

**שאלה 1**

התנגדותו של גוף חימום חשמלי לפני הפעלתו (בטמפרטורה של  $20^{\circ}C$ ) היא  $30\Omega$  ומקדם הטמפרטורה שלו הוא

$$\alpha = 0.009 \frac{1}{^{\circ}C}$$

.  $80\Omega$  עלתה ל-.

מה תהיה הטמפרטורה שלו לאחר החימום?

א.  $215.2^{\circ}C$

ב.  $190.8^{\circ}C$

ג.  $205.1^{\circ}C$

ד.  $223.1^{\circ}C$

**שאלה 2**

In the illustration bellow, there is an electric circuit.

What is the total resistance between A, B points.

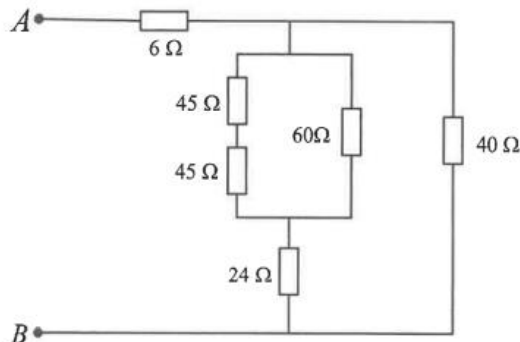


Illustration for the question 2

א.  $24\Omega$

ב.  $30\Omega$

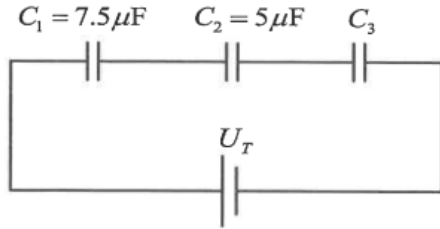
ג.  $12\Omega$

ד.  $40\Omega$

**שאלה 3**

נתון מעגל חשמלי. הקיבול השקול שווה  $1.2 \mu F$ .

מהו הקיבול של  $C_3$  ?



איור לשאלה 3

א.  $1 \mu F$

ב.  $2 \mu F$

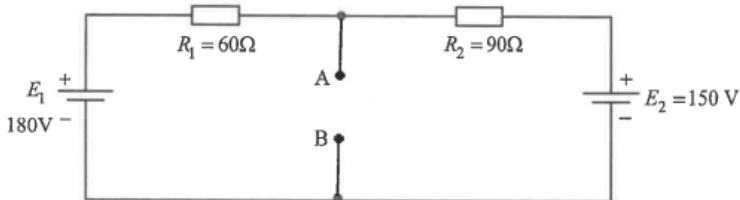
ג.  $4 \mu F$

ד.  $8 \mu F$

**שאלה 4**

נתון מעגל חשמלי.

מהו שקול נורטון בין הנקודות A ו-B ?



איור לשאלה 4

א.  $I_N = 0A$   $R_N = 150\Omega$

ב.  $I_N = 4.666A$   $R_N = 36\Omega$

ג.  $I_N = 6A$   $R_N = 36\Omega$

ד.  $I_N = 7.5A$   $R_N = 12\Omega$

שאלה 7

מכשיר חשמלי ניזון מספק כח זרם-חילופים שהתדירות שלו  $F = 50\text{Hz}$ .

במכשיר יש רק נגדים וסלילים.

הפעילו את המכשיר ומדדו את המתח ואת הזרם היעילים, ואת ההספק הפעיל של המכשיר.

$$U_1 = 230V \quad I_1 = 15A \quad P_1 = 3kW$$

מהי קיבוליות הקבל הנדרשת לשיפור גורם ההספק ל-0.92?

א. אי אפשר לדעת.

ב.  $20.513\mu F$ .

ג.  $38.513\mu F$ .

ד.  $100.742\mu F$ .

שאלה 8

עבור מעגל החשמלי הפועל בזרם חילופין נמדדו הערכים הבאים:

$$u(t) = 100 \cdot \sqrt{2} \sin\left(500t + \frac{\pi}{3}\right) (V)$$

$$i(t) = 4 \cdot \sqrt{2} \sin(500t + 30^\circ) (A)$$

מחו ההספק המדומה של המעגל?

א.  $S = 346.416 + j30VA$ .

ב.  $S = 400 \angle 30^\circ VA$ .

ג.  $S = 400 \angle 200^\circ VA$ .

ד.  $S = 400 + j30VA$ .

**שאלה 5**

נתון מעגל חשמלי המכיל סוללה בעלת חמישה תאים זהים המחוברים בטור.

כל תא הוא בעל כ"א"מ של  $2V$  והתנגדות פנימית של  $0.4\Omega$ . הסוללה מחוברת לעומס שהתנגדותו  $20\Omega$ .

מהו הזרם במעגל?

א.  $0.158A$

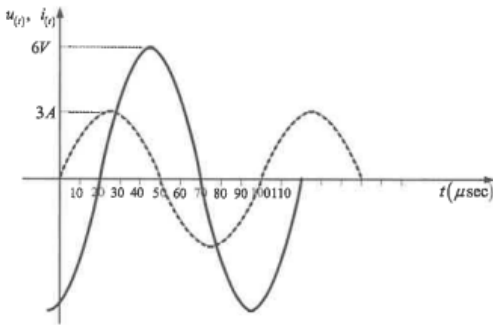
ב.  $0.255A$

ג.  $0.454A$

ד.  $0.555A$

**שאלה 6**

נתונים שתי אותות סינוסואידליים, מתח וזרם:



איור לשאלה 6

מהו הפרש המופע בין האותות?

א. המתח במעגל מפגר אחרי הזרם

ב. המתח במעגל מקדים את הזרם.

ג. הזרם והמתח מגיעים למופע באותו הזמן.

ד. הזרם במעגל מפגר אחרי המתח.

**שאלה 9**

נגד שערכו  $25\Omega$ , קבל שערכו  $40\mu F$  וסליל שערכו לא 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 ערכו של הסליל?

א.  $0.175H$

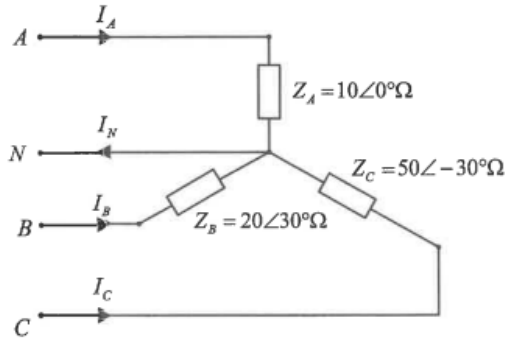
ב.  $0.286H$

ג.  $1.124H$

ד. אי אפשר לדעת.

**שאלה 10**

נתון תרשים של עומס תלת מופעי לא מאוזן המחובר בכוכב למוליך האפס. העומס מוזן מרשת תלת מופעית בעלת מתח שלוב של  $U_L = 400V$ . מהו ההספק הממשי הכולל של הרשת?



איור לשאלה 10

א.  $2896.412W$

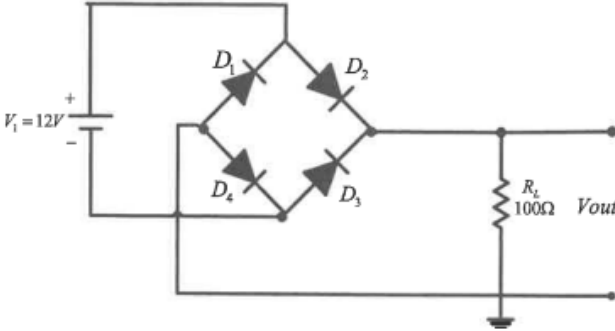
ב.  $3924.498W$

ג.  $5432.198W$

ד.  $8515.558W$

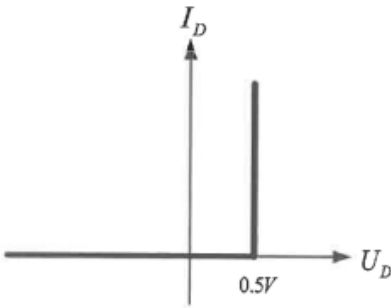
**שאלה 11**

נתון המעגל החשמלי הבא :



איור לשאלה 11

אופיין כל הדיודות במעגל זהה :



איור לשאלה 11

מהו הזרם דרך הנגד  $R_L$  ?

א. 0A

ב. 50 mA

ג. 110 mA

ד. 120 mA

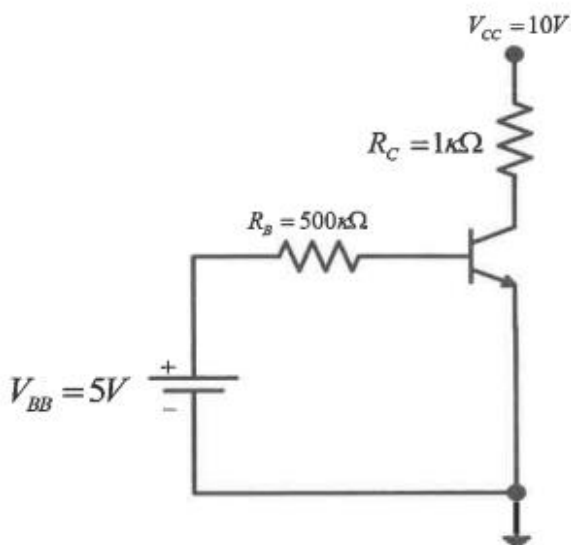
שאלה 12

לטרנזיסטור הנתונים הבאים:

$$\beta = 100$$

$$V_{BE} = 0.7V$$

מהו זרם הקולקטור  $I_C$  ?



איור לשאלה 12

א.  $0.25mA$

ב.  $0.55mA$

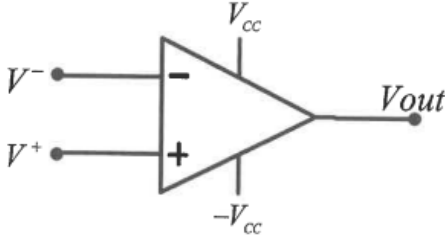
ג.  $0.86mA$

ד.  $3.25mA$

**שאלה 13**

המגבר משמש משווה בין שני מתחי הכניסה  $V^-$  ו-  $V^+$ .

מהו ההיגד הנכון?



איור לשאלה 13

א. כאשר המתח ברגל החיובית הוא  $V^- < V^+$  מתח המוצא יהיה שווה  $V_{out} = V^+$ .

ב. כאשר המתח ברגל החיובית הוא  $V^- < V^+$  מתח המוצא יהיה שונה בקירוב למתח ההזנה החיובית

$V_{out} = V_{cc}$ .

ג. כאשר המתח ברגל החיובית הוא  $V^- < V^+$  מתח המוצא יהיה שווה  $V_{out} = 0V$ .

ד. כאשר המתח ברגל החיובית הוא אי אפשר לדעת מהו מתח המוצא.

**שאלה 14**

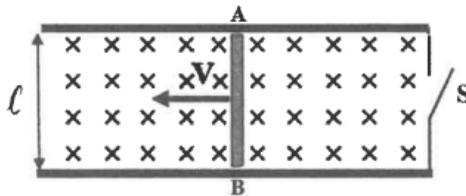
באיור לשאלה נתונה מערכת, הנמצאת בתוך שדה מגנטי. צפיפות השטף המגנטי אחידה ושיעורה הוא  $B = 0.6T$ . השדה ניצב למישור הדרך וכיוונו ממישור הדרך פנימה.

המערכת כוללת שתי מסילות מתכתיות, שהתנגדותן החשמלית זניחה.

לאורכן של המסילות נע מוט מתכתי שאורכו  $\ell = 0.8m$  והתנגדותו היא  $R = 4\Omega$ , ללא חיכוך במהירות של

$$V = 9 \frac{m}{s}$$

כאשר המפסק S סגור, האם השדה המגנטי מפעיל כוח על המוט AB? אם כן, חשבו את גודלו.



איור לשאלה 14

א. לא מפעיל כוח.

ב.  $F_B = 0.259N$ .

ג.  $F_B = 0.518N$ .

ד.  $F_B = 0.812N$ .



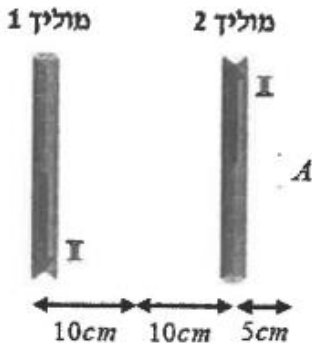
שאלה 15

באיור לשאלה נתונים שני מוליכים ישרים, ארוכים ומקבילים.

כל מוליך נושא זרם של  $22A$ . כיווני הזרמים בשני המוליכים מנוגדים.

המרחק בין המוליכים  $20cm$ .

חשבו את גודל השדה בנקודה  $A$ , שמרוחקת חמישה ס"מ מהמוליך הימני.



איור לשאלה 15

א.  $B_A = 40.4 \cdot 10^{-6} T$

ב.  $B_A = 50.8 \cdot 10^{-6} T$

ג.  $B_A = 70.4 \cdot 10^{-6} T$

ד.  $B_A = 90.2 \cdot 10^{-6} T$

חלק ב' – שאלות פתוחות (60 נקודות)

בחלק זה 6 שאלות. עליכם לענות על 4 שאלות בלבד, ערך כל שאלה 15 נקודות.

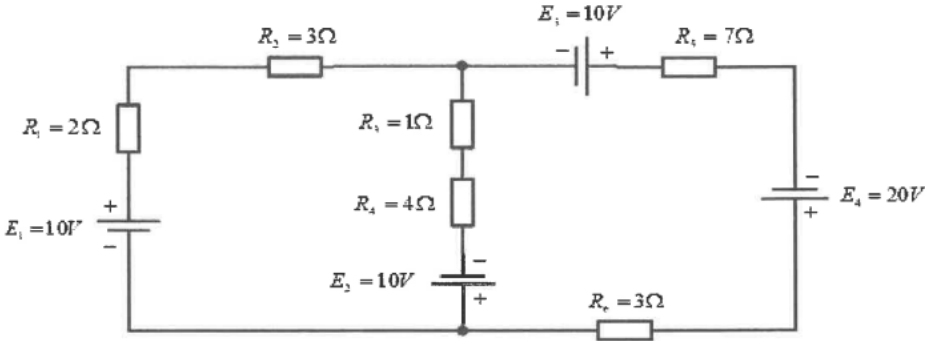
שאלה 16

באיור לשאלה 16 נתון מעגל חשמלי.

(8 נק') א. חשבו את הזרם דרך כל אחד מהנגדים שבמעגל.

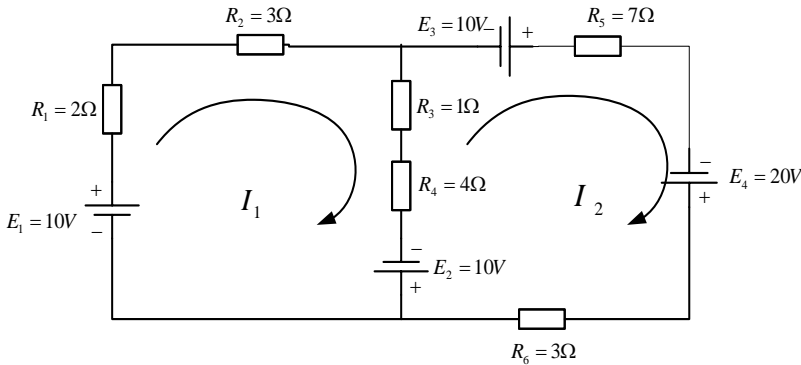
השתמשו בפתרונכם בשיטת זרמי חוגים.

(7 נק') ב. חשבו את החספק הנצרך במעגל, החספק המיוצר במעגל וערכו מאזן חספקים.



פתרון

א. נסמן את זרמי החוגים במעגל.



משוואת מתחים לכל חוג שסומן :

$$I_1(R_1 + R_2 + R_3 + R_4) - I_2(R_3 + R_4) = E_1 + E_2$$

$$-I_1(R_3 + R_4) + I_2(R_3 + R_4 + R_5 + R_6) = -E_2 + E_3 + E_4$$

נציב:

פתרון: אילן גל ורעיה בריקנר – כל הזכויות שמורות

$$I_1(2 + 3 + 1 + 4) - I_2(1 + 4) = 10 + 10$$

$$-I_1(1 + 4) + I_2(1 + 4 + 7 + 3) = -10 + 10 + 20$$

שתי משוואות בשני נעלמים  $I_1$  ו-  $I_2$  :

$$10I_1 - 5I_2 = 20$$

$$-5I_1 + 15I_2 = 20$$

מפתרון מערכת המשוואות נקבל :

$$I_1 = 3.2A \quad I_2 = 2.4A$$

שני הזרמים שהתקבלו  $I_1$  ו-  $I_2$  חיוביים, ולכן הנחת כיוון הזרם עם מחוגי השעון נכונה.

מהתבוננות במעגל ניתן לראות :

$$I_1 = I_{R1} = I_{R2} = 3.2A$$

$$I_2 = I_{R5} = I_{R6} = 2.4A$$

שני הזרמים  $I_1$  ו-  $I_2$  זורמים בכיוונים הפוכים דרך הענף המשותף ולכן נחסיר ביניהם.

$$I_{R3} = I_{R4} = I_1 - I_2 = 3.2 - 2.4 = 0.8A$$

ב. הספקי הצרכנים שבמעגל :

$$P_{R1} = I_{R1}^2 \cdot R_1 = 3.2^2 \cdot 2 = 20.48W$$

$$P_{R2} = I_{R2}^2 \cdot R_2 = 3.2^2 \cdot 3 = 30.72W$$

$$P_{R3} = I_{R3}^2 \cdot R_3 = 0.8^2 \cdot 1 = 0.64W$$

$$P_{R4} = I_{R4}^2 \cdot R_4 = 0.8^2 \cdot 4 = 2.56W$$

$$P_{R5} = I_{R5}^2 \cdot R_5 = 2.4^2 \cdot 7 = 40.32W$$

$$P_{R6} = I_{R6}^2 \cdot R_6 = 2.4^2 \cdot 3 = 17.28W$$

נחשב את הספקי היצרנים שבמעגל :

$$P_{E1} = I_1 \cdot E_1 = 3.2 \cdot 10 = 32W$$

$$P_{E2} = I_{E2} \cdot E_2 = 0.8 \cdot 10 = 8W$$

**פתרון: אילן גל ורעיה בריקנר – כל הזכויות שמורות**

$$P_{E3} = I_{E3} \cdot E_3 = 2.4 \cdot 10 = 24W$$

$$P_{E4} = I_{E4} \cdot E_4 = 2.4 \cdot 20 = 48W$$

שלושת מקורות המתח מהווים יצרנים

$$\sum P = \sum P$$

צרכנים יצרנים

$$P_{E1} + P_{E2} + P_{E3} = P_{E4} = 32 + 8 + 24 + 48 = 112W$$

$$P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} + P_{R4} + P_{R5} + P_{R6} = 20.48 + 30.72 + 0.64 + 2.56 + 40.32 + 17.28 = 112W$$

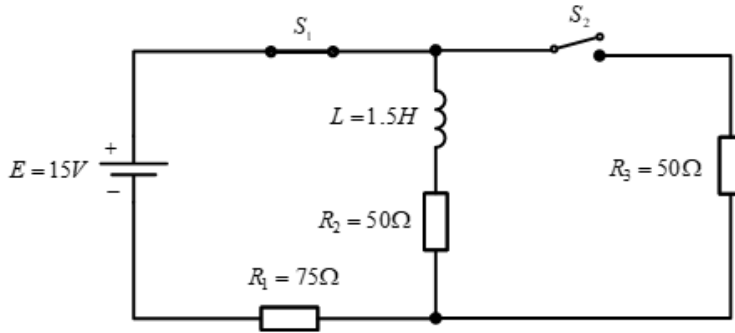
### שאלה 17

באיור לשאלה נתון מעגל חשמלי.

א. (3 נק') חשבו את האנרגיה האגורה בסליל כאשר המפסק  $S_1$  סגור זמן ממושך והמפסק  $S_2$  פתוח (כמתואר באיור).

ב. (6 נק') חשבו את הזרם בסליל  $I_L(t)$  בזמן  $t = 3m \text{ sec}$  לאחר פתיחת המפסק  $S_1$  וסגירת המפסק  $S_2$ .

ג. (6 נק') חשבו את משך הזמן הנדרש לזרם הסליל להגיע ל-  $0.05A$  לאחר פתיחת המפסק  $S_1$  וסגירת המפסק  $S_2$ .



פתרון

א.

$$I_L = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{15}{125} = 0.12A$$

$$W_L = \frac{I_L^2 \cdot L}{2} = \frac{0.12^2 \cdot 1.5}{2} = 10.8mJ$$

ב. קבוע הזמן של המעגל:

$$\tau = \frac{L}{R_2 + R_3} = \frac{1.5}{100} = 15m \text{ sec}$$

פתרון: אילן גל ורעיה בריקנר – כל הזכויות שמורות

$$I_{L(0)} = 0.12A$$

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

משוואת זרם הסליל:

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

נציב את הנתונים:

$$I_{L(t=2m)} = 0 - (0 - 0.12) \cdot e^{-\left(\frac{3m}{15m}\right)} = 98.247mA$$

ג.

$$I_{L(0)} = 0.12A$$

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

משוואת זרם הסליל:

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

נציב את הנתונים:

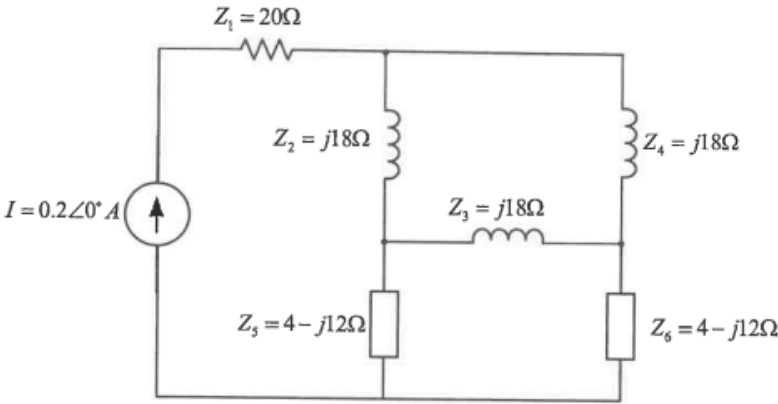
$$0.05 = 0 - (0 - 0.12) \cdot e^{-\left(\frac{t}{15m}\right)}$$

מפתרון המשוואה נקבל:

$$t = 0.0131sec$$

**שאלה 18**

באיור לשאלה נתון מעגל חשמלי הפועל בזרם חלופין:



**איור לשאלה 18**

3 נק' א. העכבות  $Z_2, Z_3, Z_4$  מחוברות בחיבור משולש. מהו הגודל של כל אחד

מהעכבות בחיבור הכוכב השקול?

3 נק' ב. חשבו את העכבה השקולה.

9 נק' ג. חשבו את ההספק המדומה, ההספק הפעיל וההספק החיגבי במעגל.

**פתרון**

א. נשתמש בהמרת משולש לכוכב:

$$Z_a = \frac{Z_2 \cdot Z_4}{Z_2 + Z_3 + Z_4} = \frac{(j18) \cdot (j18)}{j18 + j18 + j18} = j6\Omega$$

המשולש הוא סימטרי ולכן:

$$Z_a = Z_b = Z_c = j6\Omega$$

ב. העכבות  $Z_c$  ו- $Z_6$  מחוברות בטור:

$$Z_{c,6} = Z_c + Z_6 = (4 - j6)\Omega$$

העכבות  $Z_b$  ו- $Z_5$  מחוברות בטור:

פתרון: אילן גל ורעיה בריקנר – כל הזכויות שמורות

$$Z_{b,5} = Z_b + Z_5 = (4 - j6)\Omega$$

העכבות  $Z_{b,5}$  ו-  $Z_{c,6}$  שוות ומחוברות במקביל:

$$Z_{5,6,b,c} = \frac{Z_{c,6}}{2} = \frac{(4 - j6)}{2} = (2 - j3)\Omega$$

העכבה השקולה:

$$Z_T = Z_1 + Z_a + Z_{5,6,b,c} = 20 + j6 + 2 - j3 = 22 + j3 = 22.203\angle 7.765^\circ\Omega$$

הזרם הכללי במעגל:

$$I_T = I_1 = I_a = 0.2\angle 0^\circ A$$

את הזרם  $I_{b,5}$  נחשב לפי שיטת מחלק זרם:

$$I_{b,5} = I_a \cdot \frac{Z_{c,6}}{Z_{b,5} + Z_{c,6}} = 0.2\angle 0^\circ \cdot \frac{(4 - j6)}{(4 - j6) + (4 - j6)} = 0.1\angle 0^\circ A$$

$$I_{c,6} = I_a - I_{b,5} = 0.2\angle 0^\circ - 0.1\angle 0^\circ = 0.1\angle 0^\circ A$$

$$U_a = I_a \cdot Z_a = 0.2\angle 0^\circ \cdot (j6) = 1.2\angle 90^\circ V$$

$$U_b = I_b \cdot Z_b = 0.1\angle 0^\circ \cdot (j6) = 0.6\angle 90^\circ V$$

$$U_{Z_5} = I_{Z_5} \cdot Z_5 = 0.1\angle 0^\circ \cdot (4 - j12) = 1.264\angle -71.565^\circ V$$

$$U_{Z_1} = I \cdot Z_1 = 0.2\angle 0^\circ \cdot 20 = 4\angle 0^\circ V$$

$$U_T = U_{Z_1} + U_a + U_b + U_{Z_5} = 4\angle 0^\circ + 1.2\angle 90^\circ + 0.6\angle 90^\circ + 1.264\angle -71.565^\circ = 4.44\angle 7.765^\circ V$$

ג. חישוב הספקים:

$$S = U_{eff} \cdot I_{eff}^* = 4.44\angle 7.765^\circ \cdot 0.2\angle 0^\circ = 0.888\angle 7.765^\circ VA$$

$$S_T = 0.888\angle 7.765^\circ = \underset{P}{0.88} + j\underset{Q}{0.12}$$

$$P_T = 0.88W$$

$$Q_T = 0.12VAR$$



**שאלה 19**

נתון באיור תרשים של ליבת אלקטרומגנט שבנויה בצורת טבעת. האורך הממוצע של

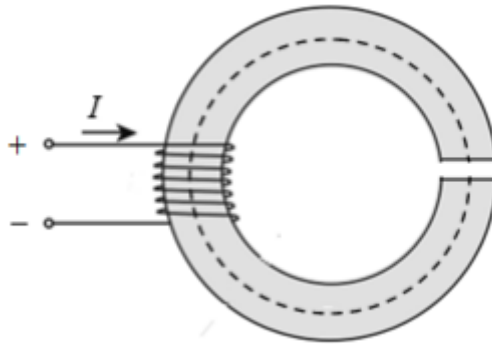
הטבעת ושטח החתך של הליבה  $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

אורך חריץ האוויר  $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  והחדירות היחסית שלה  $\mu_r = 3000$

על הליבה מלופף סליל, ובו כריכות 500.

הסליל עשוי נחושת שאורכו  $30 \text{ m}$  ושטח חתך  $0.15 \text{ mm}^2$

ההתנגדות הסגולית של נחושת  $0.018 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$



- א. (7 נק') יש לחשב את המיאון של המעגל המגנטי.  
 ב. (3 נק') יש לחשב את ההשראות העצמית של הסליל.  
 ג. (5 נק') יש לחשב את עכבת הסליל כשהוא מחובר למקור מתח חילופין שהתדירות שלו 50 הרץ.

**פתרון**

א. המיאון המגנטי של האלקטרומגנט:

$$R_{m_1} = \frac{\ell_1}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A} = \frac{1.5}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 3000 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = 1.989 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{H}}$$

המיאון המגנטי של חריץ האוויר:

$$R_{m_0} = \frac{\ell_0}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = 7.957 \cdot 10^6 \frac{1}{H}$$

המיאון המגנטי של האלקטרומגנט:

$$R_{m_T} = R_{m_1} + R_{m_0} = 1.989 \cdot 10^6 + 7.957 \cdot 10^6 = 9.946 \cdot 10^6 \frac{1}{H}$$

ב. השראות הסליל

$$L = \frac{N^2}{R_{m_T}} = \frac{500^2}{9.946 \cdot 10^6} = 25.133mH$$

ג. נחשב תחילה את התנגדות הסליל

$$R = \rho \frac{\ell}{A} = 0.018 \cdot \frac{30}{0.15} = 3.6\Omega$$

עכבת הסליל

$$Z_L = R + j2\pi f \cdot L = 3.6 + j2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 25.133 \cdot 10^{-3} = (3.6 + j7.895)\Omega$$

שאלה 20

In the illustration bellow, there is an electric circuit with a transistor.

Given:

$$\beta = h_{fe} = 100$$

$$V_{BE} = 0.7V$$

$$h_{ie} = 2.5k\Omega$$

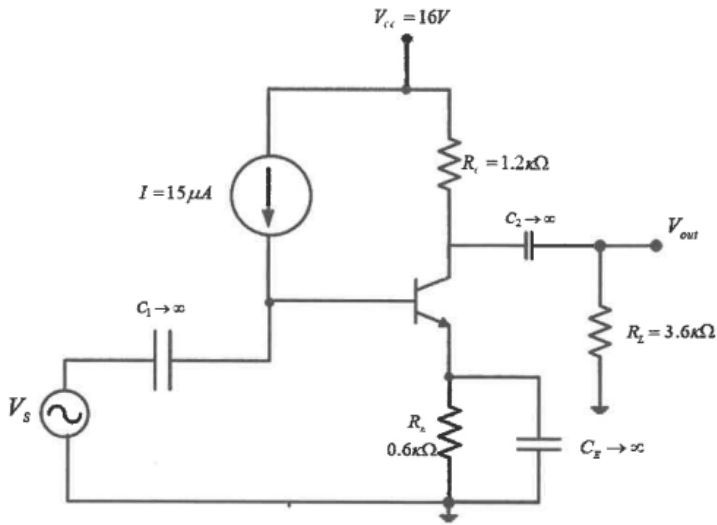


Illustration for the question 20

- (8 pts) א. Calculate the work point (נקודת העבודה) of the transistor.
- (8 pts) ב. Draw the conversion circuit (מעגל תמורה) for small signal.
- (8 pts) ג. Calculate the voltage amplification.

פתרון

א. זרם הבסיס:

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

זרם הקולקטור:

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

חישוב מתח קולקטור אמיטר  $V_{CE}$ :

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

$$I_E \cong I_C$$

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

נציב את הנתונים לתוך הנוסחה:

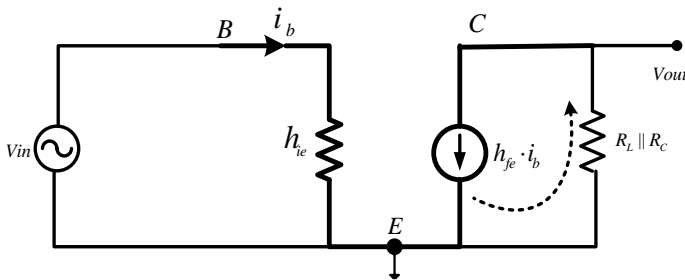
$$16 = 1.5m \cdot 1.2k + V_{CE} + 1.5m \cdot 0.6k$$

$$V_{CE} = 13.3V$$

נקודת העבודה של הטרנזיסטור:

$$[13.3V, 1.5mA]$$

ב. מעגל תמורה לאות קטן



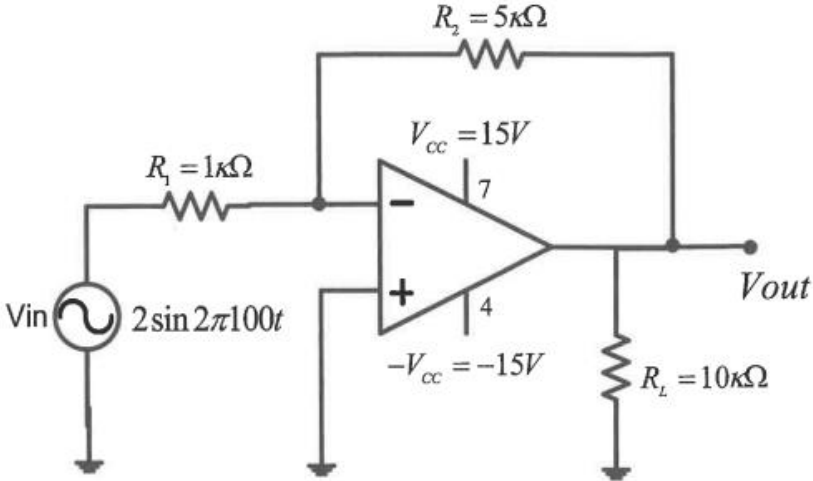
ג. הגבר המתח:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-i_b \cdot h_{fe} \cdot (R_C \parallel R_L)}{i_b \cdot h_{ie}} = \frac{-h_{fe} \cdot (R_C \parallel R_L)}{h_{ie}} = \frac{-100 \cdot (1.2k \parallel 3.6k)}{2.5k} = -36$$

פתרון: אילן גל ורעיה בריקנר – כל הזכויות שמורות

**שאלה 21**

במעגל המתואר באיור לשאלה מגבר השרת הוא אידיאלי.



איור לשאלה 21

- 5 נק') א. חשבו את מתח המוצא  $V_{out}$ .  
 5 נק') ב. שרטטו את מתח הכניסה ומתח המוצא בהתאמה.  
 5 נק') ג. החליפו את הנגד  $R_2$  בנגד בעל ערך של 10k. חשבו את מתח המוצא  $V_{out}$ . שרטטו את מתח הכניסה ומתח המוצא בהתאמה.

**פתרון**

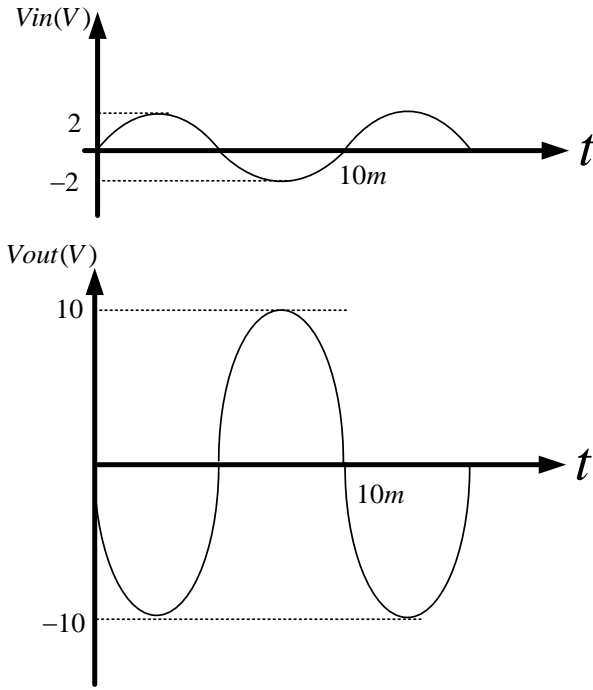
א. המגבר מחובר כמגבר הופך מופע:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{5k}{1k} = -5$$

מתח המוצא:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -5 \Rightarrow V_{out} = -5 \cdot V_{in}$$

$$V_{out} = -5 \cdot 2 \sin 2\pi 100t = -10 \sin 2\pi 100t$$



ג. מתח המוצא: .ג

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{10k}{1k} = -10$$

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -10 \Rightarrow V_{out} = -A_v \cdot V_{in}$$

$$V_{out} = -10 \cdot 2 \sin 2\pi 100t = -20 \sin 2\pi 100t$$

$$V_{out(\max)} = \pm V_{CC} = \pm 15V$$

מתח המוצא והכניסה בהתאמה:

