6.25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

המיאון של הליבה :

$$R_m = \frac{\ell}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A} = \frac{50 \cdot 10^{-2}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1500 \cdot 6.25 \cdot 10^{-4}} = 424.413 \cdot 10^3 \frac{1}{H}$$

ב. השטף המגנטי :

$$\phi = \frac{N \cdot I}{R_m} = \frac{400 \cdot 2}{424.413 \cdot 10^3} = 1.884 \cdot 10^{-3} \text{ wb}$$

ג. לפי כלל יד ימין כיוון השטף עם כיוון השעון.

ד. השראות עצמית של סליל המותקן על מעגל מגנטי :

$$L = \frac{N^2}{R_m} = \frac{400^2}{424.413 \cdot 10^3} = 376.99 \text{ mH}$$

ה. האנרגיה האגורה בהשראות הסליל :

$$W_L = \frac{L \cdot I_L^2}{2} = \frac{376.99 \cdot 10^{-3} \cdot 2^2}{2} = 753.98 \text{ mJ}$$

פתרון שאלה 20

א. זרם הבסיס:

$$I = I_B = 15 \mu A$$

זרם הקולקטור:

$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 15 \mu = 1.5 mA$$

חישוב מתח קולקטור אמיטר VCE:

I_B - קטן מאוד ביחס ל- I_C (ניתן להזניח אותו)

$$V_{CC} = I_C \cdot R_1 + V_{CE} + I_C \cdot R_2 + V_{EE}$$

נציב את הנתונים לתוך הנוסחה:

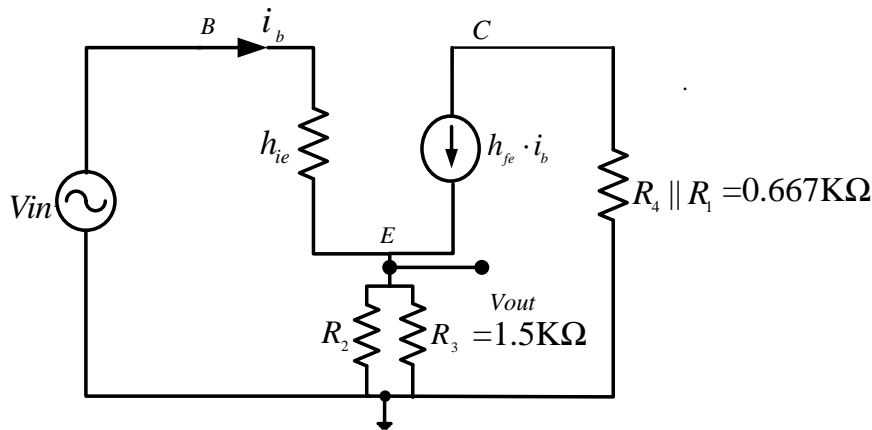
$$10 = 1.5m \cdot 2k + V_{CE} + 1.5m \cdot 2k - 5$$

$$V_{CE} = 9V$$

$$[9V, 1.5mA]$$

נקודת העבודה של הטרנזיסטור:

ב. מעגל התמורה לאות חילופין:



ג. הגבר המתח:

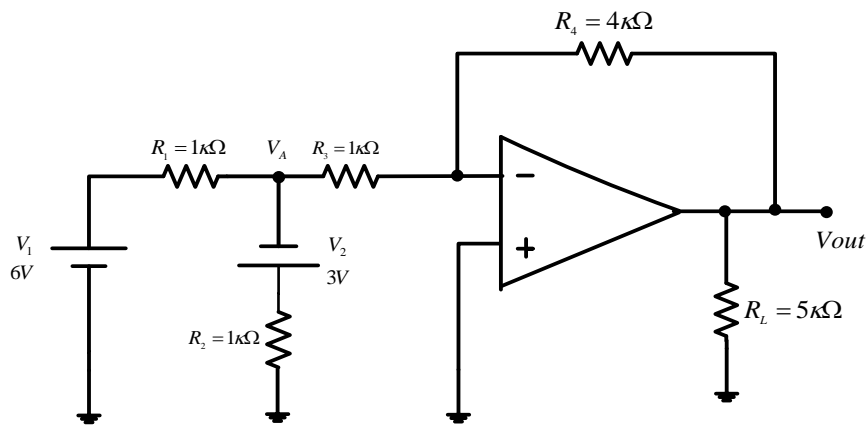
$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{V_{out}}{V_{hie} + V_{R_{2,3}}} = \frac{i_e \cdot R_{2,3}}{i_b \cdot h_{ie} + i_e \cdot R_{2,3}}$$

נבטא את i_e באמצעות i_b

$$A_V = \frac{i_b (h_{fe} + 1) \cdot R_{2,3}}{i_b \cdot h_{ie} + \underbrace{i_b (h_{fe} + 1) \cdot R_{2,3}}_{i_e}} = \frac{i_b (h_{fe} + 1) \cdot R_{2,3}}{i_b [h_{ie} + (h_{fe} + 1) \cdot R_{2,3}]}$$

נצמצם את הזרם i_b ונציב את הנתונים:

$$A_V = \frac{(h_{fe} + 1) \cdot R_{2,3}}{[h_{ie} + (h_{fe} + 1) \cdot R_{2,3}]} = \frac{(100 + 1) \cdot 1.5k}{[1k + (100 + 1) \cdot 1.5k]} = 0.993$$



משוואת הזרמים לצומת V_A :

$$\frac{V_A - 6}{1k} + \frac{V_A + 3}{1k} + \frac{V_A - 0}{1k} = 0$$

מפתרון המשוואה נקבל:

$$V_A = 1V$$

$$\frac{V_{out}}{V_A} = -\frac{R_4}{R_3} = -\frac{4k}{1k} = -4$$

מתח המוצא:

$$\frac{V_{out}}{V_A} = -4 \Rightarrow V_{out} = -4 \cdot V_A$$

$$V_{out} = -4 \cdot 1 = -4V$$

ב. הזרם דרך R_1 :

$$I_{R1} = \frac{V_A - V_1}{R_1} = \frac{1 - 6}{1k} = -5mA$$

הזרם שלילי - זורם ממקור V_1 כלפי מעלה.

הזרם דרך R_2 :

$$I_{R2} = \frac{V_A + V_2}{R_2} = \frac{1 + 3}{1k} = 4mA$$

הזרם חיובי - זורם דרך V_2 כלפי מטה.

הזרם דרך R_3 :

$$I_{R3} = \frac{V_A - V^-}{R_3} = \frac{1 - 0}{1k} = 1mA$$

הזרם חיובי - זורם ימינה לכיוון הכניסה השלילית של המגבר.

הזרם דרך R_4 :

$$I_{R4} = I_{R3} = 1mA$$

הזרם חיובי - זורם ימינה לכיוון המוצא.

הזרם דרך נגד העומס:

$$I_{RL} = \frac{V_{out}}{R_L} = \frac{-4}{5k} = -0.8mA$$

הזרם שלילי - זורם מלמטה למעלה לכיוון המוצא.

© כל הזכויות שמורות למה"ט