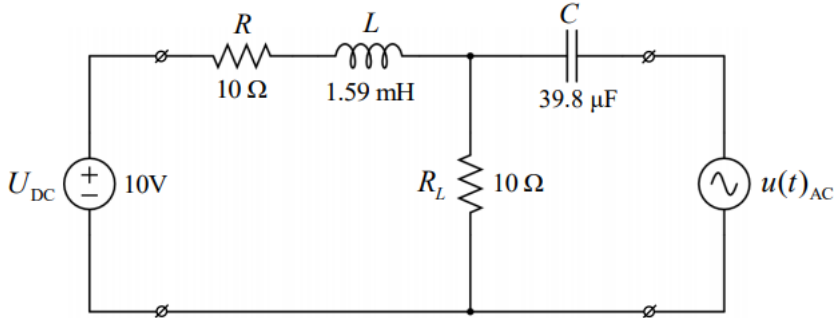


פתרון מוצע: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

תרגיל 1

באיור לשאלה 1 מוצג מעגל חשמלי המוזן משני מקורות אנרגיה המחוברים בין הדקוי - מתח חילופין ומתח ישר.



א. מהו הזרם הישר הזורם דרך הנגד R_L ?

ב. נתון: $u(t)_{AC} = 20 \sin(2000\pi t) \text{ V}$. חשב את אות הזרם העובר דרך הנגד R_L .

ג. חשב את ההספק המתפתח בנגד R_L .

פתרון

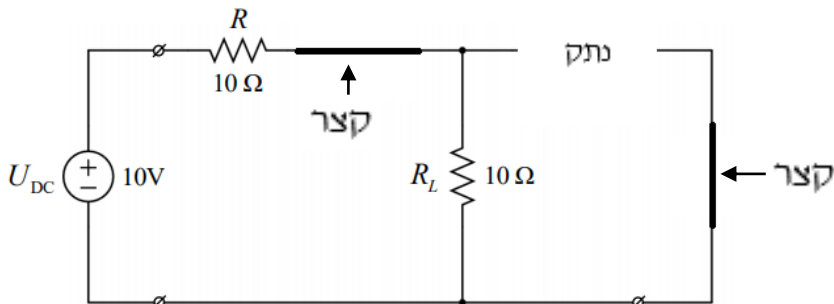
א. נפתור בשיטת סופרפוזיציה

שלב א': מקור המתח V_{DC} פעיל (המקור $u(t)$ מקוצר).

נחשב את הזרם המתקבל דרך נגד העומס R_L

לאחר תופעות מעבר, במצב המתמיד. הקבל מהווה נתק והסליל קצר.

המעגל המתקבל:



פתרון: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

א. הזרם הישר דרך הנגד R_L

$$I_{R_L} = \frac{U_{DC}}{R + R_L} = \frac{10}{10 + 10} = 0.5A$$

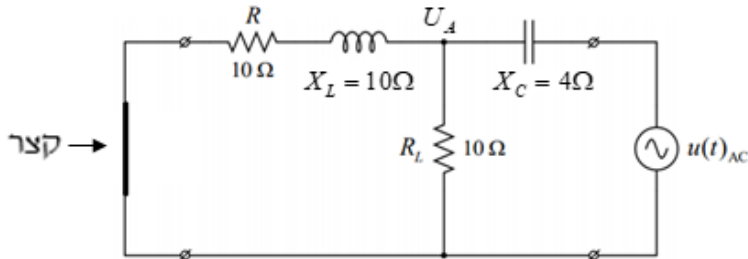
ב. נחשב תחילה את ההיגבים במעגל:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2000\pi \cdot 39.8 \cdot 10^{-6}} = 4\Omega$$

$$X_L = \omega \cdot L = 2000\pi \cdot 1.59 \cdot 10^{-3} = 10\Omega$$

שלב ב': מקור המתח $u(t)$ פעיל (המקור V_{DC} מקוצר).

המעגל המתקבל:



משוואת הצומת U_A :

$$\frac{U_A - 0}{R + jX_L} + \frac{U_A - 0}{R_L} + \frac{U_A - u(t)_{AC}}{-jX_C} = 0$$

נציב:

$$\frac{U_A - 0}{10 + j10} + \frac{U_A - 0}{10} + \frac{U_A - 20\angle 0^\circ}{-j4} = 0$$

$$U_A \cdot \left(\frac{1}{10 + j10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{-j4} \right) = \frac{20\angle 0^\circ}{-j4}$$

$$U_A \cdot (0.15 + j12) = j5$$

פתרון: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

המתח על נגד העומס :

$$U_A = U_{R_L} = 20 \angle 36.869^\circ V$$

אות הזרם חילופין דרך נגד העומס

$$i_{R_L(AC)} = \frac{u_{R_L}}{R_L} = \frac{20}{10} = 2A$$

הזרם על נגד העומס מורכב מזרם ישר וזרם חילופין

$$i_{R_L}(t) = I_{R_L(DC)} + i_{R_L(AC)}$$

מעבר מזווית נתונה במעלות לרדיאנים

$$\theta[\text{rad}] = \frac{2\pi \cdot \theta[^\circ]}{360^\circ} = \frac{2\pi \cdot 36.869^\circ}{360^\circ} = 0.2\pi$$

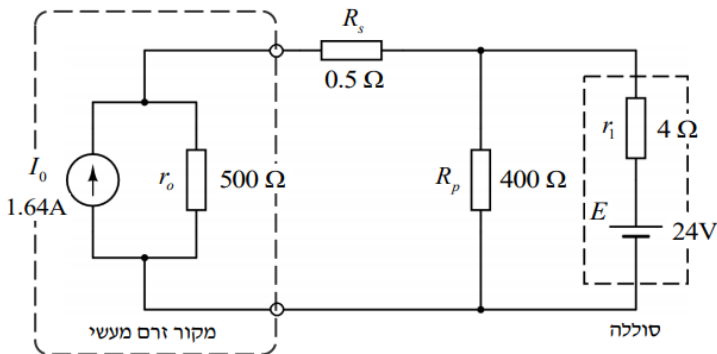
$$i_{R_L}(t) = 0.5 + 2 \sin(2000\pi t + 0.2\pi) A$$

ג. ההספק המתפתח בנגד העומס

$$P_{R_L} = I_{R_L(DC)}^2 \cdot R_L + I_{R_L(AC)}^2 \cdot R_L = 0.5^2 \cdot 10 + \left(\frac{2}{\sqrt{2}}\right)^2 \cdot 10 = 22.5W$$

תרגיל 2

נתון מעגל המשמש לטעינת סוללה כמוצג באיור לשאלה 2. מקור זרם מעשי חובר בין הדקי המעגל ותפקידו לטעון את הסוללה. ערכי התנגדויות הכניסה של המעגל R_p , R_s נתונים בתרשים. כמו כן נתונים ערכי ההתנגדויות הפנימיות של הסוללה ושל מקור הזרם.

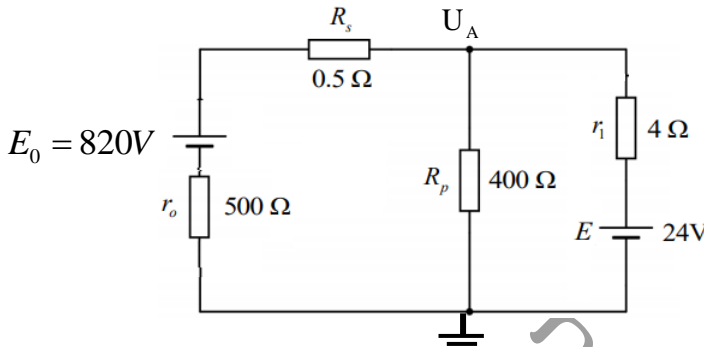


פתרון : אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

- א. חשב את ההספק המתפתח במקור הזרם ובסוללה.
 ב. מהי נצילות העברת האנרגיה של מקור הזרם למעגל?
 ג. מהו גודלו המינימלי של מקור הזרם I_0 הדרוש כדי לטעון את הסוללה? (סוללה כצרכן אנרגיה).

פתרון

א. נפתור לפי שיטת מתחי צמתים



נכתוב את משוואת הזרמים לצומת U_A :

$$\frac{U_A - E_0}{R_s + R_0} + \frac{U_A}{R_p} + \frac{U_A - E}{R_I} = 0$$

נוציא את U_A כגורם משותף:

$$U_A \cdot \left(\frac{1}{R_s + R_0} + \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_I} \right) = \frac{E_0}{R_s + R_0} + \frac{E}{R_I}$$

נציב:

$$U_A \cdot \left(\frac{1}{0.5 + 500} + \frac{1}{400} + \frac{1}{4} \right) = \frac{820}{0.5 + 500} + \frac{24}{4}$$

מפתרון המשוואה נקבל:

$$U_A = 30.013V$$

הזרמים במעגל:

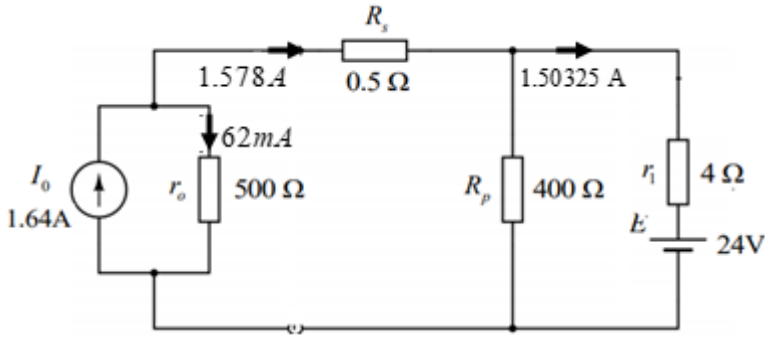
$$I_{E_0} = \frac{U_A - E_0}{R_s + R_0} = \frac{30.013 - 820}{0.5 + 500} = -1.578A$$

$$I_E = \frac{U_A - E}{R_I} = \frac{30.013 - 24}{4} = 1.50325 A$$

פתרון: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

$$I_{R_p} = \frac{U_A}{R_p} = \frac{30.013}{400} = 75.0325mA$$

נציב את הנתונים במעגל המקורי



מקור הזרם מחובר במקביל, ולכן:

$$U_{r_o} = 62 \cdot 10^{-3} \cdot 500 = 31 \text{ V}$$

ההספק המתפתח במקור הזרם

$$P_{I_0} = U_{r_o} \cdot I_0 = 31 \cdot 1.64 = 50.84W$$

ההספק המתפתח בסוללה:

$$P_E = E \cdot I_E = 24 \cdot 1.50325 = 36.078 \text{ W}$$

ב. נצילות מקור הזרם

ההספק המתבזבז במקור הזרם

$$P_{r_0} = I_{r_0}^2 \cdot r_0 = (62 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 500 = 1.922 \text{ W}$$

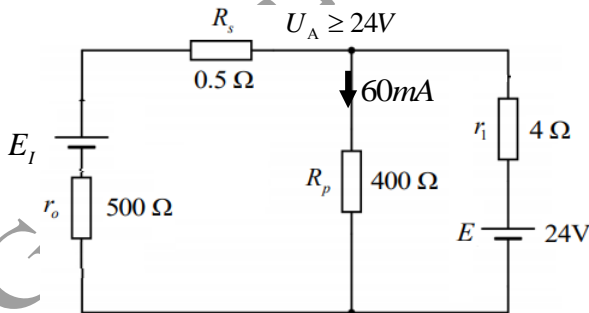
ההספק שמועבר למעגל P_C :

$$P_C = P_I - P_{r_0} = 50.84 - 1.922 = 48.918 \text{ W}$$

נצילות המעגל:

$$\eta \% = \frac{P_C}{P_I} \% = \frac{48.918}{50.84} \cdot 100 = 96.21 \%$$

ג. הזרם המינימלי של מקור הזרם:



$$\frac{24 - E_0}{R_S + R_0} + \frac{U_A}{R_p} + 0 = 0$$

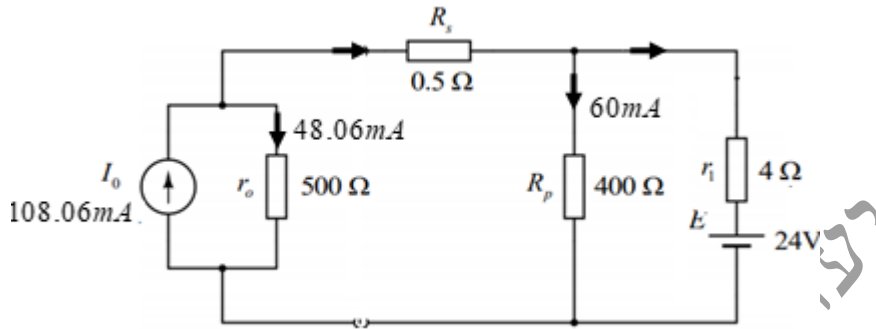
$$\frac{24 - E_0}{500.5} + \frac{24}{400} + 0 = 0$$

מפתרון המשוואה נקבל:

$$E_0 = 54.03 \text{ V}$$

פתרון: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

נציב את הנתונים במעגל המקורי



מקור הזרם מחובר במקביל, ולכן:

$$U_{r_0} = E_0 = 54.03 \text{ V}$$

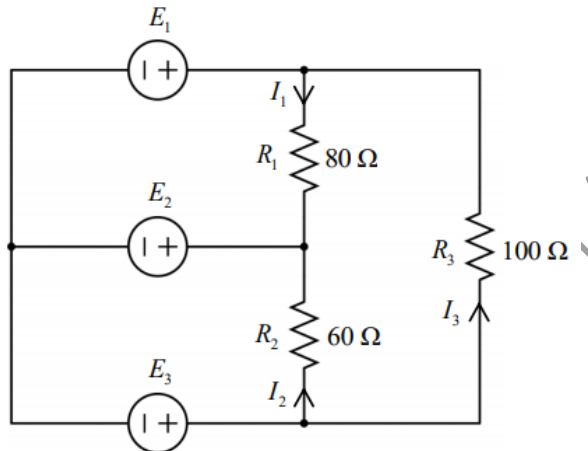
הזרם המינימלי במקור הזרם

$$I_0 = \frac{E_0}{r_0} = \frac{54.03}{500} = 108.06 \text{ mA}$$

ירג - יעוץ והדרכה טכנולוגית

שאלה 3

במעגל המוצג באיור לשאלה 3 נתונים שלושה מקורות מתח ישר בעלי כא"מ שערכם לא ידוע. מדדו את הזרם דרך כל אחד מהנגדים ונמצא כי: $I_1 = 250 \text{ mA}$, $I_2 = 500 \text{ mA}$, $I_3 = 100 \text{ mA}$. כיווני הזרמים מצויינים באיור 3. כמו כן, נתון כי ההספק החשמלי המתפתח במקור המתח E_3 הוא 36 W .



א. חשב את הזרם העובר דרך כל אחד ממקורות המתח.

ב. מצא את ערך הכא"מ של כל אחד ממקורות המתח.

ג. חשב את ההספק המתפתח בכל אחד ממקורות המתח, ערוך מאוזן הספקים והראה כי ההספק המסופק במעגל שווה להספק הנצרך.

פתרון

א. הזרם דרך מקור המתח E_1

$$I_{R_1} = I_{E_1} + I_{R_3} \Rightarrow I_{E_1} = I_{R_1} - I_{R_3}$$

$$I_{E_1} = 250 \cdot 10^{-3} - 100 \cdot 10^{-3} = 150 \text{ mA}$$

הזרם דרך מקור המתח E_2

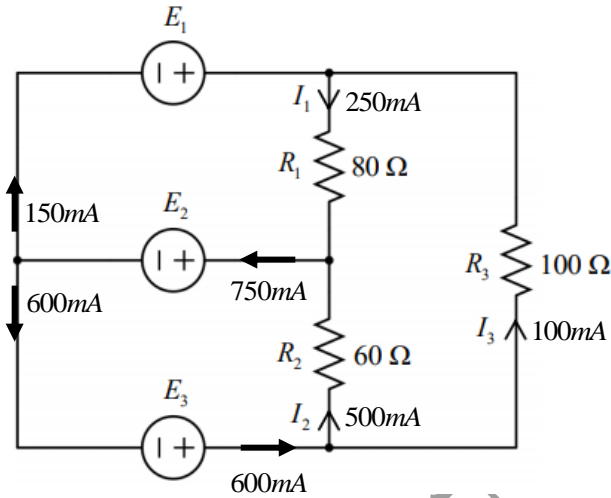
$$I_{E_2} = I_{R_1} + I_{R_2} = 250 \cdot 10^{-3} + 500 \cdot 10^{-3} = 750 \text{ mA}$$

הזרם דרך מקור המתח E_3

$$I_{E_3} = I_{R_2} + I_{R_3} = 500 \cdot 10^{-3} + 100 \cdot 10^{-3} = 600 \text{ mA}$$

פתרון: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

נסמן את הזרמים במעגל:



ב. ההספק במקור E_3 נתון בשאלה $P_{E_3} = 36W$

$$P_{E_3} = I_{E_3} \cdot E_3$$

$$E_3 = \frac{P_{E_3}}{I_{E_3}} = \frac{36}{600 \cdot 10^{-3}} = 60V$$

מתח המקור E_2

$$E_3 = E_2 + I_2 \cdot R_2$$

$$E_2 = E_3 - I_2 \cdot R_2$$

$$E_2 = 60 - 500 \cdot 10^{-3} \cdot 60 = 30V$$

מתח המקור E_1

$$E_1 = E_2 + I_1 \cdot R_1$$

$$E_1 = 30 + 250 \cdot 10^{-3} \cdot 80 = 50V$$

ג. ההספק במקור E_2

$$P_{E_2} = I_{E_2} \cdot E_2 = 750 \cdot 10^{-3} \cdot 30 = 22.5W$$

פתרון: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

ההספק במקור E_1

$$P_{E_1} = I_{E_1} \cdot E_1 = 150 \cdot 10^{-3} \cdot 50 = 7.5W$$

ההספק הנצרך על ידי כל אחד מהנגדים :

$$P_{R_1} = I_{R_1}^2 \cdot R_1 = (250 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 80 = 5W$$

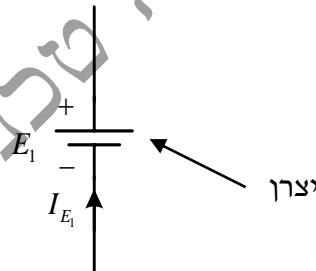
$$P_{R_2} = (I_{R_2})^2 \cdot R_2 = (500 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 60 = 15W$$

$$P_{R_3} = (I_{R_3})^2 \cdot R_3 = (100 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 100 = 1W$$

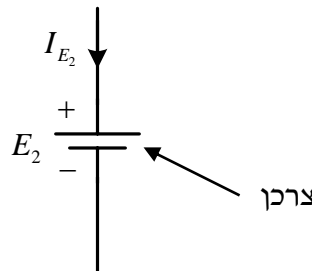
מקורות המתח יכולים להיות יצרנים או צרכנים ולכן יש לבדוק כל מקור.

נבחן את מקורות המתח :

כיוון הזרם דרך מקור המתח E_1 הינו מהמינוס לפלוס. משמעות הדבר E_1 מוגדר כיצרן.

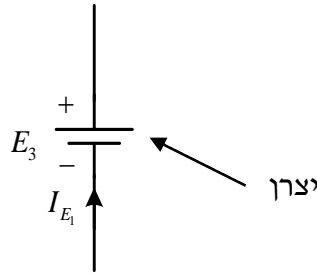


כיוון הזרם דרך מקור המתח E_2 הינו מהפלוס למינוס. משמעות הדבר E_2 מוגדר כצרכן.



כיוון הזרם דרך מקור המתח E_3 הינו מהמינוס לפלוס. משמעות הדבר E_3 מוגדר כיצרן.

פתרון : אילן גל ויבגני מלנוקוביץ



נערוך מאזן הספקים:

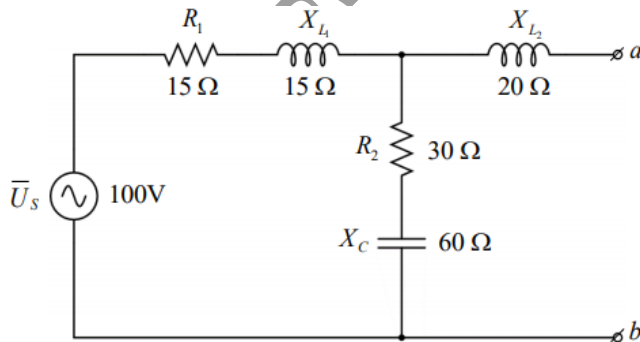
$$\underbrace{P_{E_1} + P_{E_3}}_{\text{יצרן}} = \underbrace{P_{E_2} + P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_3}}_{\text{צרכנים}}$$

$$7.5 + 36 = 22.5 + 5 + 15 + 1$$

$$43.5 = 43.5$$

שאלה 4

נתון מעגל לזרם חילופין המוצג באיור לשאלה 4.



א. הצג וחשב את המעגל השקול המשתקף בין הנקודות $a-b$, עפ"י משפט תבנין.

ב. לרשותך נתונים שני צרכנים:

צרכן $Z_{Load} = R \pm jX$ בעל אופי התנגדותי טהור ועכבה כללית $Z_{Load} = R \pm jX$.

מחברים כל אחד מהצרכנים הנ"ל למעגל בין הנקודות $a-b$, בנפרד.

מה יהיו ערכיהם (R_L, R, X) במוצב בו מתפתח עליהם הספק מקסימלי?

ג. מצא את ההספק הפעיל המקסימלי המתפור בכל אחד מהצרכנים שחושבו בסעיף ב'.

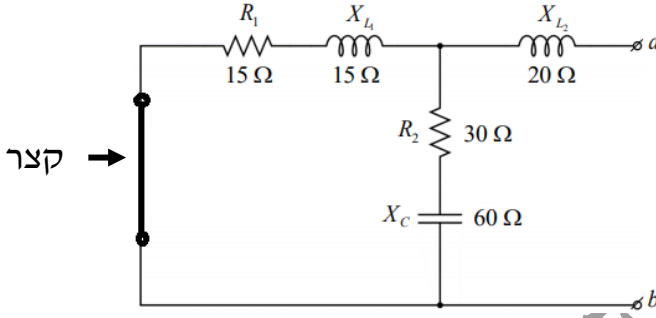
פתרון: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

פתרון

א. לפי שיטת תבנין קיימים שלושה שלבים :

שלב א' - חישוב העכבה Z_{Th} .

מקצרים את מקור המתח שבמעגל ומחשבים את העכבה הנראית מהנקודות A ו-B.



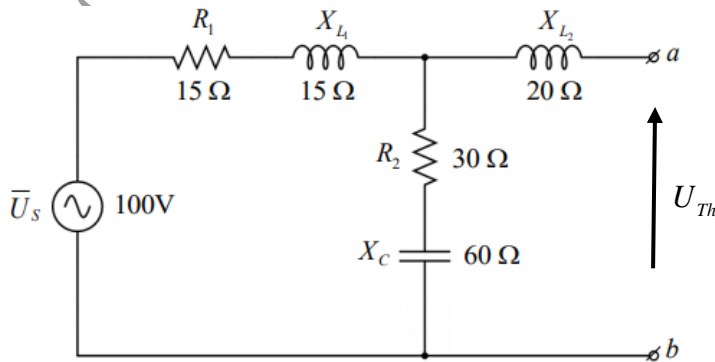
$$Z_{Th} = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} + Z_3 = \frac{(15 + j15) \cdot (30 - j60)}{(15 + j15) + (30 - j60)} + j20$$

$$Z_{Th} = (20 + j30) = 36.056 \angle 56.31^\circ \Omega$$

שלב ב' - חישוב מתח הנתק U_{Th} .

מחזירים את מקורות המתח ומחשבים את מתח ההדקים U_{AB} בתנאי נתק, זהו למעשה

U_{Th} .



פתרון : אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

מתקבל מעגל חשמלי פתוח בין ההדקים A ו-B. דרך העכבה Z_3 לא זורם זרם, ולכן אין מפל מתח על העכבה Z_3 ; משמעות הדבר היא שהמתח U_{Th} הוא מפל המתח על העכבה Z_2 .

נחשב את U_{Th} לפי שיטת מחלק מתח:

$$U_{Th} = U_{Z_2} = U_S \cdot \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = 100 \angle 0^\circ \cdot \frac{(30 - j60)}{(15 + j15) + (30 - j60)}$$

$$U_{Th} = 105.412 \angle -18.435^\circ \text{V}$$

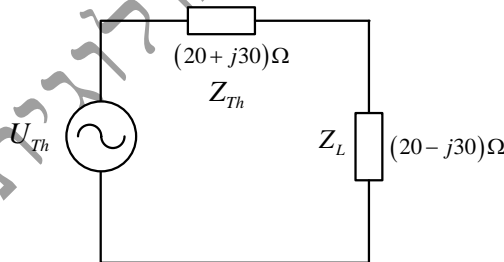
ב. התנאי לקבלת הספק מקסימלי בעומס

$$Z_L = R_L = |Z_{Th}| = 36.056 \Omega$$

$$Z_L = Z_{Th}^*$$

$$Z_L = (20 - j30) \Omega$$

ג. מעגל תמורה הכולל: Z_L, Z_{Th}, U_{Th} .



הזרם במעגל במצב 1:

$$I = \frac{U_{Th}}{Z_{Th} + Z_L} = \frac{105.412 \angle -18.435^\circ \text{V}}{(20 + j30) + (20 - j30)} = 2.635 \angle -18.435^\circ \text{A}$$

ההספק המתפתח בנגד העומס:

$$P_L = I^2 \cdot R_L = 2.635^2 \cdot 20 = 138.864 \text{W}$$

הזרם במעגל במצב 2 (צרכן בעל אופי התנגדותי טהור)

פתרון: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

$$I = \frac{U_{Th}}{Z_{Th} + |Z_{Th}|} = \frac{105.412 \angle -18.435^\circ V}{20 + j30 + 36.056} = 1.657 \angle -46.589^\circ A$$

ההספק המתפתח בנגד העומס :

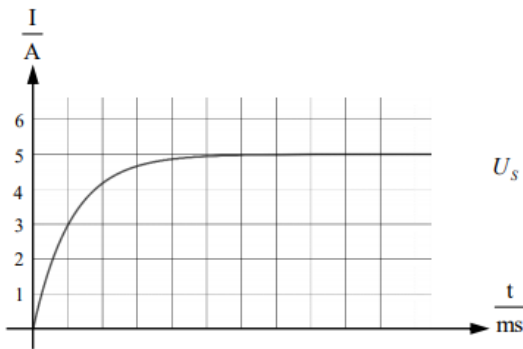
$$P_L = I^2 \cdot Z_{Th} = 1.657^2 \cdot 36.056 = 98.997W$$

שאלה 5

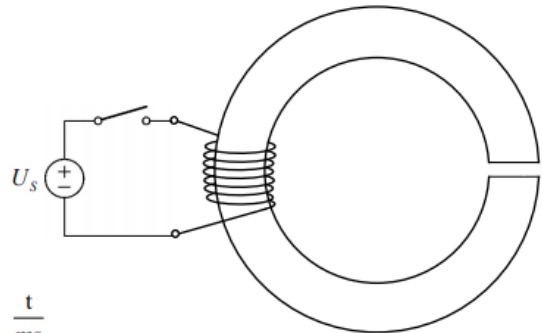
באיור א' לשאלה 5 מוצג אלקטרומגנט טורואידי העשוי מליבת ברזל בעלת חריץ אויר. סביב הליבה מלופף תיל נחושת. כדי לקבוע את תכונותיו החשמליות של ההתקן הני"ל, חובר בין קצותיו מקור מתח ישר U_S . גרף הזרם דרך התיל כתלות בזמן, מרגע סגירת המפסק, מתואר באיור ב' לשאלה 5.

נתונים:

- אורך מסלול השטף הממוצע בברזל 12 cm . אורך חריץ האויר 6.5 mm .
- שטח חתך ליבת הברזל 2 cm² .
- חדירות מגנטית יחסית של ליבת הברזל 1500 . מספר ליפופי התיל סביב הליבה 500 .
- גודל מקור המתח U_S הוא 20 V .



איור ב' לשאלה 5



איור א' לשאלה 5

א. הסתמך על הגרף וחשב את התנגדותו החשמלית השקולה של ההתקן. נמק תשובתך.

ב. מצא את השראותו המגנטית של ההתקן.

ג. מחברים את ההתקן למקור מתח חילופין 200 V / 50 Hz . חשב את ההספק המרוכב

$$S = P + jQ$$

פתרון : אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

פתרון

א. מהתבוננות באיור ב', ניתן לראות שהזרם במצב המתמיד $I = 5A$

$$R = \frac{U_S}{I} = \frac{20}{5} = 4\Omega$$

המיאון של ליבה :

$$R_{m_1} = \frac{\ell_1}{\mu_0 \mu_r \cdot A} = \frac{12 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1500 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = 318.309 \cdot 10^3 \frac{AT}{Wb}$$

המיאון של חריץ האוויר :

$$R_{m_0} = \frac{\ell_0}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A} = \frac{6.5 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = 25.862 \cdot 10^6 \frac{AT}{Wb}$$

המיאון הכללי של המעגל המגנטי:

$$R_{m_T} = R_{m_1} + R_{m_0} = 318.309 \cdot 10^3 + 25.862 \cdot 10^6 = 26.18 \cdot 10^6 \frac{AT}{Wb}$$

ב. השראות הסליל :

$$L = \frac{N^2}{R_{m_T}} = \frac{500^2}{26.18 \cdot 10^6} = 9.549mH$$

ג. עכבת הסליל והנגד :

$$Z = R_L + j2\pi f \cdot L = 4 + j2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 9.549 \cdot 10^{-3} = 4 + j3 = 5 \angle 36.869^\circ \Omega$$

הזרם במעגל כשהמתג S סגור :

$$I = \frac{U_S}{Z} = \frac{200 \angle 0^\circ}{5 \angle 36.869^\circ} = 40 \angle -36.869^\circ A$$

ההספק המורכב המתפתח במקור המתח :

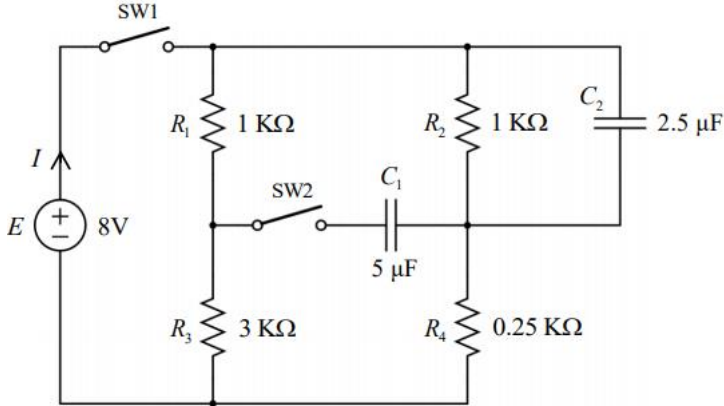
$$S = U_S \cdot I^* = 200 \angle 0^\circ \cdot 40 \angle 36.869^\circ = (6400 + j4800) VA$$

$$S = P + jQ = (6400 + j4800) VA$$

פתרון : אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

שאלה 6

נתון מעגל זרם ישיר לטעינת שני קבלים, כמוצג באיור לשאלה 6. שני המפסקים פתוחים במשך זמן רב.



סוגרים את מפסק SW2 בלבד ומחכים עד חלוף כל תופעות המעבר. בזמן $t = 0$ סוגרים גם את מפסק SW1.

א. מהו ערך הזרם ההתחלתי I הזורם במקור המתח בזמן $t = 0$, רגע לאחר סגירת מפסק SW1?

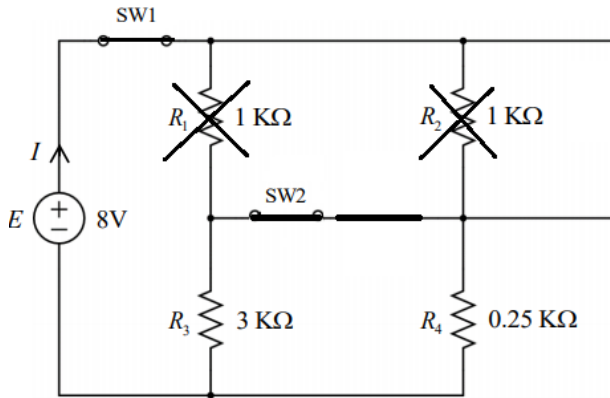
ב. חשב את המתח על כל אחד מהקבלים בחלוף כל תופעות המעבר.

ג. זמן רב לאחר סגירת המפסקים, פותחים את מפסק SW2 ולאחריו את מפסק SW1.

מהי האנרגיה האגורה במעגל זמן רב לאחר פתיחת המפסקים?

פתרון

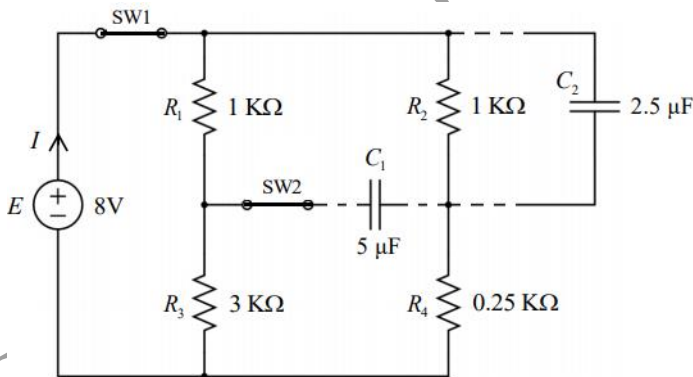
א. נשרטט את המעגל ברגע סגירת המפסקים כזכור, ברגע סגירת המפסק הקבלים מהווים קצר.



עוצמת הזרם ההתחלתי:

$$I = \frac{E}{R_3 \parallel R_4} = \frac{24}{3k \parallel 0.25k} = 34.666mA$$

ב. בסיום תופעות המעבר הקבלים מהווים נתק והזרם דרכם בשלב זה הוא 0A.



המתח על הקבל U_{C_2} ושווה למתח על הנגד R_2

נחשב את המתח על הנגד R_2 בעזרת שיטת מחלק מתח:

$$U_{C_2} = U_{R_2} = E \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_4} = 8 \cdot \frac{1k}{1k + 0.25k} = 6.4V$$

נחשב את המתח על הנגד R_1 בעזרת שיטת מחלק מתח:

$$U_{R_1} = E \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_3} = 8 \cdot \frac{1k}{1k + 3k} = 2V$$

פתרון: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

$$U_{R_2} = U_{R_1} + U_{C_1}$$

$$U_{C_1} = U_{R_2} - U_{R_1} = 6.4 - 2 = 4.4V$$

ג. האנרגיה האגורה בקבלים:

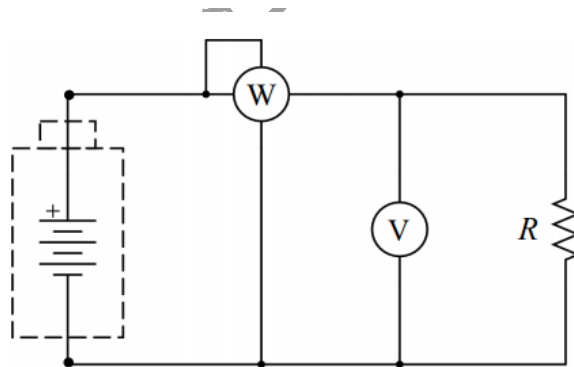
$$W_{C_1} = \frac{C_1 \cdot U_1^2}{2} = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 4.4^2}{2} = 48.4 \mu J$$

יש לשים לב, לקבל C_2 קיים מסלול פריקה ולכן האנרגיה שבו שווה לאפס (בניגוד לקבל C_1).

$$W_{C_2} = 0J$$

שאלה 7

נתונה סוללה המורכבת ממספר תאים אלקטרו-כימיים זהים. כא"מ כל תא הוא $2V$, התנגדותו הפנימית 0.6Ω וקיבולו 500 mAh . בין הדקי הסוללה מחברים נגד R כמוצג באיור לשאלה 7. במצב זה מד המתח מורה $21.12V$ ומד ההספק $8.45W$. הנח כי מכשירי המדידה אידיאליים. כמו כן, ידוע כי נצילות העברת האנרגיה במעגל $\eta = 0.96$.



- חשב את ערך הכא"מ השקול של הסוללה.
- מהו סידור התאים בסוללה? (מספר הענפים ומספר התאים בכל ענף).
- כמה זמן יפעל המעגל במצב המתואר? (הנח זרם פריקה קבוע).
- האם המעגל עובד במצב שבו העברת האנרגיה לצרכן היא מקסימלית? תשובה ללא נימוק לא תקבל.

פתרון

פתרון: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

א. ההספק המיוצר בסוללה

$$P_E = \frac{P_R}{\eta} = \frac{8.45}{0.96} = 8.8W$$

הזרם במעגל:

$$I = \frac{P_E}{U} = \frac{8.45}{21.12} = 0.4A$$

הכא"מ השקול של הסוללה:

$$E = \frac{P_E}{I} = \frac{8.8}{0.4} = 22V$$

ב. מספר התאים בכל ענף:

$$E = n \cdot E_1 \Rightarrow n = \frac{E}{E_1} = \frac{22}{2} = 11$$

התנגדות העומס:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{21.12}{0.4} = 52.8\Omega$$

מספר הענפים:

$$I_T = \frac{E_T}{r_T + R} = \frac{n \cdot E_1}{\frac{n \cdot r_1}{m} + R}$$

נציב:

$$0.4 = \frac{11 \cdot 2}{\frac{11 \cdot 0.6}{m} + 52.8}$$

מפתרון המשוואה נקבל:

$$m = 3$$

ג. זמן פעולת המעגל

$$I = \frac{Q_T}{I} = \frac{500 \cdot 10^{-3} \cdot 3}{0.4} = 3.75h$$

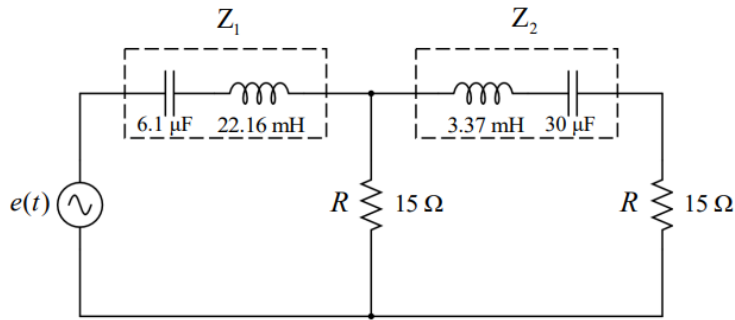
ד. לא. התנאי להעברת אנרגיה מקסימלית לא מתקיים

$$r_T \neq R$$

פתרון: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

שאלה 8

מעגל לזרם חילופין מורכב משני נגדים זהים ושתי עכבות Z_1, Z_2 כמוצג באיור לשאלה 8. משוואת אות מקור המתח נתונה על ידי: $e(t) = 50\sqrt{2} \sin(\omega t) \text{ V}$.



א. מצא את שתי התדירויות הזוויתיות ω_1, ω_2 עבורן כל אחת מהעכבות Z_1, Z_2 תמצא בתהודה.

ב. עבור כל אחת מהתדירויות ω_1, ω_2 שחושבו בסעיף הקודם, חשב את עוצמת הזרם העובר דרך כל אחד מהנגדים.

ג. מהו החספק הכולל הנצרך במעגל עבור כל אחת מהתדירויות ω_1, ω_2 שחושבו בסעיף א'?

פתרון

א. התדירות הזוויתית נתונה על ידי הנוסחה:

$$\omega_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

התדירות הזוויתית עבור העכבה Z_1 :

$$\omega_{0_1} = \frac{1}{\sqrt{22.16 \cdot 10^{-3} \cdot 6.1 \cdot 10^{-6}}} = 2719.88 \text{ Hz}$$

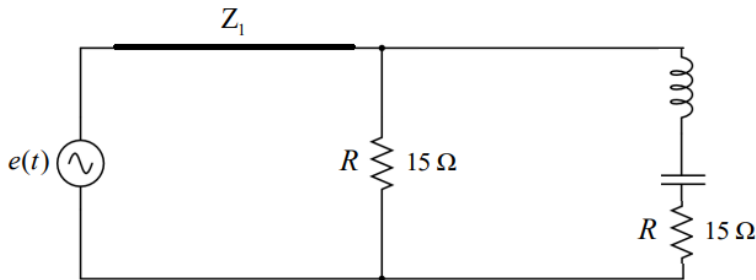
התדירות הזוויתית עבור העכבה Z_2 :

פתרון: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

$$\omega_{0_2} = \frac{1}{\sqrt{3.37 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 10^{-6}}} = 3145.03 \text{ Hz}$$

ב. בתהודה ω_{0_1} החלק ההיגבי של העכבה Z_1 מתאפס.

המעגל המתקבל:



$$Z_1 = 0 \Omega$$

$$Z_2 = j \left(\underbrace{\omega_2 \cdot L_2}_{x_L} - \frac{1}{\underbrace{\omega_2 C_2}_{x_C}} \right)$$

$$Z_2 = j \left(\underbrace{\frac{2719.88 \cdot 3.37 \cdot 10^{-3}}{x_L}} - \frac{1}{\underbrace{\frac{2719.88 \cdot 30 \cdot 10^{-6}}{x_C}}} \right) = j(9.165 - 12.255) = -j3.09 \Omega$$

הזרם העובר דרך כל אחד מהנגדים בתדירות זווייתית ω_{0_1} :

$$I_{R(\text{eff})} = \frac{U_{\text{eff}}}{R} = \frac{50 \angle 0^\circ}{15} = 3.333 \angle 0^\circ \text{ A}$$

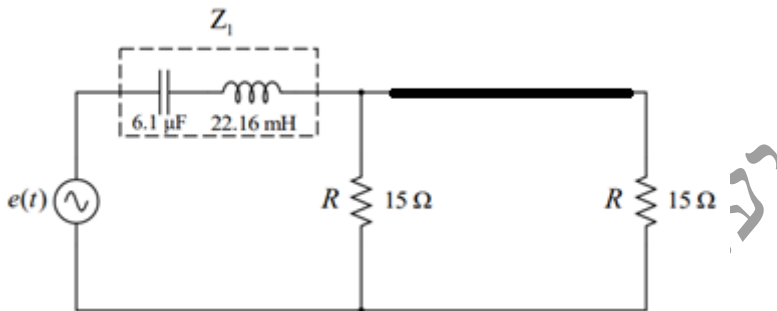
$$I_{R(\text{eff})} = \frac{U_{\text{eff}}}{Z_2 + R} = \frac{50 \angle 0^\circ}{15 - j3.09} = 3.264 \angle 11.64^\circ \text{ A}$$

$$I_T = I_{R(\text{eff})} + I_{R(\text{eff})} = 3.264 \angle 11.64^\circ + 3.333 \angle 0^\circ = 6.563 \angle 5.759^\circ \text{ A}$$

פתרון: אילן גל ויבגני מלנוקוביץ

2. בתהודה ω_{0_2} החלק ההיגבי של העכבה Z_2 מתאפס.

המעגל המתקבל:



$$Z_2 = 0 \Omega$$

$$Z_1 = j \left(\begin{matrix} \omega_1 \cdot L_1 \\ x_L \end{matrix} - \frac{1}{\omega_1 C_1} \right)$$

$$Z_1 = j \left(\begin{matrix} \frac{3145.03 \cdot 22.16 \cdot 10^{-3}}{x_L} - \frac{1}{\frac{3145.03 \cdot 6.1 \cdot 10^{-6}}{x_C}} \end{matrix} \right) = j(69.693 - 52.124) = j17.568 \Omega$$

העכבה השקולה

$$Z_T = \frac{R \cdot R}{R + R} + Z_1 = (7.5 + j17.568) \Omega$$

הזרם במעגל בתדירות זווייתית ω_{0_2} :

$$I_{T_{eff}} = \frac{U_{eff}}{Z_T} = \frac{50}{7.5 + j17.568} = 2.617 \angle -66.88^\circ \text{ A}$$

$$I_R = I_R = \frac{I_{T_{eff}}}{2} = 1.308 \angle -66.88^\circ \text{ A}$$

ג. ההספק המורכב המתפתח במקור המתח בתדירות זווייתית ω_{0_1} :

פתרון: אילו גל ויבגני מלנוקוביץ

$$S = U_S \cdot I^* = 50 \angle 0^\circ \cdot 6.563 \angle -5.759^\circ = 328.188 \angle -5.759^\circ \text{ VA}$$

ההספק המורכב המתפתח במקור המתח בתדירות זוויתית ω_0 :

$$S = U_S \cdot I^* = 50 \angle 0^\circ \cdot 2.617 \angle 66.88^\circ = 130.85 \angle 66.88^\circ \text{ VA}$$

ירעוץ והדרכה טכנולוגית - IRG