

משרד העבודה הרווחה
והשירותים החברתיים



האגף להכשרה מקצועית ולפיתוח כוח אדם
תחום פדגוגיה

מאגר שאלות ותשובות בתורת החשמל לחשמלאי מוסמך

עדכון המאגר והפקת המהדורה השנייה (2018)

בדיקה וכתובת שאלות חדשות: רועי אפללו
ניהול הפקה: ד"ר ענת בר-כהן, מארה המחלקה לפיתוח פדגוגי טכנולוגי.
בדיקה מקצועית: תא הפיקוח על ענף החשמל, האגף להכשרה מקצועית.
יוסי שרביט, עורך תוכניות לימודים
יפית ליברמן, מהנדסת חשמל ומחשבים (B.Sc).
משה רודובסקי, מורה למקצועות החשמל
עימוד: מתודיקה למידה אפקטיבית בע"מ.

עדכון המאגר והפקת המהדורה הראשונה (2005)

בדיקה מקצועית: אבי גינת, מהנדס חשמל
איגור דיקר, מהנדס ומורה לחשמל
דליה נאור, MA הוראת מדעים, חשמל ואלקטרוניקה
יוסי שרביט, עורך תוכניות לימודים
ריכוז והנחייה: יוסי שרביט, עורך תוכניות לימודים
סרטוט, עיצוב וריכוז הפקה: עליזה שליף, מאה
הגהה: אבי גינת, מהנדס חשמל
ניהול הפקה: אברהם הרטמן, מאה

הקמה ופיתוח של המאגר הראשוני (1994)

ייזום: אמיל מלול, מנהל המחלקה הפדגוגית
ייזום, אפיון וניהול: משה אמיר, מאה
חיבור, עריכה ותחזוקה: אבי גינת, מהנדס חשמל
צוות היגוי: דוד תרזה ז"ל, מפקח ארצי לחשמל
משה אמיר, מאה
יוסי שרביט, עורך תוכניות לימודים
יוחנן קראוס, ראש ענף בחינות ארצי
הפקת הספר: צבי עינת
עיצוב עטיפה: ר.ב. ארטס

מהדורה שנייה – 2016, תשע"ו
© כל הזכויות שמורות ל **מארה** המחלקה לפיתוח פדגוגי טכנולוגי
מ"ק 813301; 2005325

אין להעתיק, לתרגם, לשכפל, לאחסן במאגרי מידע, לשדר או לקלוט בכל אמצעי אלקטרוני, אופטי או אחר – שום חלק מהחומר בספר זה. לא ייעשה שימוש מסחרי מסוג כלשהו ללא רשות בכתב מאת הנהלת היחידה לפיתוח פדגוגי טכנולוגי.

הוצאה לאור: **מארה** המחלקה לפיתוח פדגוגי טכנולוגי
בית ליאו גולדברג, דרך מנחם בגין 86 תל אביב 6713833
טלפון 03-7347482/3; פקס 03-7347627; דוא"ל: mea@molsa.gov.il
Employment.molsa.gov.il/mea

הקדשה

**מהדורה זו מוקדשת לזכרו של הלוחם גל רודובסקי, בנם של סמדר ז"ל ומשה
רודובסקי, שנפל באסון השייטת ג' באלול תשנ"ז 5.9.1997.**

תוכן העניינים

6	הקדמה
7	פרק 1: מבוא לתורת החשמל ומושגי יסוד
11	פרק 2: מעגלים בזרם ישר
15	פרק 3: אנרגיה והספק
21	פרק 4: אלקטרוכימיה
24	פרק 5: מגנטיות ואלקטרומגנטיות
30	פרק 6: אלקטרוסטטיקה וקבלים
34	פרק 7: מעגלי מתח וזרם חילופין חד-מופעיים
37	פרק 8: התנגדות, קיבול והשראות במעגלי זרם חילופין
48	פרק 9: מעגלי זרם חילופין ומערכות חשמל תלת-מופעיות
55	פתרונות לפרק 1
61	פתרונות לפרק 2
123	פתרונות לפרק 3
142	פתרונות לפרק 4
149	פתרונות לפרק 5
164	פתרונות לפרק 6
174	פתרונות לפרק 7
184	פתרונות לפרק 8
224	פתרונות לפרק 9
247	תוכנית מבחן מומלצת
248	מבחן לדוגמה
251	נספח: תוכניות בחינה לרמת רישוי חשמלאי מוסמך

הקדמה

מאגר השאלות והתשובות בתורת החשמל לחשמלאי מוסמך הוא אחד משלושה מאגרים לחשמלאי מוסמך, בסדרת המאגרים לענף החשמל והאלקטרוניקה: חשמלאי מעשי, חשמלאי מוסמך וחשמלאי ראשי.

סדרת המאגרים בחשמל פותחה על בסיס תוכניות בחינה בחשמל שאושרו בהתאם לתוכנית החשמל (רישיונות) ונושאים עיקריים למגמות השונות: חשמלאי מעשי, חשמלאי מוסמך וחשמלאי ראשי. חלק משאלות אלה שימש בעבר בבחינות גמר ברמות השונות.

מאגר השאלות מתאים למבוגרים ולנוער.

מטרות מאגר בתורת החשמל לחשמלאי מוסמך

- א. לסייע לתלמידים, בנוסף לשעורים הסדירים בכיתה, על ידי תרגול וחזרה יסודית ומקיפה על חומר הלימודים.
- ב. להכין את התלמידים בצורה יעילה, ממוקדת והוגנת למבחן הגמר החיצוני, ובכך לאפשר להם להוכיח את ידיעותיהם.

מבנה המאגר

המאגר כולל שאלות פתוחות ומחולק ל-10 נושאים. הפתרונות לשאלות מרוכזים בסוף הספר.

ייצוגיות שאלות במבחן הגמר החיצוני

בסוף הספר מצורפת תוכנית מומלצת לבניית מבחן ואחריה מבחן לדוגמה שנבנה לפיה. מחלקת הבחינות שומרת לעצמה את הזכות להוסיף שאלות חדשות למאגר לפי שיקול דעתה, בעקבות שינויים עתידיים אפשריים בתוכנית הלימודים במקצוע. בנוסף, ייתכנו שינויים בערכים מספריים בנתוני שאלות החישוב.

בסוף הספר מצורף נספח של תוכניות בחינה לרמת רישוי חשמלאי מוסמך במקצועות: תורת החשמל ומכונות חשמל (מבחן משולב), מתקני חשמל ורשת.

תודות

תודות לכל אלה אשר סייעו להביא את המאגר המקיף לרמת איכותית ומקצועית גבוהים. תודה מיוחדת למפקח הארצי לענף חשמל ואלקטרוניקה דוד תרזה ז"ל אשר ליווה את הפיתוח הראשוני של המאגר וקידם את יישומו בשדה. תהיה סדרת המאגרים בחשמל נר זיכרון לפועלו לקידום הוראת החשמל בקורסים להכשרה מקצועית.

פרק 1 - מבוא לתורת החשמל ומושגי יסוד - 13 שאלות

דוגמה

סליל ממסר, רליי, ניזון ממקור מתח ישר בעל מתח הדקים של $24V$. בשעת חיבור הסליל, עובר בו זרם של $2A$. לאחר שהסליל התחמם, יורד הזרם העובר דרכו ל- $1.8A$. טמפרטורת הסביבה היא $20^{\circ}C$. מקדם שינוי ההתנגדות בטמפרטורה לנחושת, ממנה עשוי הסליל,

$$\text{הוא } \alpha = 0.004 \left(\frac{1}{^{\circ}C} \right)$$

חשב את טמפרטורת הסליל לאחר התחממותו.

פתרון

נתון:

חשב:

$$\theta_2 = ?$$

$$U = 24V$$

$$I_1 = 2A \text{ (סליל קר)}$$

$$I_2 = 1.8A \text{ (סליל חם)}$$

$$\theta_1 = 20^{\circ}C$$

$$(Cu)\alpha_{20^{\circ}} = 0.004 \left(\frac{1}{^{\circ}C} \right)$$

$$R_{\theta_2} = R_{\theta_1} (1 + \alpha_{20^{\circ}} \cdot \Delta\theta)$$

$$R_{20^{\circ}} \alpha \cdot \Delta\theta = R_{\theta_2} - R_{20^{\circ}}$$

$$\Delta\theta = \frac{R_{\theta_2} - R_{20^{\circ}}}{\alpha \cdot R_{20^{\circ}}} = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R_{\theta_2}}{R_{20^{\circ}}} - 1 \right)$$

$$R_{20^{\circ}} = \frac{U}{I_1} = \frac{24}{2} = 12\Omega$$

$$R_{\theta_2} = \frac{U}{I_2} = \frac{24}{1.8} = 13.33\Omega$$

$$\Delta\theta = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R_{\theta_2}}{R_{20^{\circ}}} - 1 \right) = \frac{1}{0.004} \left(\frac{13.33}{12} - 1 \right) = 27.7^{\circ}C$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - 20^{\circ} \Rightarrow \theta_2 = \Delta\theta + 20^{\circ} = 27.7 + 20 = 47.7^{\circ}C$$

שאלה 2

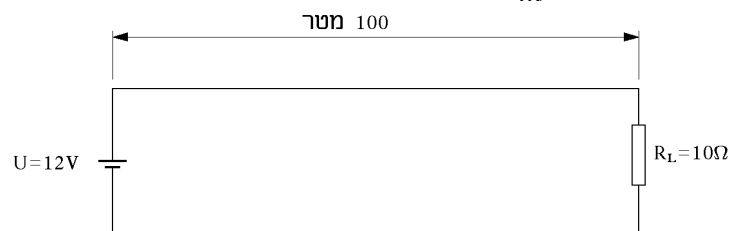
התנגדות של נגד נמדדה בטמפרטורה של 20°C בעזרת מד זרם ומד מתח, המחוברים אליו. מד המתח הראה 5V ומד הזרם הראה 2A . כמו כן נמדדה ההתנגדות בטמפרטורה נוספת, באותו

המתח של 5V הראה מד הזרם זרם של 1.8A . מקדם הטמפרטורה הוא $\alpha = 0.01 \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$.

חשב את הטמפרטורה שבה הזרם הוא 1.8A .

שאלה 3

שטח החתך של המוליכים הוא $A=1.8\text{mm}^2$. המוליכים עשויים נחושת, ההתנגדות הסגולית בטמפרטורה של 20°C היא: $\rho = 0.018 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$. הצרן נמצא במרחק 100 מטר מהמקור.



חשב את:

- המתח שיתפתח על הצרן R_L ב- 20°C .
- ההספק שמתבזבז על המוליכים בדרך לצרן.
- התנגדות המוליכים בטמפרטורה של 120°C $\cdot \left(\alpha = 0.0039 \frac{1}{^{\circ}\text{C}}\right)$.
- ההספק שהיה מתפתח על הצרן R_L , לו היה מחובר ישירות, ללא המוליכים, למקור המתח.

שאלה 4

ליפופי סליל של אלקטרומגנט עשויים נחושת. לפני הפעלת האלקטרומגנט, בטמפרטורת סביבה של $\theta_1 = 35^{\circ}\text{C}$, נמדדה התנגדותו והתקבל $R_{\theta_1} = 1.25\Omega$.

לאחר פעולה ממושכת של האלקטרומגנט נמדדה, באותו סליל, התנגדות של $R_{\theta_2} = 1.5\Omega$.

מקדם שינוי ההתנגדות בטמפרטורה הוא: $\alpha_{20} = 0.004 \left(\frac{1}{^{\circ}\text{C}}\right)$.

חשב את טמפרטורת האלקטרומגנט בעבודה.

שאלה 5

מוליך נחושת חומם מטמפרטורה של 20°C עד לטמפרטורה מסוימת. כתוצאה מכך גדלה התנגדותו

ב- 60% . מקדם הטמפרטורה של הנחושת הוא $\alpha = 0.004 \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$.

עד לאיזו טמפרטורה חומם המוליך?

שאלה 6

שני סלילים זהים A ו-B מלופפים מתייל נחושת בעל שטח חתך של 0.2mm^2 ובאורך של 3000m . הסלילים חוברים למקורות מתח שונים וכעבור זמן מה נמדדו ההתנגדויות שלהם בנפרד.

התוצאה היתה: $R_A = 290\Omega$, $R_B = 310\Omega$.

ההתנגדות הסגולית של הנחושת היא $\rho = 0.0175 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$.

מקדם שינוי ההתנגדות בטמפרטורה $\alpha_{20^\circ} = 0.004 \left(\frac{1}{^\circ\text{C}} \right)$.

חשב את הפרש הטמפרטורה בין שני הסלילים במצב זה.

שאלה 7

חבילה של תייל נחושת נמדדה באמצעות מד-התנגדות שהראה 900Ω . שטח החתך של התייל הוא 0.5mm^2 . הטמפרטורה בזמן המדידה הייתה 10°C .

$\rho_{20} = 0.018 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$; $\alpha = 0.0039 \frac{1}{^\circ\text{C}}$ נחושת

חשב את:

א. התנגדות התייל בטמפרטורה של 20°C .

ב. אורך התייל.

שאלה 8

יש לחשב התנגדות של נגד בטמפרטורה של 200°C . לשם כך מדדו אותו בטמפרטורה של 20°C וקיבלו התנגדות של 50Ω . לאחר מכן מדדו שוב בטמפרטורה של 25°C והתוצאה היתה 51.5Ω . מהי התנגדות הנגד בטמפרטורה של 200°C ?

שאלה 9

נתון מוליך מנחושת באורך 14 ק"מ. שטח חתך המוליך הוא 1.5mm^2 .

התנגדותו הסגולית היא $\rho = 0.018 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$.

חשב את:

א. התנגדות המוליך.

ב. ההתנגדות הסגולית של מוליך באותו אורך ובאותו שטח שהתנגדותו קטנה בחצי.

שאלה 10

התנגדותו של מוליך בטמפרטורה של 20°C היא 300Ω . המוליך עשוי נחושת ומקדם הטמפרטורה

שלו הוא $0.0039 \frac{1}{^\circ\text{C}}$.

חשב את:

א. התנגדות המוליך בטמפרטורה של 50°C .

ב. התנגדות המוליך בטמפרטורה של 5°C .

שאלה 11

על פני נגד, הנמצא בטמפרטורה של 20°C , נמדד מתח של 1.6V וזרם בו זרם של 1.1A .
בטמפרטורה של 100°C נמדד מתח של 1.6V וזרם של 1A .
חשב את מקדם הטמפרטורה של הנגד.

שאלה 12

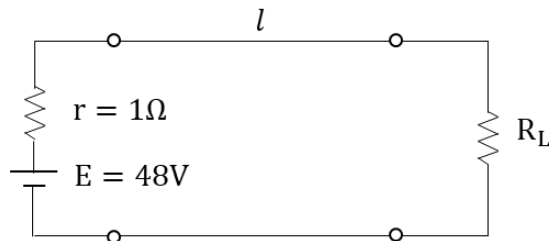
תיל להט של נורה $220\text{V}/100\text{W}$ עשוי טונגסטן. מקדם הטמפרטורה שלו הוא $\alpha = 0.0045 \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$.
כאשר הנורה דולקת, חוט הלהט מתחמם עד כדי 2000°C . הנח טמפרטורת סביבה של 20°C .

חשב את הזרם שצורכת קבוצה של 10 נורות מסוג זה, ברגע ההדלקה.

הדרכה: כאשר הנורות דולקות וצורכות 100 ואט הן נמצאות בטמפרטורה הגבוהה, כאשר הנורות כבויות וגם ברגע ההדלקה הן נמצאות בטמפרטורת הסביבה.

שאלה 13

צרכן התנגדותי מחובר למקור מתח ישר של 48V והתנגדות פנימית של 1Ω דרך זוג תיילים מנחושת, כמתואר באיור.



כל המערכת, כולל הצרכן נמצאת בטמפרטורה אופפת של 20°C .

שטח חתך המוליכים הוא 0.5mm^2 והתנגדותם הסגולית היא: $\rho_{20} = 0.018 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$.

מקדם שינוי ההתנגדות של הצרכן הוא $\alpha_{20} = 0.004 \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$. ידוע שהתנגדות הצרכן בטמפרטורה של 50°C היא 7.84Ω .

חשב את מרחק הצרכן ממקור המתח כאשר ידוע שעל הצרכן מתפתח הספק מרבי (20°C).

פרק 2 - מעגלים בזרם ישר - 70 שאלות

דוגמה

שאלה 1

כאשר שני נגדים מחוברים בטור למקור מתח של $80V$, הם צורכים זרם בעוצמה של $10A$. כאשר אותם הנגדים מחוברים במקביל למקור מתח $15V$, הם צורכים שוב $10A$.

חשב את ההתנגדות של כל אחד משני הנגדים.

פתרון

נתון:

חשב:

$$\begin{array}{l} R_1 = ? \\ R_2 = ? \end{array} \left| \begin{array}{l} U_1 = 80V \\ I_1 = 10A \\ U_2 = 15V \\ I_2 = 10A \end{array} \right.$$

$$R_T = R_1 + R_2 = \frac{80}{10} = 8\Omega \quad \text{בחיבור טורי:}$$

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{15}{10} = 1.5\Omega \quad \text{בחיבור מקבילי:}$$

$$R_1 + R_2 = 8 \Rightarrow R_1 = 8 - R_2 \quad (1)$$

$$R_1 \cdot R_2 = 1.5(R_1 + R_2) \quad (2)$$

$$(8 - R_2) \cdot R_2 = 1.5(8 - R_2 + R_2)$$

$$(8 - R_2) \cdot R_2 = 12$$

$$8R_2 - R_2^2 = 12 \Rightarrow R_2^2 - 8R_2 + 12 = 0$$

$$R_2 = \frac{8 \pm \sqrt{64 - 48}}{2} = \begin{cases} 6 \\ 2 \end{cases}$$

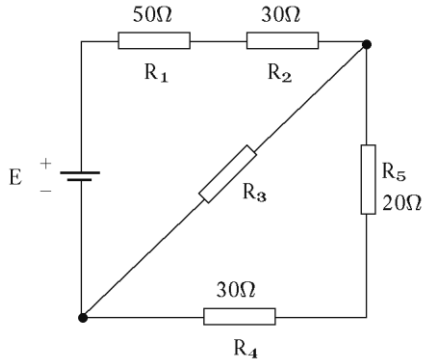
$$R_1 = 8 - R_2 = 8 - 6 = 2\Omega$$

$$R_1 = 8 - R_2 = 8 - 2 = 6\Omega$$

מכאן: $R_2 = 6\Omega$, $R_1 = 2\Omega$, או ההיפך.

שאלה 2

ערכי הנגדים במעגל נתונים באיור. מפל המתח על נגד R_3 הינו $100V$ והספקו $5W$.

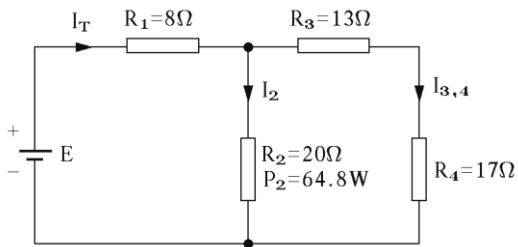


חשב את:

- התנגדותו של נגד R_3 .
- מפל המתח על R_4 ועל R_5 .
- הכא"מ E .
- ההספק הכללי שמספק המקור.

שאלה 3

במעגל המתואר באיור.

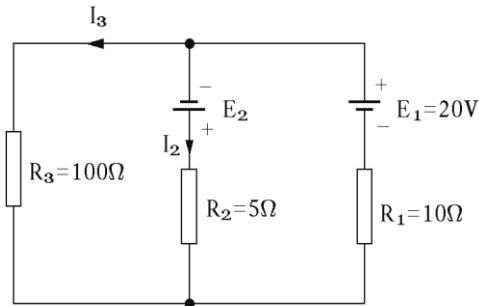


חשב את:

- הכא"מ של המקור.
- הזרם הזורם דרך הנגדים R_3 ו- R_4 .
- ההספק שמספק מקור המתח למעגל.
- המטען שנצרך מהמקור במשך 30 שניות.

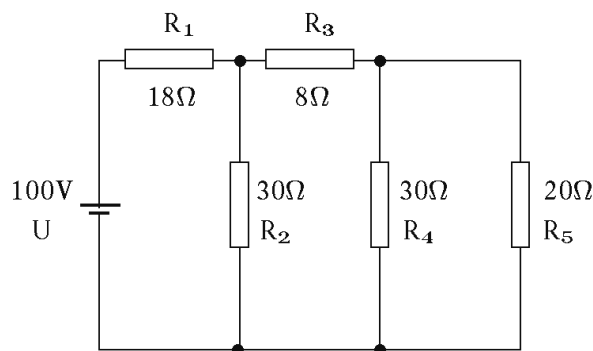
שאלה 4

במעגל המתואר באיור חשב את הכא"מ E_2 הדרוש, כדי למנוע זרימת זרם דרך הנגד R_3 .



שאלה 5

נתון המעגל המתואר באיור. חשב את הזרם דרך הנגד R_5 ואת ההספק שהוא צורך.



שאלה 6

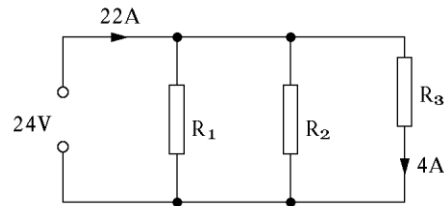
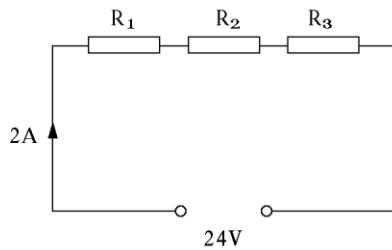
מצבר בעל כא"מ של 10V והתנגדות פנימית של 0.2Ω , מחובר לצרכן שהתנגדותו 10Ω .

חשב את:

- הזרם בצרכן.
- מתח ההדקים של המצבר.
- הזרם בצרכן כאשר מחברים אותו לשני מצברים כמתואר לעיל, המחוברים בטור.

שאלה 7

משני המעגלים שבאיור חשב לפי הנתונים את ערכי הנגדים R_1, R_2, R_3 .
ערכי הנגדים בשני המעגלים זהים בהתאמה.

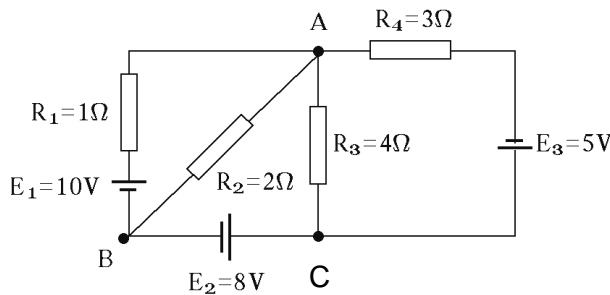


שאלה 8

במעגל הנתון,

חשב את:

- הזרם בכל ענף.
- מהו המתח בין הנקודות A ו-B?



שאלה 9

כאשר מחברים למקור מתח צרכן שהספקו $2.7KW$, מתח ההדקים של המקור הוא $225V$. כאשר מחברים לאותו מקור צרכן שהספקו $1.84KW$, מתח ההדקים המתקבל הוא $230V$.

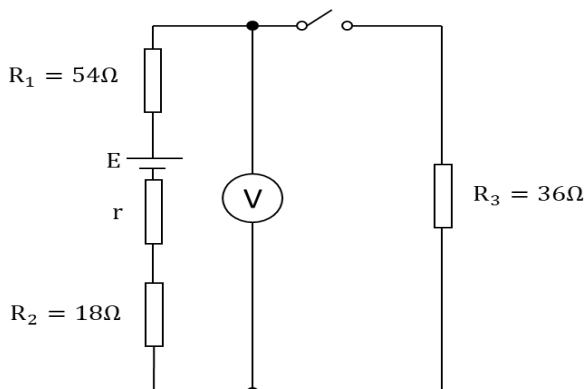
חשב את הכא"מ של מקור המתח ואת התנגדותו הפנימית.

שאלה 10

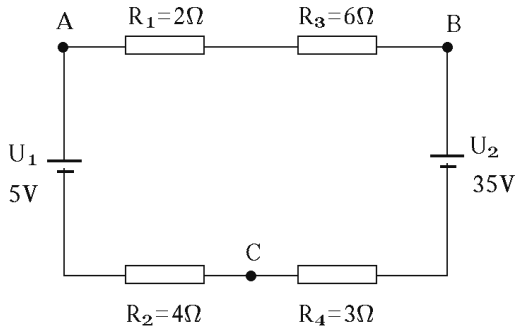
נתון המעגל המתואר באיור.

כאשר המפסק פתוח, מד-המתח מציין $56V$.
כאשר המפסק סגור, מד-המתח מציין $18V$.

חשב את התנגדות הפנימית של המקור.



שאלה 11

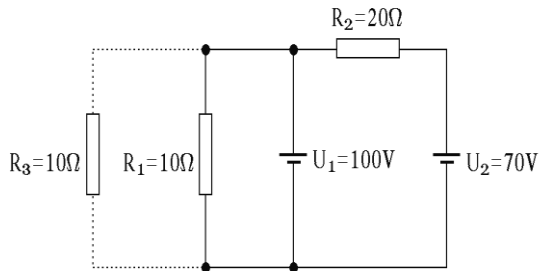


- במעגל המתואר באיור, חשב את:
- המתח על כל נגד ונגד.
 - המתחים U_{AB} , U_{AC} , U_{BC} .
 - הספק המעגל כולו.

חשב והשווה בין ההספק הנצרך לבין ההספק המסופק.

שאלה 12

נתון המעגל המופיע באיור.

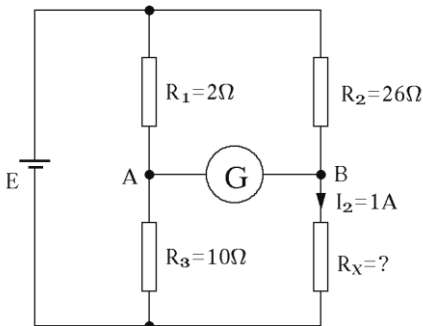


חשב:

- את הזרם וההספק בנגד R_1 , ללא הנגד R_3 .
- חשב את ההספק שמספק מקור מתח U_1 , ללא הנגד R_3 .
- במקביל ל- R_1 הוסיפו נגד $R_3 = R_1 = 10\Omega$. האם הזרם וההספק R_1 יישארו כפי שהיו?

שאלה 13

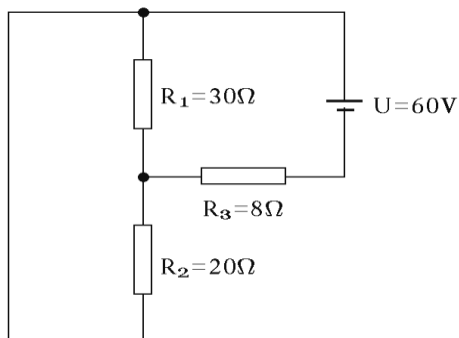
הגשר המתואר באיור מאוזן וזרם אינו זורם דרך הגליונומטר.



- אם נוציא את הגליונומטר מהמעגל, האם ישנה הדבר את הזרמים במעגל?
- חשב את ערכו של R_x .
- חשב את ערכי הזרמים דרך הנגדים.
- חשב את הכא"מ E של המקור.

שאלה 14

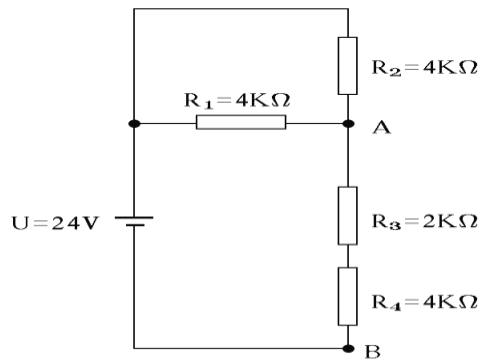
נתון המעגל המופיע באיור.



חשב את:

- ההתנגדות השקולה במעגל.
- הזרמים במעגל וכיוונם.
- המתחים על פני כל אחד מהנגדים.
- ההספקים המתפתחים בכל אחד מהנגדים ואת ההספק הכולל.

שאלה 15

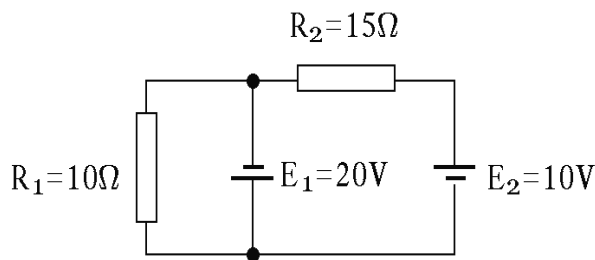


נתון המעגל המתואר באיור.

חשב את:

- א. המתח בין הנקודות A ו-B.
- ב. ההספק שמספק מקור המתח למעגל.

שאלה 16

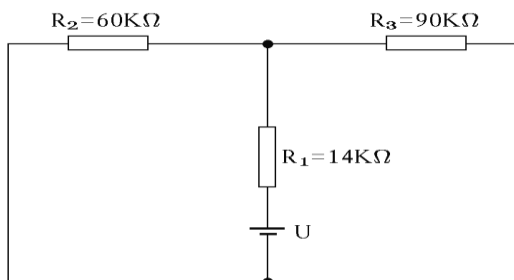


נתון המעגל המתואר באיור.

חשב את:

- א. הזרם דרך R_1 .
- ב. ההספק שמספק מקור המתח E_1 .
- ג. ההספק שנופל על R_2 .

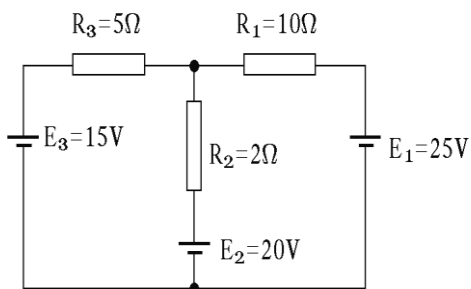
שאלה 17



המתח על הנגד R_3 המתואר באיור הוא 180V.

חשב את ערכו של מתח המקור.

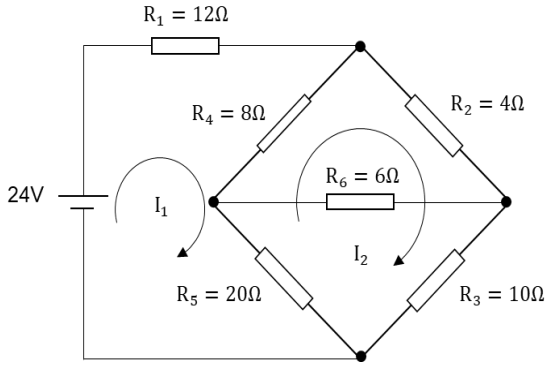
שאלה 18



נתון המעגל המתואר באיור.

- א. מצא את הזרמים במעגל.
- ב. איזה מן המקורות מספק הספק למעגל ואיזה מן המקורות צורך הספק מהמעגל?

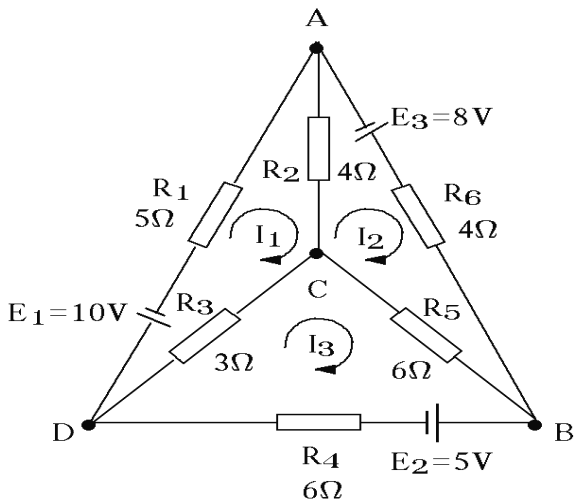
שאלה 19



חשב את הזרם בכל אחד מהנגדים במעגל המתואר באיור. השתמש לשם כך בצורה הסטנדרטית של זרמי החוגים.

הערה: כיווני הזרמים בשרטוט סומנו באופן שרירותי.

שאלה 20

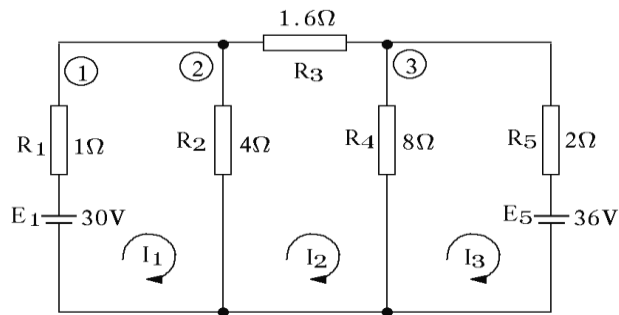


חשב את הזרם בנגד R_3 במעגל המתואר באיור. השתמש לשם כך, באחת השיטות שלמדת.

הערה: כיווני הזרמים בשרטוט סומנו באופן שרירותי.

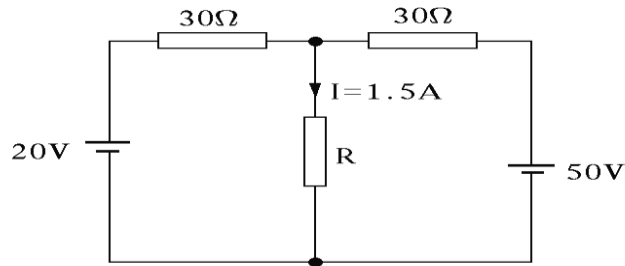
שאלה 21

חשב את ההספק המתבזבז בנגד R_3 , במעגל הנתון באיור.



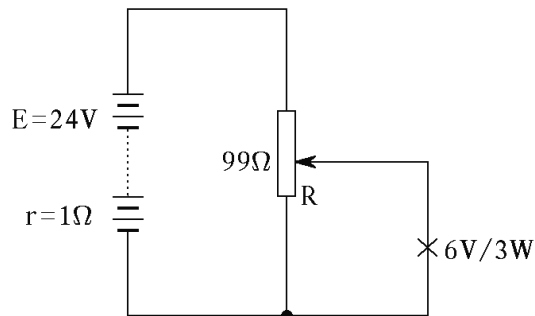
שאלה 22

מה צריך להיות ערכו של הנגד R, כדי שהזרם דרכו יהיה 1.5A ?



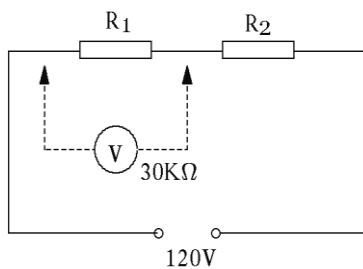
שאלה 23

נורת בעלת הנתונים 6V/3W, מחוברת לנגד משתנה, כמתואר באיור. חשב את ההתנגדות R של קטע הנגד המשתנה, שנמצא במקביל לנורה.



שאלה 24

שני נגדים בלתי ידועים מחוברים בטור למקור מתח, ראה איור. מודדים את מפל המתח על פני כל נגד בנפרד באמצעות מד-מתח בעל התנגדות פנימית של 30,000 אוהם. בשני המקרים מציין מד המתח 48 וולט.

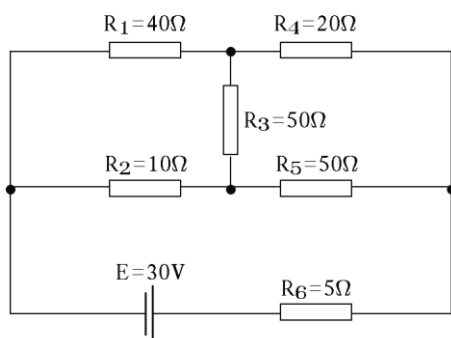


חשב את ההתנגדות של R_1 ושל R_2 .

שאלה 25

במעגל הנתון באיור,

חשב:



- א. את ההתנגדות השקולה R_T .
- ב. את הזרם הכללי במעגל.

שאלה 26

ריאוסטט שהתנגדותו 100 אוהם עובד כפוטנציומטר. מתח הכניסה הוא 120 וולט. במצב מסוים של המגע המחליק יהיה מתח היציאה 90 וולט ללא עומס ו-60 וולט בעומס.

חשב את התנגדות הצרכן.

שאלה 27

כאשר מקור מתח ישר מספק זרם 400mA, מתח הדקיו הוא 400V. כאשר אותו מקור מתח מספק 410mA, מתח הדקיו הוא 398V.

חשב את:

- ההתנגדות הפנימית של מקור המתח.
- מתח המקור בריקם (כאשר אין מקור המתח מספק זרם בכלל).

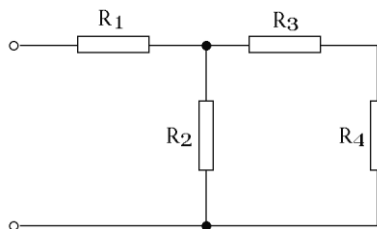
שאלה 28

מכשיר בעל הספק של 1KW ניזון ממתח של 220V בין הדקיו. ההתנגדות הפנימית של מקור המתח היא $r_0 = 0.4\Omega$. התנגדות קו הזינה בין הדקי מקור המתח לבין הדקי המכשיר הינה 3.2Ω .

חשב את מתח הריקים ומתח ההדקים של מקור המתח כאשר המכשיר מחובר.

שאלה 29

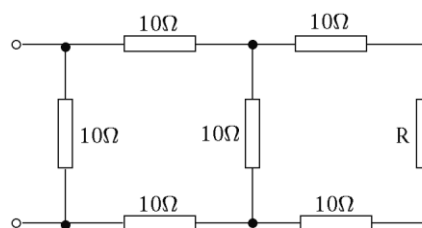
ההתנגדויות R_1, R_2, R_3 במעגל המתואר באיור הן: $R_1 = R_2 = R_3 = 1\Omega$. ערך ההתנגדות R_4 שווה להתנגדות השקולה של המעגל כולו.



חשב את ההתנגדות R_4 .

שאלה 30

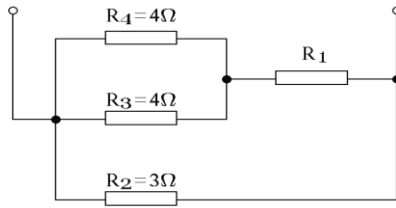
התנגדות הנגד R במעגל המתואר באיור שווה להתנגדות השקולה של המעגל כולו.



חשב את ההתנגדות R.

שאלה 31

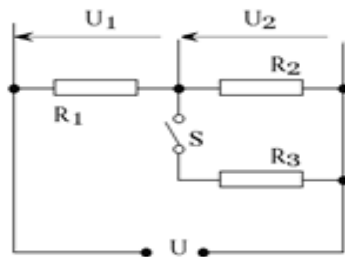
חשב את שיעור ההתנגדות של נגד R_1 כדי שההתנגדות השקולה של המעגל תהיה שווה, אף היא, להתנגדותו של הנגד R_1 .

**שאלה 32**

מתח ההדקים של מחולל לזרם ישר הוא $250V$ ללא חיבור כל עומס להדקי המחולל. ההתנגדות הפנימית של המחולל היא 0.5Ω . צרכן הנמצא במרחק 196 מטר מן המחולל מחובר דרך קו העשוי שני תיילי אלומיניום בעלי שטח חתך של 16 מ"מ"ר כל אחד. התנגדות הצרכן היא

$$\rho = \frac{1}{35} \left(\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right) \text{ אוהם. ההתנגדות הסגולית של האלומיניום היא}$$

חשב את מפל המתח על פני הקו והמתח בו נתון הצרכן.

שאלה 33

במעגל הנתון באיור, מתח הזינה הוא $U=220V$. כאשר המפסק S פתוח, הזרם במעגל $I=1.6A$.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{44}{61} \text{ יחסי מתחי הנגדים במקרה זה:}$$

א. חשב את ערכי ההתנגדויות R_1, R_2 .

ב. כאשר המפסק "S" סגור, קבע את ההתנגדות R_3 , אשר תגרום ליחס מתחים $\frac{U_1}{U_2} = 1$.

שאלה 34

שני נגדים בעלי התנגדות שווה: $R_1 = R_2 = 150\Omega$, מחוברים בטור. אם מחברים נגד נוסף R_3 במקביל ל- R_1 , יהיה מפל המתח על פני R_2 גדול ב-20% ממפל המתח על פני R_1 .

חשב את:

א. ערך ההתנגדות R_3 .

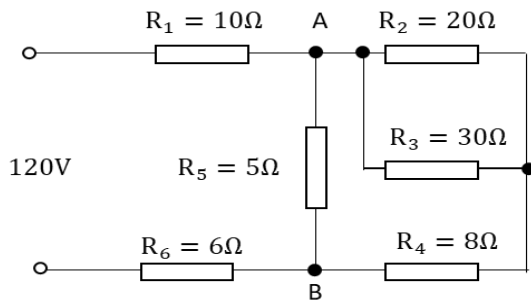
ב. ההספק המתפתח בנגד R_2 כאשר הזרם דרך הנגד R_3 הוא $I_3 = 2A$.

שאלה 35

שני נגדים המחוברים בטור למקור מתח $50V$ צורכים זרם בעוצמה של $10A$. כאשר אותם נגדים מחוברים במקביל למקור מתח $12V$ הם צורכים שוב זרם כולל של $10A$.

חשב את התנגדויות הנגדים.

שאלה 36



נתון מעגל כמתואר באיור.

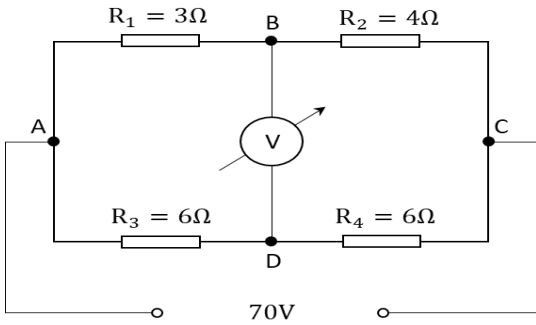
חשב את:

- א. ההתנגדות השקולה של המעגל.
- ב. המתח בין הנקודות A ו-B

שאלה 37

במעגל המתואר באיור יש לחשב את:

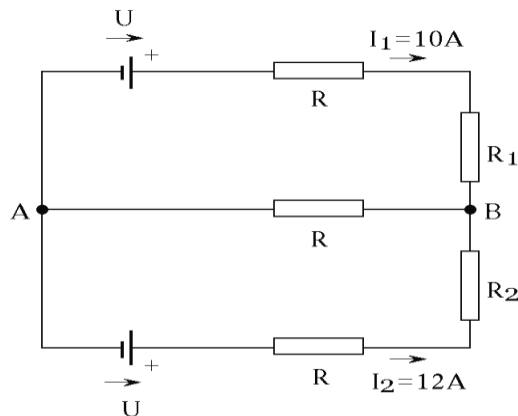
- א. מה מציג הוולט-מטר (הנח כי התנגדות הוולט-מטר אין-סופית).
- ב. ערך ההתנגדות שיש לחבר במקביל לענף DA כדי שהוולט-מטר יראה אפס.
- ג. עוצמת הזרם העובר בענף AB (כאשר מתמלא תנאי סעיף ב).



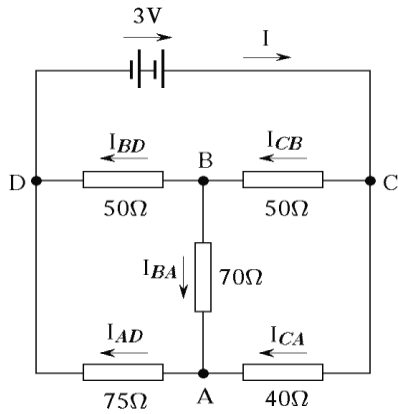
שאלה 38

במעגל, הנתון בתרשים, המתח של כל אחד מן המקורות הוא $U=120V$. ההתנגדויות הן $R = 0.5\Omega$. ידועים כיוניהם ועוצמותיהם של הזרמים I_1 ו- I_2 כמסומן באיור.

חשב את ערכי ההתנגדויות R_1 ו- R_2 ואת המתחים על פניהן.

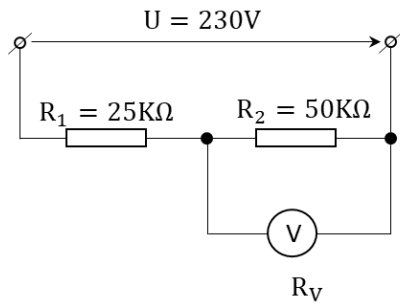


שאלה 39



חשב את הזרמים בכל ענף וענף של המעגל המתואר באיור.

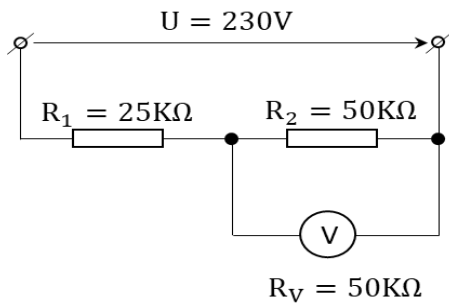
שאלה 40



הוולט-מטר המחובר במעגל כמתואר בתרשים, מראה 108V.

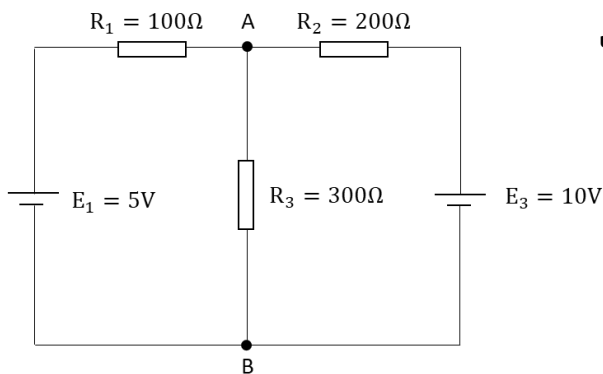
- א. חשב את התנגדות הוולט-מטר.
- ב. קבע את המתח הנמדד על-ידי הוולט-מטר אם התנגדותו הפנימית היא אין-סופית.

שאלה 41



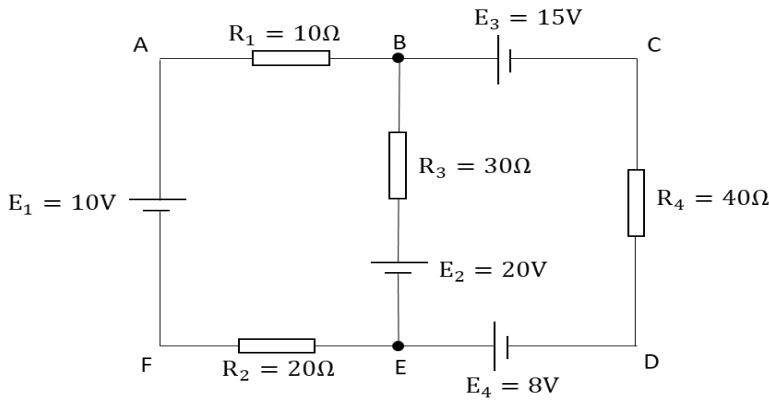
התנגדות הוולט-מטר בתרשים היא 50KΩ. חשב את קריאת הוולט-מטר.

שאלה 42



חשב בעזרת שיטת זרמי הענפים את הזרם בכל ענף במעגל המשורטט בתרשים.

שאלה 43

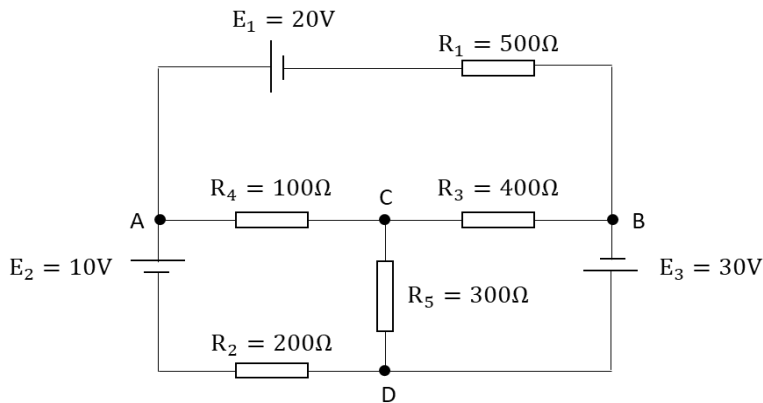


חשב:

- א. בעזרת שיטת זרמי הענפים את הזרם בכל נגד במעגל שבאיור.
- ב. את ההספק המתפתח בכל נגד.
- ג. את ההספק המסופק ואת ההספק הנצרך במעגל זה.

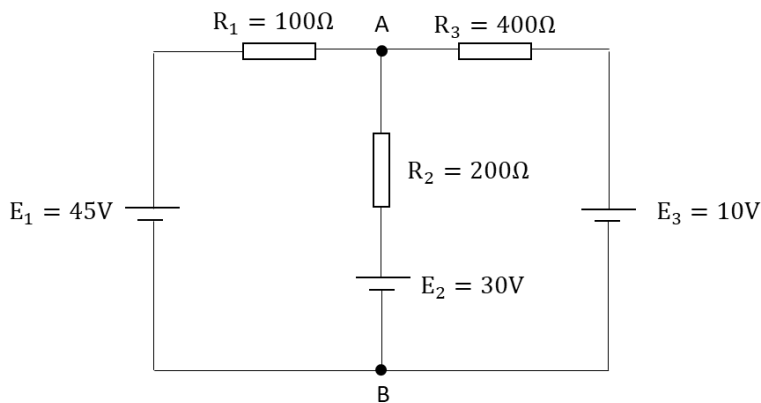
שאלה 44

חשב בעזרת שיטת זרמי החוגים את הזרם בכל נגד במעגל שבאיור.



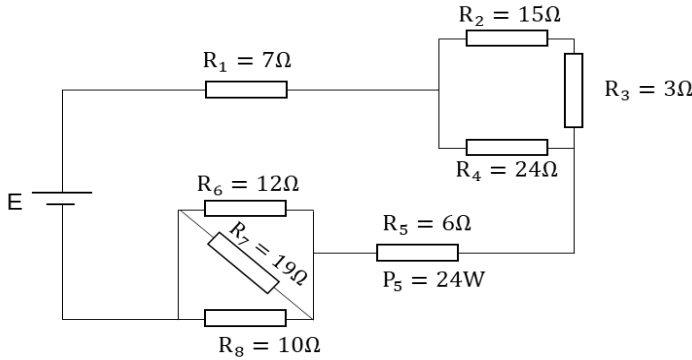
שאלה 45

רשום בצורה הסטנדרטית את משוואות זרמי החוגים של המעגל המתואר באיור, וחשב את הזרמים במעגל.



שאלה 46

באיור שלפניך נתונים ערכי התנגדויות הצרכנים וההספק שצורך צרכן R_5 .

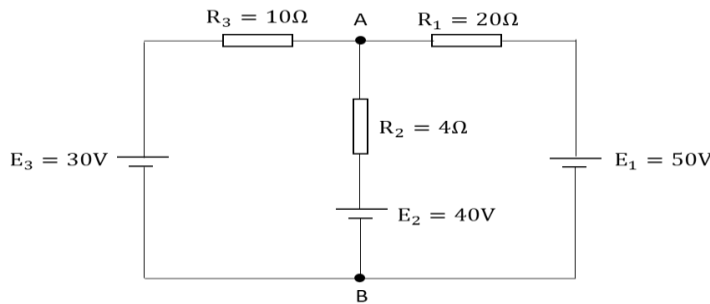


חשב את:

- ההתנגדות השקולה של המערכת.
- הזרם שזורם דרך כל צרכן.
- מפל המתח על צרכן R_1 .
- מתח המקור.

שאלה 47

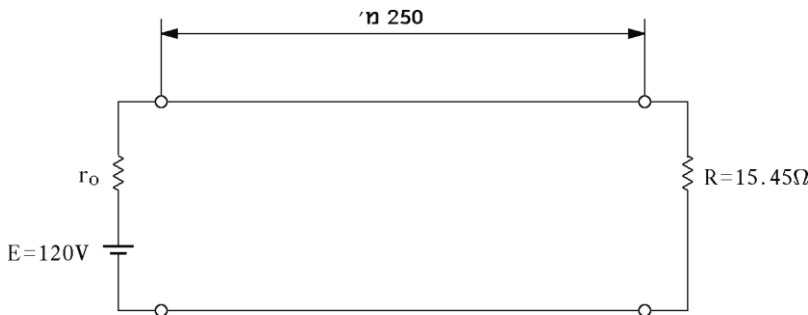
נתון המעגל המופיע באיור. חשב את כל הזרמים במעגל.



שאלה 48

מקור מתח בעל כוח אלקטרו-מניע של $120V$ מזין צרכן בעל התנגדות של 15.45Ω , הנמצא במרחק של 250 מ' ממקור המתח. ההתנגדות הכוללת של מוליכי הקו היא 4.5Ω . הזרם הכולל בקו הוא $6A$.

$$\left(\rho = 0.018 \frac{\Omega mm^2}{m} \right)$$

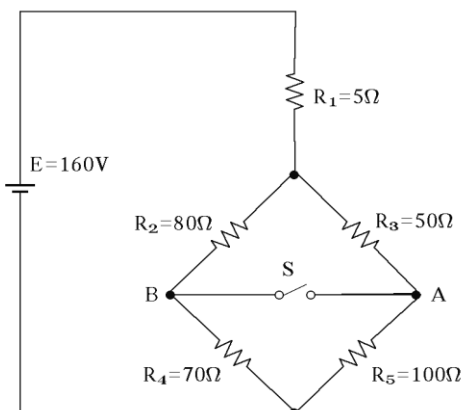


חשב את:

- ההתנגדות הפנימית של המקור r_0
- שטח החתך של מוליכי הקו.
- מפל המתח על המוליכים.
- המתח על הדקי המקור.
- המתח על הצרכן.
- נצילות המערכת.

שאלה 49

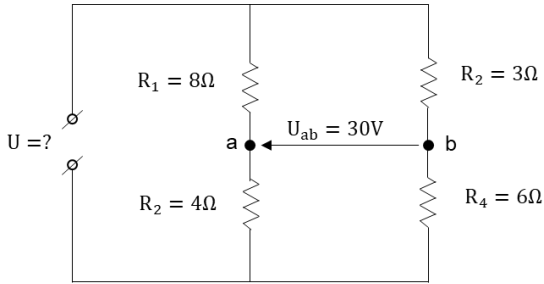
נתון המעגל המופיע באיור.



חשב את:

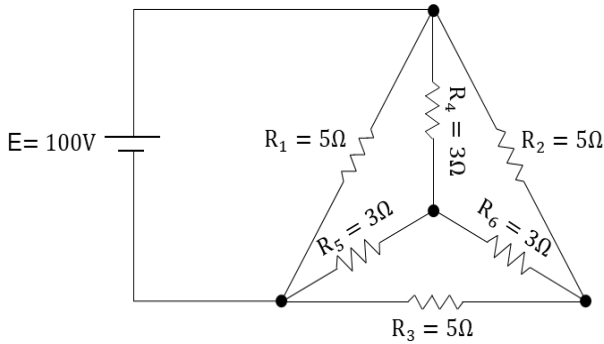
- המתח בין הנקודות A ו-B כאשר מפסק S פתוח.
- הזרם הזורם בין הנקודות A ו-B דרך מפסק S כאשר המפסק סגור.

שאלה 50



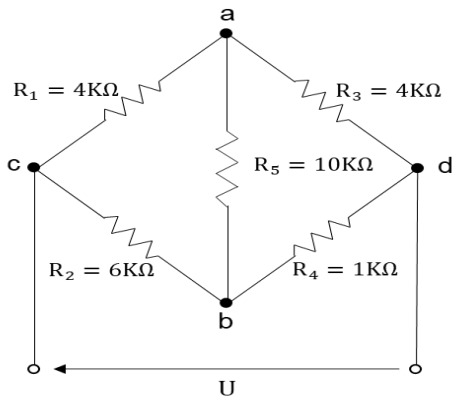
חשב את מתח המקור של המעגל באיור וסמן את קוטביותו.

שאלה 51



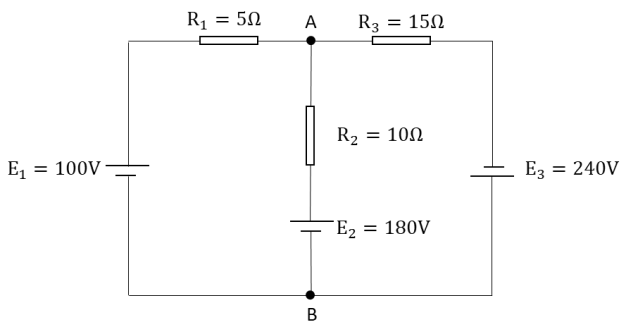
חשב את ההספק הכולל של מעגל המתואר באיור.

שאלה 52



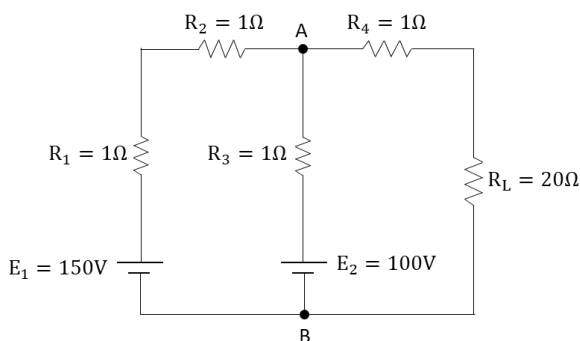
חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל הנתון באיור.

שאלה 53



חשב את הזרמים בענפי הרשת הנתונה באיור.

שאלה 54



חשב את:

- א. ההספק המתפתח על עומס R_L .
- ב. ההספק שמספק כל מקור מתח.

שאלה 55

- שני נגדים $R_1 = 1000\Omega$ ו- $R_2 = 2000\Omega$ מחוברים בטור למקור מתח של $60V$.
 א. אם יחברו במקביל לנגד R_2 מד-מתח שהתנגדותו הפנימית היא $10,000\Omega$, מה יראה מד המתח?
 ב. אם יחברו מד-זרם שהתנגדותו הפנימית היא 100Ω למעגל, מה יראה מד הזרם?

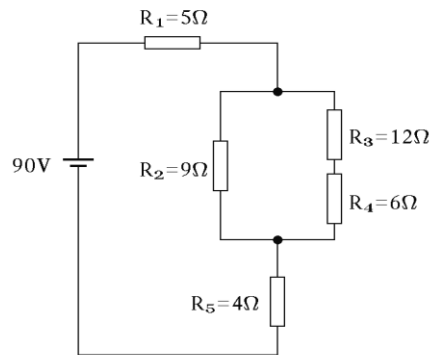
שאלה 56

- נגד בערך של 100Ω מחובר למקור מתח של $200V$. ברשותנו מד-זרם עם התנגדות פנימית של 10Ω למדידת הזרם במעגל.

חשב:

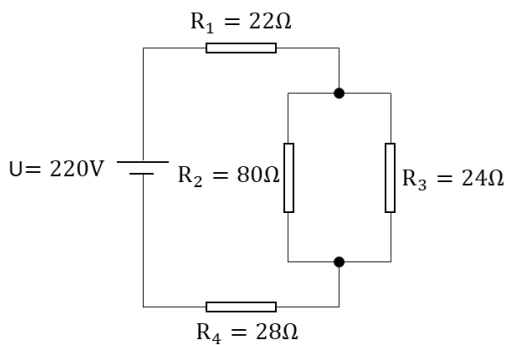
- א. סרטט מעגל הכולל את מקור המתח, הנגד ומד הזרם.
 ב. חשב את ערך הזרם שיראה מד הזרם והשווה אותו לערך הזרם בנגד כאשר אין מחברים מד-זרם.

שאלה 57



- חשב את המתח על-פני כל נגד במעגל המופיע באיור.

שאלה 58



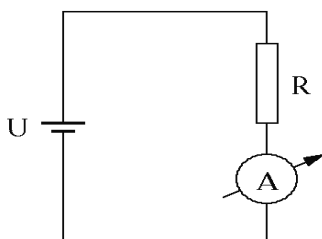
- חשב את המתח על-פני כל נגד במעגל המופיע באיור.

שאלה 59

- מד הזרם המתואר באיור מראה ערך של $2A$. התנגדות מד הזרם היא 5Ω והתנגדות הנגד 10Ω .

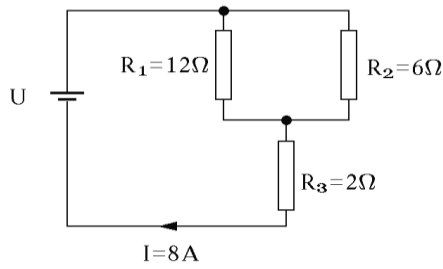
חשב את:

- א. מתח המקור.
 ב. הזרם במעגל ללא חיבור מד הזרם.



שאלה 60

הזרם הזורם בנגד R_3 (ראה סרטוט) הוא $8A$.
חשב את מתח המקור.



שאלה 61

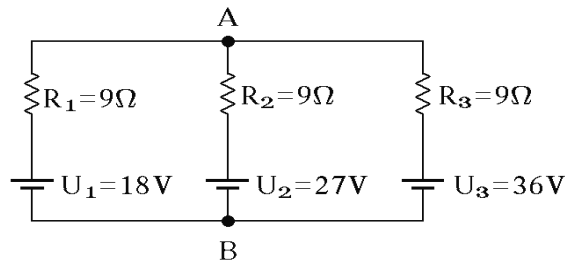
צרכן בעל הספק של $1500W$, המיועד למתח של $220V$, מחובר במרחק של 150 מטר ממקור מתח ישר של $240V$. החיבור נעשה בעזרת מוליכי נחושת בשטח חתך של 1.5 מ"מ.

ההתנגדות הסגולית של הנחושת: $\left(\rho = 0.018 \frac{\Omega mm^2}{m} \right)$

חשב את ההספק והמתח שבו עובד הצרכן. מה מסקנתך מהתוצאה?

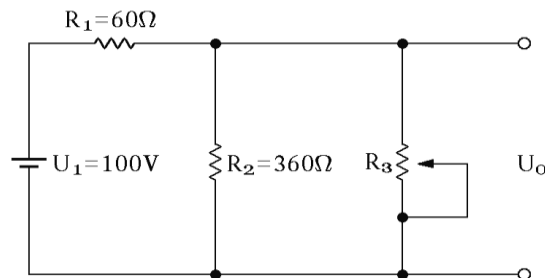
שאלה 62

חשב את הזרם של המעגל, המתואר באיור, דרך הנגדים R_1, R_2, R_3 .



שאלה 63

במעגל המתואר באיור R_3 הוא נגד משתנה שערכו בין 0 ל- 360 אוהם.

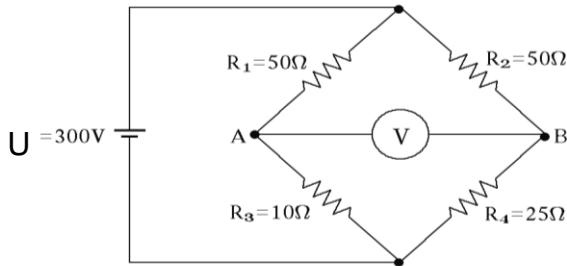


חשב את:

- המתח ביציאה כאשר R_3 מכונן לערכו המיירבי.
- הערך שיש לכונן את R_3 כדי לקבל ביציאה את מחצית המתח שמתקבל בסעיף א'.

שאלה 64

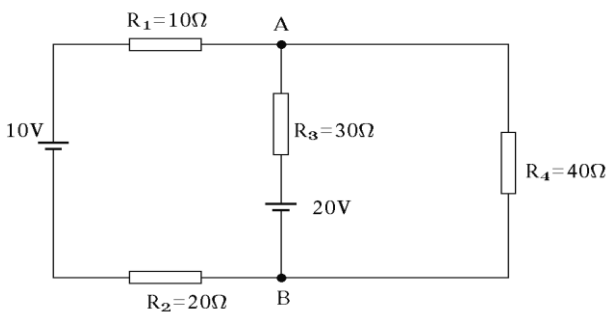
במעגל המתואר באיור, מחובר מד-מתח אידיאלי, בעל התנגדות אינסופית, בין הנקודות A ו-B.



חשב את קריאת מד המתח וקבע את הקוטביות.

שאלה 65

חשב את:

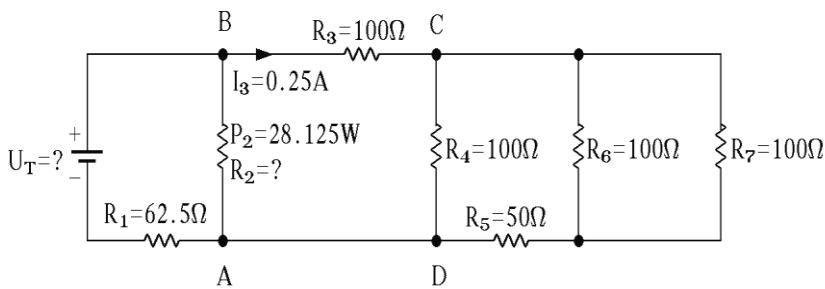


- הזרם בכל נגד במעגל שבאיור.
- ההספק המתפתח בכל נגד.
- ההספק המסופק ואת ההספק הנצרך במעגל זה.

שאלה 66

באיור מתואר מעגל חשמלי.

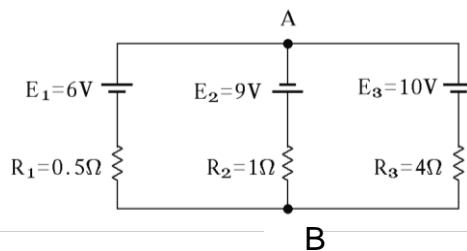
חשב את:



- התנגדות הנגד R_2 .
- מתח המקור.

שאלה 67

במעגל המתואר באיור חשב את:



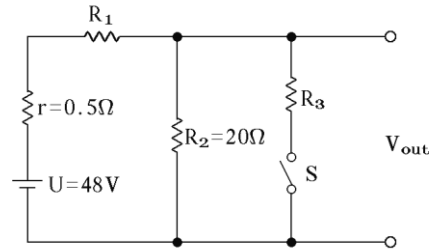
- מתח בין הנקודות A ו-B.
- הזרם בכל נגד.

שאלה 68

במעגל המתואר באיור מתח היציאה V_{out} , כאשר מפסק S פתוח, הוא $16V$.
 כאשר מפסק S סגור הזרם הזורם דרך R_2 שווה למחצית הזרם הזורם דרך R_3 .

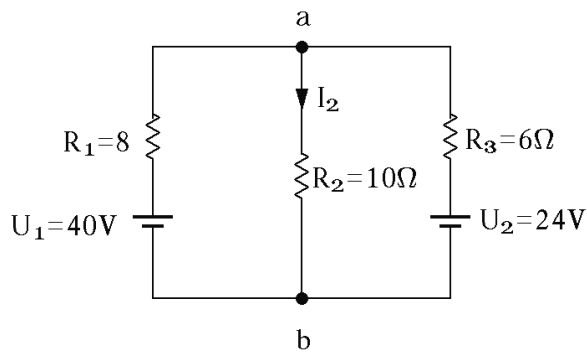
חשב:

- א. את ערכו של הנגד R_1 .
- ב. את ערכו של הנגד R_3 .



שאלה 69

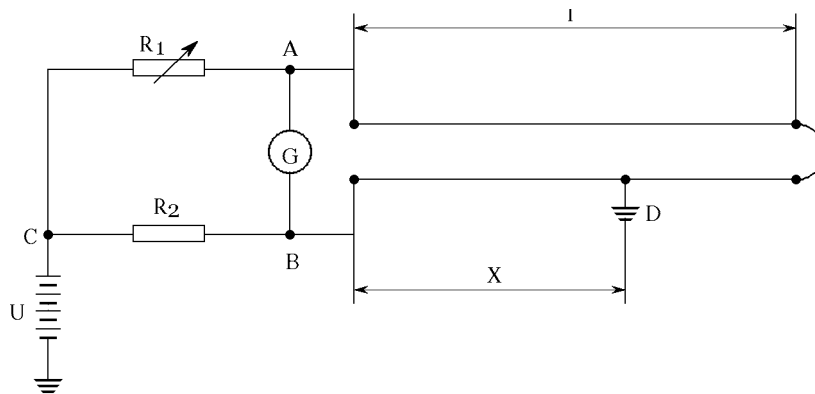
חשב את הזרם I_2 במעגל המתואר באיור.



שאלה 70

כאשר נגרם קצר בכבל דו-גידי קצר בין אחד הגידים לבין האדמה, ניתן לאתר את מקום התקלה על-ידי חיבור הכבל כמתואר בתרשים.
 הגליונומטר הראה אפס כאשר ערכי ההתנגדות של הגשר היו: $R_1 = 1.72\Omega$ ו- $R_2 = 1\Omega$.
 הכבל מקוצר בקצהו הרחוק ואורכו 800 מטר.

חשב וציין מהו מקום התקלה? (חשב את X)



פרק 3: אנרגיה והספק - 23 שאלות

דוגמה

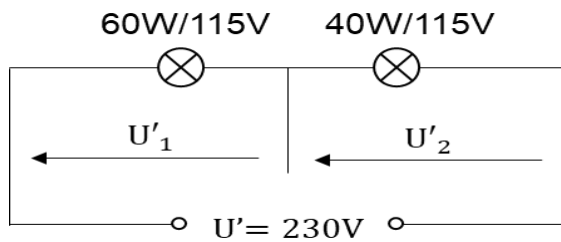
שאלה 1

שתי נורות שנתונייהן $115V, 60W, 40W$, מחוברות בטור למקור מתח $230V$.

הנח כי התנגדות כל נורה היא כפי שהתקבלה לפי המתח וההספק הרשומים ואינה משתנה עם הטמפרטורה.

חשב את:

- א. המתח על כל נורה.
ב. הספק כל נורה.



פתרון

נתון:

חשב:

א.	$U'_1, U'_2 = ?$	$P_1 = 60W$
ב.	$P'_1, P'_2 = ?$	$U_1 = 115V$
		$P_2 = 40W$
		$U_2 = 115V$
		$U' = 230V$

$$R_1 = \frac{U_1^2}{P_1} = \frac{115^2}{60} = 220.416\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2^2}{P_2} = \frac{115^2}{40} = 330.625\Omega$$

$$I = \frac{U'}{R_1 + R_2} = \frac{230}{220.416 + 330.625} = 0.417A$$

$$U'_1 = R_1 \cdot I = 220.416 \cdot 0.417 = 91.92V$$

$$U'_2 = R_2 \cdot I = 330.625 \cdot 0.417 = 137.88V$$

$$P'_1 = R_1 \cdot I^2 = 0.417^2 \cdot 220.416 = 38.33W$$

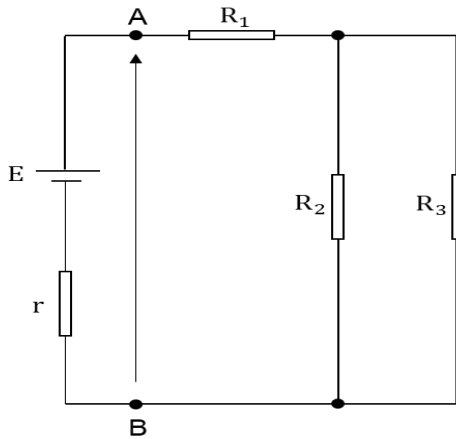
$$P'_2 = R_2 \cdot I^2 = 0.417^2 \cdot 330.625 = 57.5W$$

א.

ב.

שאלה 2

במעגל נתון:



הכא"מ של המקור הוא $E=120V$.
 ההתנגדות הפנימית שלו היא $r=2\Omega$.
 התנגדות הצרכנים: $R_1=18\Omega$, $R_2=100\Omega$, $R_3=150\Omega$.

חשב את:

- הזרם בכל אחד מן הענפים.
- המתחים על כל צרכן.
- המתח בין הנקודות A, B.
- הספק המקור.
- ההספק המתפתח בצרכנים.

שאלה 3

חשמלאי חיזק ברשלנות את חיבורי הנת"ך לקו המוליך לתנור חשמלי. תכונות התנור הן $220V/2420W$ (במתח של $220V$ הספקו $2420W$). עקב החיבור הרשלני, ההתנגדות בנקודת החיבור לנת"ך היא 2Ω . מתח הרשת הוא $220V$.

חשב את:

- ההספק בנקודת חיבור הנת"ך.
- כמות האנרגיה המתבזבזת בנקודה זו אם התנור פועל 2 דקות.

שאלה 4

נתונים 18 תאים. הכא"מ של כל תא הוא $2V$ וההתנגדות הפנימית לכל תא היא 4Ω . קיבול כל תא נתון כ- $20AH$. חיברו את כל התאים בשלושה ענפים במקביל ואליהם חיברו נגד עומס בעל התנגדות של 16Ω .

חשב:

- את הכא"מ, ההתנגדות הפנימית והקיבול הכללי של חיבור זה.
- את ההספק של נגד העומס.
- את נצילות המעגל.
- את זמן העבודה של התא, בהנחה שנגד העומס מחובר לאורך זמן.

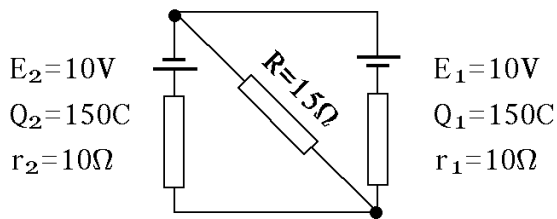
שאלה 5

בתנור חשמלי, המיועד לעבודה במתח של $220V$, מחוברים שני גופי חימום זהים במקביל והספקם $9680W$. טכנאי טעה וחיבר את שני גופי החימום בטור.

חשב את ההספק החדש של התנור החשמלי.

שאלה 6

נתון המעגל שבאיור.



חשב:

- א. מהו ההספק שיתפתח על הנגד R שבמעגל?
 ב. כמה זמן יעבוד המעגל?
 ג. מהו ההספק שמספקות סוללות E₁ ו-E₂?
 ד. איזה הספק מתפזר ומתבזבז בסוללות E₁ ו-E₂?

שאלה 7

מקור מתח של 250 וולט מחובר לקבוצה של 10 מנורות, שעל כל אחת כתוב 250V/60W. כל המנורות מחוברות במקביל במרחק 100 מטר מהמקור ומוזנות דרך מוליכי נחושת בעלי שטח

חתך 1.8 מ"ר. ההתנגדות הסגולית של הנחושת $\left(\rho = 0.018 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}\right)$

חשב את:

- א. הזרם שמקור המתח מספק.
 ב. הפסדי ההספק במוליכים.
 ג. נצילות המערכת.

שאלה 8

חשב תוך כמה זמן יחמם גוף חימום שהספקו 3KW, 150 ליטר מים, מטמפרטורה של 15°C לטמפרטורה של 75°C, אם נצילותו היא $\eta = 70\%$?

$$C = 1 \left(\frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}} \right); \quad 1000\text{gr} = 1 \text{ ליטר מים}$$

שאלה 9

מזגן שהספקו 3.5KW ונצילותו $\eta = 80\%$, עובד כל יום במשך 10 שעות. מחיר 1KWh הוא 25 אגורות.

כמה עולה הפעלת המזגן לשעה וכמה עולה הפעלת המזגן לחודש בן 30 יום?

שאלה 10

דוד מים חשמלי, המכיל 120 ליטר מים, צריך לחמם את המים מ-20°C ל-70°C תוך שעה וחצי. נצילות הדוד היא $\eta = 80\%$. אם מתח הרשת הוא 220V.

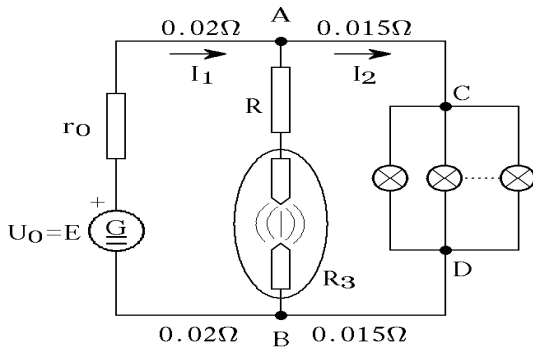
$$C = 1 \left(\frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}} \right); \quad 1000\text{gr} = 1 \text{ ליטר מים}$$

מה צריכה להיות התנגדות גוף החימום?

שאלה 11

- א. שתי נורות, שרשום עליהן $250V/100W$, חוברו למקור מתח של $250V$ בטור במקום במקביל, בהנחה שבמצב עבודה ההתנגדות לא תשתנה חשב מה יהיה ההספק על כל נורה?
 ב. שתי הנורות מסעיף א' חוברו במקביל למקור מתח של $220V$. מה יהיה ההספק שיתפתח על שתיהן יחד?

שאלה 12

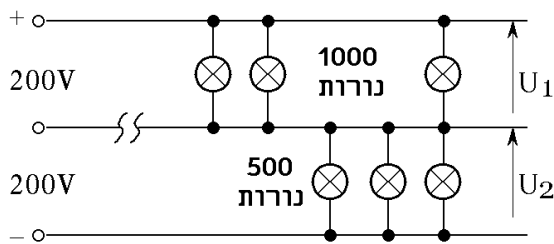


- במעגל שבאיור, מתואר מחולל (גנרטור) לזרם ישר, המזין חיבור טורי של נורת קשת (R_3) עם נגד R ובמקביל קבוצת נורות ליבון. התנגדויות קטעי קו הזינה מצוינות באיור.
 את נורת הקשת ניתן לתאר כהתנגדות $R_3 = 4\Omega$.
 מתח הריקים של מקור המתח הוא: $U_0 = E = 115V$
 והתנגדותו הפנימית $r_0 = 0.1\Omega$.
 לכל נורה בקבוצת נורות הליבון, התנגדות 205.59Ω .
 המחולל מספק זרם $I = 50A$ והזרם העובר בקו הזינה של קבוצת נורות הליבון הוא $I_2 = 40A$.

חשב את :

- א. ההתנגדות R .
 ב. מספר נורות הליבון שהקבוצה כוללת.

שאלה 13



- רשת מתח ישר, בעלת שלושה תילים, מספקת מתח $2 \times 200V$ לשתי קבוצות נורות ליבון, כמתואר באיור. בקבוצה העליונה 1000 נורות ובקבוצה התחתונה 500 נורות מחוברות במקביל. הספק כל נורה $30W$.

חשב את המתחים על פני קבוצות הנורות במקרה של נתק בתייל האמצעי כמסומן באיור.

שאלה 14

- מכשיר חימום, המיועד לפעול במתח $230V$, נבדק במתח $24V$ ונמצא שהספקו $60W$. המעגל שבו יחובר מכשיר החימום מובטח על-ידי נתיך בעל זרם נומינלי $15A$.

חשב והסבר האם ניתן לחבר את מכשיר החימום למעגל?

שאלה 15

משאבת מים שואבת כמות של 4000 ליטר מים בדקה. השאיבה נעשית מעומק 7 מטרים מתחת לפני הקרקע, לגובה 18 מטר.

חשב את:

- ההספק המכני של המשאבה בכוחות סוס.
- ההספק החשמלי שהמנוע צורך מן הרשת, כאשר נצילות המנוע היא $\eta_1 = 85\%$ ונצילות החלק המכני של המשאבה היא $\eta_2 = 80\%$.

שאלה 16

מנוף צריך להרים משקל של 2000Kg, במהירות קבועה של $7.65m/min$. נצילות המנוף היא 50%.

חשב את ההספק הנדרש על ציר המנוע בכוחות סוס.

שאלה 17

דוד חשמלי צריך לחמם 120 ליטר מים בטמפרטורה של $15^\circ C$, לטמפרטורה של $65^\circ C$, במשך 5

שעות. נצילות הדוד היא 80%. $\left(C = 1 \frac{Kcal}{Kg \cdot ^\circ C} \right)$

חשב את ההספק החשמלי הנדרש של גוף החימום.

שאלה 18

במונה אנרגיה עושה הדיסקית 600 סיבובים על כל קילוואט שעה שנצרך. גוף חימום הופעל למשך 10 דקות והרתיח שני ליטר מים בטמפרטורה של $10^\circ C$; דיסקית המונה עשתה 144 סיבובים.

חשב את:

- צריכת האנרגיה במשך תקופת החימום.
- כמות החום שהתפתחה במשך תקופת החימום.
- כמות החום שהושקעה בחימום המים.
- הנצילות.

שאלה 19

מלחם חשמלי כולל גוף חימום חשמלי, המחמם גוש נחושת שמשקלו 10 גרם. ברצוננו להעלות את טמפרטורת הנחושת במשך 30 שניות ל- $250^\circ C$. הנצילות במשך החימום היא 90%. טמפרטורת

הסביבה היא $25^\circ C$. החום הסגולי של הנחושת: $C = 0.092 \frac{Kcal}{Kg \cdot ^\circ C}$

חשב את התנגדות גוף החימום במתח זינה של 115V.

שאלה 20

במפעל כימי דרושה כמות של 1200 ק"ג קיטור ביממה. לייצור כל ק"ג של קיטור דרושה כמות חום של 661.5 Kcal . נצילות המתקן לייצור הקיטור היא 95%.

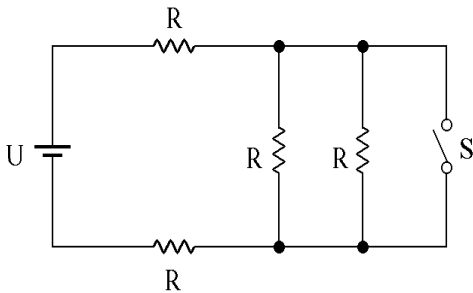
חשב את ההספק החשמלי הנדרש לייצור הקיטור.

שאלה 21

מלחם חשמלי כולל גוף חימום חשמלי, המחמם גוש נחושת שמשקלו 20 גרם. ברצוננו להעלות את טמפרטורת הנחושת במשך 30 שניות ל- 250°C . הנצילות במשך החימום היא 90%; טמפרטורת הסביבה היא 20°C . החום הסגולי של הנחושת:

$$C = 0.092 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

חשב את התנגדות גוף החימום במתח זינה של 230 V .

שאלה 22

חשב את היחס בין הספק המעגל (P_1) כאשר המפסק (S) סגור לבין הספק המעגל (P_2) כאשר המפסק פתוח.

שאלה 23

מלחם חשמלי כולל גוף חימום חשמלי, המחמם גוש נחושת שמשקלו 15 גרם. יש להעלות את טמפרטורת הנחושת במשך 40 שניות ל- 250°C . הנצילות במשך החימום היא 88% וטמפרטורת הסביבה היא 22°C . החום הסגולי של הנחושת:

$$C = 0.092 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

חשב את התנגדות גוף החימום במתח זינה של 230 V .

פרק 4 – אלקטרוכימיה - 8 שאלות

דוגמה

שאלה 1

9 תאים חשמליים חוברו ב-3 שורות ו-3 טורים. לכל תא כא"מ של 2V, התנגדות פנימית 0.1Ω ומטען של 5 אמפר שעה.

- א. חשב את הסוללה השקולה.
 ב. איזה צרכן תחבר לסוללה זו על מנת להפיק ממנה הספק מקסימלי?
 ג. כמה זמן יוכלו לעבוד ולספק את ההספק הזה?
 ד. מה יהיה מתח ההדקים?

פתרון

נתון:

חשב:

$$E_T, r_T, Q_T = ?$$

א.

$$E_1 = 2V$$

$$R_L = ?$$

ב.

$$r_1 = 0.1\Omega$$

$$P_{\max} = ?$$

ג.

$$Q_1 = 5Ah$$

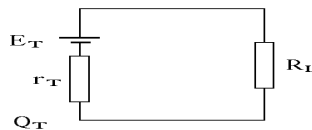
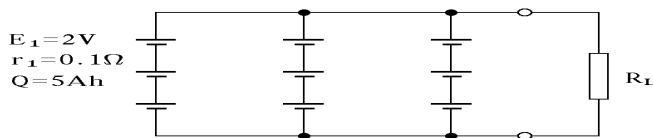
$$t = ?$$

ד.

$$n = 9$$

$$U = ?$$

ד.



א.

$$E_T = 3 \cdot E_1 = 3 \cdot 2 = 6V$$

$$r_T = \frac{3 \cdot r_1}{3} = 0.1\Omega$$

$$Q_T = Q_1 \cdot 3 = 15Ah$$

$$R_L = r_T = 0.1\Omega$$

ב. לקבלת הספק מקסימלי מהסוללות:

$$I_T = \frac{E_T}{R_L + r_T} = \frac{6}{0.1 + 0.1} = 30A$$

ג.

$$Q_T = I_T \cdot t$$

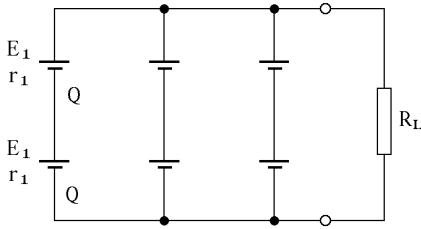
$$t = \frac{Q_T}{I_T} = \frac{15Ah}{30} = 0.5h = 30 \text{ min}$$

$$U = I_T \cdot R_L = 30 \cdot 0.1 = 3V$$

ד.

שאלה 2

6 תאים זהים חוברו בצורה המתוארת באיור. הכא"מ של כל אחד מהם הוא $3V$ וההתנגדות הפנימית 1.5Ω . מטענו של כל תא 50 קולון. התנגדות העומס $R_L = 2\Omega$.

**חשב את:**

- ההתנגדות הפנימית הכוללת, המטען הכולל ומתח הסוללה ללא עומס.
- הזרם שיזרום דרך הנגד R_L .
- המתח על פני נגד העומס R_L .
- זמן הפעולה של התאים עד להתפרקות מלאה במצב זה.

שאלה 3

6 תאים חשמליים חוברו בשני טורים, שלושה בכל טור. שני הטורים חוברו במקביל. הכא"מ של כל תא הוא $1.5V$ וההתנגדות הפנימית של כל תא היא 0.2Ω .

חשב:

- מה יהיה מתח ההדקים של הסוללה אם היא תחובר לצרכן שהתנגדותו היא 3Ω ?
- מהי התנגדות הצרכן אשר יפיק הספק מקסימלי מהסוללה ואיזה זרם יזרום דרכו?
- פי כמה גדול ההספק בסעיף ב' לעומת ההספק על R_L , בסעיף א'?

שאלה 4

צרכן שהתנגדותו 17.4 אוהם ניזון מסוללת תאים מחוברים בטור. הכא"מ של כל תא הוא 1.5 וולט והתנגדותו הפנימית של תא היא 0.05 אוהם. עוצמת הזרם במעגל היא 6 אמפר.

חשב את:

- מספר התאים בסוללה.
- נצילות המערכת.

שאלה 5

הרכב סוללה לעוצמת זרם מירבית מ- 64 תאים בעלי כא"מ של 1.5 וולט והתנגדות פנימית של 0.2 אוהם כל תא. התנגדות הצרכן היא 0.8 אוהם. חשב את עוצמת הזרם שתספק הסוללה לצרכן.

שאלה 6

יש להפעיל נורה נתונה של $12V$; $60W$ בתנאים נקובים. מקור המתח יורכב מתאים בעלי מתח ריקם של $1.5V$, התנגדות פנימית 0.12Ω וזרם נקוב של $2.5A$ כל אחד. באיזו צורה נחבר את התאים ומה יהיה מספרם?

שאלה 7

100 תאים בעלי כוח אלקטרו-מניע של $2V$ כל אחד והתנגדות פנימית של 0.01Ω כל אחד, חוברו כסוללה. הדבר נעשה במבנה של 2 ענפים במקביל, כאשר בכל ענף 50 תאים, המחוברים בטור. הסוללה חוברה לעומס בעל התנגדות של 249.75Ω .

חשב:

- א. את מתח הדקי הסוללה לפני חיבור העומס.
- ב. את מתח הדקי הסוללה לאחר חיבור העומס.
- ג. את הכופל שיש להוסיף למד-מתח שהתנגדותו הפנימית $100K\Omega$ ותחום מדידה מקסימלי $10V$ כדי שיהיה אפשר למדוד את מתח הסוללה בריקים.
- ד. את התנגדות העומס הנדרשת (במקום העומס הקיים) כדי לקבל הספק מקסימלי בעומס.

שאלה 8

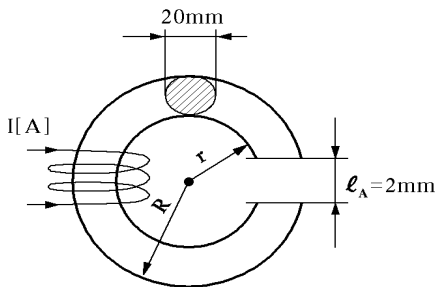
- ברשותך 72 תאים בעלי כ"מ של 1.5 וולט והתנגדות פנימית של 0.12 אוהם.
- א. סדר מהם סוללה לעוצמת זרם מירבית בעבור צרכן שהתנגדותו 0.54 אוהם.
 - ב. חשב את עוצמת הזרם בצרכן.
 - ג. חשב את ההספק המסופק על-ידי הסוללה ואת ההספק הנצרך על-ידי הצרכן.
 - ד. חשב את נצילות המערכת.

פרק 5 - מגנטיות ואלקטרומגנטיות - 19 שאלות

דוגמה

שאלה 1

הליבה של אלקטרומגנט עשויה מחומר פרומגנטי בעל חדירות יחסית של 1500. כל המידות נתונות במ"מ. $R=80mm$; $r=60mm$; חריץ אוויר $l_A=2mm$. על הטבעת מלופף סליל בעל 200 ליפופים ודרכו זורם זרם של 0.5A.



חשב את:

- צפיפות השטף בחריץ האוויר.
- הכוח שיפעל על מוליך, הנמצא בניצב לשטף במרכז החריץ ושדרכו עובר זרם של 1.5A.

פתרון
נתון:

חשב:

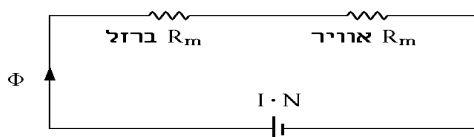
<p>$B = ?$</p> <p>$F = ?$</p>	<p>א. $\mu_r = 1500$</p> <p>ב. $A = \frac{\pi \cdot 20^2}{4} \cdot 10^{-6} = 3.14159 \cdot 10^{-4} m^2$</p> <p>$l_A = 2 \cdot 10^{-3} m$</p> <p>$N = 200$</p> <p>$I_1 = 0.5A$</p> <p>$I_2 = 1.5A$</p>
---	---

$$D_m = \frac{2(80) + 2(60)}{2} = 140mm$$

א.

$$l_B = \pi \cdot D_m - l_A = \pi \cdot 140 - 2 = 439.82297 - 2 = 437.82297mm = 0.438m$$

$$R_{mT} = \frac{1}{\mu_0 \cdot A} \left(\frac{l_B}{\mu_r} + l_A \right)$$



$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{N \cdot I}{R_{mT} \cdot A} = \frac{N \cdot I \cdot \mu_0}{\frac{l_B}{\mu_r} + l_A}$$

$$B = \frac{200 \cdot 0.5 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{\frac{0.438}{1500} + 2 \cdot 10^{-3}} = \frac{1.25663 \cdot 10^{-4}}{2.292 \cdot 10^{-3}} = 0.0548 \frac{Wb}{m^2}$$

$$B = 0.0548 \frac{Wb}{m^2} (TESLA)$$

המשך פתרון שאלה 1 לדוגמה

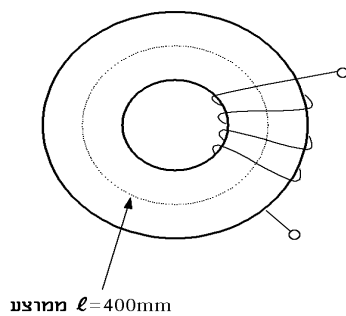
$$F = B \cdot I_2 \cdot l \cdot \sin \alpha$$

ב. אורך המוליך l בקוטר הליבה:

$$l = 20\text{mm} = 20 \cdot 10^{-3}\text{m} ; \quad \alpha = 90^\circ$$

$$F = 0.0548 \cdot 1.5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 1.644 \cdot 10^{-3}\text{Nt}$$

שאלה 2



על גרעין טורואיד כרוך סליל בעל 600 כריכות. הטורואיד עשוי פלדת סיליקון בעלת $\mu_r = 900$. הזרם בסליל הטורואיד שווה ל-2A. האורך הממוצע של הטורואיד הוא 400mm.

חשב את:

- הכוח המגנטו-מניע.
- עוצמת השדה המגנטי.
- צפיפות השטף בליבה אם ידוע כי שטח חתך הליבה הוא 2cm^2 .
- השטף המגנטי Φ , לפי סעיף ג'.

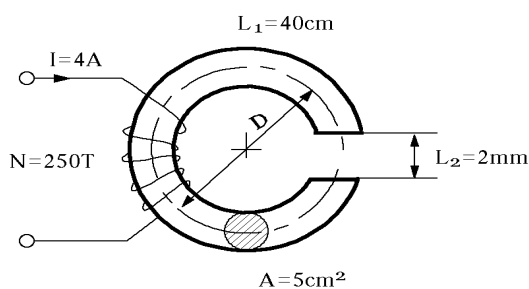
שאלה 3

נתונה טבעת פלדה עם שטח חתך של 8.4cm^2 והיקף ממוצע של 42cm. מספר הכריכות על הטבעת הוא 320. כתוצאה מהזרם נוצר שטף מגנטי של $5.8 \cdot 10^{-4}\text{Wb}$. החלחלות היחסית של הפלדה 1200.

- חשב את הזרם בסליל.
- אם נרצה להקטין את מספר הכריכות פי 2 כיצד נשמור על אותו שטף מגנטי?

שאלה 4

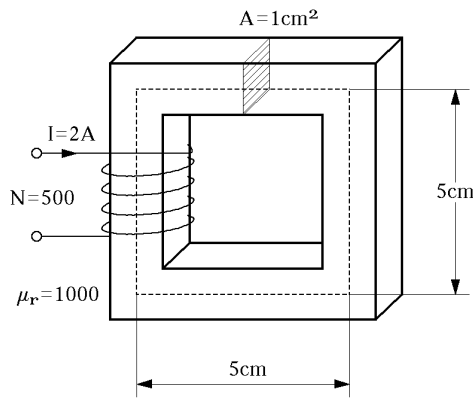
נתון המעגל המתואר באיור.



החלחלות היחסית של ליבת הברזל $\mu_r = 200$

חשב:

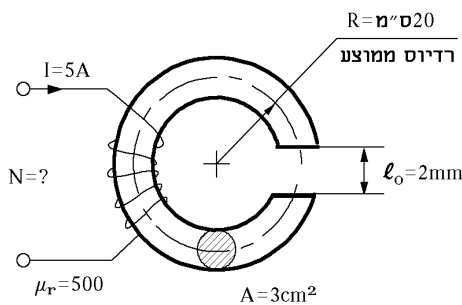
- את מיאון הברזל.
- את מיאון האוויר.
- את השטף בליבה.
- את עוצמת השדה המגנטי בחריץ האוויר.



שאלה 5

- חשב את השטף בטבעת המתוארת באיור.
- מה יהיה כיוון השטף בליבה? שרטט!

שאלה 6

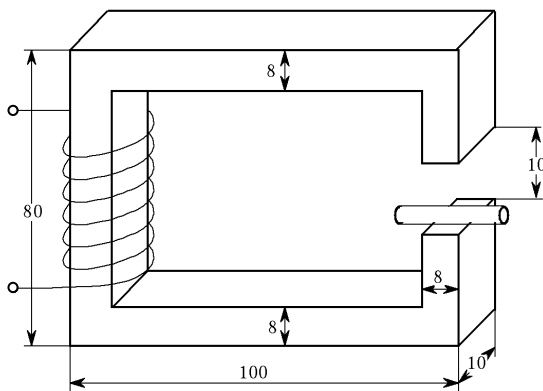


הרדיוס הממוצע הוא 20 ס"מ, שטח חתך הטבעת הוא 3 סמ"ר, אורך חריץ האוויר הוא 2 מ"מ, המיאון היחסי של הברזל הוא $\mu_r = 500$ והזרם הוא 5A.

חשב:

כמה ליפופים דרושים על מנת שהשטף בחריץ האוויר יגיע ל- $\phi = 0.2 \text{ mWb}$?

שאלה 7

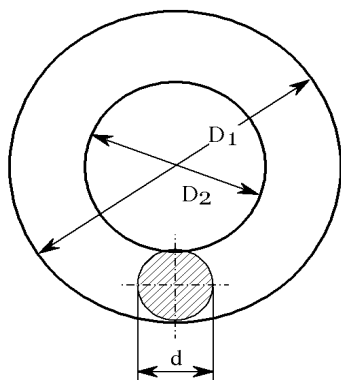


כל המידות באיור נתונות במ"מ

על ליבה עשויה חומר פרומגנטי בעלת $\mu_r = 1250$, מלופף סליל בעל 1200T, שדרכו זורם זרם של 25mA.

- מצא את השטף המגנטי ואת עוצמת השדה המגנטי בחומר ובחריץ האוויר.
- בתוך חריץ האוויר הוכנס מוליך (במאונך לקווי הכוח המגנטיים), דרכו זורם זרם של 20A. מצא את הכוח המופעל על המוליך.

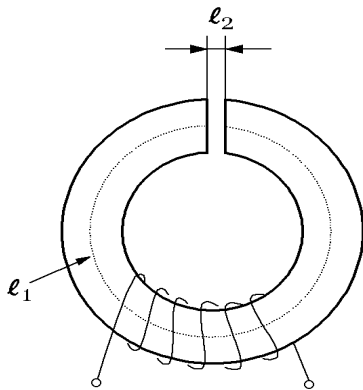
שאלה 8



סליל ובו 1000 כריכות מלופף על טבעת פלדה. קוטרה החיצוני של הטבעת הוא 25 ס"מ, קוטרה הפנימי – 15 ס"מ ושטח החתך שלה עגול. החלחלות המגנטית היחסית של פלדת הטבעת היא 800. בסליל זורם זרם של 0.5 אמפר.

חשב:

- את השטף המגנטי.
- את ההשראה המגנטית בטבעת הפלדה.
- את עוצמת השדה המגנטי הנוצר על-ידי הסליל.

שאלה 9

נתון מסלול מגנטי טבעתי עם חריץ אוויר.
 אורך המסלול של גרעין הברזל l_1 שווה ל-20 ס"מ.
 שטח חתכו אחיד ושווה ל-3.5 סמ"ר.
 אורך מרווח האוויר l_2 שווה ל-0.2 ס"מ.
 מספר הכריכות N הוא 500 והזרם I שווה ל-1 אמפר.
 החדירות היחסית של הברזל היא 200.

חשב את השטף בטבעת.

שאלה 10

חשב את צפיפות השטף המגנטי אם סליל המותקן על ציר בין קטביו של מגנט קבוע יפעיל על צירו מומנט של 0.3 מילי-ניוטון-מטר כתוצאה ממעבר זרם של 0.4 אמפר. אורך הסליל בתחום השדה 3 ס"מ, רוחבו 5 ס"מ ומספר כריכותיו 25 משטח הסליל מקביל לקווי הכוח המגנטיים.

שאלה 11

שני פסי צבירה בעלי התנגדות של 0.5 מילי-אווהם כל אחד, מזינים צרכנים בהספק כולל של 88KW, במתח של 220 וולט. אורך פסי הצבירה הוא 1 מטר והמרחק ביניהם הוא 20 ס"מ.
 חשב את הכוח הפועל בין פסי הצבירה בזמן עבודה תקינה ובזמן קצר.

שאלה 12

חשב את השראותו של טורואיד מלופף על גרעין פלדה בעל חתך מרובע 2×2 ס"מ. החדירות המגנטית היחסית של הגרעין היא 1200, הקוטר הפנימי של הטורואיד הוא 8 ס"מ וקוטרו החיצוני 12 ס"מ. מספר הכריכות הוא 1600.

שאלה 13

חשב את ערכו של הכא"מ שיושרה בתוך סליל בעל השראות של 12 מילי-הנרי, אשר עוצמת הזרם בו עולה בצורה לינארית מ-0 עד 30 אמפר במשך 0.01 שנייה.

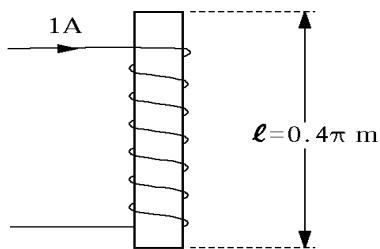
שאלה 14

בתוך שדה מגנטי של זוג קטבים אחד עם צפיפות שטף מגנטי מיירבית (השראה מגנטית מיירבית) $1.2 \frac{Wb}{m^2}$, מסתובב סליל מלבני שרוחב הצלע הניצבת לצייר הסיבוב 20 ס"מ ואורכו הפעיל 30 ס"מ. בסליל 35 כריכות והוא מסתובב במהירות של 3000 סיבובים לדקה (סל"ד).

חשב את:

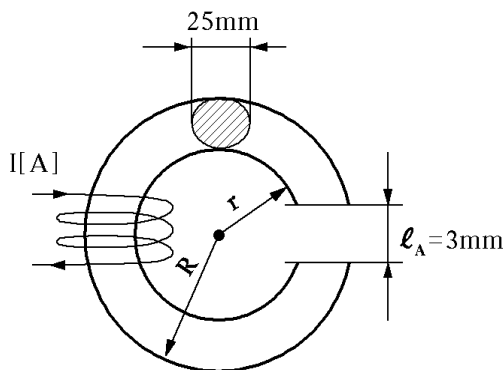
- תדירות הכוח האלקטרו-מניע המושרה בסליל.
- משך המחזור של הכא"מ המושרה.
- התדירות הזוויתית.
- הערך המיירבי של הכא"מ המושרה.
- משוואות הערך הרגעי של המתח $e = f(\omega t)$.

שאלה 15



בסליל בעל 1000 כריכות זרם של 1A. צפיפות השטף המגנטי היא $0.5 \frac{Wb}{m^2}$ ואורך הסליל הוא 0.4π . חשב את החלחלות היחסית של החומר הפרו-מגנטי (μ_r).

שאלה 16



הליבה של אלקטרומגנט עשויה מחומר פרומגנטי, בעל חדירות יחסית של 1500. על הטבעת מלופף סליל בעל 250 ליפופים ודרכו זרם של 0.5A. $r = 70 \text{ mm}$, $R = 95 \text{ mm}$, $l_A = 3 \text{ mm}$ מרווח אוויר

חשב:

- את צפיפות השטף בחריץ האוויר.
- את הכוח שיפעל על מוליך, הנמצא בניצב לשטף במרכז החריץ ושדרכו עובר זרם של 1.5A.

שאלה 17

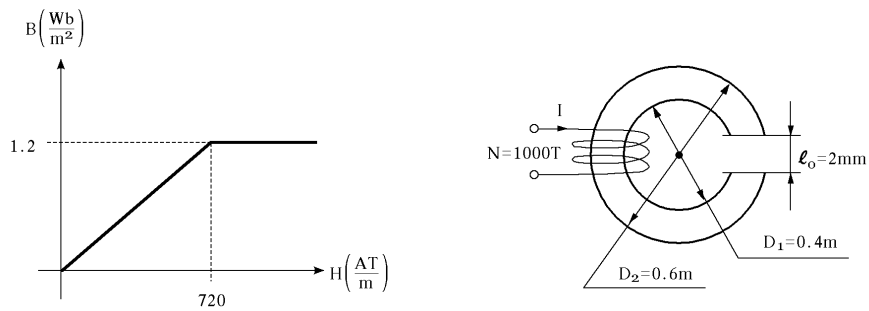
סליל נחושת מבודד בעל 750 כריכות, מלופף על מוט עגול של ליבת ברזל, בעל רדיוס של 1.5 ס"מ. החלחלות היחסית של הליבה שווה ל-480. שטח חתך מוליך הנחושת של הסליל הוא 0.3 ממ"ר. הסליל מחובר למקור מתח ישר של 12 וולט. השטף בליבה הוא $1.5 \cdot 10^{-3}$ וובר.

חשב:

- את עוצמת השדה המגנטי.
- את אורך ליבת הברזל.

שאלה 18

במעגל המגנטי המתואר באיור ובהסתמך על הגרף.



חשב :

א. את הזרם I הדרוש לקבלת צפיפות שטף מגנטיות של $B = 0.7 \frac{Wb}{m^2}$.

ב. את החלחלות היחסית של החומר μ_r . $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Wb}{AT \cdot m}$

שאלה 19

כריכה עשויה תיל נחושת מסתובבת במהירות היקפית של $6m/sec$

בשדה מגנטי אחיד של $B = 0.06Wb/m^2$.

רדיוס הסיבוב של הכריכה הוא $16cm$ ושטחה $1200cm^2$.

חשב את:

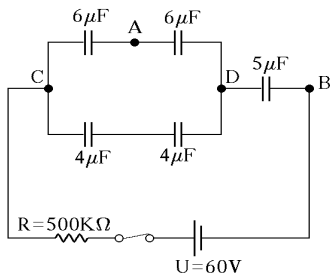
א. המהירות הזוויתית של הכריכה.

ב. הכא"מ המושרה המירבי בכריכה.

ג. הזמן העובר מהרגע שבו המתח הרגעי הוא אפס ועד שהוא מגיע לערכו המירבי.

פרק 6 - אלקטרוסטטיקה וקבלים - 15 שאלות

שאלה 1



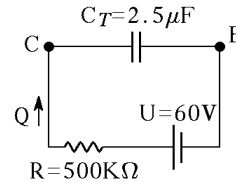
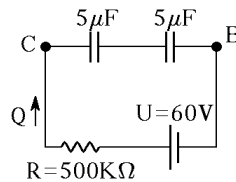
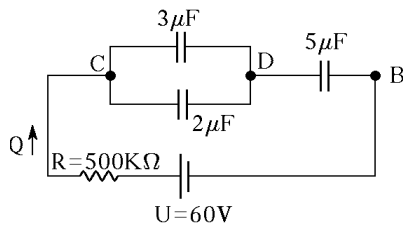
- בהתייחס לתרשים, חשב את:
- הקיבול השקול של כל המערכות.
 - המתח בין הנקודות A ו-B במצב יציב לאחר זמן ארוך.
 - הזמן שיעבור עד שהמתח על המערכת הקיבולית בין הנקודות CB יגיע ל-63% ממתח המקור.

פתרון:
נתון:

חשב:

- $C_T = ?$
 - $U_{AB} = ?$
 - $\tau = ?$
- $R = 500K\Omega$

הנתונים רשומים באיור.



א.

$$C_T = 2.5\mu F$$

$$Q = C_T \cdot U = 2.5 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 150 \cdot 10^{-6} \cdot C$$

ב.

$$U_{DB} = \frac{Q}{C_{DB}} = \frac{150 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-6}} = 30V$$

$$U_{CD} = U - U_{DB} = 60 - 30 = 30V$$

$$U_{CA} = \frac{U_{CD}}{2} = \frac{30}{2} = 15V$$

$$U_{AB} = U_{CB} - U_{CA} = 60 - 15 = 45V$$

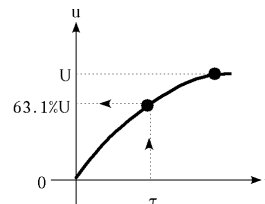
$$u = U \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

ג.

$$u = U(1 - e^{-1}) = U \left(1 - \frac{1}{e} \right) \quad \text{כאשר: } t = \tau$$

$$\frac{u}{U} = 1 - \frac{1}{e} = 1 - \frac{1}{2.71} = 1 - 0.369 = 0.631$$

$$u = 0.631U = \frac{63.1}{100} \cdot U = 63.1\%U$$



מסקנה: כעבור זמן השווה ל"קבוע זמן" (τ) של המערכת, המתח על פני המערכת הקיבולית יגיע ל-63.1% ממתח המקור.

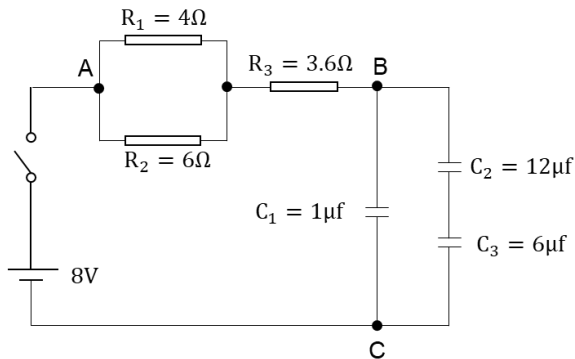
$$\tau = R \cdot C_T = 500 \cdot 10^3 \cdot 2.5 \cdot 10^{-6} = 1.25 \text{ sec}$$

שאלה 2

קיבולו של קבל בעל בידוד אוויר הוא 240 פיקו-פרד והמרחק בין הלוחות הוא 2cm. קבל זה מחובר למקור מתח של 6000V. עם גמר הטעינה ובלי לנתק את הקבל ממקור המתח, מצמצמים את המרחק בין הלוחות ל-1cm.

חשב את שיעור האנרגיה האגורה בקבל ואת עוצמת השדה החשמלי לפני השינוי ואחריו.

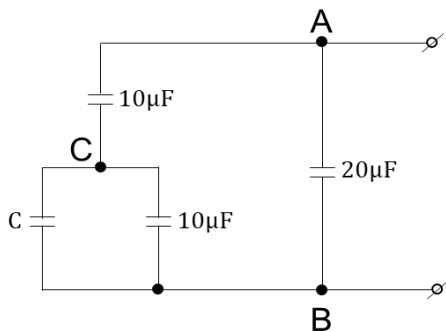
שאלה 3



חשב:

- את קבוע הזמן של המעגל הנתון.
- את המטען בכל קבל אחרי 5τ מרגע סגירת המתג.
- הצע דרכים להאריך את זמן הטעינה. נמק.

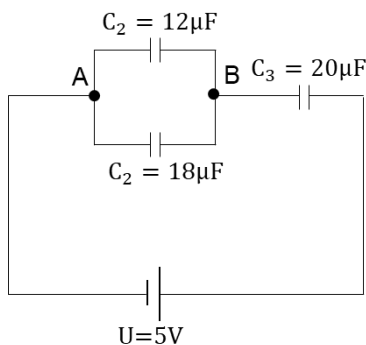
שאלה 4



הקיבול השקול של המעגל בין הנקודות A ו-B הוא $C_T = 26\mu F$.

חשב את הקיבול של הקבל C.

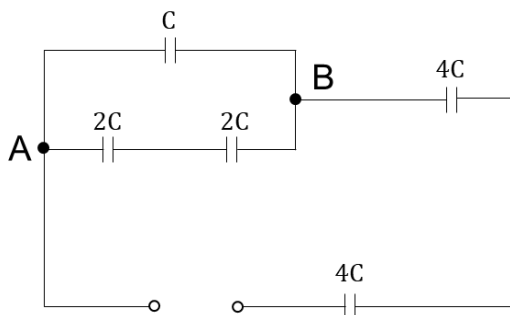
שאלה 5



חשב:

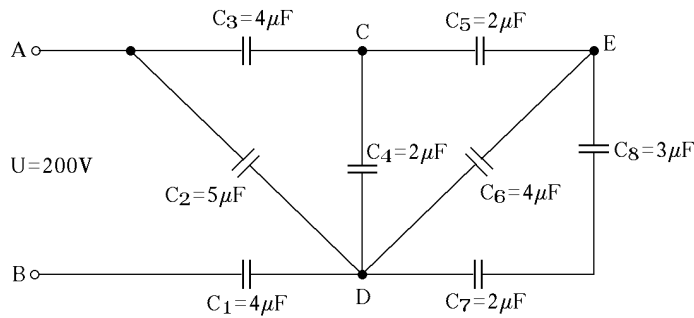
- את הקיבול השקול במעגל.
- את המטענים של כל אחד מהקבלים ואת המתחים על כל אחד מהם.

שאלה 6



חשב את הקיבול השקול של המעגל, המתואר באיור בתלות ב-C.

שאלה 7



חשב את המתח הנופל על הקבל, המחובר בין הנקודות AD.

שאלה 8

קבל שקיבולו $6\mu F$ מחובר למקור מתח ישר של $15KV$. לאחר ניתוקו ממקור המתח, יחובר אליו קבל נוסף בעל קיבול $3\mu F$ במקביל.

חשב את:

- האנרגיה האגורה בקבל הראשון בעודו מחובר למקור המתח.
- המתח השורר על-פני שני הקבלים לאחר חיבורם יחד.
- האנרגיה האגורה בשני הקבלים לאחר חיבורם יחד.

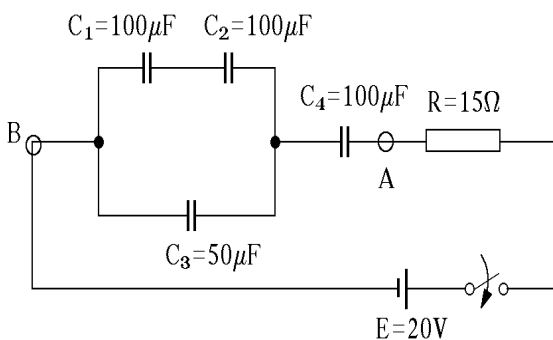
שאלה 9

קבל לוחות עשוי מלוחות מתכת, שמידותיהם $2cm \times 5cm$ ומספרם 49. בין הלוחות יש חומר מבודד בעובי $0.003cm$, בעל מקדם דיאלקטרי יחסי 6.5 הנח: $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$.

א. קבע את קיבולו של הקבל.

ב. קבע את המתח הנומינלי של הקבל, אם החוזק החשמלי של חומר הבידוד הוא $20 \frac{KV}{cm}$ והמתח המותר הוא 40% ממתח הפריצה.

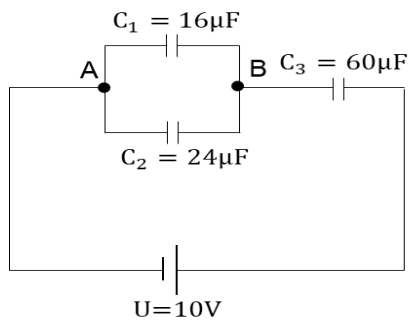
שאלה 10



במעגל המתואר באיור:

- חשב בקירוב את המתח בין הנקודות A ו-B לאחר $0.52msec$ מסגירת המפסק?
- סרטט באופן איכותי את גרף המתח על הנגד מרגע סגירת המתח ועד $0.52msec$.

שאלה 11



חשב:

- את הקיבול השקול במעגל.
- מצא את המטענים של כל אחד מהקבלים ואת המתחים על כל אחד מהם.

שאלה 12

נתון קבל שטוח. שטח הלוחות הוא 100 סמ"ר וביניהם יש בידוד גומי ($\epsilon_r = 2.5$). המרחק בין הלוחות הוא 5 מ"מ. הקבל מחובר למתח ישר של 300V הנח: $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$

חשב את:

- קיבוליות הקבל.
- כמות המטען החשמלי על לוחותיו.
- עוצמת השדה החשמלי בחומר הדיאלקטרי.

שאלה 13

שני קבלים חוברו בטור. קיבוליותו של האחד 4 מיקרופרד ושל האחר 6 מיקרופרד. המעגל חובר למתח ישר של 300V.

חשב את:

- הקיבוליות השקולה של המעגל.
- המטען על לוחות הקבלים.
- המתח בין לוחותיו של כל קבל.

שאלה 14

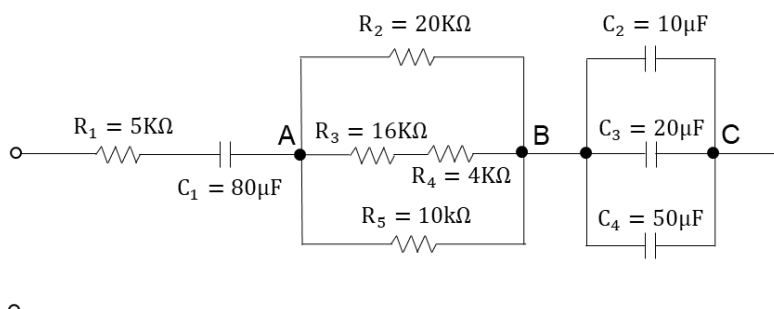
קבל נטען במתח של 220V ובשדהו החשמלי נאגרה אנרגיה של 60.5 מיליג'אול.

חשב את:

- קיבוליות הקבל.
- המטען החשמלי על לוחותיו.

שאלה 15

חשב את קבוע הזמן של המעגל המופיע באיור.



פרק 7 - מעגלי מתח זרם חילופין חד-מופעיים - 13 שאלות

דוגמה

שאלה 1

נגד שהתנגדותו 25 אוהם וקבל שקיבולו $65 \mu F$ מחוברים בטור למתח שמשוואתו הרגעית :
 $u = 311 \sin(314t + 20^\circ) \text{ V}$

חשב את:

- א. ההיגב הקיבולי של המעגל ואת עכבתו.
- ב. עוצמת הזרם במעגל.
- ג. הרכיב הפעיל וההיגבי של המתח.
- ד. ההספק הפעיל, ההיגבי והמדומה.
- ה. מקדם ההספק ואת זווית המופע בין המתח והזרם.
- ו. משוואת הערך הרגעי של הזרם.

פתרון

			חשב:		נתון:
$i = f(\omega t)?$ א.	$P = ?$	ד.	$X_C = ?$	א.	$R = 25 \Omega$
	$Q_C = ?$		$Z = ?$		$C = 65 \mu F$
	$S = ?$		$I = ?$	ב.	$u = 311 \sin(314t + 20^\circ)$
	$\cos \alpha = ?$	ה.	$U_R = ?$	ג.	
	$\alpha = ?$		$U_C = ?$		

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \cdot 65 \cdot 10^{-6}} = 49 \Omega \quad \text{א.}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{25^2 + 49^2} = \sqrt{625 + 2401} = \sqrt{3026} = 55 \Omega$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{311}{\sqrt{2}} = 220 \text{ V} \quad \text{ב.}$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{55} = 4 \text{ A}$$

$$U_R = IR = 4 \cdot 25 = 100 \text{ V} \quad \text{ג.}$$

$$U_C = IX_C = 4 \cdot 49 = 196 \text{ V}$$

$$P = U_R I = 100 \cdot 4 = 400 \text{ W} \quad \text{ד.}$$

$$Q_C = U_C I = 196 \cdot 4 = 784 \text{ VAR}$$

$$\cos \alpha = \frac{R}{Z} = \frac{25}{55} = 0.455 \quad \text{ה.}$$

$$\alpha = 62^\circ 58'$$

$$I_m = I \sqrt{2} = 4 \sqrt{2} = 5.66 \text{ A} \quad \text{ו.}$$

$$i = 5.66 \sin(314t + 20^\circ + 62.58^\circ) = 5.66 \sin(314t + 82.58^\circ)$$

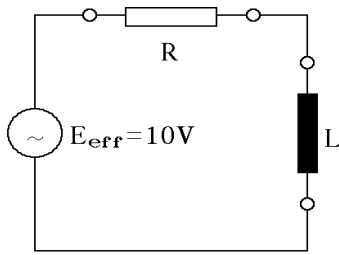
שאלה 2

נתון ביטוי הערך הרגעי של הזרם:

$$i = \sqrt{2} \cdot \sin(100\pi t - 36.87^\circ) \text{ A}$$

שב את:

- ההתנגדות R .
- היגב הסליל X_L .
- השראות הסליל L .
- המתח על הסליל.



שאלה 3

במעגל חשמלי, המוזן במתח חילופים סינשוואידלי, בתדירות 50 הרץ, אחרי זמן השווה ל-2msec מרגע תחילת המחזור, המתח הרגעי מגיע לערך השווה 182.8V. חשב: מתח שיא, מתח יעיל ומתח ממוצע של מקור הזינה.

שאלה 4

מעגל טורי כולל $R = 120\Omega$; $L = 0.8H$; ו- $C = 1.4\mu F$. מתח הזינה 230V.

חשב את:

- תדירות התהודה של המעגל.
- זרם המעגל בתהודה.
- המתח על-פני ההתנגדות, השראות והקיבול בתהודה.

שאלה 5

במעגל המתואר בתרשים

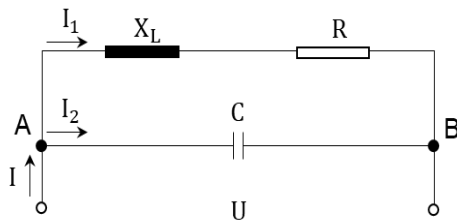
חשב את הקיבול C כך שהזרם הכולל I ,

יימצא במופע עם המתח U .

תדירות מתח הזינה: $f = 50\text{Hz}$

ההתנגדות: $R = 60\Omega$

ההיגב השראתי: $X_L = 80\Omega$



שאלה 6

צרכן השראי ניזון מרשת בעלת מתח 230V; 50Hz.

הצרכן צורך זרם של 5.5A ב- $\cos \varphi = 0.75$.

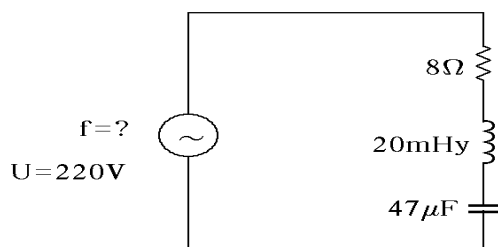
חשב את הזרם הנצרך מהרשת לאחר שחובר במקביל לצרכן קבל בעל הספק ריאקטיבי 400VAR.

שאלה 7

נתון מעגל המפתח הספק מקסימלי.

חשב את:

- תדר המקור.
- ההספק.



שאלה 8

חשב את תדירות התהודה במעגל RLC בעל הנתונים האלה: התנגדות של 20 אוהם, השראות של 0.25 הנרי וקיבוליות של 4.5 מיקרופרד.

שאלה 9

שני צרכנים חוברים בטור למתח חילופין של 220 וולט. התנגדותו של הצרכן האחד היא 25 אוהם והיגבו ההשראי 49 אוהם. התנגדות הצרכן האחר היא 19 אוהם והיגבו הקיבולי 16 אוהם. **חשב את עוצמת הזרם במעגל.**

שאלה 10

נגד שהתנגדותו 160 אוהם מחובר למתח שמשוואת הערך הרגעי שלו היא: $u = 566 \sin(314t)$.

חשב את:

- ערכו היעיל של המתח.
- ערכו היעיל של הזרם במעגל.
- הספק הנגד.
- משוואת הערך הרגעי של הזרם במעגל.

שאלה 11

במעגל חשמלי, המוזן במתח חילופים סינשוואידלי, בתדירות 60 הרץ, אחרי זמן השווה ל-1.8 msec מרגע תחילת המחזור, המתח הרגעי מגיע לערך השווה 100 V.

חשב: מתח שיא, מתח יעיל ומתח ממוצע של מקור הזינה.

שאלה 12

הערך הרגעי של זרם חילופין מתואר על-ידי המשוואה $i = 15 \sin(300t - \frac{\pi}{6}) A$

חשב את:

- הערך הרגעי של הזרם ברגע $t = 0$ ו- $t = 3 \text{ msec}$.
- תדירות הגל וזמן המחזור.
- ערכו היעיל של הזרם.

שאלה 13

נגד שהתנגדותו 115 אוהם מחובר למתח שמשוואת הערך הרגעי שלו היא: $u = 325 \sin 314t$.

חשב את:

- ערכו היעיל של המתח.
- ערכו היעיל של הזרם המעגל.
- הספק הנגד.
- משוואת הערך הרגעי של הזרם במעגל.

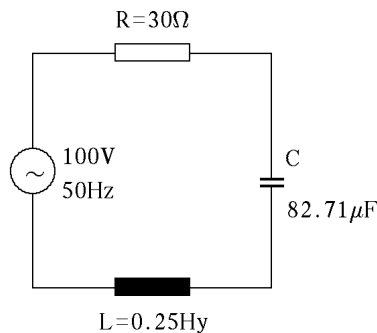
פרק 8 - התנגדות, קיבול והשראות במעגלי זרם חילופין

44 שאלות

שאלה 1

דוגמה

נתון מעגל RLC, המתואר בתרשים.



חשב את:

1. עכבת המעגל.
2. עוצמת הזרם במעגל.
3. מפל המתח על כל רכיב.
4. גורם ההספק.
5. ההספק הנצרך (ממשי).
6. ההספק העיוור.

פתרון

נתון:

המעגל המתואר באיור.

חשב:

- א. $Z = ?$
- ב. $I = ?$
- ג. $U_R, U_L, U_C = ?$
- ד. $\cos \phi = ?$
- ה. $P = ?$
- ו. $Q = ?$

א.

$$X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 \cdot 0.25 = 314 \cdot 0.25 = 78.5\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{314 \cdot 82.71 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{25970.9} = 38.5\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{30^2 + (78.5 - 38.5)^2} = \sqrt{900 + 1600} = \sqrt{2500} = 50\Omega$$

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{100}{50} = 2A$$

ב.

$$U_R = I \cdot R = 2 \cdot 30 = 60V$$

ג.

$$U_C = I \cdot X_C = 2 \cdot 38.5 = 77V$$

$$U_L = I \cdot X_L = 2 \cdot 78.5 = 157V$$

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{X}{R} = \frac{40}{30} = 1.33 \quad ; \quad \phi = 53^\circ 7' \Rightarrow \cos \phi = 0.6$$

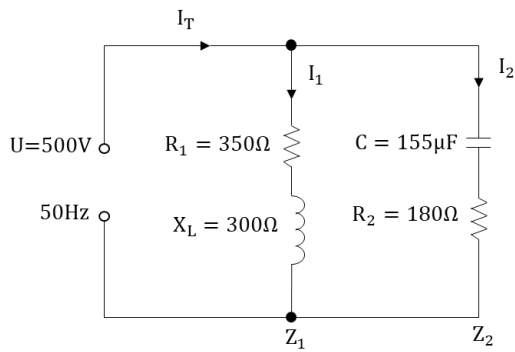
ד.

$$P = U \cdot I \cdot \cos \phi = 100 \cdot 2 \cdot \cos 53.13 = 200 \cdot 0.6 = 120W$$

ה.

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \phi = 100 \cdot 2 \cdot \sin 53.13 = 200 \cdot 0.8 = 160VAR$$

ו.

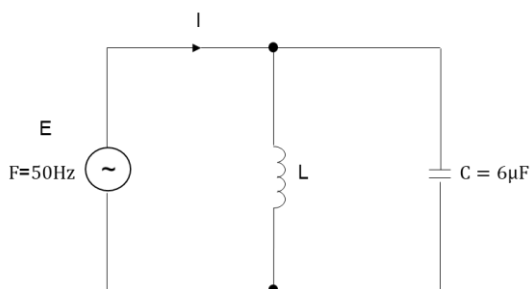


שאלה 2

לפי תיאור המעגל הנתון חשב:

- את הזרם בכל ענף ואת הזרם הכללי.
- את גורם ההספק.
- סרטט את משולש ההספקים וחשב את ערכם (P_T, Q_T, S_T) .
הצג אותם על המשולש עם יחידותיהם.

שאלה 3

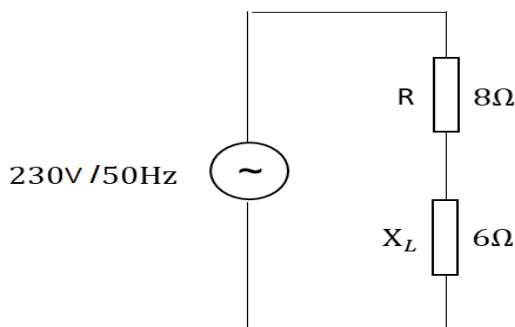


א. במעגל המתואר באיור,

חשב את:

- היגב הסליל הדרוש כדי שהמעגל לא יצרוך זרם ממקור המתח $(I=0A)$.
 - השראות הסליל במצב זה.
- ב. מדוע בתהודה מקבילית נוצר מצב נתק?

שאלה 4



במעגל הנתון חשב את:

- עכבת המעגל.
- הזרם המעגל.
- גורם ההספק.
- ההספק הממשי הנצרך.
- השראות הסליל.

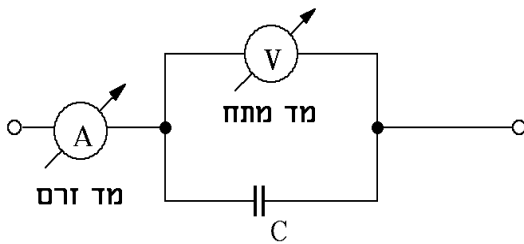
שאלה 5

נורת קשת פועלת במתח של 30V והזרם העובר בה במצב זה הוא 10A. את הנורה ניתן לתאר כהתנגדות אוהמית טהורה. הנורה מחוברת למתח הזנה של 110V, 50Hz. למשנק התנגדות אוהמית של 1.2Ω והשראות עצמית L.

חשב את:

- השראות המשנק L.
- זווית הפרש המופע של המשנק.
- המתח שנופל על המשנק.
- זווית הפרש המופע של המעגל.

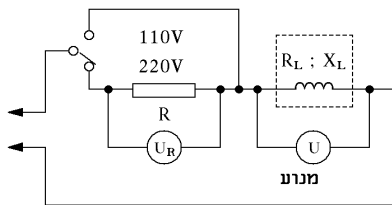
שאלה 6



כדי למדוד את קיבולו של קבל, מחברים לו במקביל וולט-מטר בעל התנגדות פנימית של 800Ω , המראה $160V$. דרך מד-זרם המחובר כמתואר בתרשים עובר זרם של $1.1A$. תדירות המקור היא $65Hz$. חשב את קיבולו של הקבל.

שאלה 7

מנוע של מכונת גילוח מחובר לרשת החשמל, תחילה חוברה המכונה למתח $220V$ ותדירות $50Hz$ דרך נגד R (המחובר בטור), לאחר מכן מחברים את אותו מנוע ישירות לרשת של $110V$ בלי נגד. במקרה זה הספק המנוע הוא $P=8W$, מקדם ההספק הוא 0.85 .

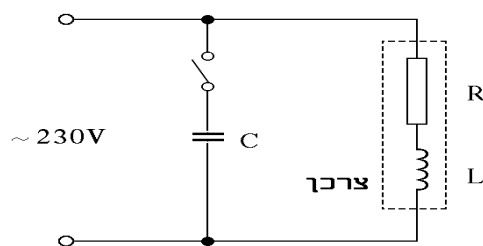


חשב את:

- הזרם במעגל בשני מצבי הפעולה.
- הפרמטרים של המנוע של (Z, X_L, R_L) .
- התנגדות הנגד R .
- המתחים U מנוע ו- U_R במצב א'.

שאלה 8

עומס השראי של $50KW$, הפועל בגורם ההספק 0.6 , מחובר לרשת של $230V$, בתדירות של $60Hz$.



חשב את:

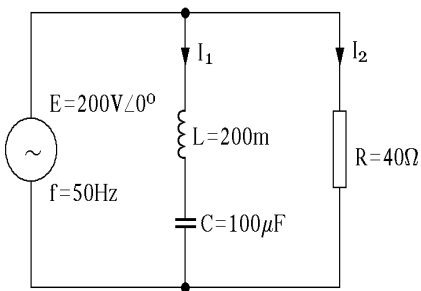
- עוצמת הזרם הנצרך.
- ערך הקבל שיש לחבר במקביל לעומס, כדי לשפר את גורם ההספק ל- 0.85 .
- עוצמת הזרם לאחר חיבור הקבל.

שאלה 9

נתון מעגל RC טורי, המחובר למקור מתח חילופין בתדר של $50Hz$. מתח הנגד $60V$ אפקטיבי ומתח הקבל $80V$. הזרם במעגל הוא $5A$.

- חשב את גודל הקבל והנגד שבמעגל.
- רשום את משוואות המתח הכללי בתלות בזמן, כאשר הזרם בזוית מופע 0.
- אם נגדיל את תדר המקור, מה יקרה לעוצמת הזרם במעגל? נמק.

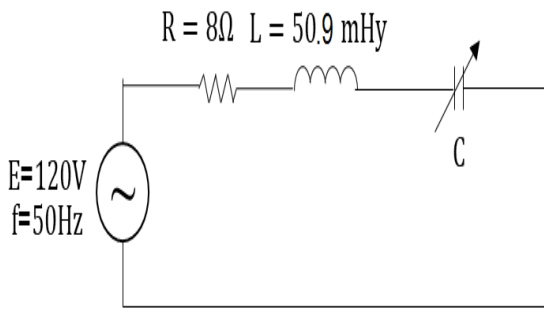
שאלה 10



נתון מעגל RLC טורי. גורם הטיב, כאשר המעגל בתהודה, הוא 20. ערך הנגד במעגל הוא 2Ω וערך הסליל 0.5mHy , מתח המקור 1V .

- מצא את תדר התהודה המתאים לתנאים לעיל ומצא, בהתאם לכך, את ערך הקבל.
- חשב את רוחב הפס של המעגל.
- חשב את הזרם במעגל כאשר התדר הוא מחצית ההספק.
- הנגד במעגל הוחלף ל- 4Ω . אולם עלינו לעמוד באותן דרישות של רוחב פס ותדר תהודה. הצע פתרון לבעיה זו, הסבר.

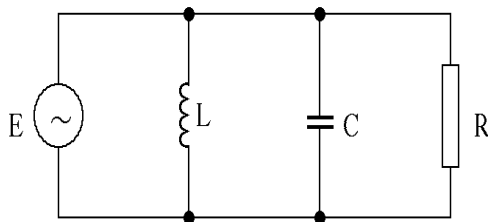
שאלה 11



המעגל המתואר באיור כולל נגד סליל וקבל משתנה, אשר מחוברים למקור מתח 120 וולט, בתדר 50Hz . $L = 50.9\text{ mHy}$; $R = 8\Omega$.

- חשב וסרטט משולש מתחים במעגל, כאשר $C = 318.31\mu\text{F}$.
- חשב מה צריך להיות קיבול הקבל לקבלת תהודה.
- חשב וסרטט דיאגרמת מתחים בתהודה.

שאלה 12



נתון מעגל עם הנתונים האלה:

$$R = 100\Omega$$

$$C = 5\mu\text{F}$$

$$L = 200\text{mHy}$$

$$E = 100\text{V}$$

חשב את:

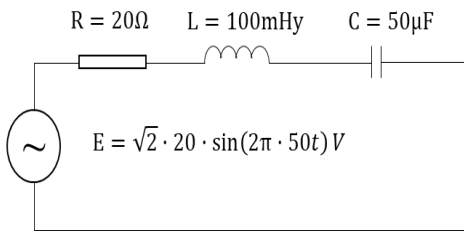
- הזרם השקול במעגל כאשר התדר הוא 50 הרץ (כולל זווית).
- תדר התהודה ואת הזרם השקול המתאים לתדר (כולל זווית).

שאלה 13

במעגל המתואר באיור:

- חשב את הזרמים במעגל יחסית למקור.
- חשב את תדר התהודה של המעגל.
- מה יקרה כאשר המעגל הזה יהיה בתהודה?

שאלה 14



- במעגל המתואר באיור חשב את:
- הזרם במעגל ואת מפל המתח על כל אחד מהצרכנים.
 - תדר התהודה.
 - הזרם ומפל המתח על הצרכנים במצב תהודה.

שאלה 15

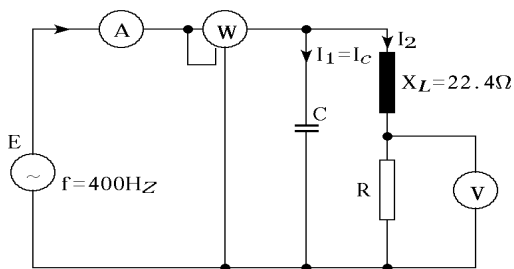
התנגדות, קיבול והשראות מחוברים בטור למקור מתח של 120 וולט ותדירות 50 הרץ. עוצמת הזרם במעגל היא 2.4 אמפר והוא צורך הספק של 200 וואט.

חשב את ערכי ההתנגדות, השראות הקיבול, כאשר ידוע שההיגב ההשראי גדול פי שניים מההיגב הקיבולי.

שאלה 16

- סליל מעשי בעל היגב השראי של 80 אוהם והתנגדות של 60 אוהם, מחובר למקור מתח חילופין של 200 וולט ותדירות של 50 הרץ.
- חשב את גורם ההספק ואת ההספק הממשי.
 - איזה קבל יש להוסיף בטור לסליל כדי שגורם ההספק ישווה לאחד?
 - מהו ההספק הממשי לאחר ביצוע השינוי?
 - מהן המסקנות?

שאלה 17

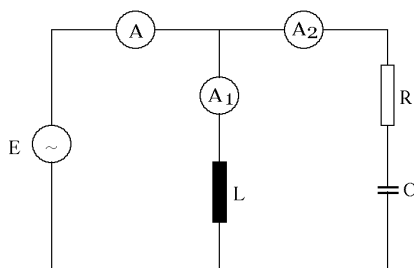


במעגל שבתרשים מציין מד הזרם 4.25 אמפר (מקדים), מד המתח 60 וולט ומד ההספק 180 וואט.

חשב את:

- מתח המקור.
- עוצמת הזרם בענף הקבל.
- התנגדות הנגד.
- קיבול הקבל.

שאלה 18



כל אחד ממדי הזרם (A_1) ו- (A_2) מציין 3 אמפר. מהי עוצמת הזרם שמציין מד הזרם (A), אם ידוע $X_C = R$?

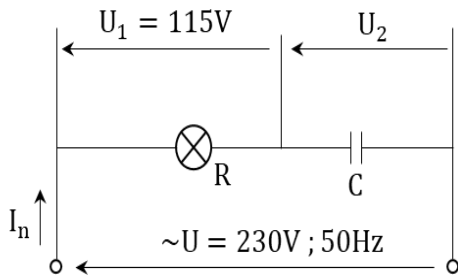
שאלה 19

מקדם ההספק של צרכן אוהמי השראתי הוא 0.2756, תדירות המתח על הדקי המעגל היא 50 הרץ. לאחר שחיברו קבל שקיבולו 21.8 מיקרופרד בטור עם הצרכן, עלה מקדם ההספק של המעגל ל-0.866. **חשב את התנגדות הצרכן ואת השראותו.**

שאלה 20

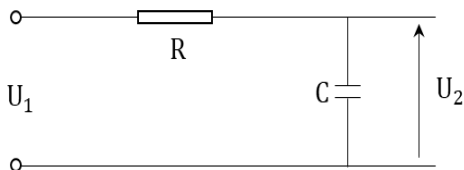
קו זינה שהשראתו הכוללת 9.28mH, מופעל במתח חילופין 19KV, 50Hz. בהזנחת ההתנגדות האוהמית חשב:
א. את הזרם העובר בקו כאשר קצהו מקוצר.
ב. את ההשראות הנוספת שיש לחבר בטור לקו, כדי להגביל את זרם הקצר, המחושב לפי סעיף (א) ל-2000A.

שאלה 21



ברשותנו נורה שנתוניה 115V ; 60W. יש להפעיל את הנורה בנתונים הנומינליים שלה ממקור מתח חילופין 230V ; 50Hz. קבל יחובר בטור לנורה כדי "להפיל" עליו את המתח. קבע את הקיבול הנדרש של הקבל.

שאלה 22



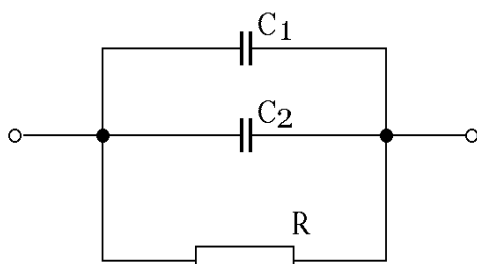
חשב את יחס המתחים U_2 ל- U_1 במעגל המתואר באיור, כאשר $f = 50\text{Hz}$; $C = 0.6\mu\text{F}$; $R = 18\text{K}\Omega$

שאלה 23

בחיבור מקביל של קבל $0.1\mu\text{F}$ ונגד $120\text{K}\Omega$ למתח זינה 125V ; 50Hz יש לחשב:

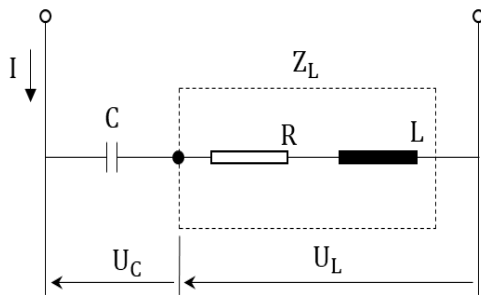
- את הזרם בקבל.
- את הזרם בנגד.
- את הזרם הכללי.
- את זווית המופע של הזרם לגבי המתח.
- את עכבת המעגל כולו.

שאלה 24



חשב את קיבול הקבל C_1 , המבטיח זווית מופע של 45° במעגל שבאיור, כאשר $R = 1000\Omega$; $C_2 = 2\mu\text{F}$ והתדירות 50Hz.

שאלה 25



סליל שהשראתו $1.2H$ והתנגדותו 500Ω ,
מחובר בטור עם קבל שקיבולו $8\mu F$,
למתח זינה $125V$; $100Hz$ כמתואר באיור.

חשב את:

- עכבת המעגל.
- זרם המעגל.
- המתח על פני הקבל U_C .
- המתח על פני הסליל U_L .
- זווית המופע של הזרם כלפי המתח U וכלפי המתחים U_C ו- U_L .

שאלה 26

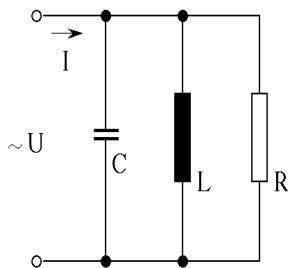
מהי השראתו של סליל, כאשר תוספת קבל בטור $4.5\mu F$ משפרת את זווית המופע של המעגל ל- 0° ,
כאשר תדירות הזינה היא $48Hz$?

שאלה 27

במעגל המתואר באיור:

$$U = 300V \quad C = 1\mu F$$

$$L = 1H \quad R = 150\Omega$$

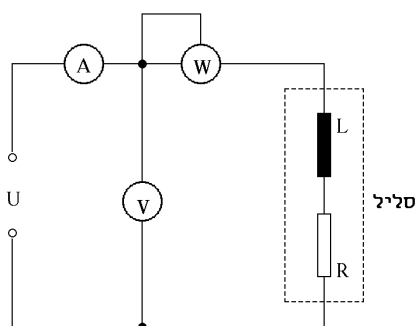


חשב את:

- התדירות שבה הזרם הכולל I ימצא במופע עם המתח U .
- הזרם I בתדירות שלעיל.
- הזרם בענף C ובענף L בתדירות שלעיל.
- הזרם I' בתדירות שלעיל כאשר מנתקים את ענף R .

שאלה 28

במעגל הנתון בתרשים מורה מד-הזרם על $5A$ ומד ההספק על $600W$. המתח $230V$; $50Hz$.



חשב את:

- ההתנגדות R .
- ההשראות L .
- מקדם ההספק של הסליל.
- ההספק הריאקטיבי של הסליל.
- ההספק המדומה של הסליל.

שאלה 29

שני מנועים חד-פאזיים, המחוברים במקביל, צורכים יחד הספק של 4.8KW , כאשר מקדם ההספק הכללי הוא $\cos \varphi = 0.82$. אחד המנועים צורך הספק של $P_1 = 1.5\text{KW}$, במקדם הספק $\cos \varphi_1 = 0.75$.
חשב את מקדם ההספק של המנוע השני.

שאלה 30

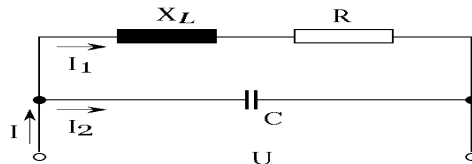
קבל ונגד מחוברים במקביל למתח $400\text{V}; 50\text{Hz}$.
קיבולו של הקבל הוא $100\mu\text{F}$.

חשב את:

- ערך ההתנגדות, אם ידוע שמקדם ההספק של המעגל הוא $\cos \varphi = 0.1$.
- ההספק הממשי, ההספק הריאקטיבי וההספק המדומה של המעגל.

שאלה 31

במעגל המתואר בתרשים יש לבחור את הקיבול C כך שהזרם הכולל I יימצא במופע עם המתח. תדירות מתח הזינה היא: 100Hz , ההתנגדות: $R = 100\Omega$ היגב השראתי: $X_L = 120\Omega$



שאלה 32

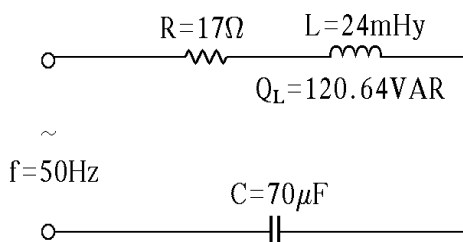
מנוע צורך הספק חשמלי של 226W ממקור מתח 120V כאשר הזרם העובר בו הוא 3.14A .

חשב את:

- מקדם ההספק של המנוע.
- צריכת הזרם לאחר שיפור מקדם ההספק ל- $\cos \varphi' = 1$.

שאלה 33

באיור שלפניך מחוברים נגד, סליל וקבל למקור מתח חילופין שתדירותו 50 הרץ. כמו כן נתון ההספק ההייגבי ההשראי.



- חשב את ההיגב ההשראי וההיגב הקיבולי.
- ציין את אופי המעגל.
- חשב את הזרם היוצא ממקור המתח.
- חשב את ההספק הפעיל הנצרך על-ידי המעגל.
- חשב את מתח המקור.
- חשב את גורם ההספק.

שאלה 34

סליל בעל השראות של $150\mu H$ ונגד של 20Ω מחוברים בטור לקבל של $16.887nF$ המעגל מחובר למקור מתח של $2V$. חשב, במצב של תהודה, את:

- א. תדר התהודה.
- ב. העכבה.
- ג. הזרם.
- ד. המתח על הנגד.
- ה. המתח על הסליל.
- ו. המתח על הקבל.

שאלה 35

בבית מלאכה מותקן מנוע חד-מופעי, הצורך מהרשת הספק של $10KW$. גורם ההספק של המנוע הוא 0.73 , מתח הרשת $230V$ והתדר $50Hz$.
חשב את ערך הקבל שיש להוסיף כדי לשפר את גורם ההספק ל- 0.92 .

שאלה 36

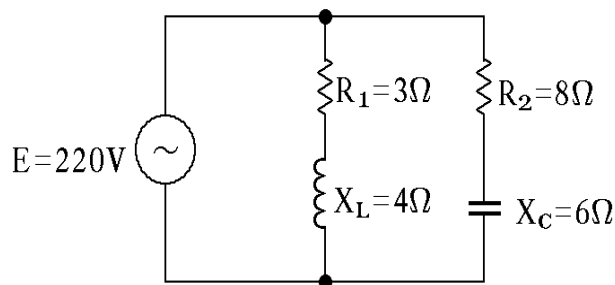
נגד בעל התנגדות של 440 אוהם וסליל בעל השראות של 1.4 הנרי, המחוברים במקביל, ניזונים ממקור מתח של 220 וולט ותדירות של $50Hz$.

חשב את:

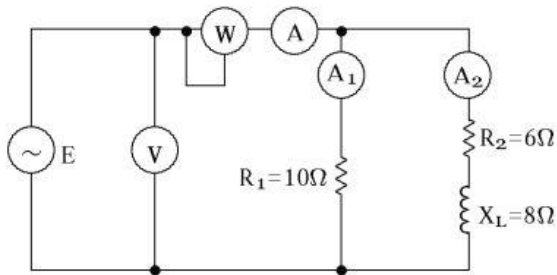
- א. עוצמת הזרמים בענפים.
- ב. עוצמת הזרם השקול.
- ג. ההספק המדומה.
- ד. ההספק הממשי.
- ה. ההספק העיוור.

שאלה 37

חשב את ההספק הממשי, המדומה והעיוור של המעגל המתואר באיור.



שאלה 38



מד המתח, המופיע בתרשים מציין $127V$.
מה יציין כל אחד ממכשירי המדידה הנותרים?

שאלה 39

שלושה צרכנים השראתים מחוברים במקביל לרשת של $230V$. נתוני הצרכנים הם אלה:

צרכנים	M_1	M_2	M_3
זרם	2.5A	3.5A	6.4A
$\cos \varphi$	0.65	0.85	0.81

חשב את:

- הזרם הכולל.
- מקדם ההספק של המערכת.
- ההספק הממשי, הריאקטיבי והמדומה של המערכת.

שאלה 40

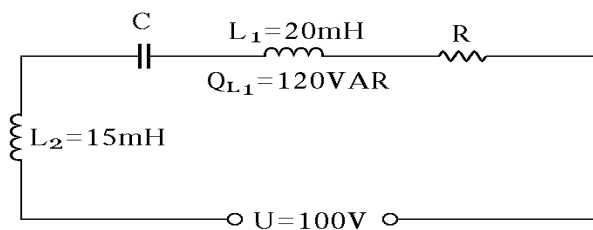
קבל ונגד מחוברים במקביל למתח $400V$; $50Hz$. קיבולו של הקבל הוא $150\mu F$.

חשב את:

- ערך ההתנגדות, אם ידוע שמקדם ההספק של המעגל הוא $\cos \varphi = 0.2$.
- ההספק הממשי, ההספק הריאקטיבי וההספק המדומה של המעגל.

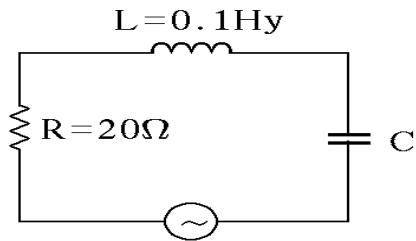
שאלה 41

באיור מתואר מעגל טורי של נגד 2 סלילים וקבל. המעגל נמצא בתהודה בתדר $100Hz$.



- חשב את קיבול הקבל C.
- חשב את התנגדות והספק הנגד R.
- סרטט תרשים וקטורי של כל רכיבי המעגל (זרם, מתח וזווית מופע) וציין ליד כל רכיב את גודלו הפיסיקלי, כאשר תדר המעגל הועלה לפי 1.5 מתדר התהודה.

שאלה 42

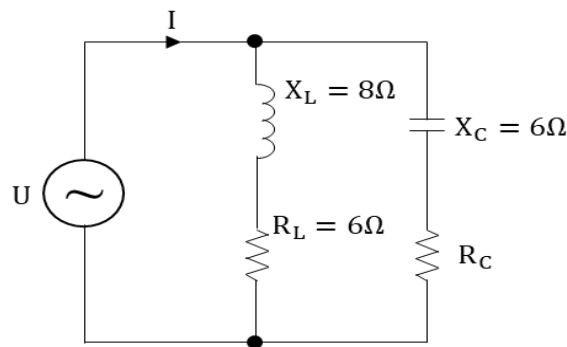


$$U = \sqrt{2} \cdot 230 \sin 200\pi t$$

- במעגל המתואר באיור חשב את:
- ערך הקבל C לקבלת זרם מירבי.
 - הזרם המירבי האפקטיבי.

שאלה 43

חשב את ערך הנגד R_C במעגל המתואר באיור לקבלת זרם I מינימלי.



שאלה 44

- בלוח חשמל מותקנים 2 מונים – פעיל וריאקטיבי.
500 סיבובים של הדיסקית המונה הפעיל מייצגים צריכת אנרגיה של $1KWh$.
250 סיבובים של הדיסקית המונה הריאקטיבי מייצגים צריכת אנרגיה ריאקטיבי של $1KVARh$.
במשך 14 שניות עושה הדיסקית של המונה הפעיל 22 סיבובים והדיסקית של המונה הריאקטיבי 9 סיבובים.

חשב את:

- גורם ההספק של הצרכן.
- הספק הקבל הנדרש לשיפור ההספק ל-0.92.

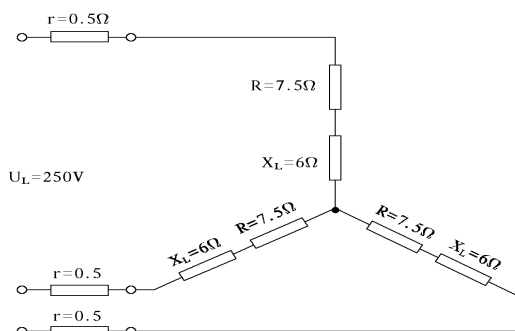
פרק 9 - מעגלי זרם חילופין ומערכות חשמל תלת-מופעיות

26 שאלות

דוגמה

שאלה 1

צרכן סימטרי תלת-מופעי מחובר בכוכב (הנתונים מופיעים באיור). הצרכן ניזון ממקור מתח של 250V/50Hz דרך שלושה מוליכים. התנגדות כל מוליך היא 0.5Ω .



חשב את:

- הזרם בקו.
- המתח השלוב הנמדד על הדקי הצרכן.
- ההספק היעיל הנצרך מהרשת.

פתרון

נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור.
 $U_L = 250V$
 $f = 50Hz$

חשב:

$I_L = ?$
 $U_L = ?$ הדקי הצרכן
 $P = ?$

א. של כל ענף:

$$Z_T = (8 + j6) = 10\Omega \angle 36.8698^\circ$$

$$Z = (7.5 + j6) = 9.6\Omega \angle 38.6598^\circ$$

$$U_{PH} = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{250}{\sqrt{3}} = 144.337V$$

$$I_{PH} = I_L = \frac{U_{PH}}{Z_T} = \frac{144.337}{10} = 14.4337A$$

בכל ענף $(Z_{T\text{ענף}})$:

$$U =_{צרכן} Z \cdot I \cdot \sqrt{3} \Rightarrow 9.6 \cdot 14.4337 \cdot \sqrt{3} = 240V$$

ב. המתח השלוב על הדקי הצרכן:

$$P_{\text{יעיל}} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi$$

ג.

$$P = \sqrt{3} \cdot 250 \cdot 14.4337 \cdot 0.8 = 5000W$$

שאלה 2

מנוע תלת-מופעי, שסליליו מחוברים בכוכב, מפתח הספק יעיל של 6KW בגורם הספק 0.85 ונצילות 0.8.

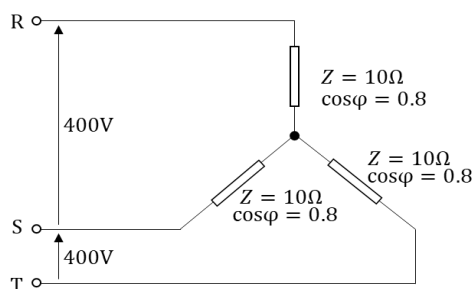
- חשב את עוצמת הזרם בקו, אם המתח השלוב של הרשת הוא 380V.
- אם מחברים את הסלילים במשולש, מה צריך להיות מתח הקו, על מנת שההספק לא ישתנה?

שאלה 3

עומס תלת-מופעי סימטרי מחובר בכוכב לרשת 400/50Hz (במתח קו של 400V). ההספק המדומה של כל העומס הוא 10KVA ומקדם ההספק הוא 0.7.

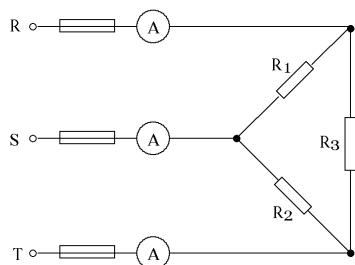
- חשב את ההספק הממשי של העומס.
- חשב את זרם הקו ואת מתח המופע במעגל.
- אם נשנה את חיבור העומס לחיבור משולש, מה יקרה להספק בעומס. הסבר את הסיבה לכך.

שאלה 4



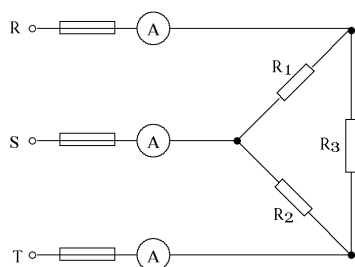
- מהו הזרם הקווי שצורכת מערכת זו?
- מהו ההספק שצורכת המערכת?
- סרטט את משולש ההספקים (המערכת בנויה מנגדים וסלילים).

שאלה 5



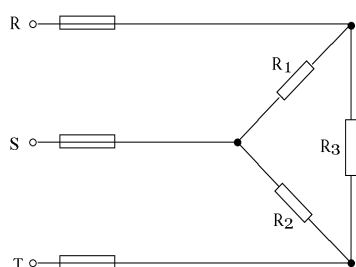
- שלושה צרכנים אוהמים זהים מחוברים במשולש לרשת תלת-מופעית, כמתואר בתרשים. ההספק הכולל של המתקן הוא 2400 ואט וכל מד זרם מורה 26 אמפר.
- חשב מה יורה כל מד זרם, אם יחול פסק בצרכן R_1 ?
 - חשב מה יהיה, במקרה זה, ההספק הכולל?

שאלה 6



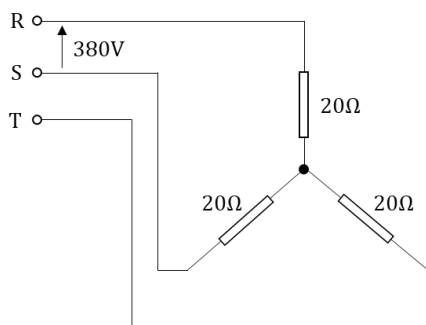
- שלושה צרכנים אוהמים זהים מחוברים במשולש לרשת תלת-מופעית, כמתואר בתרשים. ההספק הכולל של המתקן הוא 2400 ואט וכל מד זרם מורה 26 אמפר.
- חשב מה יורה כל מד זרם ומה יהיה ההספק הכולל, אם יותר הנתין שבמופע R.**

שאלה 7



- תנור חשמלי בנוי משלושה גופי חימום זהים המחוברים במשולש (ראה תרשים). ההספק שצורך התנור, בהיותו מחובר לרשת בעלת מתח שלוב של 380 וולט, הוא 38 קילו ואט. ברגע מסוים ניתך הנתין שבמופע T.
- חשב את עוצמת הזרמים הזורמים בגופי החימום.
 - מהו ההספק, הנצרך על ידי כל גוף חימום?
 - מהו ההספק הכולל, שצורך התנור?

שאלה 8



- א. חשב את עוצמת הזרמים בקווים של הרשת התלת מופעית המופיעה בתרשים.
- ב. מה תהיה עוצמת הזרם בקווי המופעים S ו-T, אם יחול פסק (נתק) בקו של המופע R?
- ג. מה תהיה עוצמת הזרם בקווי המופעים S ו-T, אם בצרן, המחובר במופע R, יחול קצר מלא?
- ד. מה תהיה עוצמת הזרם בקו "R" אם בצרן המחובר במופע R יחול קצר מלא?

שאלה 9

מנוע השראתי תלת מופעי מחובר לרשת מתח שלוב של 380 וולט. המנוע מוסר הספק מכני של 2.5 כוח סוס, במקדם הספק של 0.9 ונצילות 80%. המנוע מחובר בכוכב.

חשב את:

- א. עוצמת הזרם שצורך המנוע.
- ב. העכבה, ההתנגדות וההיגב למופע.

שאלה 10

לרשת תלת-מופעית במתח משולב של 380 וולט, מחובר צרן שהתנגדותו היא 8 אוהם והיגבו ההשראתי הוא 6 אוהם לכל מופע. הצרן מחובר בכוכב.

חשב את:

- א. עוצמת הזרם שצורך הצרן.
- ב. מקדם ההספק.
- ג. ההספק הפעיל, ההיגבי והמדומה הנצרך מהרשת.

שאלה 11

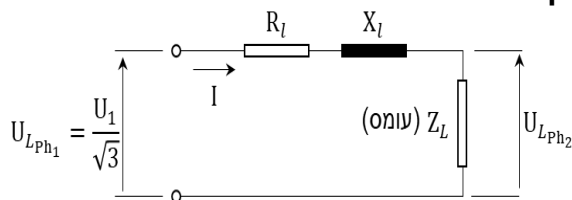
שלוש עכבות זהות מחוברות במשולש למתח של 400V. כל עכבה היא חיבור טורי של התנגדות 6Ω והיגב השראתי 8Ω.

חשב את:

- א. הזרם העובר בכל עכבה.
- ב. הזרם בקו.
- ג. ההספק הממשי, הריאקטיבי (עיור) והמדומה של המעגל.

שאלה 12

עומס תלת-מופעי עם הספק נומינלי 800KW, בעל מקדם הספק $\cos \varphi = 0.8$ (השראתי), ניזון באמצעות קו עילי (ראה תרשים). המתח השלוב על פני העומס הוא 6.6KV. התנגדות כל מוליך בקו היא 3.2Ω , ההיגב השראתי של כל מוליך הוא 3.2Ω .
חשב את המתח השלוב בתחילת הקו.



אחד המופעים

שאלה 13

יש לשפר את מקדם ההספק של מנוע השראה תלת-מופעי מ- $\cos \varphi = 0.75$ ל- $\cos \varphi' = 0.95$.
יתר נתוני המנוע הם:
 $P = 30HP$; $U = 400V$; $f = 50Hz$; $\eta = 84\%$
חשב את קיבול הקבלים הדרושים למטרה זו, אם חיבורם יעשה במשולש.

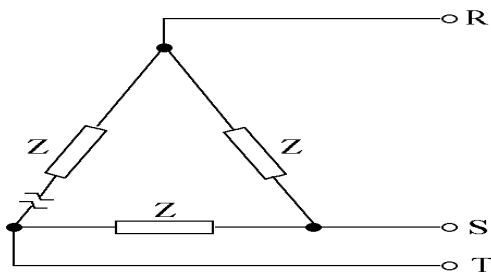
שאלה 14

שלושה נגדים, שהתנגדותם $R = 5\Omega$, מחוברים בכוכב למתח תלת-מופעי ללא תיל אפס. המתח השלוב של הרשת הוא 400V.

חשב את הזרמים העוברים במוליכים כאשר:

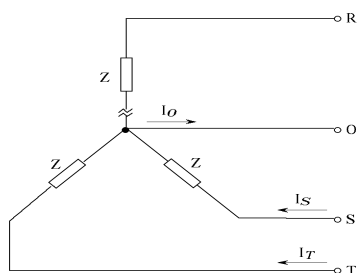
- אין תקלה במעגל.
- אחד הנגדים מנותק.
- אחד הנגדים מקוצר.

שאלה 15



שלוש עכבות זהות $Z = 100\Omega$ מחוברות במשולש, לרשת תלת-מופעית בעלת מתח שלוב של 400V.
חשב את הזרמים במוליכי שלושת המופעים, במקרה של פסק באחד מענפי המשולש כמתואר באיור.

שאלה 16



שלוש עכבות זהות $Z = 100\Omega$ מחוברות בכוכב כמתואר באיור. מתח הזינה הוא $400V$.
חשב את הזרמים במוליכים במקרה של ניתוק באחת העכבות.

שאלה 17

שלושה נגדים $R_1 = 180\Omega$, $R_2 = 50\Omega$ ו- $R_3 = 100\Omega$ מחוברים בכוכב לרשת תלת מופעית $400V$, באמצעות ארבעה תילים (3 מופעים ותיל אפס).

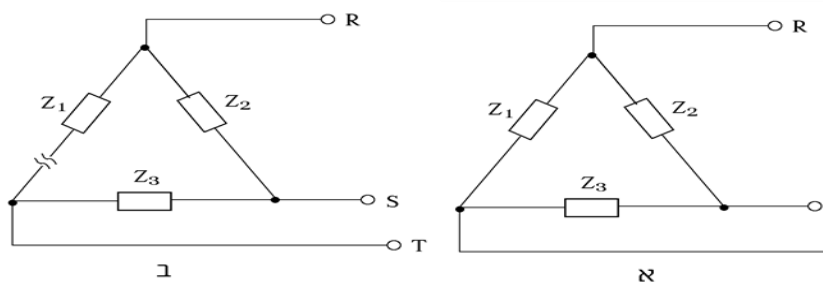
חשב את הזרמים בארבעת התילים.

שאלה 18

שלוש עכבות זהות $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z = 100\Omega$ מחוברות במשולש לרשת תלת-מופעית בעלת מתח של $400V$.

חשב:

- את הזרם בקו ואת הזרם בעומס בכל מופע.
- כיצד ישתנו הזרמים שחישבת בסעיף א' אם יחול פסק באחת העכבות?

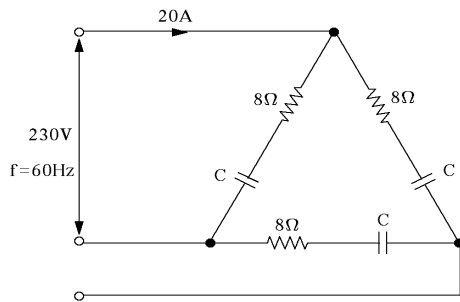


שאלה 19

משאבה שניצילותה $\eta_2 = 75\%$ מונעת על-ידי מנוע תלת-מופע, הפועל במתח של $400V/50Hz$. בגורם הספק של 0.87 ניצילותו – $\eta_1 = 85\%$. המשאבה שואבת 200 מטרים מעוקבים של מים בשעה לגובה של 32 מטר.

- סרטט תרשים מלבני לתיאור התהליך.
- חשב את הספק המנוע הנדרש בואטים ובכוחות סוס (HP ו-W).
- חשב את הזרם שצורך המנוע.

שאלה 20



שלושה צרכנים זהים מחוברים במשולש. התנגדות כל 12 אוהם. משולש זה מחובר למחולל שסליליו מחובריו

חשב את:

- עוצמת הזרם הזורם דרך כל צרן.
- עוצמת הזרם בקו.
- ההספק הנצרך על-ידי כל צרן.
- ההספק הכולל.
- גורם ההספק.

שאלה 21

נתונה מערכת תלת-מופעית, כמתואר באיור.

חשב את:

ערך הקבל C.

שאלה 22

שלוש עכבות זהות של 10Ω מחוברות במשולש למתח של 400V. כל עכבה מורכבת מחיבור טורי של התנגדות והשראות. ההיגב ההשראתי בכל עכבה הוא 8Ω .

חשב את:

- הזרם העובר בכל עכבה.
- הזרם בקו.
- ההתנגדות בכל עכבה.
- ההספק הממשי, הריאקטיבי (עיוור) והמדומה של המעגל.

שאלה 23

עומס תלת-מופעית מחובר לרשת 400 וולט בחיבור כוכב וצורך זרם של 15 אמפר במקדם הספק 0.85.

חשב את:

- הספק הקבל הדרוש לשיפור גורם ההספק ל-0.92.
- הזרם לאחר השיפור.

שאלה 24

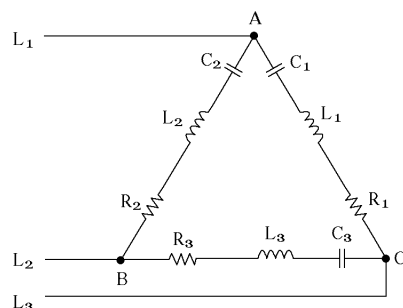
לרשת תלת-מופעית במתח של 400 וולט, מחובר צרכן שהתנגדותו היא 12 אוהם והיגבו ההרשתי הוא 9 אוהם לכל מופע. הצרכן מחובר בכוכב.

חשב את:

- עוצמת הזרם שצורך הצרכן.
- ההספק הפעיל, ההיגבי והמדומה הנצרך מהרשת.
- מקדם ההספק.

שאלה 25

מתקן הרמה (K), מעלה מיכל מתכת מלא מים, שמשקלו נטו 200 ק"ג ונפחו 4.9 מ"ק, לגובה 35 מטר. נצילות המתקן היא 80%.
את המתקן מפעיל מנוע חשמלי תלת-מופעי (M), הפועל במתח של 660 וולט. המנוע צורך מהרשת זרם של 30A במקדם הספק של 0.7. נצילות המנוע היא 85%.



חשב את:

- פרק הזמן שבו יגיע המכל לגובה של 35 מ'.
- הספק מערכת הקבלים התלת-מופעית, אשר יש לחבר במקביל למנוע, לצורך שיפור מקדם ההספק ל-0.92.
- הזרם שיצרוך המנוע לאחר חיבור הקבלים לרשת, במקביל למנוע.

שאלה 26

לפניך סרטוט של צרכן תלת-מופעי, המחובר בחיבור משולש לרשת תלת-מופעית. נתוני המעגל הם:
תדירות הרשת: 50Hz

$$L_1 = L_2 = L_3 = 40mH$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = 253.3\mu F$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = 50\Omega$$

$$Q_{L_1} = 750VAR$$

חשב את:

- הזרם שהצרכן צורך מהרשת, מתח המקור ואת מקדם ההספק של הצרכן.
- ההספק הממשי הכללי של הצרכן.
- ההספק הכולל של הצרכן, כאשר מופע L_2 התנתק עקב תקלה.

פתרונות לפרק 1

פתרון שאלה 2

חשב:	נתון:
$T = ?$	$U = 5V$ $I_{20} = 2A$ $U_T = 5V$ $I_T = 1.8A$ $\alpha = 0.01 \frac{1}{^\circ C}$

ההתנגדות בטמפרטורה של $20^\circ C$:

ההתנגדות בטמפרטורה הנוספת:

נציב את הנתונים בנוסחה:

מצאנו את תוספת הטמפרטורה:

הטמפרטורה האחרת תהיה:

$$R_{20} = \frac{U}{I} = \frac{5}{2} = 2.5\Omega$$

$$R_T = \frac{U}{I} = \frac{5}{1.8} = 2.77\Omega$$

$$R_T = R_{20}(1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

$$2.77 = 2.5(1 + 0.01 \cdot \Delta t)$$

$$\Delta t = 11.11^\circ C$$

$$T = t_1 + \Delta t = 20 + 1.11 = 31.11^\circ C$$

פתרון שאלה 3

חשב:	נתון:
$U_L = ?$ א.	$l = 100m$
$\Delta P = ?$ ב.	$U = 12V$
$R_{120^\circ} = ?$ ג.	$R_L = 10\Omega$
$P_L = /$ ד.	$\rho = 0.018 \left[\frac{\Omega mm^2}{m} \right]$
	$\alpha = 0.0039 \frac{1}{^\circ C}$
	$T_1 = 20^\circ$
	$T_2 = 120^\circ$

א. התנגדות המוליכים R_1, R_2 :

$$R_1 = R_2 = \rho \cdot \frac{l}{A} = 0.018 \cdot \frac{100}{1.8}$$

$$R_1 = R_2 = 1\Omega$$

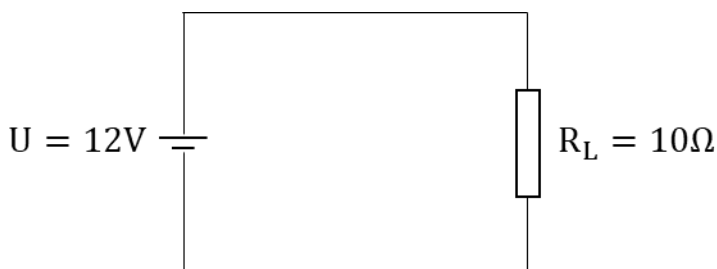
$$R_T = R_1 + R_2 + R_L = 1 + 1 + 10 = 12\Omega$$

$$I = \frac{U}{R_T} = \frac{12}{12} = 1A$$

$$U_L = I \cdot 10 = 1 \cdot 10 = 10V$$

$$\Delta P = P_1 + P_2 = I^2(R_1 + R_2) = 1^2(1 + 1) = 2W$$

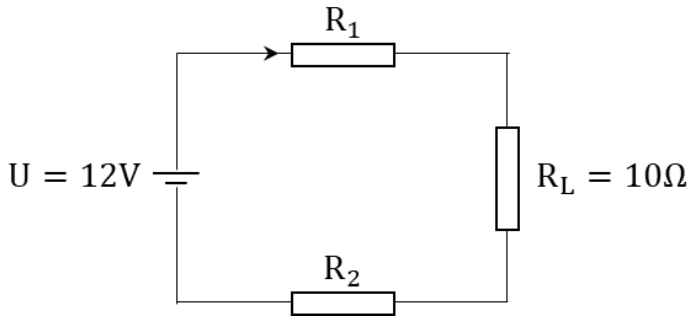
ב.



$$\Delta T = T_2 - T_1 = 120 - 20 = 100^\circ C \quad \text{ג.}$$

$$R_{120^\circ C} = R_{2120^\circ C} = R_{120^\circ C} (1 + \alpha \cdot \Delta T) = 1(1 + 0.0039 \cdot 100) = 1.39 \Omega$$

$$P_L = \frac{U^2}{R_L} = \frac{12^2}{10} = 14.4 W \quad \text{ד.}$$



פתרון שאלה 4

חשב:
 $\theta_2 = ?$

נתון:
סליל נחושת
 $\theta_1 = 35^\circ C$
 $R_{\theta_1} = 1.25 \Omega$
 $R_{\theta_2} = 1.5 \Omega$
 $\alpha_{20} = 0.004 \left(\frac{1}{^\circ C} \right)$

$$(1) \quad R_{\theta_1} = R_{20} (1 + \alpha \Delta \theta_1)$$

$$(2) \quad R_{\theta_2} = R_{20} (1 + \alpha \Delta \theta_2)$$

$$\frac{R_{\theta_1}}{R_{\theta_2}} = \frac{1 + \alpha \Delta \theta_1}{1 + \alpha \Delta \theta_2}$$

$$1 + \alpha \cdot \Delta \theta_2 = \frac{R_{\theta_2}}{R_{\theta_1}} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta \theta_1)$$

$$\Delta \theta_2 = \frac{1}{\alpha} \left[\frac{R_{\theta_2}}{R_{\theta_1}} (1 + \alpha \Delta \theta_1) - 1 \right]$$

$$\Delta \theta_2 = \frac{1}{0.004} \left[\frac{1.5}{1.25} (1 + 0.004 \cdot 15) - 1 \right] = 68^\circ C$$

$$\theta_2 - 20^\circ = 68$$

$$\theta_2 = 68 + 20 = 88^\circ C$$

התנגדות הסליל בטמפרטורת הסיביה:

התנגדות הסליל בטמפרטורת העבודה:

נחלק משוואה (1) במשוואה (2) ונקבל:

נחלץ את $\Delta \theta_2$ ונקבל:

נציב את הערכים:

פתרון שאלה 5

חשב:
 $T_2 = ?$

נתון:
 $T_1 = 20^\circ C$
 $R_{T_2} = 1.6 R_{T_1}$
 $\alpha = 0.004 \frac{1}{^\circ C}$

$$R_{T_2} = R_{T_1} (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$\Delta T = T_2 - 20$$

$$1.6 R_{T_1} = R_{T_1} [1 + 0.004(T_2 - 20)]$$

$$1.6 = 1 + 0.004(T_2 - 20)$$

$$0.6 = 0.004 T_2 - 0.08$$

$$T_2 = 170^\circ C$$

פתרון שאלה 6

חשב:	נתון:
$t_B - t_A = ?$	$l_A = l_B = 3000m$ $A_A = A_B = 0.2mm^2$ $\rho = 0.0175 \frac{\Omega mm^2}{m}$ $\alpha_{20} = 0.004 \left(\frac{1}{^\circ C} \right)$ התנגדות הסלילים לאחר העבודה: $R_A = 290\Omega$ $R_B = 310\Omega$

$R_{A_{20^\circ}} = R_{B_{20^\circ}} = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{0.0175 \cdot 3000}{0.2} = 262.5\Omega$ התנגדות הסלילים ב- $20^\circ C$

$R_A = R_{A_{20^\circ}} (1 + \alpha \Delta t_A)$ במצב עבודה:

$\Delta t_A = \left(\frac{R_A}{R_{A_{20^\circ}}} - 1 \right) \frac{1}{\alpha} = \left(\frac{290}{262.5} - 1 \right) \frac{1}{0.004} = 26.2^\circ C$

$t_A = 20 + \Delta t_A = 20 + 26.2 = 46.2^\circ C$

$\Delta t_B = \left(\frac{R_B}{R_{B_{20^\circ}}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{\alpha} = \left(\frac{310}{262.5} - 1 \right) \frac{1}{0.004} = 45.24^\circ C$

$t_B = 20 + \Delta t_B = 20 + 45.24 = 65.24^\circ C$

$t_B - t_A = 65.24 - 46.2 = 19.04^\circ C$ הפרש הטמפרטורה בין 2 הסלילים:

פתרון שאלה 7

חשב:	נתון:
א. $R_{20} = ?$ ב. $l = ?$	$R = 900\Omega$ $T = 10^\circ C$ $A = 0.5mm^2$ $\alpha = 0.0039 \frac{1}{^\circ C}$ נחושת $\rho_{20} = 0.018\Omega \frac{mm^2}{m}$ נחושת

א. התנגדות התיל בטמפרטורה של $20^\circ C$

$900 = R_{20} [1 + 0.0039(-10)]$

$R_{20} = 936\Omega$

$l = \frac{R \cdot A}{\rho} = \frac{936 \cdot 0.5}{0.018} = 26014m$

ב. אורך התיל:

פתרון שאלה 8

חשב:	נתון:
$R_{200} = ?$	$R_{20} = 50\Omega$ $R_{25} = 51.5\Omega$

יש למצוא קודם את מקדם הטמפרטורה:

$$R_T = R_{20}(1 + \alpha\Delta t)$$

$$R_{25} = R_{20}(1 + \alpha \cdot 5)$$

$$51.5 = 50(1 + \alpha \cdot 5)$$

$$\alpha = 0.006 \frac{1}{^\circ C}$$

$$R_{200} = R_{20}(1 + \alpha\Delta t) = 50(1 + 0.006 \cdot 180) = 104\Omega$$

ההתנגדות ב- $200^\circ C$ היא:

פתרון שאלה 9

חשב:	נתון:
א. $R = ?$ ב. $\rho = ?$	$l = 14Km$ $A = 1.5mm^2$ $\rho = 0.018 \frac{\Omega mm^2}{m}$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{0.018 \cdot 14000}{1.5} = 168\Omega$$

א. חישוב ההתנגדות:

ב. לפי הנוסחה רואים, שכדי להקטין את ההתנגדות בחצי, יש להקטין את ההתנגדות הסגולית

$$\rho_{חדש} = \frac{1}{2} \cdot \rho = \frac{1}{2} \cdot 0.018 = 0.009 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$$

בחצי:

פתרון שאלה 10

חשב:	נתון:
א. $R_{50} = ?$ ב. $R_5 = ?$	$R_{20} = 300\Omega$ $\alpha = 0.0039 \frac{1}{^\circ C}$

$$R_{50} = R_{20}(1 + \alpha\Delta t) = 300(1 + 0.0039 \cdot 30) = 335.1\Omega$$

א. R_{50} הוא:

$$R_5 = 300[1 + 0.0039(-15)] = 282.45\Omega$$

ב. R_5 הוא:

פתרון שאלה 11

חשב:

$\alpha = ?$

נתון:

$$\begin{cases} U_R = 1.6V \\ I_R = 1.1A \\ t = 20^\circ C \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_R = 1.6V \\ I_R = 1A \\ t = 100^\circ C \end{cases}$$

ההתנגדות ב- $20^\circ C$:ההתנגדות ב- $100^\circ C$:

מקדם הטמפרטורה:

$$R_{20} = \frac{U}{I} = \frac{1.6}{1.1} = 1.4545\Omega$$

$$R_{100} = \frac{U}{I} = \frac{1.6}{1} = 1.6\Omega$$

$$R_{100} = R_{20}(1 + \alpha\Delta t)$$

$$1.6 = 1.4545(1 + \alpha \cdot 80)$$

$$\alpha = 0.00125 \frac{1}{^\circ C}$$

פתרון שאלה 12

חשב:

$I = ?$

נתון:

$$U = 220V$$

$$P = 100W$$

$$\alpha = 0.0045 \frac{1}{^\circ C}$$

$$t_2 = 2000^\circ C$$

$$t_1 = 20^\circ C$$

התנגדות במצב עבודה – מצב חם:

הפרש הטמפרטורות:

ההתנגדות במצב קר:

ההתנגדות הכללית של מעגל 10 הנורות, במצב קר:

הזרם שיצרכו 10 הנורות ברגע הדלקתן:

$$R_{t_2} = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{100} = 484\Omega$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 2000 - 20 = 1980^\circ C$$

$$R_{t_1} = \frac{R_{t_2}}{1 + \alpha\Delta t} = \frac{484}{1 + 0.0045 \cdot 1980} = 48.84\Omega$$

$$R_T = \frac{R}{n} = \frac{48.84}{10} = 4.884\Omega$$

$$I = \frac{U}{R_T} = \frac{220}{4.884} = 45A$$

פתרון שאלה 13

חשב:	נתון:
$l = ?$	$U = 48V$
	$r = 1\Omega$
	$A = 0.5mm^2$
	$\rho_{20} = 0.018 \frac{\Omega mm^2}{m}$
	$\alpha_{20} = 0.004 \frac{1}{^\circ C}$
	$R_{L_{50^\circ C}} = 7.84\Omega$

$$R_{L_{50}} = R_{L_{20}} \cdot (1 + \alpha \Delta t)$$

$$7.84 = R_{L_{20}} (1 + 0.004 \cdot 30)$$

$$R_{L_{20}} = \frac{7.84}{1.12} = 7\Omega$$

$$r + R_l = R_L$$

$$R_l = R_L - r = 7 - 1 = 6\Omega$$

$$R_l = \frac{\rho \cdot l}{A} \Rightarrow l = \frac{R_l \cdot A}{\rho}$$

$$l = \frac{6 \cdot 0.5}{0.018} = 166.66m$$

$$\frac{166.66}{2} = 83.33m$$

התנגדות הצרכן ב- $20^\circ C$:

התנאי להספק מקסימלי:

מרחק הצרכן ממקור המתח:

פתרונות לפרק 2

פתרון שאלה 2

חשב:	נתון:
$R_3 = ?$ א.	ערכי הנגדים נתונים במעגל.
$U_4, U_5 = ?$ ב.	$U_3 = 100V$
$E = ?$ ג.	$P_3 = 5W$
$P_T = ?$ ד.	

$$I_3 = \frac{P_3}{U_3} = \frac{5}{100} = 50mA \quad \text{א. חישוב ערכו של } R_3 :$$

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{100}{50 \cdot 10^{-3}} = 2K\Omega$$

$$\text{ב. חישוב מפל המתח על } R_4 \text{ ועל } R_5 :$$

לפי חוקי כירכהוף, המתח על R_3 שווה למתח הנופל על R_4 ועל R_5 גם יחד ושווה ל $100V$.

$$\text{ההתנגדות השקולה של } R_4 + R_5 :$$

$$R_{4;5} = R_4 + R_5 = 30 + 20 = 50\Omega$$

$$I_{4;5} = \frac{U_3}{R_{4;5}} = \frac{100}{50} = 2A$$

$$\Delta U_4 = I_{4;5} \cdot R_4 = 2 \cdot 30 = 60V \quad \text{מפל מתח על } R_4 :$$

$$\Delta U_5 = I_{4;5} \cdot R_5 = 2 \cdot 20 = 40V \quad \text{מפל מתח על } R_5 :$$

$$\text{ג. חישוב הכא"מ } E :$$

$$I_T = I_3 + I_{4;5} = 50 \cdot 10^{-3} + 2 = 2.05A \quad \text{לפי חוק הזרמים של כירכהוף:}$$

$$R_{3;4;5} = \frac{R_3 \cdot R_{4;5}}{R_3 + R_{4;5}} = \frac{2000 \cdot 50}{2000 + 50} = 48.78\Omega$$

$$R_T = R_{3;4;5} + R_2 + R_1 = 48.78 + 30 + 50 = 128.78\Omega$$

$$E = I_T \cdot R_T = 2.05 \cdot 128.78 = 264V$$

$$P_T = E \cdot I_T = 264 \cdot 2.05 = 541.2W \quad \text{ד. ההספק הכללי שמספק המקור:}$$

פתרון שאלה 3

נתון:

המעגל המתואר באיור.

חשב:

א. $E = ?$

ב. $I_{R_3}, I_{R_4} = ?$

ג. $P_T = ?$

ד. $Q = ?$

$$P = I^2 \cdot R \quad .א$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{P_2}{R_2}} = \sqrt{\frac{64.8}{20}} = 1.8[A]$$

$$U_2 = I_2 \cdot R_2 = 1.8 \cdot 20 = 36[V]$$

$$U_2 = U_{3,4} = 36[V]$$

$$I_{3,4} = \frac{U_{3,4}}{R_3 + R_4} = \frac{36}{13 + 17} = 1.2[A]$$

$$I_T = I_2 + I_{3,4} = 1.2 + 1.8 = 3[A]$$

$$U_1 = I_T \cdot R_1 = 3 \cdot 8 = 24[V]$$

$$E = U_1 + U_2 = 24 + 36 = 60[V]$$

$$E = 60[V]$$

$$I_{3,4} = 1.2[A] \quad .ב$$

$$P_T = E \cdot I_T = 60 \cdot 3 = 180[W] \quad .ג$$

$$Q = I_T \cdot T = 3 \cdot 30 = 90[C] \quad .ד$$

פתרון שאלה 4

חשב:

נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור.

$$E_2 = ?$$

$$I_3 = 0A$$

נפתור את השאלה לפי שיטת תבנית (כדי שלא יזרום דרך R_3)

$$U_{AB} = 0[V]$$

$$U_{AB} = E_1 - I \cdot R_1$$

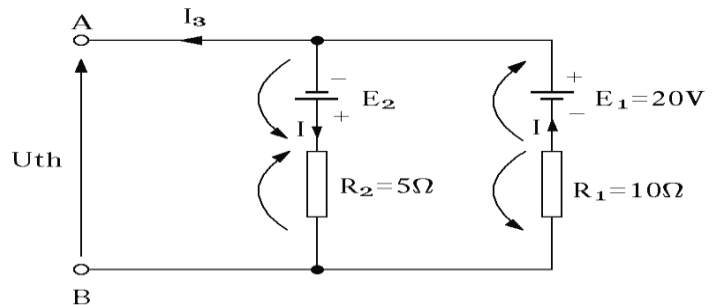
$$0 = 20 - I \cdot 10$$

$$20 = I \cdot 10$$

$$I = 2[A]$$

$$U_{AB} = E_2 - I \cdot R_2 = 0$$

$$E_2 = I \cdot R_2 = 2 \cdot 5 = 10[V]$$



פתרון שאלה 5

חשב:

נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור. $I_5, P_5 = ?$

$$R_T = [(R_5 \parallel R_4) + R_3] \parallel R_2 + R_1$$

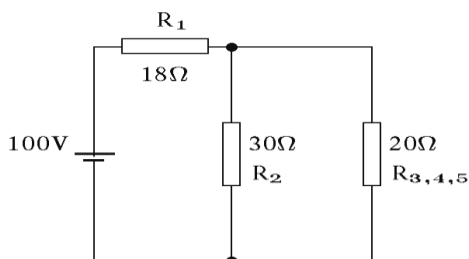
$$R_T = [(20 \parallel 30) + 8] \parallel 30 + 18$$

$$R_T = [(12 + 8) \parallel 30] + 18$$

$$R_T = (20 \parallel 30) + 18$$

$$R_T = 12 + 18 = 30\Omega$$

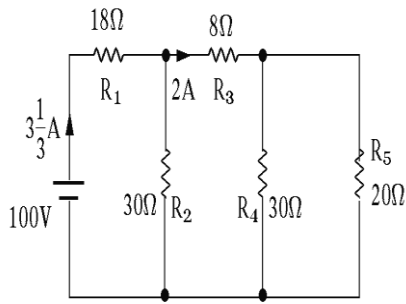
$$I_T = \frac{U}{R_T} = \frac{100}{30} = 3\frac{1}{3}A$$



מתקבל המעגל הזה:

$$I_{3,4,5} = \frac{I_T \cdot R_2}{R_2 + R_{3,4,5}} = \frac{3\frac{1}{3} \cdot 30}{30 + 20} = 2A$$

לפי כלל מחלק הזרם:



חוזרים למעגל המקורי:

$$I_5 = \frac{I_3 \cdot R_4}{R_4 + R_5} = \frac{2 \cdot 30}{30 + 20} = 1.2A$$

$$P_5 = I_5^2 \cdot R_5 = 1.2^2 \cdot 20 = 28.8W$$

פתרון שאלה 6

חשב:

$I_R = ?$ א.	$E = 10V$
$U_{AB} = ?$ ב.	$r = 0.2\Omega$
$I'_R = ?$ ג.	$R = 10\Omega$

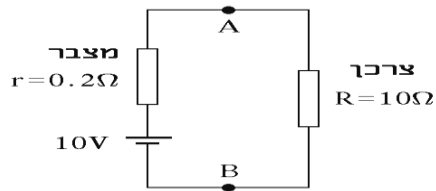
נתון:

$$E = I \cdot (R + r)$$

$$I = \frac{E}{R + r}$$

$$I = \frac{10}{10 + 0.2} = 0.98A$$

$$U = I \cdot R = 0.98 \cdot 10 = 9.8V$$



א.

ב.

ג. מתקבל המעגל הזה:

$$E_T = E + E = 10 + 10 = 20V$$

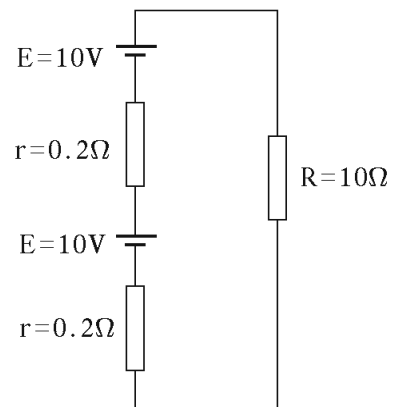
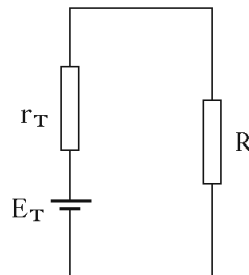
$$r_T = r + r = 0.2 + 0.2 = 0.4\Omega$$

$$r_T = 0.4\Omega$$

$$E_T = I \cdot (R + r_T)$$

$$20 = I(10 + 0.4)$$

$$I = \frac{20}{10 + 0.4} = 1.92A$$



פתרון שאלה 7

נתון: ערכי המעגל נתונים באיור.
 חשב: $R_1, R_2, R_3 = ?$

$$R_3 = \frac{U}{I_3} = \frac{24}{4} = 6\Omega$$

$$R_T = \frac{U}{I_T} = \frac{24}{2} = 12\Omega$$

$$R_T = \frac{U}{I_T} = \frac{24}{22} = 1.09\Omega$$

נוכל עתה להרכיב שתי משוואות בשני נעלמים R_1, R_2 :

$$R_1 + R_2 + R_3 = R_T \quad (1) \quad \text{טורי:}$$

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_T} \quad (2) \quad \text{מקבילי:}$$

$$R_1 + R_2 + 6 = 12 \quad (1)$$

$$R_1 + R_2 = 6$$

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{6} = \frac{1}{1.09} \quad (2)$$

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 0.75$$

$$R_2 + R_1 = 0.75R_1 \cdot R_2$$

$$\frac{R_2 + R_1}{R_1 \cdot R_2} = 0.75$$

$$R_1 + R_2 = 6 \quad (1)$$

$$\frac{R_2 + R_1}{R_1 \cdot R_2} = 0.75 \quad (2)$$

$$R_1 = 6 - R_2 \quad (1)$$

$$\frac{R_2 + 6 - R_2}{(6 - R_2) \cdot R_2} = 0.75 \quad (2)$$

$$\frac{6}{6R_2 - R_2^2} = 0.75$$

$$6 = 4.5R_2 - 0.75R_2^2$$

$$-0.75R_2^2 + 4.5R_2 - 6 = 0$$

$$R_{2,1,2} = \frac{-4.5 \pm \sqrt{20.25 - 4 \cdot (-6) \cdot (-0.75)}}{2 \cdot (-0.75)}$$

$$R_{2,1,2} = \frac{-4.5 \pm 1.5}{-1.5}$$

$$R_{2_1} = 2\Omega \quad ; \quad R_{2_2} = 4\Omega$$

$$R_2 \begin{cases} 2\Omega \\ 4\Omega \end{cases}$$

$$R_1 = R_T - R_3 - R_2$$

$$R_2 = 2\Omega \Rightarrow R_1 = 12 - 6 - 2 = 4\Omega$$

$$R_2 = 4\Omega \Rightarrow R_1 = 12 - 6 - 4 = 2\Omega$$

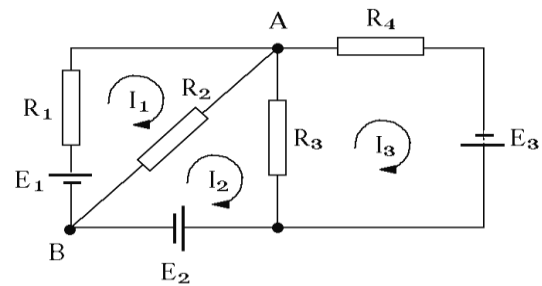
$$R_3 = 6\Omega$$

פתרון שאלה 8

נתון: המעגל המתואר באיור.
חשב: א. $I_1, I_2, I_3 = ?$
 ב. $U_{AB} = ?$

.א.

1. $I_1(R_1 + R_2) - I_2 R_2 = E_1$
2. $-I_1 \cdot R_2 + I_2(R_2 + R_3) - I_3 R_3 = -E_2$
3. $-I_2 R_3 + I_3(R_3 + R_4) = E_3$



1. $3I_1 - 2I_2 = 10$
2. $-2I_1 + 6I_2 - 4I_3 = -8$
3. $-4I_2 + 7I_3 = 5$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 3 & -2 & 0 \\ -2 & 6 & -4 \\ 0 & -4 & 7 \end{vmatrix} = [3 \cdot 6 \cdot 7] - [(-2 \cdot -2 \cdot 7) + (3 \cdot -4 \cdot -4)] = [126] - [28 + 48] = 126 - 76 = 50$$

$$\Delta = 50$$

$$\Delta I_1 = \begin{vmatrix} 10 & -2 & 0 \\ -8 & 6 & -4 \\ 5 & -4 & 7 \end{vmatrix} = [(10 \cdot 6 \cdot 7) + (-2 \cdot -4 \cdot 5)] - [(-2 \cdot -8 \cdot 7) + (10 \cdot -4 \cdot -4)] = [420 + 40] - [112 + 160] = 460 - 272 = 188$$

$$\Delta I_1 = 188$$

$$\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 3 & 10 & 0 \\ -2 & -8 & -4 \\ 0 & 5 & 7 \end{vmatrix} = [(3 \cdot -8 \cdot 7)] - [(10 \cdot -2 \cdot 7) + (3 \cdot -4 \cdot 5)] = [-168] - [-140 + (-60)] = -168 + 200 = 32$$

$$\Delta I_2 = 32$$

$$\Delta I_3 = \begin{vmatrix} 3 & -2 & 10 \\ -2 & 6 & -8 \\ 0 & -4 & 5 \end{vmatrix} = [(3 \cdot 6 \cdot 5) + (10 \cdot -2 \cdot -4)] - [(-2 \cdot -2 \cdot 5) + (3 \cdot -8 \cdot -4)] =$$

$$= [90 + 80] - [20 + 96] = 170 - 116 = 54$$

$$\Delta I_3 = 54$$

$$I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{188}{50} = 3.76A$$

זרמים בכל ענף:

$$I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{32}{50} = 0.64A$$

$$I_3 = \frac{\Delta I_3}{\Delta} = \frac{54}{50} = 1.08A$$

$$U_{AB} = E_{R_2} = I_{R_2} \cdot R_2 = 3.12 \cdot 2 = 6.24V$$

ב. המתח בין הנקודות A ו-B.

$$I_{R_2} = I_1 - I_2 = 3.76 - 0.64 = 3.12A$$

הזרם דרך נגד R_2

פתרון שאלה 9

חשב:	נתון:
$r, E = ?$	$P_1 = 2.7KW$
	$P_2 = 1.84KW$
	$U_1 = 225V$
	$U_2 = 230V$

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{2.7 \cdot 10^3}{225} = 12A$$

נמצא את הזרמים בשני המקרים:

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{1.84 \cdot 10^3}{230} = 8A$$

$$I = \frac{E}{R+r} \Rightarrow E = I \cdot R + I \cdot r$$

לפי חוק אוהם:

$$E = I_1 \cdot R + I_1 \cdot r = 225 + 12 \cdot r$$

נרשום 2 משוואות לכל מקרה:

$$E = I_2 \cdot R + I_2 \cdot r = 230 + 8 \cdot r$$

$$225 + 12r = 230 + 8r$$

נפתור את המשוואות ונמצא את r :

$$4r = 5 \Rightarrow r = \frac{5}{4} = 1.25\Omega$$

$$E = 225 + 12 \cdot 1.25 = 240V$$

הכא"מ של המקור – E:

פתרון שאלה 10

חשב:	נתון:
$r = ?$	$R_1 = 54\Omega$
	$R_2 = 18\Omega$
	$R_3 = 36\Omega$
	$U_{V_1} = 56V$
	$U_{V_2} = 18V$

(1) כאשר המפסק פתוח, הוולט-מטר מציין את הכא"מ של המקור: $U_{V_1} = E = 56V$

(2) כאשר המפסק סגור, הוולט-מטר מציין את מפל המתח על נגד R_3 : $U_{V_2} = U_{R_3} = 18V$

(3) הזרם במעגל יהיה: $I = \frac{U_{R_3}}{R_3}$

$$I = \frac{18}{36} = 0.5A$$

(4) כדי לחשב את ההתנגדות הפנימית של המקור נרשום משוואה לפי חוק קירקהוף (חוק המתחים).

$$E = \Delta U + U_{R_1} + U_{R_2} + U_{R_3}$$

$$\Delta U = I \cdot r$$

$$U_{R_1} = I \cdot R_1$$

$$U_{R_2} = I \cdot R_2$$

$$U_{R_3} = I \cdot R_3$$

$$56 = 0.5 \cdot r + 0.5(54 + 18 + 36)$$

$$56 = 0.5 \cdot r + 54$$

$$2 = 0.5r$$

$$r = \frac{2}{0.5} = 4\Omega$$

ΔU – מפל המתח הפנימי של המקור

r – ההתנגדות הפנימית של המקור

U_{R_1} – מפל המתח על נגד R_1

U_{R_2} – מפל המתח על נגד R_2

U_{R_3} – מפל המתח על נגד R_3

נציב נתונים:

פתרון שאלה 11

חשב:	נתון:
א. $U_{R_1}, U_{R_2}, U_{R_3}, U_{R_4} = ?$	נתוני המעגל מופיעים באיור.
ב. $U_{AB}, U_{AC}, U_{BC} = ?$	
ג. $P_T = ?$	

א. המתח הכללי: $U_T = U_2 - U_1 = 35 - 5 = 30V$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 2 + 4 + 6 + 3 = 15\Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{30}{15} = 2A$$

$$U_{R_1} = 2 \cdot 2 = 4V; U_{R_2} = 2 \cdot 4 = 8V; U_{R_3} = 2 \cdot 6 = 12V; U_{R_4} = 2 \cdot 3 = 6V$$

ב. $U_{BC} = U_2 - U_{R_4} = 29V ; U_{AB} = U_{R_1} + U_{R_3} = 16V ; U_{AC} = U_1 + U_{R_2} = 13V$

ג. ההספק שצורכים הנגדים: $P_{R_T} = I^2 \cdot R_T = 2^2 \cdot 15 = 60W$

ההספק שצורך מקור מתח U_1 : $P_{U_1} = I \cdot U = 2 \cdot 5 = 10W$

סה"כ ההספק הנצרך: $P_T = P_{R_T} + P_{U_1} = 60 + 10 = 70W$

ההספק שמספק מקור המתח U_2 : $P_{U_2} = I \cdot U = 2 \cdot 35 = 70W$

פתרון שאלה 12

חשב:	נתון:
א. $P_1, I_1 = ?$	נתוני המעגל מופיעים באיור.
ב. $P_{u_1} = ?$	
ג. $\begin{cases} I, P = ? \\ R_3 = 10\Omega \end{cases}$	

א. מקור המתח U_1 מחובר ל- R_1 ישירות ולכן זהו המתח על הנגד R_1 . $U_1 = 100V$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{100}{10} = 10A$$

$$P_1 = I_1^2 \cdot R_1 = 10^2 \cdot 10 = 1000W = 1KW$$

$$I_1 = I_2 + I_3 = 10A$$

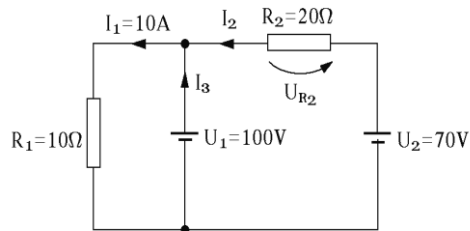
$$U_1 + U_{R_2} - U_2 = 0 \quad \text{עניבה}$$

$$100 + I_2 \cdot R_2 - 70 = 0$$

$$100 + 20I_2 = 70$$

$$20I_2 = -30$$

$$I_2 = -1.5A$$



זרם I_2 האמיתי, זורם בכיוון הפוך.

כיוון שהזרם I_2 זורם הפוך דרך מקור המתח U_2 , אינו מספק הספק למעגל.

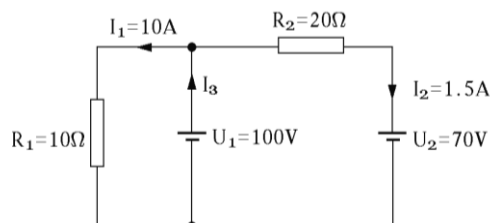
$$I_3 = I_1 + I_2 = 10 + 1.5 = 11.5A$$

$$P_{U_1} = I_3 \cdot U_1 = 11.5 \cdot 100 = 1150W$$

ג. המתח על נגד R_1 יישאר כפי שהיה גם לאחר הוספת R_3 במקביל. זאת מכיוון שמקור מתח U_1 מאלץ 100 וולט. לכן הזרם וההספק על R_1 יישארו כפי שהיו.

$$I_{R_1} = 10A$$

$$P_{R_1} = 1KW$$



פתרון שאלה 13

חשב:	נתון:
א. $I_G = ?$	נתוני המעגל מופיעים באיור.
ב. $R_X = ?$	
ג. $I_1, I_2, I_3, I_X = ?$	
ד. $E = ?$	

א. בגשר וויסטון מאוזן הוצאת הגליונומטר לא תשפיע על המעגל, כיוון שהפוטנציאל בנקודה A שווה לפוטנציאל בנקודה B. לכן, זרם אינו זורם דרך הגליונומטר והוא אינו משפיע על הזרמים במעגל.

$$\frac{R_X}{R_3} = \frac{R_2}{R_1} \quad \text{ב.}$$

$$R_X = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1} = \frac{10 \cdot 26}{2} = 130\Omega$$

$$I_X = I_2 = 1A \quad \text{ג.}$$

$$U_2 = U_1 = I_2 \cdot R_3 = 1 \cdot 26 = 26V$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{26}{2} = 13A$$

$$U_3 = U_X = I_2 \cdot R_X = 1 \cdot 130 = 130V$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{130}{10} = 13A = I_1$$

$$E = U_2 + U_X = 26 + 130 = 156V \quad \text{ד.}$$

פתרון שאלה 14

חשב:	נתון:
א. $R_T = ?$	$U = 60V$
ב. $I_1, I_2, I_3 = ?$	$R_1 = 30\Omega$
ג. $U_1, U_2, U_3 = ?$	$R_2 = 20\Omega$
ד. $P_1, P_2, P_3, P_T = ?$	$R_3 = 8\Omega$

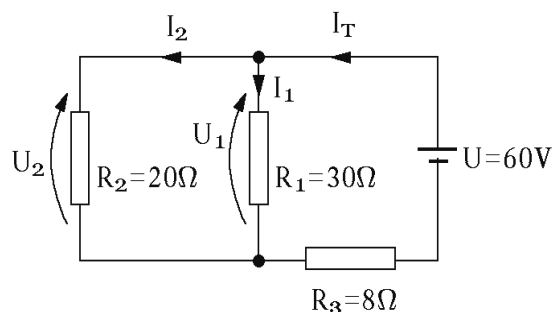
$$R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = 12\Omega \quad \text{א.}$$

$$R_T = R_{1,2} + R_3 = 12 + 8 = 20\Omega$$

$$I_T = \frac{U}{R_T} = \frac{60}{20} = 3A \quad \text{ב.}$$

$$I_1 = \frac{I_T \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \cdot 20}{30 + 20} = 1.2A$$

$$I_2 = I_T - I_1 = 3 - 1.2 = 1.8A$$



$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 1.2 \cdot 30 = 36V \quad .ג$$

$$U_2 = I_2 \cdot R_2 = 1.8 \cdot 20 = 36V$$

$$U_3 = I_3 \cdot R_3 = 3 \cdot 8 = 24V$$

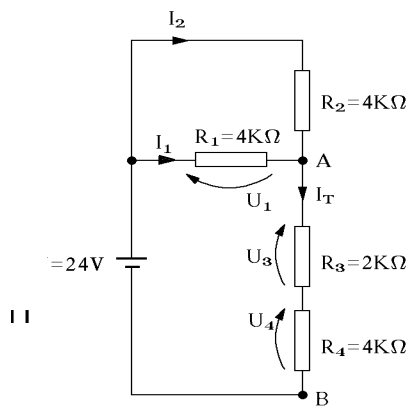
$$P_1 = I_1^2 \cdot R_1 = 1.2^2 \cdot 30 = 43.2W \quad .ד$$

$$P_2 = I_2^2 \cdot R_2 = 1.8^2 \cdot 20 = 64.8W$$

$$P_3 = I_3^2 \cdot R_3 = 3^2 \cdot 8 = 72W$$

$$P_T = U \cdot I_T = 60 \cdot 3 = 180W$$

פתרון שאלה 15



נתון: $U_{AB} = ?$ א.
 חשב: $P_T = ?$ ב.
 נתוני המעגל מופיעים באיור.

$$R_T = R_1 \parallel R_2 + R_3 + R_4 = \frac{4 \cdot 4}{4 + 4} + 2 + 4 = 8K\Omega \quad .א$$

$$I_T = \frac{U}{R_T} = \frac{24}{8K\Omega} = 3mA$$

$$U_{AB} = I_T \cdot (R_3 + R_4) = 3 \cdot 10^{-3} \cdot (2 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^3) = 18V$$

$$P_T = U \cdot I_T = 24 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0.072W \quad .ב \quad \text{ההספק שנמסר למעגל:}$$

פתרון שאלה 16

חשב:

- א. $I_1 = ?$
- ב. $P_{E_1} = ?$
- ג. $P_{R_2} = ?$

נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור.

$$I_1 = \frac{E_1}{R_1} = \frac{20}{10} = 2A$$

$$E_1 + E_2 - I_2 \cdot R_2 = 0$$

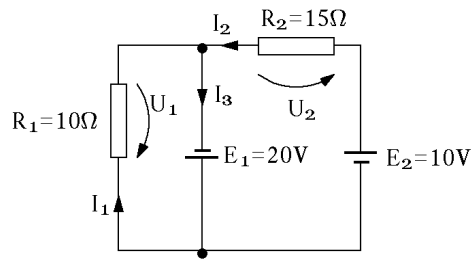
$$I_2 \cdot R_2 = E_1 + E_2$$

$$I_2 = \frac{E_1 + E_2}{R_2} = \frac{20 + 10}{15} = 2A$$

$$I_3 = I_2 + I_1 = 2 + 2 = 4A$$

$$P_{E_1} = I_3 \cdot E_1 = 20 \cdot 4 = 80W$$

$$P_{R_2} = I_2^2 \cdot R_2 = 2^2 \cdot 15 = 60W$$



א.

ב.

ג.

פתרון שאלה 17

חשב:

$$U = ?$$

נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור.

$$U_{R_3} = 180$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{180}{90K\Omega} = 2mA$$

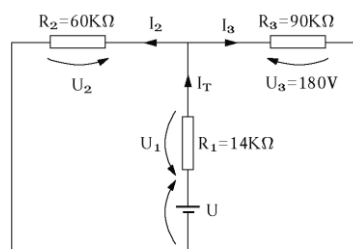
$$U_3 = U_2 = 180V$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{180}{60K\Omega} = 3mA$$

$$I_T = I_1 + I_2 = 3 + 2 = 5mA$$

$$U_1 = I_T \cdot R_1 = 14 \cdot 5 = 70V$$

$$U = +U_1 + U_2 = +70 + 180 = 250V$$



פתרון שאלה 18

נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור.

חשב:

א. $I_1, I_2, I_3 = ?$

ב. אילו מקורות מספקים אנרגיה ואילו צורכים אנרגיה?

א. (1) נבחר בשיטת העניבות:

$$\begin{cases} 1: E_2 + R_2 i_2 - i_1(R_2 + R_1) - E_1 = 0 \\ 2: E_3 - i_2(R_3 + R_2) + R_2 i_1 - E_2 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1: -i_1(R_1 + R_2) + R_2 i_2 = E_1 - E_2 \\ 2: R_2 \cdot i_1 - i_2(R_2 + R_3) = E_2 - E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1: -12i_1 + 2i_2 = 5 \\ 2: 2i_1 - 7i_2 = 5 \end{cases} \quad i_2 = \frac{5 + 12i_1}{2}$$

$$2i_1 - 7 \cdot \frac{5 + 12i_1}{2} = 5$$

$$4i_1 - 35 - 84i_1 = 10$$

$$-80i_1 = 45$$

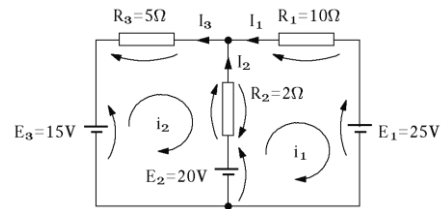
$$i_1 = -0.5625A$$

$$i_2 = \frac{5 + 12(-0.5625)}{2} = -0.875A$$

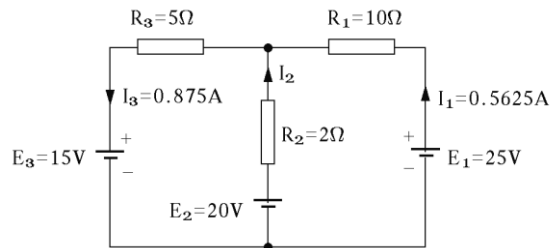
$$I_3 = -i_2 = 0.875A$$

$$I_1 = -i_1 = 0.5625A$$

$$I_2 = I_3 - I_1 = 0.3125A$$



(2) מעגל הזרמים האמיתיים:



ב. E_1 ו- E_2 מספקים הספק למעגל.

E_3 צורך הספק מהמעגל.

פתרון שאלה 19

	חשב:	
$I_{12}, I_8, I_4, I_6, I_{20}, I_{10\Omega}$		נתון: נתוני המעגל מופיעים באיור.

גשר וויטסטון נמצא באיזון כי מתקיים התנאי: $20 \cdot 4 = 8 \cdot 10$

ואז $I_{4\Omega} = I_{10\Omega}$ ו- $I_{20\Omega} = I_{8\Omega}, I_{6\Omega} = 0$

כתוצאה מזה נכתוב את המשוואות הסטנדרטיות בשביל שני החוגים, כמסומן באיור, כאשר:

$R_{11} \cdot I_1 - R_{12} \cdot I_2 = \Sigma E_1$	$R_{11} = 40\Omega$	$R_{12} = 28\Omega$	$\Sigma E_1 = 24V$
$-R_{21} \cdot I_1 + R_{22} \cdot I_2 = \Sigma E_2$	$R_{21} = 28\Omega$	$R_{22} = 42\Omega$	$\Sigma E_2 = 0$
$40I_1 - 28I_2 = 24$			
$-28 \cdot I_1 + 42I_2 = 0$			
$I_2 = \frac{40I_1 - 24}{28}$			

נציב את הביטוי של " I_2 " במשוואה השנייה ונקבל:

$$-28I_1 + \frac{42}{28}(40I_1 - 24) = 0$$

$$-28I_1 + 60I_1 - 36 = 0$$

$$32 \cdot I_1 = 36$$

$$I_1 = \frac{36}{32} = 1.125A = I_{12\Omega}$$

$$I_2 = \frac{40I_1 - 24}{28} = \frac{40 \cdot 1.125 - 24}{28} = 0.75A$$

$$I_{8\Omega} = I_1 - I_2 = 1.125 - 0.75 = 0.375A = I_{20\Omega}$$

$$I_{4\Omega} = I_2 = I_{10\Omega} = 0.75$$

פתרון שאלה 20

	חשב:	
$I_{R_3} = ?$		נתון: נתוני המעגל רשומים באיור.

נשתמש בשיטת "הצורה הסטנדרטית של זרמי החוגים":

$R_{11} \cdot I_1 - R_{12} \cdot I_2 - R_{13} \cdot I_3 = \Sigma E_1$	$R_{11} = 12\Omega$	$R_{12} = 4\Omega$	$R_{13} = 3\Omega$	$\Sigma E_1 = -10V$
$-R_{21} \cdot I_1 + R_{22} \cdot I_2 - R_{23} \cdot I_3 = \Sigma E_2$	$R_{21} = 4\Omega$	$R_{22} = 14\Omega$	$R_{23} = 6\Omega$	$\Sigma E_2 = 8V$
$-R_{31} \cdot I_1 - R_{32} \cdot I_2 + R_{33} \cdot I_3 = \Sigma E_3$	$R_{31} = 3\Omega$	$R_{32} = 6\Omega$	$R_{33} = 15\Omega$	$\Sigma E_3 = -5V$
$12I_1 - 4I_2 - 3I_3 = -10$				
$-4I_1 + 14I_2 - 6I_3 = 8$				
$-3I_1 - 6I_2 + 15I_3 = -5$				

$$D = \begin{bmatrix} 12 & -4 & -3 \\ -4 & 14 & -6 \\ -3 & -6 & 15 \end{bmatrix} = 12 \cdot 14 \cdot 15 + (-4)(-6)(-3) + (-3)(-4)(-6) - [(-3)14(-3)] - [12(-6)(-6)] - [(-4)(-4)15] = 2520 - 72 - 72 - 126 - 432 - 240 = 1578$$

$$D_1 = \begin{bmatrix} -10 & -4 & -3 \\ 8 & 14 & -6 \\ -5 & -6 & 15 \end{bmatrix} = (-10) \cdot 14 \cdot 15 + 8 \cdot (-6) \cdot (-3) + (-5) \cdot (-4) \cdot (-6) - [(-5) \cdot 14 \cdot (-3)] - [(-10) \cdot (-6) \cdot (-6)] - [(8 \cdot (-4)) \cdot 15] = -2100 + 144 - 120 - 210 + 360 + 480 = -1446$$

$$I_1 = \frac{D_1}{D} = \frac{-1446}{1578} = -0.916A$$

$$D_3 = \begin{bmatrix} 12 & -4 & -10 \\ -4 & 14 & 8 \\ -3 & -6 & -5 \end{bmatrix} = 12 \cdot 14 \cdot (-5) + (-4) \cdot (-6) \cdot (-10) + (-3) \cdot (-4) \cdot 8 - [(-3) \cdot 14 \cdot (-10)] - [12(-6)8] - [(-4) \cdot (-4) \cdot (-5)] = -840 - 240 + 96 - 420 + 576 + 80 = -748$$

$$I_3 = \frac{D_3}{D} = \frac{-748}{1578} = -0.474A$$

$$IR_3 = I_1 - I_3 = -0.916 - (-0.474) = -0.916 + 0.474 = -0.442A$$

פתרון שאלה 21

חשב: $P_{R_3} = ?$	נתון: נתוני המעגל רשומים באיור.
------------------------------	---

נשתמש בשיטת "הצורה הסטנדרטית של זרמי החוגים":

$$\begin{cases} R_{11} \cdot I_1 - R_{12} \cdot I_2 - I_{13} \cdot I_3 = \Sigma E_1 & R_{11} = 5\Omega ; R_{12} = 4\Omega ; R_{13} = 0\Omega ; \Sigma E_1 = 30V \\ -R_{21} \cdot I_1 + R_{22} \cdot I_2 - R_{23} \cdot I_3 = \Sigma E_2 & R_{21} = 4\Omega ; R_{22} = 13.6\Omega ; R_{23} = 8\Omega ; \Sigma E_2 = 0V \\ -R_{31} \cdot I_1 - R_{32} \cdot I_2 + R_{33} \cdot I_3 = \Sigma E_3 & R_{31} = 0\Omega ; R_{32} = 8\Omega ; R_{33} = 10\Omega ; \Sigma E_3 = -36V \end{cases}$$

1. $5I_1 - 4I_2 = 30$
2. $-4I_1 + 13.6I_2 - 8I_3 = 0$
3. $-8I_2 + 10I_3 = -36$

4. $I_3 = \frac{-36 + 8I_2}{10} = -3.6 + 0.8I_2$

$$\begin{cases} 5I_1 - 4I_2 = 30 \\ -4I_1 + 13.6I_2 - 8(-3.6 + 0.8I_2) = 0 \end{cases} \quad \text{נציב את ביטוי (4) בביטויים (1) ו-(2) ונקבל:}$$

$$\begin{cases} 5I_1 - 4I_2 = 30 \\ -4I_1 + 13.6I_2 + 28.8 - 6.4 \cdot I_2 = 0 \end{cases}$$

4. $\begin{cases} 5I_1 - 4I_2 = 30 \\ -4I_1 + 7.2I_2 = -28.8 \end{cases}$

5. $\begin{cases} 20I_1 - 16I_2 = 120 \\ -20I_1 + 36I_2 = -144 \end{cases}$

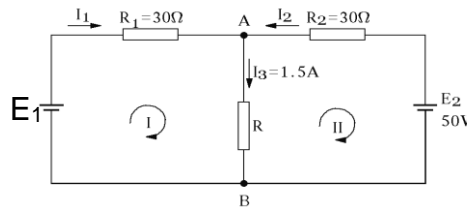
$$\hline 20I_2 = -24$$

$$I_2 = \frac{-24}{20} = -1.2A$$

$$P_{R_3} = R_3 \cdot I_2^2 = 1.6 \cdot 1.2^2 = 2.304W$$

פתרון שאלה 22

נתון: נתוני המעגל רשומים באיור.
חשב: $R = ?$
 $I = 1.5A$
 נשתמש בשיטת זרמי הענפים.



נכתוב את חוקי כירכהוף:

$$(A) \quad \begin{cases} I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R = E_1 \\ I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R = E_2 \end{cases}$$

$$(I) \quad \begin{cases} I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R = E_1 \\ I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R = E_2 \end{cases}$$

$$(II) \quad \begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 = 1.5 \\ 30I_1 + 1.5R = 20 \\ 30I_2 + 1.5R = 50 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 = 1.5 - I_1 \\ 30I_1 + 1.5R = 20 \\ 30(1.5 - I_1) + 1.5R = 50 \end{cases}$$

$$30I_1 + 1.5R = 20$$

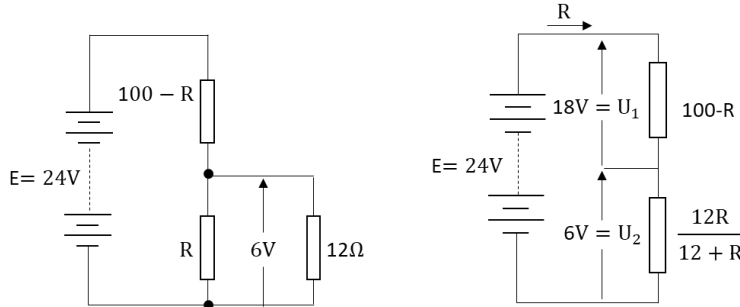
$$-30I_1 + 1.5R = 5$$

$$3 \cdot R = 25$$

$$R = \frac{25}{3} = 8.33\Omega$$

פתרון שאלה 23

נתון: הנתונים רשומים באיור.
 חשב: $R = ?$



מהנתונים הנומינליים של הנורית ניתן למצוא את התנגדותה:

$$R_n = \frac{U_n^2}{P_n} = \frac{6^2}{3} = \frac{36}{3} = 12\Omega$$

$$I = \frac{E}{100 - R + \frac{12R}{12 + R}} = \frac{U_1}{100 - R} = \frac{U_2}{\frac{12 \cdot R}{12 + R}}$$

$$\frac{18}{100 - R} = \frac{6(12 + R)}{12 \cdot R}$$

$$18 \cdot 12R = 6(12 + R) \cdot (100 - R) = (72 + 6R)(100 - R)$$

$$216R = 7200 - 72R + 600R - 6R^2$$

$$6 \cdot R^2 - 312 \cdot R - 7200 = 0$$

$$R^2 - 52R - 1200 = 0$$

$$R_{1,2} = \frac{52 \pm \sqrt{52^2 + 4 \cdot 1200}}{2} = \frac{52 \pm \sqrt{2704 + 4800}}{2} = \frac{52 \pm \sqrt{7504}}{2} = \frac{52 \pm 86.63}{2}$$

$$R_1 = 69.3\Omega$$

$$R_2 = -17.3$$

פתרון שאלה 24

חשב:	נתון:
$R_1; R_2 = ?$	$R_V = 30000\Omega = 30K\Omega$
	$U_1 = 48V$
	$U_2 = 48V$

$$U_1 = U_2 = 48V \Rightarrow R_1 = R_2 = R$$

$$I = \frac{120}{\frac{30000R_1}{30000 + R_1} + R_2} = \frac{48}{\frac{30000R_1}{30000 + R_1}} = \frac{120 - 48}{R_2}$$

$$\frac{48}{30000R} = \frac{72}{R}$$

$$\frac{48(30000 + R)}{30000R} = \frac{72}{R}$$

$$\frac{1440000 + 48R}{30000R} = \frac{72}{R}$$

$$\frac{1440000 + 48R}{30000R} = \frac{72}{R}$$

$$48R^2 + 1440000R = 2160000R$$

$$48R^2 - 720000R = 0$$

$$R^2 - 15000R = 0$$

$$R(R - 15000) = 0$$

$$1) \quad R = 0$$

$$2) \quad R = 15000\Omega = 15K\Omega = R_1 = R_2$$

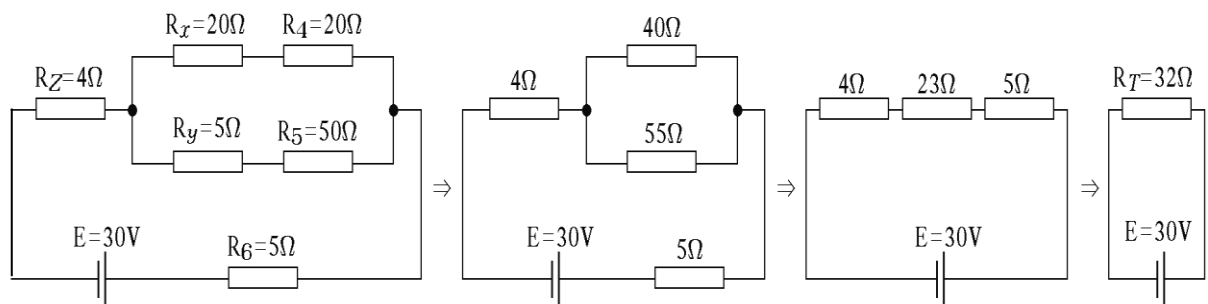
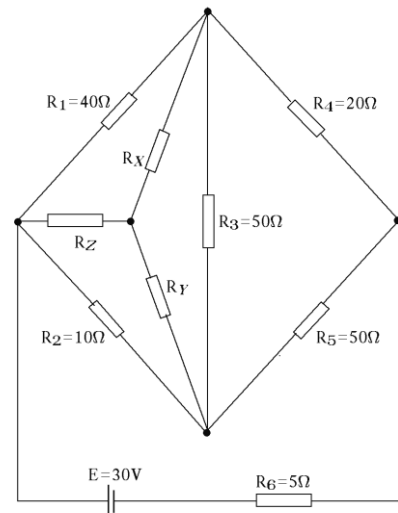
פתרון שאלה 25

א.נהפוך את המשולש השמאלי במעגל לכוכב:

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{40 \cdot 50}{40 + 10 + 50} = 20\Omega$$

$$R_y = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{10 \cdot 50}{100} = 5\Omega$$

$$R_z = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{40 \cdot 10}{100} = 4\Omega$$



$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{30}{32} = 0.9375A = 937.5mA$$

ב.

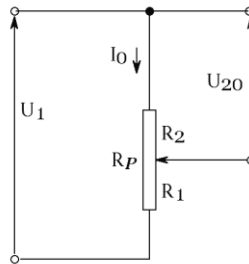
פתרון שאלה 26

נתון:	חשב:
$R_p = 100\Omega$	$R = ?$
$U_1 = 120V$	
$U_{20} = 90V$	
$U_2 = 60V$	

מצב ללא עומס (איור א):

$$I_0 = \frac{U_1}{R_p} = \frac{120}{100} = 1.2A$$

$$R_2 = \frac{U_{20}}{I_0} = \frac{90}{1.2} = 75\Omega$$



א

מצב בעומס (איור ב):

$$I = \frac{U_1 - U_2}{R_1} = \frac{U_2}{\frac{R_2 \cdot R}{R_2 + R}}$$

$$\frac{60}{R_1} = \frac{60}{\frac{R_2 \cdot R}{R_2 + R}}$$

$$\frac{60}{25} = \frac{60}{\frac{75 \cdot R}{75 + R}}$$

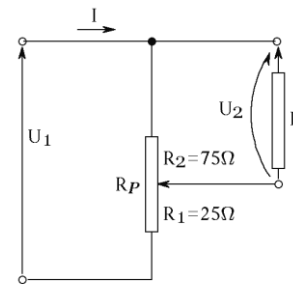
$$\frac{60}{25} = \frac{60(75 + R)}{75R} = 2.4$$

$$60(75 + R) = 2.4 \cdot 75 \cdot R$$

$$4500 + 60R = 180R$$

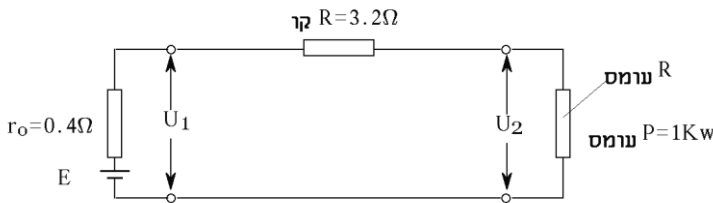
$$4500 = 180R - 60R = 120R$$

$$R = \frac{4500}{120} = 37.5\Omega$$



ב

פתרון שאלה 27



חשב:	נתון:
א. התנגדות פנימית ? =	מקור מתח DC:
ב. $U_0 = E = ?$	$I_1 = 400mA$
	$U_1 = 400V$
	$I_2 = 410mA$
	$U_2 = 398V$

$$E = U_1 + I_1 \cdot r \quad \text{א.}$$

$$E = U_2 + I_2 \cdot r$$

$$U_1 + I_1 \cdot r = U_2 + I_2 \cdot r$$

$$I_2 \cdot r - I_1 \cdot r = U_1 - U_2$$

$$r(I_2 - I_1) = U_1 - U_2$$

$$r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} = \frac{400 - 398}{0.41 - 0.4} = \frac{2}{0.01} = 200\Omega$$

$$E = U_1 + I_1 \cdot r = 400 + 0.4 \cdot 200 = 480V \quad \text{ב.}$$

פתרון שאלה 28

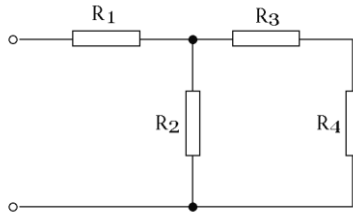
חשב:	נתון:
א. $U_1 = ?$	$P = 1KW$ (עומס)
ב. $E = ?$	$U_2 = 220V$
	$r_0 = 0.4\Omega$
	$R = 3.2\Omega$ (קו)

$$P = \frac{U_2^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U_2^2}{P} = \frac{220^2}{1000} = 48.4\Omega \quad \text{א.}$$

$$I = \frac{U_2}{R} = \frac{220}{48.4} = 4.545A$$

$$U_1 = U_2 + r_0 R \cdot I = 220 + 3.2 \cdot 4.545 = 234.54V$$

$$E = U_1 + r_0 I = 234.54 + 0.4 \cdot 4.545 = 236.36V \quad \text{ב.}$$



פתרון שאלה 29

נתון: $R_1 = R_2 = R_3 = 1\Omega$ | חשב: $R_4 = R_T = ?$

התנגדות R_2 מחוברת במקביל ל- R_{34} :

$$R_{34} = R_3 + R_4$$

$$R_{234} = \frac{R_2 \cdot R_{34}}{R_2 + R_{34}} = \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}$$

$$R_T = R_1 + \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}$$

$$R_4 = R_1 + \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4} = 1 + \frac{1(1 + R_4)}{1 + 1 + R_4} = 1 + \frac{1 + R_4}{2 + R_4}$$

אבל: $R_4 = R_T$

$$R_4 = \frac{2 + R_4 + 1 + R_4}{2 + R_4} = \frac{2R_4 + 3}{2 + R_4}$$

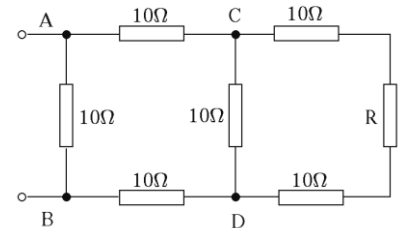
$$2R_4 + R_4^2 = 3 + 2R_4$$

$$R_4^2 = 3$$

$$R_4 = \sqrt{3} = 1.732\Omega$$

פתרון שאלה 30

נתון: הנתונים רשומים באיור. | חשב: $R_T = R = ?$



$$R_{CD} = \frac{10(20 + R)}{10 + 20 + R} = \frac{10(20 + R)}{30 + R}$$

$$R_T = R = R_{AB} = \frac{10(20 + R_{CD})}{10 + 20 + R_{CD}} = \frac{10\left(20 + \frac{200 + 10R}{30 + R}\right)}{30 + \frac{200 + 10R}{30 + R}} = R =$$

$$= \frac{10\left(\frac{600 + 20R + 200 + 10R}{30 + R}\right)}{\frac{900 + 30R + 200 + 10R}{30 + R}} = \frac{10(800 + 30R)}{1100 + 40R} = \frac{8000 + 300R}{1100 + 40R}$$

$$1100R + 40R^2 = 8000 + 300R$$

$$40R^2 + 800R - 8000 = 0$$

$$R^2 + 20R - 200 = 0$$

$$R_{1,2} = \frac{-20 \pm \sqrt{20^2 + 800}}{2} = \begin{cases} \frac{-20 + 34.64}{2} = 7.32\Omega \\ \frac{-20 - 34.64}{2} = -27.32\Omega \end{cases}$$

פתרון שאלה 31

חשב:

$$R_1 = ?$$

נתון:

הנתונים רשומים

באיור

$$R_1 = R_T$$

$$R_{34} = \frac{4}{2} = 2\Omega$$

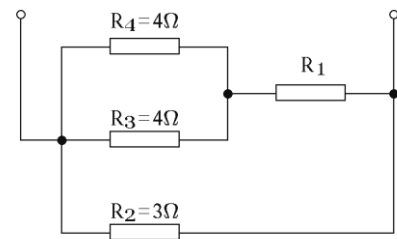
$$R_{134} = 2 + R_1$$

$$R_T = R_1 = \frac{3(2 + R_1)}{3 + 2 + R_1} = \frac{3(2 + R_1)}{5 + R_1}$$

$$5R_1 + R_1^2 = 6 + 3R_1$$

$$R_1^2 + 2R_1 - 6 = 0$$

$$R_1 = \frac{-2 \pm \sqrt{2^2 + 24}}{2} = \frac{-2 \pm \sqrt{28}}{2} = \begin{cases} 1.645\Omega \\ -3.645\Omega \end{cases}$$



פתרון שאלה 32

נתון:

חשב:

$$\Delta U_{\gamma} = ? \quad E = 250V$$

$$U_{צרכן} = ? \quad r = 0.5\Omega$$

$$l = 2 \cdot 196m = 392m$$

$$\rho_{Al} = \frac{1}{35} \left(\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right)$$

$$A = 16mm^2$$

$$R_{צרכן} = 23.8\Omega$$

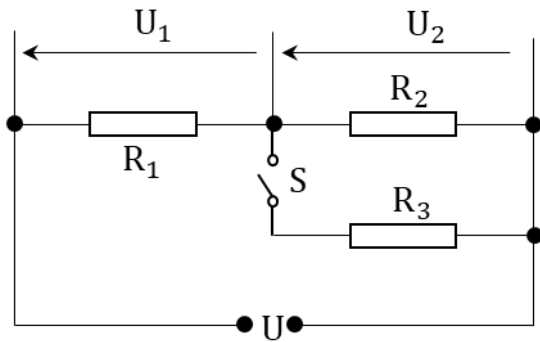
$$R_{\gamma} = \frac{\rho l}{A} = \frac{1}{35} \cdot \frac{392}{16} = 0.7\Omega$$

$$R_T = r + R_{\gamma} + R_{צרכן} = 0.5 + 0.7 + 23.8 = 25\Omega$$

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{250}{25} = 10A$$

$$\Delta U_{\gamma} = I \cdot R_{\gamma} = 10 \cdot 0.7 = 7V$$

$$U = I \cdot R = 10 \cdot 23.8 = 238V$$



חשב:

א. $R_1, R_2 = ?$

ב. $R_3 = ?$

מפסק סגור $\begin{cases} \frac{U_1}{U_2} = 1 \end{cases}$

פתרון שאלה 33
נתון:

$$U = 220V$$

$$\begin{cases} I_1 = 1.6A \\ \frac{U_1}{U_2} = \frac{44}{61} \end{cases} \text{ מפסק פתוח}$$

.א.

$$U = U_1 + U_2$$

$$U = \frac{44}{61} \cdot U_2 + U_2 = 220$$

נציב $U_1 = \frac{44}{61} \cdot U_2$ ונקבל:

$$U_2(0.72 + 1) = 220$$

$$U_2 = \frac{220}{1.72} = 127.9V$$

$$U_1 = U - U_2 = 220 - 127.9 = 92.1V$$

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{92.1}{1.6} = 57.56\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{127.9}{1.6} = 79.94\Omega$$

$$U_1 = \frac{U}{2} = 110V$$

ב. כאשר יחס המתחים הוא $\frac{U_1}{U_2} = 1$ יהיו המתחים:

$$U_2 = \frac{U}{2} = 110V$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{110}{57.56} = 1.91A$$

הזרם העובר דרך R_1 :

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{110}{79.94} = 1.376A$$

הזרם העובר דרך R_2 :

$$I_3 = I_1 - I_2 = 0.534A$$

דרך R_3 עובר הפרש הזרמים:

$$R_3 = \frac{U_2}{I_3} = \frac{110}{0.534} = 206\Omega$$

פתרון שאלה 34

נתון:

$$R_1 = R_2 = 150\Omega$$

כאשר R_3 מחובר במקביל ל- R_1 , יהיה
על פני נגד R_2 מתח של $1.2 \cdot U_{R_1}$

חשב:

א. $R_3 = ?$

ב. $\begin{cases} P_{R_2} = ? \\ I_3 = 2A \end{cases}$

לפי האיור, נוכל לרשום כי הזרם העובר דרך R_2 שווה לזרם העובר בחיבור המקבילי של שני הנגדים

$$R_1 \text{ ו- } R_3:$$

א.

$$I = \frac{1.2U}{R_2} = \frac{U}{\frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3}}$$

$$1.2 \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} = R_2$$

נחלץ את R_3 :

$$1.2R_1 \cdot R_3 = R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3$$

$$R_3(1.2R_1 - R_2) = R_1 \cdot R_2$$

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{1.2R_1 - R_2} = \frac{150 \cdot 150}{1.2 \cdot 150 - 150} = \frac{22500}{30} = 750\Omega$$

$$U = I_3 \cdot R_3 = 2 \cdot 750 = 1500V$$

ב.

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{1500}{150} = 10A$$

$$I_2 = I_1 + I_3 = 10 + 2 = 12A$$

$$P_{R_2} = I_2^2 \cdot R_2 = 12^2 \cdot 150 = 21600W = 21.6KW$$

פתרון שאלה 35

נתון:

כאשר שני הנגדים בטור:

כאשר הנגדים במקביל למקור מתח:

זרם כולל שווה: $I' = 10A$

חשב:

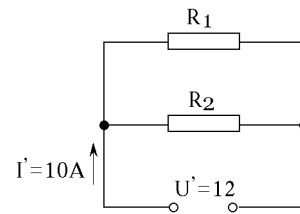
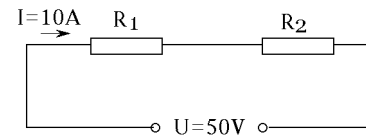
$R_1, R_2 = ?$ $U = 50V$

$I = 10A$

$U' = 12V$

טורי $R_T = R_1 + R_2 = \frac{U}{I} = \frac{50}{10} = 5\Omega$

מקבילי $R_T' = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{U'}{I'} = \frac{12}{10} = 1.2\Omega$



$R_1 = 5 - R_2$

$(5 - R_2) \cdot R_2 = 6$

$5R_2 - R_2^2 = 6$

$R_2^2 - 5R_2 + 6 = 0$

$R_2 = \frac{5 \pm \sqrt{5^2 - 4 \cdot 6}}{2} = \begin{cases} 3\Omega \\ 2\Omega \end{cases}$

$R_1 = 5 - R_2 = \begin{cases} 5 - 3 = 2\Omega \\ 5 - 2 = 3\Omega \end{cases}$

פתרון שאלה 36

נתון:

חשב:

- נתוני המעגל מופיעים באיור.
- א. $R_T = ?$
- ב. $U_{AB} = ?$

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = 12\Omega$$

.א

$$R_{234} = R_4 + R_{23} = 8 + 12 = 20\Omega$$

$$R_{2345} = \frac{R_5 \cdot R_{234}}{R_5 + R_{234}} = \frac{5 \cdot 20}{5 + 20} = 4\Omega$$

$$R_T = R_1 + R_{2345} + R_6 = 10 + 4 + 6 = 20\Omega$$

$$I = \frac{U}{R_T} = \frac{120}{20} = 6A$$

.ב

$$U_{AB} = U - I(R_1 + R_6) = 120 - 6(10 + 6) = 24V$$

פתרון שאלה 37

נתון:

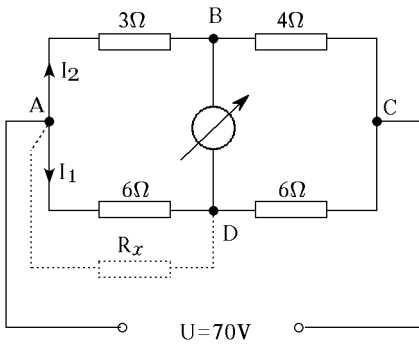
חשב:

א. נתוני המעגל מופיעים באיור.

$$\begin{cases} U_{BD} = ? \\ R_V = \infty \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_X = ? \\ U'_{BD} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I'_{AB} = ? \\ R_X \text{ קיים} \\ U'_{BD} = 0 \end{cases}$$



א.

$$U_{BD} = U_B - U_D$$

$$U_B = U - 3 \cdot I_2 = 70 - \frac{3 \cdot 70}{3+4} = 40V$$

$$U_D = U - 6 \cdot I_1 = 70 - 6 \cdot \frac{70}{6+6} = 35V$$

$$U_{BD} = U_B - U_D = 40 - 35 = 5V$$

$$R_1 \cdot R_4 = R_2(R_3 || R_X)$$

ב. כדי ש- $U'_{BD} = 0$ צריך להתקיים התנאי

$$R_3 || R_X = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_2} = \frac{3 \cdot 6}{4} = 4.5\Omega$$

$$\frac{6R_X}{6 + R_X} = 4.5$$

ומכאן

נחלץ את R_X :

$$4.5(6 + R_X) = 6R_X$$

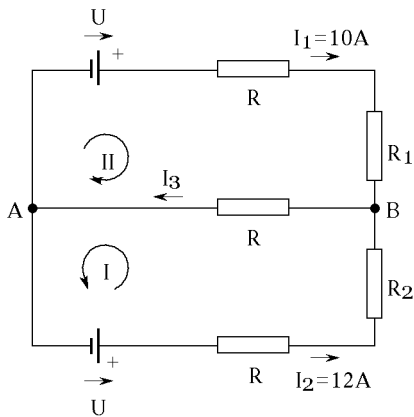
$$27 + 4.5R_X = 6R_X$$

$$1.5R_X = 27$$

$$R_X = \frac{27}{1.5} = 18\Omega$$

$$I'_{AB} = \frac{U}{3+4} = \frac{70}{7} = 10A$$

ג. כאשר: $U'_{BD} = 0$



פתרון שאלה 38
נתון:

חשב:

א. $R_1, R_2 = ?$ $U = 120V$
 ב. $U_{R_1}, U_{R_2} = ?$ $R = 0.5\Omega$

כיווני הזרמים נתונים באיור:

$$\begin{cases} I_1 = 10A \\ I_2 = 12A \end{cases}$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = 10 + 12 = 22A$$

.א

$$U_{AB} = I_3 \cdot R = 22 \cdot 0.5 = 11V$$

(I) $U = I_2 \cdot R + I_2 \cdot R_2 + U_{AB}$

(II) $U = I_1 \cdot R + I_1 \cdot R_1 + U_{AB}$

משוואת המתחים בשתי העניבות:

$$R_2 = \frac{U - U_{AB} - I_2 \cdot R}{I_2} = \frac{120 - 11 - 12 \cdot 0.5}{12} = 8.583\Omega$$

$$R_1 = \frac{U - U_{AB} - I_1 \cdot R}{I_1} = \frac{120 - 11 - 10 \cdot 0.5}{10} = 10.4\Omega$$

$$U_{R_2} = R_2 \cdot I_2 = 8.583 \cdot 12 = 103V$$

.ב

$$U_{R_1} = R_1 \cdot I_1 = 10.4 \cdot 10 = 104V$$

פתרון שאלה 39

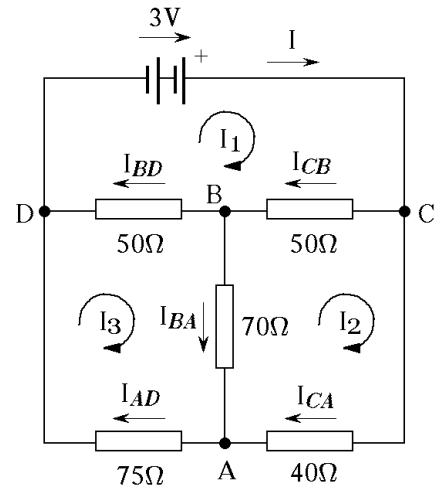
נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור.

לפי שיטת זרמי עניבות:

חשב:

$$I, I_{BD}, I_{CB}, I_{BA}, I_{AD}, I_{CA} = ?$$



$$\begin{cases} 3 = (I_1 - I_2)50 + (I_1 - I_3) \cdot 50 \\ 0 = I_2 \cdot 40 + (I_2 - I_3) \cdot 70 + (I_2 - I_1) \cdot 50 \\ 0 = I_3 \cdot 75 + (I_3 - I_1) \cdot 50 + (I_3 - I_2) \cdot 70 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3 = 100I_1 - 50I_2 - 50I_3 \\ 0 = -50I_1 + 160I_2 - 70I_3 \\ 0 = -50I_1 - 70I_2 + 195I_3 \end{cases}$$

$$I_3 = \frac{-50I_1 + 160I_2}{70}$$

$$\begin{cases} 3 = 100I_1 - 50I_2 - \frac{50}{70}(-50I_1 + 160I_2) \\ 0 = -50I_1 - 70I_2 + \frac{195}{70}(-50I_1 + 160I_2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3 = 100I_1 - 50 \cdot I_2 + 35.714 \cdot I_1 - 114.284 \cdot I_2 \\ 0 = -50I_1 - 70I_2 - 139.285I_1 + 445.714I_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3 = 135.714I_1 - 164.284I_2 \\ 0 = -189.285I_1 + 375.714I_2 \end{cases}$$

$$6.86 = 310.378 \cdot I_1 - 375.714 \cdot I_2$$

$$0 = -189.285 \cdot I_1 + 375.714 \cdot I_2$$

$$6.86 = 121.09 \cdot I_1$$

$$I = I_1 = \frac{6.86}{121.09} = 0.05665A = 56.65mA$$

$$I_{CA} = I_2 = \frac{189.285 \cdot I_1}{375.714} = \frac{189.285 \cdot 0.05665}{375.714} = 0.02854A = 28.54mA$$

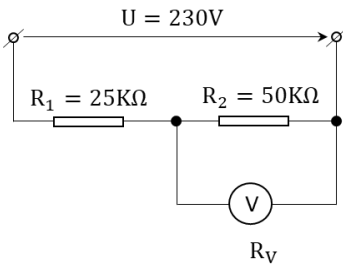
$$I_{AD} = I_3 = \frac{-50I_1 + 160 \cdot I_2}{70} = \frac{-50 \cdot 0.05665 + 160 \cdot 0.02854}{70} = 0.02477A = 24.77mA$$

$$I_{BD} = I_1 - I_3 = 56.65 - 24.77 = 31.88mA$$

$$I_{CB} = I_1 - I_2 = 56.65 - 28.54 = 28.11mA$$

$$I_{BA} = I_3 - I_2 = 24.77 - 28.54 = -3.77mA$$

פתרון שאלה 40



חשב:

- א. $R_V = ?$
- ב. $\begin{cases} U'_V = ? \\ R'_V = \infty \end{cases}$

נתון:

- $U = 230V$
- $U_V = 108V$
- $R_1 = 25K\Omega$
- $R_2 = 50K\Omega$

$$I = \frac{U}{R_1 + \frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V}}$$

א. הזרם במעגל

$$U_V = I \cdot \frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V} = \frac{U}{R_1 + \frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V}} \cdot \frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V} =$$

המתח על פני R_2 :

$$= U \cdot \frac{R_2 \cdot R_V}{R_1(R_2 + R_V) + R_2 \cdot R_V}$$

$$U_V(R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_V + R_2 \cdot R_V) = U \cdot R_2 \cdot R_V$$

נבטא את R_V :

$$U_V \cdot R_1 \cdot R_2 + U_V \cdot R_1 \cdot R_V + U_V \cdot R_2 \cdot R_V = U \cdot R_2 \cdot R_V$$

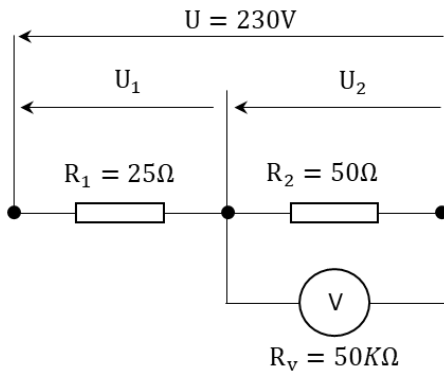
$$U \cdot R_2 \cdot R_V - U_V \cdot R_1 \cdot R_V - U_V \cdot R_2 \cdot R_V = U_V \cdot R_1 \cdot R_2$$

$$R_V(U \cdot R_2 - U_V \cdot R_1 - U_V \cdot R_2) = U_V \cdot R_1 \cdot R_2$$

$$R_V = \frac{U_V \cdot R_1 \cdot R_2}{UR_2 - U_V(R_1 + R_2)} = \frac{108 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 10^3}{230 \cdot 50 \cdot 10^3 - 108(25 + 50) \cdot 10^3} = 39.7K\Omega$$

$$U'_V = U_V = \frac{U \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{230 \cdot 50 \cdot 10^3}{(25 + 50) \cdot 10^3} = 153.33V$$

ב. כאשר $R_V = \infty$ אז:



פתרון שאלה 41
נתון:

חשב:
 $U_V = ?$ הוולט-מטר מחובר כמתואר באיור.
 $R_V = 50K\Omega$

$$U_V = U_2 = I \cdot \frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V} = \frac{U}{R_1 + \frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V}} \cdot \frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V} = U \cdot \frac{R_2 \cdot R_V}{R_1 \cdot R_2 + R_V \cdot (R_1 + R_2)}$$

$$= 230 \cdot \frac{50 \cdot 50 \cdot 10^6}{25 \cdot 50 \cdot 10^6 + 50 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^3 + 50 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 10^3} = \frac{575000}{1250 + 1250 + 2500} = 115V$$

פתרון שאלה 42
נתון:

חשב:
 $I_{R_1}, I_{R_2}, I_{R_3} = ?$ נתוני המעגל מופיעים באיור

(B) $I_1 + I_2 = I_3$

(I) $E_1 - U_1 - U_3 = 0$

(II) $E_2 - U_2 - U_3 = 0$

$I_1 + I_2 - I_3 = 0$

$E_1 - I_1 R_1 - I_3 R_3 = 0$

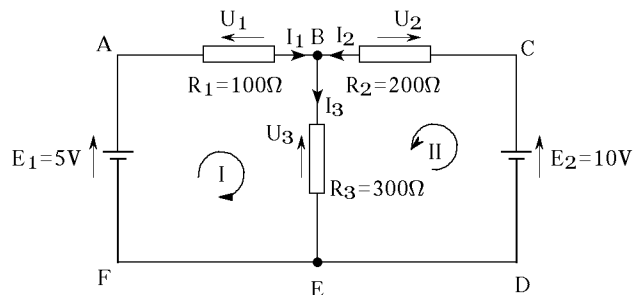
$E_2 - I_2 R_2 - I_3 R_3 = 0$

$I_1 + I_2 - I_3 = 0$

$5 - 100I_1 - 300I_3 = 0$

$10 - 200I_2 - 300I_3 = 0$

$$\begin{array}{rcccc} I_1 & + & I_2 & - & I_3 & = & 0 \\ -100I_1 & & & & -300I_3 & = & -5 \\ & & -200I_2 & & -300I_3 & = & -10 \end{array}$$



$$I_2 = \frac{D_2}{D} ; I_1 = \frac{D_1}{D} ; I_3 = \frac{D_3}{D} \quad \text{נפתור את שלושת המשוואות בעזרת דטרמיננטים:}$$

$$D = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ -100 & 0 & -300 \\ 0 & -200 & -300 \end{vmatrix} = 1 \cdot 0 \cdot (-300) + (-100) \cdot (-200) \cdot (-1) + 0 \cdot 0 \cdot (-300) - (-1) \cdot 0 \cdot 0 - (-300) \cdot (-200) \cdot 1 - (-300) \cdot 1 \cdot (-100) = -110000$$

$$D_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -5 & 0 & -300 \\ -10 & -200 & -300 \end{vmatrix} = 0 + (-5) \cdot (-200) \cdot (-1) + (-10) \cdot 1 \cdot (-300) - 0 - 0 - (-5) \cdot 1 \cdot (-300) = 500$$

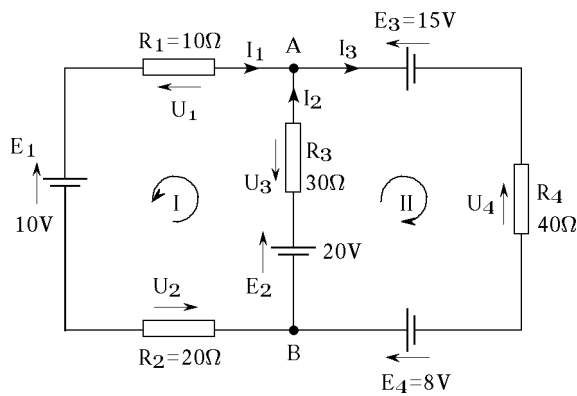
$$D_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -100 & -5 & -300 \\ 0 & -10 & -300 \end{vmatrix} = 1 \cdot (-5) \cdot (-300) + (-100) \cdot (-10) \cdot (-1) + 0 - 0 - 1 \cdot (-10) \cdot (-300) - 0 = -2500$$

$$D_3 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ -100 & 0 & -5 \\ 0 & -200 & -10 \end{vmatrix} = 0 + 0 + 0 - 0 - [1 \cdot (-200) \cdot (-5)] - [(-100) \cdot 1 \cdot (-10)] = -2000$$

$$I_1 = \frac{D_1}{D} = \frac{500}{-110000} = -0.00454A = -4.54mA$$

$$I_2 = \frac{D_2}{D} = \frac{-2500}{-110000} = 0.02272 = 22.72mA$$

$$I_3 = \frac{D_3}{D} = \frac{-2000}{-110000} = 0.01818A = 18.18mA$$



פתרון שאלה 43

נתון:

נתוני המעגל רשומים באיור.

חשב:

א. $I_1, I_2, I_3 = ?$

ב. $P_1, P_2, P_3, P_4 = ?$

ג. $P = ?$

$$\begin{cases} (A) & I_1 + I_2 = I_3 \\ (I) & E_2 - E_1 + U_1 + U_2 - U_3 = 0 \\ (II) & E_2 + E_4 - E_3 - U_3 - U_4 = 0 \end{cases}$$

.א

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ E_2 - E_1 + I_1 R_1 + I_1 R_2 - I_2 R_3 = 0 \\ E_2 + E_4 - E_3 - I_2 R_3 - I_3 \cdot R_4 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ I_1(R_1 + R_2) - I_2 R_3 = E_1 - E_2 \\ -I_2 R_3 - I_3 R_4 = E_3 - E_2 - E_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ 30I_1 - 30I_2 = 10 - 20 = -10 \\ -30I_2 - 40I_3 = 15 - 20 - 8 = -13 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ 30I_1 - 30I_2 = -10 \\ -30I_2 - 40I_3 = -13 \end{cases}$$

נפתור בעזרת דטרמיננטים:

$$D = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 30 & -30 & 0 \\ 0 & -30 & -40 \end{vmatrix} = 1 \cdot (-30) \cdot (-40) + 30(-30) \cdot (-1) + 0 - 0 - 0 - 30 \cdot 1 \cdot (-40) = 3300$$

$$D_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -10 & -30 & 0 \\ -13 & -30 & -40 \end{vmatrix} = 0 + (-10) \cdot (-30) \cdot (-1) + 0 - (-13) \cdot (-30) \cdot (-1) - 0 - (-10) \cdot 1 \cdot (-40) = -310$$

$$D_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 30 & -10 & 0 \\ 0 & -13 & -40 \end{vmatrix} = 1 \cdot (-10) \cdot (-40) + 30 \cdot (-13) \cdot (-1) + 0 - 0 - 0 - 0 = 790$$

$$D_3 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 30 & -30 & -10 \\ 0 & -30 & -13 \end{vmatrix} = 1 \cdot (-30) \cdot (-13) + 0 + 0 - 0 - 1 \cdot (-30) \cdot (-10) - 30 \cdot 1 \cdot (-13) = 480$$

$$I_1 = \frac{D_1}{D} = \frac{-310}{3300} = -0.09394A = -93.9mA$$

$$I_2 = \frac{D_2}{D} = \frac{790}{3300} = 0.2394A = 239.4mA$$

$$I_3 = \frac{D_3}{D} = \frac{480}{3300} = 0.14545A = 145.4mA$$

ב.

$$P_1 = R_1 \cdot I_1^2 = 10 \cdot 0.0939^2 = 0.088W$$

$$P_2 = R_2 \cdot I_1^2 = 20 \cdot 0.0939^2 = 0.177W$$

$$P_3 = R_3 \cdot I_2^2 = 30 \cdot 0.2394^2 = 1.72W$$

$$P_4 = R_4 \cdot I_3^2 = 40 \cdot 0.1455^2 = \underline{0.85W}$$

$$2.835W$$

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + E_3 \cdot I_3 + E_1 \cdot I_1 = 2.835 + 2.18175 + 0.939 = 5.95W \quad \text{ג. ההספק הנצרך:}$$

$$P = E_2 \cdot I_2 + E_4 \cdot I_3 = 20 \cdot 0.2394 + 8 \cdot 0.1455 = 5.95W \quad \text{ההספק המסופק:}$$

פתרון שאלה 44

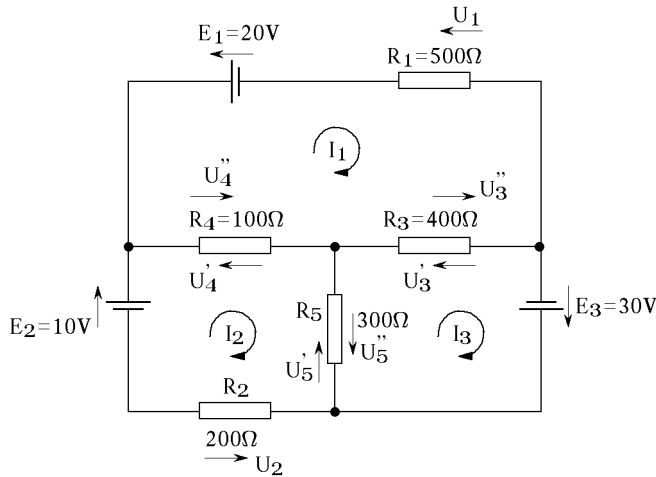
נתון:

נתוני המעגל מופיעים

באיור.

חשב:

$$I_{R_1}, I_{R_2}, I_{R_3}, I_{R_4}, I_{R_5} = ?$$



$$\begin{cases} -E_1 - U_1 - U_3'' + U_3' + U_4' - U_4'' = 0 \\ E_2 - U_4' + U_4'' - U_5' + U_5'' - U_2 = 0 \\ E_3 + U_5' - U_5'' + U_3'' - U_3' = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -E_1 - R_1 I_1 - R_3 I_1 + R_3 I_3 + R_4 I_2 - R_4 I_1 = 0 \\ E_2 - R_4 I_2 + R_4 I_1 - R_5 I_2 + R_5 I_3 - R_2 I_2 = 0 \\ E_3 + R_5 I_2 - R_5 I_3 + R_3 I_1 - R_3 I_3 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -20 - 500I_1 - 400I_1 + 400I_3 + 100I_2 - 100I_1 = 0 \\ 10 - 100I_2 + 100I_1 - 300I_2 + 300I_3 - 200I_2 = 0 \\ 30 + 300I_2 - 300I_3 + 400I_1 - 400I_3 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (1) & -1000I_1 + 100I_2 + 400I_3 = 20 \\ (2) & 100I_1 - 600I_2 + 300I_3 = -10 \\ (3) & 400I_1 + 300I_2 - 700I_3 = -30 \end{cases}$$

$$(4) \quad I_3 = \frac{30 + 400I_1 + 300I_2}{700}$$

נציב ביטוי (4) בביטויים (1) ו-(2) ונקבל:

$$\begin{cases} -1000I_1 + 100I_2 + \frac{400}{700} \cdot (30 + 400I_1 + 300I_2) = 20 \\ 100I_1 - 600I_2 + \frac{300}{700} \cdot (30 + 400I_1 + 300I_2) = -10 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -1000I_1 + 228.571I_1 + 100I_2 + 171.428I_2 = 2.857 \\ 100I_1 + 171.428I_1 - 600I_2 + 128.571I_2 = -22.857 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -771.429I_1 + 271.428I_2 = 2.857 \\ 271.428I_1 - 471.429I_2 = -22.857 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -1339.854I_1 + 471.429I_2 = 4.9622 \\ 271.428I_1 - 471.429I_2 = -22.857 \end{cases}$$

$$-1068.426I_1 \quad / \quad = -17.895$$

$$I_1 = \frac{-17.895}{-1068.426} = 0.0167A = 16.7mA = I_{R_1}$$

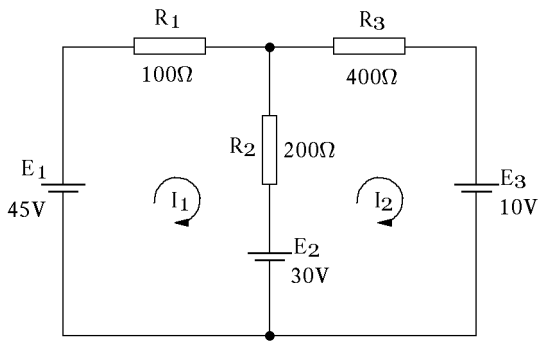
$$I_2 = \frac{2.857 + 771.429 \cdot I_1}{271.428} = \frac{2.857 + 771.429 \cdot 0.0167}{271.428} = 0.058A = 58mA = I_{R_2}$$

$$I_3 = \frac{30 + 400I_1 + 300I_2}{700} = \frac{30 + 400 \cdot 0.0167 + 300 \cdot 0.058}{700} = 0.07725A = 77.25mA$$

$$I_{R_4} = I_2 - I_1 = 58 - 16.7 = 41.3mA$$

$$I_{R_3} = I_3 - I_1 = 77.25 - 16.7 = 60.55mA$$

$$I_{R_5} = I_3 - I_2 = 77.25 - 58 = 19.25mA$$



פתרון שאלה 45

נתון:

חשב: $I_1, I_2, I_3 = ?$ נתוני המעגל מופיעים באיור.

$$\begin{cases} R_{11}I_1 - R_{12}I_2 = \Sigma E_1 \\ -R_{21}I_1 + R_{22} \cdot I_2 = \Sigma E_2 \end{cases}$$

$$R_{11} = 300\Omega \quad ; \quad R_{12} = 200\Omega$$

$$R_{21} = 200\Omega \quad ; \quad R_{22} = 600\Omega$$

$$\Sigma E_1 = E_1 - E_2 = 45 - 30 = 15V$$

$$\Sigma E_2 = E_2 - E_3 = 30 - 10 = 20V$$

$$300I_1 - 200I_2 = 15$$

$$-200I_1 + 600I_2 = 20$$

$$900I_1 - 600I_2 = 45$$

$$-200I_1 + 600I_2 = 20$$

$$\frac{700I_1}{700} \quad / \quad = 65$$

$$I_1 = \frac{65}{700} = 0.09286A = 92.86mA = I_{R_1}$$

$$I_2 = \frac{300I_1 - 15}{200} = \frac{300 \cdot 0.09286 - 15}{200} = 0.06429A = 64.29mA = I_{R_3}$$

$$I_{R_2} = I_1 - I_2 = 92.86 - 64.29 = 28.57mA$$

פתרון שאלה 46

נתון:

ערכי המעגל מופיעים באיור.

חשב:

א. $R_T = ?$

ב. $I_{R_i} = ?$

ג. $U_1 = ?$

ד. $U = ?$

$$R_T = R_1 + R_{2,3,4} + R_5 + R_{6,7,8} \quad .א$$

$$R_{2,3,4} = \frac{R_4 \cdot R_{2,3}}{R_4 + R_{2,3}}$$

$$R_{2,3} = R_2 + R_3 = 15 + 3 = 18\Omega$$

$$R_{2,3,4} = \frac{24 \cdot 18}{24 + 18} = 10.28\Omega$$

$$R_{6,7,8} = \frac{1}{\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7} + \frac{1}{R_8}} = \frac{1}{\frac{1}{12} + \frac{1}{19} + \frac{1}{10}} = 4.24\Omega$$

$$R_T = 7 + 10.28 + 6 + 4.24 = 27.52\Omega$$

$$I_5 = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{24}{6}} = 2A \quad .ב$$

$$I_1 = I_5 = 2A$$

$$I_{2,3} = \frac{I_1 \cdot R_4}{R_4 + R_2 + R_3} = \frac{2 \cdot 24}{24 + 15 + 3} = 1.14A$$

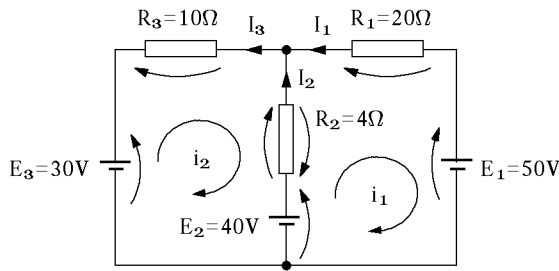
$$I_4 = I_1 - I_{2,3} = 2 - 1.14 = 0.85A$$

$$I_6 = \frac{U_{6,7,8}}{R_6}$$

$$U_{6,7,8} = I_5 \cdot R_{6,7,8} = 2 \cdot 4.24 = 8.48V$$

$$I_6 = \frac{8.48}{12} = 0.7A$$

$$I_7 = \frac{U_{6,7,8}}{R_7} = \frac{8.48}{19} = 0.44A$$



ג.

$$U = I_1 \cdot R_T = 2 \cdot 27.52 = 55.04V$$

ד.

פתרון שאלה 47

חשב:

נתון:

$$I_1, I_2, I_3 = ? \quad \text{נתוני המעגל מופיעים באיור.}$$

נבחר בשיטת העניבות:

$$\begin{cases} 1: E_2 + R_2 i_2 - i_1 (R_2 + R_1) - E_1 = 0 \\ 2: E_3 - i_2 (R_3 + R_2) + R_2 i_1 - E_2 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1: -i_1 (R_1 + R_2) + R_2 i_2 = E_1 - E_2 \\ 2: R_2 \cdot i_1 - i_2 (R_2 + R_3) = E_2 - E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1: -24i_1 + 4i_2 = 10 \\ 2: 4i_1 - 14i_2 = 10 \end{cases} \quad i_2 = \frac{10 + 24i_1}{4}$$

$$4i_1 - 14 \cdot \frac{10 + 24i_1}{4} = 10$$

מעגל הזרמים האמיתיים:

$$16i_1 - 140 - 336i_1 = 40$$

$$-320i_1 = 180$$

$$i_1 = -\frac{180}{320} = -0.5625A$$

$$i_2 = \frac{10 + 24(-0.5625)}{4} = -0.875A$$

$$I_3 = -i_2 = 0.875A$$

$$I_1 = -i_1 = 0.5625A$$

$$I_2 = I_3 - I_1 = -0.3125A$$

פתרון שאלה 48

חשב:

נתון:

א. $r_0 = ?$	$E = 120V$
ב. $A = ?$	$R = 15.45\Omega$
ג. $\Delta U = ?$	$l = 250m$
ד. $U = ?$	$R_L = 4.5\Omega$
ה. $U_L = ?$	$I = 6A$
ו. $\eta = ?$	$\rho = 0.018 \frac{\Omega mm^2}{m}$

$$R_T = \frac{E}{I} = \frac{120}{6} = 20\Omega$$

א. ההתנגדות הכוללת:

$$r_0 = R_T - R - R_L = 20 - 15.45 - 4.5 = 0.05\Omega$$

ההתנגדות הפנימית של מקור המתח:

$$R_L = \frac{\rho \cdot l}{A} \Rightarrow A = \frac{\rho \cdot l}{R_L} = \frac{0.018 \cdot 250 \cdot 2}{4.5} = 2mm^2$$

ב. שטח החתך של מוליכי הקו:

$$\Delta U = I \cdot R_L = 6 \cdot 4.5 = 27V$$

ג. מפל המתח על המוליכים:

$$U = E - I \cdot r_0 = 120 - 6 \cdot 0.05 = 119.7V$$

ד. המתח על הדקי המקור:

$$U_L = I \cdot R = 6 \cdot 15.45 = 92.7V$$

ה. המתח על הצרן:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{I \cdot U_L}{I \cdot E} = \frac{U_L}{E} = \frac{92.7}{120} = 0.7725$$

ו. נצילות המערכת:

פתרון שאלה 49

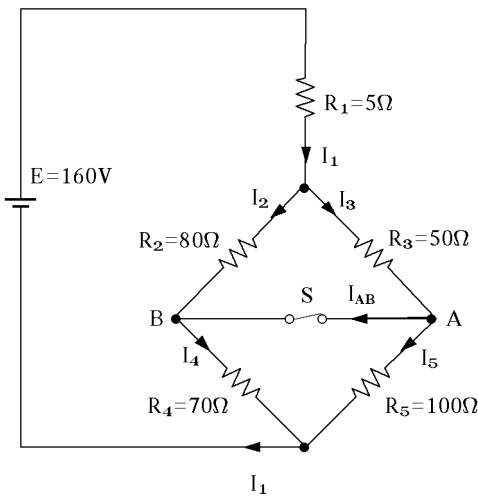
נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור

חשב:

א. כאשר S פתוח $U_{AB} = ?$

ב. כאשר S סגור $I_{AB} = ?$



א. כאשר המפסק פתוח: $R_T = \frac{(R_3 + R_5)(R_2 + R_4)}{R_3 + R_5 + R_2 + R_4} + R_1 = \frac{(50+100)(80+70)}{50+100+80+70} + 5 = 80\Omega$

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{160}{80} = 2A$$

כיוון ששני הענפים שווים בהתנגדות 150Ω , יזרום בכל ענף $1A$.

$$U_A = 1 \cdot 100 = 100V$$

$$U_B = 1 \cdot 70 = 70V$$

$$U_{AB} = U_A - U_B = 30V$$

ב. כאשר המפסק סגור: $R_T = R_1 + R_2 \parallel R_3 + R_4 \parallel R_5 = 5 + \frac{80 \cdot 50}{80 + 50} + \frac{70 \cdot 100}{70 + 100} = 76.9457\Omega$

$$I_1 = \frac{E}{R_T} = \frac{160}{76.9757} = 2.0794A$$

$$I_3 = \frac{I_1 \cdot (R_2 \parallel R_3)}{R_3} = \frac{I_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_3(R_2 + R_3)} = \frac{2.0794 \cdot 80}{80 + 50} = 1.2796A$$

$$I_5 = \frac{I_1(R_4 \parallel R_5)}{R_5} = \frac{I_1 \cdot R_4 \cdot R_5}{R_5(R_4 + R_5)} = \frac{2.0794 \cdot 70}{170} = 0.8562A$$

$$I_{AB} = I_3 - I_5 = 0.4234A$$

פתרון שאלה 50

נתון: $U_{ab} = 30V$
 חשב: $U = ?$

$$\frac{U \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4}{4 + 8} U = \frac{U}{3}$$

$$U_b = \frac{U \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{6}{6 + 2} U = \frac{3U}{4}$$

$$U_a - U_b = 30 = \frac{U}{3} - \frac{3U}{4} = \frac{4U - 9U}{12} = -\frac{5U}{12}$$

$$U = -\frac{30 \cdot 12}{5} = -72V$$

פתרון שאלה 51

נתון: נתוני המעגל מופיעים באיור.
 חשב: $P_T = ?$

$$R_y = \frac{R_a \cdot R_b + R_b \cdot R_c + R_c \cdot R_a}{R_b}$$

$$R_y = \frac{3 \cdot 3 + 3 \cdot 3 + 3 \cdot 3}{3} = \frac{27}{3} = 9\Omega$$

ממירים את המעגל הפנימי מכוּב למשולש:

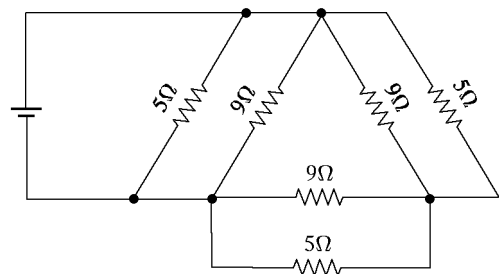
המעגל שווה ערך, לכן יהיה:

$$R_{9|5} = \frac{9 \cdot 5}{9 + 5} = \frac{45}{14} = 3.214\Omega$$

$$R_{9|5} + R_{9|5} = 6.428\Omega$$

$$R_T = (R_{9|5} + R_{9|5}) \parallel R_{9|5} = \frac{3.214 \cdot 6.428}{3.214 + 6.428} = 2.143\Omega$$

$$P_T = \frac{U^2}{R_T} = \frac{100^2}{2.143} = 4.67KW$$



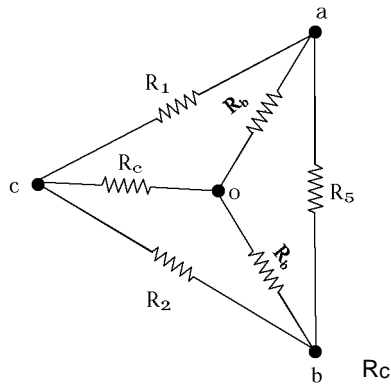
פתרון שאלה 52

נתון:

- $R_1 = 4K\Omega$
- $R_2 = 6K\Omega$
- $R_3 = 4K\Omega$
- $R_4 = 1K\Omega$
- $R_5 = 10K\Omega$

חשב:

$R = ?$



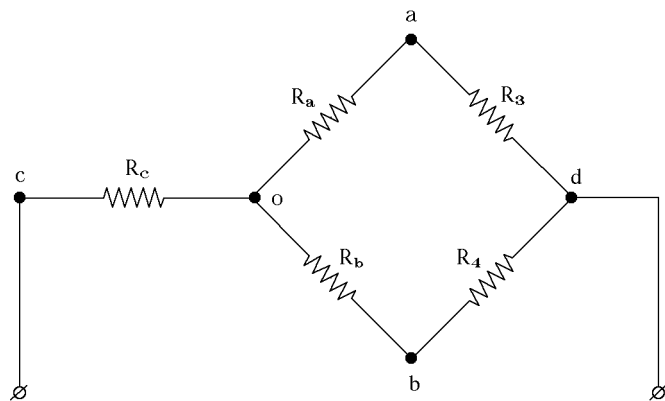
נמיר את המשולש abc לכוכב שווה ערך:

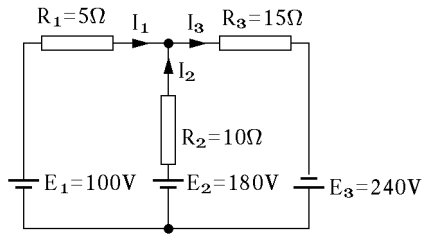
$$R_a = \frac{R_1 \cdot R_5}{R_1 + R_2 + R_5} = \frac{4 \cdot 10}{4 + 6 + 10} = 2K\Omega$$

$$R_b = \frac{R_2 \cdot R_5}{R_1 + R_2 + R_5} = \frac{6 \cdot 10}{20} = 3K\Omega$$

$$R_c = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_5} = \frac{4 \cdot 6}{20} = 1.2K\Omega$$

$$R = R_c + \frac{(R_a + R_3) \cdot (R_b + R_4)}{R_a + R_3 + R_b + R_4} = 1.2 + \frac{(2 + 4) \cdot (3 + 1)}{2 + 4 + 3 + 1} = 1.2 + 2.4 = 3.6K\Omega$$





פתרון שאלה 53

נתון:

חשב:

$$I_1, I_2, I_3 = ?$$

נתוני הרשת מופיעים באיור.

$$1) \quad I_3 = I_2 + I_1$$

$$2) \quad I_2 R_2 - I_1 R_1 = E_2 - E_1$$

$$3) \quad I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_2 + E_3$$

$$1) \quad I_3 = I_2 + I_1$$

$$2) \quad 10I_2 - 5I_1 = 180 - 100$$

$$3) \quad 10I_2 + 15I_3 = 180 + 240$$

$$2) \quad 10I_2 - 5I_1 = 80 \quad | \quad \times 3$$

$$3) \quad 10I_2 + 15(I_2 + I_1) = 420$$

$$2) \quad 30I_2 - 15I_1 = 240$$

$$3) \quad 25I_2 + 15I_1 = 420$$

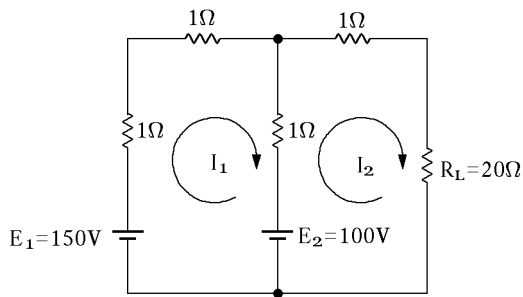
$$55I_2 = 660$$

$$I_2 = \frac{660}{55} = 12A$$

$$2) \quad 10 \cdot 12 - 5I_1 = 80$$

$$I_1 = \frac{120 - 80}{5} = 8A$$

$$1) \quad I_3 = I_2 + I_1 = 12 + 8 = 20A$$



פתרון שאלה 54

נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור.

חשב:

א. $P_L = ?$

ב. $P_{E_1}, P_{E_2} = ?$

$$\begin{cases} I & 150 - 100 = 1I_1 + 1I_1 + 1(I_1 - I_2) \\ II & 100 = 1(I_2 - I_1) + 1I_2 + 20I_2 \end{cases}$$

.א

$$\begin{cases} I & 50 = 3I_1 - I_2 \\ II & 100 = -I_1 + 22I_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I & I_2 = 3I_1 - 50 \\ II & 100 = -I_1 + 22(3I_1 - 50) \end{cases}$$

$$100 = -I_1 + 66I_1 - 1100 \Rightarrow I_1 = 18.46A$$

$$I_2 = 3 \cdot 18.46 - 50 = 5.38A$$

$$P_L = I_2^2 R_L = 5.38^2 \cdot 20 = 578.888W$$

$$P_{E_1} = 150 \cdot 18.46 = 2769W$$

.ב

$$P_{E_2} = 100(5.38 - 18.46) = -1308W$$

מקור E_2 צורך הספק:

פתרון שאלה 55

חשב:	נתון:
א. $U' = ?$	$R_1 = 1000\Omega$
ב. $I' = ?$	$R_2 = 2000\Omega$
	$R_{M_1} = 10K\Omega$
	$R_{M_2} = 100\Omega$
	$U = 60V$

$$R_T = R_2 \parallel R_{M_1} + R_1$$

א. ההתנגדות הכוללת:

$$R_2 \parallel R_{M_1} = \frac{R_2 \cdot R_{M_1}}{R_2 + R_{M_1}} = \frac{2000 \cdot 10000}{2000 + 10000} = 1666.66\Omega$$

$$R_T = 1666.66 + 1000 = 2666.66\Omega$$

$$I = \frac{60}{2666.66} = 0.0225A$$

הזרם הכולל:

$$U' = U_2 = I \cdot R_2 \parallel R_{M_1} = 0.0225 \cdot 1666.66 = 37.5V$$

המתח שיורה מד המתח:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_{M_2} = 1000 + 2000 + 100 = 3100\Omega$$

ב. התנגדות כוללת עם מד הזרם:

$$I' = \frac{60}{3100} = 0.0193A$$

הזרם במעגל שהוא גם הזרם במד הזרם:

פתרון שאלה 56

נתון:

$$R = 100\Omega$$

$$R_M = 10\Omega$$

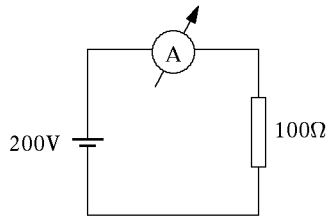
$$U = 200V$$

חשב:

א. סרטט מעגל הכולל את מקור המתח, הנגד ומד הזרם.

ב. חשב את הזרם כאשר מד הזרם מחובר – $I = ?$.

חשב את הזרם כאשר מד הזרם אינו מחובר.



א.

$$I = \frac{U}{R + R_M} = \frac{200}{100 + 10} = 1.818A$$

ב. מציאת הזרם כאשר מד הזרם מחובר:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{200}{100} = 2A$$

מציאת הזרם כאשר מד הזרם אינו מחובר:

פתרון שאלה 57

נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור. $U_{R_1}, U_{R_2}, U_{R_3}, U_{R_4}, U_{R_5} = ?$

חשב:

$$R_T = R_1 + [(R_3 + R_4) \parallel R_2] + R_5$$

$$R_T = 5 + [(12 + 6) \parallel 9] + 4 = 15\Omega$$

$$I_T = \frac{U_T}{R_T} = \frac{90}{15} = 6A$$

$$U_{R_1} = I_T \cdot R_1 = 6 \cdot 5 = 30V$$

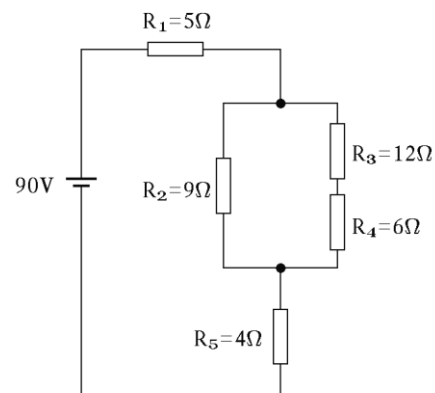
$$U_{R_5} = I_T \cdot R_5 = 6 \cdot 4 = 24V$$

$$U_{R_2} = U_T - U_{R_1} - U_{R_5} = 90 - 30 - 24 = 36V$$

$$I_3 = I_4 = \frac{U_2}{R_3 + R_4} = \frac{36}{12 + 6} = 2A$$

$$U_{R_3} = I_3 \cdot R_3 = 2 \cdot 12 = 24V$$

$$U_{R_4} = I_4 \cdot R_4 = 2 \cdot 6 = 12V$$

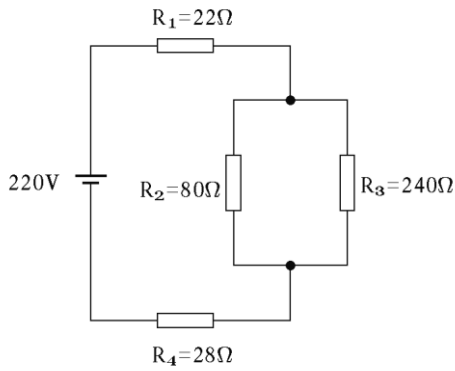


פתרון שאלה 58

נתון:

חשב:

נתוני המעגל מופיעים באיור. $U_{R_1}, U_{R_2}, U_{R_3}, U_{R_4} = ?$



$$R_T = R_1 + R_2 \parallel R_3 + R_4$$

$$R_T = 22 + 80 \parallel 240 + 28 = 110\Omega$$

$$I_T = \frac{U_T}{R_T} = \frac{220}{110} = 2A$$

$$U_{R_1} = I_T \cdot R_1 = 2 \cdot 22 = 44V$$

$$U_{R_4} = I_T \cdot R_4 = 2 \cdot 28 = 56V$$

$$R_{2,3} = 80 \parallel 240 = 60\Omega$$

$$U_2 = U_3 = I_T \cdot R_{2,3} = 2 \cdot 60 = 120V$$

פתרון שאלה 59

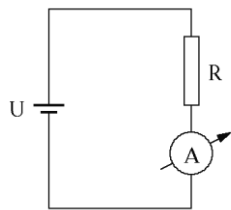
נתון:

חשב:

א. $U = ?$ $R_M = 5\Omega$

ב. $I' = ?$ $R = 10\Omega$

$I = 2A$



$$U_M = I \cdot R_M = 2 \cdot 5 = 10V$$

$$U_R = I \cdot R = 2 \cdot 10 = 20V$$

$$U = U_M + U_R = 10 + 20 = 30V$$

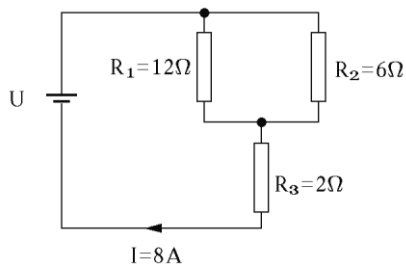
$$I' = \frac{U}{R} = \frac{30}{10} = 3A$$

א. המתח על מד הזרם:

המתח על הנגד:

ערך מקור המתח:

ב. הזרם ללא חיבור מד הזרם:



פתרון שאלה 60

נתון:

חשב:

 $U = ?$ נתוני המעגל מופיעים באיור.

$$U_{R_3} = I_3 \cdot R_3 = 8 \cdot 2 = 16V$$

$$\frac{1}{R_{1,2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6} = 0.25$$

$$R_{1,2} = 4\Omega$$

$$U_2 = U_3 = R_{1,2} \cdot I = 4 \cdot 8 = 32V$$

$$U = U_1 + U_3 = 16 + 32 = 48V$$

פתרון שאלה 61

נתון:

חשב:	נתון:
$U_L = ?$ בפועל	$P_L = 1500W$
$P_L = ?$ בפועל	$U_L = 220V$
	$l = 150m$
	$U = 240V$
	$\rho = 0.018 \frac{\Omega mm^2}{m}$
	$A = 1.5mm^2$

$$R_L = \frac{U_L^2}{P_L} = \frac{220^2}{1500} = 32.2667\Omega$$

התנגדות הצרן:

$$R_l = \rho \cdot \frac{2l}{A} = 0.018 \cdot 2 \cdot \frac{150}{1.5} = 3.6\Omega$$

התנגדות הקו:

$$R_T = R_L + R_l = 32.2667 + 3.6 = 35.8667\Omega$$

ההתנגדות הכללית של המעגל:

$$I = \frac{U}{R_T} = \frac{240}{35.8667} = 6.6914A$$

הזרם הכללי הוא הזרם בצרן:

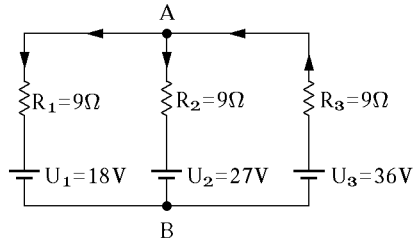
$$U_L = I \cdot R = 6.6914 \cdot 32.2667 = 215.909V$$

המתח בו עובד הצרן:

$$P_L = I^2 \cdot R = 6.6914^2 \cdot 32.2667 = 1444.736W$$

ההספק שבו עובד הצרן:

מסקנה: בגלל מפל המתח על הקו, עובד הצרן במתח נמוך מהמתח שבעבורו תוכנן. לכן גם ההספק המתפתח נמוך מ-1500W.



פתרון שאלה 62

נתון:

חשב:

$$I_{R_1}, I_{R_2}, I_{R_3} = ? \quad \text{נתוני המעגל מופיעים באיור.}$$

לפי שיטת מתחי הצמתים:

$$U_{AB} = \frac{\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{\frac{18}{9} + \frac{27}{9} + \frac{36}{9}}{\frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{1}{9}} = 27V$$

$$I_{R_1} = \frac{U_{AB} - U_1}{R_1} = \frac{27 - 18}{9} = 1A$$

$$I_{R_2} = \frac{U_{AB} - U_2}{R_2} = \frac{27 - 27}{9} = 0A$$

$$I_{R_3} = I_{R_1} + I_{R_2} = 1 + 0 = 1A$$

פתרון שאלה 63

נתון:

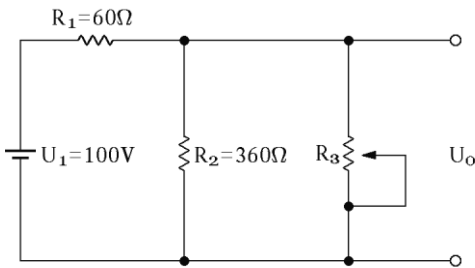
נתוני המעגל מופיעים באיור.

$$R_3 = 0 \div 360\Omega$$

חשב:

$$.א. \begin{cases} U_{O1} = ? \\ R_3 = R_{\max} = 360\Omega \end{cases}$$

$$.ב. \begin{cases} R'_3 = ? \\ U_{O2} = \frac{U_{O1}}{2} \end{cases}$$



$$U_{O1} = \frac{U_1}{R_1 + R_2 \parallel R_3} \cdot R_2 \parallel R_3$$

.א. כאשר $R_3 = 360\Omega$

$$U_{O1} = \frac{100}{60 + 360 \parallel 360} \cdot 360 \parallel 360 = \frac{100}{60 + 180} \cdot 180 = 75V$$

$$U_{O2} = \frac{U_{O1}}{2} = \frac{75}{2} = 37.5V$$

.ב.

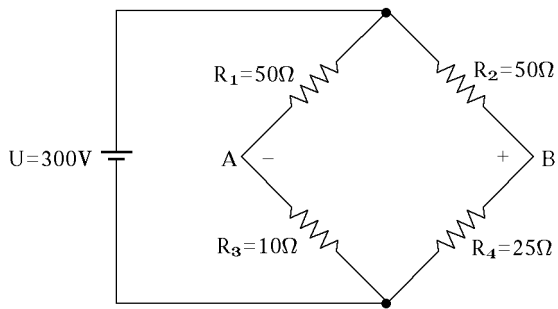
$$37.5 = \frac{100}{60 + 360 \parallel R'_3} \cdot 360 \parallel R'_3$$

נשתמש שוב במשוואה הראשונה:

$$37.5 = \frac{100 \cdot 360 \cdot R'_3}{360 + R'_3} \Rightarrow 2250 + \frac{13500 \cdot R'_3}{360 + R'_3} = \frac{36000 \cdot R'_3}{360 + R'_3}$$

$$810000 + 2250 \cdot R'_3 + 13500 \cdot R'_3 = 36000 \cdot R'_3$$

$$R'_3 = \frac{810000}{20250} = 40\Omega$$



פתרון שאלה 64

חשב:

$U_{AB} = ?$

נתון:

$R_1 = 50\Omega$

$R_2 = 50\Omega$

$R_3 = 10\Omega$

$R_4 = 25\Omega$

$U = 300V$

$$U_A = \frac{U \cdot R_3}{R_1 + R_3} = \frac{300 \cdot 10}{50 + 10} = 50V$$

$$U_B = \frac{U \cdot R_4}{R_2 + R_4} = \frac{300 \cdot 25}{50 + 25} = 100V$$

$$U_{AB} = U_A - U_B = 50 - 100 = -50V$$

המתח בין A ל-B הוא 50V כאשר ה (+) ב-B וה (-) ב-A.

פתרון שאלה 65

נתון:

נתוני המעגל רשומים באיור.

חשב:

א. $I_1, I_2, I_3 = ?$

ב. $P_1, P_2, P_3, P_4 = ?$

ג. $P = ?$

$$\begin{cases} (A) I_1 + I_2 = I_3 \\ (I) E_2 - E_1 + U_1 + U_2 - U_3 = 0 \\ (II) E_2 - U_3 - U_4 = 0 \end{cases}$$

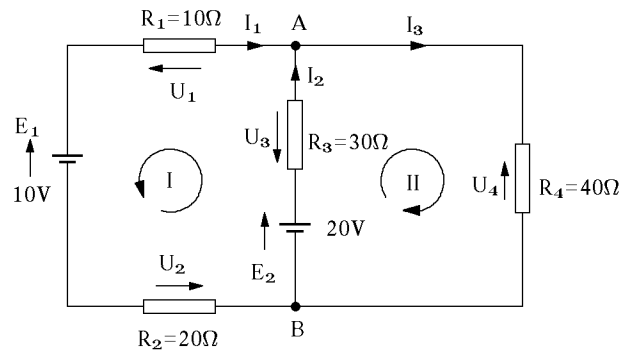
.א

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ E_2 - E_1 + I_1 R_1 + I_1 R_2 - I_2 R_3 = 0 \\ E_2 - I_2 R_3 - I_3 \cdot R_4 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ I_2(R_1 + R_2) - I_2 R_3 = E_1 - E_2 \\ -I_2 R_3 - I_3 R_4 = -E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ 30I_1 - 30I_2 = 10 - 20 = -10 \\ -30I_2 - 40I_3 = -20 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ 30I_1 - 30I_2 = -10 \\ -30I_2 - 40I_3 = -20 \end{cases}$$



נפתור בעזרת דטרמיננטים:

$$D = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 30 & -30 & 0 \\ 0 & -30 & -40 \end{vmatrix} = 1 \cdot (-30) \cdot (-40) + 30(-30) \cdot (-1) + 0 - 0 - 0 - 30 \cdot 1 \cdot (-40) = 3300$$

$$D_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -10 & -30 & 0 \\ -20 & -30 & -40 \end{vmatrix} =$$

$$= 0 + (-10) \cdot (-30) \cdot (-1) + 0 - (-20) \cdot (-30) \cdot (-1) - 0 - (-10) \cdot 1 \cdot (-40) = -100$$

$$D_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 30 & -10 & 0 \\ 0 & -20 & -40 \end{vmatrix} = 1 \cdot (-10) \cdot (-40) + 30 \cdot (-20) \cdot (-1) + 0 - 0 - 0 - 0 = 1000$$

$$D_3 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 30 & -30 & -10 \\ 0 & -30 & -20 \end{vmatrix} = 1 \cdot (-30) \cdot (-20) + 0 + 0 - 0 - 1(-30) \cdot (-10) - 30 \cdot 1(-20) = 900$$

$$I_1 = \frac{D_1}{D} = \frac{-100}{3300} = -0.0303A = -30.3mA$$

$$I_2 = \frac{D_2}{D} = \frac{1000}{3300} = 0.30303A = 303.03mA$$

$$I_3 = \frac{D_3}{D} = \frac{900}{3300} = 0.2727A = 272.7mA$$

$$P_1 = R_1 \cdot I_1^2 = 10 \cdot 0.0303^2 = 9.18mW \quad .ב.$$

$$P_2 = R_2 \cdot I_1^2 = 20 \cdot 0.0303^2 = 18.36mW$$

$$P_3 = R_3 \cdot I_2^2 = 30 \cdot 0.303^2 = 2.75W$$

$$P_4 = R_4 \cdot I_3^2 = 40 \cdot 0.2727^2 = 2.975W$$

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 9.18 \cdot 10^{-3} + 18.36 \cdot 10^{-3} + 2.75 + 2.975 = 5.752W$$

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + E_1 I_1 = 5.752 + 0.303 = 6.06W \quad .ג. \quad \text{ההספק הנצרך:}$$

$$P = E_2 \cdot I_2 = 20 \cdot 0.303 = 6.06W \quad \text{ההספק המסופק:}$$

פתרון שאלה 66

נתון:	חשב:
$R_1 = 62.5\Omega$	א. $R_2 = ?$
$P_2 = 28.125W$	ב. $U_T = ?$
$R_3 = 100\Omega$	
$R_4 = 100\Omega$	
$R_5 = 50\Omega$	
$R_6 = 100\Omega$	
$R_7 = 100\Omega$	
$I_3 = 0.25A$	

$$R_{5,6,7} = R_5 + R_6 \parallel R_7 = 50 + 50 = 100\Omega$$

.א

$$R_{4-7} = \frac{R_4 \cdot R_{5,6,7}}{R_4 + R_{5,6,7}} = \frac{100 \cdot 100}{100 + 100} = 50\Omega$$

$$U_3 = I_3 \cdot R_3 = 0.25 \cdot 100 = 25V$$

$$U_{CD} = I_3 \cdot R_{4-7} = 0.25 \cdot 50 = 12.5V$$

$$U_{BA} = U_3 + U_{CD} = 25 + 12.5 = 37.5V$$

$$R_2 = \frac{U_{BA}^2}{P_2} = \frac{37.5^2}{28.125} = 50\Omega$$

$$I_2 = \frac{U_{BA}}{R_2} = \frac{37.5}{50} = 0.75A$$

.ב

$$I_T = I_2 + I_3 = 0.75 + 0.25 = 1A$$

$$U_1 = I_T \cdot R_1 = 1 \cdot 62.5 = 62.5V$$

$$U_T = U_1 + U_{BA} = 62.5 + 37.5 = 100V$$

פתרון שאלה 67

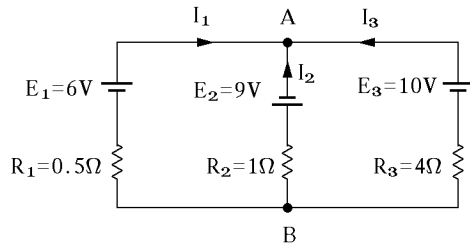
נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור.

חשב:

א. $U_{AB} = ?$

ב. $I_1, I_2, I_3 = ?$



$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

א. לפי חוק הצומת:

$$\frac{E_1 - U_{AB}}{R_1} + \frac{E_2 - U_{AB}}{R_2} + \frac{E_3 - U_{AB}}{R_3} = 0$$

$$U_{AB} = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$U_{AB} = \frac{\frac{6}{0.5} + \frac{-9}{1} + \frac{10}{4}}{\frac{1}{0.5} + \frac{1}{1} + \frac{1}{4}} = 1.6923V$$

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{AB}}{R_1} = \frac{6 - 1.6923}{0.5} = 8.615A$$

ב.

$$I_2 = \frac{E_2 - U_{AB}}{R_2} = \frac{-9 - 1.6923}{1} = -10.692A$$

$$I_3 = \frac{E_3 - U_{AB}}{R_3} = \frac{10 - 1.6923}{4} = 2.077A$$

פתרון שאלה 68

נתון:

חשב:

א. $R_1 = ?$ נתוני המעגל מופיעים באיור.ב. $R_2 = ?$

$$V_{out} = \frac{U \cdot R_2}{r + R_1 + R_2}$$

א. כאשר המפסק פתוח:

$$\frac{48 \cdot 20}{0.5 + R_1 + 20} = 16$$

$$960 = 328 + 16R_1$$

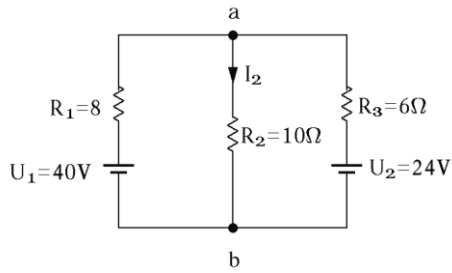
$$R_1 = \frac{632}{16} = 39.5\Omega$$

$$I_2 \cdot R_2 = I_3 \cdot R_3$$

ב. כאשר המפסק סגור:

$$R_3 = \frac{I_2}{I_3} \cdot R_2 = 0.5R_2$$

$$R_3 = 0.5 \cdot 20 = 10\Omega$$



פתרון שאלה 69

נתון:

חשב:

$$I_2 = ?$$

הנתונים מופיעים באיור.

$$U_{ab} = \frac{\frac{40}{8} + \frac{24}{6}}{\frac{1}{8} + \frac{1}{10} + \frac{1}{6}} = \frac{\frac{240 + 192}{48}}{\frac{60 + 48 + 80}{480}} = \frac{4320}{188} = 22.98V$$

$$I_2 = \frac{U_{ab}}{R_2} = \frac{22.98}{10} = 2.298A$$

פתרון שאלה 70

נתון:	
חשב:	$R_1 = 1.72\Omega$
	$R_2 = 1\Omega$
	$l = 800m$
	$X = ?$

איתור מקום התקלה נעשה על-ידי חיבור הכבל כמתואר בתרשים.

הגליונומטר הראה אפס כאשר ערכי ההתנגדות של הגשר היו $R_1 = 1.72\Omega$ ו- $R_2 = 1\Omega$.

אורכו של הכבל $l = 800m$.

נקבע את מקום התקלה (X).

באיזון הגשר:

$$(1) \quad R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

$$(2) \quad R_3 = (2l - X) \cdot \frac{\rho}{A} \quad ; \quad R_4 = \frac{X \cdot \rho}{A} \quad \text{כאשר:}$$

ρ = התנגדות סגולית

A = שטח חתך המוליך

נציב את הביטויים (2) בנוסחה (1) ונקבל:

$$R_1 \cdot X \frac{\rho}{A} = R_2(2l - X) \frac{\rho}{A}$$

$$R_1 \cdot X = R_2 \cdot 2l - R_2 X$$

$$X = \frac{2lR_2}{R_1 - R_2} = \frac{2 \cdot 800 \cdot 1}{1.72 + 1} = 588.2m$$

פתרונות לפרק 3

פתרון שאלה 2

חשב:	נתון:
א. $I_1, I_2, I_3 = ?$	המעגל המתואר באיור.
ב. $U_1, U_2, U_3 = ?$	$E = 120V$
ג. $U_{AB} = ?$	$r = 2\Omega$
ד. $P_E = ?$	$R_1 = 18\Omega$
ה. $P_{AB} = ?$	$R_2 = 100\Omega$
	$R_3 = 150\Omega$

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{100 \cdot 150}{100 + 150} = 60\Omega \quad .א$$

$$R_T = R_{23} + R_1 + r = 60 + 18 + 2 = 80\Omega$$

$$I_T = I_1 = \frac{E}{R_T} = \frac{120}{80} = 1.5A$$

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} = \frac{1.5 \cdot 150}{250} = 0.9A$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 1.5 - 0.9 = 0.6A$$

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 1.5 \cdot 18 = 27V \quad .ב$$

$$U_2 = I_2 \cdot R_2 = 0.9 \cdot 100 = 90V$$

$$U_3 = I_3 \cdot R_3 = 0.6 \cdot 150 = 90V$$

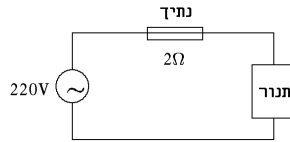
$$U_{AB} = U_1 + U_2 = 90 + 27 = 117V \quad .ג$$

$$P_E = E \cdot I_T = 120 \cdot 1.5 = 180W \quad .ד$$

$$P_{AB} = U_{AB} \cdot I_T = 117 \cdot 1.5 = 175.5W \quad .ה$$

פתרון שאלה 3

חשב:	נתון:
א. $P = ?$ נתיך	$U = 220V$
ב. $W = ?$	$P = 2420W$
	$r = 2\Omega$



א. סרטוט המעגל:

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{2420} = 20\Omega$$

$$R_T = 20 + 2 = 22\Omega$$

$$I_T = \frac{U}{R_T} = \frac{220}{22} = 10A$$

$$P_{נתיך} = I^2 \cdot r = 10^2 \cdot 2 = 200W$$

$$t = 2 \cdot 60 = 120\text{sec}$$

$$W = P \cdot t = 200 \cdot 120 = 24000J$$

התנגדות התנור:

ההתנגדות הכוללת של המעגל:

ההספק על הנתיך:

ב. זמן עבודת התנור בשניות:

כמות האנרגיה:

פתרון שאלה 4

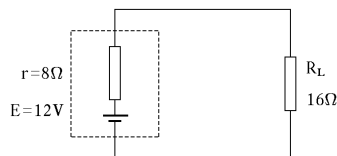
חשב:	נתון:
א. $Q_T, r_T, E_T = ?$	$n = 18$
ב. $P_L = ?$	$E = 2V$
ג. $\eta = ?$	$r = 4\Omega$
ד. $t = ?$	$Q = 20AH$
	$R_L = 16\Omega$

$$n' = \frac{n}{3} = \frac{18}{3} = 6$$

$$E_T = n' \cdot E = 6 \cdot 2 = 12V$$

$$r_T = \frac{6 \cdot 4}{3} = 8\Omega$$

$$Q_T = 3 \cdot 20 = 60AH$$



א. מספר התאים בכל ענף:

הכא"מ הכללי:

ההתנגדות הפנימית:

הקיבול הכללי:

ב. סרטוט המעגל אחרי חיבור העומס:

$$I = \frac{U}{r_T + R_L} = \frac{12}{8 + 16} = 0.5A$$

$$P_L = I^2 \cdot R_L = 0.5^2 \cdot 16 = 4W$$

הספק העומס:

$$P_T = I_T \cdot U_T = 0.5 \cdot 12 = 6W$$

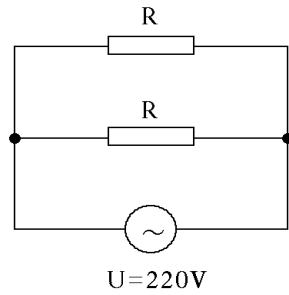
ג. הנצילות:

$$\eta = \frac{P_L}{P_{in}} \cdot 100 = \frac{4}{6} \cdot 100 = 66.6\%$$

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{60}{0.5} = 120H$$

ד. זמן העבודה:

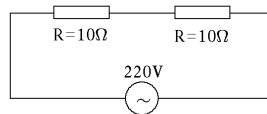
פתרון שאלה 5



חשב:	נתון:
$P = ?$ טורי	$U = 220V$
	$P = 9680W$ מקבילי

$$P = \frac{9680}{2} = 4840W$$

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{4840} = 10\Omega$$



הספק כל גוף חימום:

התנגדות כל גוף חימום:

המעגל הטורי החדש:

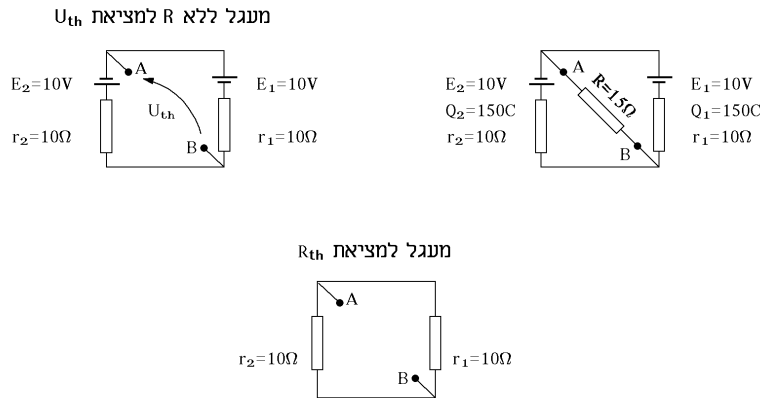
$$R_T = R + R = 10 + 10 = 20\Omega$$

$$P_T = \frac{U^2}{R} = \frac{220^2}{20} = 2420W$$

ההתנגדות הכללית של המעגל (תנור):

ההספק החדש של המעגל (תנור):

פתרון שאלה 6



$$I = \frac{E_1 + E_2}{r_1 + r_2} = \frac{10 + 10}{10 + 10} = 1A$$

א. נבחר בשיטת טוונין:

$$U_{AB} = U_{th} = E_1 - I \cdot r_1 = 10 - 1 \cdot 10 = 0V$$

$$R_{th} = r_1 \parallel r_2 = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5\Omega$$

כיוון שמתח טוונין $U_{th}=0V$, לא יזרום זרם דרך R ולא יתפתח הספק.

$$P_R = 0[W]$$

$$I = 1A$$

ב. הנגד אינו משפיע על המעגל המקורי:

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{150}{1} = 150 \text{ sec} = 2.5 \text{ min}$$

ג.

$$P_{E_1} = P_{E_2} = I \cdot E_1 = 1 \cdot 10 = 10[W]$$

$$P_{r_1} = P_{r_2} = I^2 \cdot r_1 = I^2 \cdot 10 = 10[W]$$

ד. ההספק מתפזר על התנגדות הפנימית של הסוללה:

פתרון שאלה 7

חשב:

נתון:

$I = ?$.א $U = 250V$

$\Delta P = ?$ ב $P_i = 60W$

$\eta = ?$ ג $n = 10$

$l = 100m$

$\rho = 0.018 \frac{\Omega mm^2}{2}$

$A = 1.8mm^2$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

.א

מנורה $R = \frac{U^2}{P} = \frac{250^2}{60} = 1041.67\Omega$

מנורות $R_T = \frac{R}{10} = \frac{1041.67}{10} = 104.167\Omega$

מוליכים $R = \frac{2\rho l}{A} = \frac{2 \cdot 0.018 \cdot 100}{1.8} = 2\Omega$

$R_T =$ מנורות $R_T +$ מוליכים $R = 104.17 + 2 = 106.167\Omega$

$$I = \frac{U}{R_T} = \frac{250}{106.167} = 2.35A$$

בקווים $P_{\Delta} = I^2 \cdot R = 2.35^2 \cdot 2 = 11W$

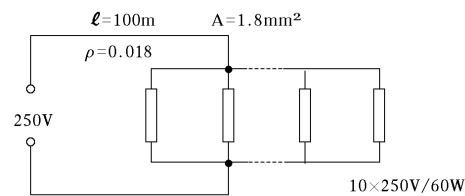
.ב

מנורות $P_{out} = I^2 \cdot R_T = 2.35^2 \cdot 104.167 = 575.3W$

.ג

$$P_{in} = U \cdot I = 250 \cdot 2.35 = 587.5W$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100 = \frac{575.3}{587.5} \cdot 100 = 97.92\%$$



פתרון שאלה 8

חשב:	נתון:
$t = ?$	$P = 3KW$
	$m = 150Kg = 150,000gr$
	$\Delta T = T_2 - T_1 = 75 - 15 = 60^\circ C$
	$\eta = 0.7$

$$\square t = \frac{mc\Delta T}{0.24 \cdot P \cdot \eta} = \frac{150,000 \cdot 60}{0.24 \cdot 3000 \cdot 0.7} = 17,857(\text{sec}) = 4 \text{ ש} 57' 37''$$

גוף החימום יתחמם תוך 4 שעות, 57 דקות ו-37 שניות.

פתרון שאלה 9

חשב:	נתון:
תשלום חודשי = ?	$P_{out} = 3.5KW$
	$\eta = 0.8$
	25 אג' $\cdot 1KWh = \text{מחיר}$
	$t = 10h = \text{זמן עבודה יומי}$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{3500}{0.8} = 4375W = 4.375KW$$

$$W = P_{in} \cdot t = 4.375 \cdot 1 = 4.375KWh$$

לשעה:

$$4.375 \cdot 0.25 =_{\text{ש"ח}} 1.09$$

תשלום לשעה:

$$W = P_{in} \cdot t = 4.375 \cdot 300 = 1312.5KWh$$

לחודש:

$$1312.5 \cdot 0.25 =_{\text{ש"ח}} 328.12$$

תשלום לחודש:

פתרון שאלה 10

חשב:

נתון:

$$R = ? \quad m = 120 \text{Kg} = 120,000 \text{gr}$$

$$C = 1 \text{cal} / \text{gr} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 70 - 20 = 50^\circ\text{C}$$

$$t = 1.5 \text{h} = 1.5 \cdot 3600 = 5400 \text{sec}$$

$$\eta = 0.8$$

$$U = 220 \text{V}$$

$$mC\Delta T = 0.24P \cdot t \cdot \eta$$

$$P = \frac{mC\Delta T}{0.24 \cdot t \cdot \eta} = \frac{120,000 \cdot 50}{0.24 \cdot 5400 \cdot 0.8} = 5787 \text{W}$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{5787} = 8.36 \Omega$$

פתרון שאלה 11

חשב:

נתון:

א. $P = ?$ טורי

$U = 250V$

ב. $P' = ?$

$P = 100W$

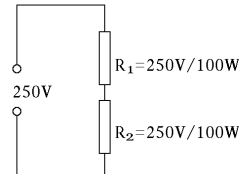
$U' = 220V$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

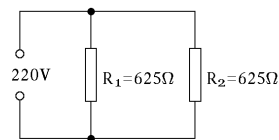
$$R_1 = R_2 = \frac{U^2}{P} = \frac{250^2}{100} = 625\Omega$$

$$R_{1,2} = R_1 + R_2 = 1250\Omega$$

$$P_{1,2} = \frac{U^2}{R_{1,2}} = \frac{250^2}{1250} = 50W$$



א.



ההספק של כל נורה יהיה 25W במקום 100W.

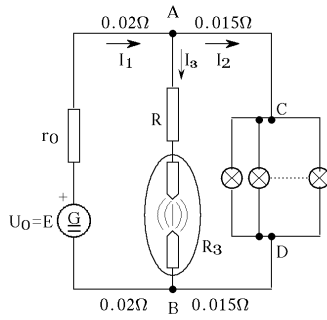
$$P_1 = P_2 = \frac{P_{1,2}}{2} = \frac{50}{2} = 25W$$

$$P_1 = P_2 = \frac{U'^2}{R_1} = \frac{220^2}{625} = 77.44W$$

ב.

$$P_{1,2} = P_1 + P_2 = 77.44 + 77.44$$

$$P_{1,2} = 154.88W$$



פתרון שאלה 12

נתון:

חשב:

$R = ?$ א.

$R_3 = 4\Omega$

ב. מספר הנורות $n = ?$

$U_0 = E = 115V$

$r_0 = 0.1\Omega$

$R_{\text{נרה}} = 205.59\Omega$

$I_1 = 50A$ (מחולל)

$I_2 = 40A$

$U_{AB} = U_0 - I_1(r_0 + 0.02 + 0.02) = 115 - 50 \cdot 0.14 = 108V$

א.

$I_3 = I_1 - I_2 = 50 - 40 = 10A$

$R + R_3 = \frac{U_{AB}}{I_3} \Rightarrow R = \frac{U_{AB}}{I_3} - R_3 = \frac{108}{10} - 4 = 6.8\Omega$

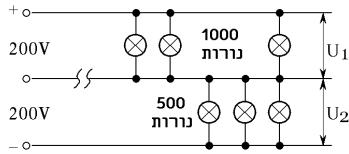
$U_{CD} = U_{AB} - I_2(0.015 + 0.015) = 108 - 40 \cdot 0.03 = 106.8V$

ב.

$R_{T \text{ נרות}} = \frac{U_{CD}}{I_2} = \frac{106.8}{40} = 2.67\Omega$

$\frac{R_{\text{נרה}}}{n} = R_{T \text{ נרות}} \Rightarrow n = \frac{R_{\text{נרה}}}{R_{T \text{ נרות}}} = \frac{205.59}{2.67} = 77$

מספר הנורות:



פתרון שאלה 13

נתון:

חשב:

$U_1, U_2 = ?$ במצב נתק

$$U = 2 \times 200V$$

$$P = 30W \text{ נורה}$$

הספקה הנקוב של כל נורה שווה. לפיכך, גם ההתנגדויות שוות. בקבוצה העליונה מספר הנורות הוא פי שניים ממספר הנורות בקבוצה התחתונה. לפיכך, התנגדות הקבוצה העליונה היא חצי מהתנגדות הקבוצה התחתונה.

אם קורה נתק בתיל האמצעי, שתי הקבוצות מחוברות בטור ביניהן למתח $400V$.

מתח זה מתחלק ביניהן ביחס להתנגדויות.

לפיכך המתח על פני הקבוצה העליונה יהיה מחצית המתח על-פני הקבוצה התחתונה.

$$U_1 = \frac{1}{2} \cdot U_2$$

$$U_1 + U_2 = 400$$

$$\frac{1}{2}U_2 + U_2 = 400$$

$$\frac{U_2 + 2U_2}{2} = 400$$

$$\frac{3 \cdot U_2}{2} = 400$$

$$U_2 = \frac{2 \cdot 400}{3} = 266.67V$$

$$U_1 = \frac{U_2}{2} = \frac{266.67}{2} = 133.33V$$

פתרון שאלה 14

נתון:

מתח עבודה

$$U_2 = 230V$$

הספק מכשיר החימום

$$U_1 = 24V$$

במתח

$$P_1 = 60W$$

הוא:

$$I_n = 15A \quad \text{הזרם הנומינלי של הנת"ך:}$$

חשב:

האם ניתן לחבר את מכשיר החימום למעגל המובטח

ב-15A?

בהנחה כי ההתנגדות החשמלית של מכשיר החימום קבועה ואינה משתנה למעשה, עקב שינוי

הטמפרטורה, נוכל לרשום את ההספק במתח $U_1 = 24V$.

$$1. \quad P_1 = \frac{U_1^2}{R}$$

$$2. \quad P_2 = \frac{U_2^2}{R}$$

ההספק במתח $U_2 = 230V$:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{U_2^2}{R}}{\frac{U_1^2}{R}} = \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2$$

נחלק את שני ההספקים זה בזה ונקבל:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 = 60 \left(\frac{230}{24}\right)^2 = 5510W$$

ומכאן, ההספק (P_2) במתח $230V$ הוא:

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{5510}{230} = 23.96A > 15A$$

הזרם העובר דרך מכשיר זה:

מסקנה: אין לחבר את המכשיר למעגל המובטח ב-15A, מפני שזרם I_2 עולה על הזרם המותר.

פתרון שאלה 15

נתון:

חשב:

$$P_{2(HP)} = ? \quad \text{א. משאבה}$$

$$P_1 = ? \quad \text{ב. מנוע}$$

$$V = 4000l \Rightarrow F = 4000kg$$

$$\gamma = 1 \frac{kg}{l}$$

$$t = 1_{דקה}$$

$$S = 7 + 18 = 25m$$

$$\eta_{L1} = 85\%$$

$$\eta_{2 \text{ משאבה}} = 80\%$$

$$P_2 = \frac{F \cdot S}{t} = \frac{4000 \cdot 25}{60} = 1667 \frac{kgm}{s} = \frac{1667}{75} HP = 22.22HP \quad \text{א. משאבה:}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{22.22}{0.85 \cdot 0.8} = 32.68HP = 32.68 \cdot 0.736 = 24.052KW \quad \text{ב. מנוע:}$$

$$1HP = 75 \frac{kgm}{s} = 0.736KW \quad \text{הערה:}$$

פתרון שאלה 16

נתון:

חשב:

$$P_1 = ? \quad F = 2000 \text{ Kg}$$

$$P_2 = ? \quad S = 7.65 \text{ m}$$

$$t = 1 \text{ min}$$

$$\eta = 50\%$$

$$P_1 = \frac{F \cdot S}{t} = \frac{2000 \cdot 7.65}{60} = 255 \frac{\text{Kgm}}{\text{s}}$$

$$P_2 = \frac{P_1}{\eta} = \frac{255}{0.5} = 510 \frac{\text{Kgm}}{\text{s}} = \frac{510}{75} \text{ HP} = 6.8 \text{ HP}$$

פתרון שאלה 17

נתון:

חשב:

$$P_1 = ? \quad \text{גוף חימום} \quad m = 120 \text{ l}$$

$$C = 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\theta_1 = 15^\circ\text{C}$$

$$\theta_2 = 65^\circ\text{C}$$

$$t = 5 \text{ שעות}$$

$$\eta = 80\%$$

$$\eta = \frac{mc(\theta_2 - \theta_1)}{0.24 P_1 \cdot t}$$

$$P_1 = \frac{mc(\theta_2 - \theta_1)}{\eta \cdot 0.24 \cdot t} = \frac{120000 \cdot 1(65 - 15)}{0.24 \cdot 0.8 \cdot 5 \cdot 3600} = 1736 \text{ W} = 1.736 \text{ kW}$$

פתרון שאלה 18

חשב:		נתון:	
$W = ?$	א. האנרגיה	$K = \frac{n}{KWh} 600$	
$Q_2 = ?$	ב. כמות החום המתפתחת במשך החימום	$t = 10 \text{ min}$	דקות
$Q_1 = ?$	ג. כמות החום המושקעת	$m = 2; l = 2 \text{ Kg}$	מים
$\eta = ?$	ד. נצילות	$\theta_1 = 10^\circ C$	
		$\theta_2 = 100^\circ C$	
		$N = 144$	סיבובים

א. את צריכת האנרגיה נוכל לקבל לפי היחס: $1KWh$ 600 סיבובים

W 144 סיבובים

$$W = \frac{1 \cdot 144}{600} = 0.24 KWh = 0.24 \cdot 3.6 \cdot 10^6 = 864 \cdot 10^6 \text{ joule}$$

ב. כמות החום המושקעת: $Q_1 = 0.24 \cdot W = 0.24 \cdot 864 \cdot 10^3 = 207.36 Kcal$

ג. כמות החום שבחימום המים: $Q_2 = mc(\theta_2 - \theta_1) = 2 \cdot 1 \cdot (100 - 10) = 180 Kcal$

ד. $\eta = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{180}{207.36} = 0.868$

פתרון שאלה 19

חשב:

נתון:

 $R = ?$

מלחם חשמלי

$$m = 10gr$$

$$t = 30sec$$

$$\theta_2 = 250^\circ C$$

$$\eta = 90\%$$

$$C = 0.092 \frac{Kcal}{Kg \cdot ^\circ C}$$

$$\theta_1 = 25^\circ C$$

$$U = 115V$$

$$\eta = \frac{mc(\theta_2 - \theta_1)}{0.24 \cdot \frac{U^2}{R} \cdot t}$$

$$R = \frac{\eta \cdot 0.24 \cdot U^2 \cdot t}{mc \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{0.9 \cdot 0.24 \cdot 115^2 \cdot 30}{10 \cdot 0.092 \cdot (250 - 25)} = 414 \Omega$$

פתרון שאלה 20

נתון:

חשב:

$$P = ? \quad m = 1200 \text{ Kg}$$

כמות קיטור

$$Q = 661.5 \text{ Kcal}$$

קיטור 1 Kg

$$t = 24 \text{ h}$$

$$\eta = 95\%$$

נצילות מתקן הקיטור

$$Q_2 = 1200 \cdot 661.5 = 793.8 \cdot 10^3 \text{ Kcal} \quad \text{כמות החום הנדרשת עבור ייצור הקיטור ללא הפסדי חום:}$$

כמות החום הנדרשת כולל הפסדי חום

$$Q_1 = \frac{Q_2}{\eta} = \frac{793.8 \cdot 10^3}{0.95} = 835.58 \cdot 10^3 \text{ Kcal} = 835.58 \cdot 10^6 \text{ cal}$$

$$W = \frac{Q_1}{0.24} = \frac{835.58 \cdot 10^6}{0.24} = 3.482 \cdot 10^9 \text{ j}$$

האנרגיה החשמלית הנדרשת:

$$t =_{\text{שעות}} 24 \cdot 3600 = 86.4 \cdot 10^3 \text{ sec}$$

הזמן הדרוש לייצור הקיטור ב-Sec:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{3.482 \cdot 10^9}{86.4 \cdot 10^3} = 40.3 \cdot 10^3 \text{ W} = 40.3 \text{ KW}$$

ההספק החשמלי:

פתרון שאלה 21

חשב:

 $R = ?$

נתון:

מלחם חשמלי

$$m = 20 \text{ gr}$$

$$t = 30 \text{ sec}$$

$$\theta_2 = 250^\circ\text{C}$$

$$\eta = 90\%$$

$$C = 0.092 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\theta_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$U = 230\text{V}$$

$$\eta = \frac{mc(\theta_2 - \theta_1)}{0.24 \cdot \frac{U^2}{R} \cdot t}$$

$$R = \frac{\eta \cdot 0.24 \cdot U^2 \cdot t}{mc \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{0.9 \cdot 0.24 \cdot 230^2 \cdot 30}{20 \cdot 0.092 \cdot (250 - 20)} = 810 \Omega$$

פתרון שאלה 22

נתון:

חשב:

$$\frac{P_1}{P_2} = ?$$

הנתונים מופיעים באיור.

$$R_{T_1} = 2R$$

כאשר המפסק סגור:

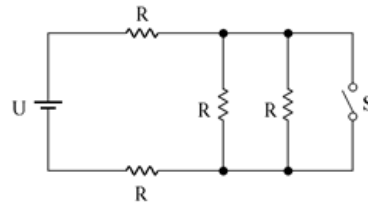
$$R_{T_2} = 2.5R$$

כאשר המפסק פתוח:

$$P_1 = \frac{U^2}{2R}$$

$$P_2 = \frac{U^2}{2.5R}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{U^2}{2R}}{\frac{U^2}{2.5R}} = 1.25$$



פתרון שאלה 23

נתון:

חשב:

$$R = ?$$

מלחם חשמלי:

$$m = 15 \text{ gr}$$

$$t = 40 \text{ sec}$$

$$\theta_2 = 250^\circ\text{C}$$

$$\eta = 88\%$$

$$C = 0.092 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\theta_1 = 22^\circ\text{C}$$

$$U = 230\text{V}$$

$$\eta = \frac{mc(\theta_2 - \theta_1)}{0.24 \cdot P \cdot t}$$

$$\eta = \frac{mc(\theta_2 - \theta_1)}{0.24 \cdot \frac{U^2}{R} \cdot t}$$

$$R = \frac{\eta \cdot 0.24 \cdot U^2 \cdot t}{mc \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{0.88 \cdot 0.24 \cdot 230^2 \cdot 40}{15 \cdot 0.092 \cdot (250 - 22)} = 1420\Omega$$

פתרונות לפרק 4

פתרון שאלה 2

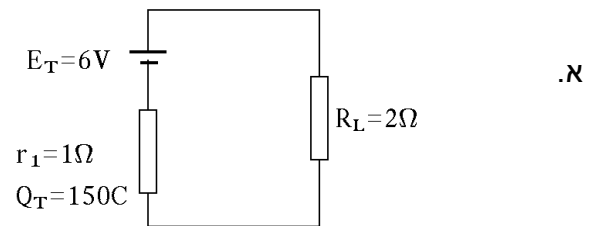
נתון:	חשב:
$E = 3V$	א. $E_T = ?$
$r = 1.5\Omega$	ב. $I = ?$
$Q = 50C$	ג. $U = ?$
$R_L = 2\Omega$	ד. $t = ?$

:6

$$E_T = 2E_1 = 2 \cdot 3 = 6V$$

$$r_T = \frac{2 \cdot r_1}{3} = \frac{2 \cdot 1.5}{3} = 1\Omega$$

$$Q_T = 3 \cdot Q_1 = 3 \cdot 50 = 150C$$



$$I = \frac{E_T}{R_L + r_T} = \frac{6}{1 + 2} = 2A$$

$$U = I \cdot R_L = 2 \cdot 2 = 4V$$

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{150}{2} = 75 \text{ sec}$$

פתרון שאלה 3

חשב: | נתון:

$$\left\{ \begin{array}{l} U = ? \\ R_{L_1} = 3\Omega \end{array} \right. \cdot \text{א.}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{L_2}, I_2 = ? \\ P_{\max} = ? \end{array} \right. \cdot \text{ב.}$$

$$\frac{P_{L_2}}{P_{L_1}} = ? \cdot \text{ג.}$$

$$E_1 = 1.5V$$

$$r_1 = 0.2\Omega$$

$$n = 6$$

$$E_T = 3 \cdot E_1 = 3 \cdot 1.5 = 4.5V$$

$$r_T = \frac{3 \cdot r_1}{2} = \frac{3 \cdot 0.2}{2} = 0.3\Omega$$

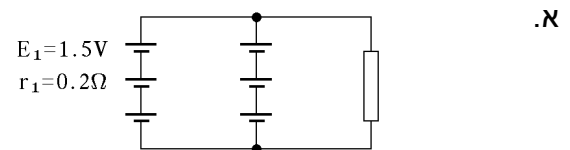
$$I_1 = \frac{E_T}{R_{L_1} + r_T} = \frac{4.5}{3 + 0.3} = 1.36A$$

$$U = I \cdot R_L = 1.36 \cdot 3 = 4.09V$$

$$R_{L_2} = r_T = 0.3\Omega$$

$$I_2 = \frac{E}{R_L + r_T} = \frac{4.5}{0.3 + 0.3} = 7.5A$$

$$\frac{P_{L_2}}{P_{L_1}} = \frac{I_2^2 \cdot R_{L_2}}{I_1^2 \cdot R_{L_1}} = \frac{7.5^2 \cdot 0.3}{1.36^2 \cdot 3} = \frac{16.875}{5.5488} = 3$$



ב. לקבלת הספק מקסימלי עליו מהסוללות:

ג.

פתרון שאלה 4

חשב:	נתון:
א. $n = ?$	$R = 17.4\Omega$
ב. $\eta = ?$	$E_1 = 1.5V$
	$r_1 = 0.05A$
	$I = 6A$

$$nE_1 = nI r_1 + IR$$

א. מנוסחת עוצמת הזרם $I = \frac{nE_1}{n \cdot r_1 + R}$, נחלץ את n :

$$n(E_1 - I r_1) = I \cdot R$$

$$n = \frac{IR}{E_1 - I \cdot r_1} = \frac{6 \cdot 17.4}{1.5 - 6 \cdot 0.05} = 87$$

$$\eta = \frac{I \cdot R}{n \cdot E_1} \cdot 100 = \frac{104.4}{87 \cdot 1.5} \cdot 100 = 80\%$$

ב.

פתרון שאלה 5

חשב:	נתון:
א. $s = ?$ $p = ?$	$n = 64$ $E_1 = 1.5V$
ב. I_{\max}	$r_1 = 0.2\Omega$ $R = 0.8\Omega$

$$\begin{cases} 1) \frac{s \cdot r_1}{p} = R \\ 2) n = s \cdot p \end{cases}$$

א. התנאי להספקת זרם מירבית:

p – מספר הענפים

s – מספר התאים בטור בכל ענף

$$\frac{0.2 \cdot s}{p} = 0.8$$

$$64 = s \cdot p$$

$$p = \frac{0.2 \cdot s}{0.8} = 0.25 \cdot s$$

$$64 = s \cdot (0.25 \cdot s) = 0.25 \cdot s^2$$

$$s^2 = \frac{64}{0.25} = 256$$

$$s = \sqrt{256} = 16$$

$$p = 0.25 \cdot s = 0.25 \cdot 16 = 4$$

קבלני סוללה בעלת 4 טורים מחוברים במקביל. בכל טור 16 תאים.

$$I_{\max} = \frac{sE_1}{\frac{sr_1}{p} + R} = \frac{16 \cdot 1.5}{\frac{16 \cdot 0.2}{4} + 0.8} = \frac{24}{0.8 + 0.8} = 15A \quad \text{ב.}$$

פתרון שאלה 6

נתון:

$U_n = 12V$ (נורה)

$P_n = 60W$ (נורה)

הנתונים שלהלן מתאימים

לתא אחד:

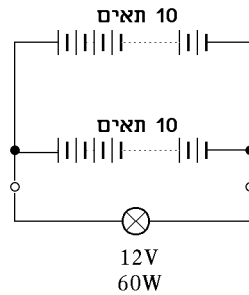
$E_1 = 1.5V$

$r_1 = 0.12\Omega$

$I_1 = 2.5A$

חשב:

באיזו צורה נחבר את התאים ומה מספרם n ?



הזרם בתא ובענף:

מספר הענפים שיחוברו במקביל הוא:

בכל ענף s תאים בטור, כאשר בענף עובר זרם של

$n = s \cdot p = 10 \cdot 2 = 20$ סך כל התאים:

$$I_{ענף} = \frac{P_n}{U_n} = \frac{60}{12} = 5A$$

2.5A

$$p = \frac{I}{2.5} = \frac{5}{2.5} = 2$$

$$U = s \cdot E_1 - s \cdot r_1 \cdot I_{ענף} \quad I \quad 2.5A$$

$$12 = s \cdot 1.5 - s \cdot 0.12 \cdot 2.5 = s(1.5 - 0.3) = 1.2 \cdot s$$

$$s = \frac{12}{1.2} = 10$$

פתרון שאלה 7

חשב:	נתון:
א. $E = ?$	$n = 100$
ב. $U = ?$	$n_s = 50$
ג. $R_p = 100K\Omega$	$n_p = 2$
$U_{FS} = 10V$	$E_i = 2V$
	$r_i = 0.01\Omega$
ד. $R_L = ?$	$R_L = 249.75\Omega$
$P_L = P_{max}$	

א. מתח הדקי הסוללה לפני חיבור העומס: $E = n_s \cdot E_i = 50 \cdot 2 = 100V$

ב. $r = \frac{r_i \cdot n_s}{n_p} = \frac{0.01 \cdot 50}{2} = 0.25\Omega$

$$R_T = R_L + r = 249.75 + 0.25 = 250\Omega$$

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{100}{250} = 0.4A$$

מתח הדקי הסוללה לאחר חיבור העומס: $U = E - I \cdot r = 100 - 0.4 \cdot 0.25 = 99.9V$

ג. כדי להרחיב את תחום המדידה של המודד למדידת 100V יש להוסיף נגד כופל טורי שיפיל

עליו מתח של 90V.

$$R_m = \frac{90}{I_m} = \frac{90}{\frac{10}{100 \cdot 10^3}} = \frac{90 \cdot 100 \cdot 10^3}{10} = 900K\Omega$$

ד. התנאי לקבלת הספק מקסימלי הוא ש- $r = R_L$, ולכן: $R_L = 0.25\Omega$

פתרון שאלה 8

נתון:	חשב:
מס' תאים	$n \cdot m = 72$
	$E_0 = 1.5V$
	$r_0 = 0.12\Omega$
	$R = 0.54\Omega$
	$P_R, P_E = ?$
	$\eta = ?$

$$\frac{n}{m} = \frac{R}{r_0} = \frac{0.54}{0.12} = 4.5 \quad .א$$

$$n = 4.5m$$

$$n \cdot m = 72$$

$$4.5m^2 = 72 \quad \text{נציב } 4.58m \text{ במקום } n \text{ ונקבל:}$$

$$m = \sqrt{\frac{72}{4.5}} = \sqrt{15.7} = 4$$

$$n = \frac{72}{4} = 18$$

$$I = \frac{nE_0}{\frac{n}{m}r_0 + R} = \frac{18 \cdot 1.5}{\frac{18}{4} \cdot 0.12 + 0.54} = \frac{27}{1.08} = 25A \quad .ב$$

$$P_R = I^2 \cdot R = 25^2 \cdot 0.54 = 337.5W \quad .ג$$

$$P_E = I \cdot n \cdot E_0 = 25 \cdot 18 \cdot 1.5 = 675W$$

$$\eta = \frac{P_R}{P_E} \cdot 100\% = 675 \cdot 100\% = 50\% \quad .ד$$

פתרונות לפרק 5

פתרון שאלה 2

חשב:	נתון:
א. $M = ?$	$N = 600$
ב. $H = ?$	$\mu_r = 900$
ג. $B = ?$	$I = 2A$
ד. $\Phi = ?$	$l = 400mm$ ממוצע גרעין
	$A = 2cm^2$ גרעין

א. חישוב הכוח המגנטו-מניע M (אמפר x כריכות)

$$M = N \cdot I = 600 \cdot 2 = 1200 A \cdot T$$

ב. חישוב עוצמת השדה המגנטי לפי נוסחת השטיפה.

$$NI = Hl$$

$$H = \frac{NI}{l} = \frac{1200}{400 \cdot 10^{-3}} = 3000 \left(\frac{AT}{m} \right)$$

ג. חישוב צפיפות השטף בליבה – B.

$$B = \mu \cdot H$$

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

$$\mu = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 900 = 1.1309 \cdot 10^{-3} \left(\frac{Wb}{m \cdot A \cdot T} \right)$$

$$B = 1.1309 \cdot 10^{-3} \cdot 3000 = 3.3929 \left(\frac{Wb}{m^2} \right)$$

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$$

ד. חישוב השטף המגנטי בליבה – Φ .

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

$$A = 2cm^2 = 2 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$\Phi = B \cdot A = 3.3929 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 0.678 mWb$$

פתרון שאלה 3

חשב:	נתון:
$I = ?$.א	$A = 8.4 \text{ cm}^2$
$I_2 = ?$.ב	$l = 42 \text{ cm}$
	$N = 320$
	$\phi = 5.8 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$
	$\mu_r = 1200$

$$R_m = \frac{l}{\mu \cdot A} = \frac{0.42}{1200 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 8.4 \cdot 10^{-4}} = 331572.8 \frac{\text{A} \cdot \text{T}}{\text{W}} \quad .\text{א}$$

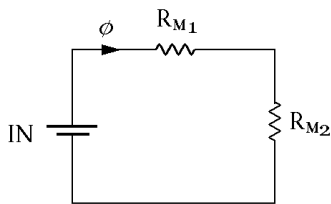
$$NI = \phi \cdot R_m$$

$$I = \frac{\phi \cdot R_m}{N} = \frac{5.8 \cdot 10^{-4} \cdot 331572.8}{320} = 0.6 \text{ A}$$

.ב. אם מספר הכריכות יקטן פי 2, נשמור על אותה עוצמת שטף כאשר נגדיל את הזרם פי 2.
 $NI = \phi \cdot R_m$

אם N קטן פי 2, נגדיל את I פי 2.

פתרון שאלה 4
נתון:



חשב:

$$R_{M1} = ?$$

$$R_{M2} = ?$$

$$\phi = ?$$

$$H_2 = ?$$

נתוני המעגל מופיעים באיור.

$$R_{M1} = \frac{L_1}{\mu_0 \mu_r A} = \frac{0.4}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 200 \cdot 5 \cdot 10^{-4}} = 3,183,098.9 \frac{AT}{Wb} \quad .א$$

$$R_{M2} = \frac{L_2}{\mu_0 \cdot A} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^{-4}} = 3,183,098.9 \frac{AT}{Wb} \quad .ב$$

$$\phi = \frac{N \cdot I}{R_{MT}} \quad .ג$$

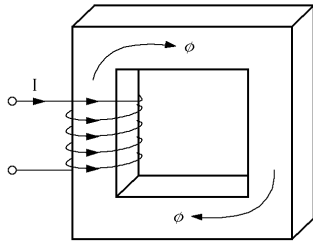
$$R_{MT} = 6,366,197.7 \frac{AT}{Wb}$$

$$\phi = \frac{N \cdot I}{R_{MT}} = \frac{250 \cdot 4}{6,366,197.7} = 1.57 \cdot 10^{-4} Wb = 157 \mu Wb$$

$$H_2 = \frac{B}{\mu} = \frac{B}{\mu_0} \quad .ד$$

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{1.57 \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 10^{-4}} = 0.314 \frac{Wb}{m^2}$$

$$H_2 = \frac{B}{\mu_0} = \frac{0.314}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 250,000 \frac{AT}{m}$$



פתרון שאלה 5

נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור.

חשב:

א. $\phi = ?$

ב. מהו כיוון השטף?

א.
$$\phi = \frac{IN}{R_M}$$

$$R_M = \frac{l}{\mu_0 \mu_r \cdot A} = \frac{0.05 \cdot 4}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 1000 \cdot 10^{-4}} = 1591549.4 \left[\frac{AT}{Wb} \right]$$

$$\phi = \frac{IN}{R_M} = \frac{2 \cdot 500}{1591549.4} = 0.63mWb$$

ב. לפי חוק יד ימין האצבעות עם כיוון הזרם בליפופים והאגודל מראה את כיוון השטף.

פתרון שאלה 6

נתון:

$\phi = 0.2mWb$

$r = 20cm$

$A = 3cm^2$

$l_0 = 2mm$

$\mu_r = 500$

$I = 5A$

חשב:

$N = ?$

ברגל $l = 2\pi r - l_0 = 2 \cdot \pi \cdot 0.2 - 2 \cdot 10^{-3} = 1.2546m$

ברגל $R_M = \frac{l}{\mu_0 \mu_r A} = \frac{1.2546}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 500 \cdot 3 \cdot 10^{-4}} = 6,655,859.7 \frac{AT}{Wb}$

אוויר $R_{M0} = \frac{l_0}{\mu_0 A} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{4\pi 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^{-4}} = 5305164.8 \frac{AT}{Wb}$

$$\phi = \frac{N \cdot I}{R_{MT}}$$

$$N = \frac{\phi \cdot R_{MT}}{I} = \frac{0.2 \cdot 10^{-3} \cdot 11,961,024}{5} = 478[T]$$
 כריכות

פתרון שאלה 7

חשב:	נתון:
$\phi, H_1, H_2 = ?$.א	$\mu_r = 1250$
$\begin{cases} F = ? \\ I = 20A \end{cases}$.ב	$N = 1200T$
	$I = 25mA$

$$\phi = \frac{N \cdot I}{R_{M_1} + R_{M_2}} = \frac{N \cdot I}{\frac{l_1}{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot A} + \frac{l_2}{\mu_0 \cdot A}} \quad .א$$

$$l_1 = 92 \cdot 2 + 72 + 62 = 318mm = 0.318m$$

$$l_2 = 10mm = 0.01m$$

$$A = 8 \cdot 10 = 80mm^2 = 80 \cdot 10^{-6} m^2$$

$$\phi = \frac{1200 \cdot 0.025}{\frac{0.318}{1250 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 80 \cdot 10^{-6}} + \frac{0.01}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 80 \cdot 10^{-6}}} =$$

$$\phi = \frac{1200 \cdot 0.025}{\frac{0.318 + 1250 \cdot 0.01}{1250 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 80 \cdot 10^{-6}}} = 294.11nWb$$

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{294.11 \cdot 10^{-9}}{80 \cdot 10^{-6}} = 3.6764 \cdot 10^{-3} \frac{Wb}{m^2}$$

$$H_1 = \frac{B}{\mu_r \cdot \mu_0} = \frac{3.6764 \cdot 10^{-3}}{1250 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 2.34 \frac{AT}{m}$$

$$H_2 = \frac{B}{\mu_0} = \frac{3.6764 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 2925.573 \frac{AT}{m}$$

$$F = B \cdot I \cdot l = 3.6764 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 0.008 = 0.588 \cdot 10^{-3} N = 588\mu N \quad .ב$$

פתרון שאלה 8

חשב:	נתון:
$\phi = ?$.א	$N = 1000T$
$B = ?$.ב	$D_1 = 25cm$
$H = ?$.ג	$D_2 = 15cm$
	$\mu_r = 800$
	$I = 0.5A$

$$\phi = \frac{NI}{R_m} = \frac{N \cdot I}{\frac{l}{\mu_r \cdot \mu_0 A}} = \frac{N \cdot I \cdot \mu_r \cdot \mu_0 \cdot A}{l} \quad .א$$

$$l = \pi \cdot D_m = \pi \frac{D_1 + D_2}{2} = \pi \frac{25 + 15}{2} = 62.83cm$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad ; \quad d = \frac{D_1 - D_2}{2} = \frac{25 - 15}{2} = 5cm$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 5^2}{4} = 19.625cm^2 = 19.635 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$\phi = \frac{1000 \cdot 0.5 \cdot 800 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 19.635 \cdot 10^{-4}}{0.6283} = 1.57 \cdot 10^{-3} Wb = 1.57mWb$$

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{1.57 \cdot 10^{-3}}{19.635 \cdot 10^{-4}} = 0.8 \frac{Wb}{m^2} \quad .ב$$

$$H = \frac{B}{\mu_r \cdot \mu_0} = \frac{0.8}{800 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 796 \frac{AT}{m} \quad .ג$$

פתרון שאלה 9

חשב:	נתון:
$\Phi = ?$	$l_1 = 20cm$
	$l_2 = 0.2cm$
	$A = 3.5cm^2$
	$N = 500$
	$I = 1A$
	$\mu = 200$

$$\Phi = \frac{M}{R_m} = \frac{M}{R_{m1} + R_{m2}}$$

כאשר R_{m1} הוא המיאון של גרעין הברזל ו- R_{m2} הוא המיאון של חריץ האוויר.

$$R_{m1} = \frac{l_1}{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot A} = \frac{20 \cdot 10^{-2}}{200 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3.5 \cdot 10^{-4}} = 2.27 \cdot 10^6 \frac{AT}{Wb}$$

$$R_{m2} = \frac{l_2}{\mu_0 \cdot A} = \frac{0.2 \cdot 10^{-2}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3.5 \cdot 10^{-4}} = 4.55 \cdot 10^6 \frac{AT}{WB}$$

$$\Phi = \frac{M}{R_m} = \frac{N \cdot I}{R_{m1} + R_{m2}} = \frac{NI}{2.27 \cdot 10^6 + 4.55 \cdot 10^6} = 7.33 \cdot 10^{-5} Wb$$

פתרון שאלה 10

נתון:

חשב:

$$B = ? \quad \begin{array}{l} M = 0.3mj = 0.3 \cdot 10^{-3} \text{ j} \\ I = 0.4A \\ l = 3cm = 0.03m \\ D = 5cm = 0.05m \\ N = 25 \end{array}$$

$$M = NBIID$$

$$B = \frac{0.3 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 0.4 \cdot 0.03 \cdot 0.05} = 0.02 \frac{Wb}{m^2}$$

פתרון שאלה 11

נתון:

חשב:

$$F = ? \quad \begin{array}{l} R = 0.5m\Omega \\ F_K = ? \quad D = 20cm = 0.2m \\ l = 1m \\ P = 88KW \\ U = 220V \\ \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \end{array}$$

$$I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{88 \cdot 10^3}{220} = 400A$$

$$I_K = \frac{U}{2R}$$

$$I_K = \frac{220}{2 \cdot 0.5 \cdot 10^{-3}} = 220 \cdot 10^3 A$$

$$F = \frac{\mu_0 \cdot I^2 l}{2\pi D} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot I^2 \cdot l}{2\pi D} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot I^2 \cdot l}{D}$$

$$F = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{400^2 \cdot 1}{0.2} = 0.16N$$

$$F_K = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{(220 \cdot 10^3)^2}{0.2} = 48400N$$

פתרון שאלה 12

נתון:

חשב:

$$L = ? \quad A = 2 \cdot 2 \text{ cm} = 4 \text{ cm}^2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\mu_r = 1200$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$$

$$D_1 = 8 \text{ cm}$$

$$D_2 = 12 \text{ cm}$$

$$N = 1600$$

$$L = \frac{N^2}{R_m}$$

$$R_m = \frac{l}{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot A}$$

$$l = \pi \cdot \frac{D_1 + D_2}{2}$$

$$R_m = \frac{\pi \cdot (D_1 + D_2)}{2\mu_r \cdot \mu_0 \cdot A}$$

$$L = \frac{2\mu_r \cdot \mu_0 \cdot A \cdot N^2}{\pi \cdot (D_1 + D_2)} = \frac{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1200 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 1600^2}{\pi \cdot (0.12 + 0.08)} = 4.915 \text{ H}$$

פתרון שאלה 13

נתון:

חשב:

$$E = ? \quad L = 12 \text{ mH}$$

$$\Delta I = 30 \text{ A}$$

$$\Delta t = 0.01 \text{ sec}$$

$$E = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -12 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{30}{0.01} = -36 \text{ V}$$

פתרון שאלה 14

חשב:	נתון:
$f = ?$.א	$P = 1$
$T = ?$.ב	$B_m = 1.2 \frac{Wb}{m^2}$
$\omega = ?$.ג	$D = 20cm$
$E_m = ?$.ד	$l = 30cm$
$e = f(\omega t) = ?$.ה	$N = 35$
	$n = 3000rpm$

$$f = \frac{Pn}{60} = \frac{1 \cdot 3000}{60} = 50Hz \quad .א$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02sec \quad .ב$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 = 314 \frac{rad}{sec} \quad .ג$$

$$E_m = 2NB_m lV \quad .ד$$

$$V = \frac{\pi Dn}{60}$$

$$E_m = 2NB_m l \cdot \frac{\pi Dn}{60}$$

$$E_m = \frac{\pi}{30} \cdot N \cdot n \cdot D \cdot l \cdot B_m = \frac{\pi}{30} \cdot 35 \cdot 3000 \cdot 0.2 \cdot 0.3 \cdot 1.2 = 791V$$

$$e = 791 \sin 314t \quad .ה$$

פתרון שאלה 15

חשב:

נתון:

$\mu_r = ?$

$I = 1A$

$N = 1000T$

$B = 0.5 \frac{Wb}{m^2}$

$l = 0.4\pi m$

$$H = \frac{B}{\mu_0 \cdot \mu_r}$$

$$H = \frac{I \cdot N}{l} = \frac{B}{\mu_0 \cdot \mu_r}$$

$$\frac{1 \cdot 1000}{0.4\pi} = \frac{0.5}{4\pi \cdot 10^{-7} \mu_r}$$

$$1000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \mu_r = 0.4 \cdot 0.5\pi$$

$$4000 \cdot 10^{-7} \mu_r = 0.2$$

$$\mu_r = \frac{0.2}{4000 \cdot 10^{-7}} = 500$$

פתרון שאלה 16
נתון:

חשב:

- א. $B = ?$ $\mu_r = 1500$
 ב. $F = ?$ $A = \frac{\pi \cdot 25^2}{4} \cdot 10^{-6} = 4.9 \cdot 10^{-4} m^2$
 $l_A = 3 \cdot 10^{-3} m$
 $N = 250$
 $I_1 = 0.5 A$
 $I_2 = 1.5 A$

$$D_m = \frac{2R + 2r}{2} = \frac{190 + 140}{2} = 165 mm$$

א. קוטר ממוצע:

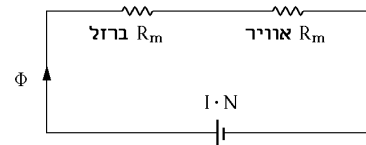
$$l_B = \pi \cdot D_m - l_A = \pi \cdot 165 - 3 = 515.36 mm = 0.515 m$$

$$R_{mT} = \frac{1}{\mu_0 \cdot A} \left(\frac{l_B}{\mu_r} + l_A \right)$$

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{N \cdot I_1}{R_{mT} \cdot A} = \frac{N \cdot I_1 \cdot \mu_0}{\frac{l_B}{\mu_r} + l_A}$$

$$B = \frac{250 \cdot 0.5 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{\frac{0.515}{1500} + 3 \cdot 10^{-3}} = \frac{1.57 \cdot 10^{-4}}{3.343 \cdot 10^{-3}} = 0.047 \frac{Wb}{m^2}$$

$$B = 0.047 \frac{Wb}{m^2} (TESLA)$$



$$F = B \cdot I_2 \cdot l \cdot \sin \alpha$$

ב.

$$l = 25 mm = 0.25 \cdot 10^{-3} m ; \alpha = 90^\circ$$

אורך המוליך הפעיל כקוטר הגרעין:

$$F = 0.047 \cdot 1.5 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 1.7625 \cdot 10^{-3} Nt$$

פתרון שאלה 17

חשב:

נתון:

$H = ? \text{ א.}$

$N = 750T$

$l_{Fe} = ? \text{ ב.}$

$\mu_r = 480$

$r_{Fe} = 1.5cm$

$A_{Cu} = 0.3mm^2$

$U = 12V$

$\phi = 1.5 \cdot 10^{-3}Wb$

$\rho = 0.018 \frac{\Omega mm^2}{m}$

$d_{Fe} = 2 \cdot r_{Fe} = 2 \cdot 1.5 = 3cm = 0.03m$

.א

$A_{Fe} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0.03^2}{4} = 7.0686 \cdot 10^{-4} m^2$

$B = \frac{\phi}{A} = \frac{1.5 \cdot 10^{-3}}{7.0686 \cdot 10^{-4}} = 2.122 \frac{Wb}{m^2}$

$H = \frac{B}{\mu} = \frac{2.122}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 480} = 3518 \frac{AT}{m}$

$R_{Cu} = \frac{\rho \cdot l_{Cu}}{A_{Cu}}$

.ב

$l_{Cu} = 750 \cdot l_{Cu1} \Rightarrow l_{Cu1} = \pi \cdot D_{Fe} = \pi \cdot 0.03 = 0.094m$

$l_{Cu} = 750 \cdot 0.094 = 70.5m$

$R_{Cu} = \frac{0.018 \cdot 70.5}{0.3} = 4.23\Omega$

$I = \frac{U}{R_{Cu}} = \frac{12}{4.23} = 2.837A$

$M = NI = 750 \cdot 2.837 = 2127.37AT$

$l_{Fe} = \frac{M}{H} = \frac{2127.75}{3518} = 0.6m$

פתרון שאלה 18

נתון:

הנתונים מופיעים

באיור

חשב:

$$\begin{cases} I = ? \\ B = 0.7 \frac{Wb}{m^2} \end{cases} \quad \text{א.}$$

$$\mu_r = ? \quad \text{ב.}$$

$$B = 0.7 \frac{Wb}{m^2} \quad \text{א. על-פי עקום המגנט נמצא את } H \text{ בעבור:}$$

$$H_2 = \frac{H_1 \cdot B_2}{B_1} = \frac{720 \cdot 0.7}{1.2} = 420 \frac{AT}{m}$$

$$D_{AV} = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{0.4 + 0.6}{2} = 0.5m \quad \text{האורך הממוצע של הגרעין (בהזנחת חריץ האוויר):}$$

$$l_{AV} = \pi D_{AV} = 0.5\pi m$$

$$B_0 = B_1 \quad \text{צפיפות השטף בגרעין שווה לצפיפות השטף בחריץ האוויר:}$$

$$H_0 = \frac{B_0}{\mu_0} = \frac{0.7}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 557042.3 \frac{AT}{m}$$

$$I \cdot N = H_1 l_1 + H_0 \cdot l_0$$

$$I = \frac{H_1 l_1 + H_0 l_0}{N} = \frac{420 \cdot 0.5\pi + 557042.3 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{1000} = 1.77A$$

$$H_1 = \frac{B}{\mu_0 \cdot \mu_r} \Rightarrow \mu_r = \frac{B}{\mu_0 \cdot H_1} \quad \text{ב.}$$

$$\mu_r = \frac{0.7}{420 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 1326.3$$

פתרון שאלה 19

חשב:

נתון:

$$\omega = ? \quad \text{א.} \quad r = 0.16m$$

$$e_{\max} = ? \quad \text{ב.} \quad A = 0.12m^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} t = ? \\ e = 0 \div e_{\max} \end{array} \right. \quad \text{ג.} \quad V = 6 \frac{m}{\text{sec}}$$

$$B = 0.06 \frac{Wb}{m^2}$$

$$\omega = \frac{V}{r} = \frac{6}{0.16} = 37.5 \frac{rad}{\text{sec}} \quad \text{א.}$$

$$e_{\max} = B \cdot A \cdot \omega = 0.06 \cdot 0.12 \cdot 37.5 = 0.27V \quad \text{ב.}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{37.5} = 0.1675\text{sec} \quad \text{ג.}$$

$$t = \frac{T}{4} = \frac{0.1675}{4} = 41.89m\text{sec}$$

המתח מגיע לערכו המרבי כעבור רבע מחזור:

פתרונות לפרק 6

פתרון שאלה 2

חשב:	נתון:
$E_1, W_1 = ?$.א	$C_1 = 240PF$
$E_2, W_2 = ?$.ב	$d_1 = 2cm$
	$U = 6000V$
	$d_2 = 1cm$

$$E_1 = \frac{U}{d_1} = \frac{6000}{2 \cdot 10^{-2}} = 300 \frac{KV}{m} \quad .א$$

$$W_1 = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{240 \cdot 10^{-12} \cdot 6000^2}{2} = 4.32 \cdot 10^{-3} J$$

$$E_2 = \frac{U}{d_2} = \frac{6000}{1 \cdot 10^{-2}} = 600 \frac{KV}{m} \quad .ב$$

$$C_1 = \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C_2 = 2 \cdot C_1 = 480 \cdot 10^{-12} F$$

$$W_2 = \frac{6000^2 \cdot 480 \cdot 10^{-12}}{2} = 8.64 \cdot 10^{-3} J$$

פתרון שאלה 3

נתון:

חשב:

א. $\tau = ?$ נתוני המעגל מופיעים באיור.

ב. $Q_1, Q_2, Q_3 = ?$

ג. דרכים להגדלת זמן הטעינה

$$R_T = R_1 \parallel R_2 + R_3 = \frac{4 \cdot 6}{4 + 6} + 3.6 = 6 \Omega$$

א. חישוב קבוע הזמן:

$$C_T = \frac{C_2 \cdot C_3}{C_2 + C_3} + C_1 = \frac{12 \mu \cdot 6 \mu}{12 \mu + 6 \mu} + 1 \mu = 5 \mu F$$

$$\tau = R_T \cdot C_T = 6 \cdot 5 \mu = 30 \mu sec$$

$$Q_1 = U \cdot C_1 = 8 \cdot 1 \mu = 8 \mu C$$

ב.

$$C_{2,3} = 4 \mu F$$

קיבול הקבלים C_2, C_3 :

$$Q_{2,3} = U \cdot C = 8 \cdot 4 \mu = 32 \mu C$$

מטען הקבלים C_2, C_3 :

ג. הפתרון הוא להגדיל את נגד הטעינה או להגדיל את הקבל, לפי הנוסחה $\tau = R \cdot C$.

היחס בין τ ו- R והיחס בין τ ו- C הוא ישר. ככל שנגדיל אחד מהם τ יגדל.

פתרון שאלה 4

נתון:

חשב:

נתוני המעגל מופיעים באיור. $C = ?$

$$C_T = \frac{(C + 10)10}{C + 10 + 10} + 20 = 26$$

$$\frac{10C + 100}{C + 20} + 20 = 26$$

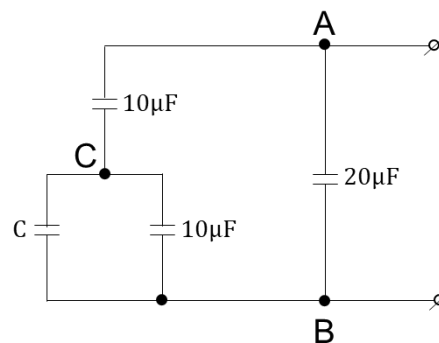
$$\frac{10C + 100}{C + 20} = 6$$

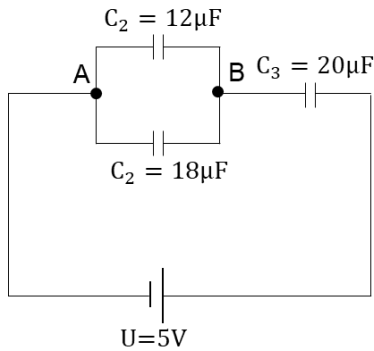
$$10C + 100 = 6(C + 20)$$

$$10C + 100 = 6C + 120$$

$$4C = 20$$

$$C = 5 \mu F$$





פתרון שאלה 5
נתון:

חשב:

- א. $C_T = ?$. נתוני המעגל מופיעים באיור.
 ב. $U_1, U_2, U_3 = ?$
 $Q_1, Q_2, Q_3 = ?$

$C_{1,2} = C_1 + C_2 = 12 + 18 = 30 \mu F$.א.

$C_T = \frac{C_{1,2} \cdot C_3}{C_{1,2} + C_3} = \frac{30 \cdot 20}{30 + 20} = 12 \mu F$

$q_T = q_3 = C_T \cdot U = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 60 \cdot 10^{-6} C$.ב.

$U_3 = \frac{q_3}{C_3} = \frac{60 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 10^{-6}} = 3V$

$U_2 = U_1 = U - U_3 = 5 - 3 = 2V$

$q_1 = U_1 \cdot C_1 = 2 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 24 \cdot 10^{-6} C$

$q_2 = U_2 \cdot C_2 = 2 \cdot 18 \cdot 10^{-6} = 36 \cdot 10^{-6} C$

פתרון שאלה 6
נתון:

חשב:

- $C_T = ?$. נתוני המעגל מופיעים באיור.

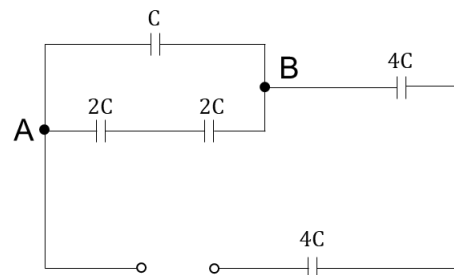
$C_T = (2C \parallel 2C + C) \parallel 4C \parallel 4C$

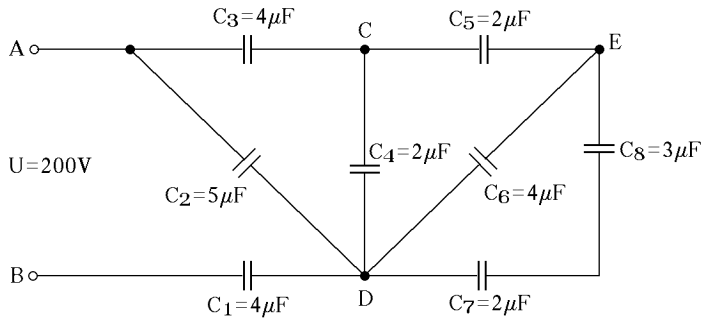
$2C \parallel 2C = \frac{2C \cdot 2C}{2C + 2C} = \frac{4C^2}{4C} = C$

$C_T = (C + C) \parallel \left(\frac{4C \cdot 4C}{4C + 4C} \right) = 2C \parallel \frac{16C^2}{8C} = 2C \parallel 2C$

$C_T = \frac{2C \cdot 2C}{2 + 2C} = \frac{4C^2}{4C} = C$

$C_T = C$





פתרון שאלה 7

חשב:
 $U_{AD} = ?$

נתון:
נתוני המעגל רשומים באיור.

$$C_{78} = \frac{2 \cdot 3}{2 + 3} = \frac{6}{5} = 1.2 \mu F$$

$$C_{678} = C_6 + C_{78} = 4 + 1.2 = 5.2 \mu F$$

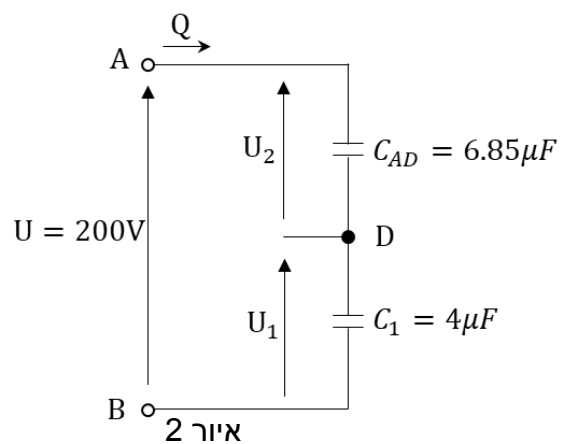
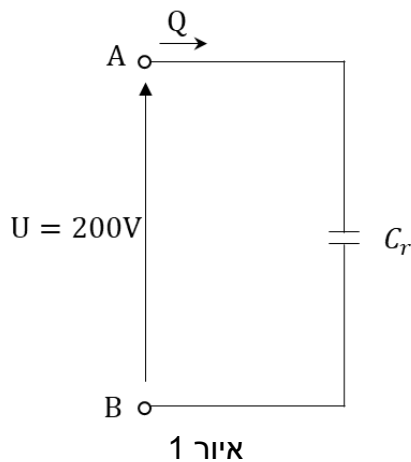
$$C_{5678} = \frac{C_5 \cdot C_{678}}{C_5 + C_{678}} = \frac{2 \cdot 5.2}{2 + 5.2} = \frac{10.4}{7.2} = 1.44 \mu F$$

$$C_{45678} = C_4 + C_{5678} = 2 + 1.44 = 3.44 \mu F$$

$$C_{345678} = \frac{C_3 \cdot C_{45678}}{C_3 + C_{45678}} = \frac{4 \cdot 3.44}{4 + 3.44} = \frac{13.76}{7.44} = 1.85 \mu F$$

$$C_{AD} = C_{2345678} = C_2 + C_{345678} = 5 + 1.85 = 6.85 \mu F$$

$$C_T = \frac{C_{AD} \cdot C_1}{C_{AD} + C_1} = \frac{4 \cdot 6.85}{4 + 6.85} = \frac{27.4}{10.85} = 2.525 \mu F$$



$$Q = U \cdot C_T = 200 \cdot 2.525 \cdot 10^{-6} = 505 \cdot 10^{-6} C$$

$$U_{AD} = U_2 = \frac{Q}{C_{AD}}$$

$$U_{AD} = \frac{505 \cdot 10^{-6}}{6.85 \cdot 10^{-6}} = 73.72 V$$

פתרון שאלה 8 נתון:

חשב:

$W_1 = ?$	האנרגיה הנאגרת בקבל C_1	א.	$C_1 = 6\mu F$
$U' = ?$	המתח על פני הקבוצה המקבילה $C_1 - C_2$ (אחרי הניתוק ממקור המתח)	ב.	$U_{DC} = 15KV$
$W' = ?$	האנרגיה החשמלית בקבוצה המקבילה $C_1 - C_2$	ג.	לאחר ניתוקו ממקור המתח מחברים את קבל C_1 במקביל לקבל $C_2 = 3\mu F$

$$W_1 = \frac{1}{2} C_1 U_{DC}^2 = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 15^2 \cdot 10^6 = 675J \quad \text{א.}$$

$$Q = C_1 \cdot U_{DC} = 6 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 10^3 = 90 \cdot 10^{-3} C \quad \text{ב.}$$

$$Q' = Q = 90 \cdot 10^{-3} C$$

$$U' = \frac{Q'}{C_T} = \frac{Q'}{C_1 + C_2} = \frac{90 \cdot 10^{-3}}{(6+3) \cdot 10^{-6}} = 10000V = 10KV$$

$$W' = \frac{1}{2} C_T U'^2 = \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cdot 10^2 \cdot 10^6 = 450J \quad \text{ג.}$$

פתרון שאלה 9

נתון:

חשב:

$C = ?$	א.	$A = 2cm \times 5cm$	קבל לוחות
$U_n = ?$	ב.	$n = 49$	מס' לוחות
$E_{cr} = 20 \frac{KV}{cm}$		$d = 0.003cm$	הרווח בין הלוחות
$U_n = 40\% U_{cr}$		$\epsilon_r = 6.5$	
			חוזק חשמלי (מתח פריצה) ($U_{cr} =$

א. הקיבול בין שני לוחות: $C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} = 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 6.5 \frac{10 \cdot 10^{-4}}{0.003 \cdot 10^{-2}} = 1.9175 \cdot 10^{-9} F$

ב. הקיבול הכולל: $C_T = (n-1) \cdot C = 48 \cdot 1.9175 \cdot 10^{-9} = 0.092 \cdot 10^{-6} = 0.092 \mu F$

מתח פריצה (U_{cr}): $E_{cr} = \frac{U_{cr}}{d} \Rightarrow U_{cr} = E_{cr} \cdot d = 20 \cdot 0.003 = 0.06KV = 60V$

המתח הנומינלי של הקבל יהיה: $U_n = 40\% \cdot U_{cr} = \frac{40}{100} \cdot U_{cr} = 0.4 \cdot 60 = 24V$

פתרון שאלה 10

חשב:	נתון:
------	-------

$\begin{cases} U_{AB} = ? \\ t = 0.52 \text{ msec} \end{cases}$	$C_1 = 100 \mu F$ $C_2 = 100 \mu F$
---	--

ב. $U_R(t) = ?$	$C_3 = 50 \mu F$ $C_4 = 100 \mu F$ $R = 15 \Omega$ $E = 20 V$
-----------------	--

$$C_{AB} = \frac{\left(\frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} + C_3 \right) \cdot C_4}{\frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} + C_3 + C_4} = \frac{\left(\frac{100 \cdot 100}{100 + 100} + 50 \right) \cdot 100}{\frac{100 \cdot 100}{100 + 100} + 50 + 100} = \frac{(50 + 50) \cdot 100}{50 + 50 + 100} = 50 \mu F \quad .א$$

$$U_{AB} = E \left(1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C_{AB}}} \right)$$

$$\tau = R \cdot C_{AB} = 15 \cdot 50 \mu F = 0.75 \text{ msec}$$

$$U_{AB} = 20 \left(1 - e^{-\frac{0.52}{0.75}} \right)$$

$$U_{AB} = 10 V$$

$$U(t) = E - U_{AB}(t)$$

ב. המתח על הנגד:

פתרון שאלה 11

נתון:

חשב:

נתוני המעגל מופיעים באיור.

א. $C_T = ?$

ב. $U_1, U_2, U_3 = ?$

ג. $Q_1, Q_2, Q_3 = ?$

$C_{1,2} = C_1 + C_2 = 16 + 24 = 40 \mu F$.א

$$C_T = \frac{C_{1,2} \cdot C_3}{C_{1,2} + C_3} = \frac{40 \cdot 60}{40 + 60} = 24 \mu F$$

$Q_T = Q_3 = C_T \cdot U = 24 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 240 \cdot 10^{-6} C$.ב

$$U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{240 \cdot 10^{-6}}{60 \cdot 10^{-6}} = 4V$$

$U_2 = U_1 = U - U_3 = 10 - 4 = 6V$

$Q_1 = U_1 \cdot C_1 = 6 \cdot 16 \cdot 10^{-6} = 96 \cdot 10^{-6} C$

$Q_2 = U_2 \cdot C_2 = 6 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 144 \cdot 10^{-6} C$

פתרון שאלה 12

נתון:

חשב:

$C = ?$ $A = 100 cm^2 = 100 \cdot 10^{-4} m^2$

$\epsilon_r = 2.5$

$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$

$d = 5mm$

$U = 300V$

$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d} = \frac{8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 2.5 \cdot 100 \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 10^{-3}} = 44.25 \cdot 10^{-12} F$.א

$Q = U \cdot C = 300 \cdot 44.25 \cdot 10^{-12} = 13.275 \cdot 10^{-9} C$.ב

$E = \frac{U}{d} = \frac{300}{5 \cdot 10^{-3}} = 60 \cdot 10^3 \frac{V}{m}$.ג

פתרון שאלה 13

חשב:	נתון:
$C = ?$.א	$C_1 = 4\mu F$
$Q = ?$.ב	$C_2 = 6\mu F$
$U = ?$.ג	$U = 300V$

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{4 \cdot 6}{4 + 6} = 2.4\mu F \quad .א$$

$$Q_1 = Q_2 = Q = UC = 300 \cdot 2.4 \cdot 10^{-6} = 720 \cdot 10^{-6} C \quad .ב$$

$$U_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{720 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-6}} = 180V \quad .ג$$

$$U_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{720 \cdot 10^{-6}}{6 \cdot 10^{-6}} = 120V$$

פתרון שאלה 14

חשב:	נתון:
$C = ?$.א	$U = 220V$
$Q = ?$.ב	$W = 60.5mJ$

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2} \quad .א$$

$$C = \frac{2W}{U^2} = \frac{2 \cdot 60.5 \cdot 10^{-3}}{220^2} = 2.5 \cdot 10^{-6} F$$

$$C = 2.5\mu F$$

$$Q = U \cdot C = 220 \cdot 2.5 \cdot 10^{-6} = 5.5 \cdot 10^{-4} C \quad .ב$$

$$Q = 550\mu C$$

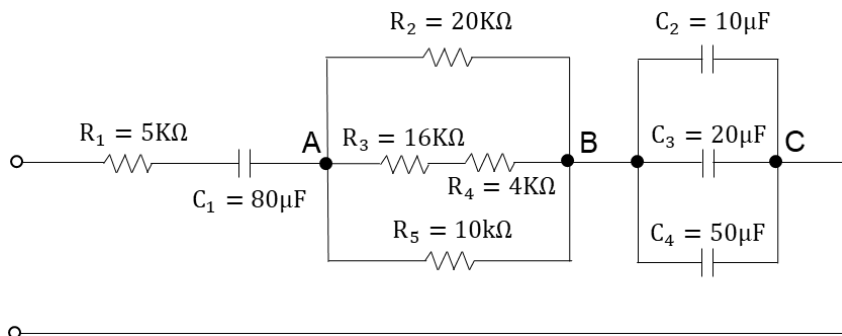
פתרון שאלה 15

נתון:

חשב:

$\tau = ?$

נתוני המעגל מופיעים באיור.



$$\tau = R_T \cdot C_T$$

$$R_T = R_1 + R_2 \parallel (R_3 + R_4) \parallel R_5 = 5 \cdot 10^3 + 20 \cdot 10^3 \parallel (16 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^3) \parallel 10 \cdot 10^3 = 10 \cdot 10^3 = 10K\Omega$$

$$C_T = C_1 \parallel (C_2 + C_3 + C_4) = 80 \cdot 10^{-6} \parallel (10 + 20 + 50) \cdot 10^{-6} = 40 \cdot 10^{-6} = 40\mu F$$

$$\tau = 10 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 400 \cdot 10^{-3} = 0.4 \text{ sec}$$

פתרונות לנושא 7

פתרון שאלה 2

נתון:

$$i = \sqrt{2} \cdot \sin(100\pi t - 36.87^\circ)$$

חשב:

א. $R = ?$

ב. $X_L = ?$

ג. $L = ?$

ד. $U_L = ?$

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 1A$$

$$i = I_{max} \cdot \sin(\omega t - \alpha)$$

$$Z = \frac{E_{eff}}{I_{eff}} = \frac{10}{1} = 10\Omega$$

$$\alpha = 36.87^\circ$$

$$\cos \alpha = \frac{R}{Z}$$

$$R = Z \cdot \cos \alpha = 10 \cdot \cos 36.87 = 8\Omega$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{10^2 - 8^2} = 6\Omega$$

$$\omega = 100\pi$$

$$\omega = 2\pi f$$

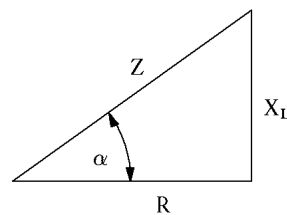
$$2\pi f = 100\pi$$

$$f = 50Hz$$

$$X_L = 2\pi fL$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{6}{2\pi \cdot 50} = 0.019Hy = 19mHy$$

$$U_{XL} = I \cdot X_L = 1 \cdot 6 = 6V$$



א.

ב.

ג.

ד.

פתרון שאלה 3

חשב:	נתון:
א. $U_{\max} = ?$	$t = 2msec$
ב. $U = ?$	$u = 182.8V$
ג. $U_{av} = ?$	$f = 50Hz$

$$u = U_{\max} \cdot \sin \omega t \quad .א$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 = 314 \left(\frac{rad}{sec} \right)$$

$$182.8 = U_{\max} \cdot \sin \omega \cdot 314t$$

$$U_{\max} = \frac{u}{\sin \omega t} = \frac{182.8}{\sin(314 \cdot 0.002)} = \frac{182.8}{\sin(0.628)_{rad}}$$

$$3.14rad \quad 180^\circ$$

$$0.628 \quad \alpha^\circ$$

$$\alpha = \frac{0.628}{3.14} \cdot 180^\circ = 36^\circ$$

$$U_{\max} = \frac{182.8}{\sin 36^\circ} = \frac{182.8}{0.587} = 311V$$

מתח שיא:

$$U_{eff} = 0.707 \cdot 311 = 220V$$

ב. המתח היעיל:

$$U_{av} = 0.637 \cdot 311 = 198V$$

ג. המתח הממוצע:

פתרון שאלה 4

נתון:

חשב:

מעגל טורי (R, L, C) א. תדירות התהודה? $f_r = ?$ ב. במצב תהודה? $I_r = ?$ $R = 120\Omega$ ג. $U_{R(r)} = ?$ $L = 0.8H$ ד. $U_{L(r)} = ?$ $C = 1.4\mu F$ ה. $U_{C(r)} = ?$ $U = 230V$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{0.8 \cdot 1.4 \cdot 10^{-6}}} = 150Hz \quad .א$$

$$I_r = \frac{U}{R} = \frac{230}{120} = 1.92A \quad \text{ב עוצמת הזרם במעגל במצב תהודה:}$$

$$U_{R(r)} = I_r \cdot R = 1.92 \cdot 120 = 230V \quad .ג$$

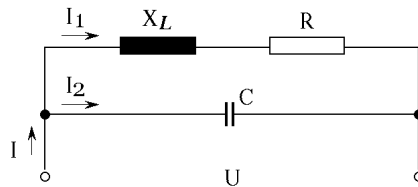
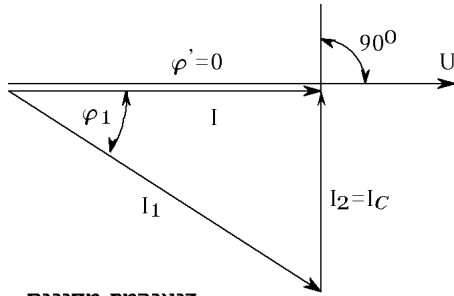
$$U_{L(r)} = I_r \cdot X_{L_r} = I_r \cdot 2\pi f_r \cdot L = 1.92 \cdot 2\pi \cdot 150 \cdot 0.8 \cong 1450V$$

$$U_{C(r)} = I_r \cdot X_{C_r} = I_r \cdot \frac{1}{2\pi f_r C} = 1.92 \cdot \frac{1}{2\pi \cdot 150 \cdot 1.4 \cdot 10^{-6}} \approx 1450V$$

$$U_{L(r)} = U_{C(r)} \quad \text{במצב תהודה:}$$

פתרון שאלה 5

חשב:	נתון:
$C = ?$	$f = 50\text{Hz}$
$\varphi' = 0$	$R = 60\Omega$
	$X_L = 80\Omega$



$$(1) I_1 = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \quad (2) \cos \varphi_1 = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \quad (3) \sin \varphi_1 = \frac{X_L}{Z} = \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

(4) $I_2 = I_1 \cdot \sin \varphi_1$ כדי להגיע למצב $\varphi' = 0$, צריך להתקיים התנאי:

נציב את הנוסחאות (3) ו-(1) בנוסחה (4) ונקבל:

$$I_2 = I_1 \cdot \sin \varphi_1 = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \cdot \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{UX_L}{R^2 + X_L^2}$$

$$(5) I_2 = \frac{U}{X_C} \quad \text{מאידך הזרם } I_2$$

$$\frac{U}{X_C} = \frac{UX_L}{R^2 + X_L^2} \quad \text{נשווה את שני הביטויים (4) ו-(5) ונקבל:}$$

$$\frac{1}{\omega C} = \frac{X_L}{R^2 + X_L^2} \quad \text{לאחר הצבת } X_C = \frac{1}{\omega C} \text{ נקבל:}$$

$$\omega C = \frac{X_L}{R^2 + X_L^2}$$

$$C = \frac{X_L}{\omega(R^2 + X_L^2)} = \frac{1}{2\pi \cdot 50} \cdot \frac{80}{60^2 + 80^2} = 25.5 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 25.5 \mu\text{F}$$

פתרון שאלה 6 נתון:

חשב:

כאשר

$$\begin{cases} I' = ? \\ Q_C = 400 \text{VAR} \end{cases}$$

צרכן השראי בעל הנתונים:

$$U = 230 \text{V}$$

$$f = 50 \text{Hz}$$

$$I = 5.5 \text{A}$$

$$\cos \varphi = 0.75 \Rightarrow \tan \varphi = 0.882$$

$$I' = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

$$Q_C = P(\tan \varphi - \tan \varphi') \quad ; \quad P = UI \cos \varphi = 230 \cdot 5.5 \cdot 0.75 = 948.75 \text{W}$$

$$400 = 948.75(0.882 - \tan \varphi')$$

$$0.882 - \tan \varphi' = \frac{400}{948.75} = 0.4216$$

נחלץ את $\tan \varphi'$:

$$\tan \varphi' = 0.882 - 0.4216 = 0.46$$

$$\cos \varphi' = 0.908$$

$$I' = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi'} = \frac{948.75}{230 \cdot 0.908} = 4.54 \text{A}$$

פתרון שאלה 7 נתון:

חשב:

$$f = ? \quad \text{א.}$$

$$P_{\max} = ? \quad \text{ב.}$$

הנתונים מופיעים באיור.

א. ההספק המקסימלי יתקבל כאשר המעגל בתהודה:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{47 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 10^{-3}}} = 164 \text{Hz}$$

$$P_{\max} = \frac{U^2}{R} = \frac{220^2}{8} = 6050 \text{W}$$

ב.

פתרון שאלה 8

חשב:	נתון:
$f_0 = ?$	$R = 20\Omega$
	$L = 0.25H$
	$C = 4.5\mu F$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{C \cdot L}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.25 \cdot 4.5 \cdot 10^{-6}}} = 150Hz$$

פתרון שאלה 9

חשב:	נתון:
$I = ?$	$U = 220V$
	$R_1 = 25\Omega$
	$X_1 = 49\Omega(L)$
	$R_2 = 19\Omega$
	$X_2 = 16\Omega(C)$

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 - X_2)^2} = \sqrt{(25 + 19)^2 + (49 - 16)^2} =$$

$$= \sqrt{1936 + 1089} = \sqrt{3025} = 55\Omega$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{55} = 4A$$

פתרון שאלה 10

נתון:

חשב:

$U = ?$.א	$u = 566 \sin 314t$
$I = ?$.ב	$R = 160\Omega$
$P = ?$.ג	
$i = f(\omega t)$.ד	

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{566}{\sqrt{2}} = 400V \quad .א$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{400}{160} = 2.5A \quad .ב$$

$$P = UI = 400 \cdot 2.5 = 1000W \quad .ג$$

$$I_m = \frac{U_m}{R} = \frac{566}{160} = 3.537A \quad .ד$$

$$i = 3.537 \sin 314t$$

פתרון שאלה 11
נתון:

חשב:	
$U_{\max} = ?$.א	$t = 1.8m \text{ sec}$
$U = ?$.ב	$u = 100V$
$U_{av} = ?$.ג	$f = 60Hz$
	.א

$$u = U_{\max} \cdot \sin \omega t$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 60 = 377 \left(\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right)$$

$$100 = U_{\max} \cdot \sin 377t$$

$$U_{\max} = \frac{u}{\sin \omega t} = \frac{100}{\sin(377 \cdot 0.0018)} = \frac{100}{\sin(0.6786) \text{rad}}$$

$$\pi \text{rad} = 180^\circ$$

$$\underline{0.6786 \text{rad} = \alpha^\circ}$$

$$\alpha = \frac{0.6786}{3.14} \cdot 180^\circ = 38.88^\circ$$

$$U_{\max} = \frac{100}{\sin 38.88^\circ} = 159V$$

מתח שיא:

$$U = 0.707 \cdot 159 = 112.43V$$

ב. המתח יעיל:

$$U_{av} = 0.637 \cdot 159 = 101.3V$$

ג.

פתרון שאלה 12

נתון:

חשב:

$$i = 15 \sin\left(300t - \frac{\pi}{6}\right) A$$

א. $\begin{cases} i = ? \\ t = 0 \end{cases}$

ב. $\begin{cases} i = ? \\ t = 3msec \end{cases}$

ג. $f, T = ?$

ד. $I_{eff} = ?$

א. כאשר $t = 0$: $i = 15 \sin\left(300t - \frac{\pi}{6}\right) = 15 \sin\left(300 \cdot 0 - \frac{\pi}{6}\right) = 15 \sin(-30) = -7.5 A$

כאשר $t = 3msec$: $i = 15 \sin\left(300 \cdot 3 \cdot 10^{-3} - \frac{\pi}{6}\right) = 15 \sin 0.376 = 5.51 A$

ב. $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{300}{2\pi} = 47.75 Hz$

$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{47.75} = 0.021 sec$

ג. $I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{15}{\sqrt{2}} = 10.6 A$

פתרון שאלה 13

נתון:

חשב:

$U = ?$.א	$u = 325 \sin 314t$
$I = ?$.ב	$R = 115\Omega$
$P = ?$.ג	
$i = f(\omega t)$.ד	

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{325}{\sqrt{2}} = 230V \quad .א$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{115} = 2A \quad .ב$$

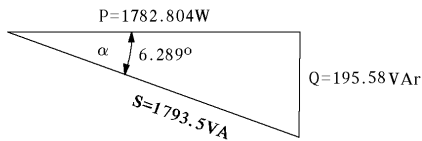
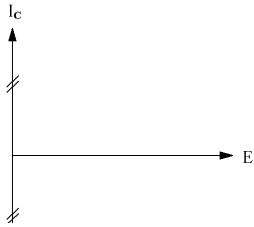
$$P = UI = 230 \cdot 2 = 460W \quad .ג$$

$$I_m = \frac{U_m}{R} = \frac{325}{115} = 2.826A \quad .ד$$

$$i = 2.826 \sin 314t$$

פתרונות לפרק 8 (שאלות 2-24)

פתרון שאלה 2



נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור.

חשב:

א. $I_1, I_2, I_T = ?$

ב. $\cos \varphi = ?$

ג. $P_T, Q_T, S_T = ?$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{1 \cdot 10^6}{2\pi \cdot 50 \cdot 155} = 20.537\Omega$$

א.

$$Z_1 = (350 + j300) = 460.97722 \angle 40.601295^\circ$$

$$Z_2 = (180 - j20.537) = 181.16779 \angle -6.5089^\circ$$

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = \frac{500 \angle 0^\circ}{460.977 \angle 40.601295^\circ} = 1.08465 \angle -40.601295^\circ A =$$

$$= (0.8235 - j0.7058)A$$

$$I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{500 \angle 0^\circ}{181.16779 \angle -6.5089^\circ} = 2.7598725 \angle 6.5089^\circ A =$$

$$= (2.7420831 + j0.31285)A$$

$$I_T = I_1 + I_2 = (3.5655 - j0.39295) = 3.587 \angle -6.289^\circ$$

ב.

$$P_T = P_1 + P_2 = (P_1 \cdot P_1^2) + P_2 \cdot I_2^2 \cos \varphi = 0.9939$$

$$P_T = (350 \cdot 1.08465^2) + (180 \cdot 2.7598725^2)$$

ג.

$$P_T = (411.76297 + 1371.0413) = 1782.8043W$$

$$S_T = U \cdot I_T = 500 \cdot 3.587 = 1793.5VAR$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{1793.5^2 - 1782.804^2} = 195.58VAR$$

פתרון שאלה 3

נתון:

המעגל המתואר באיור.

חשב:

$$\begin{cases} X_L = ? \\ I = 0 \end{cases} \text{ א.}$$

$$L = ? \text{ ב.}$$

א. כדי שלא נצרוך זרם ממקור המתח אנחנו צריכים להיות בתהודה מקבילית ($I = 0A$).

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 6 \cdot 10^{-6}} = 530.516\Omega \quad (1)$$

$$X_L = X_C = 530.516\Omega \quad (2)$$

$$X_L = 2\pi fL$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{530.516}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 1.69Hy$$

ב. בתהודה מקבילית המתח על הסליל שווה למתח על הקבל ולכן הזרם דרך הסליל I_L שווה בערכו לזרם דרך הקבל $I_C = I_L$. ההבדל הוא בזוויות הזרם. על הקבל מקדים הזרם את המתח ב- 90° ועל הסליל מפגר הזרם אחרי המתח ב- 90° , לכן נוצרת זווית 180° בין זרם הקבל לזרם הסליל.

$$I = I_C - I_L = 0A \quad \text{החיבור ביניהם יהיה:}$$

פתרון שאלה 4 נתון:

ערכי המעגל נתונים באיור.

חשב

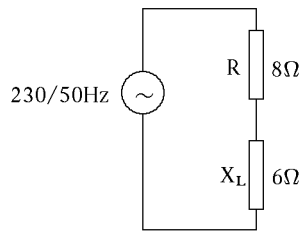
א. $Z = ?$

ב. $I = ?$

ג. $\cos \varphi = ?$

ד. $P = ?$

ה. $L = ?$



$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10\Omega$$

א.

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{230}{10} = 23A$$

ב.

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{8}{10} = 0.8$$

ג.

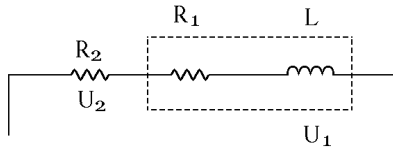
$$P = I^2 \cdot R = 23^2 \cdot 8 = 4232W$$

ד.

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{6}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0.019H$$

ה.

$$L = 19mH$$



פתרון שאלה 5

חשבו:	נתון:
$L = ?$.א	$U = 110V$
$\varphi_L = ?$.ב	$U_2 = 30V$
$U_1 = ?$.ג	$I = 10A$
$\varphi_T = ?$.ד	$f = 50Hz$
	$R_1 = 1.2\Omega$

$$R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{30}{10} = 3\Omega \quad .א$$

$$Z_T = \frac{U}{I} = \frac{110}{10} = 11\Omega$$

$$X_L = \sqrt{Z_T^2 - (R_L + R_2)^2} = \sqrt{11^2 - 4.2^2} = 10.17\Omega$$

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{10.17}{2\pi \cdot 50} = 0.032Hy$$

$$\tan \varphi_L = \frac{X_L}{R_L} = \frac{10.17}{1.2} = 8.475 \quad .ב$$

$$\varphi_L = \tan^{-1} 8.475 = 83.27^\circ$$

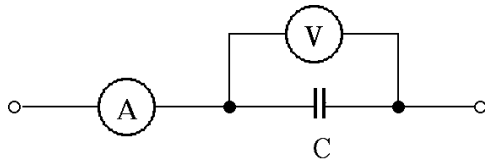
$$Z_1 = \sqrt{R_L + X_L^2} = \sqrt{1.2^2 + 10.17^2} = 10.24\Omega \quad .ג$$

$$U_1 = I \cdot Z_1 = 10 \cdot 10.24 = 102.4V$$

$$\tan \varphi = \frac{X_L}{R_1 + R_2} = \frac{10.17}{1.2 + 3} = 2.42 \quad .ד$$

$$\tan \varphi = 2.42$$

$$\varphi = \tan^{-1} 2.42 = 67.56^\circ$$



פתרון שאלה 6

חשב:	נתון:
$C = ?$	$R_V = 800\Omega$
	$V_C = 160V$
	$I = 1.1A$
	$f = 65Hz$

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{160}{800} = 0.2A$$

$$I = 1.1A$$

$$I_C = \sqrt{I^2 - I_R^2} = \sqrt{1.1^2 - 0.2^2} = 1.081A$$

$$X_C = \frac{U}{I_C} = \frac{160}{1.081} = 147.92\Omega$$

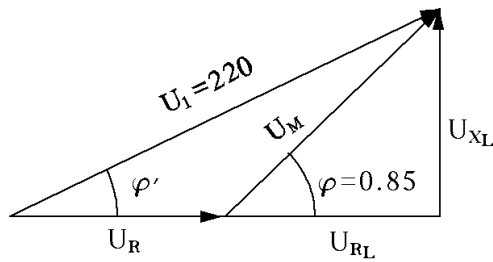
$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2\pi f \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 65 \cdot 147.92} = 16.55\mu F$$

$$C = 16.55\mu F$$

הזרם דרך הוולט-מטר:

הזרם הכולל של הקבל והוולט-מטר:

הזרם העובר דרך הקבל:



פתרון שאלה 7

נתון:

חשב:	נתון:
א. $I = ?$	$U_1 = 220V$
ב. $Z, X_L, R_L = ?$	$U_2 = 110V$
ג. $R = ?$	$f = 50Hz$
ד. $U_R, U_M = ?$	$P = 8W$
	$\cos \varphi = 0.85$

א. הזרם במעגל:

$$P_M = U_2 \cdot I \cdot \cos \varphi \Rightarrow I = \frac{P_M}{U_2 \cdot \cos \varphi}$$

$$I = \frac{8}{110 \cdot 0.85} = 0.08556A$$

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{110}{0.8556} = 1285\Omega \quad \text{ב.}$$

$$R_L = Z \cdot \cos \varphi = 1285 \cdot 0.85 = 1092\Omega$$

$$X_L = Z \cdot \sin \varphi = 1285 \cdot 0.526 = 677\Omega$$

$$\tan \varphi' = \frac{X_L}{R + R_L} \Rightarrow R = \frac{X_L - \tan \varphi' \cdot R_L}{\tan \varphi'} \quad \text{ג.}$$

$$U_{X_L} = U_M \cdot \sin \varphi = 110 \cdot 0.526 = 57.946V$$

$$\sin \varphi' = \frac{U_{X_L}}{U_1} = \frac{57.946}{220} \Rightarrow \tan \varphi' = 0.263$$

$$R = \frac{677 - 0.263 \cdot 1092}{0.263} = 1482\Omega$$

$$U_M = U_2 = 110V \quad \text{ד.}$$

$$\cos \varphi' = \frac{U_R + U_{R_L}}{U_1}$$

$$U_{R_L} = U_M \cdot \cos \varphi = 110 \cdot 0.85 = 93.5V$$

$$\sin \varphi' = 0.2634 \Rightarrow \cos \varphi' = 0.9646$$

$$0.9646 = \frac{U_R + 93.5}{220}$$

$$U_R = 0.9646 \cdot 220 - 93.5 = 118.73V$$

פתרון שאלה 8

חשב:	נתון:
א. $I = ?$	$P = 50KW$
ב. $\begin{cases} C = ? \\ \cos \varphi' = 0.85 \end{cases}$	$\cos \varphi = 0.6$ $U = 230V$
ג. $I' = ?$	$f = 60Hz$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \Rightarrow I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} \quad .א$$

$$I = \frac{50 \cdot 10^3}{230 \cdot 0.6} = 362.3A$$

$$C = \frac{P(\tan \varphi - \tan \varphi')}{U^2 \cdot \omega} = \frac{50 \cdot 10^3 (1.333 - 0.6197)}{230^2 \cdot 2\pi \cdot 60} = 0.001789F \quad .ב$$

$$C = 1789\mu F$$

$$I' = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi'} = \frac{50 \cdot 10^3}{230 \cdot 0.85} = 256A \quad .ג$$

פתרון שאלה 9

חשב:	נתון:
א. $R, C = ?$	$f = 50Hz$
ב. $u_T = ?$	$U_R = 60V$
ג. $\begin{cases} I = ? \\ f - \text{גדל} \end{cases}$	$\begin{cases} U_C = 80V \\ I = 5A \end{cases}$

א. חישוב הקבל: $X_C = \frac{U_C}{I} = \frac{80}{5} = 16\Omega$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 16} = 199\mu F$$

חישוב הנגד: $R = \frac{U_R}{I} = \frac{60}{5} = 12\Omega$

ב. חישוב מתח כללי-אפקטיבי: $U_T = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} = \sqrt{60^2 + 80^2} = 100V$

$$\tan \phi = \frac{X_C}{R} = \frac{16}{12} = 1.333$$

$\phi = -53.13^\circ$ זווית המופע במעגל R_C היא שלילית:

$U_{T_{\max}} = 100 \cdot \sqrt{2} = 141$ מתח המקור – מתח מקסימלי:

$u_T = U_{\max} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \phi)$ ולכן משוואת מתח המקור:

$$u_T = 141 \cdot \sin(2\pi \cdot 50 \cdot t - 53.13^\circ) = 141 \cdot \sin(100\pi \cdot t - 53.13^\circ)$$

ג. ככל שנגדיל את התדר, הזרם ילך ויגדל. הסיבה היא שככל ש-f גדל, היגב הקבל קטן וכתוצאה מכך עכבת המעגל (z) קטנה וממילא עוצמת הזרם במעגל גדלה.

פתרון שאלה 10

חשב:	נתון:
א. $C, f_0 = ?$	$Q = 20$
ב. $BW = ?$	$R = 2\Omega$
ג. $I = ?$	$L = 0.5mHy$
	$U = 1V$

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot L}{R}$$

$$20 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot 0.5 \cdot 10^{-3}}{2}$$

א. מציאת תדר התהודה:

$$f_0 = 12.7KHz$$

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{LC}}$$

מציאת הקבל:

$$12.732 \cdot 10^3 = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{0.5 \cdot 10^{-3} \cdot C}}$$

$$C = 312.5nF$$

$$BW = \frac{f_0}{Q} = \frac{12.732 \cdot 10^3}{20} = 636Hz$$

ב. מציאת רוחב הפס:

$$I = \frac{U_T}{R} = \frac{1}{2} = 0.5A$$

ג. הזרם בזמן תהודה:

$$I = \frac{0.5}{\sqrt{2}} = 0.353A$$

הזרם בתדר מחצית הספק:

ד. במקרה זה עלינו להגדיל את ערך הסליל פי 2, לפי הנוסחה: $Q = \frac{\omega L}{R}$

אם הנגד גדל פי 2, גם הסליל יגדל פי 2. ואם Q לא ישתנה גם רוחב הפס לא ישתנה. כדי שתדר התהודה לא ישתנה בשל הכפלת הסליל פי 2, ניקח קבל אחר הקטן פי 2.

פתרון שאלה 11

חשב: | **נתון:**

$\left\{ \begin{array}{l} \text{סרטט משולש מתחים} \\ C = 318.31 \mu F \end{array} \right.$	.א	$R = 8 \Omega$
		$L = 50.9 mHy$

$\left\{ \begin{array}{l} C_f = ? \\ f_0 \end{array} \right.$	.ב	$E = 120V$
		$f = 50Hz$

.ג סרטט דיאגרמת מתחים בתהודה

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \cdot 50 \cdot 50.9 mHy = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 50.9 \cdot 10^{-3} = 16\Omega$$

.א

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 318.31 \cdot 10^{-6}} = 10\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{8^2 + (16 - 10)^2} = 10\Omega$$

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{120}{10} = 12A$$

$$U_L = I \cdot X_L = 12 \cdot 16 = 192V$$

$$U_C = I \cdot X_C = 12 \cdot 10 = 120V$$

$$U_R = I \cdot R = 12 \cdot 8 = 96V$$

$$E = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{96^2 + (192 - 120)^2} = 120V$$

$$\tan \alpha = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{72}{96} = 0.75 \Rightarrow \alpha = 36.87^\circ$$

$$X_L = X_C = 2\pi fL = 16\Omega$$

.ב בתהודה:

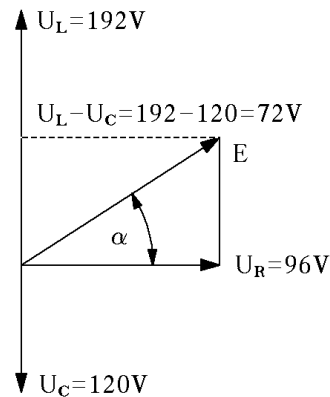
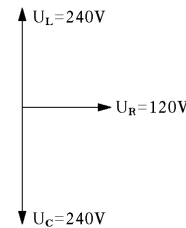
$$C = \frac{1}{2\pi fX_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 16} = 198.94 \mu F$$

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{E}{R} = \frac{120}{8} = 15A$$

$$U_R = I \cdot R = 15 \cdot 8 = 120V$$

$$U_L = I \cdot X_L = 15 \cdot 16 = 240V$$

$$U_C = I \cdot X_C = U_L = 240V$$



.ג

פתרון שאלה 12

נתון:

חשב:

$\begin{cases} I_T = ? \\ f = 50Hz \end{cases}$	.א	$R = 100\Omega$
		$C = 5\mu F$
$\begin{cases} f_0 = ? \\ I_{T_0} = ? \end{cases}$	.ב	$L = 200mHy$
		$E = 100V$

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \cdot 50 \cdot 200 \cdot 10^{-3}$$

.א

$$X_L = 62.83\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}$$

$$X_C = 636.62\Omega$$

$$I_R = \frac{E}{R} = \frac{100}{100} = 1A \angle 0^\circ$$

$$I_C = \frac{E}{X_C} = \frac{100}{636.62} = 0.157A \angle +90^\circ$$

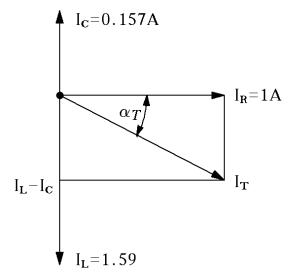
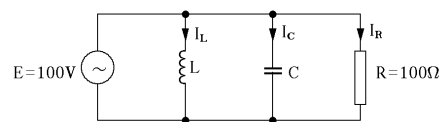
$$I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{100}{62.83} = 1.59A \angle -90^\circ$$

$$I_T = \sqrt{(I_L - I_C)^2 + I_R^2} = \sqrt{(1.59 - 0.157)^2 + 1^2}$$

$$I_T = 1.75A$$

$$\tan \varphi_T = \frac{I_L - I_C}{I_R} = \frac{1.59 - 0.157}{1}$$

$$\varphi_T = 55.09^\circ$$

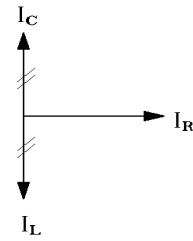


$$X_L = X_C$$

$$2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C}$$

$$4\pi^2 f_0^2 LC = 1$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{200 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}} = 159.15 \text{ Hz}$$



ב.

$$I_L = I_C \text{ בתהודה:}$$

הזרם דרך הקבל מבטל את הזרם דרך הסליל, כיוון שהם מנוגדים ב- 180° .

לכן הזרם הכללי בתהודה יהיה הזרם דרך הנגד, שהוא: $I_T = I_R = 1A \angle 0^\circ$.

פתרון שאלה 13

נתון:

חשב:

א. $I_1 = ?$, $I_2 = ?$

ב. $f_0 = ?$

ג. מהי התופעה שתקרה בתהודה?

נתוני המעגל מופיעים באיור.

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi 50 \cdot 200 \cdot 10^{-3} = 62.83 \Omega$$

א.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_C} = \frac{1}{2\pi 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 31.83 \Omega$$

$$I_1^{\text{השראי}} = \frac{E}{X_L - X_C} = \frac{200}{62.83 - 31.83} = 6.45 \text{ A} \angle -90^\circ$$

$$I_2^{\text{אוקמי}} = \frac{E}{R} = \frac{200}{40} = 5 \text{ A} \angle 0^\circ$$

$$f_0^{\text{תהודה}} = ?$$

ב.

$$f_0 = \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{200 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^{-6}}} = 35.59 \text{ Hz}$$

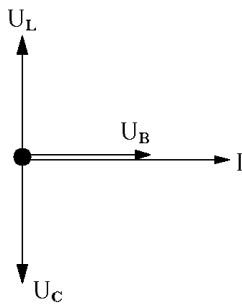
ג. בתהודה, מקור המתח יקוצר על ידי ענף 1. המתח בענף 1 יהיה אפס, כיוון שמפל המתח על

הסליל שווה למפל המתח על הקבל (אותו היגב ואותו הזרם) והם מנוגדים ב- 180° זה לזה.

פתרון שאלה 14

נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור.



חשב:

א. $I_T, U_R, U_C, U_L = ?$

ב. $f_0 = ?$

ג. $\begin{cases} I_T, U_R, U_C, U_L = ? \\ f = f_0 \end{cases}$

$E = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot \sin 2\pi 50$ [V] .א

$E_{\max} = \sqrt{2} \cdot E_{\text{eff}} \quad \omega = 2\pi f$

$E_{\text{eff}} = 20V$

$f = 50Hz$

$X_L = 2\pi fL = 2\pi 50 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 31.416\Omega$

$X_C = \frac{1}{2\pi f_C} = \frac{1}{2\pi 50 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = 63.662\Omega$

$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} = \sqrt{20^2 + (63.662 - 31.416)^2} = 37.945\Omega$

$I_T = \frac{E}{Z} = \frac{20}{37.945} = 0.53A$

$U_R = I_T \cdot R = 0.53 \cdot 20 = 10.6V$

$U_L = I_T \cdot X_L = 0.53 \cdot 31.416 = 16.65V$

$U_C = I_T \cdot X_C = 0.53 \cdot 63.662 = 33.74V$

$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{100 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^{-6}}} = 71.176Hz$.ב

$U_L = U_C = I \cdot X_L$.ג

$I_T = \frac{E_{\text{eff}}}{R} = \frac{20}{20} = 1A$

$X_L = 2\pi f_L = 2\pi \cdot 71.176 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 44.72\Omega$

$$U_R = I \cdot R = 20V$$

$$U_L = I \cdot X_L = 44.72V$$

$$U_C = U_L = 44.72V$$

פתרון שאלה 15

חשב:	נתון:
$R = ?$.א	$E = 120V$
$L = ?$.ב	$f = 50Hz$
$C = ?$.ג	$I = 2.4A$
$X_L = 2X_C$.ד	$P = 200W$

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{120}{2.4} = 50\Omega \quad ; \quad \cos \varphi = \frac{P}{E \cdot I} = \frac{200}{120 \cdot 2.4} = 0.694 \quad .א$$

$$R = Z \cdot \cos \varphi = 50 \cdot 0.694 = 34.7\Omega \cong 35\Omega$$

$$X_L - X_C = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{50^2 - 34.7^2} = \sqrt{2500 - 1204} = 36\Omega \quad .ב$$

$$2X_C - X_C = 36$$

$$X_C = 36\Omega$$

$$X_L = 2X_C = 2 \cdot 36 = 72\Omega$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{72}{2\pi \cdot 50} = \frac{72}{314} = 0.229H = 229mH$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 36} = 0.00008842F = 88.42\mu F \quad .ג$$

פתרון שאלה 16

חשב:	נתון:
$\left\{ \begin{array}{l} \cos \varphi_1 = ? \\ P_1 = ? \end{array} \right.$ א.	$\left\{ \begin{array}{l} X_L = 80\Omega \\ R = 60\Omega \end{array} \right.$
$\left\{ \begin{array}{l} C = ? \\ \cos \varphi_2 = ? \end{array} \right.$ ב.	$\left\{ \begin{array}{l} E = 200V \\ f = 50Hz \end{array} \right.$
$P_2 = ?$ ג.	
ד. מסקנות	

$$\cos \varphi_1 = \frac{R}{Z_1} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{60}{\sqrt{60^2 + 80^2}} = \frac{60}{100} = 0.6 \quad \text{א.}$$

$$I_1 = \frac{E}{Z_1} = \frac{200}{100} = 2A$$

$$P_1 = EI_1 \cdot \cos \varphi_1 = 200 \cdot 2 \cdot 0.6 = 240W$$

$$X_C = X_L = 80\Omega$$

ב. בתהודה מתקיים:

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 80} = 0.0000398 \cong 40\mu F$$

$$P_2 = E \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2$$

ג.

$$\cos \varphi_2 = \frac{R}{Z_2} = 1$$

$$I = \frac{E}{Z_2} = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (X_2 - X_C)^2}} = \frac{E}{R} = \frac{200}{60} = 3.33A$$

$$P_2 = 200 \cdot 3.33 \cdot 1 = 666W$$

ד. שיפור " $\cos \varphi$ " מ-0.6 ל-1 הוביל לעליית ההספק הממשי בצורה חזקה (פי 2.78).

פתרון שאלה 17

חשב	נתון:
$U_T = ?$.א	$I_T = 4.25A$
$I_A = ?$.ב	$X_L = 22.4\Omega$
$R = ?$.ג	$P_R = 180W$
$C = ?$.ד	$U_R = 60V$ $f = 400Hz$

$$I_2 = \frac{P_R}{U_R} = \frac{180}{60} = 3A \quad .א$$

$$U_L = I_2 \cdot X_L = 3 \cdot 22.4 = 67.2V$$

$$U_T = \sqrt{U_R^2 + U_L^2} = \sqrt{60^2 + 67.2^2} = 90V$$

$$S_T = U_T \cdot I_T = 90 \cdot 4.25 = 382.5V \quad .ב$$

$$Q_T = \sqrt{S_T^2 - P_T^2} = \sqrt{382.5^2 - 180^2} = 337.5VAR$$

$$Q_L = I_2^2 \cdot X_L = 3^2 \cdot 22.4 = 201.6 VAR$$

$$Q_T = Q_C - Q_L$$

מאחר ואופי המעגל קיבולי (מקדים)

$$Q_C = Q_T + Q_L = 337.5 + 201.6 = 539.1 VAR$$

$$I_C = I_1 = \frac{Q_C}{U_C} = \frac{Q_C}{U_T} = \frac{539.1}{90} = 6A$$

$$R = \frac{U_R^2}{I_R^2} = \frac{60^2}{3^2} = 20\Omega \quad .ג$$

$$X_C = \frac{U_C}{I_C} = \frac{90}{6} = 15\Omega \quad .ד$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 400 \cdot 15} = 26.5\mu F$$

פתרון שאלה 18

חשב:	נתון:
$I = ?$	$I_1 = 3A$
$X_C = R$	$I_2 = 3A$

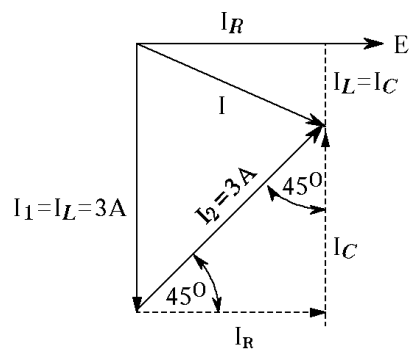
$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

$$I_R = I_2 \cdot \cos 45^\circ = 0.707 \cdot 3 = 2.121A$$

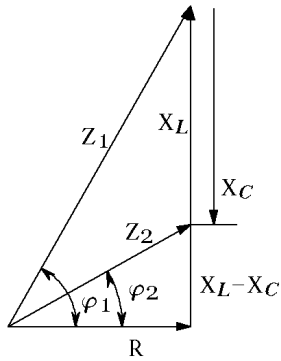
$$I_C = I_2 \cdot \sin 45^\circ = 0.707 \cdot 3 = 2.121A$$

$$I_2 = I_1 = 3A$$

$$I = \sqrt{2.121^2 + (3 - 2.121)^2} = 2.3A$$



דיאגרמת מחוגים עקרונית



פתרון שאלה 19
נתון:

חשב:

$L = ? ; R = ?$

$\cos \varphi_1 = 0.2756$

$f = 50\text{Hz}$

$C = 21.8\mu\text{F}$

$\cos \varphi_2 = 0.866$

$\tan \varphi_1 = 3.4879 \quad \cos \varphi_1 = 0.2756$

$\tan \varphi_2 = 0.5774 \quad \cos \varphi_2 = 0.866$

$\tan \varphi_1 = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi fL}{R} = \frac{314L}{R}$

$\tan \varphi_2 = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{314L - X_C}{R}$

$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 21.8 \cdot 10^{-6}} = 146\Omega$

$$\begin{cases} \frac{314L}{R} = 3.4879 \\ \frac{314L - 146}{R} = 0.5774 \end{cases}$$

$R = \frac{314L}{3.4879} = 90L$

$\frac{314L - 146}{90L} = 0.5774$

$314L - 146 = 52L$

$314L - 52L = 146$

$262L = 146$

$L = \frac{146}{262} = 0.557\text{H} = 557\text{mH}$

$R = 90 \cdot L = 90 \cdot 0.557 = 50.13\Omega$

פתרון שאלה 20
נתון:

חשב:

$I_K = ?$	א. קצר במוצא הקו	קו זינה חד-מופעי
$\Delta L = ?$	ב. השראה נוספת	$L = 9.28mH$
$I'_K = 2000A$		$U = 19KV$
		$f = 50Hz$

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \cdot 50 \cdot 9.28 \cdot 10^{-3} = 2.915\Omega$$

א. ההיגב ההשראתי של הקו:

$$I_R = \frac{U}{X_L} = \frac{19000}{2.915} = 6518A$$

זרם קצר:

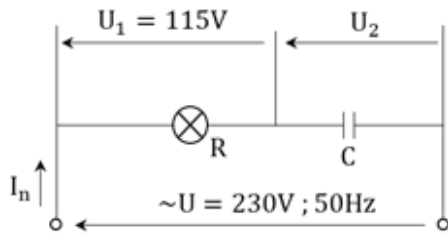
$$X'_L = \frac{U}{I'_K} = \frac{19000}{2000} = 9.5\Omega$$

ב.

$$L' = \frac{X'_L}{2\pi f} = \frac{9.5}{2\pi \cdot 50} = 0.03024H = 30.24mH$$

$$\Delta L = L' - L = 30.24 - 9.28 = 20.96mH$$

פתרון שאלה 21



חשב:

$$C = ? \quad 60W / 115V$$

$$U = 230V$$

$$f = 50Hz$$

נתון:

נורת ליבון

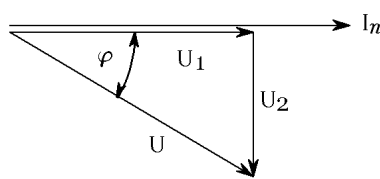
מחוברת לרשת:

$$R = \frac{U_n^2}{P_n} = \frac{115^2}{60} = 220.42\Omega$$

$$I_n = \frac{U_n}{R} = \frac{115}{220.42} = 0.522A$$

ההתנגדות של נורת הליבון בתנאי עבודה נומינליים:

הזרם הנומינלי של הנורה:



כפי שמתואר בדיאגרמת מחוגים, המתח $U_1 = U_n$ נמצא בכיוון הזרם ואילו מתח הקבל U_2 מפגר אחרי הזרם בזווית 90° .

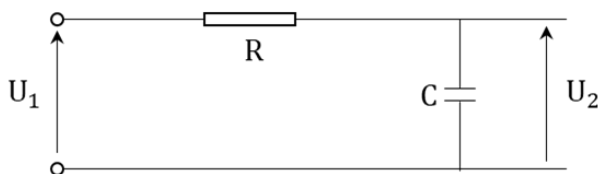
המתח של מקור הזינה, לפי פיתגורס: $U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$

$$U_2 = \sqrt{U^2 - U_1^2} = \sqrt{230^2 - 115^2} = 199.2V$$

$$X_c = \frac{U_2}{I_n} = \frac{199.2}{0.522} = 381.6\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 381.6} = 0.00000834F = 8.34 \cdot 10^{-6} F = 8.34\mu F$$

פתרון שאלה 22



חשב:

$$\frac{U_2}{U_1} = ?$$

$$R = 18K\Omega$$

$$C = 0.6\mu F$$

$$f = 50Hz$$

$$U_2 = I \cdot X_c ; U_1 = I \cdot Z$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 0.6 \cdot 10^{-6}} = 5305\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} = \sqrt{(18 \cdot 10^3)^2 + (5.3 \cdot 10^3)^2} = 10^3 \sqrt{352} = 18764\Omega$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I \cdot X_c}{I \cdot Z} = \frac{X_c}{Z} = \frac{5305}{18764} = 0.283$$

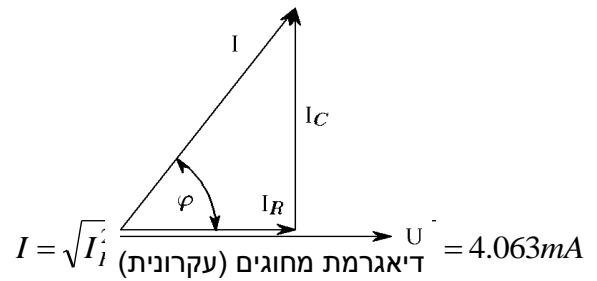
פתרון שאלה 23

חשב:	נתון:
$I_C = ?$.א	מעגל מקבילי RC
$I_R = ?$.ב	$C = 0.1\mu F$
$I = ?$.ג	$R = 120K\Omega$
$\varphi = ?$.ד	$U = 125V$
$Z = ?$.ה	$f = 50Hz$

$$I_C = \frac{U}{X_C} = \frac{U}{\frac{1}{2\pi fC}} = U2\pi fC = 125 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 0.1 \cdot 10^{-6} = 3.927mA \quad .א$$

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{125}{120 \cdot 10^3} = 0.001042A = 1.042mA \quad .ב$$

.ג נסרטט דיאגרמת מחוגים עקרונית של הזרמים:



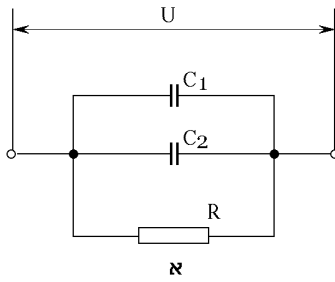
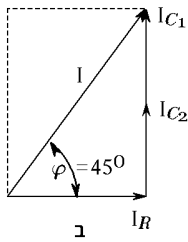
$$\tan \varphi = \frac{I_C}{I_R} = \frac{3.927}{1.042} = 3.768 \quad .ד$$

$$\varphi = \arctan 3.768 = 75.13^\circ$$

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{125}{4.063 \cdot 10^{-3}} = 30.76K\Omega \quad .ה$$

פתרון שאלה 24

חשב:	נתון:
$C_1 = ?$	$\varphi = 45^\circ$
	$R = 1000\Omega$
	$C_2 = 2\mu F$
	$f = 50Hz$



(1) התנאי שזווית φ תהיה 45° מתקבל כאשר:

(2) $I_{C_1} = \frac{U}{X_{C_1}}$; $I_{C_2} = \frac{U}{X_{C_2}}$; $I_R = \frac{U}{R}$

נציב את הנוסחאות משורה (2) בנוסחה שבשורה (1) ונקבל:

$$\frac{U}{X_{C_1}} + \frac{U}{X_{C_2}} = \frac{U}{R}$$

$$\frac{1}{X_{C_1}} + \frac{1}{X_{C_2}} = \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{X_{C_1}} = \frac{1}{R} - \frac{1}{X_{C_2}} ; X_{C_2} = \frac{1}{2\pi f C_2} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 1591\Omega$$

$$\frac{1}{X_{C_1}} = \frac{1}{1000} - \frac{1}{1591} = 0.000371$$

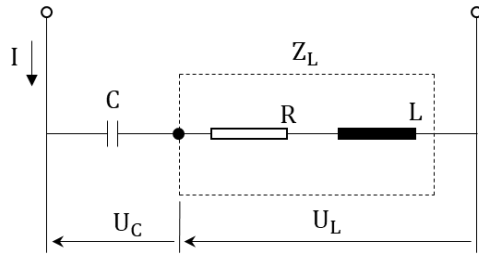
$$X_{C_1} = \frac{1}{0.000371} = 2695\Omega ; X_{C_1} = \frac{1}{2\pi f C_1}$$

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f X_{C_1}} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 2695} = 1.181 \cdot 10^{-6} F = 1.181\mu F$$

פתרון שאלה 25

נתון:

חשב:



- א. $Z_T = ?$ $L = 1.2H$
- ב. $I = ?$ $R = 500\Omega$
- ג. $U_c = ?$ $C = 8\mu F$
- ד. $U_L = ?$ $U = 125V$
- ה. $\varphi ; \varphi_1 ; \varphi_2 = ?$ $f = 100Hz$

א. עכבת המעגל: $Z_T = \sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2} =$

$= \sqrt{500^2 + \left(2\pi \cdot 100 \cdot 1.2 - \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 8 \cdot 10^{-6}}\right)^2} = Z_T = 747\Omega$

ב. הזרם במעגל: $I = \frac{U}{Z_T} = \frac{125}{747} = 0.1673A = 167.3mA$

ג. המתח על פני הקבל: $U_c = I \cdot X_c = I \cdot \frac{1}{2\pi fC} = 0.1673A = 167.3mA$

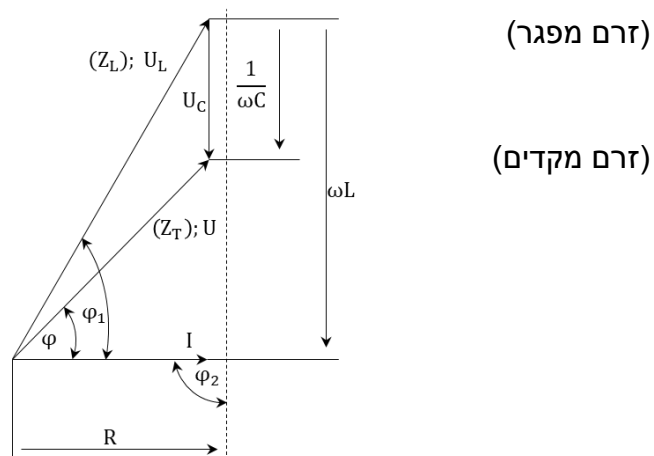
ד. עכבת הסליל בלבד: $Z_L = \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2} = \sqrt{500^2 + (2\pi \cdot 100 \cdot 1.2)^2} = 904.4\Omega$

המתח על פני הסליל בלבד: $U_L = I \cdot Z_L = 0.1673 \cdot 904.4 = 151.3V$

ה. זווית המופע בין U לזרם I: $\begin{cases} \cos \varphi = \frac{R}{Z_T} = \frac{500}{747} = 0.6693 \\ \varphi = \arccos 0.6693 = 47.98^\circ \end{cases}$

$\begin{cases} \tan \varphi_1 = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi \cdot 100 \cdot 1.2}{500} = 1.508 \\ \varphi_1 = \arctan 1.508 = 56.45^\circ \end{cases}$

$\varphi_2 = -90^\circ$



פתרון שאלה 26

נתון:

לסליל מוסיפים בטור:

קבל

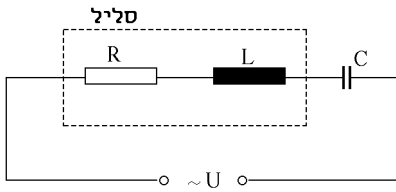
$$C = 4.5 \mu F$$

כך שהזווית תהיה $\phi' = 0$

$$f = 48 Hz$$

חשב:

$$L = ?$$



כאשר $\phi' = 0$ קיים מצב של תהודה טורית ואז מתקיים התנאי:

$$X_L = X_C$$

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 48^2 \cdot 4.5 \cdot 10^{-6}} = 2.44 H$$

ומכאן:

פתרון שאלה 27

נתון:

במעגל מקבילי (RLC)

המתואר באיור:

חשב

$$\begin{cases} f_r = ? \\ \phi = 0 \end{cases} \text{ א.}$$

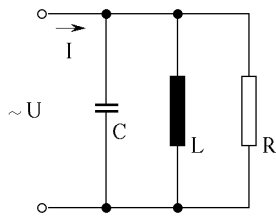
$$I_r = ? \text{ ב. } U = 300V$$

$$I_{C(r)}, I_{L(r)} = ? \text{ ג. } C = 1 \mu F$$

$$I_r' = ? \text{ ד. } L = 1H$$

$$R = 150 \Omega$$

כאשר מנתקים את הענף R.

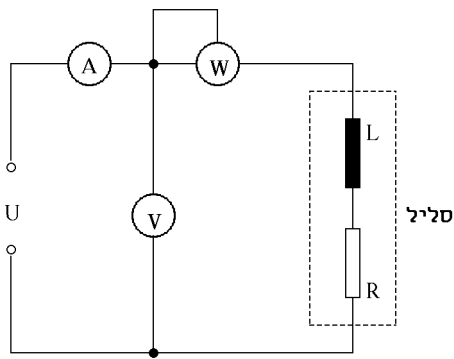


$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}} = \frac{2}{2\pi\sqrt{10^6}} = \frac{10^3}{2\pi} = 159.2 Hz \text{ א.}$$

$$I_r = \frac{U}{R} = \frac{300}{150} = 2A \text{ ב.}$$

$$I_L = I_C = U\sqrt{\frac{C}{L}} = 300\sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-6}}{1}} = 300 \cdot \frac{1}{10^3} = 0.3A \text{ ג.}$$

$$I_r' = I_L - I_C = 0.3 - 0.3 = 0 \text{ ד.}$$



פתרון שאלה 28

נתון:

חשב:	נתון:
א. $R = ?$	$I = 5A$
ב. $L = ?$	$P = 600W$
ג. $\cos \varphi = ?$ סליד	$U = 230V$
ד. $Q = ?$ סליד	$f = 50Hz$
ה. $S = ?$ סליד	

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{230}{5} = 46\Omega \quad \text{א.}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI} = \frac{600}{230 \cdot 5} = 0.5217 \Rightarrow \sin \varphi = 0.8531$$

$$R = Z \cdot \cos \varphi = 46 \cdot 0.5217 = 24\Omega$$

$$X_L = Z \cdot \sin \varphi = 46 \cdot 0.8531 = 39.24\Omega \quad \text{ב.}$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{39.24}{2\pi \cdot 50} = 0.125H$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI} = \frac{600}{230 \cdot 5} = 0.5217 \quad \text{ג.}$$

$$Q = P \cdot \tan \varphi = 600 \cdot 1.635 = 981VAR \quad \text{ד.}$$

$$S = UI = 230 \cdot 5 = 1150VA \quad \text{ה.}$$

פתרון שאלה 29

נתון:

חשב:

$$\cos \varphi_2 = ?$$

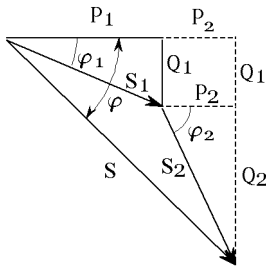
שני מנועים חד-מופעיים במקביל

$$P_T = 4.8KW$$

$$\cos \varphi_T = 0.82$$

$$P_1 = 1.5KW$$

$$\cos \varphi_1 = 0.75$$



$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} \quad ; \quad P_2 = P_T - P_1 = 4.8 - 1.5 = 3.3KW$$

$$Q_T = P_T \cdot \tan \varphi_T = 4.8 \cdot 0.698 = 3.35KVAR$$

$$Q_2 = Q_T - Q_1 = Q_T - P_1 \tan \varphi_1 = 3.35 - 1.5 \cdot 0.882 = 2.027KVAR$$

$$\tan \varphi_2 = \frac{Q_2}{P_2} = \frac{2.027}{3.3} = 0.6142$$

$$\cos \varphi_2 = 0.852$$

פתרון שאלה 30

נתון:

חשב:		
א.	$R = ?$	קבל ונגד במקביל
	$\cos \varphi = 0.1$	$U = 400V ; f = 50Hz$
ב.	$P, Q, S = ?$	$C = 100\mu F$

א. ההספק הריאקטיבי של הקבל, בו הזרם מקדים את המתח ב- 90° :

$$Q = U \cdot I_c = U \cdot \frac{U}{X_c} = \frac{U^2}{X_c} = U^2 \cdot \omega C =$$

$$= 400^2 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 5027VAR = 5.027KVAR$$

$$Q = P \cdot \tan \varphi$$

$$P = \frac{Q}{\tan \varphi} = \frac{5027}{9.95} = 505.23W \quad \cos \varphi = 0.1 \Rightarrow \tan \varphi = 9.95$$

$$P = U \cdot I_R = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

ההספק הממשי של הנגד:

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{400^2}{505.23} = 316.7\Omega$$

ב. את ההספק הממשי והריאקטיבי חישבנו קודם לכן: $P = 505.23W ; Q = 5027VAR$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{505.23^2 + 5027^2} = 5052VA$$

פתרון שאלה 31

נתון:

במעגל המתואר באיור:

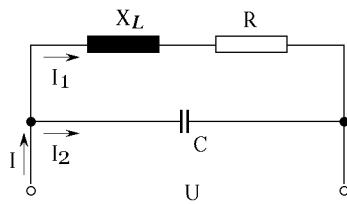
$$R = 100\Omega$$

$$f = 100\text{Hz}$$

$$X_L = 120\Omega$$

חשב:

$$\begin{cases} C = ? \\ \varphi = 0 \end{cases}$$



אם הזרם והמתח נמצאים באותו כיוון: $Q = 0$, ומכאן $Q_L = Q_C$.

$$(1) \quad Q_C = \frac{U^2}{X_C} = U^2 \cdot \omega C$$

$$(2) \quad Q_L = I_1^2 \cdot X_L = \left(\frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \right)^2 \cdot X_L = \frac{U^2 \cdot X_L}{R^2 + X_L^2}$$

$$Q = Q_L - Q_C = 0$$

$$(3) \quad Q_L = Q_C$$

$$U^2 \cdot \omega C = U^2 \cdot \frac{X_L}{X_L^2 + R^2}$$

ההספק הריאקטיבי הכולל של המעגל:

נציב את הביטויים (1) ו-(2) ב-(3) ונקבל:

$$C = \frac{X_L}{\omega(X_L^2 + R^2)} = \frac{1}{2\pi \cdot 100} \cdot \frac{120}{120^2 + 100^2} = 7.83 \cdot 10^{-6} F = 7.83 \mu F$$

הקיבול המבוקש:

פתרון שאלה 32

נתון:

מנוע (חד-מופעי) בעל

הנתונים:

חשב:

$$\text{א. } \cos \varphi = ?$$

$$\text{ב. } \begin{cases} I' = ? \\ \cos \varphi' = 1 \end{cases}$$

$$P = 226W$$

$$U = 120V$$

$$I = 3.14A$$

$$P = UI \cdot \cos \varphi \quad ; \quad \cos \varphi = \frac{P}{UI} = \frac{226}{120 \cdot 3.14} = 0.6 \quad \text{א.}$$

$$P = UI' \cdot \cos \varphi' \quad \text{ב.}$$

$$I' = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi'} = \frac{226}{120 \cdot 1} = 1.883A$$

פתרון שאלה 33

נתון:

חשב:	נתוני המעגל מופיעים באיור.
א. $X_L, X_C = ?$	
ב. אופי המעגל	
ג. $I = ?$	
ד. $P = ?$	
ה. $U = ?$	
ו. $\cos \varphi = ?$	

$$X_L = 2\pi f \cdot L = 2\pi \cdot 50 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 7.54\Omega \quad .א$$

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 70 \cdot 10^{-6}} = 45.47\Omega$$

ב. מכיוון שההיגב הקיבולי גדול מההיגב ההשראי, אופי המעגל הוא **קיבולי**. $X_C > X_L$.ב

$$I = \sqrt{\frac{Q_L}{X_L}} = \sqrt{\frac{120.64}{7.54}} = 4A \quad .ג$$

$$P = I^2 \cdot R = 4^2 \cdot 17 = 272W \quad .ד$$

$$U = I \cdot Z \quad .ה$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} = \sqrt{17^2 + (45.47 - 7.54)^2} = 41.56\Omega$$

$$U = 4 \cdot 41.56 = 166.2V$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{17}{41.56} = 0.41 \quad .ו$$

פתרון שאלה 34

חשב:	נתון:
$f_0 = ?$ א.	$L = 150\mu H$
$Z_0 = ?$ ב.	$R = 20\Omega$
$I_0 = ?$ ג.	$C = 16.887nF$
$E_R = ?$ ד.	$E = 2V$
$|E_L| = ?$ ה.	
$|E_C| = ?$ ו.	

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{150 \cdot 10^{-6} \cdot 16.887 \cdot 10^{-9}}} = 100\text{KHz} \quad \text{א. תדר התהודה:}$$

$$Z_0 = R = 20\Omega \quad \text{ב. בתהודה, העכבה שווה לנגד:}$$

$$I_0 = \frac{E}{R} = \frac{2}{20} = 0.1 = 100\text{mA} \quad \text{ג. הזרם בתהודה:}$$

$$E_R = I_0 \cdot R = 0.1 \cdot 20 = 2V \quad \text{ד. המתח על הנגד:}$$

$$|E_L| = I_0 \omega_0 L = 0.1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 10^5 \cdot 150 \cdot 10^{-6} = 9.42V \quad \text{ה. המתח על הסליל:}$$

$$|E_C| = I_0 \cdot \frac{1}{\omega_0 C} = 0.1 \cdot \frac{1}{2\pi \cdot 10^5 \cdot 16.887 \cdot 10^{-9}} = 9.42V \quad \text{ו. המתח על הקבל:}$$

המתח על הסליל והמתח על הקבל שווים בגודלם ומנוגדים במופעם.

פתרון שאלה 35

חשב:	נתון:
$C = ?$	$P_1 = 10\text{KW}$
	$\cos \varphi = 0.73$
	$U = 230V$
	$f = 50\text{Hz}$
	$\cos \varphi' = 0.92$

$$\cos \varphi = 0.73 \Rightarrow \tan \varphi = 0.936$$

$$\cos \varphi' = 0.92 \Rightarrow \tan \varphi' = 0.426$$

$$C = \frac{P(\tan \varphi - \tan \varphi')}{U^2 \cdot \omega} = \frac{10 \cdot 10^3 (0.936 - 0.426)}{230^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50} = 306\mu F$$

פתרון שאלה 36

חשב:	נתון:
$I_R = ?$.א	$R = 440\Omega$
$I_L = ?$.ב	$L = 1.4H$
$I = ?$.ג	$E = 220V$
$S = ?$.ד	$f = 50Hz$
$P = ?$.ה	
$Q = ?$	

$$I_R = \frac{E}{R} = \frac{220}{440} = 0.5A \quad .א$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \cdot 50 \cdot 1.4 = 440\Omega$$

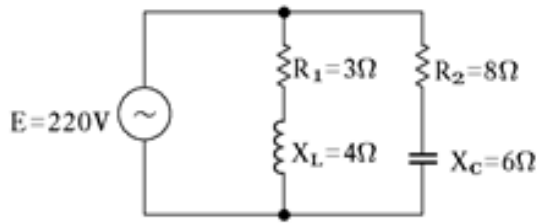
$$I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{220}{440} = 0.5A$$

$$I = I_R - jI_L = 0.5 - j0.5 = 0.707 \angle -45^\circ A \quad .ב$$

$$S = E \cdot I = 220 \cdot 0.707 = 155.54VA \quad .ג$$

$$P = E \cdot I_R = 220 \cdot 0.5 = 110V \quad .ד$$

$$Q = E \cdot I_L = 220 \cdot 0.5 = 110VAR \quad .ה$$



פתרון שאלה 37

נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור

חשב:

א. $P = ?$

ב. $S = ?$

ג. $Q = ?$

$$Z_1 = R_1 + jX_L = 3 + j4 = 5 \angle 53.13^\circ$$

$$Z_2 = R_2 - jX_C = 8 - j6 = 10 \angle -36.87^\circ$$

$$I_1 = \frac{E}{Z_1} = \frac{220 \angle 0^\circ}{5 \angle 53.13^\circ} = 44 \angle -53.13^\circ = 26.4 - j35.2$$

$$I_2 = \frac{E}{Z_2} = \frac{220 \angle 0^\circ}{10 \angle -36.87^\circ} = 22 \angle 36.87^\circ = 17.6 + j13.2$$

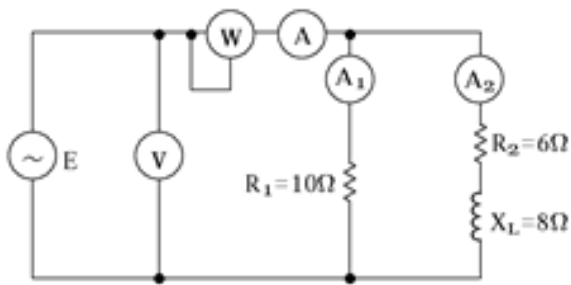
$$I_T = I_1 + I_2 = 26.4 - j35.3 + 17.6 + j13.2 = 44 - j22 = 49.19 \angle -26.565^\circ \text{ A}$$

$$\cos \varphi = \cos(-26.565) = 0.894$$

$$P = E \cdot I_T \cdot \cos \varphi = 220 \cdot 49.19 \cdot 0.894 = 9675 \text{ W} \quad \text{א.}$$

$$S = I_T \cdot E = 49.19 \cdot 220 = 10822 \text{ VA} \quad \text{ב.}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{10822^2 - 9675^2} = 4848 \text{ VAR} \quad \text{ג.}$$



פתרון שאלה 38

חשב:	נתון:
$I_1 = ?$.א	$E = 127V$
$I_T = ?$.ב	$R_1 = 10\Omega$
$I_2 = ?$.ג	$R_2 = 6\Omega$
$P = ?$.ד	$X_L = 8\Omega$

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{127}{10} = 12.7A \quad .א$$

$$Z_1 = R_1 = 10\angle 0^\circ \Omega$$

$$Z_2 = R_2 + jX_L = 6 + j8 = 10\angle 53.13^\circ \Omega$$

$$Z_T = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{10\angle 0^\circ \cdot 10\angle 53.13^\circ}{10 + 6 + j8} = \frac{100\angle 53.13^\circ}{16 + j8} = \frac{100\angle 53.13^\circ}{17.89\angle 26.57^\circ} = 5.59\angle 26.57^\circ$$

$$I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{127\angle 0^\circ}{5.59\angle 26.57^\circ} = 22.7\angle -26.57^\circ A \quad .ב$$

$$I_2 = \frac{E}{Z_2} = \frac{127\angle 0^\circ}{10\angle 53.13^\circ} = 12.7\angle -53.13^\circ A \quad .ג$$

$$P = E \cdot I_T \cdot \cos \alpha = 127 \cdot 22.7 \cdot \cos(-26.57^\circ) = 2579W \quad .ד$$

פתרון שאלה 39

נתון:

שלושה צרכנים מחוברים במקביל לרשת חד-

מופעית:

חשב:

א. $I = ?$

ב. $\cos \varphi = ?$

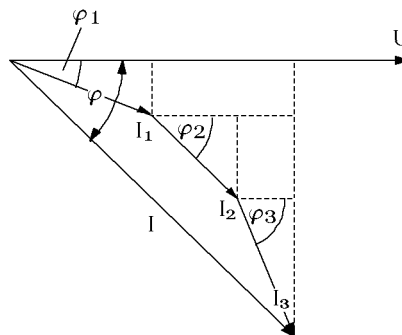
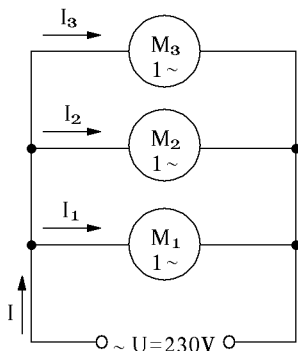
ג. $P, Q, S = ?$

$U = 230V$

$$\begin{cases} I_1 = 2.5A \\ \cos \varphi_1 = 0.65 \Rightarrow \sin \varphi_1 = 0.7599 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 = 3.5A \\ \cos \varphi_2 = 0.85 \Rightarrow \sin \varphi_2 = 0.5267 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_3 = 6.4A \\ \cos \varphi_3 = 0.81 \Rightarrow \sin \varphi_3 = 0.5864 \end{cases}$$



דיאגרמת מחוגים
עקרונית של הזרמים

א. $I_1 \cdot \cos \varphi_1 = 2.5 \cdot 0.65 = 1.625A$; $I_1 \cdot \sin \varphi_1 = 2.5 \cdot 0.76 = 1.9A$

$I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 3.5 \cdot 0.85 = 2.975A$; $I_2 \cdot \sin \varphi_2 = 3.5 \cdot 0.5267 = 1.843A$

$I_3 \cdot \cos \varphi_3 = 6.4 \cdot 0.81 = 5.184A$; $I_3 \cdot \sin \varphi_3 = 6.4 \cdot 0.5864 = 3.753A$

$$I = \sqrt{(I_1 \cdot \cos \varphi_1 + I_2 \cdot \cos \varphi_2 + I_3 \cdot \cos \varphi_3)^2 + (I_1 \cdot \sin \varphi_1 + I_2 \cdot \sin \varphi_2 + I_3 \cdot \sin \varphi_3)^2} =$$

$$= \sqrt{(1.625 + 2.975 + 5.184)^2 + (1.9 + 1.843 + 3.753)^2} = 12.32A$$

ב. $\cos \varphi = \frac{I_1 \cdot \cos \varphi_1 + I_2 \cdot \cos \varphi_2 + I_3 \cdot \cos \varphi_3}{I} = \frac{1.625 + 2.975 + 5.184}{12.32} = 0.794$

ג. $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 230 \cdot 12.32 \cdot 0.794 = 2250W$

$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 230 \cdot 12.32 \cdot 0.608 = 1723VAR$

$S = U \cdot I = 230 \cdot 12.32 = 2833VA$

פתרון שאלה 40

נתון:

קבל ונגד במקביל

$$U = 400V ; f = 50Hz$$

$$C = 150\mu F$$

חשב:

$$\begin{cases} R = ? \\ \cos \varphi = 0.2 \end{cases} \text{ א.}$$

$$P, Q, S = ? \text{ ב.}$$

א. ההספק הריאקטיבי של הקבל, בו הזרם מקדים את המתח ב- 90° :

$$Q = \frac{U^2}{X_C} = \frac{U^2}{\frac{1}{\omega C}} = U^2 \cdot \omega C = 400^2 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 150 \cdot 10^{-6} = 7540VAR$$

$$Q = P \cdot \tan \varphi$$

$$P = \frac{Q}{\tan \varphi} = \frac{7540}{4.9} = 1539W \quad \cos \varphi = 0.2 \Rightarrow \tan \varphi = 4.9$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

ההספק הממשי של הנגד:

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{400^2}{1539} = 104\Omega$$

ב. את ההספק הממשי והריאקטיבי חישבנו קודם:

$$P = 1539W ; Q = 7540VAR$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{1539^2 + 7540^2} = 7695VA$$

פתרון שאלה 41

נתון:

חשב:

א.	$C = ?$	$U = 100V$
ב.	$R = ?$	$L_1 = 20mH$
ג.	$P = ?$	$Q_{L_1} = 120VAR$
ג.	סרטט תרשים וקטורי.	$L_2 = 15mH$
		$f_r = 100Hz$
		$f_2 = 150Hz$

א.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C}}$$

$$L_T = L_1 + L_2 = 20 \cdot 10^{-3} + 15 \cdot 10^{-3} = 0.035H$$

$$\sqrt{L_T C} = \frac{1}{2\pi f_r} = \frac{1}{2\pi \cdot 100} = 1.59 \cdot 10^{-3}$$

$$L_T C = 2.533 \cdot 10^{-6}$$

$$C = \frac{2.533 \cdot 10^{-6}}{0.035} = 72.37 \mu F$$

$$X_{L_1} = 2\pi f_r L_1 = 2\pi \cdot 100 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 12.566\Omega$$

$$I_{L_1} = I_T = I_R = I_{L_2} = I_C$$

$$I_{L_1} = \sqrt{\frac{Q_{L_1}}{X_{L_1}}} = \sqrt{\frac{120}{12.566}} = 3.09A$$

$$P = U \cdot I_T = 100 \cdot 3.09 = 309W$$

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{100^2}{309} = 32.36\Omega$$

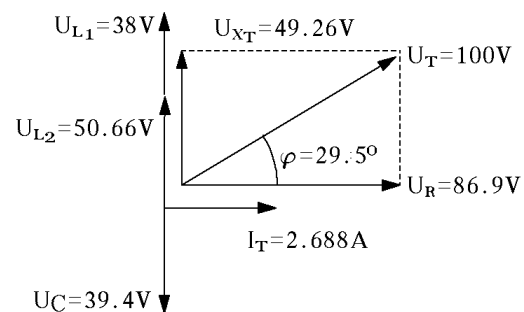
$$f_2 = 150Hz$$

$$X_{L_1} = 2\pi f_2 L_1 = 2\pi \cdot 150 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 18.849\Omega$$

$$X_{L_2} = 2\pi f_2 L_2 = 2\pi \cdot 150 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 14.137\Omega$$

$$X_{L_T} = X_{L_1} + X_{L_2} = 32.986\Omega$$

סרטט הווקטורים



ב.

במצב תהודה:

ג. במצב ב'

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_2 C} = \frac{1}{2\pi \cdot 150 \cdot 72.37 \cdot 10^{-6}} = 14.66\Omega$$

$$X_T = X_{L_T} - X_C = 32.986 - 14.66 = 18.326\Omega$$

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} = \sqrt{32.36^2 + 18.326^2} = 37.19\Omega$$

$$I_T = \frac{U_T}{Z_T} = \frac{100}{37.19} = 2.688A$$

$$U_{L_1} = I_T \cdot X_{L_1} = 2.688 \cdot 18.849 = 50.66V$$

$$U_{L_2} = I_T \cdot X_{L_2} = 2.688 \cdot 14.137 = 38V$$

$$U_C = I_T \cdot X_C = 2.688 \cdot 14.66 = 39.4V$$

$$U_R = I_T \cdot R = 2.688 \cdot 32.36 = 86.98V$$

$$\cos \varphi = \frac{R_T}{Z_T} = \frac{32.36}{37.19} = 0.87 \Rightarrow \varphi = 29.5^\circ$$

$$U_{X_T} = U_{L_1} + U_{L_2} - U_C = 50.66 + 38 - 39.4 = 49.26V$$

פתרון שאלה 42

נתון:

חשב:

א. $C = ?$	נתוני המעגל מופיעים באיור.
ב. $I_{\max} = ?$	

א. לקבלת זרם מירבי במעגל, המעגל צריך להיות בתהודה

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega^2 L}$$

$$C = \frac{1}{(200\pi)^2 \cdot L} = \frac{1}{40000 \cdot \pi^2 \cdot 0.1} = 25.33 \mu F$$

ב.

$$I_{\max} = \frac{U}{R} = \frac{230}{20} = 11.5 A$$

פתרון שאלה 43

נתון:

חשב:

$R_C = ?$	נתוני המעגל מופיעים באיור.
I_{\min}	

זרם מינימלי מתקבל כאשר המעגל בתהודה. כלומר, כאשר הרכיב ההיגבי של המתירות שווה ל-0.

$$Y_T = Y_L + Y_C = \frac{1}{6 + j8} + \frac{1}{R_C - j6} = \frac{6 - j8}{6^2 + 8^2} + \frac{R_C + j6}{R_C^2 + 6^2}$$

$$Y_T = \frac{6}{6^2 + 8^2} + \frac{R_C}{R_C^2 + 6^2} + j \underbrace{\left(\frac{-8}{6^2 + 8^2} + \frac{6}{R_C^2 + 6^2} \right)}_0$$

$$\frac{6}{R_C^2 + 36} - \frac{8}{100} = 0$$

$$8(R_C^2 + 36) = 600$$

$$8R_C^2 = 312$$

$$R_C^2 = \frac{312}{8}$$

$$R_C = \sqrt{39} = 6.245 \Omega$$

פתרון שאלה 44

נתון:

חשב:

א. $\cos \varphi = ?$

ב. $\begin{cases} Q_C = ? \\ \cos \varphi = 0.92 \end{cases}$

$$K_1 = 500 \frac{T}{KWh}$$

$$K_2 = 250 \frac{T}{KVARh}$$

$$N_1 = 22$$

$$N_2 = 9$$

$$t = 14 \text{ sec}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\frac{N_1}{K_1}}{t} = \frac{\frac{22}{500}}{\frac{14}{3600}} = 11.3 \text{ KW}$$

.א

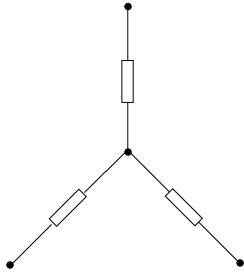
$$Q = \frac{W}{t} = \frac{\frac{N_2}{K_2}}{t} = \frac{\frac{9}{250}}{\frac{14}{3600}} = 9.26 \text{ KVAR}$$

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} = \frac{9.26}{11.3} = 0.82 \Rightarrow \cos \varphi = 0.773$$

$$Q_C = P(\tan \varphi - \tan \varphi') = 11.3(0.82 - 0.426) = 4.45 \text{ KVAR}$$

.ב

פתרונות לפרק 9



חשב:

$$I_L = ?$$

א.

$$U_L = ?$$

ב. בחיבור משולש

פתרון שאלה 2

נתון:

מנוע תלת-מופעי חיבור Y

$$P = 6KW$$

$$\eta = 0.8$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$U = 380V$$

א.

$$P_1 = \frac{P}{\eta} = \frac{6}{0.8} = 7.5KW$$

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \Rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

$$I = \frac{7500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.85} = 13.4A$$

$$U_{ph} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$$

ב. המתח המופעי על כל סליל בחיבור כוכב הוא:

על מנת שההספק לא ישתנה צריך לשמור על המתח המופעי על הסליל.
 בחיבור משולש מתח הקו שווה למתח המופעי ולכן מתח הקו צריך להיות 220V.

פתרון שאלה 3

נתון:

$$U = 400V$$

$$f = 50Hz$$

$$S_Y = 10KVA$$

$$\cos \varphi = 0.7$$

חשב:

א. $P = ?$

ב. $U_{ph}, I_L = ?$

ג. $S_{\Delta} = ?$

$$P = S \cdot \cos \varphi = 10000 \cdot 0.7 = 7KW$$

א. חישוב ההספק הממשי:

$$U_{ph} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230.95V$$

ב. חישוב מתח המופע:

$$I = \frac{\frac{S_T}{3}}{U} = \frac{\frac{10000}{3}}{230.95} = 14.43A$$

ג. שינוי החיבור למשולש גורם להספק לגדול פי 3. כיוון שבחיבור משולש המתח על כל מופע הוא פי $\sqrt{3}$ (כל עומס מקבל מתח קו) ולכן ההספק גדל פי 3.

פתרון שאלה 4

נתון:

נתוני המעגל מופיעים באיור.

א. $I_L = ?$

ב. $P = ?$

ג. סרטט משולש הספקים.

$$I_L = I_{ph} = \frac{U_{ph}}{Z} = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 23.09A$$

א.

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 23.09 \cdot 0.8 = 12.8KW$$

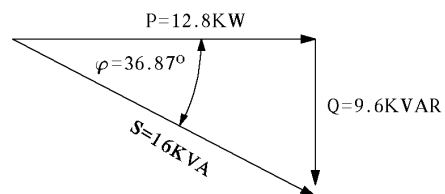
ב.

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 23.09 = 16KVA$$

ג.

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{16000^2 - 12800^2} = 9600VAR$$

$$\cos \varphi = 0.8 \Rightarrow \varphi = 36.87^\circ$$



פתרון שאלה 5

נתון:

$$R_1 = R_2 = R_3$$

$$P = 2400W \text{ כולל}$$

חשב:

א. $\left\{ \begin{array}{l} I'_R ; I'_S ; I'_T \\ (P_{סקן} \text{ בצרכן } R_1) \end{array} \right.$

ב. $\left\{ \begin{array}{l} P' = ? \text{ כולל} \\ (P_{סקן} \text{ בצרכן } R_1) \end{array} \right.$

$$I_L = 26A = I_R = I_S = I_T$$

במצב תקין:

$$I_{PH} = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{26}{1.73} = 15A$$

$$P_{PH} = R_{PH} I_{PH}^2 = \frac{P_{\text{כולל}}}{3} = \frac{2400}{3} = 800W$$

$$R_{PH} = \frac{P_{PH}}{I_{PH}^2} = \frac{800}{15^2} = 3.55\Omega$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$

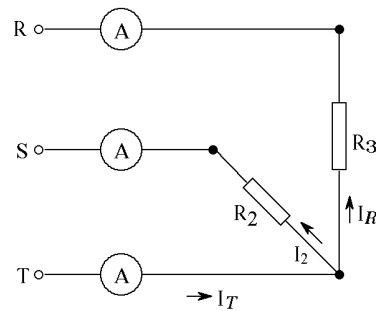
$$U_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot I_L} = \frac{2400}{\sqrt{3} \cdot 26} = 53.3V$$

$$I'_R = I'_S = \frac{U_L}{R_L} = \frac{53.3}{3.55} = 15A$$

$$I'_T = \sqrt{3} \cdot I'_R = \sqrt{3} \cdot 15 = 26A$$

$$P = R \cdot I_S^2 + R \cdot I_T^2 = 3.55 \cdot 15^2 + 3.55 \cdot 15^2 = 1597 \approx 1600W$$

ב. חישוב P כולל:



א.

פתרון שאלה 6

<p>חשב:</p> <p>א. $\left\{ \begin{array}{l} I'_R ; I'_S ; I'_T \\ (אם\ יותך\ הנתיד\ במופע\ R) \end{array} \right.$</p> <p>ב. $\left\{ \begin{array}{l} P' = ? \\ (אם\ יותך\ הנתיד\ במופע\ R) \end{array} \right.$</p>	<p>נתון:</p> <p>$R_1 = R_2 = R_3$</p> <p>$P = 2400W$ כולל</p> <p>$I_R = I_S = I_T = I_L = 26A$</p>
---	---

א. במצב תקין:

$$I_{PH} = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{26}{1.732} = 15A$$

$$P_{PH} = R_{PH} \cdot I_{PH}^2 = \frac{P_{\text{כולל}}}{3} = \frac{2400}{3} = 800W$$

$$R_{PH} = \frac{P_{PH}}{I_{PH}^2} = \frac{800}{15^2} = 3.55\Omega$$

$$P_{\text{כולל}} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$

$$U_L = \frac{P_{\text{כולל}}}{\sqrt{3} \cdot I_L} = \frac{2400}{\sqrt{3} \cdot 26} = 53.3V$$

$$I'_R = 0$$

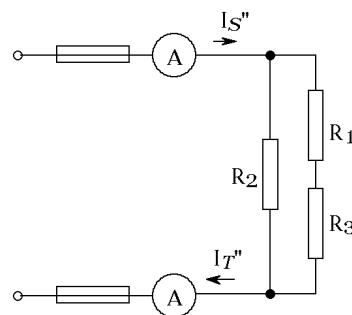
$$I'_S = I'_T = \frac{U_L}{R_T}$$

$$R_T = \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_2 + R_1 + R_3} = \frac{3.55(3.55 + 3.55)}{3 \cdot 3.55} = 2.366\Omega$$

$$I'_S = I'_T = \frac{53.3}{2.366} = 22.5A$$

$$P'_{\text{כולל}} = U_2 \cdot I'_S = 53.3 \cdot 22.5 \cong 1200W$$

במצב שבו יותך הנתיד שבמופע R:



ב.

פתרון שאלה 7

נתון:

מחוברים במשולש:

$$R = R_1 = R_2 = R_3$$

$$U = 380V$$

$$P = 38KW$$

חשב:

כאשר ניתך הנתוך שבמופע T:

א. $I_{R_1}; I_{R_2}; I_{R_3} = ?$

ב. $P_{R_1}; P_{R_2}; P_{R_3} = ?$

ג. $P' = ?$ תנור

$$P_{PH} = \frac{P}{3} = \frac{38}{3} = 12.666KW = 12666W$$

א. כאשר המערכת תקינה:

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

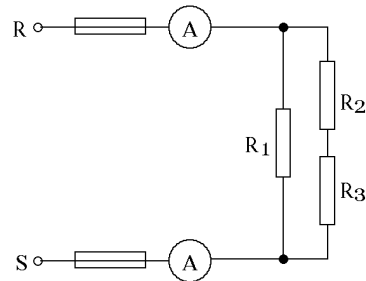
בחיבור משולש:

$$P_{PH} = \frac{U_{ph}^2}{R} ; R = \frac{U_{ph}^2}{P_{ph}} = \frac{380^2}{12666} = 11.4\Omega$$

$$I_{R_1} = \frac{U}{R_1} = \frac{380}{11.4} = 33.33A$$

$$I_{R_2} = I_{R_3} = \frac{U}{R_2 + R_3} = \frac{380}{11.4 + 11.4} = 16.66A$$

כאשר ניתך הנתוך שבמופע T:



$$P_{R_1} = U \cdot I_1 = 380 \cdot 33.33 = 12.665KW$$

ב.

$$P_{R_2} = P_{R_3} = I_{R_2}^2 \cdot R = 16.66^2 \cdot 11.4 = 3.164KW$$

$$P' = P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_3} = 12.665 + 3.164 + 3.164 = 18.993KW$$

ג.

פתרון שאלה 8

נתון:

נתוני המעגל מופיעים

באיור.

חשב:

א. $I_L = ?$

ב. $I'_S ; I'_T = ?$ (כאשר יש נתק בקו R)

ג. $I'_S ; I'_T = ?$ (כאשר בצרן המחובר במופע R יחול קצר מלא)

ד. $I'_R = ?$ (כנ"ל)

א. כאשר המערכת תקינה:

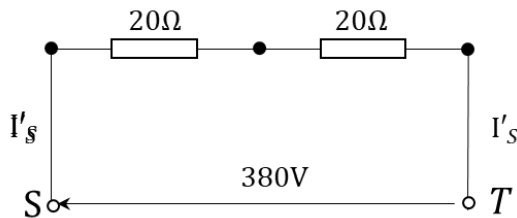
$$I_{ph} = \frac{U_{ph}}{R_{ph}}$$

$$U_{ph} = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$$

$$I_{ph} = \frac{220}{20} = 11A$$

$$I_L = I_{ph} = 11A$$

בחיבור כוכב:

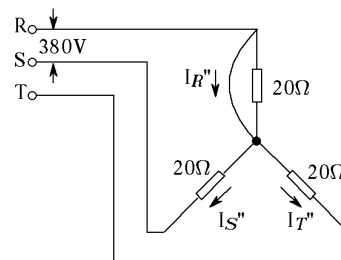


ב. נתק בקו של המופע R:

$$I'_S = I'_T = \frac{U_L}{R+R} = \frac{380}{20+20} = 9.5A$$

$$I'_S = I'_R = \frac{380}{20} = 19A$$

ג. בצרן המחובר במופע R יחול קצר מלא.



ד. במקרה של קצר מלא באחד הצרכנים תהיה עוצמת הזרם, באותו קו, שווה לסכום המחוגי של העוצמות בשני הקווים הנותרים. יש, אם כן, לכפול פי $\sqrt{3}$ את עוצמת הזרם באחד הקווים:

$$I'_R = \sqrt{3} \cdot I'_S = \sqrt{3} \cdot 19 = 32.9A$$

פתרון שאלה 9

נתון:

$$U_L = 380V$$

$$P_2 = 2.5HP$$

$$\cos \varphi = 0.9$$

$$\eta = 80\%$$

חשב:

א. $I = ?$

ב. $Z; R; X = ?$

$$I_{PH} = I_L = \frac{P_2}{\eta \cdot \sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi} = \frac{2.5 \cdot 736}{0.8 \cdot \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.9} = 3.88A \quad \text{א.}$$

$$\left. \begin{aligned} U_{PH} &= \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219.4V \\ I_{PH} &= I_L = 3.88A \end{aligned} \right\}$$

ב. בחיבור כוכב:

$$Z_{PH} = \frac{U_{PH}}{I_{PH}} = \frac{219.4}{3.88} = 56.54\Omega$$

$$R_{PH} = Z_{PH} \cdot \cos \varphi = 56.54 \cdot 0.9 = 50.88\Omega$$

$$X_{PH} = \sqrt{Z_{PH}^2 - R_{PH}^2} = \sqrt{56.54^2 - 50.88^2} = \sqrt{3197 - 2589} = 24.66\Omega$$

פתרון שאלה 10

חשב:	נתון:
א. $I = ?$	$U_L = 380V$
ב. $\cos \varphi = ?$	$R_{PH} = 8\Omega$
ג. $P; Q; S = ?$	$X_{PH} = 6\Omega$

$$Z_{PH} = \sqrt{R_{PH}^2 + X_{PH}^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10\Omega$$

א.

$$I_{PH} = \frac{U_{PH}}{Z_{PH}} ; U_{PH} = \frac{U_2}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220.4V$$

בחיבור כוכב:

$$I_{PH} = \frac{200}{10} = 22A = I_L$$

$$\cos \varphi = \frac{R_{PH}}{Z_{PH}} = \frac{8}{10} = 0.8$$

ב.

$$P = 3U_{PH} \cdot I_{PH} \cdot \cos \varphi = 3 \cdot 220 \cdot 22 \cdot 0.8 = 11616W = 11.6KW$$

ג.

$$Q = 3U_{AT} \cdot I_{PH} \cdot \sin \varphi = 3 \cdot 220 \cdot 22 \cdot 0.6 = 8712VAR = 8.71KVAR$$

$$S = 3U_{PH} \cdot I_{PH} = 3 \cdot 220 \cdot 22 = 14520VA = 14.52KVAR$$

פתרון שאלה 11

נתון:

שלוש ענבות זהות מחוברות
במשולש

חשב:

א. $I_{ph} = ?$

ב. $I_L = ?$

ג. $P, Q, S = ?$

$U = 400V = U_{ph}$

$Z_{ph} = \begin{cases} R_{ph} = 6\Omega \\ X_{ph} = 8\Omega \end{cases}$

$$Z_{ph} = \sqrt{R_{ph}^2 + X_{ph}^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10\Omega \quad \text{א.}$$

$$I_{ph} = \frac{U_{ph}}{Z_{ph}} = \frac{400}{10} = 40A$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{ph} = \sqrt{3} \cdot 40 = 69.28A \quad \text{ב. בחיבור משולש:}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{6}{10} = 0.6 \quad \text{ג.}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 69.28 \cdot 0.6 = 28800W$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 69.28 \cdot 0.8 = 38400VAR$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 69.3 = 48000VAR$$

פתרון שאלה 12

נתון:

עומס תלת מופעי עם הנתונים

האלה:

$$P = 800KW$$

$$\cos \varphi = 0.8 \text{ קשראטי}$$

$$U_{L2} = 6.6KV$$

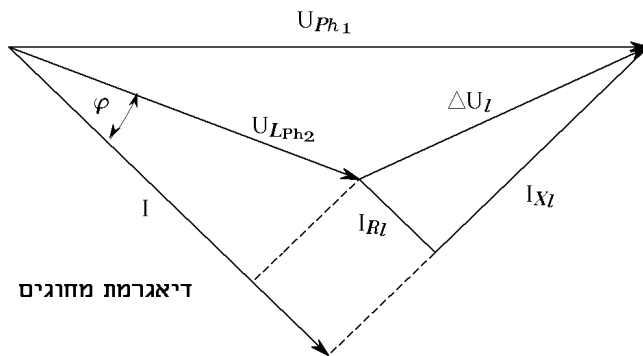
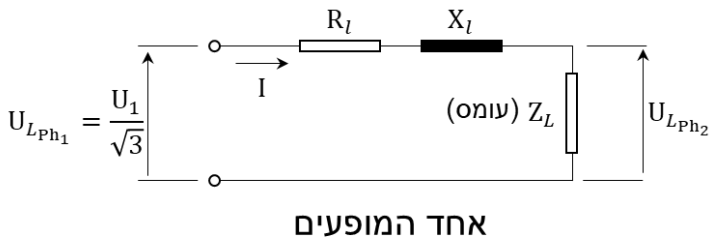
העומס מוזן באמצעות קו עילי:

$$R_l = 3.2\Omega$$

$$X_l = 3.2\Omega$$

חשב:

$$U_{L1} = ?$$



$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{800 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6600 \cdot 0.8} = 87.5A$$

הזרם בכל קו:

$$U_{ph1} = \sqrt{(U_{Lph2} \cdot \cos \varphi + I \cdot R_l)^2 + (U_{Lph2} \sin \varphi + I \cdot X_l)^2} =$$

לפי דיאגרמת המחוגים:

$$= \sqrt{\left(\frac{6600}{\sqrt{3}} \cdot 0.8 + 87.5 \cdot 3.2\right)^2 + \left(\frac{6600}{\sqrt{3}} \cdot 0.6 + 87.5 \cdot 3.2\right)^2} = 4203V$$

$$U_1 = \sqrt{3} \cdot U_{ph1} = \sqrt{3} \cdot 4203 = 7280V = 7.28KV$$

המתח השלוב בתחילת הקו:

פתרון שאלה 13

חשב:	נתון:
$C = ?$	$\cos \varphi = 0.75$
אם חיבור הקבלים יעשה במשולש	$\cos \varphi' = 0.95$
	$P_{2n} = 30HP$
	$U_n = 400V$
	$f = 50Hz$
	$\eta = 84\%$

$$P_1 = \frac{P_{2n} \cdot 736}{\eta} = \frac{30 \cdot 736}{0.84} = 26285W$$

$$Q = P \cdot \tan \varphi = 26285 \cdot 0.882 = 23181VAR$$

$$Q' = P \cdot \tan \varphi' = 26285 \cdot 0.329 = 8639VAR$$

$$Q_C = Q - Q' = 23181 - 8639 = 14542VAR$$

$$Q_C = 3 \cdot U_L^2 \omega C$$

$$C = \frac{Q_C}{3 \cdot U_L^2 \cdot \omega} = \frac{14542}{3 \cdot 400^2 \cdot 2\pi \cdot 50} = 96.4 \mu F$$

($U_L =$ מתח שלוב בחיבור משולש)

פתרון שאלה 14

נתון:

נגדים מחוברים בכוכב ללא תיל אפס. $3 \cdot 5 \Omega$

$U = 400V$ שלוב

חשב:

$I_R, I_S, I_T = ?$

בשלושת המצבים האלה:

א. אין תקלה במעגל.

ב. אחד הנגדים מנותק.

ג. אחד הנגדים מקוצר.

$I = \frac{U_{ph}}{R} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot R} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 5} = 46.2A$

א. אין תקלה במעגל:

$I_R = I_S = I_T = 46.2A$

$I_R = 0$

ב. אחד הנגדים מנותק (תרשים א):

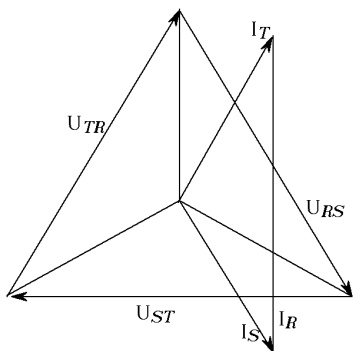
$I_S = I_T = \frac{U}{R+R} = \frac{U}{2R} = \frac{400}{2 \cdot 5} = 40A$

$I_S = \frac{U}{R} = \frac{400}{5} = 80A$

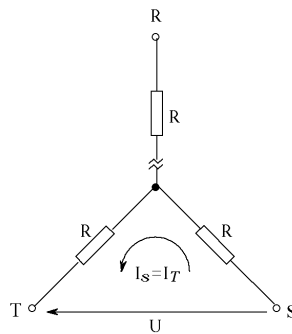
ג. כאשר אחד הנגדים מקוצר (תרשים ב):

$I_T = \frac{U}{R} = \frac{400}{5} = 80A$

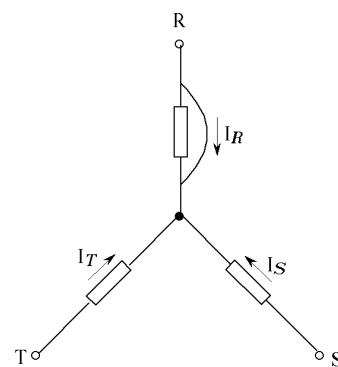
הזרם במופע R יתקבל כפי שצוין בתרשים ג'. בתרשים נתונים המתחים השלובים. הזרם I_S בכיוון המתח השלוב U_{RS} ; הזרם I_T בכיוון המתח השלוב U_{TR} ; הזרם I_R הינו ההפרש המחוגי של שני הזרמים ($I_R = I_S - I_T$) מתוך כך: $I_R = \sqrt{3} \cdot I_T = \sqrt{3} \cdot I_S = \sqrt{3} \cdot 80 = 138.6A$



תרשים ג'



תרשים ב'



תרשים א'

פתרון שאלה 15

נתון:

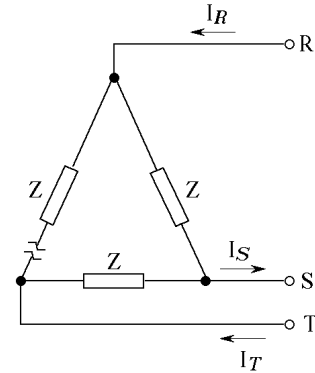
$$3 \cdot Z = 3 \cdot 100\Omega$$

בחיבור משולש: $U_L = 400V$

חשב:

$$I_R, I_S, I_T = ?$$

במצב תקלה כפי שמתואר באיור.



$$I_R = I_T = \frac{400}{100} = 4A$$

$$I_S = \sqrt{3} \cdot I_T = \sqrt{3} \cdot 4 = 6.93A$$

פתרון שאלה 16

נתון:

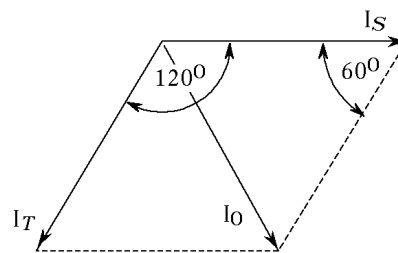
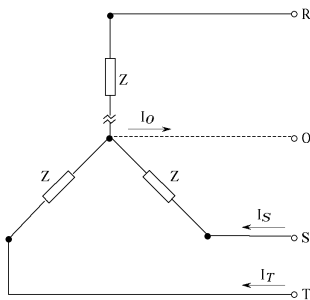
שלוש עכבות של 100Ω כל אחת המחוברות

ביניהן בכוכב ובמוליך 0, כמתואר באיור.

נתק בפזה R; $U = 400V$

חשב:

$$I_R, I_S, I_T, I_0 = ?$$



דיאגרמת מחוגים

$$I_R = 0$$

$$I_S = I_T = \frac{U_{ph}}{Z} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 100} = 2.31A$$

ראה דיאגרמת מחוגים: $I_0 = I_T + I_S$

נוצר משולש שווה צלעות כי כל הזוויות שוות 60° .

נוכל לחשב: $I_0 = I_S = I_T = 2.31A$

פתרון שאלה 17

נתון:

מחוברים בכוכב ותיל

אפס.

$$R_1 = 180\Omega$$

$$R_2 = 50\Omega$$

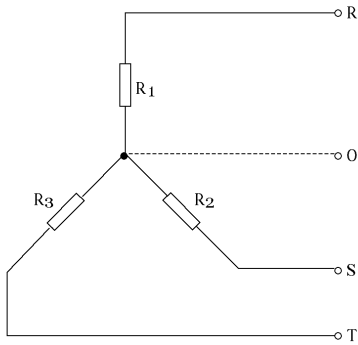
$$R_3 = 100\Omega$$

$$U_L = 400V$$

בחיבור כוכב

חשב:

$$I_R, I_S, I_T, I_0 = ?$$



$$U_{ph} = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230V$$

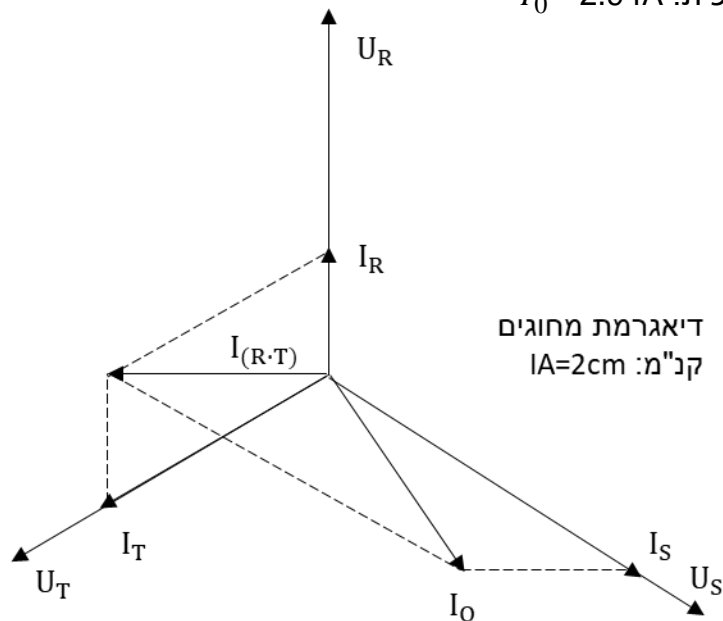
$$I_R = \frac{U_{ph}}{R_1} = \frac{230}{180} = 1.277A$$

$$I_S = \frac{U_{ph}}{R_2} = \frac{230}{50} = 4.6A$$

$$I_T = \frac{U_{ph}}{R_3} = \frac{230}{100} = 2.3A$$

בפתרון גרפי נוכל לקבל I_0 אם נסרטט את דיאגרמת המחוגים לפי קנה מידה: $2cm = 1A$

נקבל בדרך גרפית: $I_0 = 2.94A$



פתרון שאלה 18

נתון:

$$3 \cdot Z = 3 \cdot 100\Omega \quad \text{בחיבור משולש}$$

$$U_L = 400V$$

חשב:

א. בכל מופע במצב תקין $I_Z = ?$, $I_L = ?$

ב. בכל מופע כאשר חל פסק באחת

העכבות

$$I_Z = \frac{U}{Z} = \frac{400}{100} = 4A$$

א. במצב רגיל:

$$I_L = \sqrt{3}I_Z = \sqrt{3} \cdot 4 = 6.93A$$

$$I_{L_R} = I_{L_T} = I_{Z_2} = I_{Z_3} = \frac{U}{Z} = \frac{400}{100} = 4A$$

ב. כאשר חל פסק באחת העכבות:

$$I_{Z_1} = 0$$

$$I_{L_S} = \sqrt{3}I_{L_T} = 6.93A$$

פתרון שאלה 19

נתון:

$$\eta_{\text{משאבה}} = 0.75$$

$$U = 400V$$

$$\cos \varphi = 0.87$$

$$\eta_{\text{מנוע}} = 0.85$$

$$V = 200m^3$$

$$t = 1_H = 3600\text{sec}$$

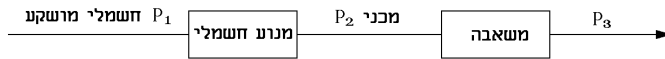
$$S_{\text{מנוע}} = 32m$$

חשב:

א. סרטט תרשים מלבני.

ב. $P_{(W)(HP)} = ?$

ג. $I = ?$



א.

$$V = 200m^3 \Rightarrow F = 200 \cdot 10^3 Kg$$

$$P_3 = \frac{F \cdot S}{t} = \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 32}{3600} = 1777.778 \frac{Kgm}{sec} \quad \text{ב.}$$

$$P_{3w} = 1777.778 \cdot 9.81 = 17440W$$

$$P_2 = \frac{P_3}{\eta_2} = \frac{17440}{0.75} = 23253W$$

$$P_{2(HP)} = \frac{23253}{736} = 31.6HP$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_1} = \frac{23253}{0.85} = 27356W$$

$$I = \frac{P}{U_L \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi} = \frac{27356}{400 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.87} = 45.4A \quad \text{ג.}$$

פתרון שאלה 20

נתון:

3 צרכנים מחוברים במשולש.

$$R = 17\Omega$$

$$X_L = 12\Omega$$

$$U_L = 380V$$

מחולל מחובר בכוכב.

חשב:

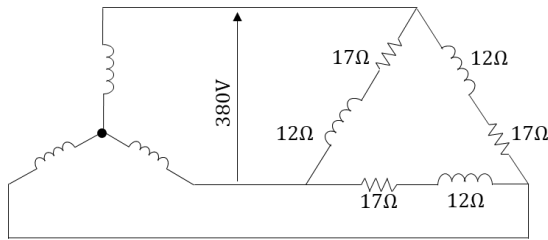
א. $I_{ph} = ?$

ב. $I_L = ?$

ג. $P_{ph} = ?$

ד. $P_T = ?$

ה. $\cos \varphi = ?$



$$Z_{ph} = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{17^2 + 12^2} = 20.8\Omega \quad \text{א.}$$

$$I_{ph} = \frac{U_L}{Z_{ph}} = \frac{380}{20.8} = 18.26A$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{ph} = \sqrt{3} \cdot 18.26 = 31.63A \quad \text{ב.}$$

$$P_{ph} = I_{ph}^2 \cdot R = (18.26)^2 \cdot 17 = 5668W \quad \text{ג.}$$

$$P_T = 3 \cdot P_{ph} = 3 \cdot 5668 = 17005W \quad \text{ד.}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{17}{20.8} = 0.817 \quad \text{ה.}$$

פתרון שאלה 21

נתון:

$$I_L = 20A$$

$$U_L = 230V$$

$$f = 60Hz$$

$$R = 8\Omega$$

חשב:

$$C = ?$$

$$Z_{ph} = \frac{U_{ph}}{I_{ph}} = \frac{U_L \cdot \sqrt{3}}{I_L} = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$X_C = \sqrt{\frac{3 \cdot U_L^2}{I_L^2} - R^2}$$

$$X_C = \sqrt{\frac{3 \cdot 230^2}{20^2} - 8^2} = 18.24\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 60 \cdot 18.24} = 145\mu F$$

פתרון שאלה 22

נתון:

שלוש עכבות זהות מחוברות במשולש.

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

$$Z_{ph} = 10\Omega$$

$$X_{ph} = 8\Omega$$

חשב:

$$I_{ph} = ? \quad .א$$

$$I_L = ? \quad .ב$$

$$R_{ph} = ? \quad .ג$$

$$P, Q, S = ? \quad .ד$$

$$I_{ph} = \frac{U_{ph}}{Z_{ph}} = \frac{400}{10} = 40A$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{ph} = \sqrt{3} \cdot 40 = 69.28A$$

$$R_{ph} = \sqrt{Z_{ph}^2 - X_{ph}^2} = \sqrt{10^2 - 8^2} = 6\Omega$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{6}{10} = 0.6$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 69.28 \cdot 0.6 = 28800W$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 69.28 \cdot 0.8 = 38400VAR$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 69.3 = 48000VA$$

.א

.ב בחיבור משולש:

.ג

.ד

פתרון שאלה 23

חשב:	נתון:
א. $Q_C = ?$	$U = 3 \cdot 400V$
ב. $I'_L = ?$	$I = 15A$
	$\cos \varphi = 0.85$
	$\cos \varphi' = 0.92$

א. חישוב העומס המחובר: $P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 15 \cdot 0.85 = 8833.46W$

$\cos \varphi = 0.85 \Rightarrow \tan \varphi = 0.62$

$\cos \varphi' = 0.92 \Rightarrow \tan \varphi' = 0.426$

חישוב הספק הקבל הנחוץ לשיפור גורם ההספק:

$Q_C = P \cdot (\tan \varphi - \tan \varphi') = 8833.46(0.62 - 0.426) = 1713.7VAR$

ב. חישוב הזרם לאחר השיפור: $I'_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi'} = \frac{8833.46}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.92} = 13.86A$

פתרון שאלה 24

חשב:	נתון:
א. $I = ?$	חיבור כוכב.
ב. $\cos \alpha = ?$	$U_L = 400V$
ג. $P, Q, S = ?$	$R_{PH} = 12\Omega$
	$X_{PH} = 9\Omega$

א. $Z_{PH} = \sqrt{R_{PH}^2 + X_{PH}^2} = \sqrt{12^2 + 9^2} = 15\Omega$

בחיבור כוכב: $I_{PH} = \frac{U_{PH}}{Z_{PH}} ; U_{PH} = \frac{U_2}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230V$

$I_{PH} = \frac{230}{15} = 15.33A = I_L$

ב. $\cos \varphi = \frac{R_{PH}}{Z_{PH}} = \frac{12}{15} = 0.8$

ג. $P = 3U_{PH} \cdot I_{PH} \cdot \cos \varphi = 3 \cdot 230 \cdot 15.33 \cdot 0.8 = 8462W = 8.46KW$

$Q = 3U_{PH} \cdot I_{PH} \cdot \sin \varphi = 3 \cdot 230 \cdot 15.33 \cdot 0.6 = 6346.6VAR = 6.35KVAR$

$S = 3U_{PH} \cdot I_{PH} = 3 \cdot 230 \cdot 15.33 = 10577VA = 10.58KVA$

פתרון שאלה 25

חשב:	נתון:
$t = ?$.א	$F_1 = 4900Kg$
$Q_C = ?$.ב	$F_2 = 200Kg$
$I_2 = ?$.ג	$h = 35m$
	$\eta_K = 80\%$
	$U_L = 660V$
	$I_L = 30A$
	$\cos \varphi_M = 0.7$
	$\eta_M = 85\%$
	$\cos \varphi_2 = 0.92$

$$F_T = F_1 + F_2 = 4900 + 200 = 5100Kg \quad .א$$

$$P_{1_M} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 660 \cdot 30 \cdot 0.7 = 24006W$$

$$P_{2_M} = \frac{P_{1_M} \cdot \eta\%}{100} = \frac{24006 \cdot 85}{100} = 20405W$$

$$P_{2_M} = P_{1_K} = 20405W$$

$$P_{2_K} = \frac{P_{1_K} \cdot \eta_K\%}{100} = \frac{20405 \cdot 80}{100} = 16324W$$

$$P_{2_K} = \frac{16324}{9.81} = 1664 \frac{Kgr}{sec}$$

$$t = \frac{F \cdot h}{P_{2_K}} = \frac{5100 \cdot 35}{1664} = 107.27 \text{ sec} = 1.788 \text{ min}$$

$$Q_C = P_{1_M} (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 24006 \cdot (1.02 - 0.426) = 14264VAR \quad .ב$$

$$I_2 = \frac{P_{1_M}}{\sqrt{3} \cdot U_2 \cdot \cos \varphi_2} = \frac{24006}{\sqrt{3} \cdot 660 \cdot 0.92} = 22.83A \quad .ג$$

פתרון שאלה 26

נתון:

חשב:

$P_T = ?$	.א	$L_1 = L_2 = L_3 = 40mH$
$I_L = ?$		$C_1 = C_2 = C_3 = 253.3\mu F$
$\cos \varphi = ?$		$R_1 = R_2 = R_3 = 50\Omega$
$U_L = ?$	.ב	$Q_{L_1} = 750VAR$
$P_{T_2} = ?$	.ג	$f = 50Hz$

$$X_{L_1} = X_{L_2} = X_{L_3} = 2\pi f L_1 = 2\pi \cdot 50 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 12.566\Omega \quad .א$$

$$X_{C_1} = X_{C_2} = X_{C_3} = \frac{1}{2\pi f C_1} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 253.3 \cdot 10^{-6}} = 12.566\Omega$$

$$X_{T_{ph}} = X_{L_1} - X_{C_1} = 12.566 - 12.566 = 0\Omega$$

$$Z_{ph} = \sqrt{R_{ph}^2 + X_{T_{ph}}^2} = \sqrt{50^2 + 0^2} = 50\Omega$$

$$I_{ph_1} = \sqrt{\frac{Q_{L_1}}{X_{L_1}}} = \sqrt{\frac{750}{12.566}} = 7.725A$$

$$I_{L_1} = \sqrt{3} \cdot I_{ph_1} = \sqrt{3} \cdot 7.725 = 13.38A$$

$$U_L = U_{ph} = I_{ph_1} \cdot Z_{ph_1} = 7.725 \cdot 50 = 386.25V$$

$$\cos \varphi = \frac{R_{ph}}{Z_{ph}} = \frac{50}{50} = 1$$

$$P_T = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 386.25 \cdot 13.38 \cdot 1 = 8951W \quad .ב$$

$$U_{ABC} = 386.25V \quad .ג \quad \text{מצב 2 כאשר מופע } L_2 \text{ מתנתק:}$$

$$I_{ABC} = \frac{U_{ABC}}{Z_{ABC}}$$

$$Z_{ABC} = \sqrt{(R_2 + R_3)^2 + [(X_{L_2} + X_{L_3}) - (X_{C_2} + X_{C_3})]^2} = 100\Omega$$

$$I_{ABC} = \frac{386.25}{100} = 3.8625A$$

$$P_{ABC} = I_{ABC} \cdot R_{ABC} = 3.8625^2 \cdot 100 = 1491.9W$$

$$P_{AC} = I_{AC}^2 \cdot R_{AC} = 7.725^2 \cdot 50 = 2983.8W$$

$$P_{T_2} = P_{ABC} + P_{AC} = 1491.9 + 2983.8 = 4475.7W$$

תוכנית מבחן מומלצת
מובנית לפי תוכנית הלימודים (2000)
במקצוע תורת החשמל
לחשמלאי מוסמך

מספר הנושא במאגר	קוד השאלות לפי תוכנ"ל	מספר שאלות פתוחות במאגר	מספר שאלות פתוחות במבחן לפי נושאים	הנושא
נושא 1	2.2.7	124	3	מושגי יסוד
נושאים 2/3	2.2.8/9			מעגלים בזרם ישר
נושא 4	2.2.10			אלקטרוכימיה (תאים חשמליים)
נושא 10	2.2.16			מכשירי מדידה
נושא 5	2.2.11	39	2	מגנטיות ואלקטרומגנטיות
נושא 6	2.2.12			אלקטרוסטטיקה וקבלים
נושאים 7/8	2.2.13/14	60	2	זרם חילופין חד-מופעי
נושא 9	2.2.15	26	1	זרם חילופין תלת-מופעי
		249	8	סה"כ

מבנה הקוד:

מספר ראשון משמאל מסמן את סוג המסלול:

1 – חשמלאי מעשי

2 – חשמלאי מוסמך

3 – חשמלאי ראשי

מספר שני מסמן את סוג השאלה:

1 – שאלה סגורה

2 – שאלה פתוחה

מספר שלישי מסמן את מספר הנושא לפי תוכנית הלימודים.

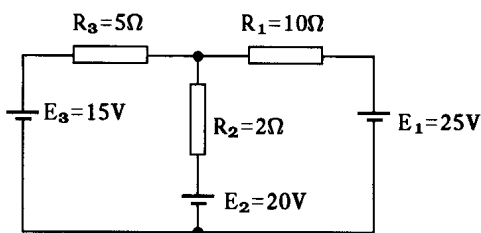
מבחן לדוגמה בתורת החשמל לחשמלאי מוסמך

שאלה 1

מוליך נחושת חומם מטמפרטורה של 20°C עד לטמפרטורה מסוימת. כתוצאה מכך גדלה התנגדותו ב-60%.

מקדם הטמפרטורה של הנחושת הוא $\alpha = 0.004 \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$.
עד לאיזו טמפרטורה חומם המוליך?

שאלה 2

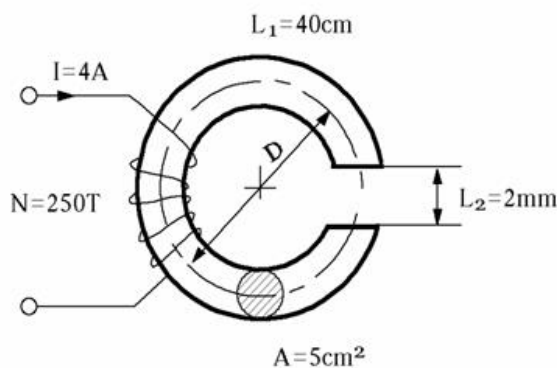


- א. מצא את הזרמים במעגל.
- ב. איזה מקור מתח מספק הספק במעגל ואיזה מהמקורות צורך הספק מהמעגל?

שאלה 3

- א. שתי נורות, שרשום עליהן $250\text{V}/100\text{W}$, חוברו למקור מתח של 250V בטור במקום במקביל. מה יהיה ההספק על כל נורה?
- ב. שתי הנורות מסעיף א' חוברו במקביל למקור מתח של 220V . מה יהיה ההספק שיתפתח על שתייהן יחד?

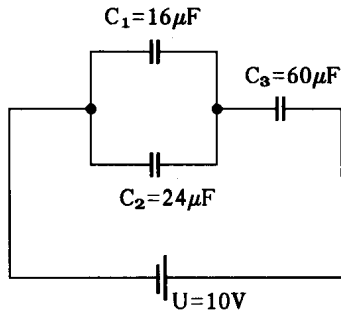
שאלה 4



החלחלות היחסית של ליבת הברזל $\mu_r = 200$

- נתון המעגל המתואר באיור.
חשב את:
- א. מיאון הברזל
 - ב. מיאון האוויר
 - ג. השטף בליבה
 - ד. עוצמת השדה המגנטי בחריץ האוויר.

שאלה 5



- א. מצא את הקיבול השקול במעגל
- ב. מצא את המטענים של כל אחד מהקבלים ואת המתחים על כל אחד מהם

שאלה 6

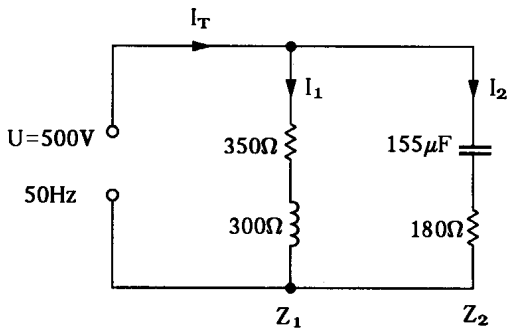
נגד 25 אוהם וקבל 65 מיקרופרד מחוברים בטור למתח נתון בצורת המשוואה:

$$U = 311 - \sin(314t + 20^\circ)$$

חשב את:

- א. ההיגב הקיבולי של המעגל ואת עכבתו.
- ב. עוצמת הזרם במעגל.
- ג. הרכיב הפעיל וההיגבי של המתח.
- ד. ההספק הפעיל, ההיגבי והמדומה.
- ה. מקדם ההספק ואת זווית המופע בין המתח והזרם.
- ו. משוואת הערך הרגעי של הזרם.

שאלה 7



- לפי תיאור המעגל הנתון חשב:
- א. את הזרם בכל ענף ואת הזרם הכללי.
 - ב. את גורם ההספק.
 - ג. סרטט את משולש ההספקים וחשב את ערכם (P_T, Q_T, S_T) .
 - הצג אותם על המשולש עם יחידותיהם.

שאלה 8

שלושה צרכנים זהים מחוברים במשולש. התנגדות כל אחד מהם היא 17 אוהם והיגבו ההשראי הוא 12 אוהם. משולש זה מחובר למחולל שסליליו מחוברים בכוכב בעל מתח קווי של 380 וולט.

חשב את:

- א. עוצמת הזרם הזורם דרך כל צרכן
- ב. עוצמת הזרם בקו
- ג. ההספק הנצרך על-ידי כל צרכן
- ד. ההספק הכולל
- ה. גורם ההספק



מפתח לפתרונות ראו בעמוד הבא.

את הפתרונות למבחן ניתן למצוא ב"פתרונות" לפי הפירוט הזה :

שאלה מספר	פתרונות	מספר השאלה במבחן
6	לנושא 1	1
18	לנושא 2	2
11	לנושא 3	3
4	לנושא 5	4
12	לנושא 6	5
5	לנושא 7	6
3	לנושא 8	7
20	לנושא 9	8

נספח: תוכניות בחינה לרמת רישוי חשמלאי מוסמך

המקצוע: תורת החשמל והרשת

1. מטענים, כוחות ושדות חשמליים
2. הפוטנציאל והמתח החשמלי
3. הזרם החשמלי
4. התנגדות ומוליכות תלות בטמפרטורה
5. המעגל החשמלי
6. חוק אוהם
7. חוקי כירכהוף
8. מעגלים טוריים מקביליים ומעורבים
9. הספק חשמלי
10. מדידות חשמליות והשפעתן על הגדלים הנמדדים
11. כא"מ ומקורות מתח
12. שיטות לפתרון מעגלים כגון: העתקה כוכב למשולש וכו'
13. אלקטרוסטטיקה וקיבול
14. מטענים בתנועה, כוחות ושדות מגנטיים
15. היווצרות שדות מגנטיים על ידי זרמים בעלי מסלולים שונים
16. התכונות המגנטיות של החומר
17. כא"מ מושרה
18. השראות הדדית, השראות עצמית ומשרנים
19. מעגלים מגנטיים
20. זרמים ומתחים במעגל RL טורי ומקבילי
21. מעגלי זרם חילופין
22. הספקים במעגלי זרם חילופין
23. מחולל ועומס תלת-מופעיים
24. תיקון גורם ההספק

המקצוע: מכונות חשמל

מכונות לזרם ישר

1. השראת כא"מ – עקרון הפעולה של מחולל לזרם ישר
2. מבנה מכונה לזרם ישר
3. ליפוף הרוטור
4. ליפוף עניבה פשוט
5. ליפוף גלי פשוט
6. חישוב כא"מ מושרה בתלות שיטת הליפוף
7. תגובת העוגן וליפופי קיזוז
8. קומוטציה במכונות לזרם ישר
9. קוטבי ביניים (מפנה)
10. מחוללים (גנרטורים) לזרם ישר
11. מחוללים בעירור נפרד – עירור זר

12. מחוללים בעירור מקבילי
13. מחוללים בעירור טורי
14. מחוללים בעירור מעורב
15. עבודה במקביל של מחוללים לזרם ישר
16. דיאגרמה אנרגטית של מחוללים לזרם ישר
17. מנועים לזרם ישר
18. מיון מנועים לזרם ישר לפי שיטת העירור
19. התנעת מנוע לזרם ישר
20. מנוע בעירור מקבילי
21. מנוע בעירור טורי
22. מנוע בעירור מעורב
23. ויסות המהירות של מנועים לזרם ישר
24. הפסדים ונצילות של מכונות לזרם ישר

שנאים

1. מבנה ועקרון פעולה
2. השנאי בריקם
3. תרשים שווה ערך ודיאגרמת המחוגים של השנאי בריקם
4. זרם מגנוט של השנאי זרם ריקם
5. נתונים נקובים של שנאים
6. השנאי בעומס
7. השנאי בקצר
8. שינוי המתח של השנאי
9. הפסדים ונצילות של שנאי
10. ניסוי ריקם וניסוי בקצר של השנאי
11. שנאים תלת-מופעיים
12. קבוצות חיבורים
13. פעולת שנאים בחיבור מקבילי
14. שנאי עצמי אוטו-טרנספורמטור

מכונות לזרם חילופין

1. מכונת השראה (מכונה אסינכרונית) תלת-מופעית
2. מבנה מספר סיבובים ותדירות
3. מנוע אסינכרוני בעבודה בריקם ובעומס
4. תרשים תמורה של המכונה האסינכרונית
5. האופייניים המכניים של המנוע
6. בעיות התנעה של מנועים אסינכרוניים
7. מכונת השראה חד-מופעית
8. מנוע טורי אוניברסלי

המקצוע: עבודה מעשית ומעבדה במתקני חשמל (ביצוע במתקן חשמלי עד 3x80A)

1. שיטות חיווט ואינסטלציה חשמלית
2. ניסויים ומדידות חשמל
 - מעגלי איתות וסיגנלזציה
3. הרכבת מעגלי תאורה, כולל נורות פלורסצנטיות
4. הרכבת ציוד ביתי/תעשייתי
5. הרכבת לוחות משנה, כולל מפסקי פחת
6. מעגלי פיקוד למנועים: מערכות פיקוד ובקרה מורכבים
 - הפעלה והפסקה
 - הפיכת כיוון סיבוב
 - התנעות (כוכב משולש, שנאי עצמי וכו')
 - חיבורי מנועים לרשת
 - שינוי מהירות סיבוב במנועים מסוגים שונים
 - פיקוד ובקרה לתהליך תעשייתי בעזרת בקר מתוכנת
7. בחירה, בדיקה והתקנת אמצעי הגנה
8. לוגיקה ואיתור תקלות במתקן חשמלי
9. בטיחות ותקנים ישראליים לחשמל

המקצוע: מתקני חשמל ורשת

1. טכנולוגיה של חומרי חשמל
2. תורת המאור
3. תכנון מתקני מאור
4. צרכני חשמל ביתיים ותעשייתיים
5. הגנות במתקני חשמל ובמעגלי צריכה
6. הארקות במתקני חשמל
7. בטיחות כללית ובטיחות חשמל
8. גורמים לתאונות חשמל ואמצעי הגנה מפני התחשמלות
9. חוק החשמל ותקנים ישראליים לחשמל
10. בעיות שיפור מקדם ההספק
11. חישוב ותכנון רשתות חשמל – רשתות חלוקה
12. תכנון מתקני חשמל לביצוע עד 3x80A