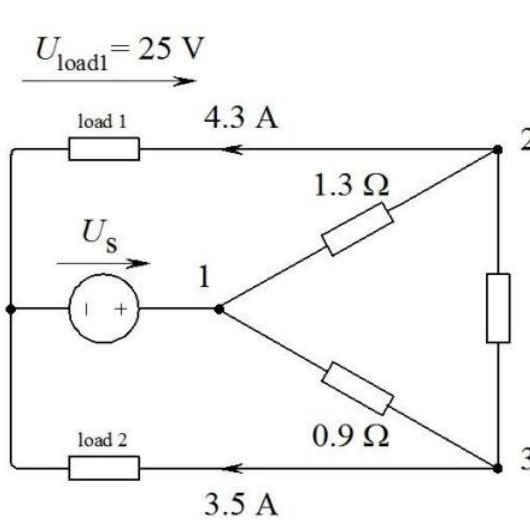


תרגיל 1 (מה"ט אביב 2018 מועד ב' -שאלה 1)

שני עומסים חשמליים ניוונים באנרגיה ממקור מתח ישר, כמתואר בתרשים החיבורים שבאיור 1. עוד נתון באיור, זרם צריכת האנרגיה של כל אחד מהעומסים, המתח שבין הדקי העומס 1, התנגדות המוליך המחבר את צומת 2 עם צומת 1, והתנגדות המוליך המחבר את צומת 3 עם צומת 1.

אורך המוליך המחבר את צומת 2 עם צומת 3, הוא 50 m. שטח החתך של מוליך זה הוא 2.5 mm^2 . ההתנגדות הסגולית של החומר שממנו עשוי המוליך, היא $0.02 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$.



א מה הערכים של שלושת ההתנגדויות בחיבור כוכב השקיל לשלושת ההתנגדויות שבאיור, התנגדויות המחברות בחיבור משולש?

ב מה עוצמת הזרם במקור המתח הישר?

ג מה הגודל של מתח המקור?

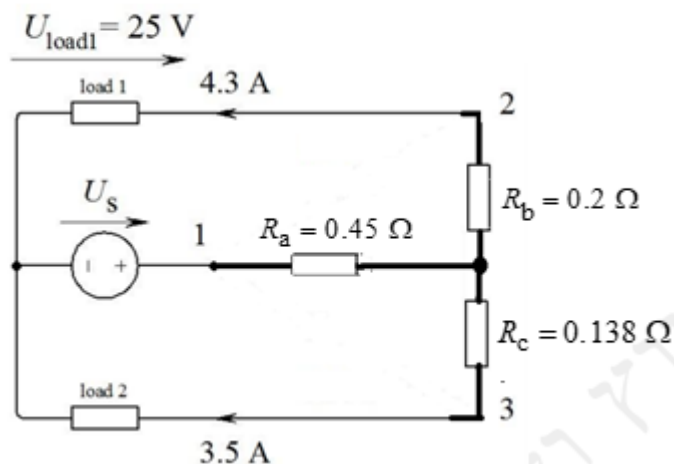
ד מה עוצמת הזרם הזורם במוליך המחבר את צומת 2 עם צומת 3 ומה מגמתו (הכיוון שלו)?

פתרון

א. נחשב תחילה את התנגדות המוליך:

$$R_{2,3} = \rho \cdot \frac{l}{A} = 0.02 \cdot \frac{50}{2.5} = 0.4 \Omega$$

נשתמש בהמרת משולש כוכב:



$$R_a = \frac{R_{1,2} \cdot R_{1,3}}{R_{1,2} + R_{1,3} + R_{2,3}} = \frac{1.3 \cdot 0.9}{1.3 + 0.9 + 0.4} = 0.45 \Omega$$

$$R_b = \frac{R_{1,2} \cdot R_{2,3}}{R_{1,2} + R_{1,3} + R_{2,3}} = \frac{1.3 \cdot 0.4}{1.3 + 0.9 + 0.4} = 0.2 \Omega$$

$$R_c = \frac{R_{1,3} \cdot R_{2,3}}{R_{1,2} + R_{1,3} + R_{2,3}} = \frac{0.9 \cdot 0.4}{1.3 + 0.9 + 0.4} = 0.138 \Omega$$

ב. הזרם במקור המתח הישר:

$$I = 3.5 + 4.3 = 7.8A$$

ג. משוואת המתחים:

$$U_S = U_{load1} + U_{R_b} + U_{R_a}$$

$$U_S = U_{load1} + I_{R_a} \cdot R_a + I_{R_b} \cdot R_b$$

$$U_S = 25 + 7.8 \cdot 0.45 + 4.3 \cdot 0.2 = 29.37V$$

ד. נחשב תחילה את המתח בין הנקודות 2 ל-3

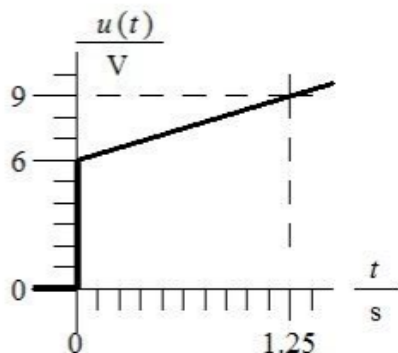
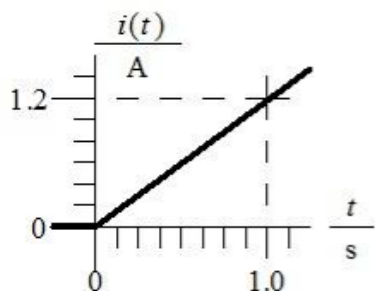
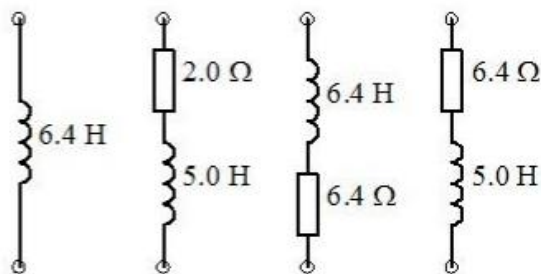
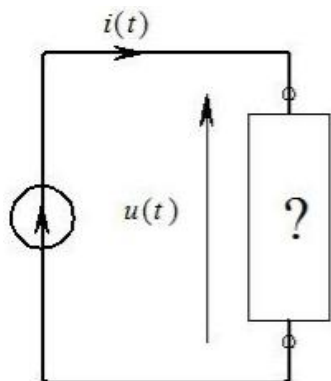
$$U_{2,3} = U_{R_b} - U_{R_c} = I_{R_b} \cdot R_b - I_{R_c} \cdot R_c = 4.3 \cdot 0.2 - 3.5 \cdot 0.138 = 0.377V$$

עוצמת הזרם במוליך המחובר בין צומת 2 לצומת 3

$$I_{2,3} = \frac{U_{2,3}}{R_{2,3}} = \frac{0.377}{0.4} = 0.9425V$$

תרגיל 2 (מה"ט אביב 2018 מועד ב' - שאלה 2)

מקור זרם מאלץ בהתקן (המלבן שבתוכו סימן השאלה) את אות הזרם $i(t)$ שבאיור 2. בין הדקי ההתקן נמדד אות המתח $u(t)$ שהוא תגובת ההתקן לאות הזרם. עוד נתונים באיור 2, ארבע אפשרויות לתיאור ההתקן באמצעות רכיבי מעגל חשמלי.



איור 2

א מהו התיאור הנכון של ההתקן? חובה לסמוך את התשובה בחישוב

ב מה הספק הרגעי בהתנגדות ההתקן בזמן $t = 1\text{ s}$?

ג כמה אנרגיה אגורה בהתקן בזמן $t = 1\text{ s}$?

פתרון

א. לפי חוברת מה"ט

$$u(t) = L \cdot \frac{d}{dt} \cdot i(t)$$

$$\frac{di(t)}{dt} = \frac{1.2 - 0}{1 - 0} = 1.2$$

נציב

$$u(t) = L \cdot 1.2$$

$$6 = L \cdot 1.2$$

ערך הסליל:

$$L = \frac{6}{1.2} = 5H$$

משוואת קו ישר

$$U_{(t)} = \alpha \cdot t + b$$

שיפוע הקו

$$\alpha = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{9 - 6}{1.25 - 0} = 2.4$$

נציב

$$U_{(t)} = 2.4 \cdot t + b$$

למצוא נקודת החיכוך עם ציר y ($t=0$) נציב 6

$$6 = 2.4 \cdot 0 + b$$

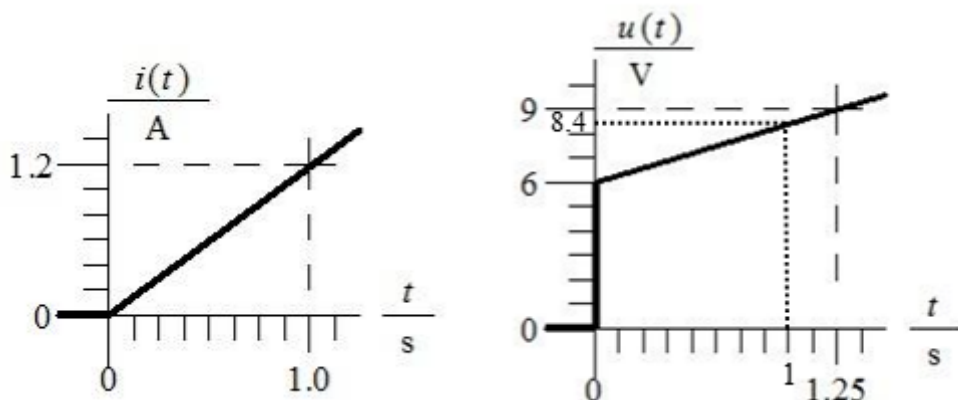
$$6 = b$$

$$U_{(t)} = 2.4 \cdot t + 6$$

נחשב את המתח בזמן $t = 1\text{sec}$

$$U_{(t)} = 2.4 \cdot 1 + 6 = 8.4V$$

נסמן את המתח על הגרף



ערך הנגד:

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{8.4 - 6}{1.2 - 0} = 2\Omega$$

ב. ההספק הרגעי בהתנגדות ההתקן בזמן $(t = 1\text{sec})$:

$$P = I^2 \cdot R = 1.2^2 \cdot 2 = 2.88W$$

ג. האנרגיה האגורה בזמן $(t = 1\text{sec})$:

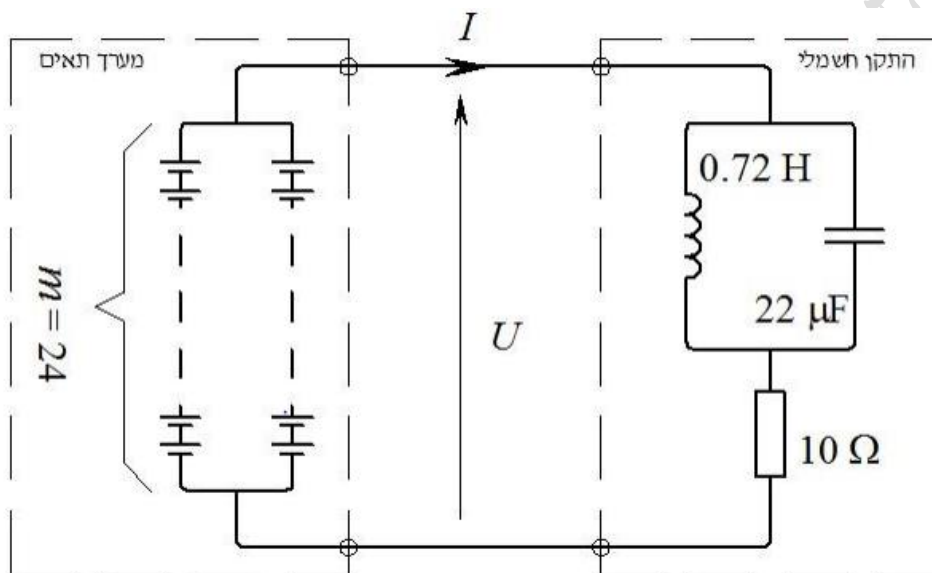
$$W_L = \frac{L \cdot I^2}{2} = \frac{5 \cdot 1.2^2}{2} = 3.6J$$

תרגיל 3 (מה"ט אביב 2018 מועד ב' - שאלה 3)

התקן חשמלי מחובר למערך תאים אלקטרוכימיים (זרם-ישר) כמתואר באיור 3. עוד מתואר באיור, ייצוג ההתקן באמצעות רכיבי מעגל חשמלי.

כל התאים שבמערך שווים זה לזה.

הכוח האלקטרומוטורי (כא"מ) של כל תא הוא 2.14 V וההתנגדות הפנימית של כל תא היא $0.0024\ \Omega$.



א מה עוצמת הזרם I ומה גודל המתח U , המסומנים באיור?

ב האם העברת האנרגיה מהמקור אל העומס החשמלי נעשית בנקודת עבודה שבה ההספק מרבי?

ג מה הספק איבודי האנרגיה במערכת?

ד מה נצילות המערכת?

פתרון

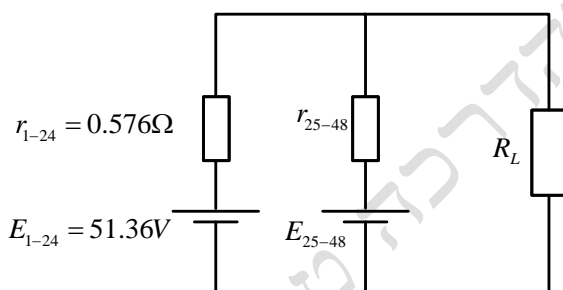
א. הכא"מ השקול של השורה הראשונה והשנייה :

$$E_{1-24} = m \cdot E_1 = 24 \cdot 2.14 = 51.36V$$

ההתנגדות הפנימית השקולה של השורה הראשונה והשנייה :

$$r_{1-24} = r_{25-48} = m \cdot r_1 = 24 \cdot 0.0024 = 0.0576\Omega$$

המעגל המתקבל :



ההתנגדות הפנימית השקולה :

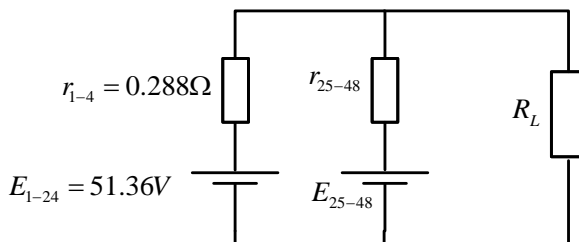
$$r_T = \frac{r_{1-4}}{n} = \frac{0.0576}{2} = 0.0288\Omega$$

מתח במקביל שווה ולכן :

$$E_T = E_{1-24} = E_{25-48} = 51.36V$$

הסליל מהווה קצר והקבל מהווה נתק

ומכאן, המעגל השקול המתקבל :



את הזרם הכללי נחשב לפי הנוסחה:

$$I_T = \frac{E_T}{r_T + R_L} = \frac{51.36}{0.0288 + 10} = 5.121A$$

המתח בהתקן החשמלי

$$U_{R_L} = I_T \cdot R_L = 5.121 \cdot 10 = 51.21V$$

ב. התנאי לקבלת הספק מקסימלי הוא שההתנגדות הפנימית השקולה של הסוללה תהיה שווה להתנגדות העומס.

$$r_T \neq R_L$$

תנאי זה אינו מתקיים ומכאן שהמעגל לא עובד בנקודת עבודה מרבית.

ג. ההספק איבודי האנרגיה (בסוללה):

$$P_{r_T} = I_T^2 \cdot r_T = 5.121^2 \cdot 0.0288 = 0.755W$$

ד. ההספק הנצרך ע"י הצרכן:

$$P_{R_L} = I^2 \cdot R_L = 5.121^2 \cdot 10 = 262.246W$$

ההספק שמייצרת הסוללה:

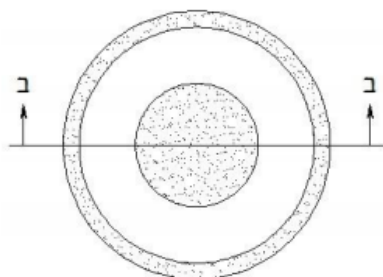
$$P_{E_T} = E_T \cdot I_T = 51.36 \cdot 5.121 = 236.014W$$

נצילות המעגל:

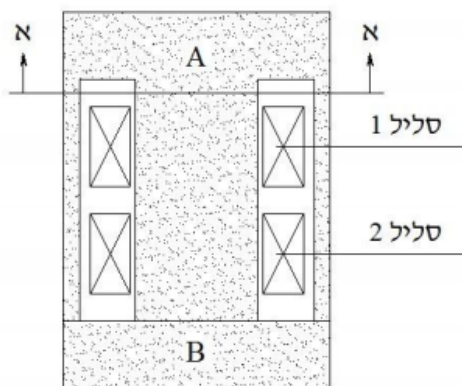
$$\eta\% = \frac{P_{R_L}}{P_T} \cdot 100 = \frac{262.246}{236.014} \cdot 100 = 99.707\%$$

תרגיל 4 (מה"ט אביב 2018 מועד ב' - שאלה 4)

שאלה 4



חתך א-א



חתך ב-ב

איור 4

שלושה חלקים באלקטרומגנט גלילי, המתואר באיור 4:
חלק A, סליל 1 וסליל 2.

בחתך א-א שבאיור, רואים את חתך הליבה (העיגול שבמרכז) שעליה מותקנים הסלילים, וגם רואים את חתך העולה (הטבעת שבהיקף).

בחתך ב-ב שבאיור, רואים את שני הסלילים המותקנים על הליבה ואת העולה. הליבה והעולה יחד עשויות חומר פרומגנטי והם מסומנים באות A.

החלק המסומן באות B, הוא דיסקה העשויה חומר פרומגנטי. היא צמודה לאלקטרומגנט כי בסליל 1 זורם זרם. במצב זה, אורך חריץ האוויר שבין חלק A לחלק B, אפסי ואין להתחשב בו כלל.

האורך הכולל של מסלול השטף המגנטי, בחלק A ובחלק B יחד, הוא 85 mm . שטח החתך של מסלול השטף המגנטי הוא 100 mm^2 והוא אחיד לכל אורך מסלול השטף (שטח החתך של הליבה שווה לשטח החתך של העולה).

החדירות היחסית של חלק A ושל חלק B היא $\mu_r = 700$.

א כאשר בסליל 2 לא זורם כל זרם ובסליל 1 זורם זרם ישר שעוצמתו $0.11A$, צפיפות השטף המגנטי בליבה היא $1.1T$. כמה כריכות (מספר שלם) יש בסליל 1?

ב כאשר חלק B צמוד לחלק A, מה השראות סליל 1?

ג בסליל 2 יש 730 כריכות; מגמת הליפוף בשני הסלילים שווה זו לזו; כאשר חלק B צמוד לחלק A, בסליל 1 זורם זרם ישר של $0.08A$.

מה הזרם הישר שיש להזרים בסליל 2 כדי שצפיפות השטף בליבה תהיה $0.01T$?

ד הרחיקו את חלק B מחלק A ומדדו את השראות סליל 1. מצאו שהערך הנמדד קטן מאוד בהשוואה לערך שחושב בשאלה ב. במונחי המעגל המגנטי, מה ההסבר לממצא (הנכון) הזה?

פתרון

א. נתון: בסליל 2 לא זורם זרם $I_2 = 0$ המשמעות היא: נתייחס בסעיף רק לסליל 1.

השטף המגנטי:

$$\phi = B_1 \cdot A = 1.1 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 110 \cdot 10^{-6} \text{ wb}$$

המיאון של הליבה:

$$R_m = \frac{\ell}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A} = \frac{85 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 700 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 966297.868 \frac{1}{H}$$

מנוסחת השטף המגנטי נחלץ את מספר הכריכות:

$$\phi_1 = \frac{F_m}{R_m} = \frac{N_1 \cdot I_1}{R_m}$$

מספר הכריכות:

$$N_1 = \frac{R_m \cdot \phi_1}{I_1} = \frac{966.297 \cdot 10^3 \cdot 110 \cdot 10^{-6}}{0.11} = 966$$

ב. השראות הסליל:

$$L = \frac{N^2}{R_m} = \frac{966^2}{966.297 \cdot 10^3} = 0.965 H$$

ג. השטף המגנטי:

$$\phi = B \cdot A = 0.01 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ wb}$$

מציאת הזרם:

$$F_m = \sum N \cdot I = N_1 \cdot I_1 + N_2 \cdot I_2$$

השטף המגנטי:

$$\phi = \frac{F_m}{R_m} = \frac{N_1 \cdot I_1 + N_2 \cdot I_2}{966.297 \cdot 10^3}$$

$$F_m = \phi \cdot R_m$$

$$N_1 \cdot I_1 + N_2 \cdot I_2 = \phi \cdot R_m$$

נציב:

$$966 \cdot 0.08 + 730 \cdot I_2 = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 966.297 \cdot 10^3$$

הזרם שיש להזרים בסליל השני

$$I_2 = -0.104A$$

משמעות הסימן מינוס - שיש להזרים זרם בכיוון ההפוך, כך שהשטפים יהיו בכיוונים הפוכים.

ד. R_{m_r} גדל כתוצאה מחרוץ האוויר R_{m_0} :

$$\downarrow L = \frac{N^2}{R_{m_r} \uparrow}$$

ומכאן, כאשר ההתנגדות המגנטי גדלה R_{m_r} , השראות הסליל קטנה.

תרגיל 5 (מה"ט אביב 2018 מועד ב' - שאלה 5)

התקן חשמלי בעל שני הדקים חובר למקור מתח ולשלושה מכשירי מדידה (מד זרם, מד מתח ומד הספק).

במדידה בו בזמן של מאפייני צריכת האנרגיה של ההתקן, התקבלו התוצאות שלהלן

$$; I = 7.3 \text{ A} \text{ : עוצמת הזרם בהתקן}$$

$$; U = 117 \text{ V} \text{ : גודל המתח שבין הדקי ההתקן}$$

$$. P = 530 \text{ W} \text{ : והספק צריכת האנרגיה בהתקן}$$

מכשירי המדידה הם מכשירים להלכה: אין הם משפיעים על תוצאות המדידה ואין בהורייטם שגיאה כלשהי.

א האם תוצאות המדידה מאשרות את הידיעה שמקור המתח הוא מקור זרם חילופים?
עליך לסמוך את התשובה בחישוב מתאים

ב מהו הגודל של שלושת הספקי צריכת האנרגיה – ממשי, היגבי ונדמה – של ההתקן?

ג מה הייצוג של ההתקן באמצעות התנגדות והיגב המחוברים זה לזה בטור?

ד מה הייצוג של ההתקן באמצעות התנגדות והיגב המחוברים זה לזה במקביל?

ה מהו מכשיר המדידה האלקטרוני שבאמצעותו אפשר יהיה לדעת מה אופי צריכת האנרגיה של ההתקן (השראי או קיבולי)?

פתרון

א. נבדוק את ההספק בזרם ישר:

$$P_{DC} = U \cdot I = 117 \cdot 7.3 = 854.1 \text{ W}$$

$$P \neq P_{DC}$$

ומכאן, שתוצאות התקבלו במקור זרם חילופים

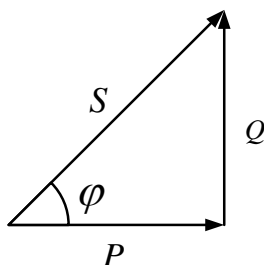
ב. ההספק הממשי נתון ע"י הנוסחה:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

גורם ההספק במעגל:

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I} = \frac{530}{117 \cdot 7.3} = 0.62$$

נניח שהמעגל בעל אופי השראי



$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \Rightarrow S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{530}{0.62} = 854.838 \text{VA}$$

ההספק המדומה:

$$S = 854.838 \angle 51.644^\circ = \underbrace{530.466}_P + j \underbrace{670.338}_Q \text{VA}$$

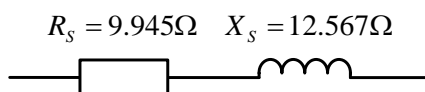
ג. העכבה השקולה:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{117}{7.3} = 16.027 \angle 51.644^\circ \Omega$$

ד. ע"י מעבר מהצגה פולארית להצגה קרטזית נקבל את הערכים של

העכבה הטורית:

$$Z = 16.027 \angle 51.644^\circ = (9.945 + j12.567) \Omega$$

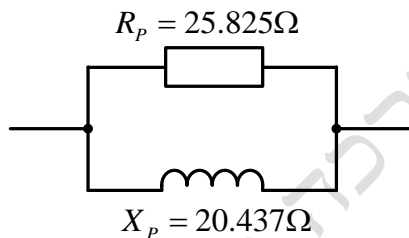


מעבר מחיבור טורי לחיבור מקבילי בעזרת הנוסחאות:

$$R_p = \frac{R_s^2 + X_s^2}{R_s} = \frac{9.945^2 + 12.567^2}{9.945} = 25.825\Omega$$

$$X_p = \frac{R_s^2 + X_s^2}{X_s} = \frac{9.945^2 + 12.567^2}{12.567} = 20.437\Omega$$

נשרטט את המעגל המקבילי המתקבל:



נבדוק שהעכבה השקולה המתקבלת משני המעגלים זהה
עכבת המעגל המקבילי:

$$Z_{pT} = \frac{R_p \angle 0^\circ \cdot X_p \angle 90^\circ}{R_p \angle 0^\circ + X_p \angle 90^\circ}$$

נציב

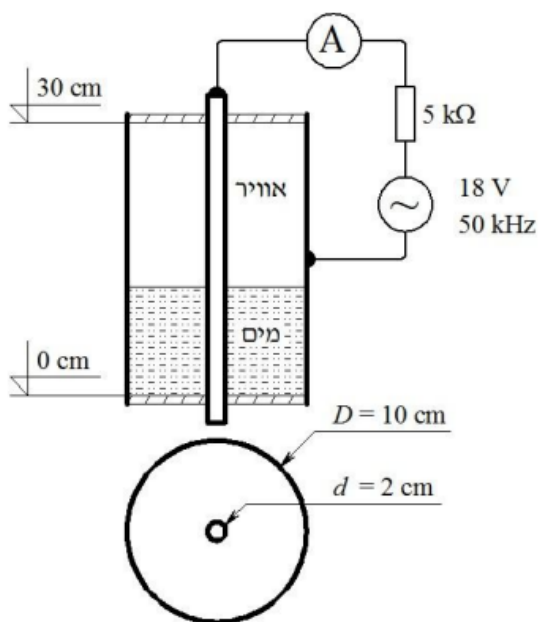
$$Z_p = \frac{25.825 \angle 0^\circ \cdot 20.437 \angle 90^\circ}{25.825 \angle 0^\circ + 20.437 \angle 90^\circ} = 16.027 \angle 51.644^\circ \Omega$$

עכבת המעגל הטורי שווה למקבילי:

$$Z_s = Z_p = 16.027 \angle 51.644^\circ \Omega$$

ה. אוסילוסקופ – משקף תנודות.

תרגיל 6 (מה"ט אביב 2018 מועד ב' - שאלה 6)



ביסודו ההתקן החשמלי שבאיור 6 הוא קבל גלילי. הקיבול שלו ניתן לשינוי על פי כמות המים והאוויר שבתוכו.

הפרמיטיביות היחסית של המים המזוקקים היא 80 והפרמיטיביות היחסית של האוויר היא 1.

המוליכות החשמלית של המים אפסית ואין להתחשב בה כלל.

מבחינה חשמלית, יש בהתקן שני קבלים גליליים: באחד, מים מזוקקים; ובאחר, אוויר.

א מה צורת החיבור החשמלי של שני הקבלים שבהתקן זה אל זה?

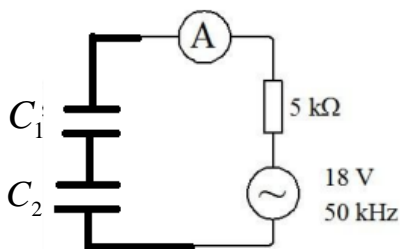
ב כמה הוא הקיבול המרבי של ההתקן?

ג כאשר כמות האוויר שבהתקן היא שליש נפח ההתקן, מה תהיה עוצמת הזרם בהתנגדות?

ד אם יחליפו את מקור המתח במקור מתח בזרם ישר, מה תהיה התשובה על שאלה ג?

פתרון

א. נתייחס ל-2 השכבות כאל 2 קבלים בחיבור טורי:



ב. הנוסחה לחישוב הקיבול של קבל גלילי

$$C = \frac{2\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \ell}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} = \frac{2\pi \times 8.854 \cdot 10^{-12} \times 80 \times 30 \cdot 10^{-2}}{\ln\left(\frac{10 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-2}}\right)} = 0.825 \text{ nF}$$

ג. קיבול C_1 - אוויר ($\epsilon_r = 1$)

$$C_1 = \frac{2\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \ell_1}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} = \frac{2\pi \times 8.854 \cdot 10^{-12} \times 1 \times 10 \cdot 10^{-2}}{\ln\left(\frac{10 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-2}}\right)} = 3.456 \text{ pF}$$

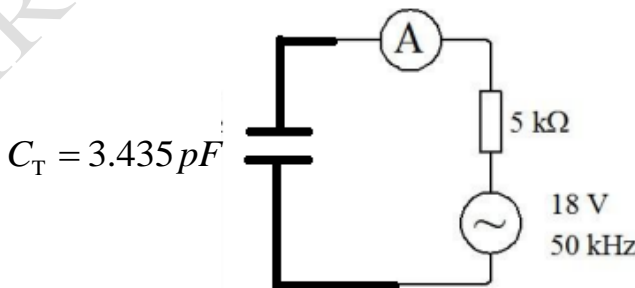
קיבול C_2 - מים ($\epsilon_r = 80$)

$$C_2 = \frac{2\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \ell_2}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} = \frac{2\pi \times 8.854 \cdot 10^{-12} \times 80 \times 20 \cdot 10^{-2}}{\ln\left(\frac{10 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-2}}\right)} = 0.553 \text{ nF}$$

הקיבול השקול של שני קבלים בטור:

$$C_T = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3.456 \cdot 10^{-12} \cdot 0.553 \cdot 10^{-9}}{3.456 \cdot 10^{-12} + 0.553 \cdot 10^{-9}} = 3.435 \text{ pF}$$

המעגל המתקבל:



ההיגב הקיבולי

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot 3.435 \cdot 10^{-12}} = 926.666 \mu\Omega$$

עכבת המעגל:

$$Z = R - jX_C = 5 \cdot 10^3 - j926.66 \cdot 10^3 = 926673 \angle -89.69^\circ \Omega$$

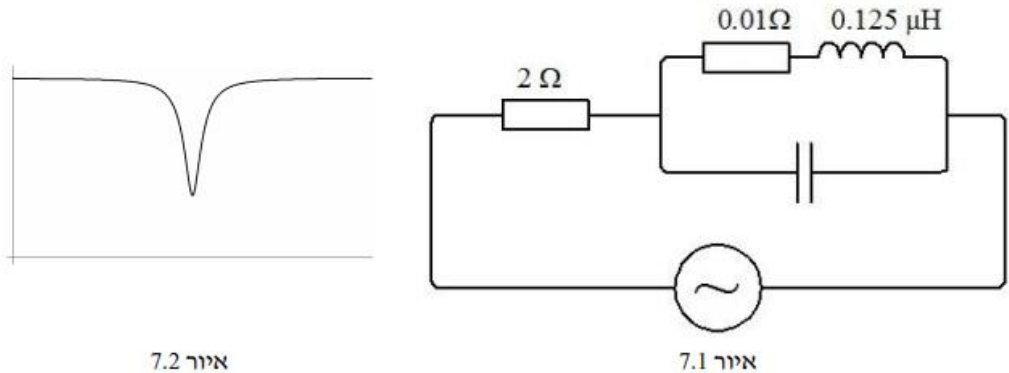
הזרם במעגל:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{18 \angle 0^\circ}{926673 \angle -89.69^\circ} = 19.42 \angle 89.69^\circ \mu A$$

ד. במתח ישר הקבל מהווה נתק ולכן הזרם במעגל שווה $I = 0A$

תרגיל 7 (מה"ט אביב 2018 מועד ב' - שאלה 7)

שלושה התקנים – משרן (התנגדות והשראות), קבל ונגד – מחוברים זה לזה על פי תרשים החיבורים שבאיור 7.1. שלושת ההתקנים האלה מחוברים למחולל אות מתח סינוסואידי. הערך היעיל של אות המתח קבוע ועומד על 3V.



איור 7.2

איור 7.1

- א הקבל שבאיור 7.1, נבחר כך שתדר התנודה הטבעית של המעגל שבו שלושת ההתקנים, יהיה שווה 247.5 kHz. מה הגודל של קיבול הקבל?
- ב שלוש נקודות קיצון בקו העקום שבאיור 7.2. שתיים בקצוות ואחת באמצע. בקצה אחד, התדר נמוך מאוד מאוד; בקצה האחר, התדר גבוה מאוד מאוד; ובאמצע, תדר המקור שווה לתדר התנודה הטבעית של המעגל שבו שלושת ההתקנים. מה עוצמת הזרם במחולל האות ומה גודל עכבת המעגל, בשלושת נקודות אלו?
- ג האם הגרף שבאיור 7.2, מתאר את התלות בתדר של עוצמת הזרם במחולל האות או שהוא את התלות של עכבת המעגל בתדר?
- ד מה תחום התדרים, שבו עוצמת הזרם שבקבל גדולה מעוצמת הזרם שבמשרן?

פתרון

א. תדירות הזוויתית של המעגל

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C} - \frac{r_L^2}{L^2}}$$

$$\omega_0 = 2\pi \cdot f_0$$

נציב:

$$2\pi \cdot f_0 = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C} - \frac{r_L^2}{L^2}}$$

מנוסחת התדירות הזוויתית נחשב את ערך הקבל:

$$2\pi \cdot 247.5 \cdot 10^3 = \sqrt{\frac{1}{0.125 \cdot 10^{-6} \cdot C} - \frac{0.01^2}{(0.125 \cdot 10^{-6})^2}}$$

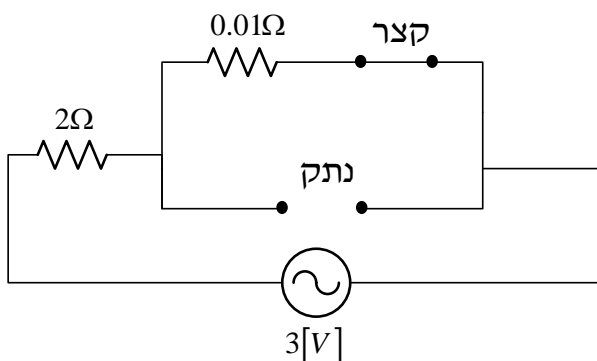
מפתרון המשוואה נקבל:

$$C = 3.3 \mu F$$

ב. **תדר נמוך מאוד**. המשמעות היא: $f = 0 Hz$

הסליל מהווה **קצר**, הקבל מהווה **נתק**.

המעגל המתקבל:



הזרם במעגל:

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{3}{2 + 0.01} = 1.492A$$

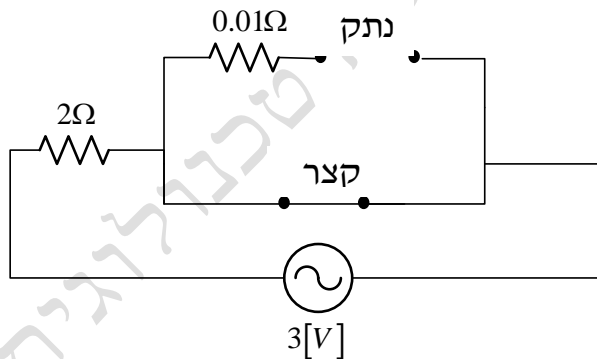
עכבת המעגל:

$$Z_T = 2.01 \angle 0^\circ \Omega$$

בתדר גבוה מאוד, המשמעות היא: $f \Rightarrow \infty$

הסליל מהווה נתק, הקבל מהווה קצר.

המעגל המתקבל:



הזרם במעגל:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{3}{2} = 1.5A$$

עכבת המעגל:

$$Z_T = 2 \angle 0^\circ [\Omega]$$

נחשב את X_L ו- X_C

ההיגב ההשראי:

$$X_L = 2\pi \cdot f_0 \cdot L = 2\pi \cdot 247.5 \cdot 10^3 \cdot 0.125 \cdot 10^{-6} = 0.194\Omega$$

ההיגב הקיבולי:

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f_0 \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 247.5 \cdot 10^3 \cdot 3.3 \cdot 10^{-6}} = 0.194[\Omega]$$

העכבה הכללית:

$$Z_T = \frac{(0.01 + j0.194)(-j0.194)}{0.01 + j0.194 - j0.194} + 2 = 25.766 \angle -1.927^\circ \Omega$$

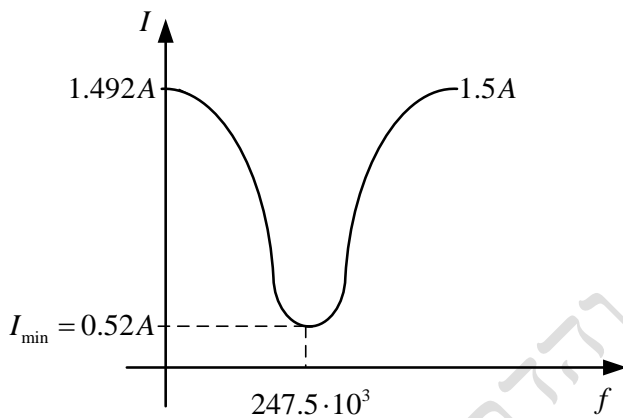
הזרם הכולל:

$$I_T = \frac{V}{Z_T} = \frac{3 \angle 0^\circ}{5.766 \angle -1.927^\circ} = 0.52 \angle 1.927^\circ A$$

נסכם את התוצאות בטבלה

$Z = 2.01 \angle 0^\circ \Omega$	$I = 1.495 A$	$f = 0$
$Z = 5.766 \angle -1.927^\circ \Omega$	$I = 0.52 A$	$f_0 = 247.5 \cdot 10^3$
$Z = 2 \Omega$	$I = 1.5 A$	$f \Rightarrow \infty$

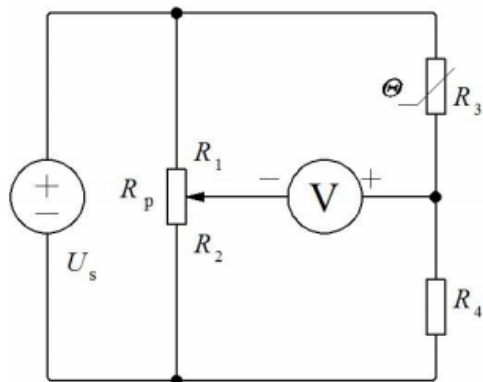
ג. גרף המתאר את הזרם כפונקציה של התדר



ד. תחום התדרים שבהם עוצמת הזרם בקבל גדולה מעוצמת הזרם

בסליל $f > f_0$

תרגיל 8 (מה"ט אביב 2018 מועד ב' - שאלה 8)



איור 8

איור 8 הוא תרשים החיבורים של מעגל חשמלי המשמש למדידה עקיפה של טמפרטורה.

המדידה נעשית באמצעות נגד R_3 שהתנגדותו תלויה בטמפרטורה של הגוף שאליו הוא מוצמד.

ההתנגדות הפנימית של מד המתח גדולה מאוד והשפעתה על המדידה אינה מורגשת כלל. שגיאת המדידה של מד המתח, אפסית.

מקור המתח שבמעגל המדידה הוא ספק כוח מיוצב, מתחו קבוע ועומד על $U_s = 7.7 \text{ V}$.

התנגדות הפוטנציומטר $R_p = R_1 + R_2$ היא 1200Ω והתנגדות הנגד R_4 היא 200Ω . הגודל של ההתנגדויות האלה קבוע ואינו תלוי בטמפרטורה כלל.

התלות של התנגדות הנגד R_3 בטמפרטורה מתוארת גרפית בקו ישר לפי

$$R(\theta) = R_{\theta_1} (1 + \alpha_{\theta} (\theta - \theta_1))$$

בטמפרטורה של 20°C התנגדות הנגד R_3 היא 130Ω , וקבוע הטמפרטורה הוא $\alpha_{\theta} = 0.005 \frac{1}{^\circ \text{C}}$

א כווננו את מערכת המדידה (הזיזו את זחלן הפוטנציומטר) כך שכאשר טמפרטורת הנגד R_3 היא 20°C , הוריית מד המתח היא 0 V .

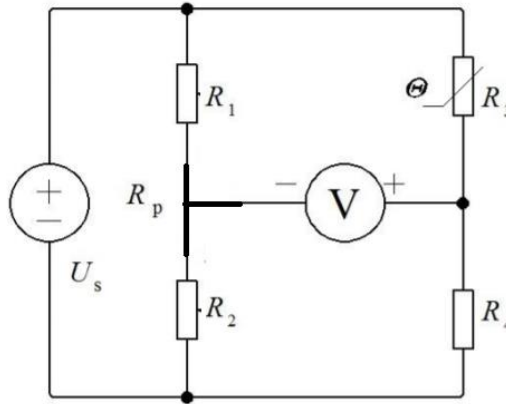
כמה הוא יחס ההתנגדויות $\frac{R_3}{R_p}$?

ב הצמידו את הנגד R_3 אל גוף שהטמפרטורה שלו 80°C . מה התנגדותו בטמפרטורה זו?

ג מד המתח הוא מד מתח ספרתי שבצג שלו יש ארבע ספרות בלבד. תוצאת המדידה של המתח מוצגת בצג באחת משלושת היחידות ההנדסיות: μV ; mV ; V . מד המתח בנוי כך שהמספר שבצג שלו לעולם אינו מתחיל בספרה אפס. מה תהיה הוריית מד המתח הספרתי כשהנגד R_3 צמוד אל גוף שהטמפרטורה שלו 80°C ?

פתרון

א. נשרטט את המעגל בצורה משופרת:



$$R_p = R_1 + R_2$$

$$1200 = R_1 + R_2$$

$$R_1 = 1200 - R_2$$

התנאי לגשר מאוזן

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

נציב

$$\frac{1200 - R_2}{R_2} = \frac{130}{200}$$

$$\frac{1200 - R_2}{R_2} = 0.65$$

$$R_2 = 727.272\Omega$$

מפתרון המשוואה נקבל:

יחס ההתנגדויות $\frac{R_2}{R_p}$:

$$\frac{R_2}{R_p} = \frac{727.272}{1200} = 0.606$$

ב. התנגדותו של הנגד $R_{1(\Theta)}$ תלויה בטמפרטורה

$$R_{3(\Theta)} = R_0 \cdot [1 + \alpha(\Theta - \Theta_0)]$$

נציב את הנתונים לתוך הנוסחה :

$$R_{3(\Theta)} = 130 \cdot [1 + 0.005(80 - 20)] = 169\Omega$$

ג. קריאת מד המתח :

$$V = U_{R_4} - U_{R_2}$$

לפי שיטת מחלק מתח :

$$U_2 = U_s \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 7.7 \cdot \frac{727.272}{1200} = 4.666V$$

$$U_4 = U_s \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} = 7.7 \cdot \frac{200}{169 + 200} = 4.173V$$

נציב :

$$V = 4.173 - 4.666 = -0.493 = -493mV$$