

מועד הבחינה:
קיץ תשפ"ה – 2025 – מועד ב
מספר שאלון: 97111

פתרון תורת החשמל ומבוא לאלקטרוניקה להנדסאים במגמת הנדסת אלקטרוניקה 97111 – קיץ 2025 – מועד ב

פתרון פרק א

שאלה 1

נתון מוליך כסף באורך של $1150m$, שטח החתך של $0.8mm^2$, והתנגדותו הסגולית

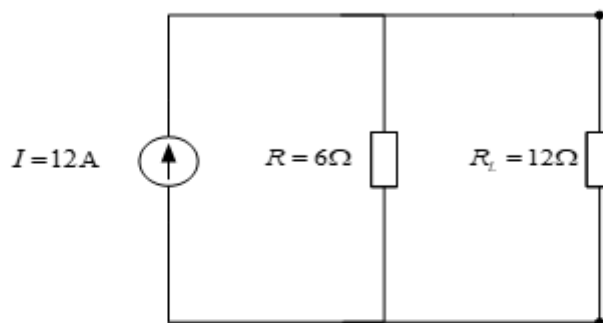
$$\text{היא } 0.016 \frac{\Omega mm^2}{m}$$

מהי התנגדות המוליך?

- א. 25Ω
- ב. 23Ω**
- ג. 27Ω
- ד. 19Ω

שאלה 2

באיור לשאלה מוצג מעגל חשמלי.

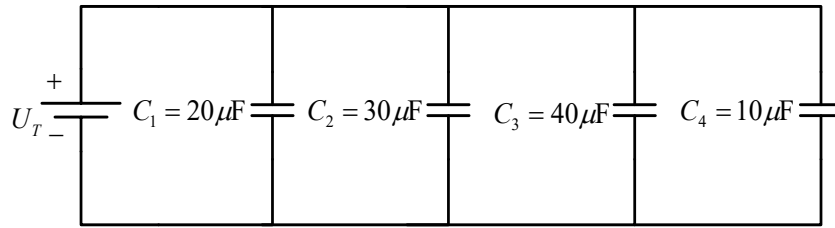


מהו המתח על נגד העומס $R_L = 12\Omega$?

- א. $3V$
- ב. $12V$
- ג. $2V$
- ד. $48V$**

שאלה 3

נתון מעגל חשמלי, והמטען החשמלי האגור בקבל C_4 הוא $50 \mu\text{C}$.



מהו המטען החשמלי הכולל שבמעגל?

א. $Q_T = 75 \mu\text{C}$

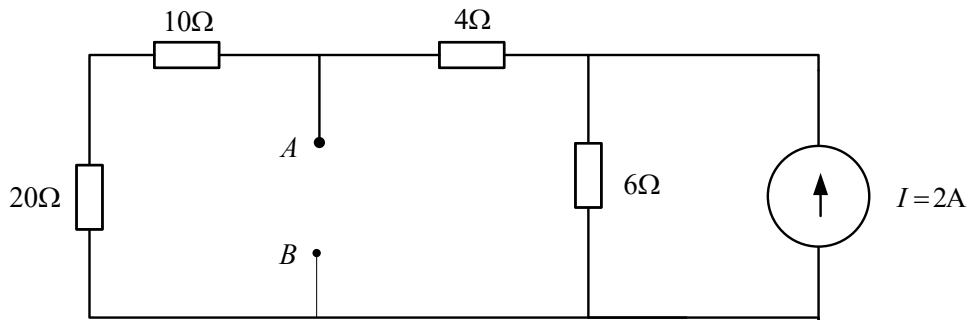
ב. $Q_T = 125 \mu\text{C}$

ג. $Q_T = 250 \mu\text{C}$

ד. $Q_T = 500 \mu\text{C}$

שאלה 4

נתון מעגל חשמלי.



מהו שקול תבנית בין הנקודות A ו-B?

א. $U_{Th} = 0V \quad R_{Th} = 7.5\Omega$

ב. $U_{Th} = 9V \quad R_{Th} = 7.5\Omega$

ג. $U_{Th} = 9V \quad R_{Th} = 10\Omega$

ד. $U_{Th} = 12V \quad R_{Th} = 7.5\Omega$

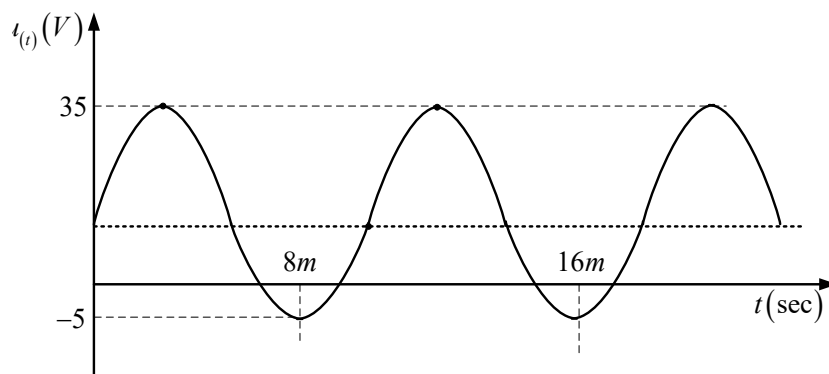
שאלה 5

נתון מעגל חשמלי המכיל סוללה המורכבת מחמישה תאים זהים המחוברים בטור. כל תא מספק כא"מ של $1.5V$, וכולל התנגדות פנימית של 0.15Ω . הסוללה מחוברת לעומס בעל התנגדות של $R_L = 2.25\Omega$. מהי נצילות המעגל?

- א. 0%
- ב. 25%
- ג. 75%
- ד. 100%

שאלה 6

The voltage-waveform across a 20Ω resistor, as measured by an oscilloscope is shown in the following figure:

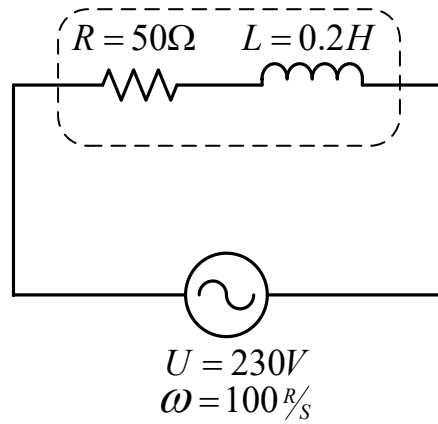


What is the Root-Mean-Square (RMS) current through the resistor?

- א. $0.2A$
- ב. $0.45A$
- ג. $1.03A$
- ד. $2.35A$

שאלה 7

נתון עומס השראתי, המייצג סליל ממשי של מנוע חשמלי חד-מופעי.



מהו גורם ההספק במנוע?

- א. $\cos \varphi = 0.202$
- ב. $\cos \varphi = 0.505$
- ג. $\cos \varphi = 0.707$
- ד. $\cos \varphi = 0.928$

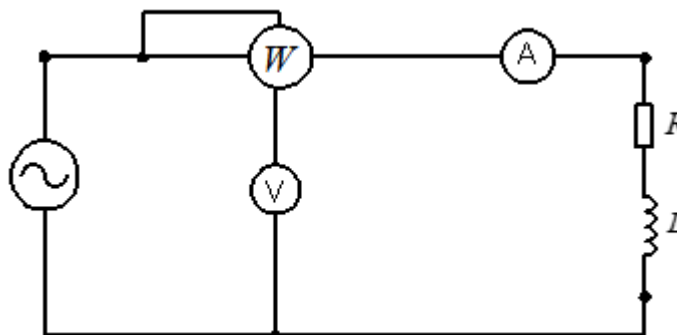
שאלה 8

כדי למצוא את התנגדותו ואת השראתו של הסליל, הוא מחובר למקור מתח חילופין בתדר $50Hz$

כפי שמוצג בתרשים :

קריאות מכשירי המדידה הן :

- א. מד זרם $5A$
- ב. מד המתח $230V$
- ג. מד ההספק $600W$



מהי קיבוליות הקבל הנדרשת לשיפור גורם ההספק ל-0.95?

- א. $24.585\mu F$
- ב. $31.251\mu F$
- ג. $47.378\mu F$
- ד. $85.05\mu F$

שאלה 9

נגד שערכו 25Ω , קבל שערכו $40\mu F$ וסליל שערכו אינו ידוע, מחוברים בטור במצב תהודה למקור מתח שמשוואתו:

$$u(t) = 100 \cdot \sqrt{2} \sin\left(120\pi t - \frac{\pi}{3}\right) V$$

מהו ערך הסליל?

א. $0.175H$

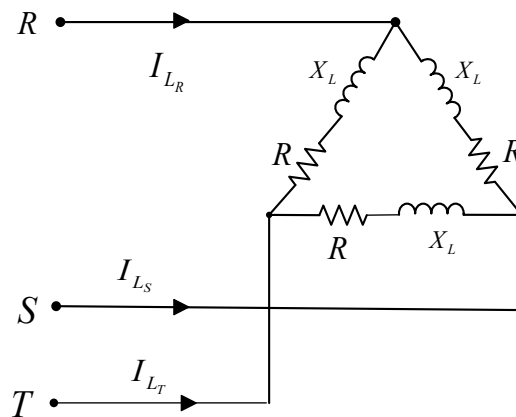
ב. $0.285H$

ג. $1.125H$

ד. אי אפשר לדעת.

שאלה 10

באיור לשאלה מתואר עומס תלת מופעי מאוזן שסליליו מחוברים בחיבור משולש. המתח הקווי המזין את העומס שווה ל- $U_L = 400V$. כל אחת מן העכבות כוללת נגד שהתנגדותו $R = 5\Omega$, והיגב המשרן הוא $X_L = 10\Omega$.



מהו ההספק המדומה הנצרך במעגל?

א. $19.371kVA$

ב. $28.752kVA$

ג. $34.233kVA$

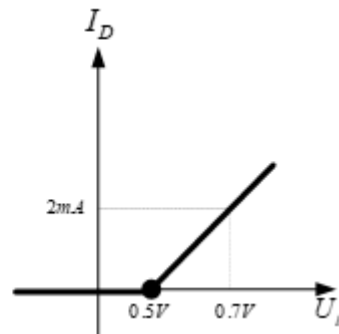
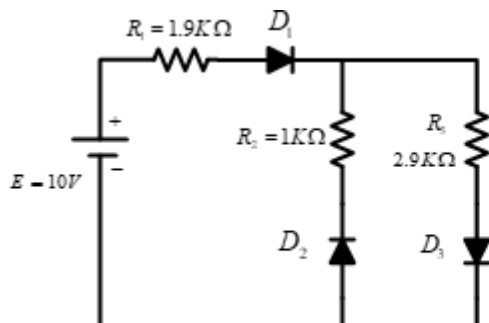
ד. $42.933kVA$

שאלה 11

נתון המעגל החשמלי הבא.

הניחו כי הדיודות זהות.

אופייין של הדיודות



מהו הזרם שעובר דרך הנגד R_3 ?

א. $1.8mA$

ב. $3.5mA$

ג. $1.65mA$

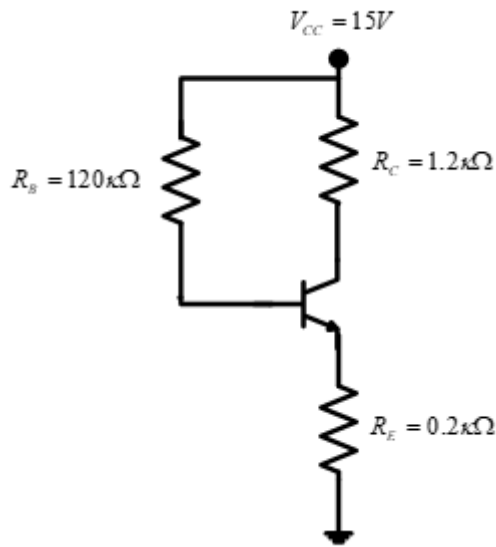
ד. $0.5mA$

שאלה 12

לטרנזיסטור נתונים אלו:

$$\beta = 150$$

$$V_{BE} = 0.6V$$



מהו זרם הבסיס של הטרנזיסטור?

א. $68.112\mu A$

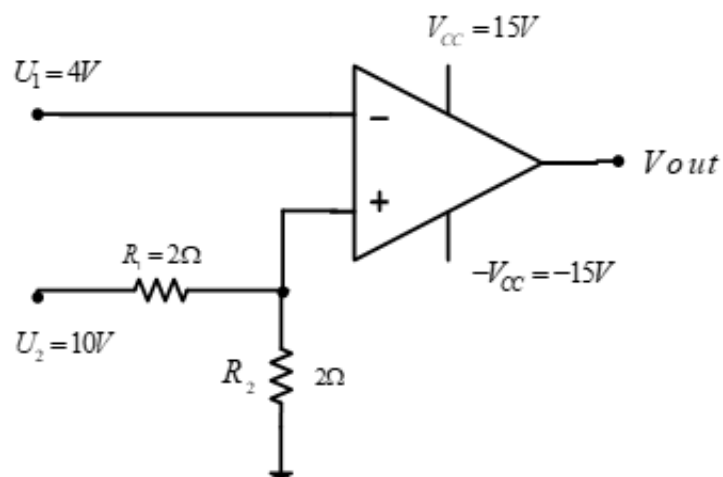
ב. $74.532\mu A$

ג. $86.177\mu A$

ד. $95.872\mu A$

שאלה 13

המעגל המוצג באיור לשאלה כולל מגבר שרת אידיאלי.



מהו מתח המוצא V_{out} ?

א. $V_{out} = 4V$

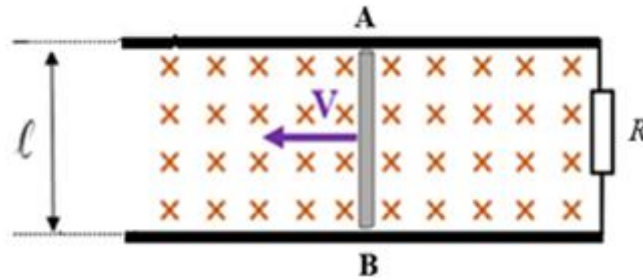
ב. $V_{out} = 5V$

ג. $V_{out} = -15V$

ד. $V_{out} = 15V$

שאלה 14

באיור לשאלה נתונה מערכת הנמצאת בתוך שדה מגנטי אחיד, כשצפיפות השטף המגנטי אחידה ושווה ל $B = 0.3T$. השדה ניצב למישור הדף, וכיוונו פנימה. המערכת כוללת שתי מסילות מתכתיות עם התנגדות חשמלית זניחה. לאורךן של המסילות נע מוט מתכתי שאורכו $\ell = 0.8m$ ללא חיכוך, ושהתנגדותו זניחה במהירות של $V = 9 \frac{m}{s}$. בקצות המסילות מחובר נגד, והתנגדותו היא $R = 5\Omega$.



מהי עוצמת הזרם שעובר דרך הנגד R ?

א. $I = 0A$

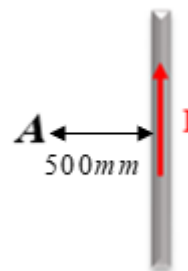
ב. $I = 1.05A$

ג. $I = 0.864A$

ד. $I = 4.2A$

שאלה 15

באיור לשאלה נתון מוליך הנושא זרם של $20A$.



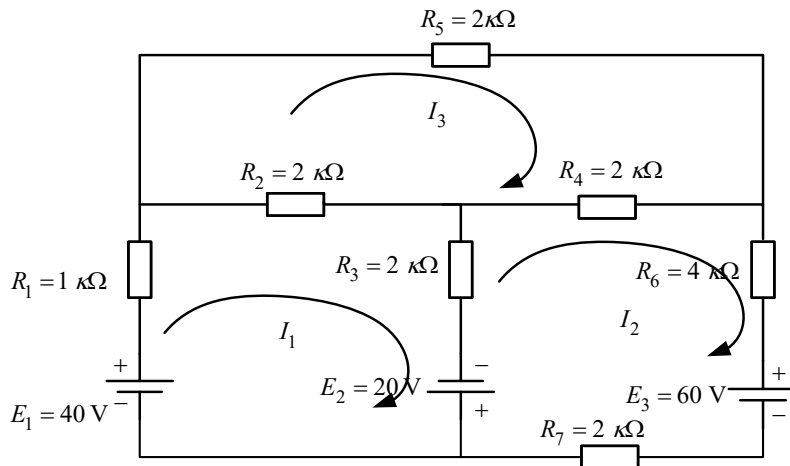
מהו גודלו וכיוונו של השדה המגנטי בנקודה A, הנמצא במרחק $500mm$ מהמוליך?

א. $8 \cdot 10^{-6}T$ כיוון השדה המגנטי "פנימה".

ב. $8 \cdot 10^{-6}T$ כיוון השדה המגנטי "החוצה".

ג. $10 \cdot 10^{-6}T$ כיוון השדה המגנטי "פנימה".

ד. $10 \cdot 10^{-6}T$ כיוון השדה המגנטי "החוצה".



א. משוואות המתחים לכל חוג שסומן:

$$\begin{aligned} I_1(R_1 + R_2 + R_3) - I_2 \cdot R_3 - I_3 \cdot R_2 &= E_1 + E_2 \\ -I_1 \cdot R_3 + I_2(R_3 + R_4 + R_6 + R_7) - I_3 \cdot R_4 &= -E_2 - E_3 \\ -I_1 \cdot R_2 - I_2 \cdot R_4 + I_3(R_2 + R_4 + R_5) &= 0 \end{aligned}$$

נציב את ערכי הרכיבים במשוואות:

$$\begin{aligned} 5\kappa I_1 - 2\kappa I_2 - 2\kappa I_3 &= 60 \\ -2\kappa I_1 + 10\kappa I_2 - 2\kappa I_3 &= -80 \\ -2\kappa I_1 - 2\kappa I_2 + 6\kappa I_3 &= 0 \end{aligned}$$

מפתרון המשוואות נקבל:

$$I_1 = 10.4 \text{ mA} \quad I_2 = -5.6 \text{ mA} \quad I_3 = 1.6 \text{ mA}$$

זרם I_2 יצא שלילי, ז"א הכיוון שלו הפוך.

$$\begin{aligned} I_{R1} &= I_1 = 10.4 \text{ mA} \\ I_{R2} &= I_1 - I_3 = 10.4\text{m} - 1.6\text{m} = 8.8 \text{ mA} \\ I_{R3} &= I_1 + I_2 = 10.4\text{m} + 5.6\text{m} = 16 \text{ mA} \\ I_{R4} &= I_3 + I_2 = 1.6\text{m} + 5.6\text{m} = 7.2 \text{ mA} \\ I_{R5} &= I_3 = 1.6 \text{ mA} \\ I_{R6} &= I_2 = 5.6 \text{ mA} \\ I_{R7} &= I_2 = 5.6 \text{ mA} \end{aligned}$$

ב. נחשב את הספקי הצרכנים שבמעגל:

$$\begin{aligned} P_{R1} &= I_{R1}^2 \cdot R_1 = (10.4\text{m})^2 \cdot 1\kappa = 108.16\text{mW} \\ P_{R2} &= I_{R2}^2 \cdot R_2 = (8.8\text{m})^2 \cdot 2\kappa = 154.88\text{mW} \\ P_{R3} &= I_{R3}^2 \cdot R_3 = (16\text{m})^2 \cdot 2\kappa = 512\text{mW} \\ P_{R4} &= I_{R4}^2 \cdot R_4 = 7.2\text{m}^2 \cdot 2\kappa = 103.68\text{mW} \\ P_{R5} &= I_{R5}^2 \cdot R_5 = (1.6\text{m})^2 \cdot 2\kappa = 5.12\text{mW} \end{aligned}$$

פתרון 97111, קיץ תשפ"ה - 2025 - מועד ב'

$$P_{R6} = I_{R6}^2 \cdot R_6 = (5.6m)^2 \cdot 4\kappa = 125.44mW$$

$$P_{R7} = I_{R7}^2 \cdot R_7 = (5.6m)^2 \cdot 2\kappa = 62.72mW$$

סה"כ הספק נצרך :

$$P_T = 1072mW$$

נחשב את הספקי היצרנים שבמעגל :

$$P_{E1} = I_1 \cdot E_1 = 10.4m \cdot 40 = 416mW$$

$$P_{E3} = I_2 \cdot E_3 = 5.6m \cdot 60 = 336mW$$

$$P_{E2} = I_{R3} \cdot E_2 = 16m \cdot 20 = 320mW$$

שלושת מקורות המתח מהווים יצרנים

$$\Sigma P = \Sigma P$$

צרכנים יצרנים

$$P_{E1} + P_{E2} + P_{E3} = 416m + 226m + 320m = 1072mW$$

פתרון שאלה 17

א. קבוע הזמן של המעגל :

$$\tau = \frac{L}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{0.5}{20 + 30 + 50} = 5msec$$

$$I_{L(\infty)} = \frac{E}{R_T} = \frac{200}{100} = 2A$$

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

משוואת זרם טעינת הסליל :

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

$$I_L = 2 - (2 - 0) \cdot e^{-\left(\frac{t}{5m}\right)} = 2 - 2 \cdot e^{-\left(\frac{t}{5m}\right)}$$

ב. הזרם בסליל בזמן $t = 2msec$:

$$I_{L(t=2m)} = 2 - 2 \cdot e^{-\left(\frac{2m}{5m}\right)} = 0.659A$$

ג.

$$U_{R_3} = I_L(t=2m) \cdot R_3 = 0.659 \cdot 30 = 19.78V$$

ד.

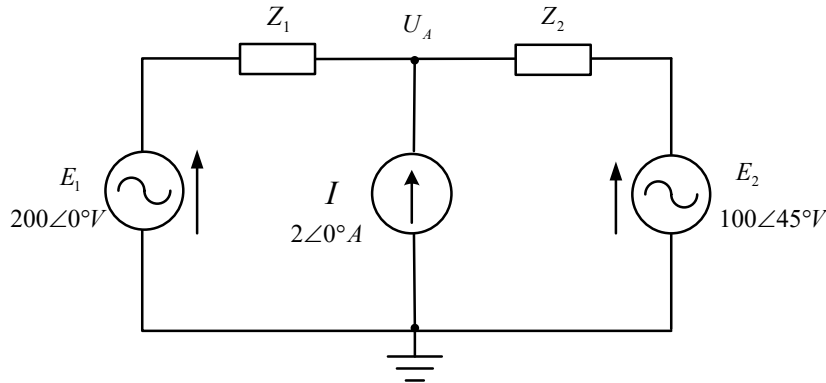
$$U_L = 0V$$

ה.

$$W_L = \frac{I^2 \cdot L}{2} = \frac{0.659^2 \cdot 0.5}{2} = 0.108J$$

פתרון שאלה 18

א. נסמן ונכתוב את משוואת הזרמים לצומת U_A :



$$\frac{U_A - E_1}{Z_1} + \frac{U_A - E_2}{Z_2} - I = 0$$

נוציא את U_A כגורם משותף:

$$U_A \cdot \left[\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right] = \frac{E_1}{Z_1} + \frac{E_2}{Z_2} + I$$

נציב:

$$U_A \cdot \left[\frac{1}{200\angle 30^\circ} + \frac{1}{400\angle 60^\circ} \right] = \frac{200\angle 0^\circ}{200\angle 30^\circ} + \frac{100\angle 45^\circ}{400\angle 60^\circ} + 2\angle 0^\circ$$

$$7.273 \cdot 10^{-3} \angle -39.896^\circ \cdot U_A = 3.158 \angle -10.23$$

מפתרון המשוואה נקבל:

$$U_A = \frac{3.158 \angle -10.23}{7.273 \cdot 10^{-3} \angle -39.896^\circ} = 434.2 \angle 29.666^\circ V$$

הזרם במקור המתח E_1 :

$$I_{E_1} = \frac{U_A - E_1}{Z_1} = \frac{434.2 \angle 29.666^\circ - 200 \angle 0^\circ}{200 \angle 30^\circ} = 1.393 \angle 20.478^\circ A$$

הזרם במקור המתח E_2 :

$$I_{E_2} = \frac{U_A - E_2}{Z_2} = \frac{434.2 \angle 29.666^\circ - 100 \angle 45^\circ}{400 \angle 60^\circ} = 0.846 \angle -34.81^\circ A$$

ב. ההספק במקור הזרם

$$S = U_A \cdot I = 434.2 \angle 29.666^\circ \cdot 2 \angle 0^\circ = 868.4 \angle 29.666^\circ VA$$

פתרון שאלה 19

א. המיאון של הליבה:

$$R_m = \frac{\ell}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A} = \frac{20 \cdot 10^{-2}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3250 \cdot 25 \cdot 10^{-6}} = 1.958 \cdot 10^6 \frac{1}{H}$$

ב. השטף המגנטי:

$$\phi = \frac{N \cdot I}{R_m} = \frac{50 \cdot 1}{1.958 \cdot 10^6} = 25.536 \mu wb$$

לפי כלל יד ימין, עם כיוון השעון.

ג. צפיפות השטף:

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{25.536 \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 10^{-6}} = 1.021 T$$

השראות עצמית של סליל:

$$L = \frac{N^2}{R_m} = \frac{50^2}{1.958 \cdot 10^6} = 1.276 \cdot 10^{-3} H$$

ד. האנרגיה האגורה:

$$W_L = \frac{L \cdot I_L^2}{2} = \frac{1.276 \cdot 10^{-3} \cdot 1^2}{2} = 0.638 \cdot 10^{-3} J$$

פתרון שאלה 20

א. ניתוח מעגל זרם ישר:

$$R_{Th} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{15k \cdot 5k}{(15k + 5k)} = 3.75k\Omega$$

חישוב R_{th} :

$$V_{th} = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 30 \cdot \frac{5k}{(15k + 5k)} = 7.5V$$

חישוב V_{th} :

משוואת המתחים של החוג הפנימי:

$$V_{th} = I_B \cdot R_{th} + V_{BE} + \underbrace{I_B (\beta + 1)} \cdot R_E$$

זרם הבסיס:

$$I_B = \frac{7.5 - 0.7}{3.75k + (100 + 1) \cdot 1k} = 64.916\mu A$$

זרם הקולקטור:

$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 64.916\mu = 6.492mA$$

חישוב מתח קולקטור אמיטר V_{CE} :

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

$$I_E \cong I_C$$

$$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE} + I_C \cdot R_E$$

$$30 = 6.492m \cdot 3k + V_{CE} + 6.492m \cdot 1k$$

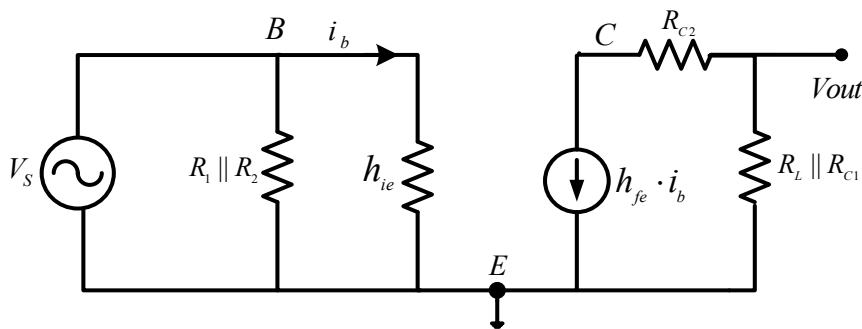
נציב את הנתונים לתוך הנוסחה:

$$V_{CE} = 4.033V$$

$$[4.033V, 6.492mA]$$

נקודת העבודה של הטרנזיסטור:

ב. ניתוח מעגל מתח חילופין:



ג. הגבר המתח:

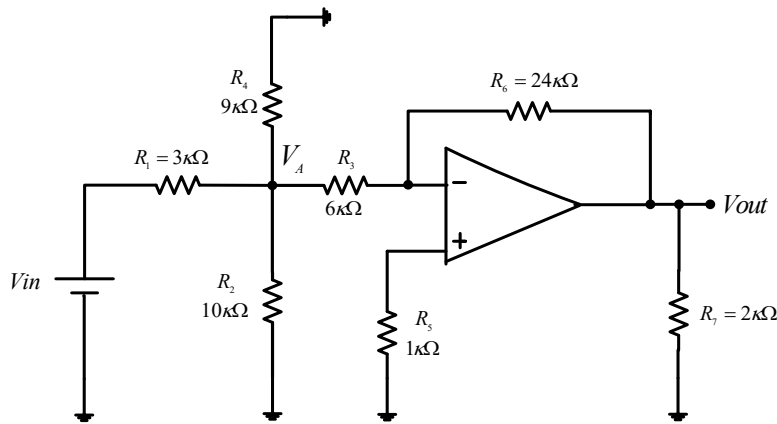
$$A_{VS} = \frac{V_{out}}{V_S} = \frac{-i_b \cdot h_{fe} \cdot (R_{C1} \parallel R_L)}{i_b \cdot h_{ie}} =$$

$$A_{VS} = \frac{-100 \cdot (1k \parallel 4k)}{1.5k} = -53.333$$

נציב את הנתונים:

פתרון שאלון 21

א. נסמן את הצומת V_A :



משוואת הזרמים לצומת V_A :

$$\frac{V_A - V_{in}}{R_1} + \frac{V_A - 0}{R_2} + \frac{V_A - V^-}{R_3} + \frac{V_A - 0}{R_4} = 0$$

נציב את הנתונים :

$$\frac{V_A - 4}{3k} + \frac{V_A - 0}{10k} + \frac{V_A - 0}{6k} + \frac{V_A - 0}{9k} = 0$$

מפתרון המשוואה נקבל :

$$V_A = 1.875V$$

המגבר מחובר כמגבר הופך מופע, ומכאן :

$$\frac{V_{out}}{V_A} = -\frac{R_6}{R_3} = -\frac{24k}{6k} = -4$$

מתח המוצא :

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

$$V_{out} = -4 \cdot V_A = -4 \cdot 1.875 = -7.5V$$

$$I_{out} = \frac{V_{out}}{R_7} = \frac{7.5}{2k} = 3.75mA$$

ב. נציב את $(V_{in} = 2V)$ במשוואת הצומת V_A :

$$\frac{V_A - 2}{3k} + \frac{V_A - 0}{10k} + \frac{V_A - 0}{6k} + \frac{V_A - 0}{9k} = 0$$

מפתרון המשוואה נקבל :

$$V_A = 0.9375V$$

ומכאן :

$$\frac{V_{out}}{V_A} = -\frac{R_6}{R_3} = -\frac{24k}{6k} = -4$$

מתח המוצא :

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

$$V_{out} = -4 \cdot V_A = -4 \cdot 0.9375 = -3.75V$$

שרטוט המתחים בהתאמה :

