

פתרון מבחן מה"ט

תורת

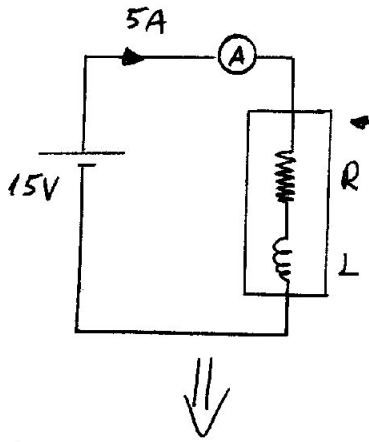
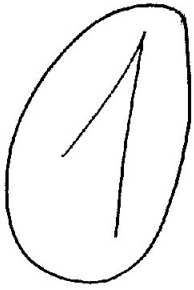
החשמל

אביב 2009

פתר: אבי יומטוביאן

©

כל הזכויות שמורות

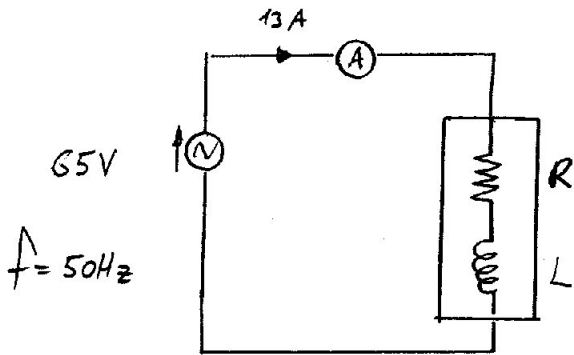


סליל מרשי בני
מהתנגדות אפסית
של ערכו הסליל,
והשואר אהרה
המחויבת באור ענב

בזמן ישר, לאחר של תופעות המזכה ($t > 5\tau$), ההשואר
L תתקרב בקצב מחמת התנגדות, ואכן אפס המה
עיה יהיה שזה אפס.

הסבה אחר: ההשואר L באחר הגב $X_L = j\omega L$, שיהיה
הס ר. מכיון שזהו זרם ישר $f = 0\text{Hz}$, ואכן $X_L = 0\Omega$
ואכן בהרה שלם ה- 15V "נוסעים" רק ער R.

$$R = \frac{15V}{5A} = 3\Omega //$$



כצת X_L שונה מ-0
והחבר הוקלוה של
 R ו- X_L ירן
לנו את הזכיה הכוללת
של הסליל המרשי

$$\sqrt{R^2 + X_L^2} = Z$$

$$\Leftarrow Z = \frac{65V}{13A} = 5\Omega$$

$$\sqrt{3^2 + X_L^2} = 5$$

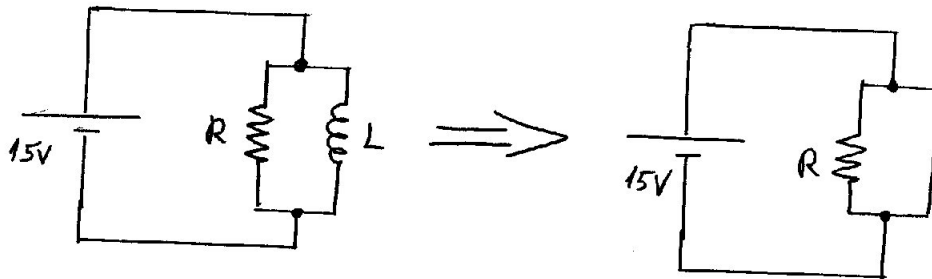
$$X_L = 4\Omega \Rightarrow X_L = 2\pi fL$$

$$4 = 2\pi \cdot 50 \cdot L$$

$$L = \frac{4}{100\pi} = 12.732 \text{ mH} //$$

כמות נצנה על סיוע' השלמה:

Ⓒ) אם ניתן ע"י צבא את הסליל הנש' באמצעות מופע של התאמת
 להתנצות המחוברות לו ללא התקדם, מכיוון שצורה לרס יש, תוצאת
 המוצ'ה שמתקדם תהיה 0V (ההתאמת הופכת לקצרה)



(חשבונו של) $L = 12.732 \mu\text{H}$, $R = 3 \Omega$ Ⓓ

$X_L = j2\pi fL = j2\pi \cdot 60 \cdot 12.732 \cdot 10^{-3} = j4.8 \Omega$ Ⓔ $f = 60 \text{ Hz}$
 $\underline{U} = 75 \angle 0^\circ \text{ V}$

$\underline{I} = \frac{\underline{U}}{R + X_L} = \frac{75 \angle 0}{3 + j4.8} = 13.25 \angle -58^\circ \text{ A}$

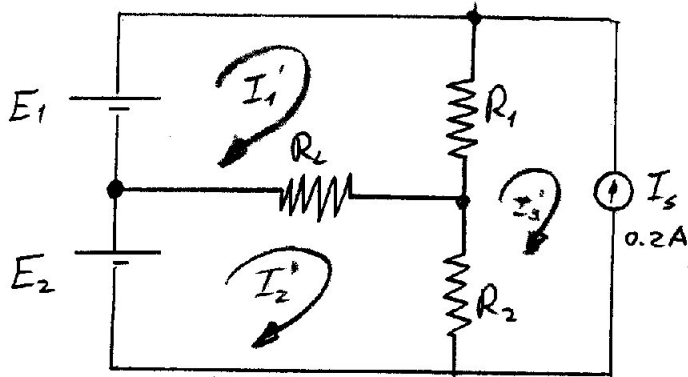
$X_L = j2\pi fL = j2\pi \cdot 50 \cdot 12.732 \cdot 10^{-3} = j4 \Omega$ Ⓕ $f = 50 \text{ Hz}$
 $\underline{U} = 230 \angle 0^\circ \text{ V}$

$\underline{S} = \frac{U^2}{\underline{Z}^*} = \frac{230^2}{(3 - j4)} = (6348 + j8464) \text{ VA} = 10580 \angle 53.1^\circ \text{ VA}$
 \downarrow \downarrow
 P [W] Q [VAR]

כאם בתחילתו של המעגל, שכתוב בו את המעגל, שכתוב בו את המעגל
 את המעגל, שכתוב בו את המעגל, שכתוב בו את המעגל
 שכתוב בו את המעגל, שכתוב בו את המעגל, שכתוב בו את המעגל

2

ג'ה א' - פתרון מבוסס על נהלים פשוט תחילה



יש לנו מעגל עם שלושה תחומים, ולכן את המעגל אפשר לכתוב משוואות של שלושה משתנים:

$$\begin{cases} R_{11} I_1' - R_{12} I_2' - R_{13} I_3' = E_1' \\ -R_{21} I_1' + R_{22} I_2' - R_{23} I_3' = E_2' \\ -R_{31} I_1' - R_{32} I_2' + R_{33} I_3' = E_3' \end{cases}$$

מכיוון שיש לנו שלושה תחומים, הרי שיש לנו שלושה משתנים, והוא "כיס" עם שלושה משתנים, ולכן נוותר על 2 משוואות ב-3 משתנים.

$$\begin{aligned} R_{11} &= R_1 + R_2 & R_{12} &= R_{21} = R_2 & R_{23} &= R_2 & E_2' &= +E_2 \\ R_{22} &= R_2 + R_2 & R_{13} &= R_1 & E_1' &= +E_1 \end{aligned}$$

אנחנו חייבים לשים לב למשוואה של התחום של התחום של התחום, והוא "כיס" עם שלושה משתנים, ולכן נוותר על 2 משוואות ב-3 משתנים.

$$I_3' = -I_5$$

נחליף את המשוואה הזו, כך שיהיה בתבנית של משוואות משוואות:

$$1 \cdot I_3' = -I_5$$

$$0 \cdot I_1' + 0 \cdot I_2' + 1 \cdot I_3' = -0.2$$

כעת יש לנו 3 משוואות ב-3 משתנים, ננסה לפתור אותן ולנסות לכתוב:

$$\begin{cases} (R_1 + R_2) I_1' - R_2 I_2' - R_1 I_3' = E_1 & [V] \\ -R_2 \cdot I_1' + (R_2 + R_2) I_2' - R_2 I_3' = E_2 & [V] \\ 0 \cdot I_1' + 0 \cdot I_2' + 1 \cdot I_3' = -0.2 & [A] \end{cases}$$

בא זקק שלבים המבחן הוא שם שלקחו את המערכת הנ"ל, ואמרו
 כמה שנו"ס "קוואל"ס" הפכו את המערכת השואלת 2-2 השואלת
 בטו נעמ"ס.

חשוב להפגיש! אם ניתן לכתוב בזווית מ'פ'ית את המערכת
 השואלת שכתבה במבחן, אבל אם ניתן ז'י' ש'ט' המערכת
 הסלובתית כפי שאתו עומדים עזריהו:

הש'ת ר'ב $I_3' = -0.2$ בסל מקו"ס אבס'ה' (כך בלעני בזכר את
 השואלת השל'ית שבה אורח'ו ע"ס...):

$$\begin{cases} (R_1 + R_L) I_1' - R_L I_2' - R_1 (-0.2) = E_1 \\ -R_L \cdot I_1' + (R_2 + R_L) I_2' - R_2 (-0.2) = E_2 \end{cases}$$

⇓

$$\begin{cases} (R_1 + R_L) I_1' - R_L I_2' + 0.2 R_1 = E_1 \\ -R_L \cdot I_1' + (R_2 + R_L) I_2' + 0.2 R_2 = E_2 \end{cases}$$

מכיון שבמערכת השואלת שאופי'ה בלובס המבחן יש רק שט נעמ"ס,
 אנו צריכים לפתור שכלל שאלה של המערכת יהיו רק I_1' ו- I_2' ,
 ולכן:

$$\begin{cases} (R_1 + R_L) I_1' - R_L I_2' = E_1 - 0.2 R_1 \\ -R_L \cdot I_1' + (R_2 + R_L) I_2' = E_2 - 0.2 R_2 \end{cases}$$

⇓

$$\begin{bmatrix} (R_1 + R_L) & (-R_L) \\ (-R_L) & (R_2 + R_L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1' \\ I_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_1 - 0.2 R_1 \\ E_2 - 0.2 R_2 \end{bmatrix}$$

⇓

$$-R_L = -120$$

$$\boxed{R_L = 120 \Omega}$$

$$R_1 + R_L = 130$$

$$R_1 + 120 = 130$$

$$\boxed{R_1 = 10 \Omega}$$

$$R_2 + R_L = 140$$

$$R_2 + 120 = 140$$

$$\boxed{R_2 = 20 \Omega}$$

$$E_1 - 0.2R_1 = 14$$

$$E_2 - 0.2R_2 = 4$$

$$E_1 - 0.2 \cdot 10 = 14$$

$$E_2 - 0.2 \cdot 20 = 4$$

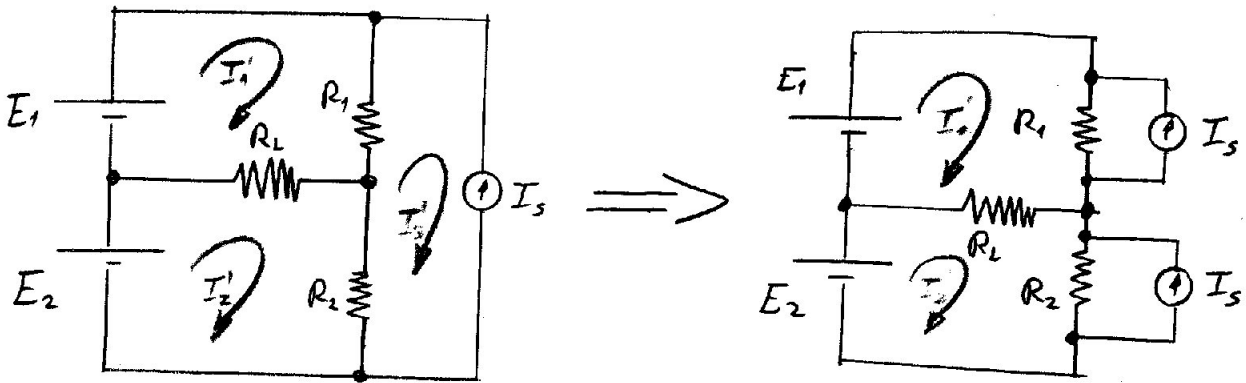
$$E_1 = 16V$$

$$E_2 = 8V$$

כך פתרו את סעיף א' ו-ב'. כותר נאמר לנסות להשיג.

ג' - בעל וואל

אין ספק שה' מיוצר את בעל וואל וואל שמתחיל לה עבר
 בעל זה, מכיון שהוא יצר עם עתה לקוח לרס א' בעל דמקורות
 אחרת קודם, וז' כן פצצת את משה חז' האדם, וזה כביוק
 מה שמרץ בארצה שלבים האחר:



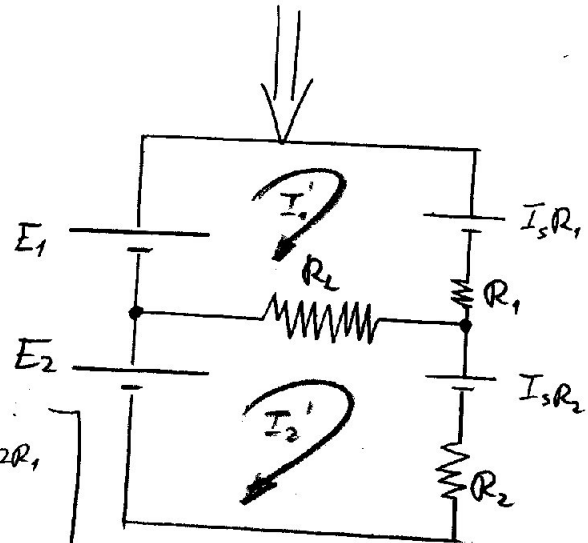
$$\begin{cases} (R_1 + R_2) I_1' - R_2 I_2' = E_1 - R_1 I_3 \\ -R_2 I_1' + (R_1 + R_2) I_2' = E_2 - R_2 I_3 \end{cases}$$

⇓

$$\begin{bmatrix} (R_1 + R_2) & (-R_2) \\ (-R_2) & (R_1 + R_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1' \\ I_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_1 - 0.2R_1 \\ E_2 - 0.2R_2 \end{bmatrix}$$

⇓

$$R_L = 120\Omega, R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, E_1 = 16V, E_2 = 8V$$



ד) הכנס R_L - ב הפרט הנמוך הו' האלמנטים שזוכרים בו.
עד תהיה P_{R_L} נשען במאזן החיטה עם באופן:

$$\begin{aligned} 130 I_1' - 120 I_2' &= 14 \\ -120 I_1' + 140 I_2' &= 4 \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} I_1' &= 0.624 \text{ A} \\ I_2' &= 0.579 \text{ A} \end{aligned}$$



$$I_{R_L} = I_1' - I_2' = 0.624 - 0.579 = 0.063 \text{ A} //$$



$$P_{R_L} = I_{R_L}^2 \cdot R_L = 0.063^2 \cdot 120 = 0.476 \text{ W} //$$
 ③

3

$$\textcircled{1} \quad \tau_1 = R_1 C = 100 \cdot 1100 \cdot 10^{-6} = 0.11 \text{ sec}$$

$$U_c(\infty) = 120 \text{ V}$$

$$U_c(0^+) = 0 \text{ V}$$

$$t = \Delta t = 0.2 \text{ sec}$$

\Downarrow

$$\begin{aligned} U_c(t=0.2 \text{ sec}) &= U_c(\infty) - [U_c(\infty) - U_c(0^+)] e^{-\frac{t}{\tau_1}} = \\ &= 120 - [120 - 0] e^{-0.2/0.11} = 100.521 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\textcircled{2} \quad \tau_2 = R_2 C = 60 \cdot 1100 = 0.066 \text{ sec}$$

$$U_c(\infty) = 0 \text{ V}$$

$$U_c(0^+) = 100.521 \text{ V}$$

$$U_c(t) = \frac{E}{4} = \frac{120}{4} = 30 \text{ V}$$

\Downarrow

$$U_c(t) = U_c(\infty) - [U_c(\infty) - U_c(0^+)] e^{-\frac{\Delta t}{\tau_2}}$$

$$30 = 0 - [0 - 100.521] e^{-\frac{\Delta t}{0.066}}$$

$$30 = 100.521 e^{-\frac{\Delta t}{0.066}}$$

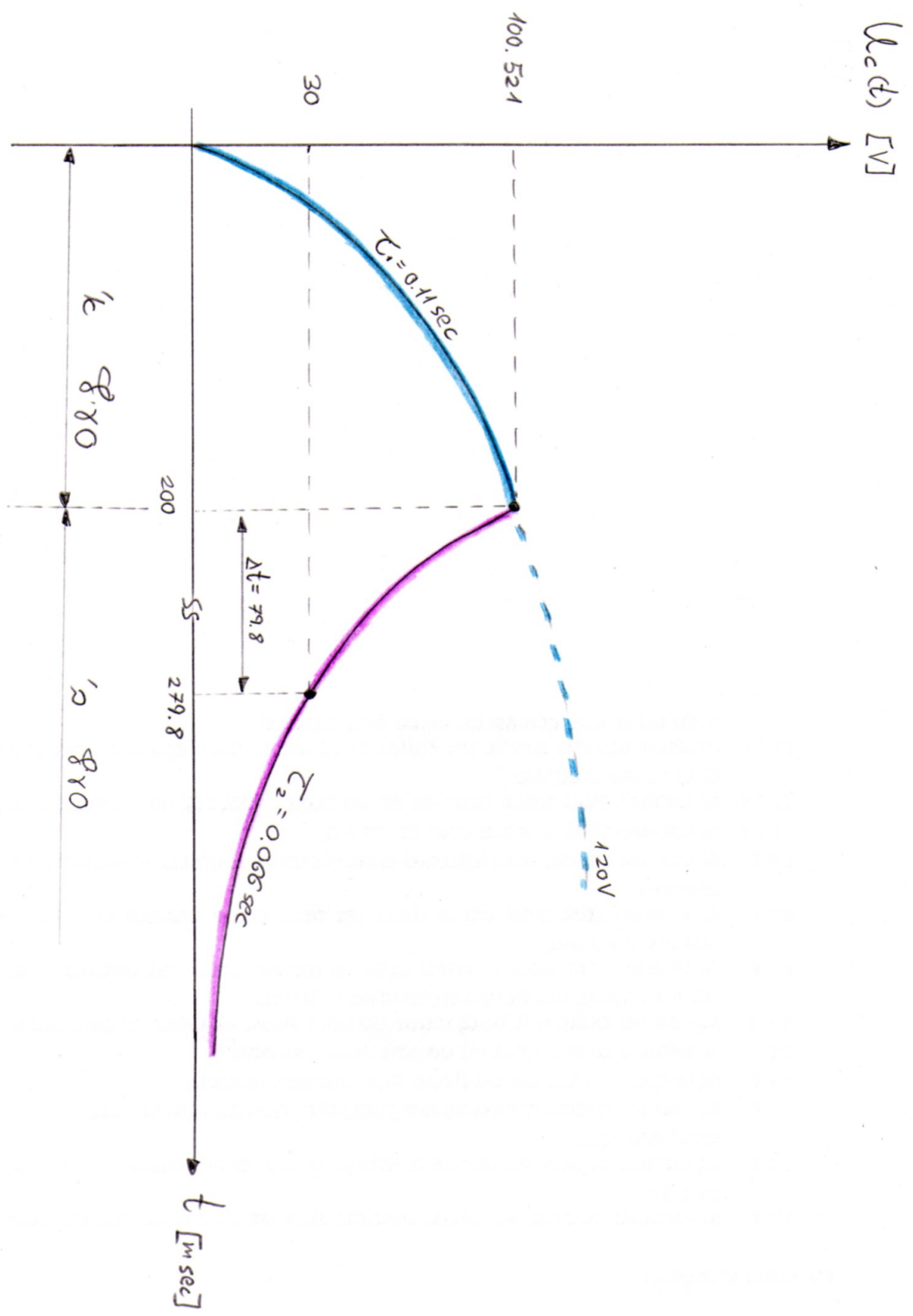
$$\frac{30}{100.521} = e^{-\frac{\Delta t}{0.066}} \quad / \ln()$$

$$\ln\left(\frac{30}{100.521}\right) = -\frac{\Delta t}{0.066} \ln e \rightarrow = 1$$

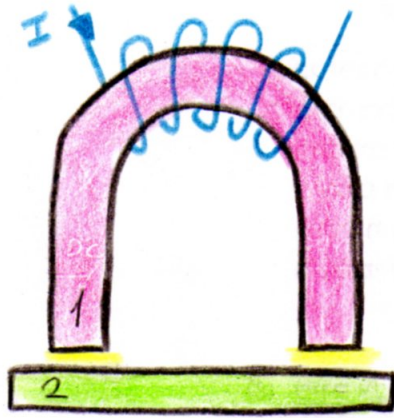
$$\pm 1.209 = \pm \frac{\Delta t}{0.066}$$

$$\Delta t = 0.0798 \text{ sec} = 79.8 \text{ m sec}$$

\Downarrow



4



במצב המגנטי קיימים 4 מאגנטיים:

R_{m1} - מאגן הפרסה

R_{m2} - מאגן הזווין

R_{m3} - מאגן של חריץ האוויר סביב

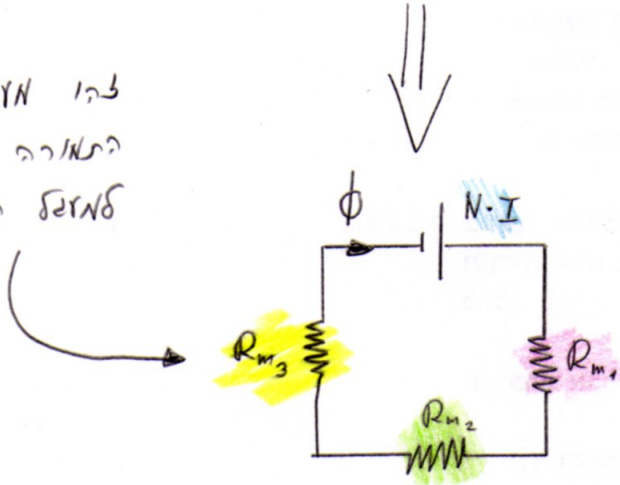
הפרסה עצוין, ומכיוון שהם

שווים, נאדם זה הוא מצד

לוחי, איתנו איתרם

פגות החיבור למאגן אחר.

זהו מצב המאגן "החלופי" למצב המגנטי ה"ש"



לפני שנתבאר את המודל

הקו, יתק שנתבאר את

המאגן, נשק אם שקבולו

זהו הקו של "זקוק"

המגנטי החומר את המודל

השדה המגנטי B בעוצמת השדה H. יש לעבור e-B נתון י"י הקשר

ה"שדה" הבא:

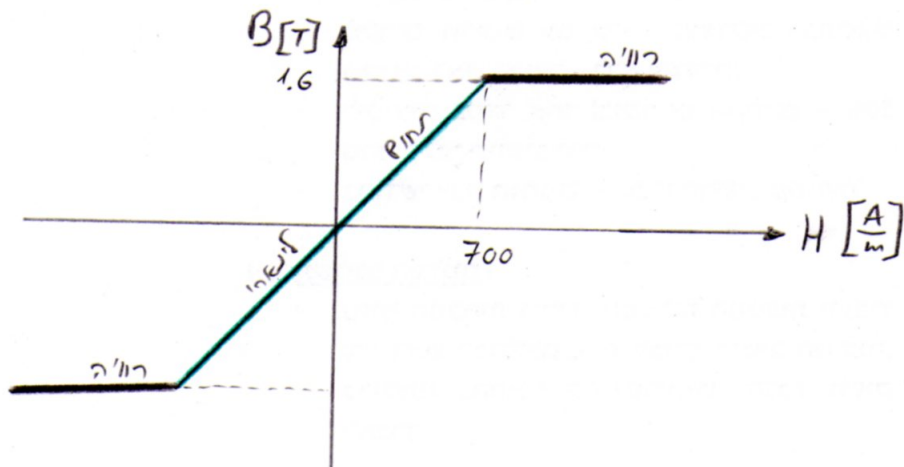
$$B = \mu \cdot H$$

$$\mu = \mu_r \cdot \mu_0$$

באר:

כיצד לנו μ הוא תאוצה קבוע עבור כל מצב, ולכן יקבע קשר

ע"שדה בין H ל-B, קשר שניתן לראות אותו בע"שדה הבא:



$$I = \frac{\phi \cdot R_{mT}}{N} = \frac{240 \cdot 10^6 R_{mT}}{400}$$

$$I = 600 \cdot 10^{-9} R_{mT}$$

כדי שיהיה הזרם הזה 0.951 אמפרים

ענף	אורך	התבוננות
$l_1 = 0.15 \text{ m}$ $A_1 = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ $\mu_{r1} = 1818.913$ $R_{m1} = \frac{1}{\mu_0 \mu_{r1}} \cdot \frac{l_1}{A_1} =$ $= 437.5 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{H}}$	$l_2 = 0.03 \text{ m}$ $A_2 = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ $\mu_{r2} = 1818.913$ $R_{m2} = \frac{1}{\mu_0 \mu_{r2}} \cdot \frac{l_2}{A_2} =$ $= 87.5 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{H}}$	$l_3 = 2 \cdot l_g = 2 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3} = 0.2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ $A_3 = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ $\mu_{r3} = 1$ $R_{m3} = \frac{1}{\mu_0 \mu_{r3}} \cdot \frac{l_3}{A_3} =$ $= 1061.033 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{H}}$

$$R_{mT} = R_{m1} + R_{m2} + R_{m3} = 437.5 + 87.5 + 1061.033 =$$

$$= 1586.033 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{H}}$$

$$I = 600 \cdot 10^{-9} \cdot 1586.033 \cdot 10^3 = 0.951 \text{ A}$$

ד) ניתן לחשב את ההסאות L באמצעות הנוסחה הבאה:

$$L = \frac{N \cdot \Phi}{I} = \frac{N \cdot B \cdot A}{I} = \frac{N \cdot A \cdot B}{I} = \underbrace{N \cdot A} \cdot \underbrace{\frac{B}{I}}$$

שלו נכפלים קבוצים שליליים באינדיקס בי"פ, ולכן הם אינם משתנים

נכפילים משתנים שליליים: את I הזרם את I הזרם, ולכן הם קבוצים שליליים

$L \rightarrow$ עוצמת השדה H שתנה בהתאם (יחס ישיר) \Rightarrow השדה המגנטי B בהתאם (יחס ישיר)

הקשר בין I , H ו- B נכון רק עבור החומר הליניארי, אך בחומר הרוויה קבוע מן ה"נק" בסדרת הקשרים, ולכן שנינו את הזרם I , עוצמת השדה H ו- B מתקשרים.



הסאות בחומר הליניארי	הסאות בחומר רוויה
----------------------	-------------------

$$L_1 = NA \cdot \frac{B_1}{I_1} = NA \cdot B_1 \cdot \frac{1}{I_1}$$

$$L_2 = NA \frac{B_1}{I_2} = NA \cdot B_1 \cdot \frac{1}{I_2}$$

$I_1 < I_2$ ← כי ההסבה ארבע



$L_1 > L_2$

5

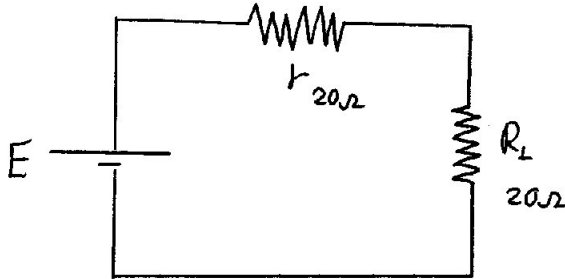
ⓐ $P_{R_L} (\text{max}) = 33.8 \text{ W}$

$R_L = 20 \Omega$

לפי שאלה
 קצת מיותר מלהסביר
 מהו הסדר של R_L -
 הסדר



יש להניח שהתנגדות הפנימית היא $r = 20 \Omega$



$R_L = r = 20 \Omega //$

$P_{R_L \text{ max}} = \frac{U_{R_L}^2}{R_L}$

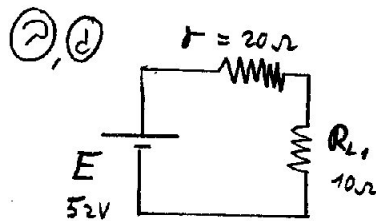
$33.8 = \frac{U_{R_L}^2}{20}$

$U_{R_L} = \sqrt{20 \cdot 33.8}$

$U_{R_L} = 26$

$\frac{E}{2} = 26$

$E = 52 \text{ V} //$



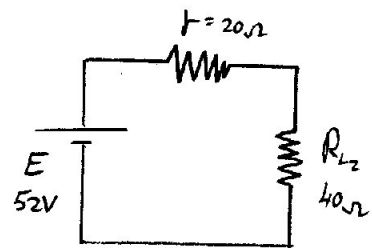
$I_1 = \frac{E}{r + R_{L1}} = \frac{52}{30} = 1.733 \text{ A} //$

$U_{R_{L1}} = I_1 \cdot R_{L1} = 1.733 \cdot 30 = 34.666 \text{ V}$

$P_{R_{L1}} = 30 \text{ W}$



$(34.666 \text{ V}, 1.733 \text{ A})$



$I_2 = \frac{E}{r + R_{L2}} = \frac{52}{50} = 1.04 \text{ A}$

$U_{R_{L2}} = I_2 \cdot R_{L2} = 1.04 \cdot 40 = 41.6 \text{ V}$

$P_{R_{L2}} = 30 \text{ W}$



$(41.6 \text{ V}, 1.04 \text{ A})$



$$\begin{aligned}
 \textcircled{3} \quad \eta_1 &= \frac{P_{R_{L1}}}{P_E} \cdot 100\% = \\
 &= \frac{P_{R_T}}{P_{R_T}} \cdot 100\% = \\
 &= \frac{I_1^2 R_{L1}}{I_1^2 (r + R_{L1})} \cdot 100\% = \\
 &= \frac{10}{30} \cdot 100\% = \\
 &= 33.33\%
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \eta_2 &= \frac{P_{R_{L2}}}{P_E} \cdot 100\% = \\
 &= \frac{P_{R_T}}{P_{R_T}} \cdot 100\% = \\
 &= \frac{I_2^2 R_{L2}}{I_2^2 (r + R_{L2})} \cdot 100\% = \\
 &= \frac{40}{60} \cdot 100\% = \\
 &= 66.66\%
 \end{aligned}$$



$$\eta_1 < \eta_2$$

-15.3) P. 827N UR 's, $R_{L2} = 40\Omega$ -ne 8300e jani
 -7202 L16 7/2Y 22022 2222d

ⓔ קבלי C_1 ו- C_2 מחוברים זה לזה בקצה, ולכן נוסף
 ארבעה גומחות אחת אחת קבלי:

6

$$U_{C_1} = 90V$$

$$U \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2} = 90$$

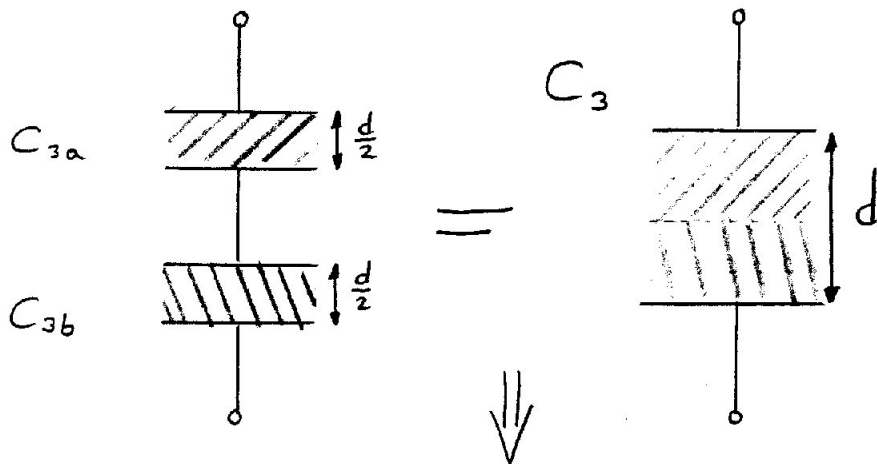
$$U \cdot \frac{3 \cdot 10^{-12}}{3 \cdot 10^{-12} + 5 \cdot 10^{-12}} = 90$$

$$U \cdot \frac{3}{8} = 90$$

$$U = \frac{90 \cdot 8}{3}$$

$$U = 240V_{,,}$$

ⓖ ניתן להסתכל על C_3 כשני קבלי מחוברים בקצה, באור, PR אותו גודל חתך (A) ואותו עובי ($d/2$). כל כן נשתמש
 באותה אחת אחת קבלי בני שנייה:





$$C_3 = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$$C_{3a} = \epsilon_{ra} \epsilon_0 \frac{A}{d/2} = \epsilon_{ra} \epsilon_0 \frac{2A}{d} = 2 \epsilon_0 \frac{2A}{d} = \frac{4 \epsilon_0 A}{d}$$

$$C_{3b} = \epsilon_{rb} \epsilon_0 \frac{A}{d/2} = \epsilon_{rb} \epsilon_0 \frac{2A}{d} = 3 \epsilon_0 \frac{2A}{d} = \frac{6 \epsilon_0 A}{d}$$



$$U_{C_{3a}} = U \frac{C_{3b}}{C_{3a} + C_{3b}} = 240 \frac{\frac{6 \epsilon_0 A}{d}}{\frac{6 \epsilon_0 A}{d} + \frac{4 \epsilon_0 A}{d}} =$$
$$= 240 \frac{6}{6+4} = 144 \text{ V}_{//}$$

$$U_{C_{3b}} = U - U_{C_{3a}} = 240 - 144 = 96 \text{ V}_{//}$$

$$\textcircled{d} C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + C_3 = \frac{5 \cdot 3}{5 + 3} + 2.4 =$$
$$= 1.875 + 2.4 = 4.275 \text{ pF}_{//}$$



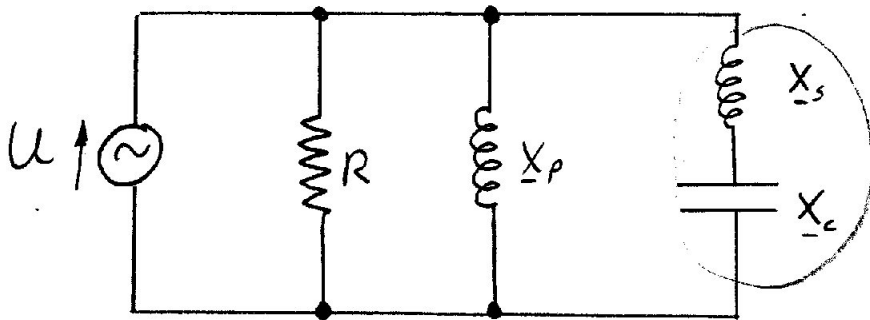
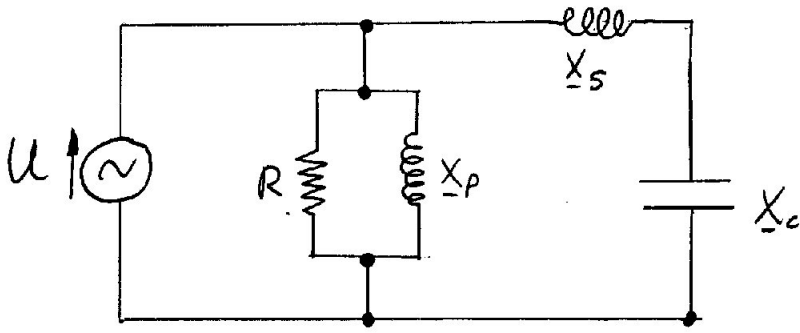
$$W_{C_T} = \frac{C_T \cdot U^2}{2} = \frac{4.275 \cdot 10^{-12} \cdot 240^2}{2} = 123.12 \text{ nJ}_{//}$$

7

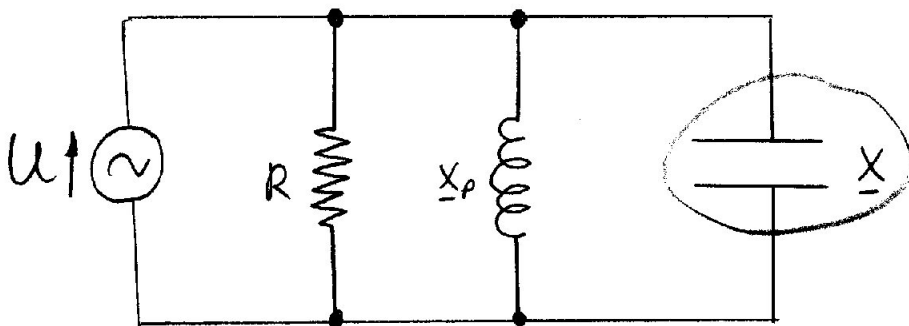
$$\textcircled{b} \underline{Z}_1 = R_s + \underline{X}_s + \underline{X}_c = R_s + \underline{X}_s - j \frac{1}{2\pi f C} =$$

$$= 2 + j5 - j \frac{1}{100\pi C} = 2 + j \left(5 - \frac{1}{100\pi C} \right)$$

ב) עם כי בהתאמה נעשה מן ההתאמות R_s וקדם:



אם אנו הוציאים מהמונח יבנם את הרכיב מקבילי, צריכים לבנות ע- X_c יהיה
 לבנות יותר מ- X_s , כך שהיא "יבשה" אולם, וקדם שצנברת הוצג הימני
 תהיה כמו של קדם:



במצב תהווה X שווה בצורה $\delta - X_p$, אך כיוון מנוצב
 בפיון:

$$X = -j \overbrace{300}^{X_p}$$

$$X_s + X_c = -j 300$$

$$j5 - j \frac{1}{100\pi C} = -j 300$$

$$5 - \frac{1}{100\pi C} = -300$$

$$+ \frac{1}{100\pi C} = +305$$

$$C = \frac{1}{100\pi \cdot 305} = 10.436 \mu F //$$

:IP עבודת הסיני נובל, Z_1 - δ '1/2 נכנסת ל'8'02 (d)

$$\begin{aligned} Z_1 &= 2 + j \left(5 - \frac{1}{100\pi C} \right) = 2 + j \left(5 - \frac{1}{100\pi \cdot 10.436 \cdot 10^{-6}} \right) = \\ &= (2 - j300) \Omega \end{aligned}$$

$$\underline{I}_{Z_1} = \frac{U}{Z_1} = \frac{230 \angle 0}{2 - j300} = 0.766 \angle 89.618^\circ A //$$

$$\underline{I}_{X_p} = \frac{U}{X_p} = \frac{230 \angle 0}{j300} = -j0.766 A = 0.766 \angle -90^\circ A$$

$$\underline{I}_{R_p} = \frac{U}{R} = \frac{230 \angle 0}{100} = 2.3 \angle 0^\circ A$$

⇓

$$\underline{I}_T = \underline{I}_{Z_1} + \underline{I}_{X_p} + \underline{I}_{R_p} \approx 2.305 \angle 0^\circ A //$$

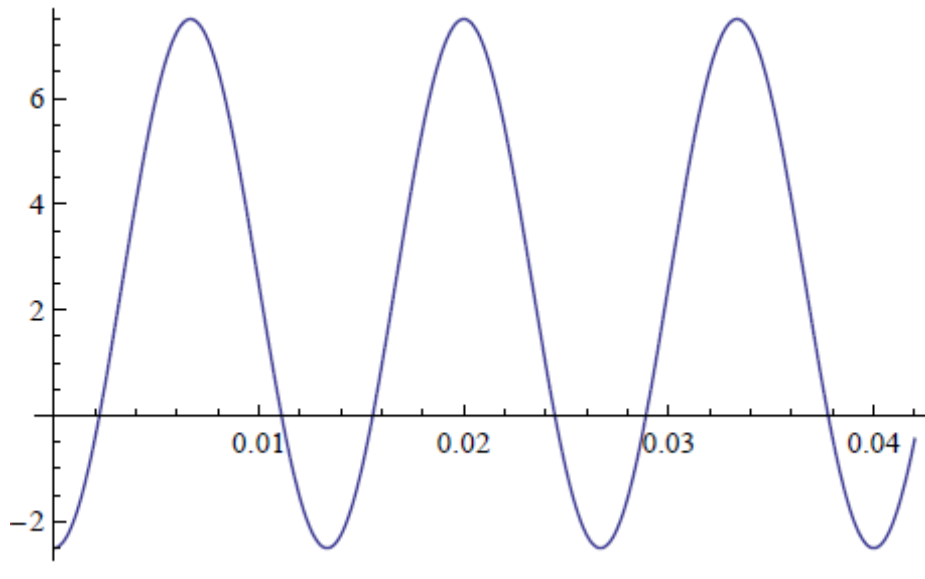
8

באיור מתואר "אות מורכב", כלומר אות מתח חשמלי שמורכב ממתח ישר וגל סינוס:

$$U(t) = U_{DC} + U_{\max} \sin(\omega t - \Phi)$$

כמו כן מופיע באיור אות ייחוס, שיחסית אליו מודדים את Φ (זווית המופע של גל הסינוס). כמובן שגם אות הייחוס וגל הסינוס בעלי אותו תדר, אחרת אין משמעות לחישוב זווית המופע.

נשרטט את האות המורכב, ללא אות הייחוס ונתבונן עליו, כך שיקל עלינו לרכז נתונים:



- רואים שציר הסימטריה של האות עובר ב-2.5 וולט, כלומר רמת ה-DC שווה ל-2.5 V

דרך נוספת לחישוב:

$$U_{DC} = \frac{7.5 + (-2.5)}{2} = 2.5V$$

- כעת נרכז נתונים לגבי אות הסינוס:

את האמפליטודה מקבלים בעזרת: $U_{\max} = 7.5 - U_{DC} = U_{DC} - (-2.5) = 5V$

ניתן לראות שעד $40\mu\text{sec}$ אות הסינוס עורך 3 מחזורים, ולכן:

$$3T = 40\mu\text{sec}$$

$$T = 13.333\mu\text{sec} \Rightarrow f = \frac{1}{T} = 75\text{KHz}$$

נמצא את זווית המופע: ניתן לראות שכאשר אות הייחוס מתחיל, אות הסינוס נמצא

בשיא השלילי שלו, כלומר $\Phi = -90^\circ$.

הערה: בביטוי שמופיע בשאלה מצוין " $-\Phi$ ", כלומר זווית המופע צריכה להיות 90 מעלות, אך ברור מן השרטוט שהתשובה כפי שרשמנו.

כעת נקרא את השאלה:

a) $T = ?$, $f = ?$

b) $U_{DC} = ?$, $U_{\max} = ?$

c) $U_{RMS} = ?$

d) $\Phi = ?$

ולהלן התשובות:

א. $T = 13.333 \mu\text{sec} \Rightarrow f = \frac{1}{T} = 75 \text{KHz}$

ב. $U_{\max} = 5V$, $U_{DC} = 2.5V$

ג. ניתן לפתור את סעיף זה בשתי דרכים: נוסחאות מוכנות ואינטגרלים.

ראשית באמצעות נוסחה מוכנה:

$$\begin{aligned} U_{RMS} &= \sqrt{U_{DC_{RMS}}^2 + U_{AC_{RMS}}^2} = \\ &= \sqrt{2.5^2 + \left(\frac{5}{\sqrt{2}}\right)^2} = 4.333V \end{aligned}$$

כעת באמצעות אינטגרל:

$$\begin{aligned} U_{RMS} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [U(t)]^2 dt} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{13.333 \cdot 10^{-6}} \int_0^{13.333 \cdot 10^{-6}} [2.5 + 5 \sin(2\pi \cdot 75 \cdot 10^3 - 90^\circ)]^2 dt} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{13.333 \cdot 10^{-6}} \int_0^{13.333 \cdot 10^{-6}} [2.5 + 5 \sin(2\pi \cdot 75 \cdot 10^3 - \frac{\pi}{2})]^2 dt} = \\ &= 4.333V \end{aligned}$$

שים לב שהפכנו את זווית המופע מזווית במעלות לזווית ברדיאנים!!!

ד. $\Phi = -90^\circ$

$$\textcircled{9} \quad \begin{pmatrix} \underline{Z}_{11} & -\underline{Z}_{12} \\ -\underline{Z}_{21} & \underline{Z}_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \underline{I}'_1 \\ \underline{I}'_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \underline{E}'_1 \\ \underline{E}'_2 \end{pmatrix}$$

זוהי הצורה המאגריציאלית של משוואת לורנץ הווג'ס, וכתובן שניתן לפרש את מחרתינו זו כמפתח המאגריצי של בוקלור I, ואז נקרא:

$$\begin{cases} \underline{Z}_{11} \underline{I}'_1 - \underline{Z}_{12} \underline{I}'_2 = \underline{E}'_1 \\ -\underline{Z}_{21} \underline{I}'_1 + \underline{Z}_{22} \underline{I}'_2 = \underline{E}'_2 \end{cases}$$

$$\underline{Z}_{11} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_3 + \underline{Z}_3 = 30/25 + 2(5+j0) = (37.189 + j12.678) \Omega$$

$$\underline{Z}_{22} = \underline{Z}_2 + \underline{Z}_3 + \underline{Z}_3 = 40/35 + 2(5+j0) = (42.766 + j22.943) \Omega$$

$$\underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{21} = \underline{Z}_3 = 5 + j0 = 5 \Omega$$

$$\begin{cases} E'_1 = +U_1 = 120 \angle 0^\circ \text{ V} \\ E'_2 = +U_2 = 120 \angle 0^\circ \text{ V} \end{cases} \xrightarrow{\text{פר}} \begin{matrix} \text{בחרנו את כיוון} \\ \text{הזרמים הוורואזיים} \\ \text{כיוון השזון} \end{matrix}$$

$$\begin{bmatrix} (37.189 + j12.678) & -5 \\ -5 & (42.766 + j22.943) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{I}'_1 \\ \underline{I}'_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 120 \\ 120 \end{bmatrix}$$

ב) ניתן לבטל את סעיפים אלו במצורת מחרתינו המשוואת שמצאנו בסעיף א', או במצורת אפס אפס.

כאשר נפתור את המשוואה, נקבל את התוצאה: Δ

לפי החוק של קרול
 $\Delta =$

$$\Delta = \begin{vmatrix} (37.189 + j12.678) & -5 \\ -5 & (42.766 + j22.943) \end{vmatrix} =$$

$$= (37.189 + j12.678)(42.766 + j22.943) - (-5)(-5) =$$

$$= 1274.55 + j1395.41$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 120 & -5 \\ 120 & 42.766 + j22.943 \end{vmatrix} =$$

$$= 120(42.766 + j22.943) - (-5) \cdot 120 =$$

$$= 5731.92 + j2753.16$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 37.189 + j12.678 & 120 \\ -5 & 120 \end{vmatrix} =$$

$$= (37.189 + j12.678) \cdot 120 - 120(-5) =$$

$$= 5062.68 + j1521.36$$

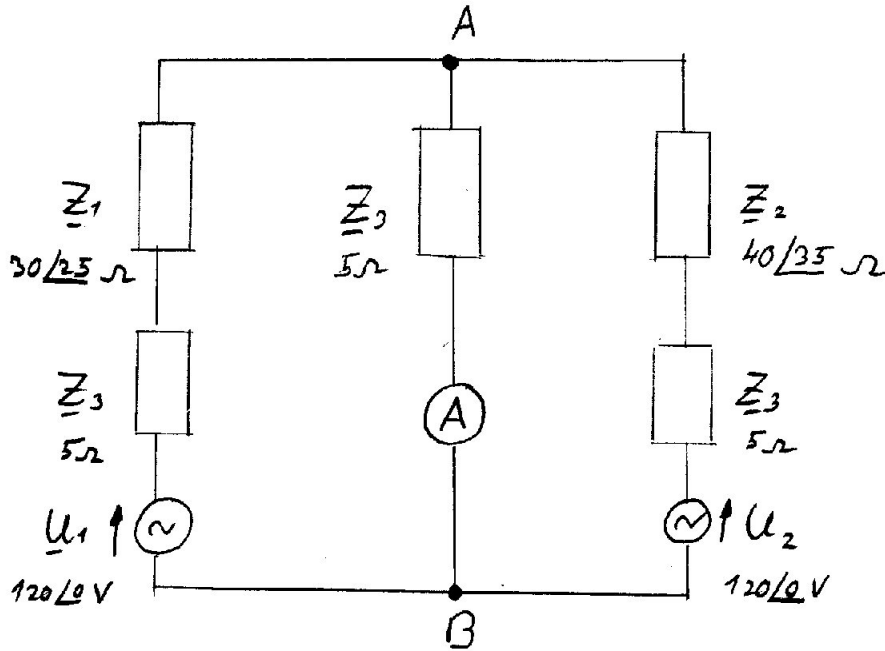
$$\underline{I}_1 = \underline{I}_{z_1} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{5731.92 + j2753.16}{1274.55 + j1395.41} = 3.364 \angle -21.93^\circ \text{ A} //$$

$$\underline{I}_2 = \underline{I}_{z_2} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{5062.68 + j1521.36}{1274.55 + j1395.41} = 2.797 \angle -30.06^\circ \text{ A} //$$

$$\underline{I}_{\text{הפרש}} = \underline{I}_1 - \underline{I}_2 = 3.364 \angle -21.93^\circ - (2.797 \angle -30.06^\circ) = 0.741 \angle 13^\circ \text{ A} //$$

כמוקדם שמוזכר הנה יראה רק את מזכר הזרם, עלה הזרם.

כזו נבחר את הסדרים ב' ו-ג' באמצעות שלל אימון, ויתרונות החוכמה של שלל זה הוא בעלות החישובים ובסחור "עבודה" שחורה", כך שהסכום עליות בזרם קלן יותר, ולכן יתרון שלם:



יש בן קטן שני
במקום, ולכן אחר
החיסום בלבד
מאמין שהם בזרם
מקרה פרטי של
שלל "מחיר" במחיר

לפי חוק קירכהוף

$$\left(\bar{Y}_{11} \cdot \underline{U}_{AB} = \underline{I}_{sc1} \right)$$

$$\underline{U}_{AB} = \frac{\frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_3} - \frac{\underline{U}_2}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3}}{\frac{1}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_3} + \frac{1}{\underline{Z}_3} + \frac{1}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3}} = \frac{\frac{120 \angle 0}{30 \angle 25 + 5} - \frac{120 \angle 0}{40 \angle 35 + 5}}{\frac{1}{30 \angle 25 + 5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{40 \angle 35 + 5}} = \frac{0.917 \angle 2.7}{0.247 \angle -5.18} = 3.708 \angle 13.89^\circ \text{ V}$$





$$\underline{I}_{Z_1} = \frac{\underline{U}_1 - \underline{U}_{AB}}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_3} = \frac{120 \angle 0^\circ - 3.708 \angle 13.89^\circ}{30 \angle 25^\circ + 5} = 3.364 \angle -21.935^\circ \text{ A}$$

$$\underline{I}_{Z_2} = \frac{\underline{U}_{AB} - \underline{U}_2}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3} = \frac{3.708 \angle 13.89^\circ - (-(120 \angle 0^\circ))}{40 \angle 35^\circ + 5} = 2.797 \angle -30.86^\circ \text{ A}$$

$$\underline{I}_{\text{אמפראלר}} = \frac{\underline{U}_{AB}}{\underline{Z}_3} = \frac{3.708 \angle 13.89^\circ}{5} = 0.741 \angle 13.89^\circ \text{ A}$$

כאובן שקבלנו בפיוק את ארון מוצאת.

כל אחד יפנה בצדק הנחה לו, הצ'קה לא
עלצות בצדק פר החישובים במחשבון!