

לקט שני של שאלות ופתרונות ברמת בחינות

בגרות במגמה הנדסת חשמל

חלק I – שאלון 845387

חלק II – שאלון 848589 – המרת אנרגיה

מחברים:

נפתלי אבן-חיים

צביקה ישראלי

יעקב בוסקילה

יגאל גויכמן

ייעוץ מדעי ופדגוגי: עזיז שייך עבד

מפמ"ר המגמה: גב' אירנה ליברמן

תש"פ





© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

מרכז מורים ארצי למורי מורטק. הפרויקט מבוצע על ידי

מוסד הטכניון עפ"י מכרז 30/8.14

הפרויקט מבוצע עבור המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך.

הלקט יצא לאור במימון האגף למדעים במזכירות הפדגוגית ומינהלת מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבחוברת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמוציא לאור.



חלק I - לקט שאלות לשאלון 845387

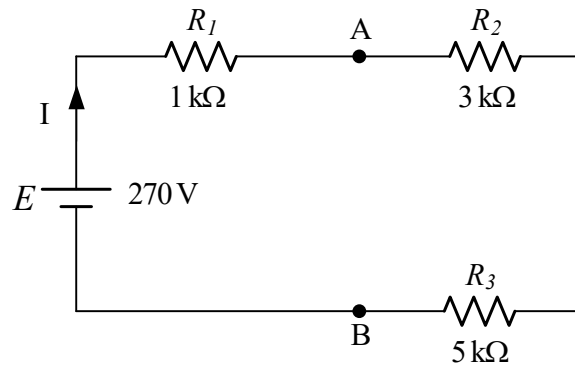
4	פרק 1 – מעגלי זרם ישר
4	מעגלים טוריים
12	מעגלים מקביליים
20	מעגלים מעורבים
37	שיטות לפתרון מעגלים
50	אלקטרוסטטיקה וקיבול
56	פרק 2 – מעגלי זרם חילופין
56	מעגל RL ומעגל RC טורי
63	מעגל RLC טורי
66	מעגל RL ומעגל RC מקבילי
74	מעגל RLC מקבילי
81	מעגלים תלת מופעיים
88	פרק 3 – מערכות ספרתיות
88	פונקציות בוליאניות
93	שערים לוגיים
100	מפת קרנו
106	מתגים
115	טבלת אמת

פרק 1 – מעגלי זרם ישר

מעגלים טוריים

שאלה 1

באיור לשאלה 1, מתואר מעגל חשמלי.



איור לשאלה 1

- חשב את הזרם I
- חשב את המתח בין הנקודות A ו-B
- חשב את ההספק הכולל הנמסר למעגל על-ידי מקור המתח E.

פתרון

א. חישוב הזרם I

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 1 + 3 + 5 = 9 \text{ k}\Omega$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{270}{9 \cdot 10^3} = 30 \text{ mA}$$

ב. חישוב המתח U_{AB}

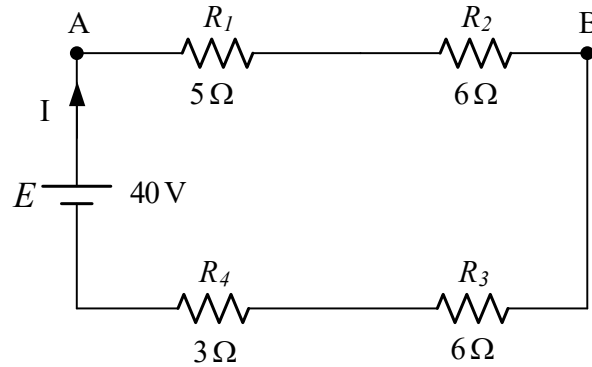
$$U_{AB} = I_T \cdot (R_2 + R_3) = 30 \cdot 10^{-3} \cdot (3 + 5) \cdot 10^3 = 240 \text{ V}$$

ג. הספק של מקור המתח

$$P_E = I_T \cdot E = 30 \cdot 10^{-3} \cdot 270 = 8.1 \text{ W}$$

שאלה 2

באיור לשאלה 2, מתואר מעגל חשמלי.



איור לשאלה 2

- חשב את הזרם במעגל.
- חשב את המתח על הנגד R_2 .
- חשב את המתח בין הנקודות A ו-B.

פתרון

א. חישוב הזרם I

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 5 + 6 + 6 + 3 = 20 \Omega$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{40}{20} = 2 A$$

ב. כיוון הזרם מנקודה A לנקודה B

ג. חישוב המתח על הנגד R_2 .

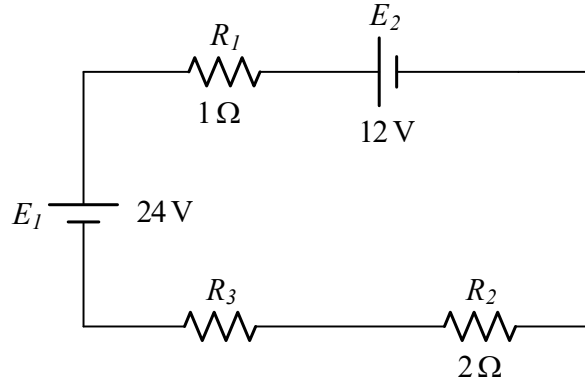
$$U_{AB} = I_T \cdot R_2 = 2 \cdot 6 = 12 V$$

ד. המתח בין הנקודות A ו-B

$$U_{BA} = I_T \cdot (R_2 + R_1) = 2 \cdot (6 + 5) = 22 V$$

שאלה 3

במעגל החשמלי, הנתון באיור לשאלה 3 הזרם הכללי $I_T = 2A$.



איור לשאלה 3

- חשב את המתח על הנגד R_2 .
- חשב את ההתנגדות של הנגד R_3 .
- הראה על-ידי חישוב, כי ההספק הכולל של מקורות המתח שווה לסכום ההספקים הנצרכים על-ידי הנגדים במעגל.

פתרון

נתון כי הזרם הכללי $I_T = 2A$.

א. חישוב המתח על הנגד R_2 .

$$U_{R_2} = I_T \cdot R_2 = 2 \cdot 2 = 4V$$

ב. חישוב ההתנגדות של הנגד R_3 .

$$E_T = E_1 - E_2 = 24 - 12 = 12V$$

$$R_T = \frac{E_T}{I_T} = \frac{12}{2} = 6\Omega$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$6 = 1 + 2 + R_3 \Rightarrow R_3 = 3\Omega$$

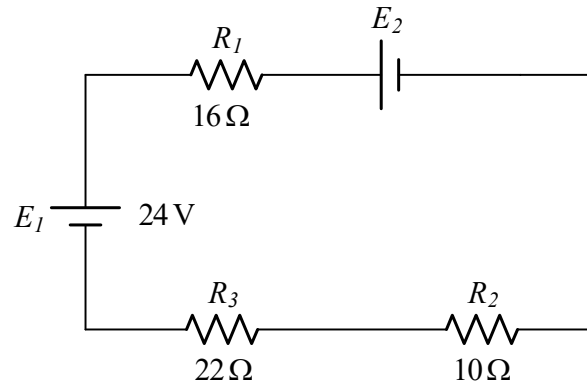
ג. צ.ל: הספק המקורות = הספק הצרכנים.

$$P_{R_T} = P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_3} = I_T^2 \cdot R_T = 2^2 \cdot 6 = 24W$$

$$P_{E_T} = P_{E_1} - P_{E_2} = I_T \cdot (E_1 - E_2) = 2 \cdot 12 = 24W$$

שאלה 4

במעגל חשמלי, הנתון באיור לשאלה 4 הזרם הכללי $I_T = 2A$.



איור לשאלה 4

- חשב את מתח המקור E_2 .
- חשב את ההספק הנצרך על-ידי הנגד R_1 .
- מחברים את המקור E_1 שבמעגל בקוטביות הפוכה. חשב את הזרם במעגל לאחר שינוי זה.

פתרון

נתון כי הזרם הכללי $I_T = 2A$.

א. חישוב מתח המקור E_2 .

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 16 + 10 + 22 = 48 \Omega$$

$$E_T = E_2 - E_1 = I_T \cdot R_T$$

$$E_2 - 24 = 2 \cdot 48 \quad \Rightarrow \quad E_2 = 120V$$

ב. חישוב ההספק הנצרך על-ידי הנגד R_1 .

$$P_{R_1} = I_{R_1}^2 \cdot R_1 = 2^2 \cdot 16 = 64W$$

ג. חישוב הזרם הכללי לאחר החלפת הקוטביות של מקור המתח E_1 .

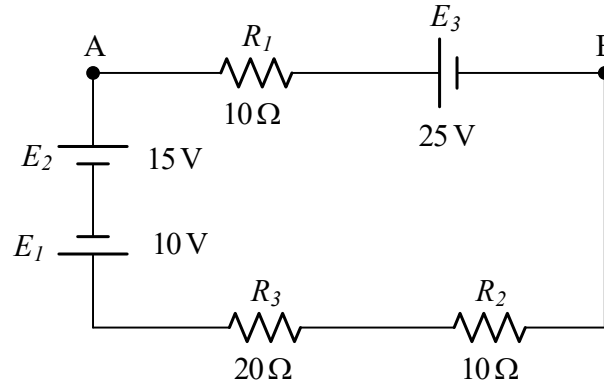
$$R_T = 48 \Omega$$

$$E_T = E_2 + E_1 = 120 + 24 = 144V$$

$$I_T = \frac{E_T}{R_T} = \frac{144}{48} = 3A$$

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון תרשים חשמלי של מעגל חשמלי.



איור לשאלה 5

- חשב את הזרם במעגל וציין את כיוונו (מ-A ל-B או מ-B ל-A).
- חשב את המתח על הנגד R_2 .
- חשב את ההספק הנצרך על-ידי הנגד R_3 .

פתרון

א. חישוב הזרם במעגל.

$$E_T = E_1 + E_3 - E_2 = 10 + 25 - 15 = 20V$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 20 + 20 = 50\Omega$$

$$I_T = \frac{E_T}{R_T} = \frac{20}{50} = 0.4A$$

הזרם זורם מנקודה B לנקודה A

ב. חישוב המתח על הנגד R_2 .

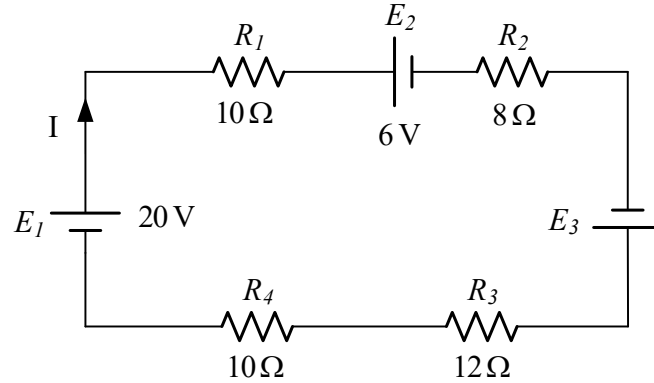
$$U_{R_2} = I_T \cdot R_2 = 0.4 \cdot 10 = 4V$$

ג. חישוב ההספק הנצרך על-ידי הנגד R_3 .

$$P_{R_3} = I_{R_3}^2 \cdot R_3 = 0.4^2 \cdot 20 = 3.2W$$

שאלה 6

באיור לשאלה 6 מתואר מעגל חשמלי. המתח על הנגד R_1 הוא 6 V.



איור לשאלה 6

- חשב את הזרם המעגל I.
- חשב את מתח המקור E_3 .
- חשב את ההספק הכולל של הנגדים במעגל.

פתרון

נתון כי המתח על הנגד R_1 הוא 6 V.

א. חישוב הזרם במעגל.

$$I_T = \frac{U_{R_1}}{R_1} = \frac{6}{12} = 0.5 \text{ A}$$

ב. חישוב מתח המקור E_3 .

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 10 + 8 + 12 + 10 = 40 \Omega$$

$$E_T = I_T \cdot R_T = 0.5 \cdot 40 = 20 \text{ V}$$

$$E_T = E_1 - E_2 + E_3$$

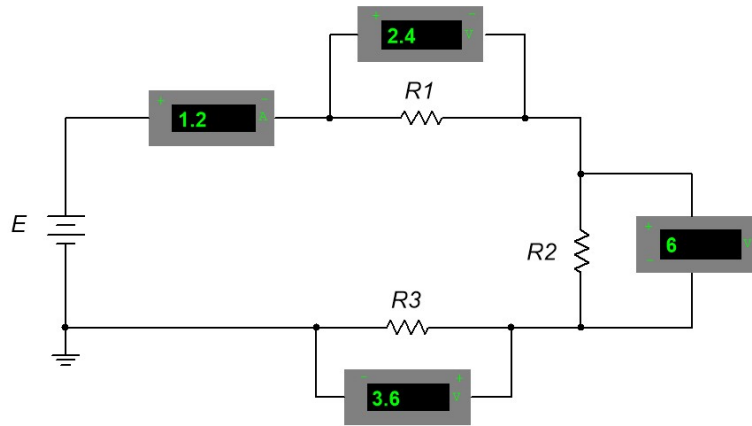
$$20 = 20 - 6 + E_3 \quad \Rightarrow \quad E_3 = 6 \text{ V}$$

ג. חישוב ההספק הכולל של הנגדים במעגל.

$$P_{R_T} = I_T^2 \cdot R_T = 0.5^2 \cdot 40 = 10 \text{ W}$$

שאלה 7

באיור לשאלה 7 מתואר מעגל חשמלי, הכולל מד-זרם ושלושה מדי-מתח. תוצאות המדידה מתוארות באיור.



איור לשאלה 7

- חשב את ערכי ההתנגדויות R_1 , R_2 ו- R_3 .
- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- חשב את מתח המקור E.

פתרון

המעגל טורי, לכן הזרם $I = 1.2 \text{ A}$ זהה בכל נגדי המעגל.

- חישוב ערכי ההתנגדויות R_1 , R_2 ו- R_3 .

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I} = \frac{2.4}{1.2} = 2 \Omega, \quad R_2 = \frac{U_{R_2}}{I} = \frac{6}{1.2} = 5 \Omega, \quad R_3 = \frac{U_{R_3}}{I} = \frac{3.6}{1.2} = 3 \Omega$$

- חישוב התנגדות שקולה.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 2 + 5 + 3 = 10 \Omega$$

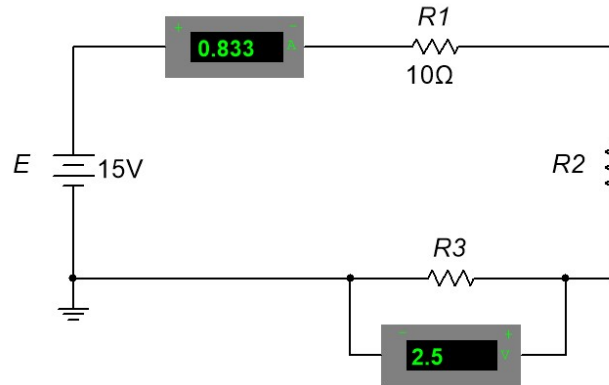
- חישוב מתח המקור E.

$$E = I \cdot R_T = 1.2 \cdot 10 = 12 \text{ V}$$

$$E = U_1 + U_2 + U_3 = 2.4 + 6 + 3.6 = 12 \text{ V}$$

שאלה 8

באיור לשאלה 8 מתואר מעגל חשמלי, הכולל מד-זרם ומד-מתח. תוצאות המדידה מתוארות באיור.



איור לשאלה 8

- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל
- חשב את ההתנגדות R_2 .
- חשב את ההספק הכולל של הנגדים במעגל.

פתרון

המעגל טורי, לכן הזרם $I = 0.833 \text{ A}$ זהה בכל נגדי המעגל.
 א. חישוב ההתנגדות שקולה.

$$R_T = \frac{E}{I} = \frac{15}{0.833} = 18 \Omega$$

ב. חישוב ההתנגדות R_2 .

$$\begin{cases} R_1 = 10 \Omega \\ R_3 = \frac{U_{R_3}}{I} = \frac{2.5}{0.833} = 3 \Omega \\ R_T = 18 \Omega \end{cases}$$

$$\Rightarrow R_2 = R_T - R_1 - R_3 = 18 - 10 - 3 = 5 \Omega$$

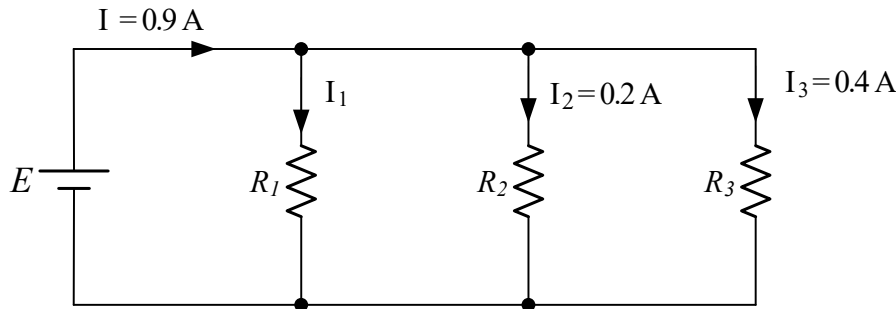
ג. חישוב ההספק הכולל של הנגדים במעגל.

$$P_T = E \cdot I = 15 \cdot 0.833 = 12.5 \text{ W}$$

מעגלים מקביליים

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי. ההספק הנצרך על-ידי הנגד R_2 הוא $P_2 = 18W$.



איור לשאלה 1

- חשב את הזרם העובר בנגד R_1 .
- חשב את מתח המקור E .
- חשב את התנגדות הנגדים R_1 , R_2 ו- R_3 .

פתרון

א. חישוב הזרם העובר בנגד R_1 .

$$I_{R_1} = I - I_{R_2} - I_{R_3} = 0.9 - 0.2 - 0.4 = 0.3 \text{ A}$$

ב. חישוב מתח המקור E . המעגל מקבילי, לכן: $E = U_{R_2}$

$$E = U_{R_2} = \frac{P_2}{I_{R_2}} = \frac{18}{0.2} = 90 \text{ V}$$

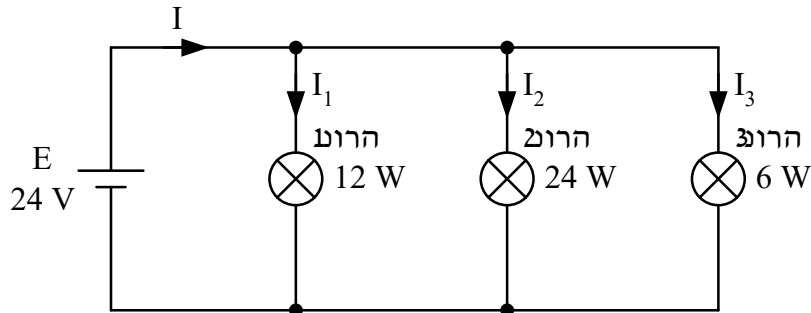
ג. חישוב התנגדות הנגדים R_1 , R_2 ו- R_3 .

$$R_1 = \frac{E}{I_{R_1}} = \frac{90}{0.3} = 300 \Omega, \quad R_2 = \frac{E}{I_{R_2}} = \frac{90}{0.2} = 450 \Omega$$

$$R_3 = \frac{E}{I_{R_3}} = \frac{90}{0.4} = 225 \Omega$$

שאלה 2

באיור לשאלה 2, מתואר מעגל חשמלי המשמש להזנת שלוש נורות. מתח העבודה של כל אחת מהנורות הוא 24V. יש להניח כי כל הנורות דולקות.



איור לשאלה 2

- חשב את הזרם הנצרך על-ידי כל נורה.
- חשב את זרם המקור I.
- חשב את ההתנגדות הכוללת של המעגל.

פתרון:

- זרם בכל נורה:

$$I_1 = \frac{P_1}{E} = \frac{12}{24} = 0.5 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{E} = \frac{24}{24} = 1 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{P_3}{E} = \frac{6}{24} = 0.25 \text{ A}$$

- זרם המקור:

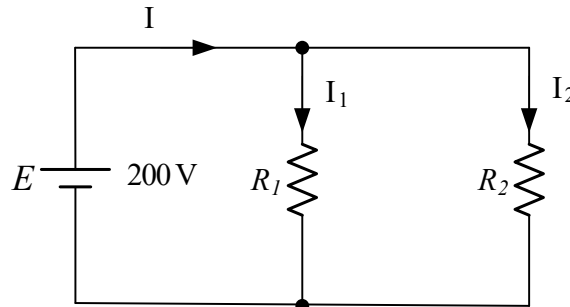
$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 0.5 + 1 + 0.25 = 1.75 \text{ A}$$

- חישוב ההתנגדות הכוללת של המעגל.

$$R_T = \frac{E}{I_T} = \frac{24}{1.75} = 13.71 \Omega$$

שאלה 3

באיור לשאלה 3, מתואר מעגל חשמלי, הכולל שני גופי חימום (תנורים) המחוברים במקביל. הספק התנור R_1 הוא $P_1 = 1kW$ והספק התנור R_2 הוא $P_2 = 2kW$.



איור לשאלה 3

- חשב את הזרמים I_1 ו- I_2 .
- חשב את זרם המקור I .
- חשב את ההתנגדות של כל אחד מגופי החימום.

פתרון

- חישוב הזרמים I_1 ו- I_2 .

$$I_1 = \frac{P_1}{E} = \frac{1000}{200} = 5 A$$

$$I_2 = \frac{P_2}{E} = \frac{2000}{200} = 10 A$$

- חישוב זרם המקור I .

$$I_T = I_1 + I_2 = 5 + 10 = 15 A$$

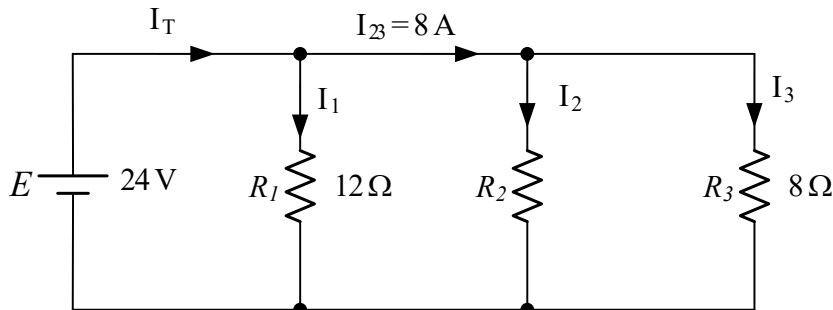
- חישוב ההתנגדות של כל אחד מגופי החימום.

$$R_1 = \frac{E}{I_1} = \frac{200}{5} = 40 \Omega$$

$$R_2 = \frac{E}{I_2} = \frac{200}{10} = 20 \Omega$$

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון מעגל חשמלי.



איור לשאלה 4

א. חשב את הזרמים I_1, I_2, I_3, I_T .

ב. חשב את התנגדות הנגד R_2 .

ג. חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.

פתרון

א. חישוב הזרמים I_1, I_2, I_3, I_T .

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{24}{12} = 2 \text{ A} \quad , \quad I_3 = \frac{E}{R_3} = \frac{24}{8} = 3 \text{ A}$$

$$I_2 = I_{23} - I_3 = 8 - 3 = 5 \text{ A}$$

$$I_T = I_1 + I_{23} = 2 + 8 = 10 \text{ A}$$

ב. חישוב התנגדות הנגד R_2 .

$$R_2 = \frac{E}{I_2} = \frac{24}{5} = 4.8 \Omega$$

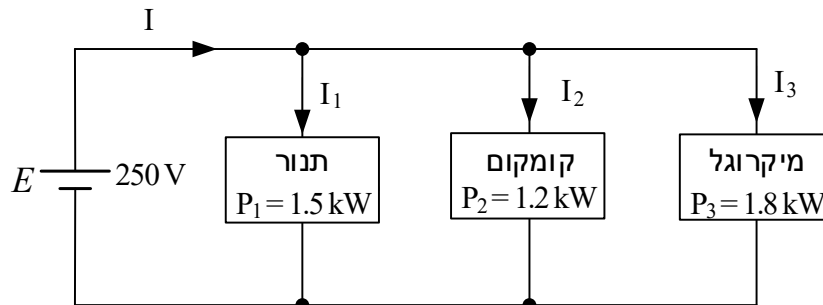
ג. ההתנגדות שקולה של המעגל.

$$R_T = \frac{E}{I_T} = \frac{24}{10} = 2.4 \Omega$$

$$R_T = \left(R_1^{-1} + R_2^{-1} + R_3^{-1} \right)^{-1} = \left(12^{-1} + 4.8^{-1} + 8^{-1} \right)^{-1} = 2.4 \Omega$$

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון מעגל חשמלי בבית מגורים המתאר שלושה צרכנים: תנור, קומקום ומיקרוגל. נתוני הצרכנים מתוארים באיור.



איור לשאלה 5

- חשב את הזרמים I_1 , I_2 ו- I_3 .
- חשב את התנגדות של כל אחד מהצרכנים.
- חשב את הספק המקור.

פתרון

- הזרמים I_1 , I_2 ו- I_3 .

$$I_1 = \frac{P_1}{E} = \frac{1500}{250} = 6 \text{ A}, \quad I_2 = \frac{P_2}{E} = \frac{1200}{250} = 4.8 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{P_3}{E} = \frac{1800}{250} = 7.2 \text{ A}, \quad I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 6 + 4.8 + 7.2 = 18 \text{ A}$$

- התנגדות של כל אחד מהצרכנים.

$$R_1 = \frac{E}{I_1} = \frac{250}{6} = 41.67 \Omega, \quad R_2 = \frac{E}{I_2} = \frac{250}{4.8} = 52.08 \Omega$$

$$R_3 = \frac{E}{I_3} = \frac{250}{7.2} = 34.72 \Omega$$

- הספק המקור.

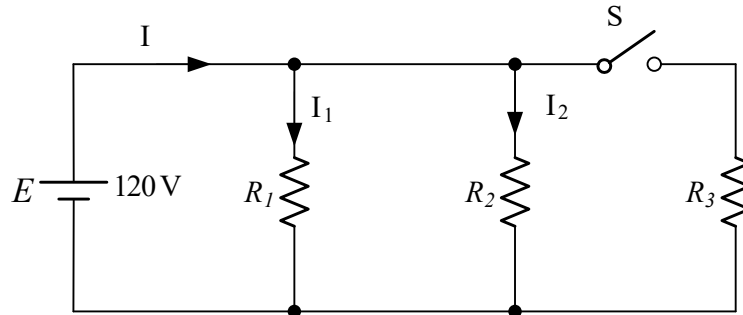
$$P_T [kW] = P_1 + P_2 + P_3 = 1.5 + 1.2 + 1.8 = 4.5 \text{ kW}$$

Or

$$P_T = E \cdot I_T = 250 \cdot 18 = 4500 \text{ W} = 4.5 \text{ kW}$$

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון מעגל חשמלי הכולל שלושה גופי חימום. המפסק S פתוח. הספק של גוף החימום R_1 הוא $P_1 = 600W$ והזרם דרך גוף חימום R_2 הוא $15A$.



איור לשאלה 6

- חשב את הזרם דרך גוף חימום R_1 .
- חשב את ההספק של גוף חימום R_2 .
- חשב את התנגדות של כל אחד מגופי החימום R_1 ו- R_2 .

סוגרים את המפסק S.

ד. האם הזרם הכולל במעגל, I יגדל, יקטן או ישאר ללא שינוי? נמק את תשובתך.

פתרון

א. הזרם דרך גוף חימום R_1 .

$$I_1 = \frac{P_1}{E} = \frac{600}{120} = 5 A$$

ב. הספק של גוף חימום R_2 .

$$P_2 = E \cdot I_2 = 120 \cdot 15 = 1800 W = 1.8 kW$$

ג. התנגדות של כל אחד מגופי החימום R_1 ו- R_2 .

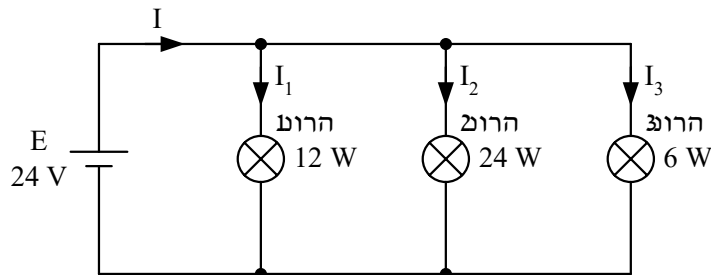
$$R_1 = \frac{E}{I_1} = \frac{120}{5} = 24 \Omega$$

$$R_2 = \frac{E}{I_2} = \frac{120}{15} = 8 \Omega$$

ד. לאחר סגירת המפסק S, הזרם הכולל במעגל - יגדל. הסיבה: נוסף צרכן במקביל.

שאלה 7

באיור לשאלה 7, נתון תרשים של מעגל חשמלי המשמש להזנת שלוש נורות להט. מתח העבודה הנקוב של כל אחת מן הנורות הוא $24V$, והספק הצריכה של כל נורה הוא כמצוין בסרטוט. השב על סעיפים א' – ב' בהנחה שכל הנורות פועלות בהספק צריכה מלא.



איור לשאלה 7

- חשב את הזרם העובר בכל נורה.
- חשב את הספק מקור המתח.
- נורה 2 נשרפה, חשב את ההתנגדות הכוללת של המעגל.

פתרון

א. הזרם העובר בכל נורה

$$I_1 = 0.5 A ; I_2 = 1 A ; I_3 = 0.25 A$$

ב. הספק מקור המתח

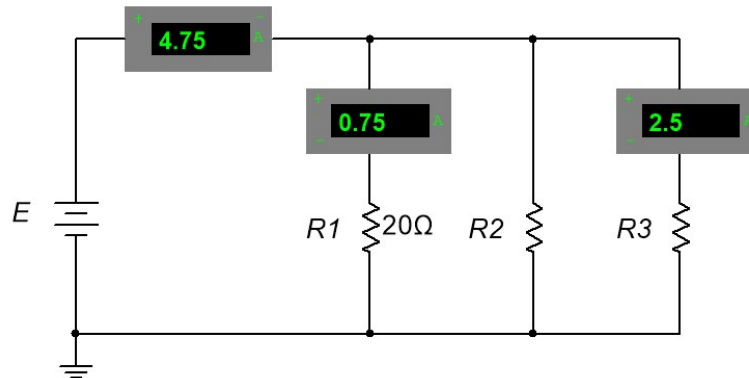
$$P_E = 42 W$$

ג. התנגדות שקולה לאחר שנורה 2 נשרפה.

$$R_T = 32 \Omega$$

שאלה 8

באיור לשאלה 8 מתואר מעגל חשמלי, הכולל שלושה מדי-זרם. תוצאות המדידה מתוארות באיור.



איור לשאלה 8

- חשב את ערכי ההתנגדויות R_2 ו- R_3 .
- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- חשב את ההספק שמספק מקור המתח.

פתרון

- חישוב ערכי ההתנגדויות R_2 ו- R_3 .

$$E = R_1 \cdot I_1 = 20 \cdot 0.75 = 15V$$

$$R_3 = \frac{E}{I_3} = \frac{15}{2.5} = 6\Omega$$

$$I_2 = I_T - I_1 - I_3 = 4.75 - 0.75 - 2.5 = 1.5A$$

$$R_2 = \frac{E}{I_2} = \frac{15}{1.5} = 10\Omega$$

- חישוב ההתנגדות השקולה של המעגל.

$$R_T = \frac{E}{I_T} = \frac{15}{4.75} = 3.158\Omega$$

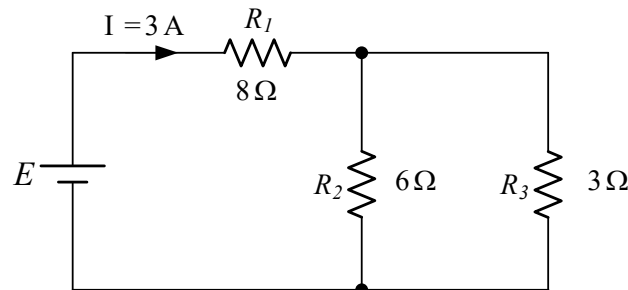
- חישוב ההספק שמספק מקור המתח.

$$P_E = E \cdot I_T = 15 \cdot 4.75 = 71.25W$$

מעגלים מעורבים

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון תרשים חשמלי של מעגל חשמלי.



איור לשאלה 1

- חשב את התנגדות השקולה של המעגל.
- חשב את מתח המקור E.
- חשב את הזרם העובר בנגד R_2 .
- חשב את ההספק הנצרך על-ידי הנגד R_3 .

פתרון

- התנגדות השקולה של המעגל.

$$R_T = R_1 + R_2 \parallel R_3$$

$$R_T = 8 + 6 \parallel 3 = 10 \Omega$$

- מתח המקור E.

$$E = I \cdot R_T = 3 \cdot 10 = 30 V$$

- הזרם העובר בנגד R_2 .

$$I_{R_2} = I \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 3 \cdot \frac{3}{6 + 3} = 1 A$$

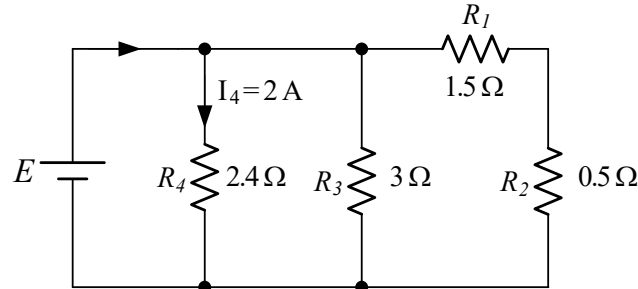
- ההספק הנצרך על-ידי הנגד R_3 .

$$I_{R_3} = I \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 3 \cdot \frac{6}{6 + 3} = 2 A$$

$$P_{R_3} = I_{R_3}^2 \cdot R_3 = 2^2 \cdot 3 = 12 W$$

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מתואר מעגל חשמלי.



איור לשאלה 2

- א. חשב את מתח המקור E.
- ב. חשב את הזרם בכל אחד מהנגדים ואת הזרם הכולל I במעגל.
- ג. חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.

פתרון

א. מתח המקור E.

$$E = I_4 \cdot R_4 = 2 \cdot 2.4 = 4.8V$$

ב. הזרם בכל אחד מהנגדים ואת הזרם הכולל I במעגל.

$$I_{R_3} = \frac{E}{R_3} = \frac{4.8}{3} = 1.6 A$$

$$I_{R_1} = I_{R_2} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{4.8}{0.5 + 1.5} = 2.4 A$$

ג. התנגדות שקולה של המעגל.

$$I_T = I_{R_{1,2}} + I_{R_3} + I_{R_4} = 2.4 + 1.6 + 2 = 6 A$$

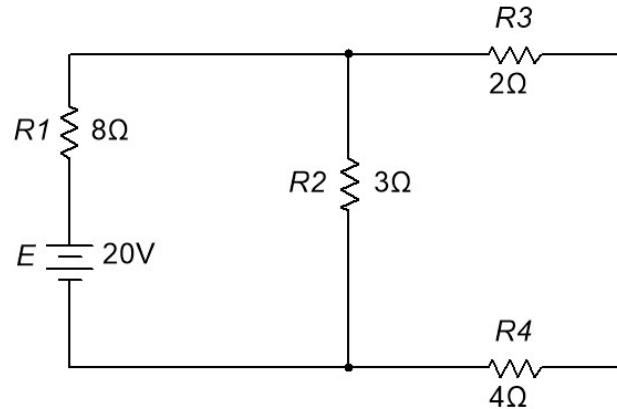
$$R_T = \frac{E}{I_T} = \frac{4.8}{6} = 0.8 \Omega$$

Or

$$R_T = (R_1 + R_2) \parallel R_3 \parallel R_4 = 2 \parallel 3 \parallel 2.4 = 0.8 \Omega$$

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון תרשים חשמלי של מעגל חשמלי.



איור לשאלה 3

- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- חשב את הזרם העובר בנגד R_2 .
- חשב את המתח על הנגד R_3 .

פתרון

א. התנגדות השקולה של המעגל.

$$R_T = R_1 + [R_2 \parallel (R_3 + R_4)]$$

$$R_T = 8 + [3 \parallel (2 + 4)] = 10 \Omega$$

ב. הזרם העובר בנגד R_2 .

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{20}{10} = 2 A, \quad U_{R_1} = I_T \cdot R_1 = 2 \cdot 8 = 16 V$$

$$U_{R_2} = E - U_{R_1} = 20 - 16 = 4 V, \quad I_{R_2} = \frac{U_{R_2}}{R_2} = \frac{4}{3} = 1.33 A$$

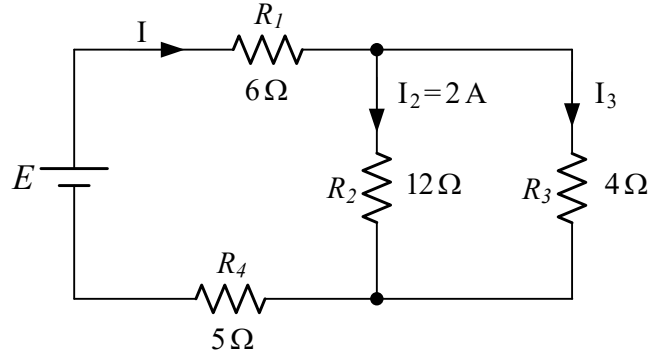
ג. המתח על הנגד R_3 .

$$I_{R_3} = I_T - I_{R_2} = 2 - 1.333 = 0.667 A$$

$$U_{R_3} = I_{R_3} \cdot R_3 = 0.667 \cdot 4 = 2.667 V$$

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון תרשים חשמלי של מעגל חשמלי.

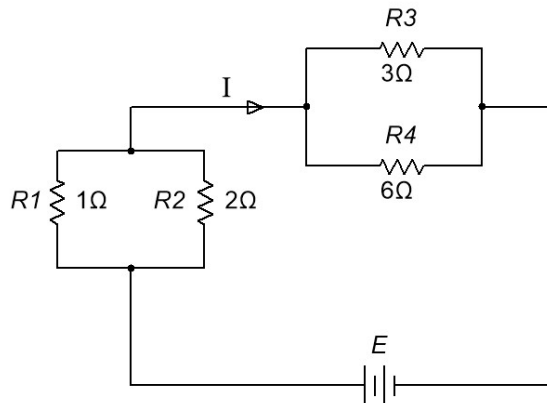


איור לשאלה 4

- חשב את הזרם I .
- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- חשב את מתח המקור E .
- חשב את ההספק הנצרך על-ידי הנגד R_3 .

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתואר מעגל חשמלי. הזרם הכללי במעגל הוא $I = 3A$.

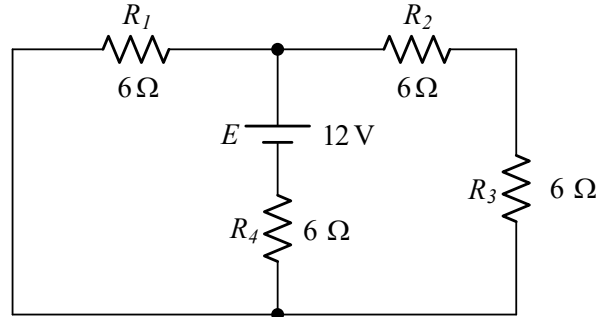


איור לשאלה 5

- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- חשב את הזרם בנגד R_1 ואת הזרם בנגד R_4 .
- חשב את מתח המקור E .

שאלה 6

באיור לשאלה 6 מתואר מעגל חשמלי.

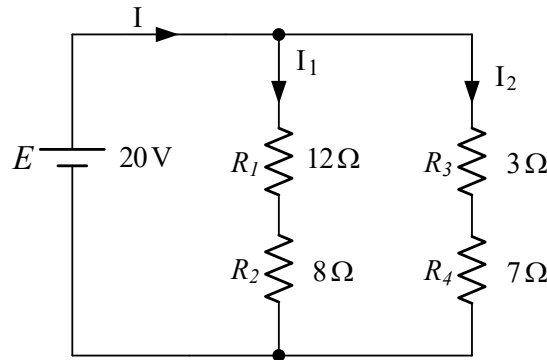


איור לשאלה 6

- א. חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- ב. חשב את הזרם בנגד R_1 ואת הזרם בנגד R_2 .
- ג. חשב את המתח על הנגד R_4 .

שאלה 7

באיור לשאלה 7 מתואר מעגל חשמלי.

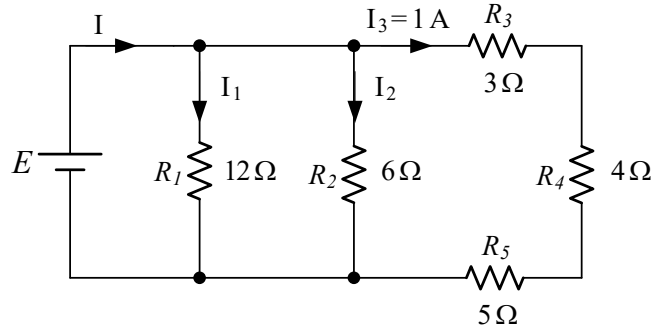


איור לשאלה 7

- א. חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- ב. חשב את הזרם I_1 , את הזרם I_2 ואת הזרם הכולל I .
- ג. מחליפים את הנגד R_2 בנגד שהתנגדותו גדולה יותר. האם עצמת הזרם I תגדל או תקטן? נמק את תשובתך.

שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתון מעגל חשמלי.

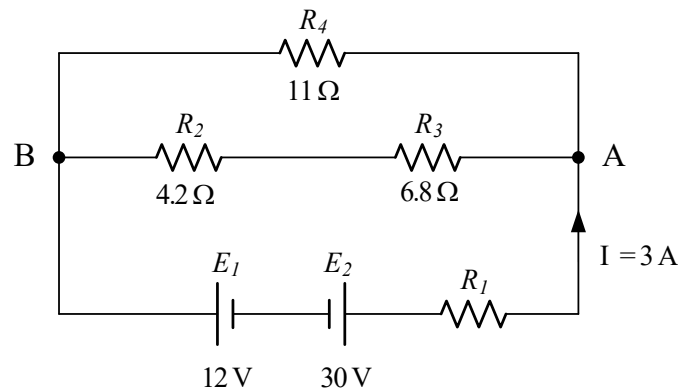


איור לשאלה 8

- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- חשב את מתח המקור E.
- חשב את הזרם I_1 , את הזרם I_2 .
- חשב את ההספק על הנגד R_4 .

שאלה 9

באיור לשאלה 9 נתון מעגל חשמלי. הזרם הכללי במעגל הוא $I = 3A$.

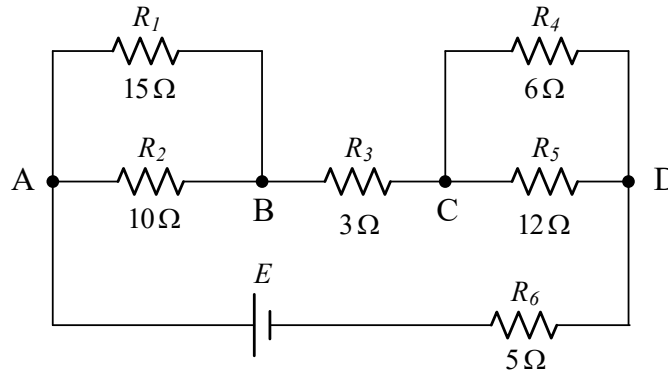


איור לשאלה 9

- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- חשב את ההתנגדות של הנגד R_1 .
- חשב את הזרם בנגד R_4 , וציין את כיוונו (מנקודה A ל-B או בכיוון ההפוך).
- חשב את ההספק בנגד R_3 .

שאלה 10

באיור לשאלה 10 נתון מעגל חשמלי.

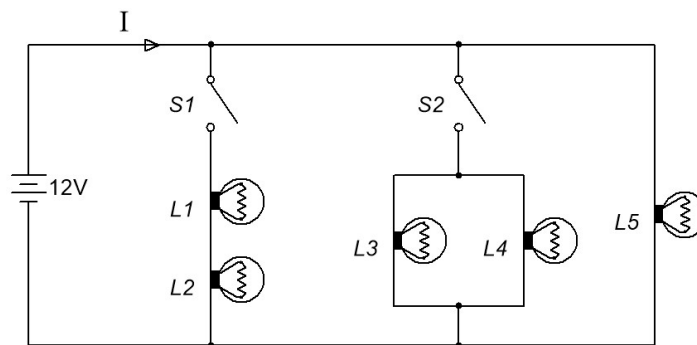


איור לשאלה 10

- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- חשב את הזרם העובר בנגד R_3 ואת הזרם בנגד R_2 .
- חשב את המתח בין הנקודות C ו-D במעגל.
- חשב את ההספק על הנגד R_6 .

שאלה 11

באיור לשאלה 11 מתואר מערך להדלקת נורות. ההספק של כל נורה במתח עבודה של 12 V הוא 3 W. ההתנגדות של כל נורה קבועה.

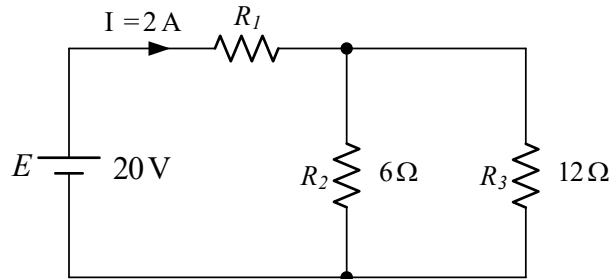


איור לשאלה 11

- חשב את הזרם I במעגל כאשר המפסקים S_1 ו- S_2 פתוחים.
- סוגרים את שני המפסקים. חשב את הזרם דרך כל אחד מהמפסקים ואת הזרם I.

שאלה 12

באיור לשאלה 12 נתון מעגל חשמלי. הזרם הכללי במעגל הוא $I = 2A$.

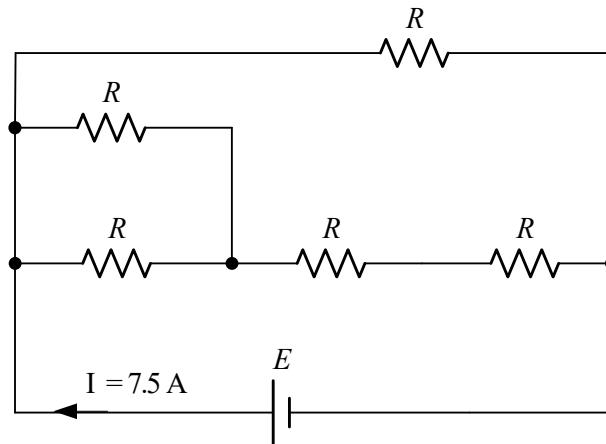


איור לשאלה 12

- חשב את ההתנגדות של הנגד R_1 .
- חשב את הזרם דרך הנגד R_2 .
- חשב את ההספק בנגד R_3 .

שאלה 13

באיור לשאלה 13 נתון מעגל חשמלי הכולל חמישה נגדים השווים בערכם. ערכו של כל נגד הוא $14\ \Omega$. הזרם הכללי במעגל הוא $I = 7.5A$.



איור לשאלה 13

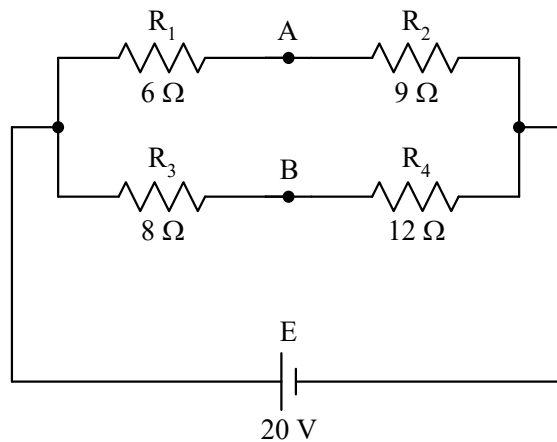
- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- חשב את מתח המקור E.
- חשב את הזרם דרך הנגד R_5 .
- חשב את ההספק בנגד R_3 .

שאלה 14

- תנור חימום מכיל שני גופי חימום זהים, בעלי התנגדות R . אפשר להפעילו בשלוש דרגות חום שונות, הנקבעות על-פי מספר גופי החימום המופעלים ואופן החיבור ביניהם כמפורט:
- דרגת חום I – מופעלים שני גופי החימום, ומחוברים ביניהם בטור.
 - דרגת חום II – מופעל גוף חימום אחד בלבד.
 - דרגת חום III – מופעלים שני גופי החימום, ומחוברים ביניהם במקביל.
- תנור החימום מוזן ממתח של $220V$, והספקו המירבי הוא $4.4kW$.
- א. באיזו מבין דרגות החום מתקבל ההספק המרבי של התנור? נמק את תשובתך.
 - ב. חשב את ההתנגדות של גוף חימום אחד.
 - ג. חשב את הספק התנור בדרגת חום I.

שאלה 15

באיור לשאלה 15, נתון תרשים של מעגל חשמלי.

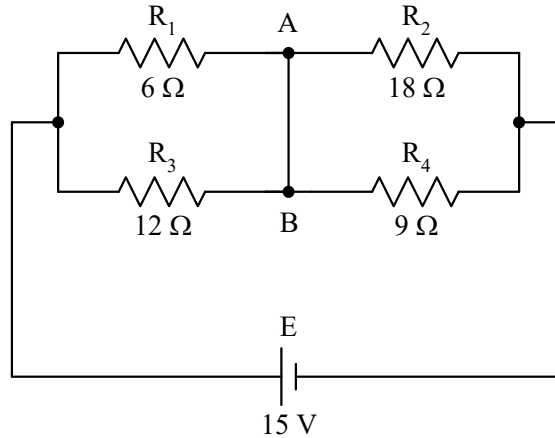


איור לשאלה 15

- א. חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- ב. חשב את הזרם העובר דרך הנגד R_4 .
- ג. חשב את המתח בין הנקודות A ו-B שבאיור.

שאלה 16 *

באיור לשאלה 16, נתון תרשים של מעגל חשמלי.

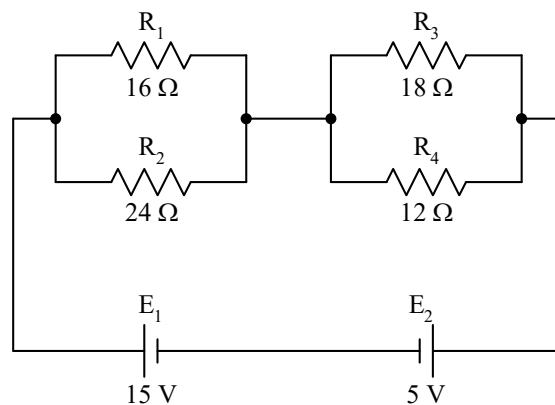


איור לשאלה 16

- א. חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- ב. חשב את המתח על הנגד R_4 .
- ג. חשב את עצמתו של הזרם הזורם בין הנקודות A ו-B שבאיור, וסמן את כיוונו.

שאלה 17

באיור לשאלה 17, נתון תרשים של מעגל חשמלי.

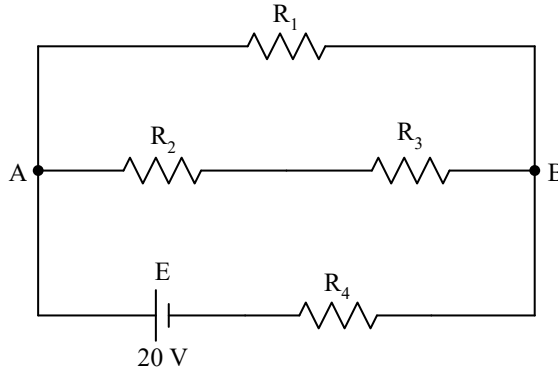


איור לשאלה 17

- א. חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- ב. חשב את הזרם העובר דרך הנגד R_4 .
- ג. הראה על-ידי חישוב, כי ההספק הכולל המסופק על ידי המקורות שווה לסכום ההספקים הנצרכים על-ידי הצרכנים במעגל

שאלה 18 *

באיור לשאלה 18, נתון תרשים של מעגל חשמלי



איור לשאלה 18

הספקי הצריכה של נגדי המעגל R_1 , R_2 , R_3 , R_4 הם בהתאמה:

$$P_1 = 10 \text{ mW}, \quad P_2 = 4 \text{ mW}, \quad P_3 = 16 \text{ mW}, \quad P_4 = 20 \text{ mW}$$

- מצא את ההספק המסופק על-ידי מקור המתח, וחשב את הזרם העובר דרך R_4 .
- חשב את המתח בין הנקודות $A - B$, ואת הזרם העובר דרך הנגד R_1 .
- חשב את ערכי הנגדים R_2, R_4 .

שאלה 19

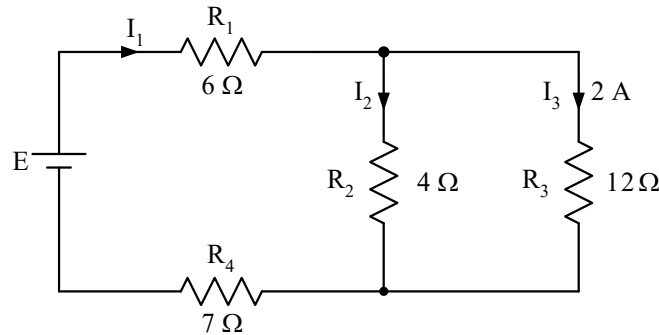
באיור לשאלה 19, נתון תרשים של מעגל חשמלי, שבו נמדד מתח $5V$ על-פני הנגד R_1 .

איור לשאלה 19

- חשב את המתח בין הנקודות $A - B$.
- חשב את הזרם I_3 .
- הראה על-ידי חישוב, כי ההספק הכולל של מקורות המתח שווה לסכום ההספקים הנצרכים על-ידי הנגדים במעגל.

שאלה 20

באיור לשאלה 20, נתון תרשים של מעגל חשמלי.



איור לשאלה 20

א. חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.

ב. חשב את הזרם I_1

ג. חשב את מתח המקור האידיאלי E.

שאלה *21

באיור לשאלה 21, נתונים ארבעה תרשימי מעגלים.

בכל המעגלים, ההתנגדויות זהות ושוות ל- 120Ω , ומתח המקור שווה ל- $30V$

מעגל ב'

מעגל א'

מעגל ד'

מעגל ג'

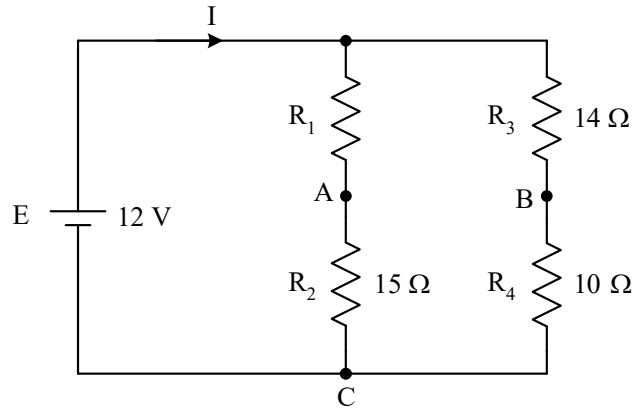
א. באיזה מבין המעגלים כל הנגדים צורכים את אותו ההספק. נמק את תשובתך.

ב. חשב את ההתנגדות השקולה בכל אחד מן המעגלים.

ג. מצא, איזה מבין המעגלים הבאים, צורך את ההספק הגבוה ביותר, וחשב את ערכו.

שאלה 22

באיור לשאלה 22, נתון תרשים של מעגל חשמלי הכולל מקור מתח אידיאלי. נתון כי: $V_{AC} = V_{BC}$

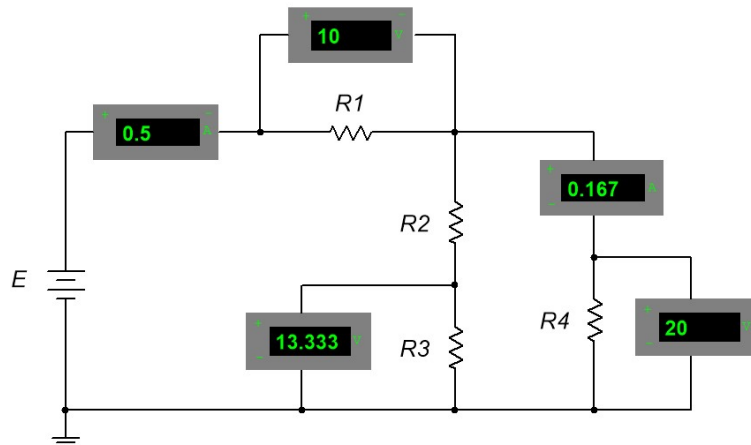


איור לשאלה 22

- א. חשב את המתח על הנגד R_3
- ב. חשב את ההתנגדות של הנגד R_1 .
- ג. חשב את הזרם הכללי, I , במעגל.

שאלה 23

באיור לשאלה 23 מתואר מעגל חשמלי, הכולל מכשירי מדידה. תוצאות המדידה מתוארות באיור.



איור לשאלה 23

- א. חשב את ערכי הנגדים הנתונים במעגל R_1, R_2, R_3 ו- R_4 .
- ב. חשב את מתח המקור, E .

מעגלים מעורבים: תשובות סופיות 4 - 22

מספר שאלה	תשובות סופיות
4	<p>א. $I = 8 A$</p> <p>ב. $R_T = 14 \Omega$</p> <p>ג. $E = 112 V$</p> <p>ד. $P_{R_3} = 144 W$</p>
5	<p>א. $R_T = 2.667 \Omega$</p> <p>ב. $I_{R_4} = 1 A, I_{R_1} = 2 A$</p> <p>ג. $E = 8 V$</p>
6	<p>א. $R_T = 10 \Omega$</p> <p>ב. $I_{R_1} = 0.8 A$</p> <p>ג. $I_{R_4} = 0.4 A$</p> <p>ד. $U_{R_4} = 7.2 V$</p>
7	<p>א. $R_T = 6.667 \Omega$</p> <p>ב. $I_T = 3 A, I_1 = 1 A, I_2 = 2 A$</p> <p>ג. אם מגדילים את הנגד R_2 בנגד שהתנגדותו גדולה יותר, אז ההתנגדות השקולה גדלה ולכן עצמת הזרם הכללי קטן.</p>
8	<p>א. $R_T = 3 \Omega$</p> <p>ב. $E = 12 V$</p> <p>ג. $I_1 = 1 A, I_2 = 2 A$</p> <p>ד. $P_{R_4} = 4 W$</p>
9	<p>א. $R_T = 6 \Omega$</p> <p>ב. $R_1 = 0.5 \Omega$</p>



	<p>ג. $I_{R_4} = 1.5 A$ כיוון הזרם מנקודה A ל- B.</p> <p>ד. $P_{R_3} = 15.3 W$</p>	
10	<p>א. $R_T = 18 \Omega$</p> <p>ב. $I_{R_3} = 2.5 A$, $I_{R_2} = 1.5 A$</p> <p>ג. $U_{CD} = 10 V$</p> <p>ד. $P_{R_6} = 31.25 W$</p>	
11	<p>א. מפסקים פתוחים: $I = 0.25 A$</p> <p>ב. מפסקים סגורים:</p> <p>זרם דרך המפסקים $I_{S1} = 0.125 A$, $I_{S2} = 0.5 A$</p> <p>זרם כללי: $I_T = 0.875 A$</p>	
12	<p>א. $R_1 = 6 \Omega$</p> <p>ב. $I_{R_2} = 1.33 A$</p> <p>ג. $P_{R_3} = 5.33 W$</p>	
13	<p>א. $R_T = 10 \Omega$</p> <p>ב. $E = 75 V$</p> <p>ג. $I_{R_5} = 5.357 A$</p> <p>ד. $P_{R_3} = 34.44 W$</p>	
14	<p>א. בחיבור מקבילי, מתקבל ההספק המרבי. המתח קבוע וההתנגדות הכי נמוכה.</p> <p>ב. $R = 22 \Omega$</p> <p>ג. $P = 1.1 kW$</p>	
15	<p>א. $R_T = 8.57 \Omega$</p> <p>ב. $I_{R_4} = 1 A$</p> <p>ג. $U_{AB} = 0 V$</p>	



א. $R_T = 10 \Omega$	16
ב. $U_{R_4} = 9V$	
ג. $I_{AB} = 0.5 A$ (הכיוון מ- A ל- B)	
א. $R_T = 24 \Omega$	17
ב. $I_{R_4} = 0.3 A$	
ג. $P_{R_1} = 1.44W, P_{R_2} = 0.96W, P_{R_3} = 2.16W, P_{R_4} = 1.44W$	
$P_{E_1} = 7.5W, P_{E_2} = -1.5W$	
$P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_3} + P_{R_4} = P_{E_1} + P_{E_2}$	
א. $I_{R_4} = 2.5mA, P_E = 50mW$	18
ב. $I_{R_1} = 0.833mA, U_{AB} = 12V$	
ג. $R_2 = 1.44k\Omega, R_4 = 3.2k\Omega$	
א. $U_{AB} = 2.5V$	19
ב. $I_3 = 0.075 A$	
ג. $P_{R_1} = 0.625W, P_{R_2} = 0.125W, P_{R_3} = 0.1875W$	
$P_{R_4} = 0.9375W, P_E = 1.875W$	
$P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_3} + P_{R_4} = P_E$	
א. $R_T = 16 \Omega$	20
ב. $I_1 = 8 A$	
ג. $E = 128V$	
א. מעגל א - מעגל מקבילי מתחים והתנגדויות שוות. מעגל ב' - מעגל טורי זרמים והתנגדויות שוות.	21
ב. $R_{T()} = 40 \Omega, R_{T(2)} = 360 \Omega, R_{T(3)} = 80 \Omega, R_{T(7)} = 180 \Omega$	
ג. מעגל א' - צורך את ההספק הגבוה ביותר - $P = 22.5W$	
א. $U_{R_3} = 7V$	22



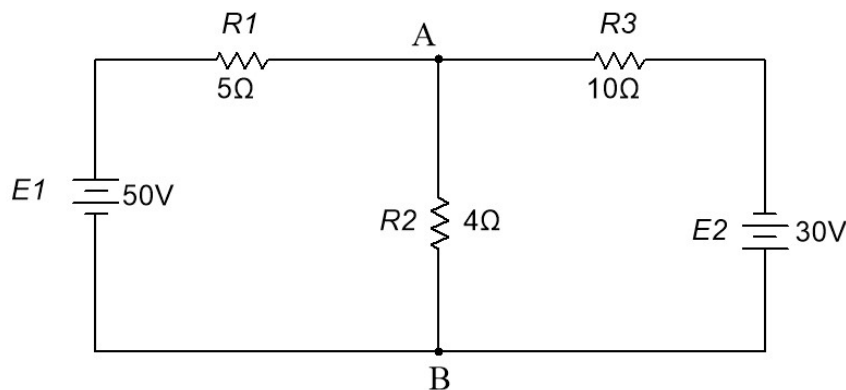
	ב. $R_1 = 21\Omega$	
	ג. $I = 0.833 A$	
	א. $R_1 = 20\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 40\Omega, R_4 = 120\Omega$	23
	ב. $E = 30V$	
	$R_T = 60\Omega,$	

שיטות לפתרון מעגלים

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי.

כמו כן, נתון כי $U_{AB} = 12.727 \text{ V}$



איור לשאלה 1

- חשב את הזרם דרך הנגד R_2 .
- חשב את המתח על הנגד R_1 .
- חשב את הזרם דרך הנגד R_3 .

פתרון

א. הזרם דרך הנגד R_2

$$U_{R_2} = U_{AB} = 12.727 \text{ V}$$

$$I_{R_2} = \frac{U_{R_2}}{R_2} = \frac{12.727}{4} = 3.182 \text{ A}$$

ב. נשתמש בחוק המתחים של קירכהוף ונמצא את המתח על הנגד R_1 .

$$U_{R_1} = E - U_{AB} = 50 - 12.727 = 37.273 \text{ V}$$

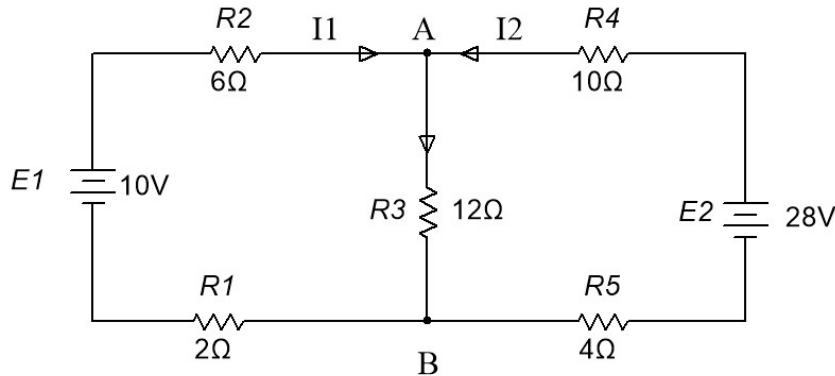
ג. חישוב הזרם דרך הנגד R_3 .

$$U_{R_3} = U_{AB} + E_2 = 12.727 + 30 = 42.727 \text{ V}$$

$$I_{R_3} = \frac{U_{R_3}}{R_3} = \frac{42.727}{10} = 4.273 \text{ A}$$

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון מעגל חשמלי.



איור לשאלה 2

- א. חשב את הזרמים I_1 ו- I_2 .
 ב. חשב את ההספק הנצרך על-ידי הנגד R_3 .

פתרון

א. את פתרון שאלה זו נבצע באמצעות שיטת זרמי חוגים.

$$\begin{cases} (R_1 + R_2 + R_3) \cdot I_1 + R_3 \cdot I_2 = E_1 \\ R_3 \cdot I_1 + (R_3 + R_4 + R_5) \cdot I_2 = E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (2 + 6 + 12) \cdot I_1 + 12 \cdot I_2 = 10 \\ 12 \cdot I_1 + (12 + 10 + 4) \cdot I_2 = 28 \end{cases}$$

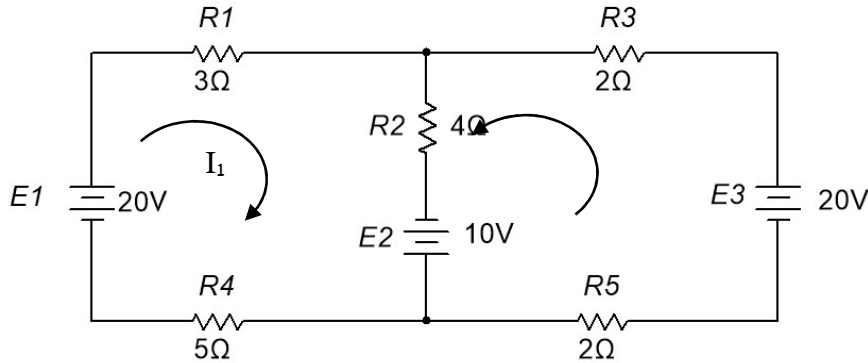
$$\begin{cases} 20 \cdot I_1 + 12 \cdot I_2 = 10 \\ 12 \cdot I_1 + 26 \cdot I_2 = 28 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = -0.202 \text{ A} \\ I_2 = 1.17 \text{ A} \end{cases} \quad I_{R_2} = I_1 + I_2 = 0.968 \text{ A}$$

ב. ההספק הנצרך על-ידי הנגד R_3 הוא:

$$P_{R_2} = I_{R_2}^2 \cdot R_2 = (0.968)^2 \cdot 12 = 11.24 \text{ W}$$

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי.



איור לשאלה 3

- א. חשב את הזרמים I_1 ו- I_2 .
 ב. חשב את המתח על הנגד R_2 .
 ג. חשב את הספק מקור המתח E_1 .

פתרון

א. את פתרון שאלה זו נבצע באמצעות שיטת זרמי חוגים.

$$\begin{cases} (R_1 + R_4 + R_2) \cdot I_1 + R_2 \cdot I_2 = E_1 + E_2 \\ R_2 \cdot I_1 + (R_2 + R_5 + R_6) \cdot I_2 = E_2 + E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (3 + 5 + 4) \cdot I_1 + 4 \cdot I_2 = 20 + 10 \\ 4 \cdot I_1 + (4 + 2 + 2) \cdot I_2 = 10 + 20 \end{cases}$$

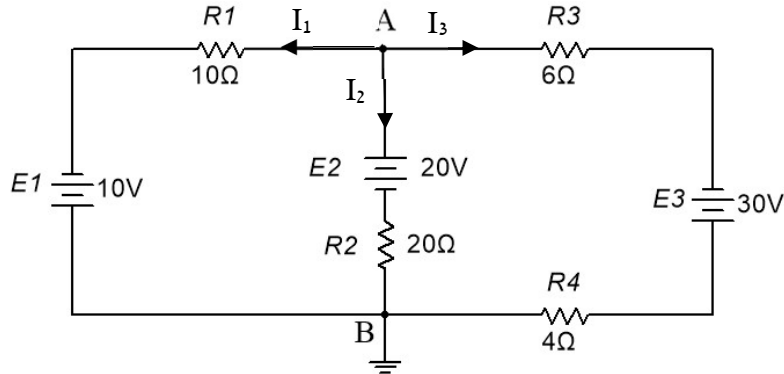
$$\begin{cases} 12 \cdot I_1 + 4 \cdot I_2 = 30 \\ 4 \cdot I_1 + 8 \cdot I_2 = 30 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 1.5 A \\ I_2 = 3 A \end{cases} \quad I_{R_2} = I_1 + I_2 = 4.5 A$$

ב. המתח על הנגד R_2 הוא: $U_{R_2} = I_{R_2} \cdot R_2 = 4.5 \cdot 4 = 18V$

ג. הספק מקור המתח E_1 : $P_{E_1} = I_1 \cdot E_1 = 20 \cdot 1.5 = 30W$

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון מעגל חשמלי.



איור לשאלה 4

- א. חשב את המתח בין הנקודות A ו-B.
 ב. חשב את הזרם בכל אחד מענפי המעגל.

פתרון

את פתרון שאלה זו נבצע באמצעות שיטת מתחי צמתים. צומת B הוא צומת הייחוס, כלומר $U_B = 0 V$.

$$I_1 = \frac{U_A + E_1}{R_1} = \frac{U_A + 10}{10} \quad ; \quad I_3 = \frac{U_A + E_3}{R_3 + R_4} = \frac{U_A + 30}{6 + 4} = \frac{U_A + 30}{10}$$

$$I_2 = \frac{U_A - E_2}{R_2} = \frac{U_A - 20}{20} \quad ; \quad I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$\frac{U_A + 10}{10} + \frac{U_A - 20}{20} + \frac{U_A + 30}{10} = 0$$

א. מפתרון המשוואה מקבלים: $U_A = -12V$

ב. חישוב זרמי הענפים לפי הכיוון המסומן באיור לשאלה.

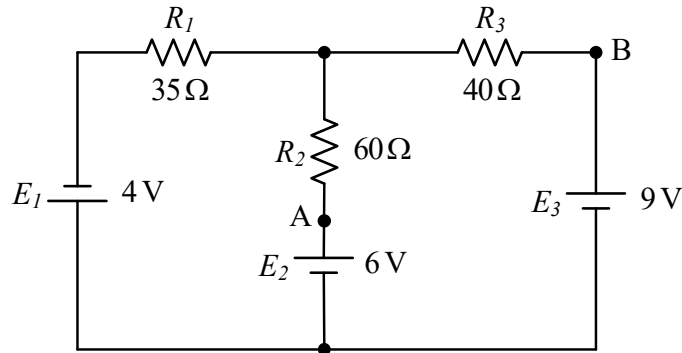
$$I_1 = \frac{U_A + 10}{10} = \frac{-12 + 10}{10} = -0.2 A$$

$$I_2 = \frac{U_A - 20}{20} = \frac{-12 - 20}{20} = -1.6 A$$

$$I_3 = \frac{U_A + 30}{10} = \frac{-12 + 30}{10} = 1.8 A$$

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון מעגל חשמלי.



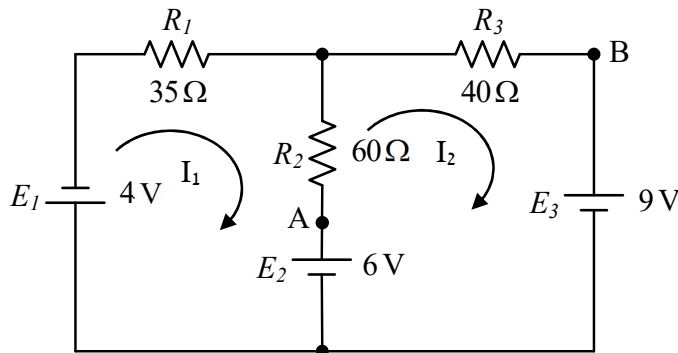
איור לשאלה 5

- א. חשב את הזרם בכל אחד מענפי המעגל.
- ב. חשב את המתח בין הנקודות A ו-B.
- ג. חשב את ההספק בנגד R_2 .

פתרון

את פתרון שאלה זו נבצע באמצעות שיטת זרמי חוגים.
 פתרון בשיטה הסטנדרטית.

א. נסמן במעגל את זרמי החוגים עם כיוון השעון כמתואר באיור



$$\begin{cases} (R_1 + R_2) \cdot I_1 - R_2 \cdot I_2 = -E_1 - E_2 \\ -R_2 \cdot I_1 + (R_2 + R_3) \cdot I_2 = E_2 - E_3 \end{cases}$$



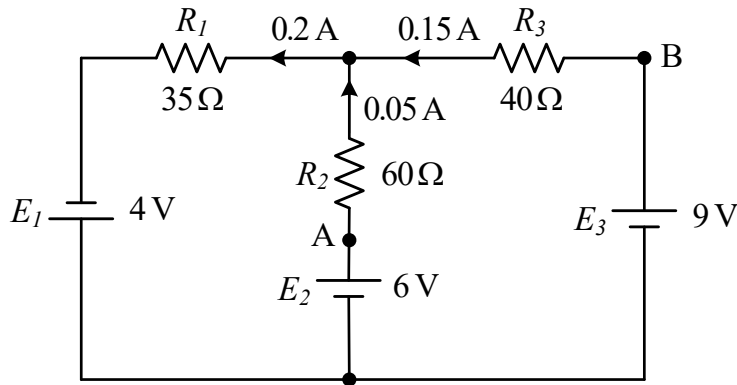
$$\begin{cases} (35 + 60) \cdot I_1 - 60 \cdot I_2 = -4 - 6 \\ -60 \cdot I_1 + (60 + 40) \cdot I_2 = 6 - 9 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 95 \cdot I_1 - 60 \cdot I_2 = -10 \\ -60 \cdot I_1 + 100 \cdot I_2 = -3 \end{cases}$$

מפתרון מערכת המשוואות מקבלים:

$$I_1 = -0.2 \text{ A} \quad I_2 = -0.15 \text{ A}$$

$$I_{R_2} = I_2 - I_1 = 0.05 \text{ A}$$



ב. חישוב המתח בין הנקודות A ו-B.

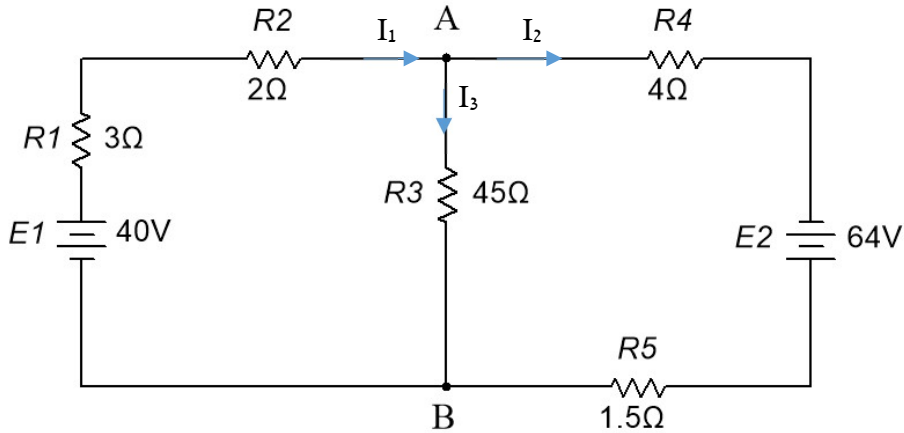
$$U_{BA} = E_3 - E_2 = 9 - 6 = 3 \text{ V}$$

ג. חישוב הספק בנגד R_2 .

$$P_{R_2} = I_{R_2}^2 \cdot R_2 = (0.05)^2 \cdot 60 = 0.15 \text{ W}$$

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון מעגל חשמלי.

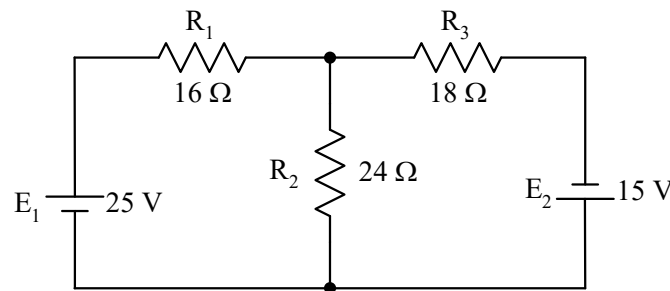


איור לשאלה 6

- א. חשב את הזרם בכל אחד מענפי המעגל.
- ב. חשב את המתח בין הנקודות A ו-B.
- ג. חשב את ההספק הכולל של המקורות.

שאלה 7

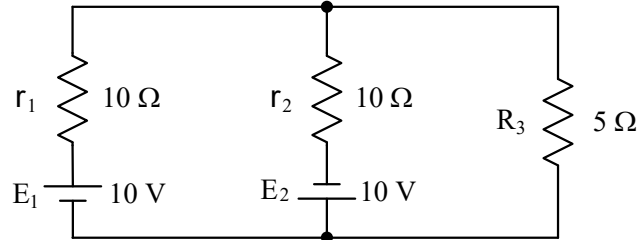
באיור לשאלה, נתון תרשים של מעגל חשמלי הכולל מקורות מתח אידיאליים.



- א. חשב את המתח על הנגד R_3
- ב. חשב את הזרם בנגד R_2
- ג. בחר חוג אחד מתוך המעגל, והדגם את חוק המתחים של קירכהוף

שאלה 8

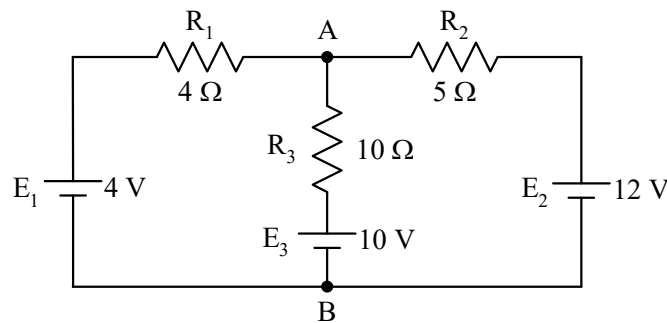
באיור לשאלה, נתון תרשים של מעגל חשמלי.



- א. חשב את המתח על הנגד R_3 .
- ב. חשב את הזרם דרך כל אחד ממקורות המתח.

שאלה 9

באיור לשאלה 9, נתון תרשים של מעגל חשמלי.

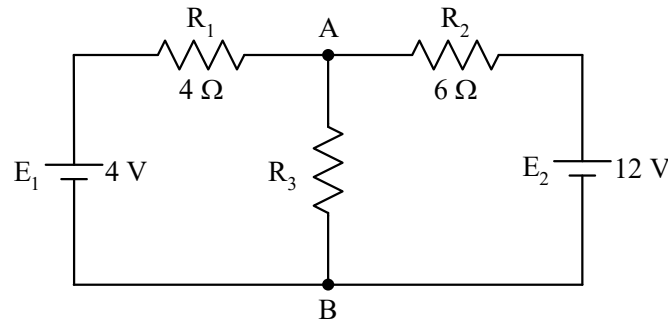


איור לשאלה 9

- א. חשב את המתח בין הנקודות $A - B$.
- ב. חשב את הזרם בנגד R_2 וציין את כיוונו.
- ג. בחר חוג אחד מתוך המעגל, והדגם את חוק המתחים של קירכהוף.

שאלה *10

באיור לשאלה 10, נתון תרשים של מעגל חשמלי.
 במעגל זה, נמדד מתח של $3.6V$ בין הנקודות $A - B$.

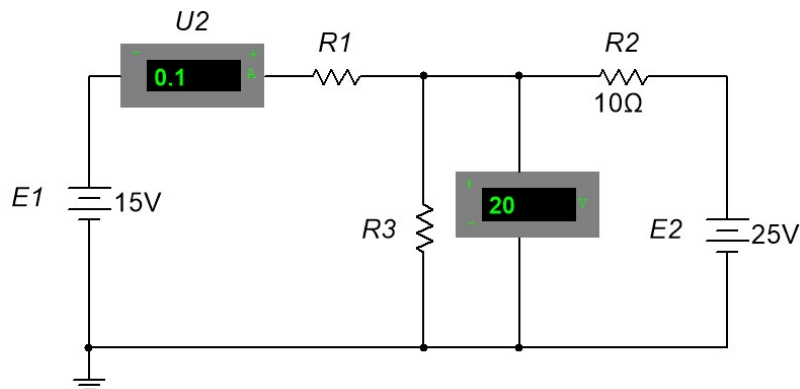


איור לשאלה 10

- חשב את הזרם בנגד R_1 , וציין את כיוונו.
- (1) חשב את הזרם בנגד R_3 , וציין את כיוונו.
 (2) חשב את הנגד R_3

שאלה *11

באיור לשאלה 11, נתון תרשים של מעגל חשמלי. קריאת מד המתח – $20V$.

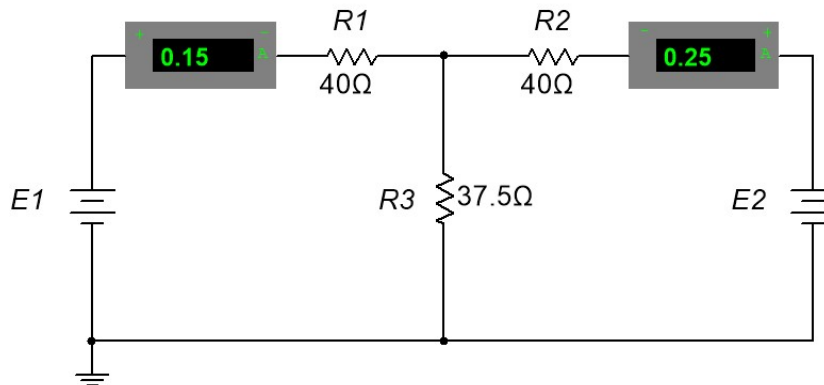


איור לשאלה 11

- חשב את המתח על הדקי הנגדים R_2 ו- R_3 וציין את קוטביותם.
- חשב את הזרמים בנגדים R_2 ו- R_3 .
- חשב את ערכי הנגדים R_2 ו- R_3 .

שאלה 12

באיור לשאלה 12, נתון תרשים של מעגל חשמלי, הכולל מכשירי מדידה. קריאות מדי-הזרם נתונים באיור.



איור לשאלה 12

- א. חשב את המתח על הנגד R_3 .
 ב. חשב את ערכם של מקורות המתח, E_1 ו- E_2 .

פתרון

א. המתח על הנגד R_3 .

נשתמש בחוק הזרמים של קירכהוף לחישוב הזרם דרך R_3 ולאחר מכן נחשב את המתח עליו.

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

$$I_{R_3} = 0.15 + 0.25 = 0.4 \text{ A}$$

$$U_{R_3} = I_{R_3} \cdot R_3 = 0.4 \cdot 37.5 = 15 \text{ V}$$

ב. חישוב ערכם של מקורות המתח, E_1 ו- E_2 .

$$E_1 = U_{R_1} + U_{R_3} = I_{R_1} \cdot R_1 + U_{R_3}$$

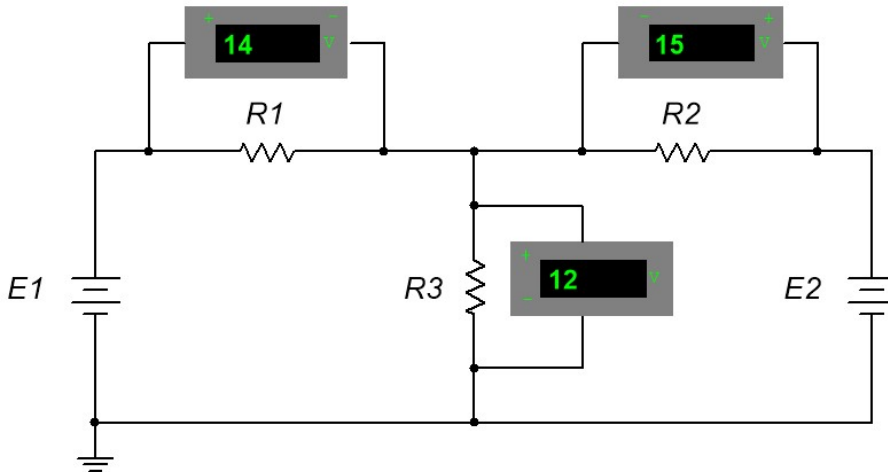
$$E_1 = 0.15 \cdot 40 + 15 = 21 \text{ V}$$

$$E_2 = U_{R_2} + U_{R_3} = I_{R_2} \cdot R_2 + U_{R_3}$$

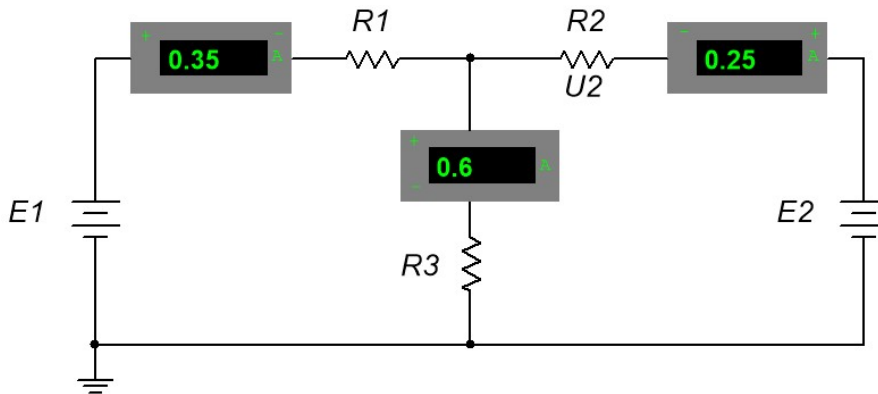
$$E_2 = 0.25 \cdot 40 + 15 = 25 \text{ V}$$

שאלה *13

באיור לשאלה 13, נתון תרשים של מעגל חשמלי.
 באיור א' – חיברו מדי מתח למדידת המתחים על נגדי המעגל.
 באיור ב' – חיברו מדי זרם למדידת זרם בכל אחד מענפי המעגל.



איור א' לשאלה 13



איור ב' לשאלה 13

- א. חשב את ערכם של מקורות המתח, E_1 ו- E_2 .
 ב. חשב את ערכם של נגדי המעגל.



שיטות לפתרון מעגלים: תשובות סופיות שאלות 6 - 13

מספר שאלה	תשובות סופיות
6	<p>א. $I_1 = 9.8 A, I_2 = 10 A, I_3 = -0.2 A$ הערה: הזרם I_3 זורם בכיוון הפוך למסומן באיור.</p> <p>ב. $U_{AB} = -9V$</p> <p>ג. $P_{E_1} = 392W, P_{E_2} = 640W$ $P_{E_1} + P_{E_2} = 1032W$</p>
7	<p>א. $U_{R_3} = 19.6V$</p> <p>ב. $I_{R_2} = 0.19 A$</p> <p>ג. למשל, עבור החוג השמאלי: $U_{R_1} = 20.44V, U_{R_2} = 4.56V$ $E_1 - U_{R_1} - U_{R_2} = 0$</p>
8	<p>א. $U_{R_3} = 0V$</p> <p>ב. $I_{E_1} = 1 A; I_{E_2} = 1 A$</p>
9	<p>א. $U_{AB} = 8V$</p> <p>ב. $I_{R_2} = 0.8 A$ וכיוונו שמאלה</p> <p>ג. למשל, עבור החוג השמאלי: $U_{R_1} = 4V, U_{R_3} = 2V$ $E_1 + U_{R_1} + U_{R_3} - E_3 = 0$</p>
10	<p>א. $I_{R_1} = 0.1 A$</p> <p>ב. $I_{R_3} = 1.5 A$ (1) $R_3 = 2.4 \Omega$ (2)</p> <p>ג. $U_{AB} = 7.2V$</p>

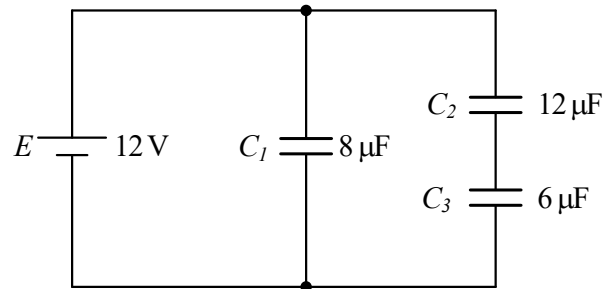


<p style="text-align: right;">$U_{R_1} = 5V, U_{R_2} = 5V$ א.</p> <p style="text-align: center;">ב. תוצאות הזרמים וערכי הנגדים מופיעים באיור</p>	*11
<p style="text-align: center;">התוצאות מופיעות באיור</p>	*13

אלקטרוסטטיקה וקיבול

שאלה 1

באיור לשאלה 1, נתון מעגל חשמלי לזרם ישר



איור לשאלה 1

- חשב את הקיבול השקול של המעגל.
- חשב את המטען של הקבל C_3 .
- חשב את המתח על הקבל C_2 .

פתרון

א. חישוב הקיבול השקול של המעגל:

$$C_{23} = \frac{C_2 \cdot C_3}{C_2 + C_3} = \frac{12 \cdot 6}{12 + 6} = 4 \mu F$$

$$C_T = C_1 + C_{23} = 8 + 4 = 12 \mu F$$

ב. חישוב המטען בקבל C_3 .

$$Q_T = C_T \cdot E = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 12 = 144 \mu C$$

$$Q_1 = C_1 \cdot E = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 12 = 96 \mu C$$

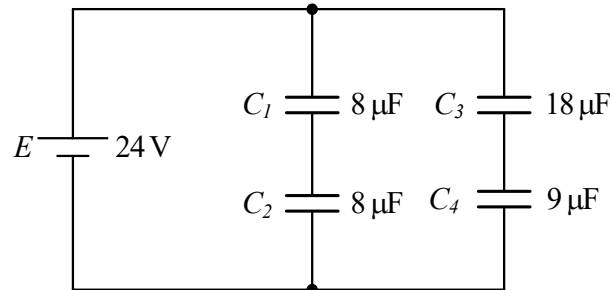
$$Q_2 = Q_3 = Q_{23} = Q_T - Q_1 = 144 \cdot 10^{-6} - 96 \cdot 10^{-6} = 48 \mu C$$

ג. חישוב המתח על הקבל C_2 .

$$U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{48 \cdot 10^{-6}}{12 \cdot 10^{-6}} = 4 V$$

שאלה 2

באיור לשאלה 2, נתון מעגל חשמלי לזרם ישר



איור לשאלה 2

- חשב את הקיבול השקול של המעגל.
- חשב את המטען של הקבל C_4 .
- חשב את המתח על הקבל C_2 .

פתרון

א. חישוב הקיבול השקול של המעגל:

$$C_{34} = \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} = \frac{18 \cdot 9}{18 + 9} = 6 \mu F$$

$$C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{8 \cdot 8}{8 + 8} = 4 \mu F$$

$$C_T = C_{12} + C_{34} = 4 \cdot 10^{-6} + 6 \cdot 10^{-6} = 10 \mu F$$

עבור N קבלים זהים המחוברים בטור, ניתן לחשב את הקיבול השקול באמצעות

$$C_{12} = \frac{C_1}{2} = \frac{8 \cdot 10^{-6}}{2} = 4 \mu F \text{ ובמקרה שלנו } C_{eq} = \frac{C}{N}$$

ב. חישוב המטען בקבל C_4 .

$$Q_3 = Q_4 = Q_{34} = C_{34} \cdot E = 6 \cdot 10^{-6} \cdot 24 =$$

$$Q_4 = 144 \cdot 10^{-6} = 144 \mu C$$

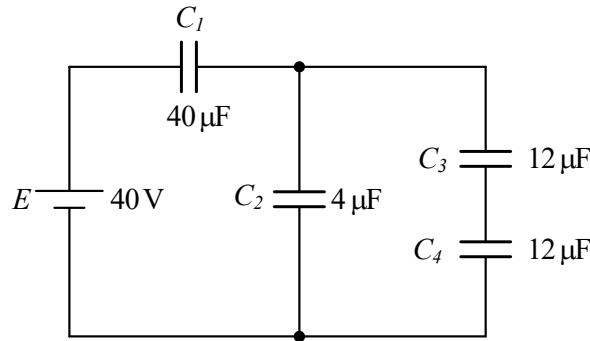
ג. חישוב המתח על הקבל C_2 .

בשל העובדה שהקבלים זהים, ניתן לקבצר את הפתרון והמתח על הקבלים C_1 ו- C_2 זהה, לכן, המתח

על הקבל C_2 הוא 4 V.

שאלה 3

באיור לשאלה 3, נתון מעגל חשמלי לזרם ישר



איור לשאלה 3

- חשב את הקיבול השקול של המעגל.
- חשב את המתח על הקבל C_1 .
- חשב את המטען של הקבל C_3 .

פתרון

א. חישוב הקיבול השקול של המעגל:

$$C_3 = C_4 \Rightarrow C_{34} = \frac{C_3}{2} = \frac{12 \cdot 10^{-6}}{2} = 6 \mu F$$

$$C_{234} = C_2 + C_{34} = 4 \cdot 10^{-6} + 6 \cdot 10^{-6} = 10 \mu F$$

$$C_T = \frac{C_1 \cdot C_{234}}{C_1 + C_{234}} = \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{40 \cdot 10^{-6} + 10 \cdot 10^{-6}} = \frac{400 \cdot 10^{-12}}{50 \cdot 10^{-6}} = 8 \mu F$$

ב. חישוב המתח על הקבל C_1 .

$$Q_T = C_T \cdot E = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 40 = 320 \mu C$$

$$Q_T = Q_1 = C_1 \cdot U_1 \Rightarrow U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{320 \cdot 10^{-6}}{40 \cdot 10^{-6}} = 8V$$

ג. חישוב המטען של הקבל C_3

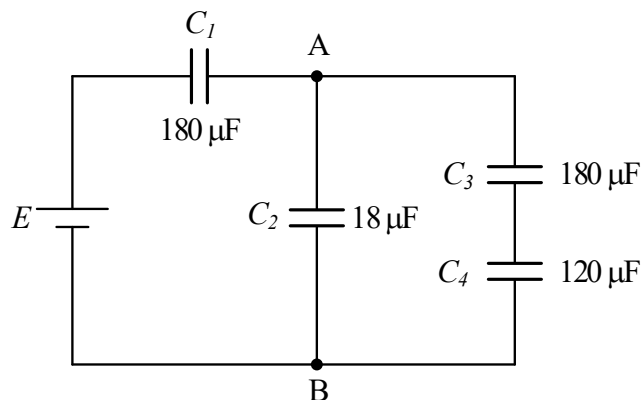
$$U_{34} = E - U_1 = 40 - 8 = 32V$$

$$Q_3 = Q_{34} = C_{34} \cdot U_{34} = 6 \cdot 10^{-6} \cdot 32 = 192 \mu C$$



שאלה 4

באיור לשאלה 4, נתון מעגל חשמלי לזרם ישר. נתון כי: $U_{AB} = 20 V$



איור לשאלה 4

- א. חשב את הקיבול השקול של המעגל.
- ב. חשב את מתח המקור, E.
- ג. חשב את המטען של הקבל C_3 .

פתרון

א. חישוב הקיבול השקול של המעגל:

$$C_{34}[\mu F] = \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} = \frac{180 \cdot 120}{180 + 120} = 72 \mu F$$

$$C_{234} = C_2 + C_{34} = 18 \cdot 10^{-6} + 72 \cdot 10^{-6} = 90 \mu F$$

$$C_T = \frac{C_1 \cdot C_{234}}{C_1 + C_{234}} = \frac{180 \cdot 10^{-6} \cdot 90 \cdot 10^{-6}}{180 \cdot 10^{-6} + 90 \cdot 10^{-6}} =$$

$$C_T = 60 \mu F$$

ב. חישוב מתח המקור E.

$$Q_T = Q_{234} = C_{234} \cdot U_{AB} = 90 \cdot 10^{-6} \cdot 20 = 1800 \mu C$$

$$Q_T = C_T \cdot E \Rightarrow E = \frac{Q_T}{C_T} = \frac{1800 \cdot 10^{-6}}{60 \cdot 10^{-6}} = 30 V$$

ג. חישוב המטען של הקבל C_3

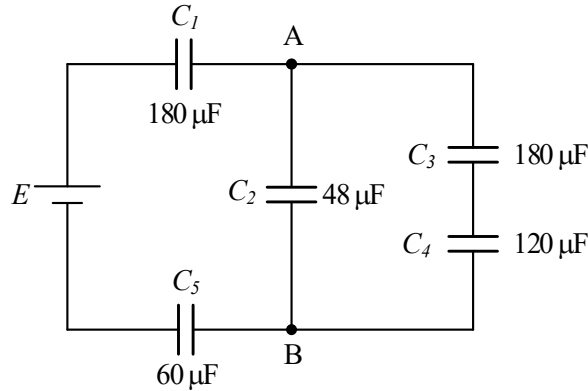
$$U_{34} = U_{AB} = 20 V$$

$$Q_3 = Q_{34} = C_{34} \cdot U_{AB} = 72 \cdot 10^{-6} \cdot 20 = 1440 \mu C$$



שאלה *5

באיור לשאלה 5, נתון מעגל חשמלי לזרם ישר. נתון כי המטען של הקבל C_3 הוא: $Q_3 = 2.16 \text{ mC}$



איור לשאלה 5

א. חשב את הקיבול השקול.

ב. חשב את המתח בין הנקודות A ו-B, ואת מתח המקור, E.

ג. חשב את המטען של הקבל C_5 .

פתרון

א. חישוב הקיבול השקול של המעגל:

$$C_{34} [\mu F] = \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} = \frac{180 \cdot 120}{180 + 120} = 72 \mu F$$

$$C_{234} = C_2 + C_{34} = 48 \cdot 10^{-6} + 72 \cdot 10^{-6} = 120 \mu F$$

$$C_T = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{234}} + \frac{1}{C_5} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{180 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{120 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{60 \cdot 10^{-6}} \right)^{-1} = 32.727 \mu F$$

ב. חישוב מתח המקור E, והמתח U_{AB} .

$$Q_3 = Q_{34} = 2.16 \text{ mC} \quad , \quad U_{AB} = \frac{Q_{34}}{C_{34}} = \frac{2.16 \cdot 10^{-3}}{72 \cdot 10^{-6}} = 30 \text{ V}$$

$$Q_T = Q_{234} = C_{234} \cdot U_{AB} = 120 \cdot 10^{-6} \cdot 30 = 3.6 \text{ mC}$$

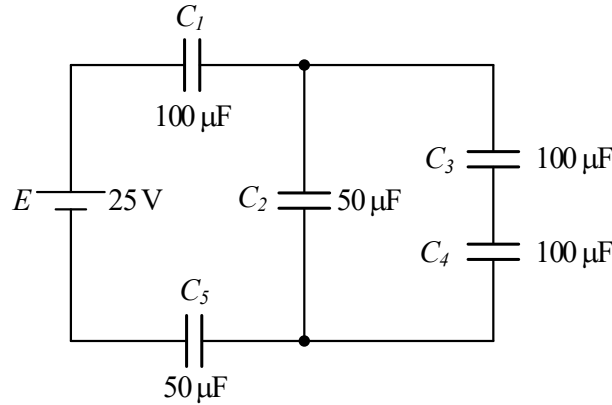
$$E = \frac{Q_T}{C_T} = \frac{3.6 \cdot 10^{-3}}{32.727 \cdot 10^{-6}} = 110 \text{ V}$$

ג. חישוב המטען של הקבל C_5 .

$$Q_T = Q_5 = 3.6 \text{ mC} \quad \text{לכן ערכו זהה למטען הכללי}$$

שאלה 6

באיור לשאלה 6, נתון מעגל חשמלי לזרם ישר



איור לשאלה 6

- חשב את הקיבול השקול של המעגל.
- חשב את המטען הכללי של המעגל.
- חשב את המתח על הקבל C_4 .

פתרון

- חישוב הקיבול השקול של המעגל:

$$C_{34[\mu F]} = \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} = \frac{100 \cdot 100}{100 + 100} = 50 \mu F$$

$$C_{234} = C_2 + C_{34} = 50 \cdot 10^{-6} + 50 \cdot 10^{-6} = 100 \mu F$$

$$C_T = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{234}} + \frac{1}{C_5} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{100 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{100 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{50 \cdot 10^{-6}} \right)^{-1} = 25 \mu F$$

- חישוב המטען הכללי.

$$Q_T = C_T \cdot E = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 25 = 625 \mu C$$

- חישוב המתח על הקבל C_4 .

$$Q_1 = Q_{234} = Q_5 = Q_T = 625 \mu C$$

$$U_{34} = U_{234} = \frac{Q_{234}}{C_{234}} = \frac{625 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot 10^{-6}} = 6.25 V$$

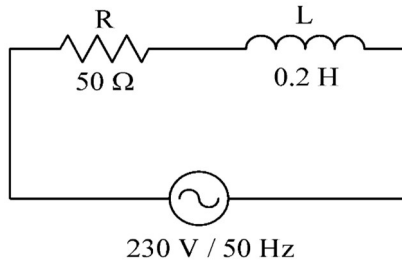
$$C_3 = C_4 \Rightarrow U_4 = \frac{U_{34}}{2} = \frac{6.25}{2} = 3.125 V$$

פרק 2 – מעגלי זרם חילופין

מעגל RL ומעגל RC טורי

שאלה 1

באיור לשאלה, נתון תרשים של מעגל חשמלי הפועל בזרם חילופין.

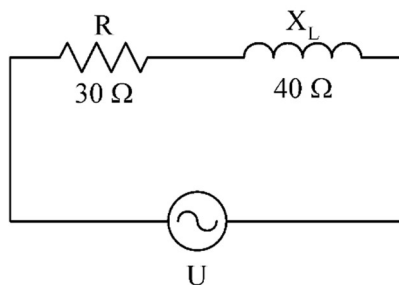


איור לשאלה 1

- חשב את היגב הסליל.
- חשב את עכבת המעגל.
- חשב את מפל המתח על הסליל ועל הנגד.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון תרשים של מעגל חשמלי הפועל בזרם חילופין. תדירות מקור המתח U היא 50 Hz. במעגל זה נמדד מתח על הסליל וערכו הוא 8 V.



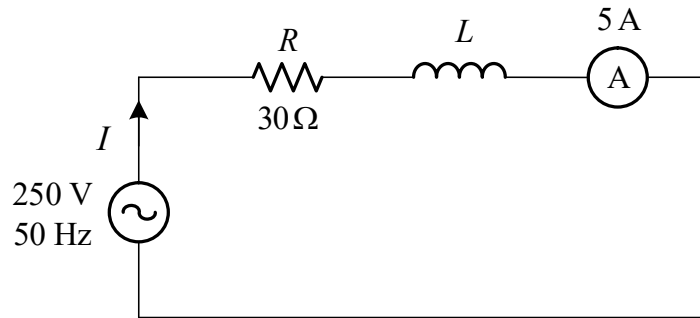
איור לשאלה 2

- חשב את עצמת הזרם במעגל.
- חשב את עכבת המעגל.
- חשב את מתח המקור, U .



שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון מעגל זרם חילופין חד-מופע. הזרם שנמדד על-ידי מד הזרם הוא $I = 5 \text{ A}$.



איור לשאלה 3

- חשב את עכבת המעגל.
- חשב את היגב הסליל.
- חשב את ההספק הממשי, P , ההספק ההיגבי, Q , וההספק המדומה S .

שאלה 4

נגד שהתנגדותו $R = 60 \Omega$ מחובר בטור לסליל שהשראתו $L = 250 \text{ mH}$ ולמקור מתח חילופין $50 \text{ V}/50 \text{ Hz}$.

- שרטט את המעגל החשמלי המתואר בשאלה.
- חשב את עכבת המעגל.
- חשב את מקדם ההספק של המעגל.

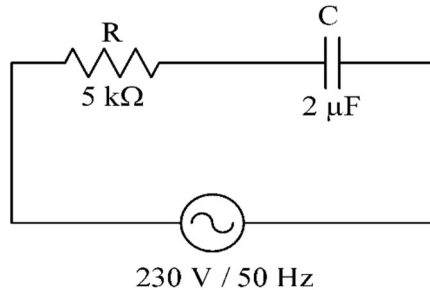
שאלה 5

נגד שהתנגדותו $R = 33 \Omega$ מחובר בטור לסליל שהיגבו $X_L = 44 \Omega$ ולמקור מתח חילופין $110 \text{ V}/50 \text{ Hz}$.

- חשב את העכבה השקולה ושרטט משולש עכבות.
- חשב את מקדם ההספק של המעגל.
- חשב את הספקו הפעיל של הנגד.

שאלה 6

באיור לשאלה 6, נתון תרשים של מעגל חשמלי.



איור לשאלה 6

- חשב את היגב הקבל.
- חשב את עכבת המעגל.
- חשב את מפל המתח על הקבל ומפל המתח על הנגד.

שאלה 7

נגד שהתנגדותו $R = 40 \Omega$ מחובר בטור לקבל שקיבולו $C = 88.4 \mu F$ ולמקור מתח חילופין $220 V/50 Hz$.

- חשב את עכבת המעגל.
- חשב את המתח על הנגד ואת המתח על הקבל.
- חשב את ההספק הפעיל במעגל.

שאלה 8

נגד שהתנגדותו $R = 8 \Omega$ מחובר בטור לקבל שהיגבו $X_C = 4 \Omega$ ולמקור מתח חילופין $12 V/250 Hz$.

- חשב את עכבת המעגל
- חשב את מקדם ההספק של המעגל?
- חשב את ההספק הפעיל של הנגד ?
- חשב את קיבול הקבל ?

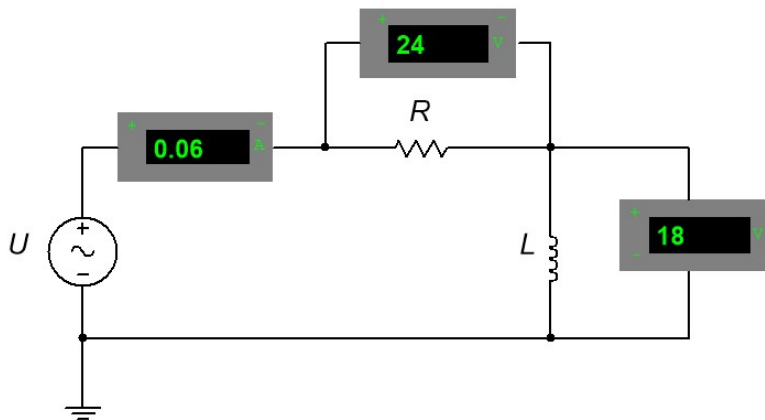
שאלה 9

קבל שהיגבו $X_C = 120 \Omega$ מחובר בטור נגד R , למקור מתח חילופין $400 \text{ V}/50 \text{ Hz}$, כך שעכבת המעגל היא $Z = 200 \Omega$.

- חשב את התנגדות הנגד R ?
- חשב את ההספק הממשי, P ההספק ההיגבי, Q וההספק המדומה S של המעגל.
- מגדילים את תדר המקור ל- 200 Hz , האם עצמת הזרם במעגל תגדל, תקטן או לא תשתנה? נמק את תשובתך.

שאלה 10

באיור לשאלה 10, מתואר מעגל בזרם חילופין הכולל מדי-מתח ומד זרם. קריאות המכשירים מופיעים באיור. נתון כי תדירות מקור המתח היא 500 Hz .

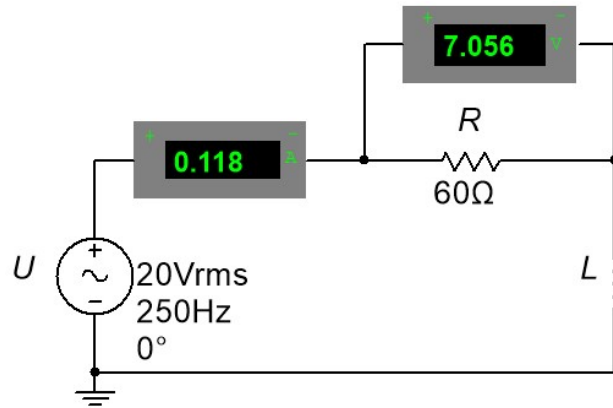


איור לשאלה 10

- חשב את ערכו של הנגד, R והיגב הסליל X_L .
- חשב את מתח המקור, U .
- חשב את ההספק הממשי, P .

שאלה 11

באיור לשאלה 11, מתואר מעגל בזרם חילופין הכולל מד מתח ומד זרם. קריאות המכשירים מופיעים באיור.



איור לשאלה 11

- חשב את עכבת המעגל.
- חשב את מפל המתח על הסליל.
- חשב את השראות הסליל, L.

פתרון

א. עכבת המעגל.

$$|Z| = \frac{U}{I} = \frac{20}{0.118} = 169.5 \Omega$$

ב. מפל המתח על הסליל.

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2} \Rightarrow U_L = \sqrt{U^2 - U_R^2}$$

$$U_L = \sqrt{20^2 - 7.056^2} = 18.71V$$

ג. השראות הסליל, L.

$$X_L = \frac{U_L}{I} = \frac{18.71}{0.118} = 158.6 \Omega$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f} = \frac{158.6}{2\pi \cdot 250} = 0.1H = 100mH$$

מעגל RL ו-RC טורי: תשובות סופיות

תשובות סופיות	מספר שאלה
<p>א. $X_L = 62.8 \Omega$</p> <p>ב. $Z = 80.3 \Omega$</p> <p>ג. $U_R = 143V, U_L = 180V$</p>	1
<p>א. $I = 0.2 A$</p> <p>ב. $Z = 50 \Omega$</p> <p>ג. $U = 10V$</p>	2
<p>א. $Z = \frac{U}{I} = \frac{250}{5} = 50 \Omega$</p> <p>ב. $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$</p> <p>$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{50^2 - 30^2} = 40 \Omega$</p> <p>ג. $S = U \cdot I = 250 \cdot 5 = 1250 VA$</p> <p>$P = I^2 \cdot R = 5^2 \cdot 30 = 750 W$</p> <p>$Q = I^2 \cdot X_L = 5^2 \cdot 40 = 1000 VAR$</p>	3
<p>א. סרטוט המעגל</p> <p>ב. $X_L = 2\pi f \cdot L = 2\pi \cdot 50 \cdot 0.25 = 78.54 \Omega$</p> <p>$Z = R + jX_L = 60 + j78.54 = 98.8 \angle 52.6^\circ \Omega$</p> <p>ג. $\cos \varphi = \cos(52.6) = 0.607$</p>	4
<p>א. $Z = 55 \Omega$</p> <p>ב. $\cos \varphi = 0.6$</p> <p>ג. $P = 132 W$</p>	5
<p>א. $X_C = 62.8 \Omega$</p> <p>ב. $Z = 5.25 k\Omega$</p> <p>ג. $U_R = 219V, U_C = 70V$</p>	6

מור-טק מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, קריית הטכניון, חיפה 32000 טל: 04-8293146
E-mail: Moretech@ed.technion.ac.il
http://moretech.technion.ac.il

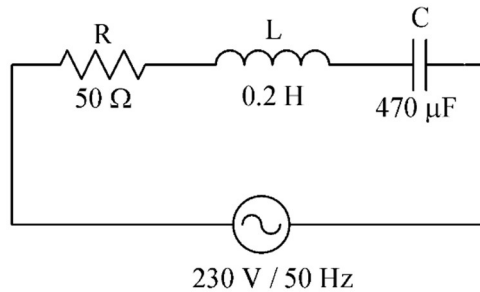


<p>א. $X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 88.4 \cdot 10^{-6}} = 36 \Omega$</p> <p>$Z = R - jX_C = 40 - j36 = 53.82 \angle -42^\circ \Omega$</p> <p>$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{53.82} = 4.088 A$</p> <p>ב. $U_R = I \cdot R = 4.088 \cdot 40 = 163.52 V$</p> <p>$U_C = I \cdot X_C = 4.088 \cdot 36 = 147.17 V$</p> <p>ג. $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 220 \cdot 4.088 \cdot \cos(-42) = 668.4 W$</p>	7
<p>א. עכבת המעגל: $Z = 8.944 \Omega$</p> <p>ב. מקדם ההספק של המעגל: $\cos \varphi = 0.894$</p> <p>ג. הספק פעיל: $P = 14.389 W$</p> <p>ד. קיבול הקבל: $C = 159 \mu F$</p>	8
<p>א. התנגדות הנגד: $R = 160 \Omega$</p> <p>$P = 640 W$</p> <p>ב. ההספקים במעגל: $Q = 480 VAr$ $S = 800 VA$</p> <p>ג. אם נגדיל את תדר המקור, היגב הקבל יקטן, לכן עכבת המעגל תקטן ולכן הזרם במעגל יגדל.</p>	9
<p>א. $R = 400 \Omega$, $X_L = 300 \Omega$</p> <p>ב. $U = 30 V$</p> <p>ג. $P = 1.44 W$</p>	10

מעגל RLC טורי

שאלה 1

באיור לשאלה 1, נתון תרשים של מעגל חשמלי.

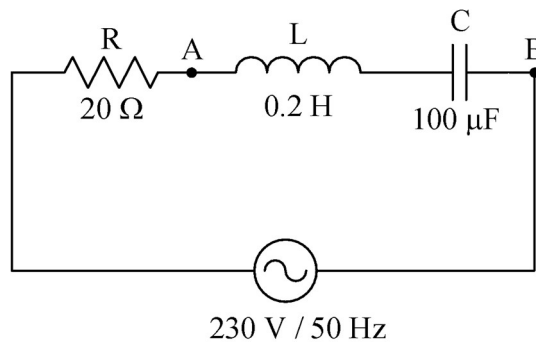


איור לשאלה 79

- חשב את היגב הקבל והיגב הסליל.
- חשב את עכבת המעגל.
- חשב את מפל המתח על כל אחד מרכיבי המעגל (קבל, סליל ונגד).

שאלה 2

באיור לשאלה 2, נתון תרשים של מעגל חשמלי.

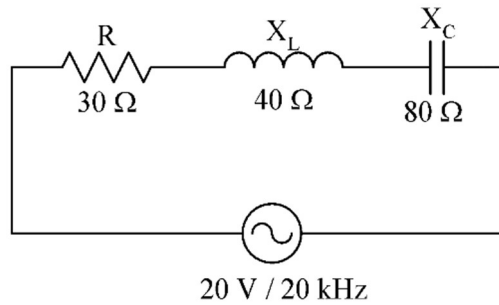


איור לשאלה 2

- חשב את עכבת המעגל.
- חשב את מפל המתח על הנגד.
- חשב את המתח בין הנקודות $A-B$.

שאלה 3

באיור לשאלה 3, נתון תרשים של מעגל חשמלי.

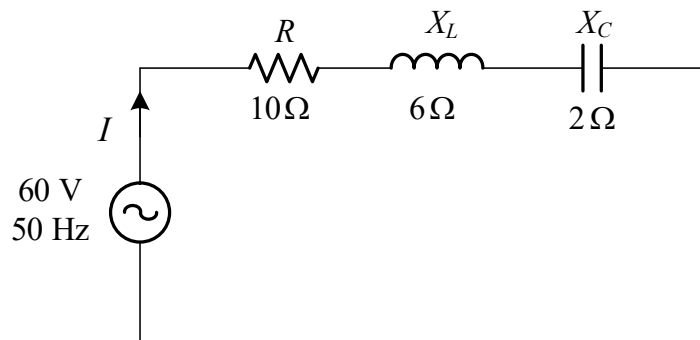


איור לשאלה 3

- א. חשב את השראות הסליל וקיבול הקבל.
- ב. חשב את עכבת המעגל.
- ג. חשב את מפל המתח על הסליל.

שאלה 4

באיור לשאלה 4, נתון תרשים של מעגל חשמלי לזרם חילופין.



איור לשאלה 4

- :
- א. חשב את השראות סליל, L וקיבול הקבל, C.
 - ב. חשב את עכבת המעגל.
 - ג. קבע, מהו אופי המעגל ; קיבולי, השראותי או התנגדותי? נמק את תשובתך.



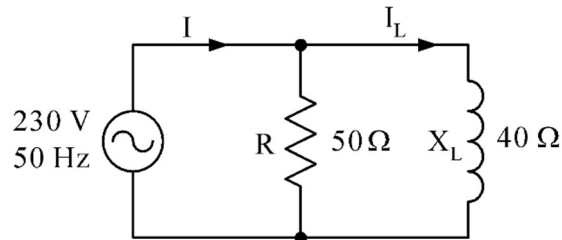
מעגל RLC טורי: תשובות סופיות

תשובות סופיות	מספר שאלה
<p>פתרון</p> <p>א. $X_L = 62.8\Omega$, $X_C = 6.78\Omega$</p> <p>ב. $Z = 75\Omega$</p> <p>ג. $U_R = 153V$, $U_L = 193V$, $U_C = 21V$</p>	1
<p>פתרון</p> <p>א. $Z = 36.9\Omega$</p> <p>ב. $U_R = 125V$</p> <p>ג. $U_{AB} = 193V$</p>	2
<p>פתרון</p> <p>א. $L = 0.318mH$, $C = 99.5nF$</p> <p>ב. $Z = 50\Omega$</p> <p>ג. $U_L = 32V$</p>	3
<p>א. $C = \frac{1}{2\pi f \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 2} = 1.59mF$</p> <p>ב. $L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{6}{2\pi \cdot 50} = 19.1mH$</p> <p>$Z = R + j(X_L - X_C)$</p> <p>$Z = 10 + j(6 - 2) = 10.77 \angle 21.8^\circ \Omega$</p>	4

מעגל RL ומעגל RC מקבילי

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון תרשים של מעגל חשמלי.

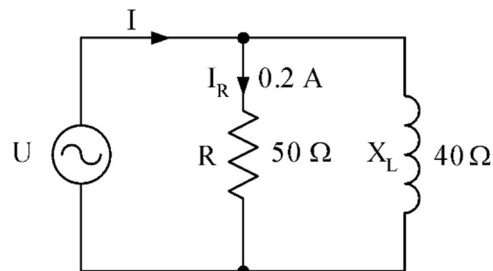


איור לשאלה 1

- חשב את הזרם בסליל, I_L .
- חשב את הזרם הכולל במעגל, I .
- חשב את השראות הסליל, L .

שאלה 2

באיור לשאלה 2, נתון תרשים של מעגל חשמלי.



איור לשאלה 2

- חשב את הזרם בסליל, I_L .
- חשב את הזרם הכולל במעגל, I .
- חשב את העכבה של המעגל.

שאלה 3

נגד שהתנגדותו $R = 10\Omega$ מחובר במקביל לסליל שהשראותו $L = 13.26\text{ mH}$ ולמקור מתח חילופין של $10\text{V}/60\text{Hz}$.

- שרטט את המעגל המתואר בשאלה.
- חשב את הזרם בכל רכיב (I_R) ו (I_L).
- חשב את הזרם הכללי של המעגל (I).
- חשב את עכבת המעגל.

שאלה 4

נגד שהתנגדותו $R = 20\Omega$ מחובר במקביל לסליל, L ובמקביל למקור מתח חילופין של $80\text{V}/200\text{Hz}$. נתון כי הזרם הכללי במעגל, $I = 5\text{ A}$.

- חשב את עכבת המעגל, Z.
- חשב את הזרם בכל רכיב (I_R) ו (I_L).
- חשב את היגב הסליל (X_L).

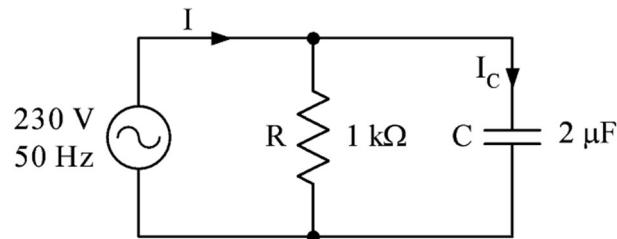
שאלה 5

נגד שהתנגדותו $R = 20\Omega$ מחובר במקביל לסליל, L ובמקביל למקור מתח חילופין של $80\text{V}/200\text{Hz}$. נתון כי הזרם בסליל הוא $I_L = 2\text{ A}$.

- חשב את היגב הסליל (X_L).
- חשב את הזרם בנגד והזרם הכללי.
- חשב את עכבת המעגל, Z.

שאלה 6

באיור לשאלה 6, נתון תרשים של מעגל חשמלי.

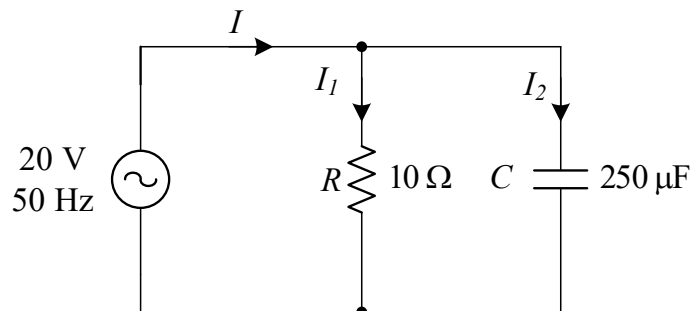


איור לשאלה 6

- א. חשב את הזרם בסליל (I_C).
- ב. חשב את הזרם הכולל במעגל (I).
- ג. חשב את העכבה של המעגל.

שאלה 7

באיור לשאלה 7, נתון תרשים של מעגל חשמלי.



איור לשאלה 7

- א. חשב את הזרמים I_1 ו I_2 .
- ב. חשב את הזרם הכללי של המעגל I .
- ג. חשב את עכבת המעגל.



שאלה 8

נגד שהתנגדותו $R = 25\Omega$ מחובר במקביל לקבל שקיבולו $C = 130\mu F$ ולמקור מתח חילופין של $50V/50Hz$.

- שרטט את המעגל.
- חשב את הזרם בכל רכיב ואת הזרם הכללי במעגל.
- חשב את עכבת המעגל.
- חשב את ההספק הפעיל וההיגבי של המעגל.

שאלה 9

נגד שהתנגדותו $R = 10\Omega$ מחובר במקביל לקבל שהיגבו $X_C = 20\Omega$ ולמקור מתח חילופין של $30V/100Hz$.

- חשב את קיבולו של הקבל.
- חשב את עכבת המעגל.
- חשב את הזרם בכל רכיב ואת הזרם הכללי במעגל.
- חשב את ההספק הממשי (פעיל), P .

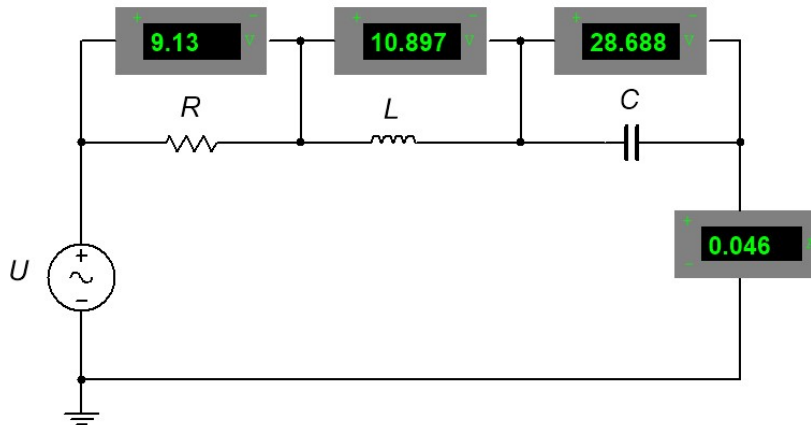
שאלה *10

נגד שהתנגדותו $R = 30\Omega$ מחובר במקביל לקבל. מקדם ההספק של המעגל 0.75 . מתח חילופין של המעגל $50V/500Hz$.

- חשב את היגבו של הקבל
- חשב את קיבולו של הקבל.
- חשב את ההספק הפעיל (P), ההספק היגבי (Q) ואת ההספק המדומה (S).

שאלה 11

באיור לשאלה 11, מתואר מעגל בזרם חילופין.
 במעגל מחוברים מכשירי מדידה וקריאותיהם מופיעות באיור.
 נתון כי תדירות מתח המקור היא 250 Hz.
 בפתרון השאלה הנח כי המופע של הזרם הוא 0° .



איור לשאלה 11

- חשב את ערכו של הנגד R, היגב הקבל X_C והיגב המשרן X_L .
- חשב את מתח המקור, U.
- חשב וסרטט את משולש ההספקים Q, P ו-S.



מעגל RL ו-RC מקבילי: תשובות סופיות

מספר שאלה	תשובות סופיות
1	<p>א. $I_L = 5.75 A$</p> <p>ב. $I_T = 7.36 A$</p> <p>ג. $L = 0.127 H$</p>
2	<p>א. $I_L = 0.25 A$</p> <p>ב. $I_T = 0.32 A$</p> <p>ג. $Z = 31.25 \Omega$</p>
3	<p>א. סרטוט של מעגל חשמל</p> <p>ב. $X_L = 5 \Omega$, $R = 10 \Omega$</p> <p>ג. $I_T = 2.236 A$</p> <p>ד. $Z = 4.47 \Omega$</p>
4	<p>א. $Z = 16 \Omega$</p> <p>ב. $I_R = 4 A$, $I_L = 3 A$</p> <p>ג. $X_L = 26.67 \Omega$</p>
5	<p>א. $X_L = 40 \Omega$</p> <p>ב. $I_R = 4 A$, $I_L = 2 A$</p> <p>ג. $I_T = 4.47 A$</p> <p>ד. $Z = 17.89 \Omega$</p>
6	<p>א. $X_C = 1.59 k\Omega$</p> <p>ב. $I_C = 0.144 A$</p> <p>ג. $I_T = 0.272 A$</p>



$I_1 = I_R = 2 A$ $I_2 = I_C = 1.57 A$ $I_T = 2.54 A$ $Z = 7.86 \Omega$	א. ב. ג.	7
סרטוט מעגל חשמל $R = 25 \Omega$, $X_C = 24.5 \Omega$ $I_R = 2 A$, $I_C = 2.04 A$ $I_T = 2.86 A$ $Z = 17.49 \Omega$ $P = 100 W$, $Q = 102 VAr$	א. ב. ג. ד.	8
$C = 79.58 \mu F$ $Z = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{-jX_C} \right)^{-1} = 8.94 \angle -26.6^\circ \Omega$ $I_R = 3 A$, $I_C = 1.5 A$ $I_T = 3.35 A$ $P = I_R^2 \cdot R = \frac{U^2}{R} = 90 W$	א. ב. ג. ד.	9

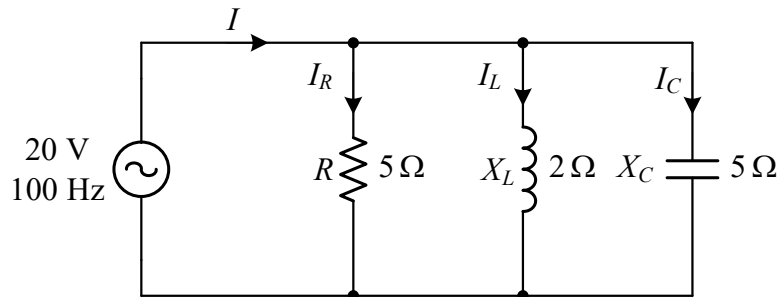


<p align="center">א. חישוב היגב הקבל</p> $G = \frac{1}{R} = \frac{1}{30} [S], \quad B_C = \frac{1}{X_C}$ $\cos \varphi = 0.75 \Rightarrow \varphi = -41.4^\circ$ $\tan \varphi = \frac{-B_C}{G} = \frac{-\frac{1}{X_C}}{\frac{1}{R}} = -\frac{R}{X_C}$ $\tan(-41.4) = -\frac{30}{X_C}$ $X_C = 34 \Omega$ <p align="center">ב.</p> $C = \frac{1}{2\pi f \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 500 \cdot 34} = 9.36 \mu F$ <p align="center">ג. חישוב הספקים:</p> $P = \frac{U^2}{R} = \frac{50^2}{30} = 83.3 W$ $Q = \frac{U^2}{X_C} = \frac{50^2}{34} = 73.5 VAr$ $S = P - jQ_C = 83.3 - j73.5 = 111 \angle -41.4^\circ VA$	<p>*10</p>
<p align="center">א. התנגדות הנגד R, היגב הקבל X_C והיגב המשרן X_L.</p> $R = 198.5 \Omega$ $X_L = 237 \Omega$ $X_C = 624 \Omega$ <p align="center">ב. מתח המקור, U.</p> $U = 20 \angle -62.8^\circ V$ <p align="center">ג. משולש ההספקים P, Q ו-S.</p> $P = 0.42 W$ $Q = -0.818 VAr$ $S = 0.92 VA$	<p>11</p>

מעגל RLC מקבילי

שאלה 1

באיור לשאלה 1, נתון תרשים של מעגל חשמלי לזרם חילופין.



איור לשאלה 1

א. חשב את הזרם בכל אחד מענפי המעגל.

ב. חשב את הזרם הכללי במעגל, וקבע את אופי המעגל.

ג. חשב את עכבת המעגל.

פתרון

א. הזרם בכל אחד מענפי המעגל

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{20}{5} = 4 \text{ A}$$

$$I_C = \frac{U}{X_C} = \frac{20}{2} = 10 \text{ A}$$

$$I_L = \frac{U}{X_L} = \frac{20}{5} = 4 \text{ A}$$

ב. זרם כללי

$$I_T = I_R \angle 0^\circ + I_L \angle -90^\circ + I_C \angle 90^\circ$$

$$I_T = 4 \angle 0^\circ + 4 \angle -90^\circ + 10 \angle 90^\circ$$

$$I_T = 4 + j6 = 7.21 \angle 56.3^\circ \text{ A}$$

אופי המעגל קיבולי כי $I_C > I_L$.

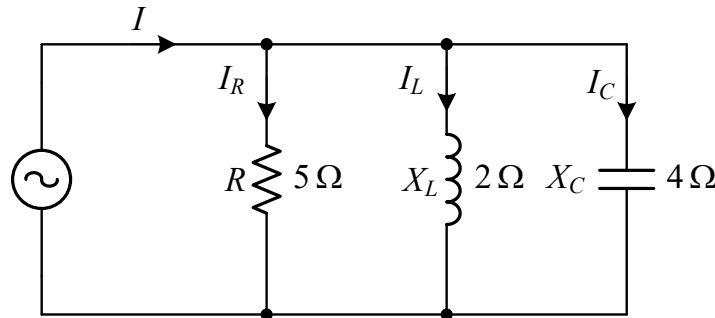
ג. עכבת המעגל

$$Z = \frac{U \angle 0^\circ}{I_T} = \frac{20 \angle 0^\circ}{7.21 \angle 56.3^\circ} = 2.77 \angle -56.3^\circ \Omega$$

שאלה 2

באיור לשאלה 2, נתון תרשים של מעגל חשמלי לזרם חילופין.

ידוע כי: $I_L = 2.5 \angle -38.7^\circ A$



איור לשאלה 2

א. חשב את מתח המקור.

ב. חשב את הזרמים I_C , I_R ו- I . רשום את תשובותיך בצורה פאזורית.

ג. חשב את עכבת המעגל.

פתרון

א. חישוב מתח המקור.

$$U = I_L \cdot X_L \angle 90^\circ = 2.5 \angle -38.7^\circ \cdot 2 \angle 90^\circ$$

$$U = 5 \angle 51.3^\circ V$$

ב. חישוב הזרמים I_C , I_R ו- I .

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{5 \angle 51.3^\circ}{5 \angle 0^\circ} = 1 \angle 51.3^\circ A$$

$$I_C = \frac{U}{-jX_C} = \frac{5 \angle 51.3^\circ}{4 \angle -90^\circ} = 1.25 \angle 141.3^\circ A$$

$$I_T = I_R \angle \varphi_R + I_L \angle \varphi_L + I_C \angle \varphi_C$$

$$I_T = 1 \angle 51.3^\circ + 2.5 \angle -38.7^\circ + 1.25 \angle 141.3^\circ$$

$$I_T = 1.6 \angle -0.04^\circ A \approx 1.6 \angle 0^\circ A$$

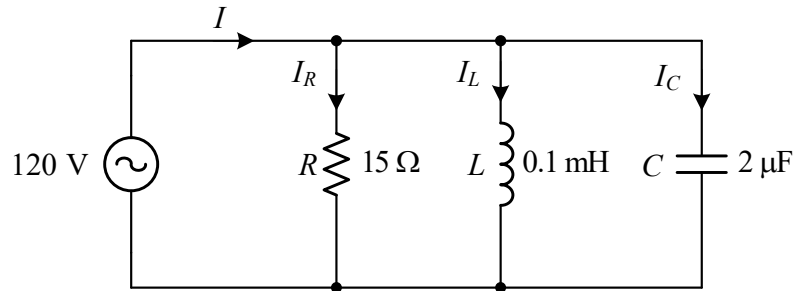
ג. עכבת המעגל.

$$Z = \frac{U}{I_T} = \frac{5 \angle 51.3^\circ}{1.6 \angle 0^\circ} = 3.125 \angle 51.3^\circ \Omega$$

שאלה 3

באיור לשאלה 3, נתון תרשים של מעגל חשמלי לזרם חילופין.

תדר המקור $f = 15.92 \text{ kHz}$.



איור לשאלה 3

- חשב את היגב הקבל והיגב הסליל.
- חשב את הזרמים I_L, I_C, I_R ו- I . רשום את תשובותיך בצורה פאזורית.
- חשב את עכבת המעגל.

פתרון

א. היגב הקבל והיגב הסליל.

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 15.92 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}$$

$$X_C = 5\Omega$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \cdot 15.92 \cdot 10^3 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3}$$

$$X_L = 10\Omega$$

ב. הזרמים I_L, I_C, I_R ו- I .

$$I_R = \frac{U \angle 0}{R \angle 0} = \frac{120 \angle 0}{15 \angle 0} = 8 \angle 0^\circ A$$

$$I_C = \frac{U \angle 0}{X_C \angle -90} = \frac{120 \angle 0}{5 \angle -90} = 24 \angle 90^\circ A$$

$$I_L = \frac{U \angle 0}{X_L \angle 90} = \frac{120 \angle 0}{10 \angle 90} = 12 \angle -90^\circ A$$

$$I = I_R \angle 0 + I_C \angle 90 + I_L \angle -90$$

$$I = 8 \angle 0^\circ + 24 \angle 90^\circ + 12 \angle -90^\circ = 14.42 \angle 56.3^\circ A$$

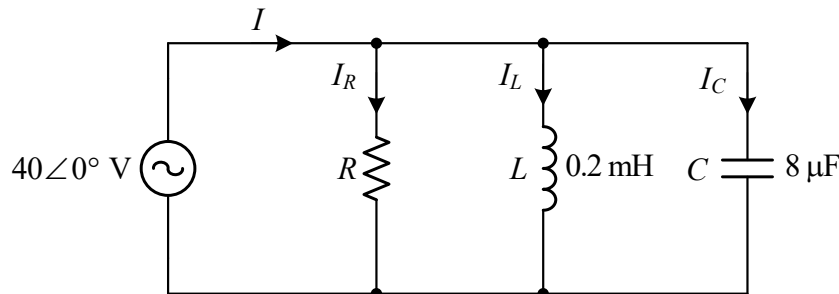
ג. עכבת המעגל.

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{120 \angle 0^\circ}{14.42 \angle 56.3^\circ} = 8.32 \angle -56.3^\circ \Omega$$

שאלה *4

באיור לשאלה 4, נתון מעגל חשמלי חד-מופע. התדירות הזוויתית של מקור המתח

$$\text{היא: } \omega = 5 \cdot 10^4 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}, \text{ והזרם שהוא מספק: } I = 14.42 \angle 56.3^\circ A$$



איור לשאלה 4

א. חשב את עכבת המעגל, וציין את אופיה (קיבולי או השראותי).

ב. חשב את היגב הקבל והיגב הסליל

ג. חשב את התנגדות הנגד R.

פתרון

א. חישוב עכבת המעגל

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{40 \angle 0^\circ}{14.42 \angle 56.3^\circ} = 2.77 \angle -56.3^\circ \Omega$$

אופי המעגל – קיבולי, הזווית של העכבה – שלילית.

ב. חישוב היגב הקבל והיגב הסליל

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{5 \cdot 10^4 \cdot 8 \cdot 10^{-6}} = 2.5 \Omega$$

$$X_L = \omega \cdot L = 5 \cdot 10^4 \cdot 0.2 \cdot 10^{-3} = 10 \Omega$$

ג. חישוב התנגדות הנגד R.

$$I = 14.42 \angle 56.3^\circ A = (8 + j12) A$$

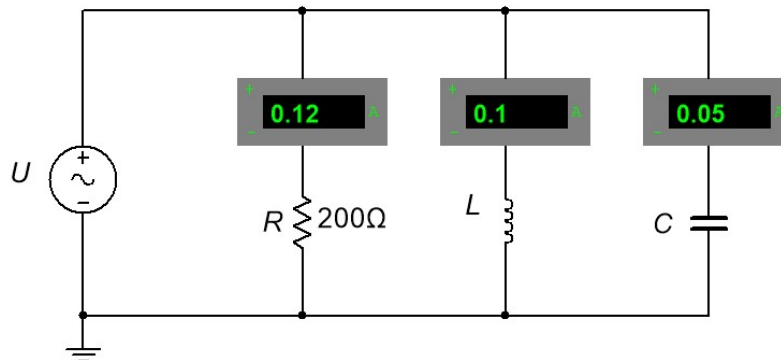
$$I = I_R + j(I_C - I_L) = (8 + j12) A$$

$$I_R = 8 A, \quad R = \frac{U}{I_R} = \frac{40}{8} = 5 \Omega$$

שאלה 5

באיור לשאלה 5, נתון תרשים של מעגל חשמלי לזרם חילופין, הכולל שלושה מדי-זרם.

התדירות הזוויתית של המקור היא: $\omega = 2000 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$



איור לשאלה 5

א. חשב את מתח המקור

ב. חשב את הזרם הכללי. הצג את תשובתך כמספר מרוכב.

ג. חשב את קיבול הקבל והשראות הסליל.



פתרון

א. חישוב מתח המקור

$$U = R \cdot I_R = 200 \cdot 0.12 = 24V$$

ב. חישוב הזרם הכללי.

הנחה: זווית המופע של מתח המקור 0° .

$$I_R = 0.12 \angle 0^\circ A, \quad I_C = 0.05 \angle 90^\circ A, \quad I_L = 0.12 \angle -90^\circ A$$

$$I = I_R \angle 0 + I_C \angle 90 + I_L \angle -90$$

$$I = 0.12 \angle 0^\circ + 0.05 \angle 90^\circ + 0.1 \angle -90^\circ$$

$$I = 0.13 \angle -22.6^\circ A$$

ג. קיבול הקבל והשראות הסליל

$$X_C = \frac{U}{I_C} = \frac{24}{0.05} = 480 \Omega, \quad X_L = \frac{U}{I_L} = \frac{24}{0.1} = 240 \Omega$$

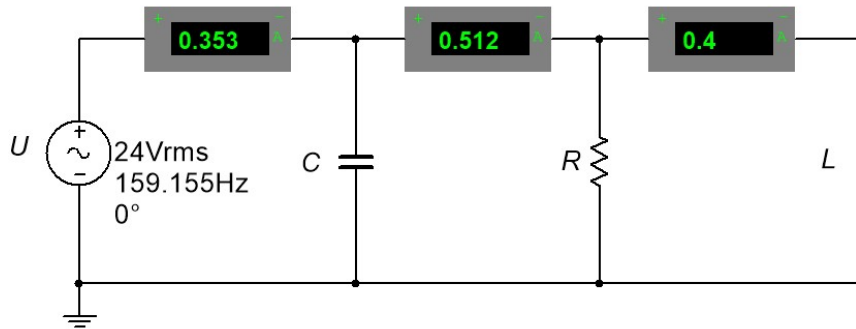
$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_C} = \frac{1}{2000 \cdot 480} = 1.04 \mu F$$

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{240}{2000} = 0.12 H = 120 mH$$



שאלה 6**

באיור לשאלה 6, נתון תרשים של מעגל חשמלי לזרם חילופין, הכולל שלושה מדי-זרם. קריאות מדי-הזרם מופיעים באיור.



איור לשאלה 5

- חשב את עכבת המעגל (גודל בלבד).
- חשב את עצמת הזרם דרך הנגד ודרך הקבל.
- חשב את הפרש המופע בין מתח לזרם במעגל.

פתרון

- חישוב עכבת המעגל (גודל בלבד).

$$|Z| = \frac{U}{I} = \frac{24}{0.353} = 68 \Omega$$

- חישוב עצמת הזרם דרך הנגד ודרך הקבל

$$I_T = 0.353 A, \quad I_{LR} = 0.512 A, \quad I_L = 0.4 A$$

$$I_R = \sqrt{I_{LR}^2 - I_L^2} = \sqrt{0.512^2 - 0.4^2} = 0.32 A$$

$$I_T^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2$$

$$0.353^2 = 0.32^2 + (I_C - 0.4)^2$$

$$\Rightarrow I_C = 0.549 A$$

- חישוב הפרש מופע בין המתח לזרם במעגל.

$$I_T = I_R + j(I_C - I_L)$$

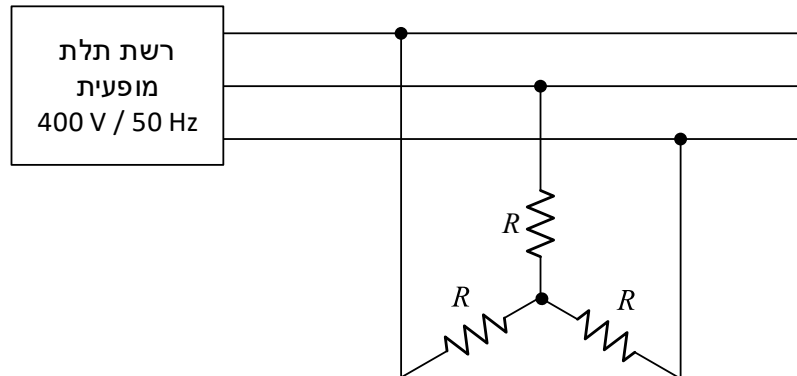
$$I_T = 0.32 + j(0.549 - 0.4) = 0.353 \angle 25^\circ A$$

$$\Delta\phi = \phi_U - \phi_I = 0 - 25 = -25^\circ$$

מעגלים תלת מופעיים

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון תנור תלת מופעי הכולל שלושה גופי חימום זהים המחוברים בצורת כוכב. התנגדות של גוף חימום בודד $R = 10\Omega$. התנור מוזן באמצעות מקור מתח חילופין תלת מופעי של $400V/50Hz$.



איור לשאלה 1

- חשב את המתח המופעי של התנור.
- חשב את הזרם המופי והזרם הקווי של התנור.
- חשב את ההספק הכולל של התנור.

פתרון

א. מתח מופעי

ברשת תלת מופעית בחיבור כוכב $U_{ph} = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$, לכן ערכו של המתח המופעי הוא:

$$U_{ph} = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 231V$$

ב. הזרם הקווי והזרם המופעי.

$$I_L = I_{ph} \text{ - בחיבור כוכב}$$

$$I_L = I_{ph} = \frac{U_{ph}}{R} = \frac{231}{5} = 46.2 A$$

ג. הספק כולל של התנור:

$$P = S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 46.2 = 32 kW \text{ לכן}$$

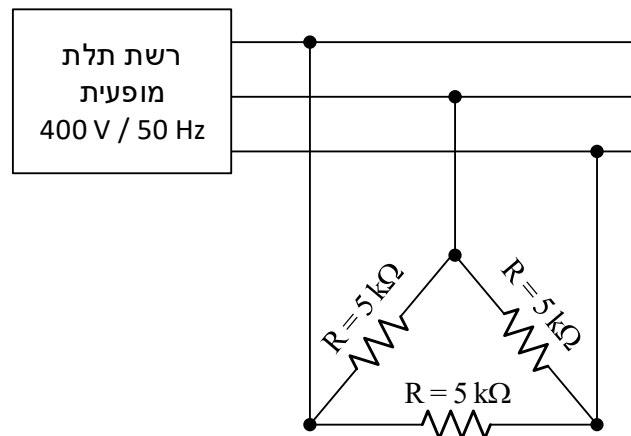
שאלה 2

צרכן מאוזן מורכב משלושה נגדים בעלי התנגדות של $R = 5k\Omega$ המחוברים בחיבור משולש למתח של $400V / 50 Hz$.

- שרטט את המעגל המתואר.
- מהי עצמת הזרם בכל נגד?
- מהי עצמת הזרם בקו?
- מהו ההספק של הצרכן?

פתרון

א. סרטוט המעגל החשמלי המתואר בשאלה.



ב. חישוב הזרם דרך כל נגד, כלומר חישוב הזרם המופעי (פאזי)

$$U_L = U_{ph} = 400V$$

$$I_{ph} = \frac{U_{ph}}{R} = \frac{400}{5000} = 0.08 A$$

ג. עצמת הזרם בקו, זרם קווי.

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{ph} = \sqrt{3} \cdot 0.08 = 0.139 A$$

ד. הספק הצרכן התלת מופעי

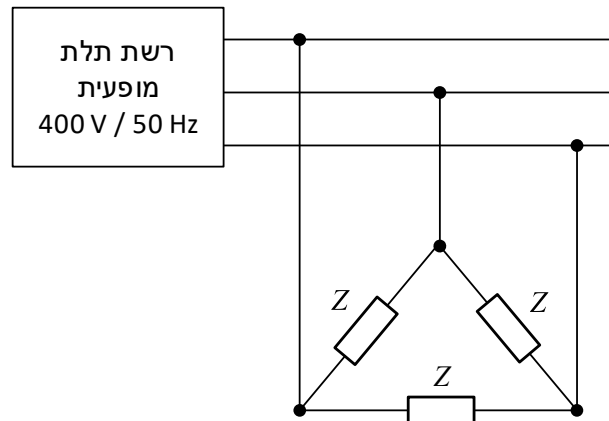
$$P = S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.139 = 96 W$$

Or

$$P = S = 3 \cdot U_{ph} \cdot I_{ph} = 3 \cdot 400 \cdot 0.08 = 96 W$$

שאלה 3

באיור לשאלה 3, מתואר מעגל חשמלי שבו עומס השראותי תלת מופעי סימטרי. ההספק הממשי הנצרך על-ידי העומס הוא 30 kW, ומקדם ההספק שלו הוא 0.85.



איור לשאלה 3

- א. חשב את הזרם הקווי ואת הזרם המופעי בכל אחד מענפי הצרכן.
ב. חשב את ההתנגדות R, וההשראות L של כל אחד מענפי הצרכן.

פתרון

א. חישוב הזרם המופעי והזרם הקווי.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi, \quad 30 \cdot 10^3 = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot I \cdot 0.85$$

$$I = 50.9 \text{ A} \Rightarrow I_{ph} = \frac{I}{\sqrt{3}} = \frac{50.9}{\sqrt{3}} = 29.4 \text{ A}$$

ב. חישוב ההתנגדות R, וההשראות L של כל אחד מענפי הצרכן.

$$|Z| = \frac{U_{ph}}{I_{ph}} = \frac{400}{29.4} = 13.6 \Omega$$

$$\cos \varphi = 0.85 \Rightarrow \varphi = 31.8^\circ$$

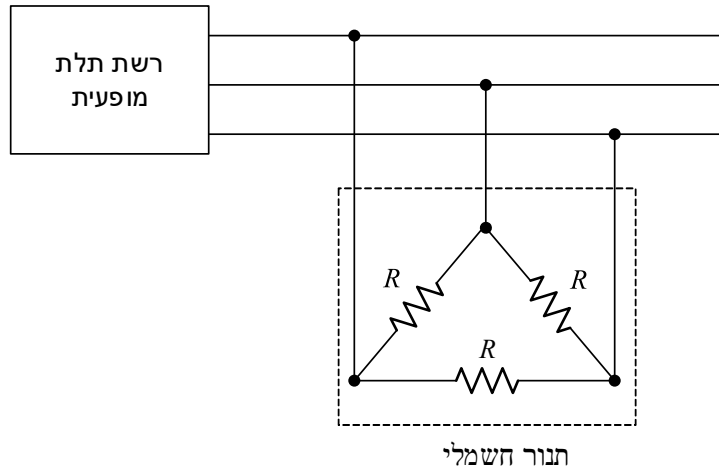
$$Z = |Z| \angle \varphi = 13.6 \angle 31.8^\circ \Omega = (11.6 + 7.17j) \Omega$$

$$Z = R + jX_L \Rightarrow R = 11.6 \Omega, \quad X_L = 7.17 \Omega$$

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{7.17}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 22.8 \text{ mH}$$

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון תנור תלת מופעי הכולל שלושה גופי חימום זהים המחוברים בצורת משולש. התנגדות של גוף חימום בודד $R = 38 \Omega$. והתנור צורך הספק של 11.4kW.



איור לשאלה 4

- חשב את הזרם והמתח המופעי של התנור.
- חשב את הזרם והמתח הקווי של התנור.

פתרון

- חישוב הזרם והמתח המופעי של התנור.
הצרכן הוא התנגדותי, לכן, $P = S$.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = 3 \cdot U_{ph} \cdot I_{ph}$$

$$P = 3 \cdot \frac{U_{ph}^2}{R}$$

$$11400 = 3 \cdot \frac{U_{ph}^2}{38}$$

$$U_{ph} = 380V$$

$$P = 3 \cdot I_{ph}^2 \cdot R$$

$$11400 = 3 \cdot I_{ph}^2 \cdot 38$$

$$I_{ph} = 10A$$

- חישוב הזרם והמתח הקווי של התנור.
הצרכן בחיבור משולש, לכן:

$$U_{ph} = 380V$$

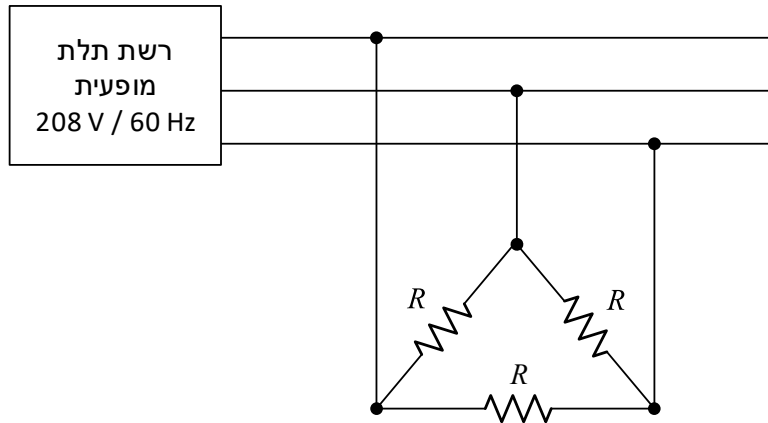
$$I_{ph} = 10A$$

$$U_L = U_{ph} = 380V$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{ph} = 17.3A$$

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון עומס תלת מופעי סימטרי המחובר בחיבור משולש לרשת תלת מופעית של $208\text{ V} / 60\text{ Hz}$. נתון כי הזרם בכל אחד מקווי ההזנה הוא $I = 12\text{ A}$.



איור לשאלה 5

- חשב את הזרם המופעי בעומס.
- חשב את ההתנגדות העומס, R .
- חשב את הספק העומס.

פתרון

א. הזרם המופעי:

$$I_{ph} = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{12}{\sqrt{3}} = 6.93\text{ A}$$

ג. חישוב התנגדות העומס:

הצרכן החיבור משולש, לכן המתח המופעי שווה למתח הקווי (שלוש)

$$R = \frac{U_{ph}}{I_{ph}} = \frac{208}{6.93} = 30\ \Omega$$

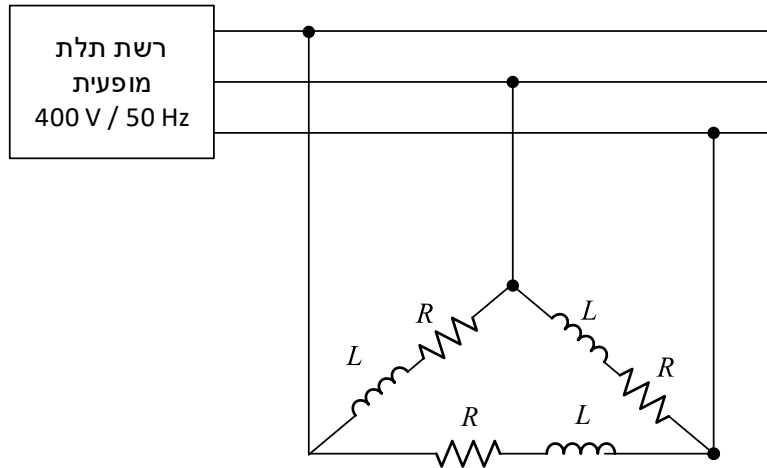
ג. הספק העומס:

$$P = 3 \cdot \frac{U_{ph}^2}{R} = 3 \cdot I_{ph}^2 \cdot R$$

$$P = 3 \cdot \frac{208^2}{30} = 4.33\text{ kW}$$

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון עומס השראותי תלת מופעי סימטרי המחובר לרשת תלת מופעית של $400V/50Hz$. ההספק הממשי הנצרך על-ידי העומס הוא 15 kW , ומקדם ההספק של העומס הוא 0.82 .



איור לשאלה 6

- א. חשב את ההספק המדומה ואת ההספק ההיגבי של העומס,
ב. חשב את הזרם בכל אחד מענפי העומס (הזרם המופעי) ואת הזרם בכל אחד מקווי ההזנה לעומס (הזרם הקווי).

פתרון

א. הספק מדומה והספק היגבי.
לפתרון סעיף זה, נשתמש במשולש ההספקים.

$$\cos \varphi = 0.82 \Rightarrow \varphi = 34.9^\circ$$

$$P = S \cdot \cos \varphi \Rightarrow S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{15 \cdot 10^3}{0.82} = 18.3\text{ kVA}$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi = 18.3 \cdot 10^3 \cdot \sin(34.9) = 10.47\text{ kVAr}$$

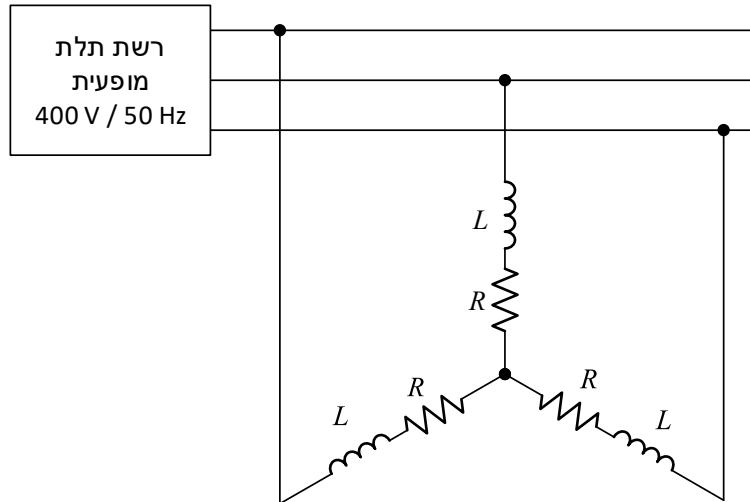
ב. זרם מופעי.

$$S = 3 \cdot U_{ph} \cdot I_{ph} \Rightarrow I_{ph} = \frac{S}{3 \cdot U_{ph}} = \frac{18.3 \cdot 10^3}{3 \cdot 400} = 15.25\text{ A}$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{ph} = \sqrt{3} \cdot 15.25 = 26.41\text{ A}$$

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון עומס השראותי תלת מופעי סימטרי המחובר לרשת תלת מופעית של $400V/50Hz$. ההספק ההיגבי הנצרך על-ידי העומס הוא 3 kVA , ומקדם ההספק של העומס הוא 0.92 .



איור לשאלה 6

- א. חשב את ההספק הממשי, P ואת ההספק המדומה S של העומס,
ב. חשב את הזרם בכל אחד מענפי העומס (הזרם המופעי) ואת הזרם בכל אחד מקווי ההזנה לעומס (הזרם הקווי).

פתרון

- א. הספק מדומה והספק ממשי.
לפתרון סעיף זה, נשתמש במשולש ההספקים.

$$\cos \varphi = 0.92 \Rightarrow \varphi = 23.1^\circ$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi \Rightarrow S = \frac{Q}{\sin \varphi} = \frac{3 \cdot 10^3}{\sin(23.1^\circ)} = 7.65 \text{ kVA}$$

$$P = S \cdot \cos \varphi = 7.65 \cdot 10^3 \cdot 0.92 = 7.04 \text{ kW}$$

- ב. זרם מופעי בחיבור כוכב שווה לזרם הקווי.

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \Rightarrow I_{ph} = I_L = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{7.65 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 11.04 \text{ A}$$



פרק 3 – מערכות ספרתיות

פונקציות בוליאניות

שאלה 1

נתונה הפונקציה: $F(A, B, C) = AC + \overline{A+C} + \overline{A}B\overline{C}$

- חשב את ערך הפונקציה F כאשר נתון: $A = '0'$, $B = '1'$, $C = '1'$
- פשט את הפונקציה F הנתונה, ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)
- ממש את הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

פתרון

א. ערך הפונקציה כאשר נתון: $A = '0'$, $B = '1'$, $C = '1'$

$$F(A, B, C) = AC + \overline{A+C} + \overline{A}B\overline{C}$$

$$F(A, B, C) = 0 \cdot 1 + \overline{0+1} + \overline{0} \cdot 1 \cdot \overline{1} = 0$$

ב. פישוט הפונקציה

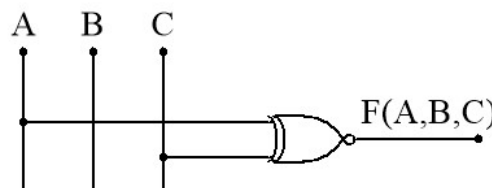
$$F(A, B, C) = AC + \overline{A+C} + \overline{A}B\overline{C}$$

$$= AC + \overline{A}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C}$$

$$= AC + \overline{A}\overline{C}(1+B) = AC + \overline{A}\overline{C}$$

$$F(A, B, C) = \overline{A \oplus C}$$

ג. מימוש הפונקציה





שאלה 2

נתונה הפונקציה: $F(A, B, C) = \bar{A}\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}BC$

- חשב את ערך הפונקציה F כאשר נתון: $A = '0'$, $B = '0'$, $C = '1'$
- פשט את הפונקציה F הנתונה, ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)
- ממש את הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

פתרון

א. ערך הפונקציה כאשר נתון: $A = '0'$, $B = '0'$, $C = '1'$

$$F(A, B, C) = \bar{A}\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}BC$$

$$F(0, 0, 1) = \bar{0} \cdot \bar{1} + \bar{0} \cdot \bar{0} \cdot 1 + \bar{0} \cdot 0 \cdot 1 = 1$$

ב. פישוט הפונקציה

$$F(A, B, C) = \bar{A}\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}BC$$

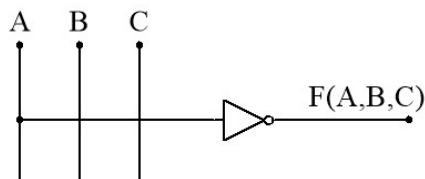
$$= \bar{A} \cdot (\bar{C} + \bar{B}C + BC)$$

$$= \bar{A} \cdot (\bar{C} + C \cdot (\bar{B} + B))$$

$$= \bar{A} \cdot (\bar{C} + C)$$

$$F(A, B, C) = \bar{A}$$

ג. מימוש הפונקציה





שאלה 3

נתונה הפונקציה הבוליאנית: $F(A,B,C) = \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}\bar{C} + \bar{A}BC$

- חשב את ערך הפונקציה F כאשר נתון: $A = '0'$, $B = '0'$, $C = '1'$
- פשט את הפונקציה F הנתונה, ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)
- ממש את הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

פתרון

א. ערך הפונקציה כאשר נתון: $A = '0'$, $B = '0'$, $C = '1'$

$$F(A,B,C) = \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}\bar{C} + \bar{A}BC$$

$$F(0,0,1) = \bar{0} \cdot \bar{0} \cdot 1 + \bar{0} \cdot \bar{1} + \bar{0} \cdot 0 \cdot \bar{1} = 1$$

ב. פישוט הפונקציה

$$F(A,B,C) = \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}\bar{C} + \bar{A}BC$$

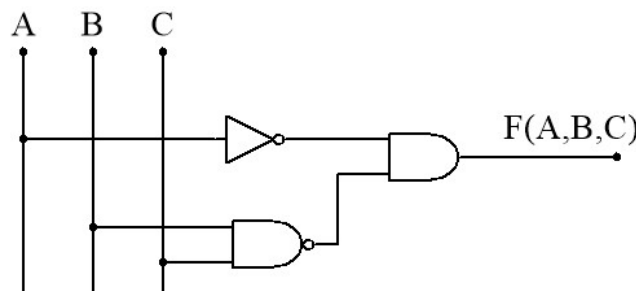
$$= \bar{A} \cdot (\bar{B}C + \bar{C} + BC)$$

$$= \bar{A} \cdot (\bar{B}C + \bar{C} \cdot (1+B))$$

$$= \bar{A} \cdot (\bar{B}C + \bar{C})$$

$$F(A,B,C) = \bar{A} \cdot (\bar{B} + \bar{C}) = \bar{A} \cdot \overline{BC}$$

ג. מימוש הפונקציה





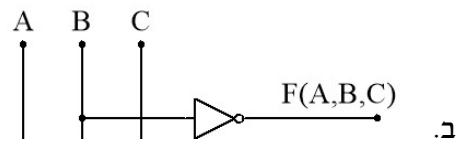
שאלה 4

נתונה הפונקציה : $F(A, B, C) = A\bar{B} + \overline{A+B} + \bar{A}\bar{B}C$

- א. פשט את הפונקציה F הנתונה, ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)
- ב. ממש את הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

תשובות סופיות

א. $F(A, B, C) = \bar{B}$



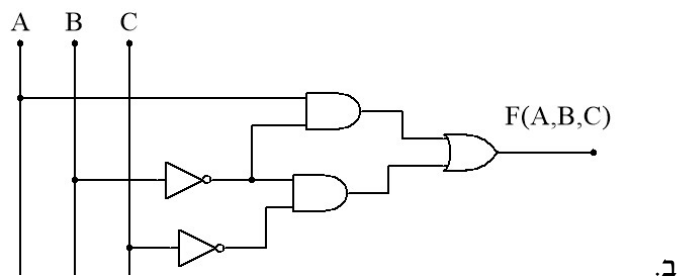
שאלה 5

נתונה הפונקציה : $F(A, B, C) = A\bar{B} + \overline{B+C} + \bar{A}\bar{B}\bar{C}$

- א. פשט את הפונקציה F הנתונה באמצעות כללי האלגברה הבוליאנית, ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)
- ב. ממש את הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

תשובות סופיות

א. $F(A, B, C) = A\bar{B} + \bar{B}\bar{C}$





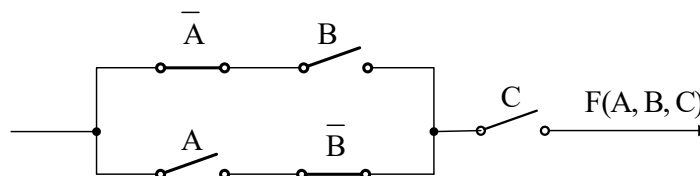
שאלה 6

נתונה הפונקציה F של המשתנים הבוליאניים A, B ו-C :

$$F(A, B, C) = (A\bar{B} + \bar{A}B) \cdot C$$

- א. סרטט מימוש באמצעות מתגים של הפונקציה F.
- ב. מחברים נורה למוצא מערכת המתגים שסרטטת בתשובתך לסעיף א'. האם הנורה תידלק כאשר : $A = '1'$, $B = '1'$, $C = '1'$, נמק את תשובתך.

תשובות סופיות



א.

- ב. כאשר $A = '1'$, $B = '1'$, $C = '1'$ הנורה תהיה כבויה.

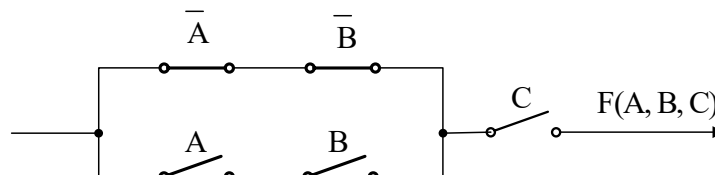
שאלה 7

נתונה הפונקציה F של המשתנים הבוליאניים A, B ו-C :

$$F(A, B, C) = (\bar{A}\bar{B} + AB) \cdot C$$

- א. סרטט מימוש באמצעות מתגים של הפונקציה F.
- ב. מחברים נורה למוצא מערכת המתגים שסרטטת בתשובתך לסעיף א'. האם הנורה תידלק כאשר : $A = '1'$, $B = '1'$, $C = '1'$, נמק את תשובתך.

תשובות סופיות



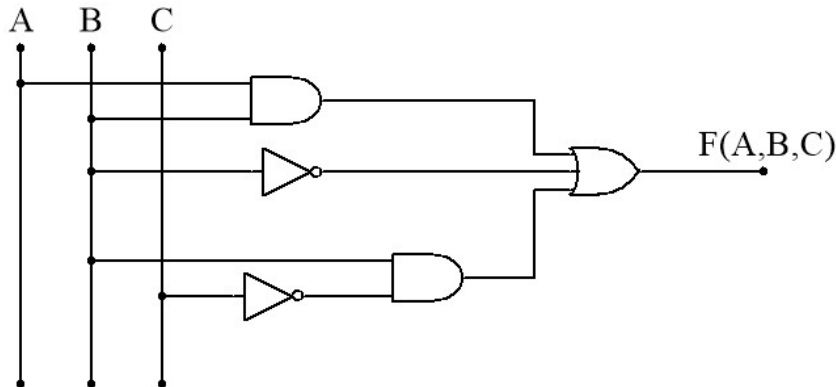
א.

- ב. כאשר $A = '1'$, $B = '1'$, $C = '1'$ הנורה תפעל.

שערים לוגיים

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות שערים לוגיים.

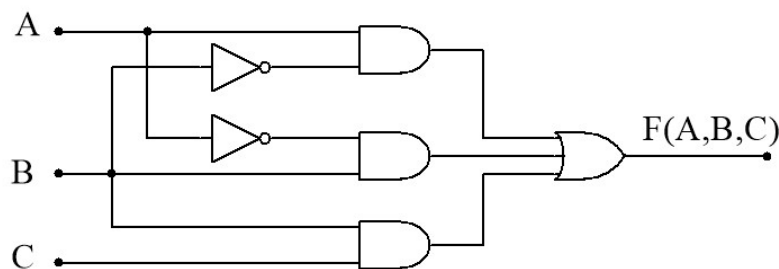


איור לשאלה 1

- רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים).

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות שערים לוגיים.

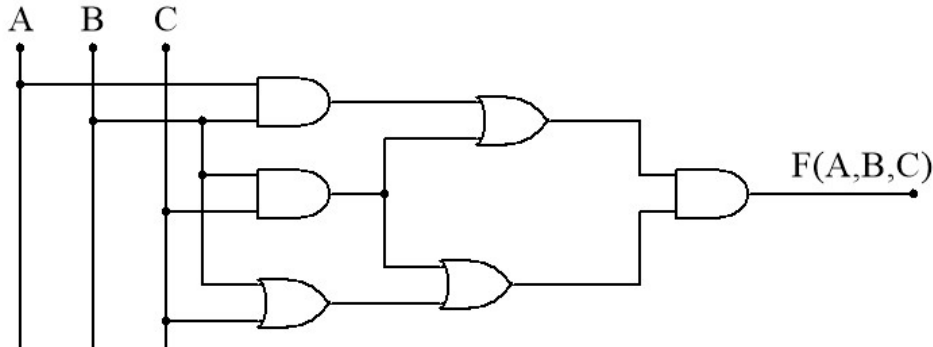


איור לשאלה 2

- רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים).
- חשב את ערך הפונקציה F כאשר נתון: $A = '1'$, $B = '0'$, $C = '0'$.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות שערים לוגיים.

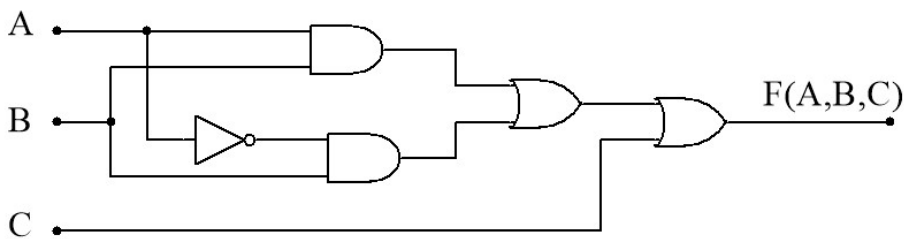


איור לשאלה 3

- רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים).
- ממש את הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות שערים לוגיים.

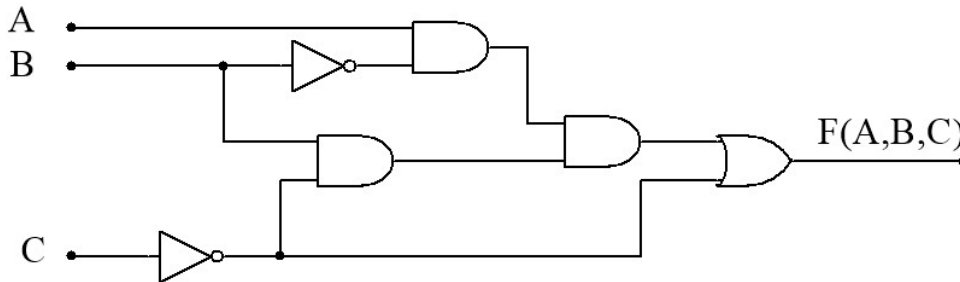


איור לשאלה 4

- רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים).
- חשב את ערך הפונקציה F כאשר נתון: $A = '0'$, $B = '1'$, $C = '1'$.

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות שערים לוגיים.

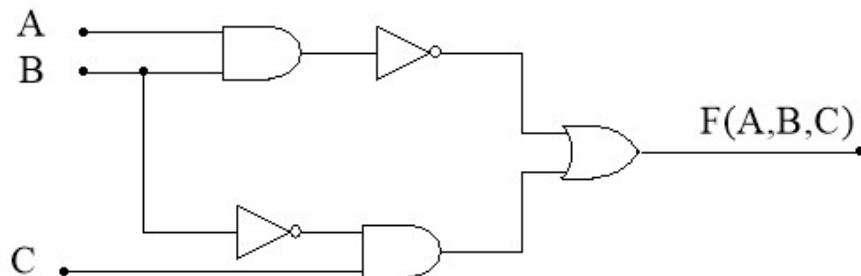


איור לשאלה 5

- רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות שערים לוגיים.

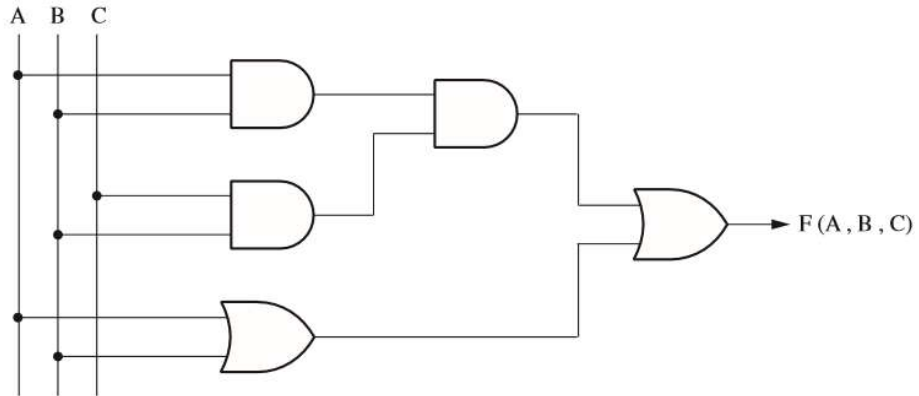


איור לשאלה 6

- רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות שערים לוגיים.

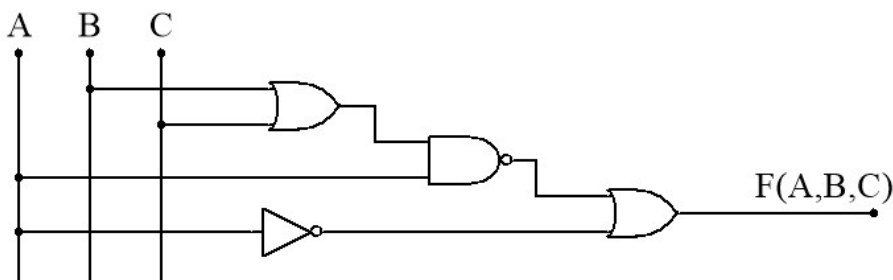


איור לשאלה 7

- א. רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$.
- ב. פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים).
- ג. סרטט מימוש באמצעות שערים לוגיים של הפונקציה F המפושטת.

שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות שערים לוגיים.

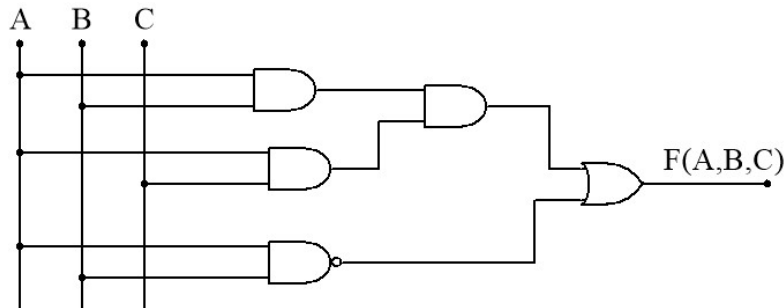


איור לשאלה 8

- א. רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$.
- ב. פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים).

שאלה 9

באיור לשאלה 9 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות שערים לוגיים.

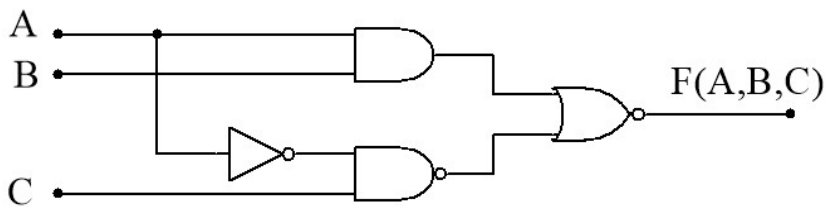


איור לשאלה 9

- א. רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$.
- ב. פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)

שאלה 10

באיור לשאלה 10 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות שערים לוגיים.

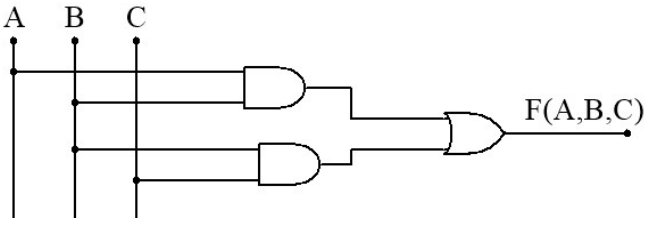


איור לשאלה 10

- א. רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$.
- ב. פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)
- ג. ממש את הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.



שערים לוגיים : תשובות סופיות

מספר שאלה	תשובות סופיות
1	<p>א. $F(A,B,C) = AB + \bar{B} + \bar{C}$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = A + \bar{B} + \bar{C}$</p>
2	<p>א. $F(A,B,C) = A\bar{B} + \bar{A}B + BC$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = (A \oplus B) + BC$</p> <p>ג. $F(1,0,0) = 1$</p>
3	<p>א. $F(A,B,C) = (AB + BC) \cdot (BC + B + C)$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = AB + BC$</p> <p>ג. מימוש הפונקציה המצומצמת בעזרת שערים לוגיים</p> 
4	<p>א. $F(A,B,C) = AB + \bar{A}B + C$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = B + C$</p> <p>ג. $F(0,1,1) = 1$</p>
5	<p>א. $F(A,B,C) = A\bar{B} \cdot \bar{B}\bar{C} + \bar{C}$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = \bar{C}$</p>
6	<p>א. $F(A,B,C) = \overline{AB + \bar{B}C}$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = \bar{A} + \bar{B} = \overline{A \cdot B}$</p> <p>ג. מימוש הפונקציה המצומצמת בעזרת שערים לוגיים</p>



<p>$F(A,B,C) = AB \cdot BC + A + B$.א</p> <p>$F(A,B,C) = A + B$.ב</p> <p>ג. מימוש הפונקציה המצומצמת בעזרת שערים לוגיים</p>	7
<p>$F(A,B,C) = \overline{(B+C)} \cdot \overline{A} + \overline{A}$.א</p> <p>$F(A,B,C) = \overline{A} + \overline{B} \overline{C}$.ב</p>	8
<p>$F(A,B,C) = AB \cdot AC + \overline{A} \cdot \overline{B}$.א</p> <p>$F(A,B,C) = \overline{A} + \overline{B} + C$.ב</p>	9
<p>$F(A,B,C) = \overline{\overline{AB} + \overline{\overline{AC}}}$.א</p> <p>$F(A,B,C) = \overline{A}$.ב</p> <p>ג. מימוש הפונקציה המצומצמת בעזרת שערים לוגיים</p>	10



מפת קרנו

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתונה מפת קרנו המציגה את הפונקציה F של המשתנים הבוליאניים A, B, C

	AB	00	01	11	10
C	0	0	1	1	0
	1	0	0	1	0

איור לשאלה 1

- א. רשום ביטוי מפורט לפונקציה $F(A, B, C)$, על-פי מפת קרנו הנתונה.
 ב. סרטט מימוש של הפונקציה F המפורטת באמצעות מתגים או דיאגרמת סולם.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתונה מפת קרנו המציגה את הפונקציה F של המשתנים הבוליאניים A, B, C

	AB	00	01	11	10
C	0	0	0	1	1
	1	1	0	1	1

איור לשאלה 2

- א. רשום ביטוי מפורט לפונקציה $F(A, B, C)$, על-פי מפת קרנו הנתונה.
 ב. סרטט מימוש של הפונקציה F המפורטת באמצעות מתגים או דיאגרמת סולם.



שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתונה מפת קרנו המציגה את הפונקציה F של המשתנים הבוליאניים A, B, C

	AB	00	01	11	10
C	0	1	1	1	1
C	1	1	0	1	1

איור לשאלה 3

- רשום ביטוי מפורט לפונקציה $F(A, B, C)$, על-פי מפת קרנו הנתונה.
- סרטט מימוש של הפונקציה F המפורטת באמצעות מתגים או דיאגרמת סולם.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתונה מפת קרנו המציגה את הפונקציה F של המשתנים הבוליאניים A, B, C

	AB	00	01	11	10
C	0	1	0	0	1
C	1	1	1	0	1

איור לשאלה 4

- רשום ביטוי מפורט לפונקציה $F(A, B, C)$, על-פי מפת קרנו הנתונה.
- סרטט מימוש של הפונקציה F המפורטת באמצעות מתגים או דיאגרמת סולם.



שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתונה מפת קרנו המציגה את הפונקציה F של המשתנים הבוליאניים A, B, C

	AB	00	01	11	10
C	0	0	1	1	0
C	1	1	0	\emptyset	\emptyset

איור לשאלה 5

- רשום ביטוי מפורט לפונקציה $F(A, B, C)$, על-פי מפת קרנו הנתונה.
- סרטט מימוש של הפונקציה F המפורטת באמצעות שערים לוגיים.

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתונה מפת קרנו המציגה את הפונקציה F של המשתנים הבוליאניים A, B, C

	AB	00	01	11	10
C	0	1	\emptyset	0	\emptyset
C	1	1	0	1	1

איור לשאלה 6

- רשום ביטוי מפורט לפונקציה $F(A, B, C)$, על-פי מפת קרנו הנתונה.
- סרטט מימוש של הפונקציה F המפורטת באמצעות שערים לוגיים.



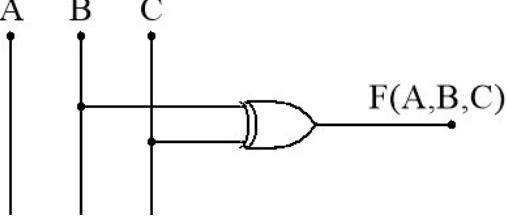
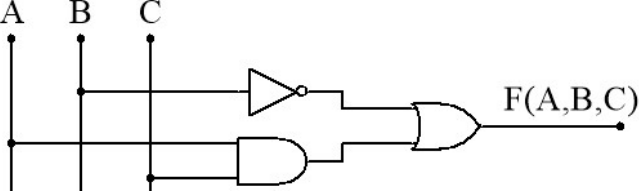
מפת קרנו : פתרונות

תשובות סופיות	מספר שאלה
$ \begin{array}{cccc} & 00 & 01 & 11 & 10 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array} $	א 1
$ \begin{array}{ccc} A & B & F(A, B, C) \\ & B & C \end{array} $	ב
$ \begin{array}{cccc} & 00 & 01 & 11 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{array} $	א 2
$ \begin{array}{ccc} A & & F(A, B, C) \\ & B & C \end{array} $	ב



<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>00</td> <td>01</td> <td>11</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </table>		00	01	11	10	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	א	3
	00	01	11	10													
0	1	1	1	1													
1	1	0	1	1													
<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>A</td> <td colspan="4">F(A, B, C)</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>	A	F(A, B, C)				B					C					ב	
A	F(A, B, C)																
B																	
C																	
<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>00</td> <td>01</td> <td>11</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> </table>		00	01	11	10	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	א	4
	00	01	11	10													
0	1	0	0	1													
1	1	1	0	1													
	ב																

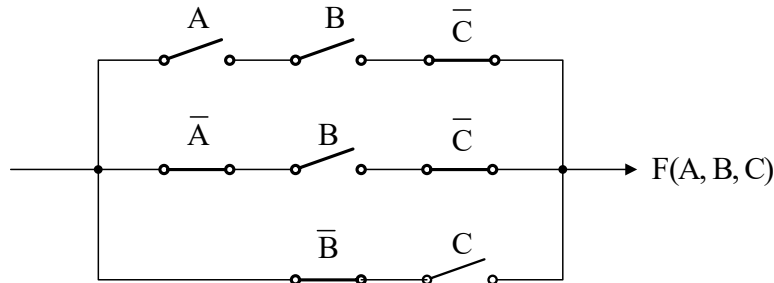


<p>00 01 11 10</p> <p>0 0 1 1 0</p> <p>1 1 0 ∅ ∅</p>	א	5
	ב	
<p>00 01 11 10</p> <p>0 1 ∅ 0 ∅</p> <p>1 1 0 1 1</p>	א	6
	ב	

מתגים

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות מערכת מתגים.

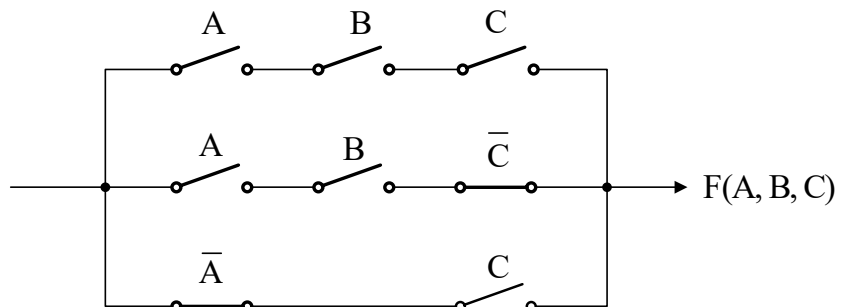


איור לשאלה 1

- רשום את הפונקציה המתוארת על-ידי מערכת המתגים שבאיור.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים.
- סרטט מימוש של הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות מערכת מתגים.

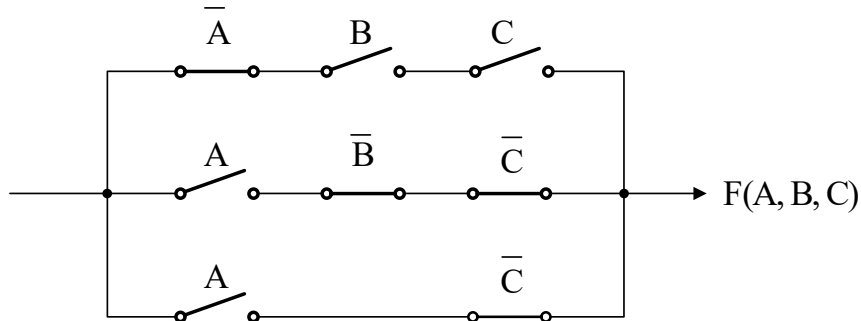


איור לשאלה 2

- רשום את הפונקציה המתוארת על-ידי מערכת המתגים שבאיור.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים.
- סרטט מימוש של הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות מערכת מתגים.

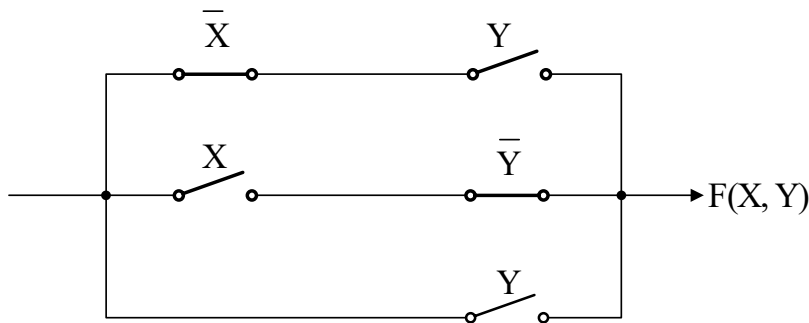


איור לשאלה 3

- רשום את הפונקציה המתוארת על-ידי מערכת המתגים שבאיור.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים.
- סרטט מימוש של הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(X, Y)$ באמצעות מערכת מתגים.

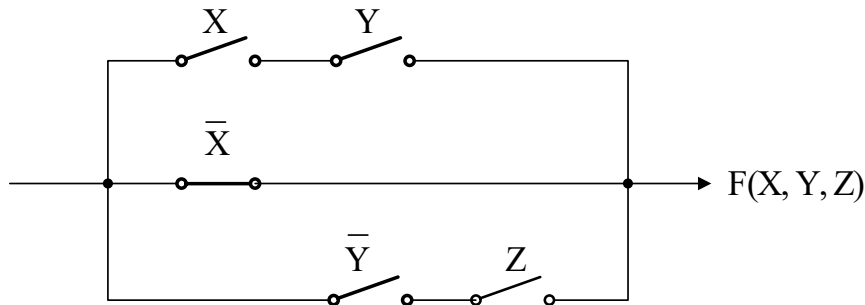


איור לשאלה 4

- רשום את הפונקציה המתוארת על-ידי מערכת המתגים שבאיור.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים.
- סרטט מימוש של הפונקציה F המפושטת באמצעות מתגים.

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(X, Y, Z)$ באמצעות מערכת מתגים.

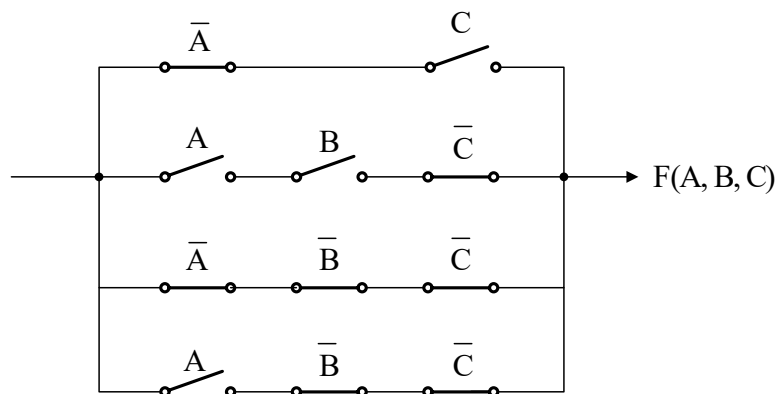


איור לשאלה 5

- רשום את הפונקציה המתוארת על-ידי מערכת המתגים שבאיור.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים.
- סרטט מימוש של הפונקציה F המפושטת באמצעות מתגים.

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות מערכת מתגים.

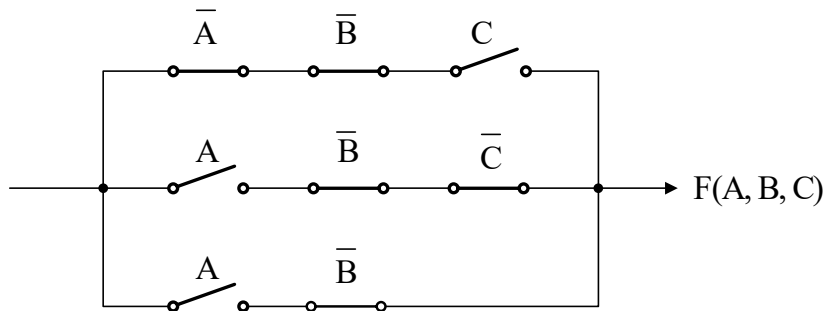


איור לשאלה 6

- רשום את הפונקציה המתוארת על-ידי מערכת המתגים שבאיור.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים.
- סרטט מימוש של הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות מערכת מתגים.

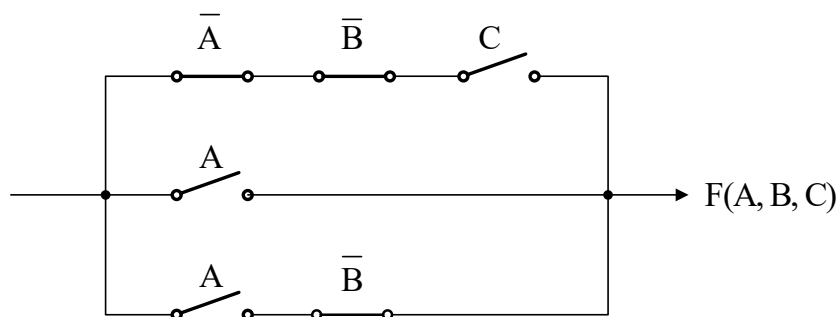


איור לשאלה 7

- רשום את הפונקציה המתוארת על-ידי מערכת המתגים שבאיור.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים).
- סרטט מימוש של הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות מערכת מתגים.

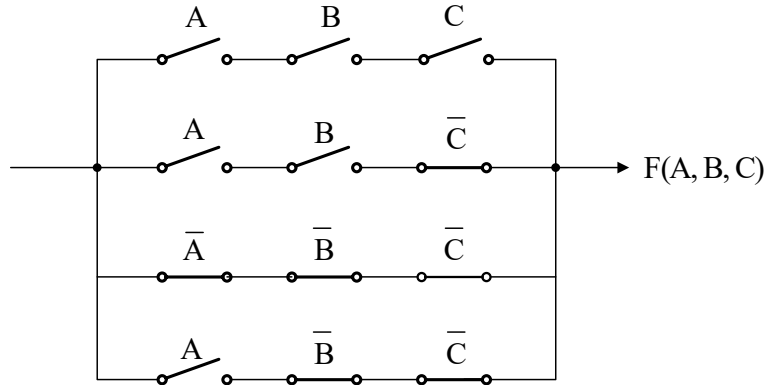


איור לשאלה 8

- רשום את הפונקציה המתוארת על-ידי מערכת המתגים שבאיור.
- פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים.
- סרטט מימוש של הפונקציה F המפושטת באמצעות מתגים.

שאלה 9

באיור לשאלה 9 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות מערכת מתגים.

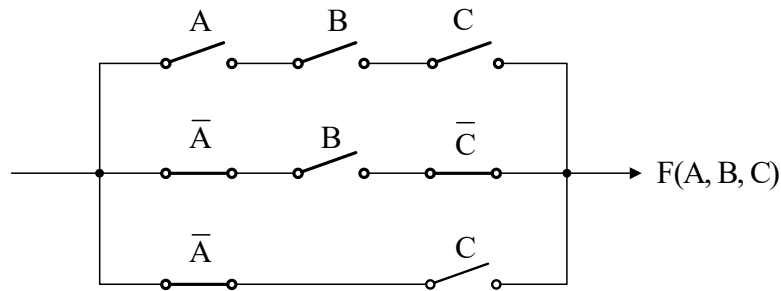


איור לשאלה 9

- א. רשום את הפונקציה המתוארת על-ידי מערכת המתגים שבאיור.
- ב. פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים.
- ג. סרטט מימוש של הפונקציה F המפושטת באמצעות מתגים.

שאלה 10

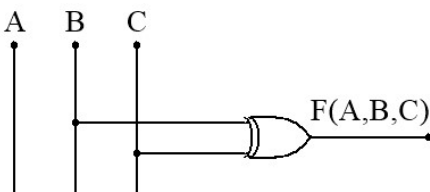
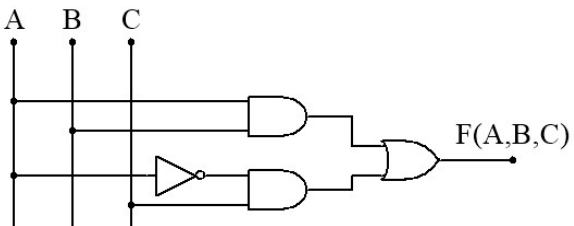
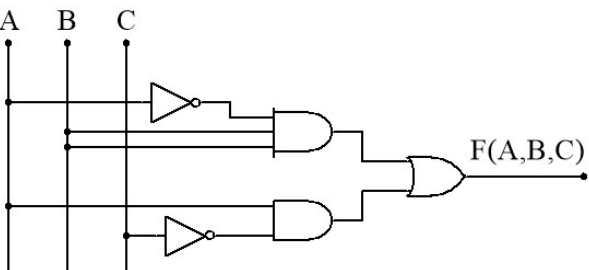
באיור לשאלה 10 נתון המימוש של פונקציה לוגית $F(A, B, C)$ באמצעות מערכת מתגים.



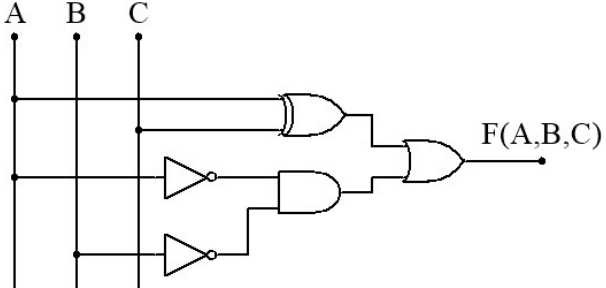
איור לשאלה 10

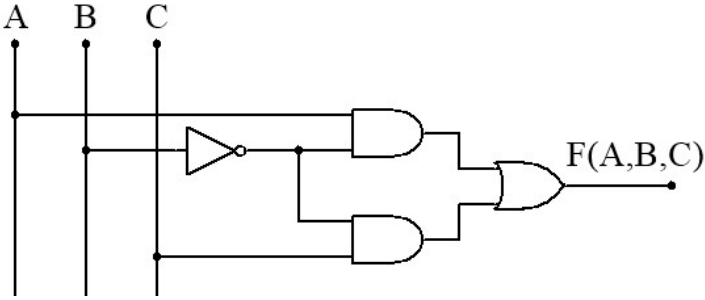
- א. רשום את הפונקציה המתוארת על-ידי מערכת המתגים שבאיור.
- ב. פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום ליטרלים.
- ג. סרטט מימוש של הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

מתגים : תשובות סופיות

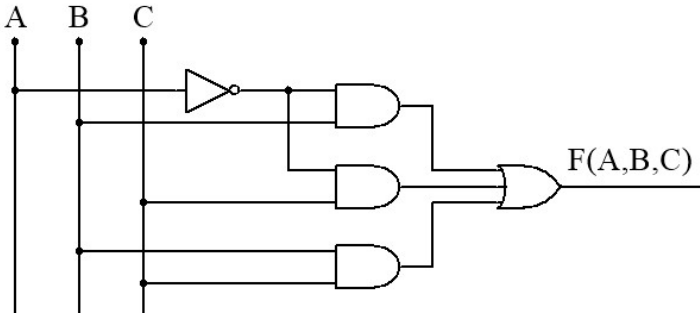
מספר שאלה	תשובות סופיות
1	<p>א. $F(A,B,C) = ABC + \bar{A}BC + \bar{A}\bar{B}C$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = B\bar{C} + \bar{B}C = B \oplus C$</p> <p>ג. מימוש הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים</p> 
2	<p>א. $F(A,B,C) = ABC + AB\bar{C} + \bar{A}C$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = AB + \bar{A}C$</p> <p>ג. מימוש של הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים</p> 
3	<p>א. $F(A,B,C) = \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + A\bar{C}$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = \bar{A}BC + A\bar{C}$</p> <p>ג. מימוש הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים</p> 



<p>א. $F(X,Y) = \bar{X}Y + X\bar{Y} + Y$</p> <p>ב. $F(X,Y) = X + Y$</p> <p>ג. מימוש הפונקציה F המפושטת באמצעות מתגים</p> <p style="text-align: center;">X</p> <p style="text-align: right;">F(X, Y)</p> <p style="text-align: center;">Y</p>	4
<p>א. $F(X,Y,Z) = XY + \bar{X} + \bar{Y}Z$</p> <p>ב. $F(X,Y,Z) = \bar{X} + Y + Z$</p> <p>ג. מימוש הפונקציה F המפושטת באמצעות מתגים</p> <p style="text-align: center;">X</p> <p style="text-align: right;">F(X, Y, Z)</p> <p style="text-align: center;">Y</p> <p style="text-align: center;">Y</p>	5
<p>א. $F(A,B,C) = \bar{A}C + ABC + \bar{A}\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}\bar{C}$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = A \oplus C + \bar{B}\bar{C} = A \oplus C + \bar{A}\bar{B}$</p> <p>ג. מימוש של הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים</p> 	6

<p>א. $F(A,B,C) = \bar{A}\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}C$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = A\bar{B} + \bar{B}C$</p> <p>ג. מימוש של הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים</p> 	7
<p>א. $F(A,B,C) = \bar{A}\bar{B}C + A + A\bar{B}$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = A + \bar{B}C$</p> <p>ג. מימוש הפונקציה F המפושטת באמצעות מתגים</p> <p>A</p> <p>B C</p> <p>F(A, B, C)</p>	8
<p>א. $F(A,B,C) = ABC + A\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}\bar{C}$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = AB + \bar{B}\bar{C}$</p> <p>ג. מימוש הפונקציה F המפושטת באמצעות מתגים</p> <p>A B</p> <p>B C</p> <p>F(A, B, C)</p>	9



<p>א. $F(A,B,C) = ABC + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}\bar{C}$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = \bar{A}B + \bar{A}C + BC$</p> <p>ג. מימוש הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>10</p>
---	-----------



טבלאות אמת

שאלה 1

לפניך טבלת האמת של הפונקציה הבוליאנית F

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

איור לשאלה 1

- א. רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$, על-פי טבלת האמת הנתונה.
 ב. פשט את הפונקציה F, ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)

פתרון

- א. למציאת הפונקציה הקנונית לפי טבלת האמת, נוסיף עמודה נוספת של ערך מספרי המיוצג עם המשתנים A,B,C, ונדגיש את השורות שבהם הפונקציה מקבלת את הערך '1'.

ערך מספרי	A	B	C	F
0	0	0	0	1
1	0	0	1	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	0
4	1	0	0	1
5	1	0	1	0
6	1	1	0	0
7	1	1	1	0

$$F(A,B,C) = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}BC = \sum(0, 2, 4)$$

- ב. מפישוט הפונקציה מקבלים: $F(A,B,C) = \overline{A}\overline{C} + \overline{B}\overline{C}$



שאלה 2

לפניך טבלת האמת של הפונקציה הבוליאנית F

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

איור לשאלה 2

- א. רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$, על-פי טבלת האמת הנתונה.
 ב. פשט את הפונקציה F, באמצעות מפ קרנו, ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)

שאלה 3

לפניך טבלת האמת של הפונקציה הבוליאנית F

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

איור לשאלה 3

- א. רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$, על-פי טבלת האמת הנתונה.
 ב. פשט את הפונקציה F, ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)
 ג. ממש את הפונקציה המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

116



המנהל למדע וטכנולוגיה
 משרד החינוך



מינהלת מל"ם המרכז הישראלי לחינוך
 מדעי וטכנולוגי ע"ש עמוס דה שליט



הטכניון
 הפקולטה לחינוך למדע
 וטכנולוגיה



שאלה 4

לפניך טבלת האמת של הפונקציה הבוליאנית F

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

איור לשאלה 4

- רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$, על-פי טבלת האמת הנתונה.
- פשט את הפונקציה F, באמצעות מפ קרנו, ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)
- ממש את הפונקציה המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

שאלה 5

לפניך טבלת האמת של הפונקציה הבוליאנית F

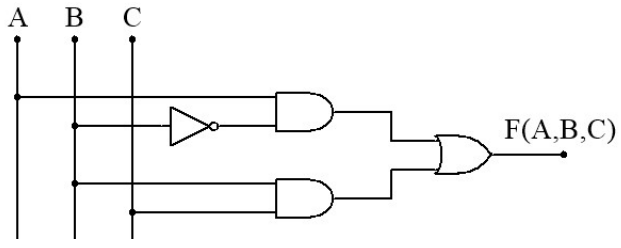
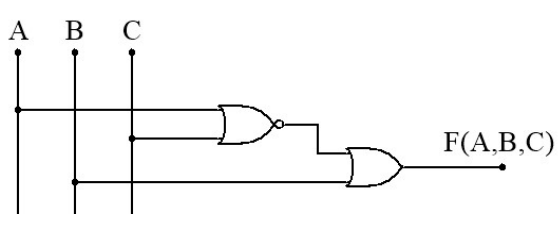
A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

איור לשאלה 5

- רשום ביטוי לפונקציה $F(A, B, C)$, על-פי טבלת האמת הנתונה.
- פשט את הפונקציה F, ובטא אותה במינימום ליטרלים (משתנים)



טבלת אמת : תשובות סופיות

מספר שאלה	תשובות סופיות
2	<p>א. $F(A,B,C) = \sum(3,5,7)$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = BC + AC$</p>
3	<p>א. $F(A,B,C) = \sum(3,4,5,7)$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = BC + A\bar{B}$</p> <p>ג. מימוש עם שערים לוגיים</p> 
4	<p>א. $F(A,B,C) = \sum(0,2,3,6,7)$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = \bar{A}\bar{C} + B = \overline{A+C} + B$</p> <p>ג. מימוש עם שערים לוגיים</p> 
5	<p>א. $F(A,B,C) = \sum(0,2,4,2,5,6)$</p> <p>ב. $F(A,B,C) = A\bar{B} + \bar{C}$</p>



לקט שאלות בהמרת אנרגיה לשאלון 845589

- 120..... פרק 1 – שנאים
- 120..... שנאי חד מופעי
- 130..... שנאי תלת מופעי
- 140..... פרק 2 – מכונה לזרם ישר
- 140..... מנוע לזרם ישר בעירור טורי
- 141..... מנוע לזרם ישר בעירור מקבילי
- 151..... מנוע לזרם ישר בעירור זר
- 152..... מחולל לזרם ישר בעירור טורי
- 156..... מחולל לזרם ישר בעירור מקבילי
- 161..... מחולל לזרם ישר בעירור זר
- 166..... פרק 3 – מכונה אסינכרונית



פרק 1 – שנאים

שנאי חד מופעי

שאלה 1

שנאי חד מופעי אידיאלי מוזן מרשת החשמל בתדר של 50 הרץ. שטח החתך של האחיד של גרעין השנאי הוא: 0.015 ממ"ר. והשדה המגנטי המרבי שלו הוא: $1.5 \frac{Wb}{m^2}$. המתח בסליל הראשוני של השנאי הוא 250 וולט. והמתח בסליל השניוני הוא 125 וולט.

א. חשב את יחס ההשנאה של השנאי.

ב. חשב את מספר הכריכות בסליל הראשוני ובסליל השניוני.

פתרון

א. חישוב יחס השנאה

$$a = \frac{U_1}{U_2} = \frac{250}{125} = 2$$

ב. חישוב מס כריכות בראשוני וגם בשניוני.

$$E_1 = 4.44 \cdot f \cdot \phi_{\max} \cdot N_1$$

$$B = \frac{\phi_{\max}}{A} \Rightarrow \phi_{\max} = B \cdot A = 1.5 \cdot 0.015 = 22.5 \text{ mWb}$$

$$N_1 = \frac{E_1}{4.44 \cdot f \cdot \phi_{\max}} = \frac{250}{4.44 \cdot 50 \cdot 22.5 \cdot 10^{-3}} = 50$$

$$a = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow N_2 = \frac{N_1}{a} = \frac{50}{2} = 25$$





שאלה 2

הספקו של שנאי אידיאלי חד מופעי הוא 5 kVA, ויחס השנאה 120 .
מספר הכריכות בסליל השניוני 50, הכא"מ המושרה בסליל הראשוני הוא 600 V,
והתדירות היא 50 Hz.

- חשב את מספר הכריכות בסליל הראשוני.
- חשב את הכא"מ המושרה בסליל השניוני.
- חשב את השטף המרבי בגרעין השנאי.

פתרון

א. שנאי אידיאלי- חישוב מס' כריכות בראשוני.

$$a = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow N_1 = a \cdot N_2 = 120 \cdot 50 = 6000$$

ב. חישוב כא"מ בסליל השניוני.

$$a = \frac{E_1}{E_2} \rightarrow E_2 = \frac{E_1}{a} = \frac{600}{120} = 5V$$

ג. חישוב השטף המרבי בגרעין.

$$E_1 = 4.44 \cdot f \cdot \phi_{\max} \cdot N_1$$
$$\phi_{\max} = \frac{E_1}{4.44 \cdot f \cdot N_1} = \frac{600}{4.44 \cdot 50 \cdot 6000} = 0.45 \text{ mWb}$$



שאלה 3

נתוניו של שנאי חד-מופעי הם: $12 / 0.4 \text{ kV}$, 100 kVA , 50 Hz .

בניסוי קצר של שנאי התקבלו התוצאות הבאות: 500 V , 8 A , 1 kW .

- א. חשב את עכבת הקצר, התנגדות הקצר והיגב הקצר של השנאי הנתון.
ב. חשב את מפל המתח באחוזים ואת המתח בסליל השניוני, כאשר השנאי הנתון מועמס בעומס השראותי של 85 kVA ובעל מקדם הספק של 0.7 .

פתרון

א. חישוב עכבת הקצר, Z_k .

$$Z_k = \frac{U_k}{I_k} = \frac{500}{8} = 62.5 \Omega, \quad R_k = \frac{P_k}{I_k^2} = \frac{1000}{8^2} = 15.63 \Omega$$

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2}$$

$$\Rightarrow X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} = \sqrt{62.5^2 - 15.63^2} = 60.51 \Omega$$

ב. חישוב $\Delta U_{\%}$, U_2

נתון: $S_2 = 85 \text{ kVA}$, $\cos \varphi_2 = 0.7$

$$\beta = \frac{S}{S_n} = \frac{85}{100} = 0.85, \quad P_k = P_{Cu}$$

$$\Delta U_{r\%} = \frac{P_k}{S_n} \cdot 100\% = \frac{1}{100} \cdot 100\% = 1\%$$

$$U_{k\%} = \frac{U_k}{U_n} \cdot 100\% = \frac{500}{12000} \cdot 100\% = 4.17\%$$

$$\Delta U_{x\%} = \sqrt{U_{k\%}^2 - \Delta U_{r\%}^2} = \sqrt{4.17^2 - 1^2} = 4.04\%$$

$$\Delta U_{\%} = \beta \cdot (\Delta U_{r\%} \cdot \cos \varphi_2 + \Delta U_{x\%} \cdot \sin \varphi_2)$$

$$\Delta U_{\%} = 0.85 \cdot (1 \cdot 0.7 + 4.04 \cdot 0.71) = 3.03\%$$

$$U_2 = U_{2n} = \left(1 - \frac{\Delta U_{\%}}{100}\right) = 400 \cdot \left(1 - \frac{3.03}{100}\right) = 387.88 \text{ V}$$

שאלה 4

נתוניו של שנאי חד-מופעי הם: $400 / 231 \text{ V}$, 3 kVA , 50 Hz .

בניסוי קצר בתנאים נקובים התקבלו התוצאות הבאות: $U_{k\%} = 5\%$, $\Delta P_{Cu_n} = 60 \text{ W}$

א. חשב את מפל המתח באחוזים ($\Delta U_{\%}$), ואת המתח במוצא הסליל השניוני (U_2), כאשר השנאי הנתון

מועמס עם עומס השראותי ב-70% מן העומס הנקוב ובמקדם הספק של 0.8.

ב. (1) סרטט מעגל תמורה של השנאי, כאשר הוא בקצר בצד השניוני.

(2) חשב את עכבת הקצר (Z_k), התנגדות הקצר (R_k) והיגב הקצר (X_k) של

השנאי הנתון. (הנח כי: $R_1 = R_2'$ ו- $X_1 = X_2'$)

פתרון

א. מפל המתח באחוזים ($\Delta U_{\%}$), ומתח במוצא הסליל השניוני (U_2)

נתון: $U_{k\%} = 5\%$, $\Delta P_{Cu_n} = 60 \text{ W}$

$\beta = 0.7$, $\cos \varphi_2 = 0.8$, $P_k = \Delta P_{Cu}$

$$\Delta U_{r\%} = \frac{\Delta P_{Cu}}{S_n} \cdot 100\% = \frac{60}{3000} \cdot 100\% = 2\%$$

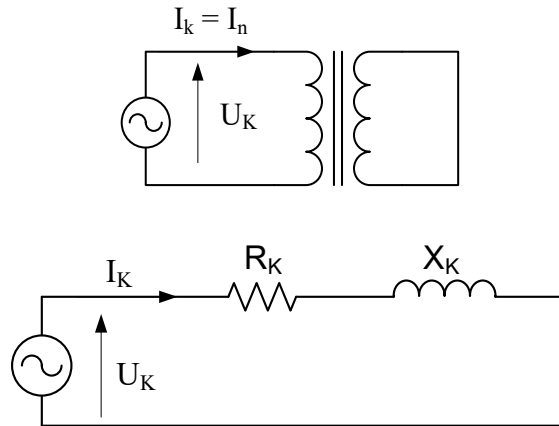
$$\Delta U_{x\%} = \sqrt{U_{k\%}^2 - \Delta U_{r\%}^2} = \sqrt{5^2 - 2^2} = 4.58\%$$

$$\Delta U_{\%} = \beta \cdot (\Delta U_{r\%} \cdot \cos \varphi_2 + \Delta U_{x\%} \cdot \sin \varphi_2)$$

$$\Delta U_{\%} = 0.7 \cdot (2 \cdot 0.8 + 4.58 \cdot 0.6) = 3.04\%$$

$$U_2 = U_{2n} = \left(1 - \frac{\Delta U_{\%}}{100}\right) \cdot 231 = 231 \cdot \left(1 - \frac{3.04}{100}\right) = 223.98 \text{ V}$$

ב. (1) מעגל תמורה – שנאי בקצר



(2) עכבת הקצר (Z_k), התנגדות הקצר (R_k) והיגב הקצר (X_k) של השנאי הנתון.

$$\begin{aligned} R_1 &= R_2' & X_1 &= X_2' \\ R_k &= R_1 + R_2' & X_k &= X_1 + X_2' \\ R_k &= 2 \cdot R_1 & X_k &= 2 \cdot X_1 \end{aligned}$$

$$U_k = \frac{U_{k\%}}{100} \cdot U_n = \frac{5}{100} \cdot 400 = 20V$$

$$I_k = I_n = \frac{S_n}{U_n} = \frac{3000}{400} = 7.5A$$

$$Z_k = \frac{U_k}{I_k} = \frac{20}{7.5} = 2.667 \Omega$$

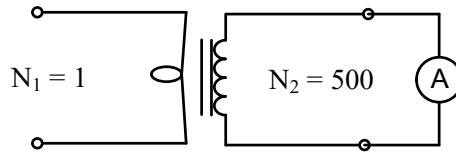
$$R_k = \frac{P_k}{I_k^2} = \frac{60}{7.5^2} = 1.067 \Omega$$

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2}$$

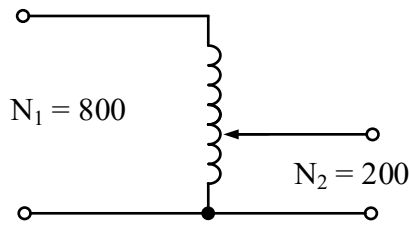
$$\Rightarrow X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} = \sqrt{2.667^2 - 1.067^2} = 2.444 \Omega$$

שאלה 5

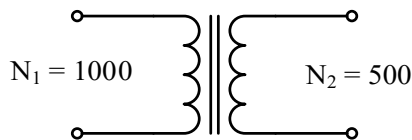
באיור לשאלה, מתוארים שלושה סוגי שנאים, המסומנים באותיות א – ג. ציין את שמו של כל אחד מן השנאים ורשום את תחום השימוש שלו.



איור א'



איור ב'



איור ג'

פתרון

שנאי למדידת זרם.

מאפשר הקטנת הזרם פי 500 מהזרם בקו.

$N_1 = 1$ $N_2 = 500$ A

שנאי עצמי.

משנה את המתח במוצא בהתאם למיקום

הריאוסטט.

$N_1 = 800$

$N_2 = 200$

שנאי מתח.

במקרה המופיע באיור, שנאי זה מוריד את

$N_1 = 1000$

$N_2 = 500$

המתח פי 2.



שאלה 6

שנאי אידיאלי חד-מופעני מוזן בצד הראשוני שלו במתח חילופין $230\text{ V} / 50\text{ Hz}$. מספר הליפופים של הסליל בצד הראשוני של השנאי הוא 500. השנאי מועמס בצד השניוני שלו בצרכן אומי טהור (גוף חימום) שהתנגדותו $20\ \Omega$ וזרם דרכו זרם של 8 A .

- חשב את המתח במוצא השנאי.
- חשב את יחס ההשנאה של השנאי, a .
- חשב את הזרם בסליל הראשוני של השנאי.
- חשב את השטף המרבי בגרעין השנאי.

פתרון:

א. המתח במוצא השנאי.

$$U_2 = I_2 \cdot R_L = 8 \cdot 20 = 160\text{ V}$$

ב. חשב את יחס ההשנאה של השנאי, a .

$$a = \frac{U_1}{U_2} = \frac{230}{160} = 1.4375$$

ג. חשב את הזרם בסליל הראשוני של השנאי.

$$a = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$I_1 = \frac{I_2}{a} = \frac{8}{1.4375} = 5.565\text{ A}$$

ד. חשב את השטף המרבי בגרעין השנאי.

$$a = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow N_2 = \frac{N_1}{a} = \frac{500}{1.4375} = 348$$

$$E_1 = 4.44 \cdot f \cdot \phi_{\max} \cdot N \quad , \quad E_1 = U_1$$

$$\phi_{\max} = \frac{E_1}{4.44 \cdot f \cdot N_1} = \frac{230}{4.44 \cdot 50 \cdot 500} = 2.072\text{ mWb}$$



שאלה 7

נתון שנאי חד פאזי מתח נקוב של 240 וולט. רכיבי מעגל תמורה של השנאי בריקם:

$$R_0 = 1.6 k\Omega, \quad X_0 = 2 k\Omega$$

- א. חשב את זרם המגנט, הזרם בריקם והרכיב האקטיבי של הזרם בריקם.
 ב. חשב את ההספק ומקדם ההספק של השנאי בריקם.

פתרון

א. חישובי זרמים

$$I_{0a} = \frac{U_{1n}}{R_0} = \frac{240}{1600} = 0.15 [A] \quad I_{0r} = \frac{U_{1n}}{X_0} = \frac{240}{2000} = 0.12 [A]$$

$$I_0 = I_{0a} - jI_{0r} = 0.15 - j0.12 = 0.192 \angle -38.7^\circ [A]$$

ב. הספק ומקדם ההספק של השנאי בריקם

$$P_0 = \frac{U_{1n}^2}{R_0} = \frac{240^2}{1600} = 36 [W] \quad \cos \varphi = \cos(38.7) = 0.78$$

שאלה 8

שנאי חד פאזי בעל הספק נקוב 20 kV, מתחים נקובים: 1600/400V. בוצעו ניסויים בריקם ובקצר, והתקבלו הנתונים הבאים:

$$U_K = 60V, \quad \cos \varphi_K = 0.25 \quad \text{בניסוי בקצר}$$

$$I_0 = 0.5 A, \quad \cos \varphi_0 = 0.45 \quad \text{בניסוי בריקם}$$

- א. חשב את הפסדי הברזל בשנאי.
 ב. חשב את רכיבי מעגל התמורה של השנאי בריקם.
 ג. חשב את הפסדי הנחשת הנקובים.
 ד. חשב את רכיבי מעגל התמורה של השנאי בקצר.

פתרון

א. חישוב הפסדי ברזל

$$\Delta P_{fe} = P_0 = I_0 \cdot U_{1n} \cdot \cos \varphi_0 = 0.5 \cdot 1600 \cdot 0.45 = 360 [W]$$

ב. חישוב רכיבי מעגל התמורה של השנאי בריקס (R_0, X_0)

$$I_{0a} = I_0 \cdot \cos \varphi_0 = 0.5 \cdot 0.45 = 0.225 A$$

$$R_0 = \frac{U_{1n}}{I_{0a}} = \frac{1600}{0.225} = 7111 \Omega$$

$$I_{0r} = I_0 \cdot \sin \varphi_0 = 0.5 \cdot 0.893 = 0.4465 [A]$$

$$X_0 = \frac{U_{1n}}{I_{0r}} = \frac{1600}{0.4465} = 3583.4 \Omega$$

ג. חישוב הפסדי הנחשת הנקובים

זרם הקצר שווה לזרם הנומינלי בסליל הראשוני, לכן

$$I_K = I_{1n} = \frac{S}{U_{1n}} = \frac{20 \cdot 10^3}{1600} = 12.5 [A]$$

$$\Delta P_{cu} = P_k = I_{1n} \cdot U_k \cdot \cos \varphi_k = 12.5 \cdot 60 \cdot 0.25 = 187.5 [W]$$

ד. חישוב רכיבי מעגל התמורה של השנאי בקצר (R_k, X_k)

$$R_K = \frac{P_K}{I_K^2} = \frac{187.5}{12.5^2} = 1.2 \Omega$$

$$Z_K = \frac{U_K}{I_K} = \frac{60}{12.5} = 4.8 \Omega$$

$$X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2} = \sqrt{4.8^2 - 1.2^2} = 4.65 \Omega$$

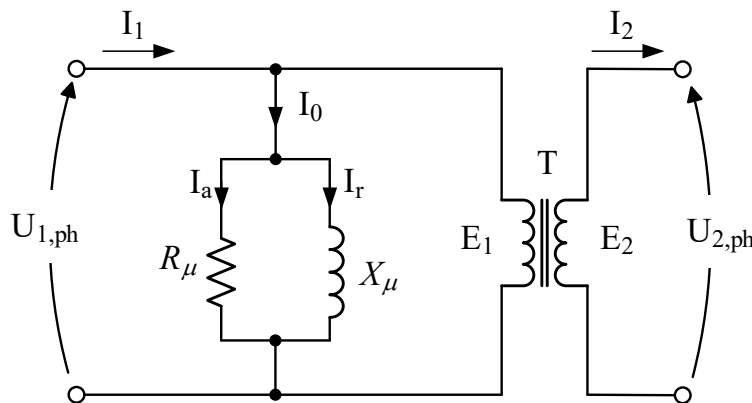
שאלה 9

נתון שנאי חד פאזי 230/125 וולט. תדירות 50 הרץ. מס' כריכות בראשוני 175
 בשנאי זה בוצע ניסוי בריקם ונתקבלו התוצאות הבאות: $\cos \varphi = 0.28$, $I_0 = 5[A]$

- חשב את הפסדי ברזל.
- חשב את זרם המגנט.
- חשב את השטף המגנטי של ליבת השנאי.

פתרון

מעגל תמורה לשנאי בריקם.



- חישוב הפסדי ברזל

$$\Delta P = I_0 \cdot U_{1n} \cdot \cos \varphi$$

$$\Delta P = 5 \cdot 230 \cdot 0.28 = 322 \text{ W}$$

- חישוב זרם המגנט

$$I_{0r} = I_0 \cdot \sin \varphi = 5 \cdot 0.96 = 4.8 \text{ A}$$

- חישוב השטף המגנטי של ליבת השנאי

$$E_1 = 4.44 \cdot N_1 \cdot f \cdot \phi_{\max}$$

$$\phi_{\max} = \frac{U_{1n}}{4.44 \cdot N_1 \cdot f} = \frac{230}{4.44 \cdot 175 \cdot 50} = 5.92 \text{ [mWb]}$$

שנאי תלת מופעי

שאלה 1

- נתוני הנקובים של שנאי תלת-מופעי בחיבור Δ/Y הם: $22 / 0.4 \text{ kV}$, 250 kVA
- מספר הכריכות בצד הראשוני הוא $N_1 = 10000$.
- א. חשב את מספר הכריכות בצד השניוני.
- ב. חשב את המתח המופעי בצד הראשוני ואת המתח המופעי בצד השניוני.
- ג. חשב את הזרם הקווי ואת הזרם המופעי בצד הראשוני ובצד השניוני בעומס נקוב.

פתרון

- א. חישוב מספר הכריכות בצד השניוני.

$$a = \frac{U_1}{U_2/\sqrt{3}} = \frac{U_1 \cdot \sqrt{3}}{U_2} = \frac{22 \cdot \sqrt{3}}{0.4} = 95.26$$

$$a = \frac{N_1}{N_2}$$

$$95.26 = \frac{10000}{N_2} \Rightarrow N_2 = 105$$

- ב. חישוב המתח המופעי בצד הראשוני והמתח המופעי בצד השניוני
- המתח המופעי בצד הראשוני הוא 22 kV
- המתח המופעי בצד השניוני הוא 230 V
- ג. חישוב הזרם הקווי והזרם המופעי בצד הראשוני ובצד השניוני בעומס נקוב.

$$I_{1,L} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 22} = 6.56 \text{ A}$$

בצד הראשוני
הסלילים מחוברים בחיבור משולש

$$I_{1,ph} = \frac{I_{1,L}}{\sqrt{3}} = \frac{6.56}{\sqrt{3}} = 3.79 \text{ A}$$

$$I_{2,L} = I_{2,ph} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 360.8 \text{ A}$$

בצד השניוני :
הסלילים מחוברים בחיבור כוכב



שאלה 2

נתוני הנקובים של שנאי תלת-מופעי בחיבור Δ / Y

הם: $400 \text{ V} / 231 \text{ V}$, $S = 14 \text{ kVA}$

בניסוי קצר בתנאים נקובים נמדדו: $\Delta P_{Cu_n} = 1600 \text{ W}$, $\Delta P_{Fe} = 1000 \text{ W}$, $U_{k\%} = 12\%$

א. חשב את מפל המתח באחוזים ($\Delta U_{\%}$) ואת המתח במוצא הסליל השניוני (U_2), כאשר השנאי מועמס

ב- 70% מן העומס הנקוב ובמקדם הספק של 0.8 (השראותי)

ב. חשב את נצילות השנאי לפי תנאי סעיף א'

פתרון

א. נתוני השאלה:

$$\Delta / Y, U = 400 \text{ V}, S = 14 \text{ kVA}, U_{k\%} = 12\%, \Delta P_{Cu_n} = 1.6 \text{ kW}, \Delta P_{Fe} = 1 \text{ kW}$$

הנחות יסוד:

$$P_0 = \Delta P_{Fe}, \quad P_k = \Delta P_{Cu}$$

$$I_0 = I_{Fe}, \quad I_{in} = I_k$$

$$U_k = \frac{U_{k\%} \cdot U_n}{100} = \frac{12 \cdot 400}{100} = 48 \text{ V}$$

$$\Delta U_{r\%} = \frac{\Delta P_{Cu_n}}{S_n} \cdot 100\% = \frac{1.6}{14} \cdot 100\% = 11.42\%$$

$$\Delta U_{x\%} = \sqrt{(\Delta U_{k\%})^2 - (\Delta U_{r\%})^2} = \sqrt{12^2 - 11.42^2} = 3.68\%$$

$$\Delta U_{\%} = \beta \cdot (\Delta U_{r\%} \cdot \cos \varphi_2 + \Delta U_{x\%} \cdot \sin \varphi_2) =$$

$$\Delta U_{\%} = 0.7 \cdot (11.42 \cdot 0.8 + 3.68 \cdot 0.6) = 7.94\%$$

ב. חישוב נצילות השנאי

$$\eta = \frac{\beta \cdot S_n \cdot \cos \varphi_2}{\beta \cdot S_n \cdot \cos \varphi_2 + \beta^2 \cdot \Delta P_{Cu} + \Delta P_{Fe}} =$$

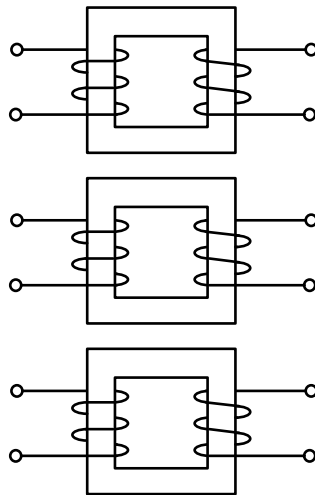
$$\eta = \frac{0.7 \cdot 14 \cdot 0.8}{0.7 \cdot 14 \cdot 0.8 + 0.7^2 \cdot 1.6 + 1} = 0.81 = 81\%$$



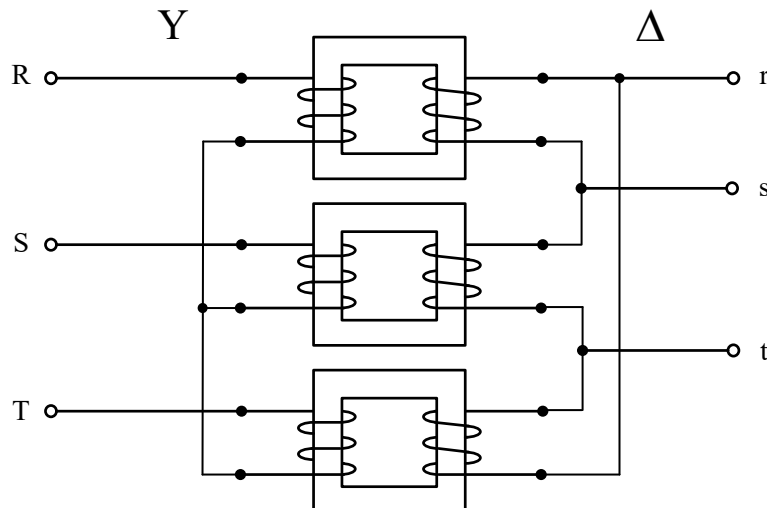


שאלה 3

- א. באיור לשאלה נתונים שלושה שנאים חד-מופעיים, שמהם מרכיבים שנאי תלת-מופעלי. העתק למחברתך את האיור וסרטט עליו את החיבורים של סלילי השנאי התלת-מופעלי, המחוברי בחיבור Y / Δ .
- ב. השנאי התלת-מופעלי שסרטטת מחובר לרשת $400\text{ V} / 50\text{ Hz}$. המתח הקווי בצד השניוני של השנאי הוא 460 V . חשב את יחס ההשנאה (יחס התמסורת) של השנאי.



פתרון



שאלה 4

נתון שנאי תלת מופעי שהספקו נקוב 700 kVA, ומתחים נקובים 14/6.5 kV.
 סלילי השנאי מחוברים בחיבור Y/d.
 בניסוי קצר בזרם נקוב התקבלו התוצאות: $P_k = 8 \text{ kW}$, $U_k = 6\%$.
 בניסוי ריקס במתח נקוב התקבלה התוצאה: $P_0 = 3 \text{ kW}$.
 עומס של 550 kVA בעל מקדם הספק 0.75 מחובר לצד השניוני של השנאי.
 חשב את המתח על העומס, כאשר השנאי מחובר מצד הראשוני למתח הנקוב שלו.

פתרון

נחשב את מתחי הקצר- האקטיבי והראקטיבי ומקדם ההעמסה

$$U_R \% = \frac{P_k}{S_n} \cdot 100 = \frac{8 \cdot 10^3}{700 \cdot 10^3} \cdot 100 = 1.14\%$$

$$U_X \% = \sqrt{U_{K\%}^2 - U_{R\%}^2} = \sqrt{6^2 - 1.14^2} = 5.89\%$$

$$\beta = \frac{S_L}{S_n} = \frac{550}{700} = 0.78$$

נחשב את מפל המתח

$$\Delta U \% = \beta(U_R \% \cdot \cos \varphi + U_X \% \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U \% = 0.78(1.14 \cdot 0.75 + 5.89 \cdot 0.661) = 3.7\%$$

חישוב המתח המשני המתפתח על העומס:

$$U_2 = U_{2n} \cdot \left(1 - \frac{\Delta U \%}{100}\right) = 6.5 \cdot 10^3 \cdot \left(1 - \frac{3.7}{100}\right) = 6.26 \text{ [kV]}$$

שאלה 5

נתוניו של שנאי תלת מופעי נקובים ושווים

$$S_n = 120 [KVA], U_1 / U_2 = 22 / 0.4 [KV], Y / Z - 11$$

$$\Delta P_{Cu_n} = 2.2 [KW], \Delta P_{fe} = 0.8 [KW], \Delta U_K \% = 4.5\%$$

- א. חשב את מקדם ההעמסה בנצילות מרבית.
 ב. חשב את נצילות השנאי בעומס נקוב ומקדם הספק 0.9.
 ג. חשב את המתח הראשוני שיש לחבר לשנאי כדי לקבל מתח וזרם משני נקוב עבור עומס השראותי עם מקדם הספק 0.92.

פתרון

מקדם ההעמסה בעמסה בנצילות מירבית נתון על-ידי הנוסחה:

$$\beta_{\eta, \max} = \sqrt{\frac{\Delta P_{fe}}{\Delta P_{Cu}}} = \sqrt{\frac{0.8}{2.2}} = 0.6$$

א. חישוב נצילות השנאי בעומס נקוב ומקדם הספק 0.9

$$\eta = \frac{\beta \cdot S \cdot \cos \varphi}{\beta \cdot S \cdot \cos \varphi + \Delta P_{fe} + \beta^2 \cdot \Delta P_{Cu}}$$

$$\eta = \frac{1 \cdot 120 \cdot 10^3 \cdot 0.9}{1 \cdot 120 \cdot 10^3 \cdot 0.9 + 0.8 \cdot 10^3 + 1^2 \cdot 2.2 \cdot 10^3} = 0.973$$

$$\eta \% = 97.3\%$$

ב. חישוב המתח הראשוני עבור עומס הפועל בנתונים נקובים
 מתח אקטיבי וריאקטיבי של המתח:

$$U_R \% = \frac{P_K}{S_n} \cdot 100 = \frac{2.2 \cdot 10^3}{120 \cdot 10^3} \cdot 100 = 1.833\%$$

$$U_X \% = \sqrt{U_{K\%}^2 - U_{R\%}^2} = \sqrt{4.5^2 - 1.833^2} = 4.11\%$$

מפל המתח על השנאי:

$$\Delta U \% = \beta (U_R \% \cdot \cos \varphi + U_X \% \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U \% = 0.6 (1.833 \cdot 0.92 + 4.11 \cdot 0.39) = 1.973\%$$

$$U_1 = U_{1n} \cdot \left(1 + \frac{\Delta U \%}{100} \right) = 22 \cdot 10^3 \cdot \left(1 + \frac{1.973}{100} \right) = 22.43 [kV]$$

שאלה 6

נתוניו של שנאי תלת מופעי נקובים ושווים :

$$S_n = 1000 [KVA], U_1 / U_2 = 6.5 / 0.4 [KV], U_K = 6\%$$

$$P_K = 8 [KW], P_{fe} = P_0 = 2 [KW]$$

- א. חשב את מקדם ההעמסה בנצילות מרבית.
- ב. חשב את נצילות השנאי המרבית עבור עומס עם מקדם הספק 0.85
- ג. חשב את המתח הראשוני שיש לחבר לשנאי כדי לקבל מתח משני נקוב עבור עומס נקוב ומקדם הספק 0.9 קיבולי.
- ד. חשב את הספק העומס ההתנגדתי עבורו תתקבל נצילות של 98%.

פתרון

מקדם ההעמסה בנצילות מרבית :

$$\beta_{\eta, \max} = \sqrt{\frac{\Delta P_{fe}}{\Delta P_{CU}}} = \sqrt{\frac{2}{8}} = 0.5$$

א. חישוב נצילות השנאי המרבית

$$\eta = \frac{\beta \cdot S \cdot \cos \varphi}{\beta \cdot S \cdot \cos \varphi + \Delta P_{fe} + \beta^2 \cdot \Delta P_{CU}}$$

$$\eta = \frac{0.5 \cdot 1000 \cdot 10^3 \cdot 0.85}{0.5 \cdot 1000 \cdot 10^3 \cdot 0.85 + 2 \cdot 10^3 + 0.5^2 \cdot 8 \cdot 10^3} = 0.99$$

$$\eta\% = 99\%$$

ב. המתח הראשוני שיש לחבר לשנאי כדי לקבל מתח משני נקוב עבור עומס נקוב ומקדם הספק 0.9 קיבולי.

$$U_R\% = \frac{P_K}{S_n} \cdot 100 = \frac{8 \cdot 10^3}{1000 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0.8\%$$

$$U_X\% = \sqrt{U_{K\%}^2 - U_{R\%}^2} = \sqrt{6^2 - 0.8^2} = 5.95\%$$

$$\Delta U\% = \beta(U_R\% \cdot \cos \varphi + U_X\% \cdot \sin \varphi)$$

$$U_1 = U_{1n} \cdot \left(1 + \frac{\Delta U\%}{100}\right) = 6.5 \cdot 10^3 \cdot \left(1 + \frac{-1.868}{100}\right) = 6.378 [KV]$$

$$\Delta U\% = 1(0.8 \cdot 0.9 - 5.95 \cdot 0.435) = -1.868\%$$



ג. חישוב מקדם העמסה עבור עומס התנגדותי טהור ($\cos\varphi = 1$) כדי לקבל נצילות 98%.

$$\eta = \frac{\beta \cdot S \cdot \cos \varphi}{\beta \cdot S \cdot \cos \varphi + \Delta P_{fe} + \beta^2 \cdot \Delta P_{cu}}$$

$$0.98 = \frac{\beta \cdot 1000 \cdot 1}{\beta \cdot 1000 \cdot 1 + 2 + \beta^2 \cdot 8}$$

$$7.84\beta^2 - 20\beta + 1.98 = 0$$

$$\beta_1 = 2.44, \quad \beta_2 = 0.103$$

$$\beta \leq 1 \Rightarrow \beta = 10.3\%$$

$$S' = S_n \cdot \beta_2 = 1000 \cdot 0.103 = 103[kVA]$$

שאלה 7

נתון שנאי תלת מופעי עם הנתונים הבאים:

$$U_n = 22/0.4[kV], \quad S_n = 630[kVA], \quad D/y$$

א. חשב את הזרמים הנקובים בצד הראשוני ובצד השניוני.

ב. חשב את מקדם ההשנאה ויחס מספר הכריכות.

פתרון

א. הזרמים הנקובים

$$I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{1n}} = \frac{630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 10^3} = 16.5[A]$$

$$I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{2n}} = \frac{630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 10^3} = 909[A]$$

ב. מקדם ההשנאה, ויחס הכריכות

$$a = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{22}{0.4} = 55$$

$$a' = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_{1ph}}{U_{2ph}} = \frac{U_{1L}}{U_{2L}} = \frac{22}{\frac{0.4}{\sqrt{3}}} = 31.75$$



שאלה 8

נתון שנאי תלת מופעי עם הנתונים הבאים:

$$S = 800[KVA], U_1/U_2 = 22/0.4[KV]$$

בניסוי קצר התקבלו הנתונים הבאים:

$$U_K = 400[V], I_K = 7.6A, \cos \varphi_k = 0.25$$

ובניסוי ריקם התקבלו הנתונים הבאים:

$$U_0 = 400[V], I_0 = 3.1A, \cos \varphi_0 = 0.7$$

- חשב את הפסדי הקצר ואת מתח הקצר הנקוב באחוזים מהמתח הנקוב.
- חשב את הפסדי הריקם ואת זרם הריקם באחוזים מהזרם הנקוב.
- חשב את נצילות השנאי כאשר המשני מועמס בעומס של 400 kW ומקדם הספק 0.8

פתרון

חישוב הפסדי הקצר וחישוב מתח הקצר הנקוב באחוזים מהמתח הנקוב.

$$I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U} = \frac{800 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 10^3} = 21[A] \quad I_K \neq I_{1n}$$

$$\beta_K = \frac{I_K}{I_{1n}} = \frac{7.6}{21} = 0.36$$

$$P_K = \sqrt{3} \cdot I_K \cdot U_K \cdot \cos \varphi_k = \sqrt{3} \cdot 7.6 \cdot 400 \cdot 0.25 = 1316.35[W]$$

$$\Delta P_{CU} = \frac{P_K}{\beta^2} = \frac{1316.35}{0.36^2} = 10157[W] = 10.157[kW]$$

$$U_K \% = \frac{U_K}{U_{1n}} = \frac{400}{22 \cdot 10^3} = 1.82\% \quad U_{Kn} \% = \frac{U_K \%}{\beta} = \frac{1.82}{0.36} = 5.05\%$$

א. חישוב הפסדי ריקם וחישוב זרם הריקם באחוזים מהזרם הנקוב.

$$P_0 = \sqrt{3} \cdot I_0 \cdot U_0 \cdot \cos \varphi_0 = \sqrt{3} \cdot 3.1 \cdot 400 \cdot 0.7 = 1503.42[W]$$

$$I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{800 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1154.7[A]$$

$$I_0 \% = \frac{I_0}{I_{2n}} \cdot 100 = \frac{3.1}{1154.7} \cdot 100 = 0.268\%$$

ב. חישוב נצילות השנאי כאשר המשני מועמס בעומס של 400 kW ומקדם הספק 0.8

$$\beta_{MAX} = \sqrt{\frac{\Delta P_{fe}}{\Delta P_{CU}}} = \sqrt{\frac{1503 \cdot 42}{10157}} = 0.385$$

$$\eta = \frac{\beta \cdot S \cdot \cos \varphi}{\beta \cdot S \cdot \cos \varphi + P_0 + \beta^2 \cdot P_K}$$

$$\eta = \frac{0.385 \cdot 800 \cdot 0.8}{0.385 \cdot 800 \cdot 0.8 + 150342 + 0.385^2 \cdot 10157} = 0.07 \rightarrow 7.57\%$$

שאלה *9

שני שנאים תלת מופעיים עם נתונים מתח נקובים 6/0.4KV מחוברים במקביל. צורת החיבורים D/y: בהתאמה. בשנאים אלו בוצעו ניסויי קצר והתקבלו התוצאות הבאות:

$$U_K = 300 [V] \rightarrow I_K = 48 [A] \rightarrow P_K = 3600 [W] \Rightarrow \text{שנאי 1}$$

$$U_K = 270 [V] \rightarrow I_K = 54 [A] \rightarrow P_K = 3645 [W] \Rightarrow \text{שנאי 2}$$

כאשר שני השנאים מזינים עומס משותף של 1000KVA - מקדם הספק 0.8 השראי.

א. רשום את התנאים ההכרחיים לחיבור שנאים אלו במקביל. הסבר את משמעותם.

ב. חשב את חלוקת העומסים של השנאים לעומס המשותף.

פתרון

א. התנאים ההכרחיים לחיבור שנאים במקביל:

1. מתחים ראשוניים ומתחים משניים זהים. כלומר גם מקדמי השנאה שווים. אחרת יזרמו בין השנאים זרמים בטרם חיבור לעומס.

2. מסי קבוצות חיבורים של שני השנאים זהה – לדוגמא שנאי D/y-5 מותר לחברו ל – לשנאי

Y/y-5. אבל אסור לחברו לקבוצת חיבורים: D/y-11.

3. מתחי קצר שווים. במצב זה העומס מתחלק שווה. מומלץ לחבר ביחד שנאים אשר הפרש בין מתחי הקצר לא יעלה על 10% מהערך הממוצע.

ב. חישוב חלוקת העומסים של השנאים לעומס המשותף

נחשב את ההספק הנקוב של כל שנאי ע"פ זרם קצר נקוב :

$$S_{n2} = \sqrt{3} \cdot I_{K2} \cdot U_{1n} = \sqrt{3} \cdot 54 \cdot 6 \cdot 10^3 = 561 [V]$$

$$S_{n1} = \sqrt{3} \cdot I_{K1} \cdot U_{1n} = \sqrt{3} \cdot 48 \cdot 6 \cdot 10^3 = 499 [V]$$

ואת מקדמי ההעמסה :

$$\beta_1 = \frac{S_{\text{עומס}}}{U_{K1} \cdot \left[\frac{S_{n1}}{U_{K1}} + \frac{S_{n2}}{U_{K2}} \right]} = \frac{1000}{300 \cdot \left[\frac{499}{300} + \frac{561}{270} \right]} = 0.891$$

$$\beta_2 = \frac{S_{\text{עומס}}}{U_{K2} \cdot \left[\frac{S_{n1}}{U_{K1}} + \frac{S_{n2}}{U_{K2}} \right]} = \frac{1000}{270 \cdot \left[\frac{499}{300} + \frac{561}{270} \right]} = 0.99$$

ועתה נוכל לחשב את חלוקת העומס בין השנאים :

$$S_1 = \beta_1 \cdot S_{n1} = 0.891 \cdot 499 = 444.6 [KVA]$$

$$S_2 = \beta_2 \cdot S_{n2} = 0.99 \cdot 561 = 555.4 [KVA]$$

משמעות התוצאות :

שנאי מס' 1 יתרום חלקו לעומס המשותף : 444.6 קילו וולט אמפר. מתוך העומס.

שנאי מס' 2 יתרום חלקו לעומס המשותף : 555.4 קילו וולט אמפר. מתוך העומס.

פרק 2 – מכונה לזרם ישר

מנוע לזרם ישר בעירור טורי

שאלה 1

מנוע לזרם ישר בעירור טורי מוזן במתח של 200 V .

ובעל הנתונים הבאים: $P = 13\text{ kW}$, $\eta = 85\%$, $n_n = 1200\text{ rpm}$

התנגדות סליל העוגן - $R_a = 0.5\ \Omega$

התנגדות סליל העירור של המנוע - $R_f = 0.4\ \Omega$

א. חשב את ערכו של הזרם בסליל העוגן I_a , ואת ערכו של הזרם בסליל העירור I_f .

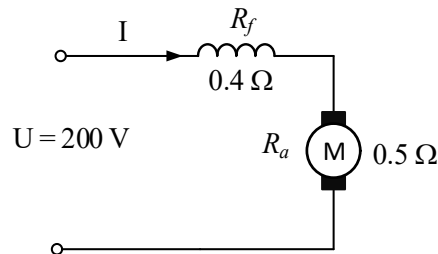
ב. חשב את ערכו של הכא"מ הנגדי המושרה בהדקי העוגן.

ג. חשב את הפסדי הנחושת במנוע.

פתרון

$P = 13\text{ kW}$, $\eta = 85\%$, $n_n = 1200\text{ r.p.m.}$

נתון: $R_a = 0.5\ \Omega$, $R_f = 0.4\ \Omega$, $U = 200\text{ V}$



א. חישוב הזרם בסליל העוגן I_a , והזרם בסליל העירור I_f . כיוון שהעירור טורי, $I_f = I_a$.

$$I = I_a = I_f = \frac{P}{U} = \frac{13000}{200} = 65\text{ A}$$

ב. חישוב הכא"מ הנגדי המושרה בהדקי העוגן.

$$E = U - I_a \cdot (R_a + R_f) = 200 - 65 \cdot (0.5 + 0.4) = 141.5\text{ V}$$

ג. חישוב הפסדי הנחושת במנוע.

$$\Delta P_{Cu} = I_a^2 \cdot R_a = 65^2 \cdot 0.5 = 2.11\text{ kW}$$

$$\Delta P_{Fe} = I_f^2 \cdot R_f = 65^2 \cdot 0.4 = 1.69\text{ kW}$$

מנוע לזרם ישר בעירור מקבילי

שאלה 1

נתוניו של מנוע לזרם ישר בעירור מקבילי, המוזן ממקור מתח של 300 V הם:

$$P_n = 4 \text{ kW}, \quad \eta = 85\%, \quad n_n = 1400 \text{ rpm}$$

$$R_a = 0.7 \Omega \text{ - התנגדות סליל העוגן}$$

$$R_f = 600 \Omega \text{ - התנגדות סליל העירור של המנוע}$$

- חשב את המומנט הנקוב של המנוע.
- חשב את ערכו של הזרם בסליל העוגן I_a .
- חשב את הפסדי הנחושת בסליל העירור ובסליל העוגן.

פתרון

$$U = 300 \text{ V}$$

$$P_n = 4 \text{ kW}$$

$$\eta = 85\% = 0.85$$

$$n_n = 1400 \text{ rpm}$$

$$R_f = 600 \Omega$$

$$R_a = 0.7 \Omega$$

$$U = 300 \text{ V} \quad R_a = 0.7 \Omega \quad R_f = 600 \Omega$$

א. חישוב המומנט הנקוב של המנוע

$$\omega = 2\pi \cdot \frac{n}{60} = 2\pi \cdot \frac{1400}{60} = 146.6 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}, \quad M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{4000}{146.6} = 27.28 \text{ Nm}$$

ב. חישוב ערכו של הזרם בסליל העוגן I_a

$$I_n = \frac{P_n}{U_n} = \frac{4000}{300} = 13.33 \text{ A}, \quad I_f = \frac{U_n}{R_f} = \frac{300}{600} = 0.5 \text{ A}$$

$$I_a = I_n - I_f = 13.33 - 0.5 = 12.83 \text{ A}$$

ג. חישוב הפסדי הנחושת בסליל העירור ובסליל העוגן

$$\Delta P_{Cu_a} = I_a^2 \cdot R_a = 12.83^2 \cdot 0.7 = 115.22 \text{ W}$$

$$\Delta P_{Cu_f} = I_f^2 \cdot R_f = 0.5^2 \cdot 600 = 150 \text{ W}$$

שאלה 2

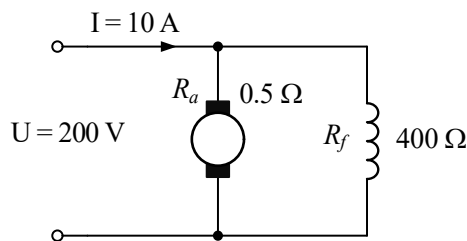
מנוע לזרם ישר בעירור מקבילי מוזן ממקור מתח של 200 V וצורך זרם של 10 A .

$$R_a = 0.5 \Omega \text{ - התנגדות סליל העוגן של המנוע}$$

$$R_f = 400 \Omega \text{ - התנגדות סליל העירור של המנוע}$$

- חשב את ערכו של הזרם בסליל העוגן I_a , ואת ערכו של הזרם בסליל העירור I_f .
- חשב את ערכו של הכא"מ הנגדי המושרה בהדקי העוגן.
- חשב את הפסדי הנחשת במנוע (הפסדי הספק בסליל העוגן).

פתרון



א. חישוב הזרם בסליל העוגן I_a , והזרם בסליל העירור I_f

$$I_f = \frac{U_n}{R_f} = \frac{200}{400} = 0.5 \text{ A}$$

$$I_a = I - I_f = 10 - 0.5 = 9.5 \text{ A}$$

ב. חישוב הכא"מ הנגדי המושרה בהדקי העוגן

$$E = U - I_a \cdot R_a = 200 - 9.5 \cdot 0.5 = 195.25 \text{ V}$$

ג. חישוב הפסדי הנחשת במנוע (הפסדי הספק בסליל העוגן)

$$\Delta P_{Cu} = I_a^2 \cdot R_a = 9.5^2 \cdot 0.5 = 41.12 \text{ W}$$



שאלה 3

מנוע לזרם ישיר בעירור מקבילי מוזן ממקור מתח של 300 V .

$$R_a = 0.1 \Omega \text{ - התנגדות סליל העוגן של המנוע}$$

$$R_f = 700 \Omega \text{ - התנגדות סליל העירור של המנוע}$$

המנוע מועמס במומנט של 22 Nm, כאשר מהירות הסיבוב שלו היא 1100 r.p.m .

נצילות המנוע בעומס זה היא 90%.

- חשב את ההספק על ציר המנוע
- חשב את הזרם הנצרך על-ידי המנוע
- חשב את ההספק האלקטרומגנטי.

פתרון

$$U = 300 V$$

$$R_f = 700 \Omega$$

$$R_a = 0.1 \Omega$$

$$\eta = 90\% = 0.9$$

$$n_n = 1100 \text{ r.p.m}$$

$$M = 22 \text{ Nm}$$

$$U = 300 V \quad R_a = 0.1 \Omega \quad R_f = 700 \Omega$$

א. חישוב ההספק על ציר המנוע

$$\omega = 2\pi \cdot \frac{n_n}{60} = 2\pi \cdot \frac{1100}{60} = 115.2 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}, \quad M_n = \frac{P_n}{\omega_n}$$

$$P_n = M_n \cdot \omega_n = 22 \cdot 115.2 = 2534 W$$

ב. חישוב הזרם הנצרך על-ידי המנוע

$$P_{in} = \frac{P_n}{\eta} = \frac{2534}{0.9} = 2816 W$$

$$I_{in} = \frac{P_{in}}{U} = \frac{2816}{300} = 9.386 A$$



ג. חישוב ההספק האלקטרומגנטי

$$E = U - I_a \cdot R_a \quad , \quad P_{em} = E \cdot I_a$$

$$I_f = \frac{U}{R_f} = \frac{300}{700} = 0.429 A \quad , \quad I_a = I - I_f = 9.386 - 0.429 = 8.957 A$$

$$E = U - I_a \cdot R_a = 300 - 8.957 \cdot 0.1 = 299.1 V$$

$$P_{em} = E \cdot I_a = 299.1 \cdot 8.957 = 2.68 kW$$

שאלה 4

באיור לשאלה מתואר מנוע לזרם ישר בעירור מקבילי.
המנוע מוזן ממקור מתח של 120 V וצורך זרם של 40 A.

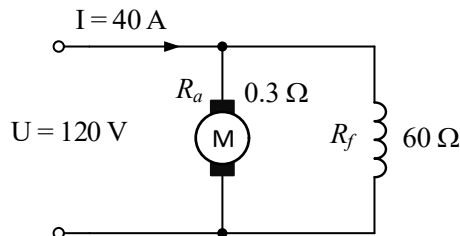
התנגדות סליל העוגן של המנוע - $R_a = 0.3 \Omega$

התנגדות סליל העירור של המנוע - $R_f = 60 \Omega$

א. חשב את עצמת הזרם בסליל העוגן

ב. חשב את הכא"מ המתפתח בסליל העוגן.

פתרון



א. חישוב עצמת הזרם בסליל העוגן

$$I_f = \frac{U}{R_f} = \frac{120}{60} = 2 A$$

$$I_a = I - I_f = 40 - 2 = 38 A$$

ב. חישוב הכא"מ המתפתח בסליל העוגן.

$$E = U - I_a \cdot R_a$$

$$E = U - I_a \cdot R_a = 120 - 38 \cdot 0.3 = 108.6 V$$



שאלה 5

- מנוע לזרם ישר בעירור מקבילי מוזן ממקור מתח של 150 V וצורך זרם של 30 A. מהירות הסיבוב של המנוע היא 1000 r.p.m. התנגדות סליל העוגן היא 0.2Ω , התנגדות סליל העירור היא 100Ω .
- א. חשב את עצמת הזרם בסליל העירור ובסליל העוגן.
- ב. חשב את הכא"מ המתפתח בסליל העוגן.
- ג. חשב את המומנט המכני הנמסר לעומס, כאשר הפסדי ההספק הקבועים (הפסדי ברזל והפסדי חיכוך) הם 0.3 kW.

פתרון

$$\begin{array}{ll}
 U = 150 V & I = 30 A \\
 I = 30 A & \\
 R_f = 100 \Omega & U = 150 V \quad R_a \quad M \quad R_f \quad 100 \Omega \\
 R_a = 0.2 \Omega & \quad \quad \quad 0.2 \Omega \\
 n_n = 1000 \text{ r.p.m} & \\
 \Delta P = 0.3 \text{ kW} &
 \end{array}$$

- א. חישוב עצמת הזרם בסליל העירור ובסליל העוגן

$$I_f = \frac{U}{R_f} = \frac{150}{100} = 1.5 A, \quad I_a = I - I_f = 30 - 1.5 = 28.5 A$$

- ב. חישוב הכא"מ המתפתח בסליל העוגן.

$$E = U - I_a \cdot R_a = 150 - 28.5 \cdot 0.2 = 144.3 V$$

- ג. חישוב המומנט המכני הנמסר לעומס.

נתון כי הפסד ההספק הקבועים (הפסדי ברזל והפסדי חיכוך) הם 0.3 kW.

$$\begin{aligned}
 \omega &= 2\pi \cdot \frac{n_n}{60} = 2\pi \cdot \frac{1000}{60} = 104.71 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \\
 P_{in} &= U \cdot I = 150 \cdot 30 = 4500 W, \quad P_{out} = P_{in} - \Delta P = 4500 - 300 = 4.2 \text{ kW} \\
 M_n &= \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{P_{out}}{\omega_n} = \frac{4200}{104.71} = 40.11 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$



שאלה 6

- מנוע לזרם ישיר בעירור מקבילי מחובר למתח $U_m = 24\text{ V}$ וצורך זרם של $I_m = 5\text{ A}$.
 התנגדות סליל העירור $R_e = 48\ \Omega$ והתנגדות סליל העוגן $R_a = 0.2\ \Omega$,
 המנוע מסתובב מהירות של 1500 סל"ד.
 א. חשב את הכא"מ המתפתח במנוע.
 ב. חשב את צריכת הזרם, I_m , כאשר מהירות המנוע יורדת ל- 1450 סל"ד.

פתרון

נתון

I_m	I_e	$U_m = 24\text{ V}$
R_a	I_a	$I_m = 5\text{ A}$
U_m	E_m M	$R_a = 0.2\ \Omega$
	R_e	$R_e = 48\ \Omega$
		$n_1 = 1500\text{ r.p.m}$

משוואות המתח והזרם של מנוע בעירור מקבילי.

$$U_m = E_m + I_a \cdot R_a$$

$$I_m = I_e + I_a$$

חישוב זרם העירור I_e , זרם העוגן I_a והכא"מ E_1 .

$$I_e = \frac{U_m}{R_e} = \frac{24}{48} = 0.5\text{ A}$$

$$I_a = I_m - I_e = 5 - 0.5 = 4.5\text{ A}$$

$$E_1 = U_m - I_a \cdot R_a = 24 - 4.5 \cdot 0.2 = 23.1\text{ v}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2} \implies E_2 = \frac{E_1 \cdot n_2}{n_1} = \frac{23.1 \cdot 1480}{1500} = 22.79\text{ v}$$

חישוב זרם העוגן I_a הכא"מ E_2 , כאשר המהירות יורדת ל- 1480 סל"ד.

$$I_a = \frac{U_m - E_2}{R_a} = \frac{24 - 22.79}{0.2} = 6.04\text{ A}$$

חישוב צריכת הזרם I_m , כאשר מהירות המנוע 1480 סל"ד

$$I_m = I_e + I_a = 0.5 + 6.04 = 6.5\text{ A}$$

שאלה 7

מנוע לזרם ישר בעירור מקבילי מחובר למתח $U_m = 220\text{ V}$ וצורך זרם של $I_m = 15\text{ A}$.
 התנגדות סליל העירור $R_e = 80\ \Omega$ והתנגדות סליל העוגן $R_a = 0.8\ \Omega$,
 המנוע מסתובב מהירות של 1500 סל"ד.
 חשב את מהירות המנוע כאשר עצמת הזרם קטנה ל- 12 A

פתרון

	I_m		I_e		
		I_a			$U_m = 220\text{ V}$
	R_a	M			$I_m = 15\text{ A}$
U_m	E_m		R_e		$R_a = 0.8\ \Omega$
					$R_e = 80\ \Omega$
					$n_1 = 1500\text{ r.p.m}$

נתון

חישוב מהירות המנוע n_2 כאשר עצמת הזרם קטנה ל- 12 A.
 נסמן I_{m1}, I_{a1}, E_1, n_1 ערכים עבור צריכת זרם $I_{m1} = 15\text{ A}$
 ונסמן I_{m2}, I_{a2}, E_2, n_2 ערכים עבור צריכת זרם $I_{m2} = 12\text{ A}$

$$\begin{cases} E = U_m - I_a \cdot R_a \\ I_m = I_e + I_a \end{cases} \Rightarrow E = U_m - (I_m - I_e) \cdot R_a$$

$$I_e = \frac{U_m}{R_e} = \frac{220}{80} = 2.75\text{ A}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{U_m - (I_{m1} - I_e) \cdot R_a}{U_m - (I_{m2} - I_e) \cdot R_a} = \frac{n_1}{n_2}$$

לאחר הצבת ערכים נקבל :

$$\frac{1500}{n_2} = \frac{220 - (15 - 2.75) \cdot 0.8}{220 - (12 - 2.75) \cdot 0.8}$$

$$n_2 = 1517\text{ r.p.m}$$

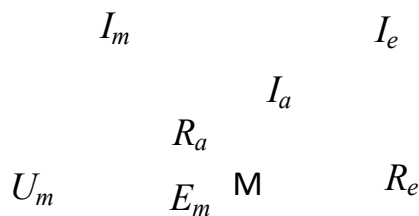


שאלה 8

- מנוע לזרם ישר בעירור מקבילי עובד במתח $U_m = 230\text{ V}$ וצורך זרם של $I_m = 21\text{ A}$.
 התנגדות סליל העירור $R_e = 200\ \Omega$ והתנגדות סליל העוגן $R_a = 0.22\ \Omega$,
 המנוע מסתובב מהירות של 5000 סל"ד. וההספק על ציר המנוע $P_2 = 9\text{ kW}$
- חשב את הכא"מ
 - חשב את המומנט על ציר המנוע
 - חשב את הפסדי הברזל במנוע.

פתרון

נתון



$$\begin{aligned}
 P_2 &= 9\text{ KW} \\
 U_m &= 230\text{ V} \\
 I_m &= 21\text{ A} \\
 n_n &= 5000\text{ rpm} \\
 R_a &= 0.22\ \Omega \\
 R_e &= 200\ \Omega
 \end{aligned}$$

א. חישוב הכא"מ

$$I_e = \frac{U_m}{R_e} = \frac{230}{200} = 1.15\text{ A}$$

$$I_a = I_m - I_e = 21 - 1.15 = 19.85\text{ A}$$

$$E = U_m - I_a \cdot R_a = 230 - 19.85 \cdot 0.22 = 219.03\text{ V}$$

ב. חישוב המומנט על ציר המנוע

$$M_2 = \frac{P_2 \cdot 975}{n} = \frac{9 \cdot 975}{5000} = 1.755\text{ kgm}$$



ג. חשב את הפסדי הברזל במנוע

$$P_1 = P_2 + \Delta P_{fe} + \sum \Delta P_{cu}$$

$$\Delta P_{fe} = P_1 - P_2 - \sum \Delta P_{cu}$$

$$\Delta P_{fe} = I_m \cdot U_m - P_2 - (I_a^2 \cdot R_a + I_e^2 \cdot R_e)$$

נציב ערכים ונקבל:

$$\Delta P_{fe} = 51 \cdot 230 - 9000 - (49.85^2 \cdot 0.22 + 1.15^2 \cdot 200) = 1918.79 \text{ W}$$

שאלה 9

נתוניו של מנוע לזרם ישר בעירור מקבילי המוזן ממקור מתח של 240 V הם:

$$P_2 = 6 \text{ HP}, \eta\% = 82\%, E_m = 212 \text{ V}, n = 1400 \text{ r.p.m}, R_e = 60 \Omega$$

- חשב את זרם המנוע
- חשב את התנגדות סלילי העוגן.
- חשב את זרם ההתנעה.
- חשב את ערך הנגד שיש להוסיף לעוגן כדי להקטין פי 3 את זרם העוגן בהתנעה.

פתרון

נתון: $P_2 = 6 \text{ HP}, \eta\% = 82\%, E_m = 212 \text{ V}, n = 1400 \text{ r.p.m}, R_e = 60 \Omega$

א. חישוב זרם המנוע, I_m .

$$P_2 = 6 \text{ HP} = 6 \cdot 736 = 4416 \text{ W}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{4416}{0.82} = 5385.4 \text{ W}$$

$$I_m = \frac{P_1}{U_m} = \frac{5385.4}{240} = 22.44 \text{ A}$$



ב. חישוב התנגדות סלילי העוגן.

$$I_e = \frac{U_m}{R_e} = \frac{240}{60} = 4 \text{ A}$$

$$I_a = I_m - I_e = 22.44 - 4 = 18.44 \text{ A}$$

$$E = U_m - I_a \cdot R_a$$

$$212 = 240 - 18.44 \cdot R_a \Rightarrow R_a = 1.52 \Omega$$

ג. חישוב זרם ההתנעה. בהתנעה: $E = 0 \text{ V}$,

$$E = U_m - I_a \cdot R_a$$

$$0 = 240 - I_{st} \cdot 1.52 \Rightarrow I_{st} = 157.9 \text{ A}$$

ד. חישוב ערך הנגד שיש להוסיף לעוגן כדי להקטין פי 3 את זרם העוגן בהתנעה.

$$E = U_m - I_a \cdot (R_p + R_a) = U_m - \frac{I_H}{3} \cdot (R_p + R_a)$$

$$0 = 240 - \frac{157.9}{3} \cdot (R_p + 1.52)$$

$$R_p = 3.04 \Omega$$



מנוע לזרם ישר בעירור זר

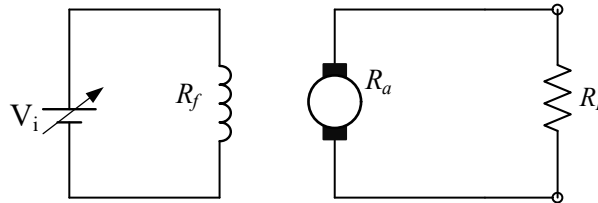
שאלה 1

ציין שלוש שיטות לוויסות מהירות במנוע לזרם ישר בעירור זר.

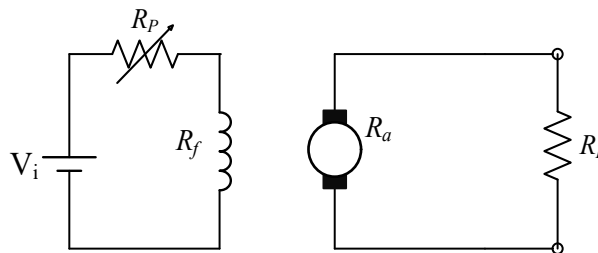
פתרון

שלוש שיטות לוויסות מהירות של מנוע לזרם ישר בעירור זר הם:

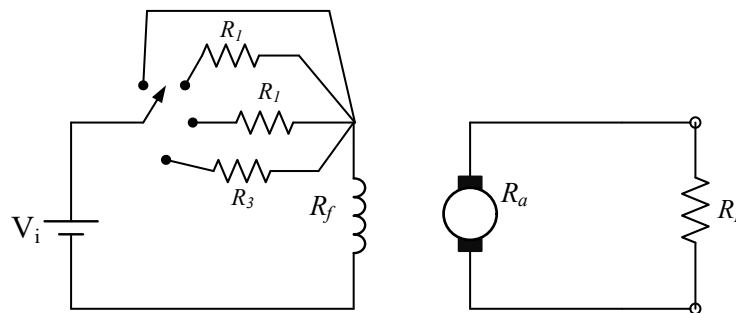
(1) שימוש במקור מתח משתנה



(2) שימוש בנגד משתנה בטור לנגד העירור



(3) שימוש במספר נגדים המחוברים בורר לבחירת הערך הרצוי ליצירת המהירות הרצויה.





מחולל הזרם ישר בעירור טורי

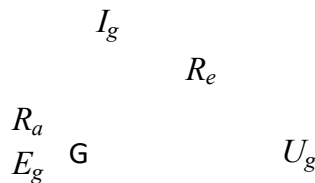
שאלה 1

נתון גנרטור בעירור טורי, בליפוף גלי. התנגדות סלילי העירור 0.16Ω והתנגדות סלילי העוגן 0.12Ω . מס' ליפופים (כריכות) $N = 96$, מספר קטבים – 8. השטף $\Phi = 8 \text{ mWb}$, מהירות סיבוב הגנרטור 750 סל"ד, הפסדי ברזל 250 W, והגנרטור מחובר לעומס שהתנגדותו 4.5Ω .
 חשב את:

- הכא"מ בגנרטור.
- הזרם ברוטור.
- המתח על הדקי הגנרטור.
- הפסדי נחשת בסלילי העירור ובסלילי העוגן.
- נצילות הגנרטור.

פתרון שאלה 1

נתון



$$R_a = 0.12 \Omega, R_e = 0.16 \Omega$$

$$N = 96$$

$$2p = 8, p = 4$$

$$\Phi = 8 \text{ mWb}, n = 750 \text{ rpm}$$

$$\Delta P_{fe} = 250 \text{ W}$$

$$R_L = 4.5 \Omega$$

הליפוף הוא גלי כלומר $a=1$

א. חישוב הכא"מ

$$E = \frac{n \cdot P \cdot N \cdot \Phi}{60a} = \frac{750 \cdot 4 \cdot 96 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 1} = 38.4 \text{ V}$$

ב. חישוב הזרם ברוטור.

חיבור טורי, לכן $I_a = I_e$

$$I_a = \frac{E}{R_a + R_e + R_L} = \frac{38.4}{0.12 + 0.16 + 4.5} = 8.033 \text{ A}$$

ג. חישוב מתח הגנרטור, U_g .

$$U_g = E_g - I_a \cdot (R_e + R_a) = I_a \cdot R_L = 8.033 \cdot 4.5 = 36.15 V$$

ד. חישוב הפסדי נחשת בסטטור וברוטור וסה"כ הפסדים:

$$\Delta P_{cu_a} = I_a^2 \cdot R_a = 8.033^2 \cdot 0.12 = 7.74 W$$

$$\Delta P_{cu_e} = I_a^2 \cdot R_e = 8.033^2 \cdot 0.16 = 10.32 W$$

$$\Delta P_{cu} = \Delta P_{cu_a} + \Delta P_{cu_e} = 7.74 + 10.32 = 18.06 W$$

ה. חישוב נצילות

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{I_g \cdot U_g}{P_2 + \Delta P_{cu}} = \frac{I_g \cdot U_g}{I_g \cdot U_g + \Delta P_{cu}} = \frac{8.033 \cdot 36.15}{8.033 \cdot 36.15 + 18.06} = 0.94$$

$$\eta \% = 94\%$$

שאלה 2

נתון גנרטור בעירור טורי, בליפוף גלי: התנגדות סלילי העירור 0.3Ω והתנגדות סלילי העוגן 0.25Ω . הגנרטור מחובר לעומס שהתנגדותו 4Ω . סכום הפסדי נחשת בשני הסלילים $673.75 W$.
 חשב את:

- הזרם ברטור.
- המתח על הדקי הגנרטור והכא"מ
- הספק הגנרטור וההספק המכני.
- את נצילות הגנרטור.

פתרון

נתון

$$\begin{array}{c}
 I_g \\
 R_e \\
 R_a \\
 E_g \quad G \quad U_g
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 R_L = 4 \Omega \\
 R_e = 0.3 \Omega \\
 \Delta P_{fe} = 200 W \\
 \Delta P_{cu} = 673.75 W
 \end{array}$$

א. חישוב זרם הגנרטור, I_g .

ידוע כי סכום הפסדי נחושת בעירור טורי נתון על-ידי:

$$\Delta P_{cu} = I_g^2 \cdot (R_e + R_a)$$

$$I_g = \sqrt{\frac{\Delta P_{cu}}{R_a + R_e}} = \sqrt{\frac{673.75}{0.3 + 0.25}} = 35 A$$

ב. חישוב המתח בהדקי הגנרטור והכא"מ.

$$U_g = I_g \cdot R_L = 35 \cdot 4 = 140 V$$

$$E = I_g \cdot (R_L + R_a + R_e) = 35 \cdot (4 + 0.3 + 0.25) = 159.25 V$$

ג. חישוב ההספק במוצא הגנרטור P_2 , וההספק במבוא הגנרטור P_1 .

$$P_2 = P_L = I_g^2 \cdot R_L = 35^2 \cdot 4 = 4900 W = 4.9 kW$$

$$P_m = P_L + \Delta P_{cu} = 4900 + 673.73 = 5573.75 W = 5.57 kW$$

$$P_1 = P_L + \Delta P_{fe} + \Delta P_{cu} = 4900 + 200 + 673.75 = 5773.75 W = 5.77 kW$$

ד. חישוב נצילות הגנרטור.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{4900}{5773.75} = 0.84$$

$$\eta = 84.86\%$$

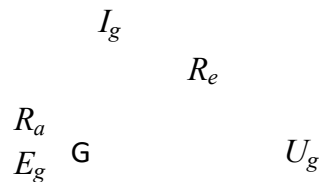
שאלה 3

נתון גנרטור בעירור טורי, בליפוף גלי, התנגדות סלילי העוגן 0.2Ω , מתח ההדקים של הגנרטור $U_g = 125 V$, הספק מומר $P_m = 2128 W$, הספק העומס $2000 W$.

א. חשב את הזרם בגנרטור.
 ב. חשב את התנגדות סלילי העירור.
 ג. חשב את הכא"מ.

פתרון

נתון



$$U_g = 125 V$$

$$P_m = 2128 W$$

$$P_2 = 2000 W$$

$$R_a = 0.2 \Omega$$

א. חישוב זרם הגנרטור

$$I_g = \frac{P_g}{U_g} = \frac{2000}{125} = 16 A$$

ב. חישוב התנגדות

$$P_m = P_2 + \Delta P_{cu}$$

$$P_m = P_2 + \Delta P_{cu_a} + \Delta P_{cu_e}$$

$$P_m = P_2 + I_g^2 \cdot R_a + I_g^2 \cdot R_e$$

$$2128 = 2000 + 16^2 \cdot 0.2 + 16^2 \cdot R_e$$

$$R_e = 0.3 \Omega$$

ג. חישוב הכא"מ

$$E = U + I_g \cdot (R_a + R_e) = 125 + 16 \cdot (0.2 + 0.3) = 133 V$$



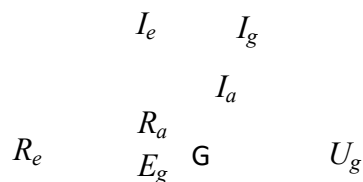
מחולל לזרם ישר בעירור מקבילי

שאלה 1

- נתון גנרטור בעירור מקבילי. מתח הדקים $U_g = 230V$, זרם בסליל העירור $I_e = 3.7 A$.
 ההספק המסופק לצרכן $P_g = 5.5 kW$, מהירות הגנרטור $n_g = 940 rpm$. השטף בסלילי השדה $12 mWb$,
 מס' המולכים $N = 640$. הליפוף הוא גלי $2p = 4$.
- חשב את הזרם בעוגן.
 - חשב את הכא"מ
 - חשב את התנגדות העוגן ואת התנגדות השדה

פתרון

נתון



$$U_g = 230 V$$

$$I_e = 3.7 A$$

$$P_g = 5.5 kW$$

$$n_g = 940 rpm$$

$$\Phi = 12 mWb$$

$$N = 640$$

- חישוב הזרם בעוגן.

$$I_a = I_g + I_e \text{ : בגנרטור מקבילי היא}$$

ראשית, נמצא את הזרם במוצא הגנרטור.

$$I_g = \frac{P_g}{U_g} = \frac{5.5 \cdot 10^3}{230} = 239.13 A$$

נציב בנוסחת הזרמים ונקבל:

$$I_a = I_g + I_e = 3.7 + 239.13 = 242.83 A$$





ב. חישוב הכא"מ.

את הכא"מ ניתן לחשב באחת מתוך שתי הנוסחאות הבאות:

$$E = \frac{n \cdot N \cdot P \cdot \Phi}{60 \cdot a} \quad \text{או} \quad E_g = U_g + I_a \cdot R_a =$$

נתון כי מספר זוגות הקטבים: $2p = 4$
 $p = 2$

וע"י הצבה נקבל

$$E = \frac{940 \cdot 640 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 1} = 240.64 \text{ V}$$

ג. חישוב התנגדות העוגן והתנגדות השדה

נחלץ את R_a

$$R_a = \frac{E - U}{I_a} = \frac{240.64 - 230}{242.83} = 43.81 \text{ m}\Omega$$

ואת R_e נחלץ מתוך הנוסחה:

$$R_e = \frac{U_g}{I_e} = \frac{230}{3.7} = 62.16 \Omega$$

שאלה 2

נתון גנרטור בעירור מקבילי. מתח הדקים $U_g = 230 \text{ V}$, הזרם בגנרטור $I_g = 400 \text{ A}$.

נצילות הגנרטור 85%, התנגדות סלילי העוגן $R_a = 8 \text{ m}\Omega$, התנגדות העירור $R_e = 40 \Omega$.

חשב את:

(א) הזרם בעירור והזרם בעוגן.

(ב) הכא"מ.

(ג) הספק הגנרטור וההספק המושקע.

(ד) הפסדי נחושת, הפסדים בעוגן, סך הפסדי נחושת, הפסדים מכניים.



פתרון

נתון

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & I_e & & I_g & & \\
 & & & & & & U_g = 230V \\
 & & & & I_a & & I_g = 400A \\
 & R_e & R_a & G & & & \eta = 85\% \\
 & & E_g & & & & R_a = 8\text{ m}\Omega \\
 & & & & & & R_e = 40\Omega
 \end{array}$$

(א) הזרם בעירור והזרם בעוגן.

$$I_e = \frac{U_g}{R_e} = \frac{230}{40} = 5.75\text{ A}$$

$$I_a = I_g + I_e = 400 + 5.75 = 405.75\text{ A}$$

(ב) חישוב הכא"מ.

$$E_g = U_g + R_a \cdot I_a \quad E_g = 230 + 405.75 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 233.25\text{ V}$$

(ג) הספק הגנרטור P_g וההספק המושקע, P_1 .

$$P_2 = P_g = I_g \cdot U_g = 400 \cdot 230 = 92\text{ kW}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{92}{0.85} = 108.23\text{ kW}$$

(ד) הפסדי נחושת, הפסדים בעוגן, סך הפסדי נחושת, הפסדים מכניים.

הפסדי נחושת בעוגן:

$$\Delta P_{cu_a} = I_a^2 \cdot R_a = 405.75^2 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 1317.06\text{ W}$$

הפסדי נחושת בסלילי העירור:

$$\Delta P_{cu_e} = I_e^2 \cdot R_e = 5.75^2 \cdot 40 = 1322.5\text{ W}$$

סך כל הפסדי הנחושת:

$$\Delta P_{cu} = \Delta P_{cu_a} + \Delta P_{cu_e} = 1317.06 + 1322.5 = 2640 = 2.64\text{ kW}$$

הפסדים מכניים

$$\Delta P_{mech} = P_1 - P_g - \Delta P_{cu} = 108.23 - 92 - 2.64 = 13.56\text{ kW}$$

ההספק המומר:

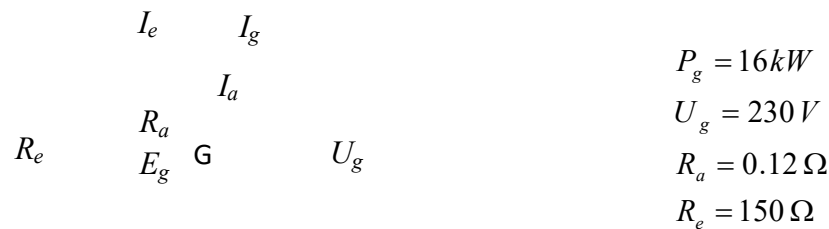
$$P_m = P_g + \Delta P_{cu} = 92 + 2.64 = 94.64\text{ kW}$$

שאלה 3

נתון מחולל גנרטור בעירור מקבילי, הספק המוצא בגנרטור $P_g = 16 \text{ kW}$, מתח ההדקים בגנרטור $U_g = 230 \text{ V}$, התנגדות סלילי העוגן $R_a = 0.125 \Omega$, התנגדות העירור $R_e = 150 \Omega$.

א. חשב את הזרם בעוגן והזרם בסלילי העירור.
 ב. חשב את הכא"מ.
 ג. חשב את הפסדי נחושת בסלילי העירור ובסלילי העוגן.

פתרון



נתון

$$P_g = 16 \text{ kW}$$

$$U_g = 230 \text{ V}$$

$$R_a = 0.12 \Omega$$

$$R_e = 150 \Omega$$

א. הזרם בעוגן והזרם בסלילי העירור

$$I_e = \frac{U_g}{R_e} = \frac{230}{150} = 1.534 \text{ A}$$

$$I_g = \frac{P_g}{U_g} = \frac{16 \cdot 10^3}{230} = 69.56 \text{ A}$$

$$I_a = I_g + I_e = 69.56 + 1.534 = 71.1 \text{ A}$$

ב. הכא"מ.

$$E_g = U_g + I_a \cdot R_a = 230 + 71.1 \cdot 0.125 = 238.88 \text{ V}$$

ג. הפסדי נחושת בסלילי העוגן ובסלילי העירור.

$$\Delta P_{cu_a} = I_a^2 \cdot R_a = 71.1^2 \cdot 0.125 = 631.88 \text{ W} = 0.632 \text{ kW}$$

$$\Delta P_{cu_e} = I_e^2 \cdot R_e = 1.534^2 \cdot 150 = 352.67 \text{ W} = 0.353 \text{ kW}$$

$$\Delta P_{cu} = \Delta P_{cu_a} + \Delta P_{cu_e} = 0.632 + 0.353 = 0.985 \text{ kW}$$

שאלה 4

- נתון מחולל גנרטור בעירור מקבילי, הספק המוצא 16 kW, מתח הגנרטור 200 V, התנגדות העירור 185Ω והתנגדות העוגן 0.1Ω . נצילות הגנרטור 87%.
- חשב את הזרמים בעוגן ובסלילי העירור.
 - חשב את הכא"מ בגנרטור.
 - חשב את הפסדי הנחשת בסלילי העירור ובסלילי העוגן.
 - חשב את סך ההפסדים.

פתרון

נתון

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & I_e & & I_g & & \\
 & & & & & & P_g = 15 \text{ kW} \\
 & & & & I_a & & U_g = 200 \text{ V} \\
 & & R_a & & & & R_e = 185 \Omega \\
 R_e & & & G & & U_g & R_a = 0.1 \Omega \\
 & & E_g & & & & \eta = 87\% = 0.87
 \end{array}$$

- א. חישוב הזרם בסלילי העירור I_e , וחישוב הזרם בעוגן I_a .

$$I_e = \frac{U_g}{R_e} = \frac{200}{185} = 1.08 \text{ A}, \quad I_g = \frac{P_g}{U_g} = \frac{15 \cdot 10^3}{200} = 75 \text{ A}$$

$$I_a = I_g + I_e = 75 + 1.08 = 76.08 \text{ A}$$

- ב. חישוב הכא"מ.

$$E_g = U_g + I_a \cdot R_a = 200 + 76.08 \cdot 0.18 = 213.69 \text{ V}$$

- ג. הפסדי נחשת ברוטור ובסטטור:

$$\Delta P_{cu_a} = I_a^2 \cdot R_a = 76.08^2 \cdot 0.18 = 1041.9 \text{ W}$$

$$\Delta P_{cu_e} = I_e^2 \cdot R_e = 1.08^2 \cdot 185 = 216.22 \text{ W}$$

$$\Delta P_{cu} = \Delta P_{cu_a} + \Delta P_{cu_e} = 1041.9 + 216.22 = 1258.12 = 1.258 \text{ kW}$$

- ד. סך ההפסדים

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{15}{0.87} = 17.24 \text{ kW}$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 17.24 - 15 = 2.24 \text{ kW}$$

מחולל לזרם ישר בעירור זר

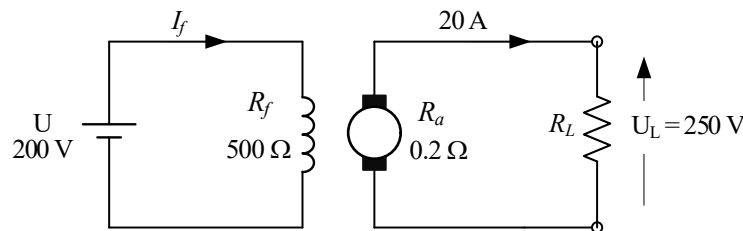
שאלה 1

מחולל לזרם ישר בעירור זר מזין צרכן במתח של 250 V ובזרם של 20 A .
 סליל העירור מוזן במתח של 200 V .
 התנגדות סליל העוגן: $R_a = 0.2\ \Omega$ והתנגדות ל סליל העירור - $R_f = 500\ \Omega$

- חשב את הכא"מ של המחולל
- חשב את הפסדי הנחשת הכוללים במחולל בהעמסה הנתונה.
- המומנט האלקטרומגנטי של המחולל בהעמסה הנתונה הוא 30 Nm .
 חשב את מהירות הסיבוב של ציר המחולל.

פתרון

נסרטט מעגל תמורה ונציב בו את נתוני הבעיה.



א. חישוב הכא"מ של המחולל

$$I_f = \frac{U}{R_f} = \frac{200}{500} = 0.4\text{ A}$$

$$E = U_L + I_a \cdot R_a = 250 + 20 \cdot 0.2 = 254\text{ V}$$

ב. חישוב הפסדי הנחשת הכוללים במחולל בהעמסה הנתונה.

$$\Delta P_{Cu} = I_a^2 \cdot R_a = 20^2 \cdot 0.2 = 80\text{ W}$$

ג. חישוב מהירות הסיבוב של ציר המחולל, אם נתון שהמומנט האלקטרומגנטי של המחולל בהעמסה הנתונה הוא 30 Nm .

$$P = U_L \cdot I = 250 \cdot 20 = 5000\text{ W}$$

$$M = \frac{P}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{P}{M} = \frac{5000}{30} = 166.67 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$n = 60 \cdot f = \frac{60 \cdot \omega}{2\pi} = \frac{60 \cdot 166.67}{2\pi} = 1591.5\text{ r.p.m}$$

שאלה 2

נתוניו הנקובים של מחולל לזרם ישר בעירור זר הם:

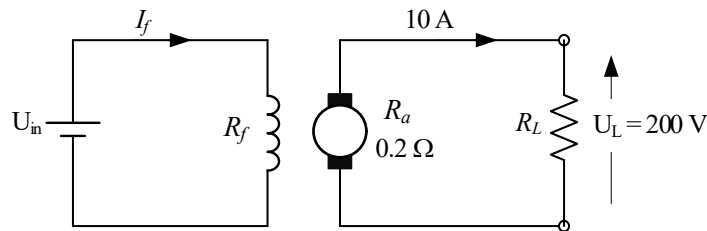
$$200V, 10A, 1000 \text{ r.p.m}, \eta = 0.95$$

התנגדות סליל הרוטור היא: $R_a = 0.2\Omega$

- חשב את הכא"מ המושרה בסליל הרוטור.
- חשב את ההספק האלטרומגנטי.
- חשב את ההפסדים הקבועים (הפסד חיכוך והפסדי ברזל).

פתרון

נסרטט מעגל תמורה עם נתוני הבעיה.



כמו כן נתון כי: $n = 1000 \text{ r.p.m}, \eta = 0.95$

- חישוב הכא"מ המושרה בסליל הרוטור.

$$E = U_L + I_a \cdot R_a = 200 + 10 \cdot 0.2 = 202V$$

- חישוב ההספק האלטרומגנטי.

$$P_{em} = E \cdot I_a = 202 \cdot 10 = 2020W$$

- חישוב ההפסדים הקבועים (הפסד חיכוך והפסדי ברזל).

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$0.95 = \frac{2000}{P_1}$$

$$P_1 = 2105W$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 2105 - 2000 = 105W$$

שאלה 3

נתוניו הנקובים של מחולל לזרם ישר בעירור זר הם:

$$25 \text{ kW} , 200 \text{ V} , 800 \text{ r.p.m}$$

התנגדות סליל הרוטור היא: $R_a = 0.05 \Omega$

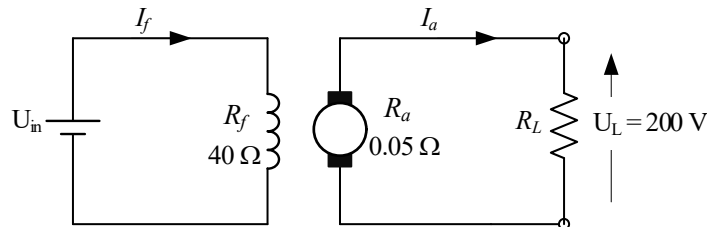
התנגדות סליל העירור: $R_f = 40 \Omega$

א. חשב את הכא"מ המושרה בסליל הרוטור, כאשר המחולל עובד בעומס נקוב.

ב. חשב את המומנט המכני הנמסר למחולל כאשר ההפסדים הקבועים הם: 2 kW .

פתרון

נסרטט מעגל תמורה עם נתוני הבעיה.



כמו כן נתון כי: $25 \text{ kW} , 800 \text{ r.p.m}$

א. חישוב הכא"מ המושרה בסליל הרוטור, כאשר המחולל עובד בעומס נקוב.

$$I_a = \frac{P}{U_L} = \frac{25000}{200} = 125 \text{ A}$$

$$E = U_L + I_a \cdot R_a = 200 + 125 \cdot 0.05 = 206.25 \text{ V}$$

ב. חישוב המומנט המכני הנמסר למחולל כאשר ההפסדים הקבועים הם: 2 kW .

$$P_{mech} = P_L + \Delta P = 25 + 2 = 27 \text{ kW}$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \frac{2\pi \cdot 800}{60} = 83.77 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$M = \frac{P_{mech}}{\omega} = \frac{27000}{83.77} = 322.3 \text{ Nm}$$

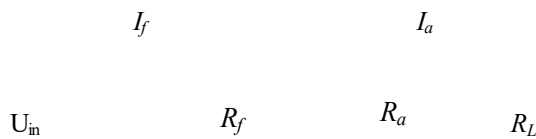


שאלה 4

נתון גנרטור בעירור זר, הכא"מ המתפתח $E = 450 \text{ V}$, 4 זוגות קטבים.
השטף בעירור 14.5 mWb , מס' המוליכים בעוגן הוא $N = 680$. הליפוף הוא גלי.
חשב את מהירות הגנרטור n.

פתרון

מעגל תמורה ונתוני השאלה.



$$\Phi = 14.5 \text{ mwb}$$

$$2p = 8$$

$$p = 4$$

$$N = 680$$

$$E = 450 \text{ V}$$

$$K = \frac{p \cdot N}{2\pi \cdot a}, \quad \omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

$$E = K \cdot \Phi \cdot \omega = \frac{p \cdot N}{2\pi \cdot a} \cdot \Phi \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

$$E = \frac{p \cdot N \cdot \Phi \cdot n}{60 \cdot a}$$

הליפוף גלי, לכן $a=1$.

נבצע שינוי נושא בנוסחה ונקבל:

$$E = \frac{p \cdot N \cdot \Phi \cdot n}{60 \cdot a}$$

$$n = \frac{60 \cdot a \cdot E}{p \cdot N \cdot \Phi} = \frac{60 \cdot 450}{4 \cdot 680 \cdot 14.5 \cdot 10^{-3}} = 685 \text{ r.p.m}$$



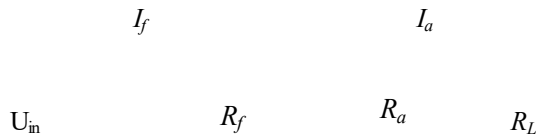


שאלה 5

נתון גנרטור בעירור זר בעל $p = 6$, (3 זוגות קטבים), מס' המולכים בעוגן $N = 650$, מהירות בעוגן $n = 760$ (rpm), כא"מ מתפתח בעוגן $E = 468V$.
חשב את השטף Φ , כאשר מחובר העוגן בליפוף גלי וגם בחיבור עניבה.

פתרון

מעגל תמורה ונתוני השאלה.



$$p = 3$$

$$N = 650$$

$$n = 760 \text{ r.p.m}$$

$$E = 468V$$

$$\Phi_1 = ? \quad \Phi_2 = ?$$

$$K = \frac{p \cdot N}{2\pi \cdot a}, \quad \omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

$$E = K \cdot \Phi \cdot \omega = \frac{p \cdot N}{2\pi \cdot a} \cdot \Phi \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

$$E = \frac{p \cdot N \cdot \Phi \cdot n}{60 \cdot a}$$

$$\Rightarrow \Phi = \frac{60 \cdot a \cdot E}{p \cdot N \cdot n}$$

בליפוף גלי $a=1$, נבצע שינוי נושא בנוסחה ונקבל:

$$\Phi_{a=1} = \frac{60 \cdot a \cdot E}{p \cdot N \cdot n} = \frac{60 \cdot 1 \cdot 468}{3 \cdot 650 \cdot 760} = 18.95 \text{ mWb}$$

בליפוף עניבה $a=p$, נבצע שינוי נושא בנוסחה ונקבל:

$$\Phi_{a=p} = \frac{60 \cdot a \cdot E}{p \cdot N \cdot n} = \frac{60 \cdot E}{N \cdot n} = \frac{60 \cdot 468}{650 \cdot 760} = 56.84 \text{ mWb}$$



פרק 3 – מכונה אסינכרונית

שאלה 1

א. במנוע השראה, מהירות סיבוב הרוטור קטנה מן המהירות הסינכרונית (מהירות השדה). הסבר את הסיבה לכך.

ב. על השלט של מנוע השראה תלת-מופעי רשום:

$$10kW, 1430r.p.m, 50Hz, 380V, Y$$

חשב את:

1. מקדם ההחלקה, s .
2. תדירות הזרם ברוטור
3. סרטט אופיין מכני עקרוני $M = f(n)$ של מנוע השראה. ציין בסרטוטך את מומנט ההתנעה, את המומנט הנקוב ואת המומנט המרבי.

פתרון

א. מהירות סיבוב הרוטור קטנה מן המהירות הסינכרונית כיוון שמהירות הרוטור אינה מספיקה לעקוב אחר מהירות הסיבוב של השדה המגנטי.
ניתן לראות זאת גם בנוסחה לחישוב מהירות המנוע בהנחה שהחליקה היא חיובית.

ב. נתוני המנוע:

$$P = 10kW, f = 50Hz, U = 380V, \\ n_n = 1430r.p.m \Rightarrow n_s = 1500r.p.m (p = 2)$$

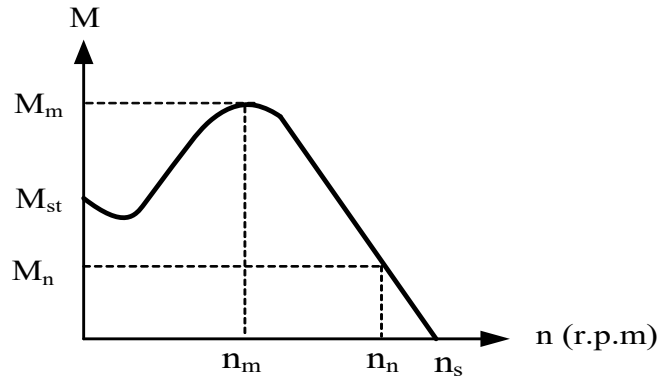
חישוב מקדם ההחלקה, s .

$$s = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{1500 - 1430}{1500} = 4.66\%$$

חישוב תדירות הזרם ברוטור:

$$f_2 = f_1 \cdot s = 50 \cdot 0.0466 = 2.33Hz$$

ג. אופיין מכני של מנוע השראה:



שאלה 2

על לוחית של מנוע השראה רשום:

$$100kW, 1400r.p.m, 50Hz, 400V, Y, 3\phi, \eta=0.85, \cos\phi=0.8$$

- חשב את ההספק הממשי הנצרך מן הרשת ואת ההספק המדומה הנצרך מהרשת.
- חשב את הזרם שצורך המנוע.
- חשב את מקדם ההחלקה של המנוע.

פתרון

נתון: $100kW, 1400r.p.m, 50Hz, 400V, Y, 3\phi, \eta=0.85, \cos\phi=0.8$

א. חישוב P_{in} ו- S_{in} :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{100}{0.85} = 117.65 kW$$

$$S_{in} = \frac{P_{in}}{\cos\phi} = \frac{117.65}{0.8} = 147.06 kVA$$

ב. חישוב הזרם, I_{in} .

$$I_{in} = \frac{S_{in}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{147.06}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 212.3 A$$



ג. חישוב מקדם ההחלקה, s .

$$n_s = 1500 \text{ r.p.m } (p = 2)$$

$$s = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{1500 - 1400}{1500} = 6.67\%$$

שאלה 3

א. על לוחית של מנוע השראה תלת מופעי רשום:

$$400/231V, 20kW, 50Hz, \eta = 0.8, \cos \varphi = 0.85$$

(1) מהי צורת החיבור של המנוע לרשת החשמלי? נמק את תשובתך.

(2) לאיזה זרם יש לכייל את הממסר ליתרת זרם? נמק את תשובתך.

ב. מדוע משתמשים במתנע כוכב משולש להתנעת מנוע? נמק את תשובתך.

פתרון

א. (1) מחברים את המנוע בחיבור כוכב, המתח על סלילי השנאי במצב זה הוא $231 V$ ומתח האספקה, מתח שלוב, הוא $400 V$.

(2) נכייל את הממסר ליתרת זרם לזרם הנומינלי של המנוע.

חישוב הזרם הנומינלי:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85 \cdot 0.8} = 42.45 A$$

ב. משתמשים במתנע כוכב-משולש להתנעת מנוע, כיוון שבחיבור כוכב הזרם שהמנוע צורך הוא $\frac{1}{3}$ מהזרם

בחיבור משולש. בזמן ההתנעה הזרם יכול להגיע עד- פי 6 מהזרם הנומינלי, לכן בהתנעה בחיבור משולש

אנו מקטינים אותו פי 3.





שאלה 4

- מנוע השראה תלת-מופעי מחובר לרשת $400 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$, ומסתובב במהירות של 1430 סל"ד.
- קבע את מספר זוגות הקטבים שבסטור המנוע.
 - חשב את מקדם ההחלקה של המנוע.
 - חשב את תדירות הזרם ברוטור.
 - הסבר את המושג "החלקה קריטית".

פתרון

- מספר זוגות הקטבים שברוטור הם $p=2$.
- עבור $p = 2$ מקבלים מהירות סינכרונית של 1500 סל"ד.
- חישוב מקדם ההחלקה, s של המנוע.

$$s = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{1500 - 1430}{1500} = 0.0467 = 4.67\%$$

- חישוב תדירות הזרם ברוטור.

$$f_2 = s \cdot f_1 = 0.0467 \cdot 50 = 2.33 \text{ Hz}$$

- חליקה קריטית:

כאשר מעמיסים את המנוע ומגדילים את העומס, אז גם הזרם גדל ומקדם ההחלקה, s גם עולה עד שמגיעים לנקודה שבה המומנט שהמנוע מספק הוא מקסימאלי. בנקודה זו המנוע נעצר או נמצא לפני עצירה. החליקה בנקודה זו היא קריטית.



שאלה 5

נתון מנוע השראה תלת-מופעי עם רוטור כלוב. סלילי המנוע מחוברים בכוכב. נתוניו הנקובים של המנוע הם:

$$400/230V, 25kW, 50Hz, \eta=0.88, \cos\varphi=0.85, 1440r.p.m$$

א. חשב את המומנט על ציר המנוע.

ב. האם ניתן להתניע את המנוע בשיטת כוכב משולש? נמק את תשובתך.

פתרון

נתון:

$$400/230V, 25kW, 50Hz, \eta=0.88, \cos\varphi=0.85, 1440r.p.m$$

א. חישוב המומנט על ציר המנוע

$$\begin{cases} M = \frac{P}{\omega} \\ \omega = 2\pi \cdot \frac{n}{60} \end{cases} \Rightarrow M = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{P}{n} = 9.55 \cdot \frac{P}{n}$$

$$M = 9.55 \cdot \frac{25000}{1440} = 165.8 Nm$$

ב. על סמך נתוני השאלה, "סלילי המנוע מחוברים בכוכב", לא ניתן להתניע את המנוע בהתנעת כוכב משולש, מפני שלפי נתוני המתח בשאלה קיים חיבור פנימי בין הסלילים באופן קבוע לחיבור כוכב, ולא ניתן להפריד את החיבורים.

בשלט של מנוע צריכים להיות רשומים שני מתחים על מנת שניתן יהיה לתניע אותו בהתנעת כוכב משולש; למשל 690/400 V.



שאלה 6

נתוניו הנקובים של מנוע השראה תלת-מופעי בעל רוטור כלוב הם:

$$20kW, 1420r.p.m, 50Hz, 400V, \cos\varphi=0.8, X_T=5\Omega$$

סלילי המנוע מחוברים במשולש.

- חשב את מקדם ההחלקה של המנוע בתנאים נקובים.
- חשב את תדירות הזרם ברוטור.
- חשב את המומנט הנקוב של המנוע ואת המומנט הקריטי שלו.
- חשב את מקדם ההחלקה הקריטי.

פתרון

נתוניו הנקובים של מנוע השראה תלת-מופעי בעל רוטור כלוב הם:

$$20kW, 1420r.p.m, 50Hz, 400V, \cos\varphi=0.8, X_T=5\Omega$$

סלילי המנוע מחוברים במשולש, לכן, $U = U_{ph} = 400V$

א. חישוב מקדם ההחלקה בתנאים נומינליים (נקובים).

$$s = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{1500 - 1420}{1500} = 0.053 = 5.3\%$$

ב. חישוב תדירות הזרם ברוטור

$$f_2 = s \cdot f_1 = 0.053 \cdot 50 = 2.65 Hz$$

ג. חישוב מומנט נקוב, M_n ומומנט קריטי, M_k .

$$\begin{cases} M = \frac{P}{\omega} \\ \omega = 2\pi \cdot \frac{n}{60} \end{cases} \Rightarrow M = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{P}{n} = 9.55 \cdot \frac{P}{n}$$

$$M_n = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{P_n}{n_n} = 9.55 \cdot \frac{20000}{1420} = 134.5 Nm$$





$$M_k = 9.55 \cdot \frac{3 \cdot U_{ph}^2}{2 \cdot n_s \cdot X_T} = 9.55 \cdot \frac{3 \cdot 400^2}{2 \cdot 1500 \cdot 5}$$

$$M_k = 305.6 \text{ Nm}$$

ד. חישוב מקדם ההחלקה הקריטי.

$$\frac{M_n}{M_k} = \frac{134.5}{305.6} = 0.44 \qquad \frac{M_n}{M_k} = \frac{2}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}}$$

$$0.44 = \frac{2}{\frac{0.053}{s_k} + \frac{s_k}{0.053}}$$

⋮

$$s_k^2 - 0.241 \cdot s_k + 2.81 \cdot 10^{-3} = 0$$

⋮

$$s_{k1} = 0.229 = 22.9\%$$

$$s_{k2} = 0.0123 = 1.23\%$$

מקדם ההחלקה הקריטי שנבחר משתי הפתרונות הוא $s = 22.9\%$.

שאלה 7

נתון מנוע השראה בעל רוטור כלוב, שמתח ההזנה שלו הוא 400 V . נתונים ארבעה מתחי הזנה אפשריים למנוע זה והם:

$$1. 400 \text{ V} \quad 2. \frac{400}{\sqrt{3}} \text{ V} \quad 3. \frac{400}{\sqrt{2}} \text{ V} \quad 4. \frac{400 \cdot \sqrt{2}}{3} \text{ V}$$

קבע מהי שיטת התנעה המתאימה למנוע, בכל אחד ממתחי ההזנה המופיעים בסעיפים 1 – 4 . נמק את קביעתך לגבי כל אחד ממתחי ההזנה.





פתרון

סעיף 1 - $400 V$:

המנוע יתניע בהתנעה ישירה לקו ללא שום אמצעי עזר נוסף.

סעיף 2 - $\frac{400}{\sqrt{3}} V$:

אפשר להתניע את המנוע באמצעות מתנע כוכב משולש, כי מתח ההזנה הינו $230 V$ ובמקרה זה כדי שהמנוע יעבוד במלוא עוצמתו – מומנט מכסימלי יישמר, המנוע בסוף ההתנעה חייב לעבוד במשולש, כך הוא יקבל מתח פאזי זהה לנומינלי.

סעיף 3 - $\frac{400}{\sqrt{2}} V$:

מתח ההזנה, $288 V$, הוא מעל למתח הפאזי הנומינלי. המטרה להקטין את זרם ההתנעה פי 2 אולם יש לזכור שגם מומנט ההתנעה יקטן. מתח זה יכול לשמש להתנעה במתח נמוך ולאחר שלב ההתנעה לעבור למתח נומינלי כדי לאפשר למנוע לפתח מומנט מקסימלי נומינלי

שאלה 8

נתוניו הנקובים של מנוע השראה תלת-מופעי שסליליו מחוברים בחיבור משולש, הם :

$$5.5 kW, 960 r.p.m, 400 V, 50 Hz, \cos \varphi = 0.88, \eta = 0.84, \frac{M_k}{M_n} = 2.2$$

- קבע את המהירות הסינכרונית של המנוע, וחשב את מספר זוגות הקטבים.
- חשב את מקדם ההחלקה של המנוע כאשר הוא עובד בעומס נקוב.
- חשב את מקדם ההחלקה הקריטי.
- חשב את זרם הזנה הנקוב של המנוע..

פתרון

נתוניו המנוע :

$$5.5 kW, 960 r.p.m, 400 V, 50 Hz, \cos \varphi = 0.88, \eta = 0.84, \frac{M_k}{M_n} = 2.2$$

א. המהירות הסינכרונית של המנוע, ומספר זוגות הקטבים.

נתון כי מהירות המנוע היא 960 סל"ד, לכן המהירות הסינכרונית של המנוע 1000 סל"ד.

עבור נתון של 1000 סל"ד אנו מקבלים כי יש 3 זוגות קטבים.

מצ"ב הקשר בין מספר זוגות הקטבים לבין המהירות הסינכרונית:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p}, \quad f = 50 \text{ Hz} \Rightarrow n_s = \frac{3000}{p}$$

$$p = 1 \rightarrow n_s = 3000 \text{ r.p.m}$$

$$p = 2 \rightarrow n_s = 1500 \text{ r.p.m}$$

$$p = 3 \rightarrow n_s = 1000 \text{ r.p.m}$$

ב. חישוב מקדם ההחלקה של המנוע כאשר הוא עובד בעומס נקוב.

$$s = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{1000 - 960}{1000} = 0.04 = 4\%$$

ג. חישוב מקדם ההחלקה הקריטי.

$$\frac{M_n}{M_k} = \frac{1}{2.2}, \quad \frac{M_n}{M_k} = \frac{2}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}}$$

$$\frac{1}{2.2} = \frac{2}{\frac{0.04}{s_k} + \frac{s_k}{0.04}}$$

$$\frac{0.04}{s_k} + \frac{s_k}{0.04} = 4.4$$

⋮

$$s_k^2 - 0.176 \cdot s_k + 1.6 \cdot 10^{-3} = 0$$

⋮

$$s_{k_1} = 0.166 = 16.6\%$$

$$s_{k_2} = 0.0096 = 0.96\%$$

ד. חישוב זרם ההזנה הנקוב של המנוע.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{5500}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.88 \cdot 0.84} = 10.74 \text{ A}$$