

פתרון מבחן מה"ט

תורת

החשמל

קיץ 2012

פתר: אבי יומטוביאן

©

כל הזכויות שמורות

① א) את המחר ואחר הזרם נרבו על אולד ONLY, אולי התברר/נס  
 מנייה ח"ב אחר זהה זכור שני האותיות!  
 [ א) תנאי זה על מתק"פ, אין משמור אחרים הפרש המופז בניה פ  
 (810 ב) ]

$$\frac{T}{2} = 20 \mu\text{sec}$$

$$T = 40 \mu\text{sec} \Rightarrow f = 25 \text{kHz}$$

② זרם אחרים משהו מתק"פ:  $\Delta t = 4 \mu\text{sec}$

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{|\phi|}{360^\circ}$$

$$\frac{4}{40} = \frac{|\phi|}{360^\circ} \Rightarrow |\phi| = 36^\circ$$

ומכיון שהמחר מתק"פ את הזרם  $\Leftarrow$  ONLY בול אולי הפרש'  $\Rightarrow \phi = +36^\circ$

③ משהו שני אחרים:  $U_{\text{max}} = 6 \text{V}$   $I_{\text{max}} = 2.5 \text{A}$

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{U_{\text{max}}/\sqrt{2}}{I_{\text{max}}/\sqrt{2}} = \frac{U_{\text{max}}}{I_{\text{max}}} = \frac{6}{2.5} = 2.4 \Omega$$

$$Z = 2.4 \angle 36^\circ \Omega = \left( \frac{1.941}{R} + j \frac{1.41}{X_L} \right) \Omega$$

$\Downarrow$



$$X_L = 2\pi fL$$

$$1.41 = 2\pi \cdot 25 \cdot 10^3 L$$

$$L = 8.976 \mu\text{H}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} P_{R_{\max}} &= i_{\omega_{\max}}^2 \cdot R = \\ &= I_{\max}^2 \cdot R = \\ &= 2.5^2 \cdot 1.941 = \\ &= 12.131 \text{ W} \end{aligned}$$

ב) בעזרת אן יזמש חישובי החתומה אסולמה, יזרוק זרם בנא בן ארצור החזבתי, שיהי קבול מרזם אורי, זלמן:

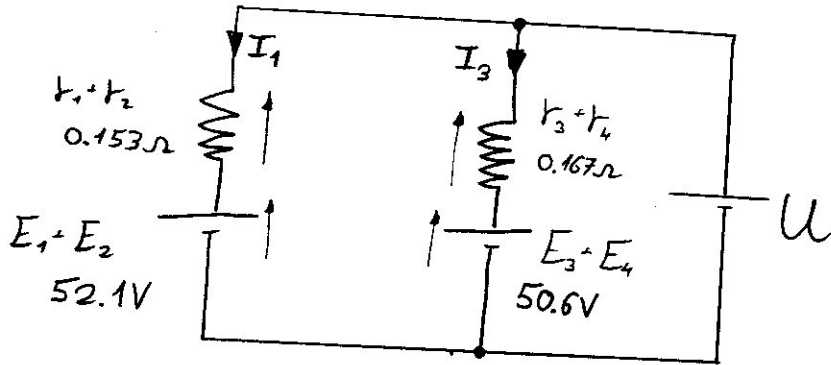
2

$$I = \frac{(E_1 + E_2) - (E_3 + E_4)}{r_1 + r_2 + r_3 + r_4} = \frac{(26.3 + 25.8) - (25.2 + 25.4)}{(73 + 80 + 85 + 82) \cdot 10^{-3}} = \frac{1.5}{320 \cdot 10^{-3}} = 4.687 A$$

הספק אבוב התגיה נתון יי חישב ההספק של כל התגים:

$$P_r = I^2 \cdot (r_1 + r_2 + r_3 + r_4) = 4.687^2 \cdot 320 \cdot 10^{-3} = 7.031 W$$

ב) בכבי שט החזבים יהיו במצב אצורה, הזרם של כל זרם זריק אהכנס עט, זלמן, זלמן:

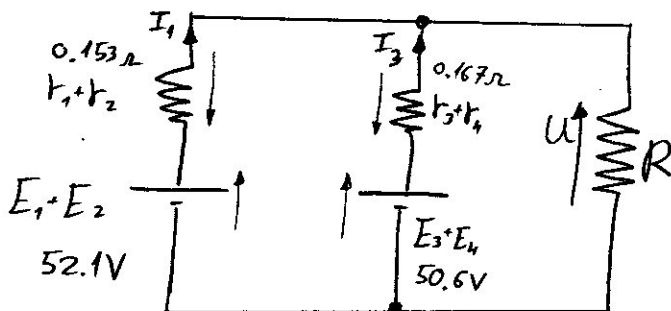


בכבי שהזרמים יכנסו אצורה, יש לזרם U-יהיה יותר זכום מהפא"ה הכי זכום במרזם, כשומרה:

$$U > E_1 + E_2$$

$$U > 52.1 V$$

ב) בכבי שט החזבים יהיו במצב סיקה, הזרם של כל זרם זריק אהכנס עט, זלמן, זלמן:



נבא את  $U$  (המתח של הנגד) במצב יציב:

$$U = \frac{\frac{E_1 + E_2}{r_1 + r_2} + \frac{E_3 + E_4}{r_3 + r_4}}{\frac{1}{r_1 + r_2} + \frac{1}{r_3 + r_4} + \frac{1}{R}} = \frac{\frac{52.1}{0.153} + \frac{50.6}{0.167}}{\frac{1}{0.153} + \frac{1}{0.167} + \frac{1}{R}}$$

$$= \frac{643.517}{12.524 + \frac{1}{R}}$$

הכבי של הנגד יעביר זרם של  $U$  יהיה  $I$  כלפי מרכז הנגד, כלומר:

$$U < E_3 + E_4$$

$$\frac{643.517}{12.524 + \frac{1}{R}} < 50.6$$

$$643.517 < 50.6 \left( 12.524 + \frac{1}{R} \right)$$

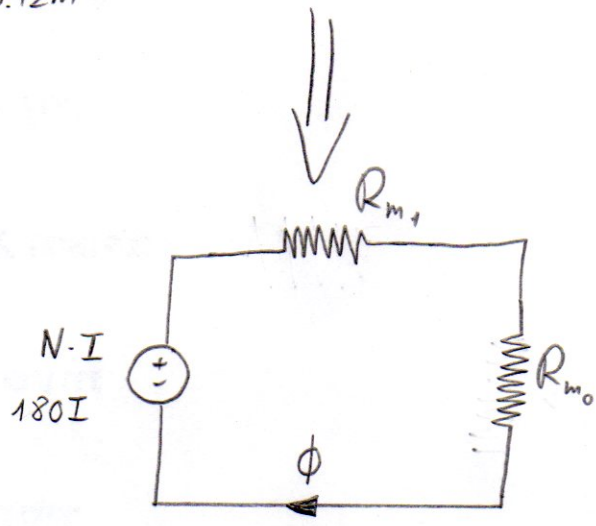
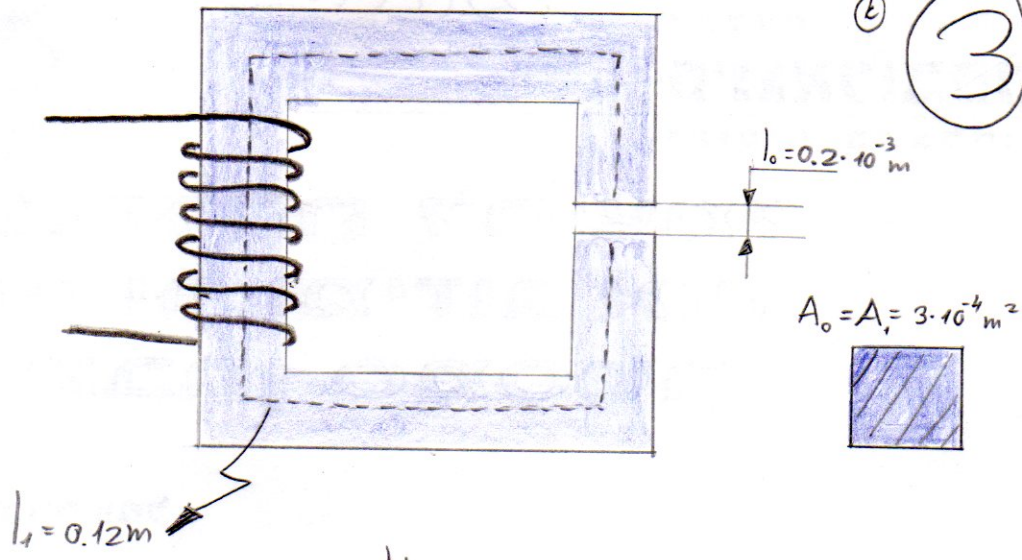
$$643.517 < 633.714 + \frac{50.6}{R}$$

$$9.802 < \frac{50.6}{R}$$

$$R < \frac{50.6}{9.802}$$

$$R < 5.162 \Omega$$

② (3)



②  $L = \frac{N^2}{R_{mT}}$

$$27.6 \cdot 10^{-3} = \frac{180^2}{R_{mT}}$$

$$R_{mT} = 11.739 \cdot 10^5 \frac{1}{H}$$

⇓

$$\phi = \frac{N \cdot I}{R_{mT}} = \frac{180 \cdot 3}{11.739 \cdot 10^5} = 460 \mu \text{ Wb}$$

⇓

$$B_{WP} = \frac{\phi}{A} = \frac{460 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^{-4}} = 1.533 \text{ T}$$

מחשבונית בתי המון, נראה שיש טעות, הן

$$H_{WP} \approx 2500 \frac{A}{m}$$

⇓

ב B קבוע:



Ⓒ

$$B_{wp} = \mu \cdot H_{wp}$$

$$1.533 = \mu_0 \mu_r \cdot 2500$$

$$\mu_r = \frac{1.533}{2500 \mu_0} \approx 488$$

Ⓓ מהתנ"ך ניתן לראות שקוצר הזווית מביא בתחום הלינארי שלן, ולכן התוחה הפיזיקלי לא היה בתווך המגנטי.

④ הרכיב שמתקן הוא קבוע, ולכן למחרת נראה מ'צ' מוכן  
 ישנה תנאים מאוים קבוע  $X_c$  גדול מאד, ולכן המחרת  $R$   
 יהיה אפס, ומא'צ'ק בתנאים קבועים  $X_c$  הוא נמוך מאד, המחרת  
 $R$   $\gg$   $X_c$  המחרת המקור

הסבר נוסף:

$$U_R(f) = U_s \cdot \frac{R}{R + X(f)}$$

$\Downarrow$

•  $\lim_{f \rightarrow \infty} U_R(f) = U_s \Rightarrow \frac{R}{R + X(f)} = 1 \Rightarrow X(f) \rightarrow 0$

•  $\lim_{f \rightarrow 0} U_R(f) = 0 \Rightarrow \frac{R}{R + X(f)} = 0 \Rightarrow X(f) \rightarrow \infty$

כאשר  $X_c$  בעל התנאי גבוה,  $X$  הוא זרם נמוך, ואם התנאי נמוך,  $X$  הוא זרם גבוה  $\Leftarrow$  קבועים יחס הפוך בין תנאי הגובה

$\Downarrow$

$$X(f) = X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

[ ח'צ' ה'צ'ן י'מ'ד'ם ע'ת'ל'ן א'מ'ר מ'ס'ן א'ו'ר א'מ'ר ת'נ'י'ם ג'בו'ה'י'ם, HPF ]

②  $U_R = 5V$   
 $R = 1k\Omega \Rightarrow I = \frac{U_R}{R} = 5mA$

!!  
 $U_c = \sqrt{U_s^2 - U_R^2} = \sqrt{10^2 - 5^2} = 8.66V$

$X_c = \frac{U_c}{I} = \frac{8.66}{5 \cdot 10^{-3}} = 1.732k\Omega$

$C = \frac{1}{2\pi f X_c} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^3 \cdot 1.732 \cdot 10^3} = 91.888nF$





$$I_{sc2} = \frac{30V \leftarrow E_2}{4\Omega \rightarrow r_2}$$

:  $R_2 + R_1$  סדר נכנסים הם נכנסים סדר ③

$$G_{11} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{AB}} = 0.645 S$$

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{8} = 0.645$$

$$R_1 = 50\Omega //$$

$$G_{22} = \frac{1}{r_2} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{AB}} = 0.4 S$$

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{8} = 0.4$$

$$R_2 = 40\Omega //$$



: סדר נכנסים הם סדר נכנסים, הם סדר נכנסים הם סדר נכנסים

$$E_1 = 20V$$

$$E_2 = 30V$$

$$R_1 = 50\Omega$$

$$R_{AB} = 8\Omega$$

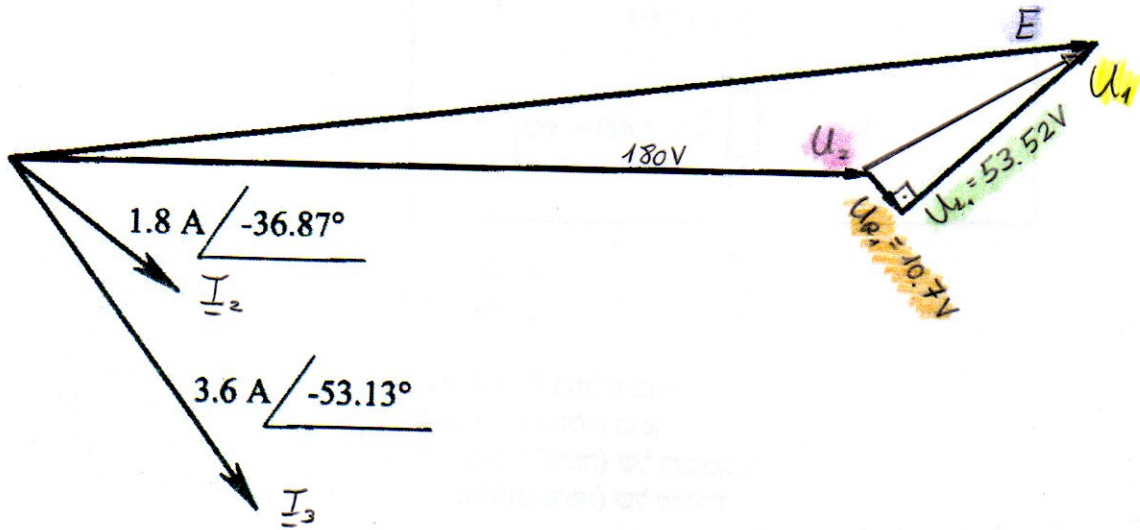
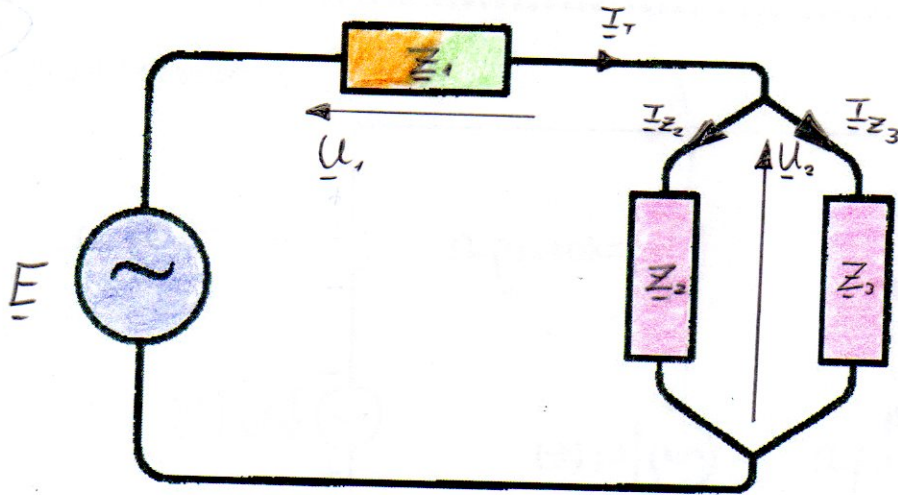
$$r_1 = 2\Omega$$

$$r_2 = 4\Omega$$

$$R_2 = 40\Omega$$

הגדרת נקודת זרם והכוח החצוי וכן את הפאזורים הריאליים:

6



הסבר:

1) ניתוח המערכת מראה את חוק KVL במצב ("לול"י), ומכאן הפאזורים הריאליים ביותר הוא E.

2) את פאזורים המערכת מראה "הכוח הצב"י, כך שניתן לראות את הפאזורים, ובאמצעות זוויות המרחקים כפי שניתן לראות את המרחקים במצבם.

3) היותה המופקת כלים הם הן הוקחות של  $U_1$  ו- $U_2$ , שיהיה הוקחות נכון את המערכת הכוללת של  $Z_1$ , כמראה את  $U_1$ .

4)  $U_2$  הוא המערכת של  $Z_2$  ו- $Z_3$ , וניתן להבין את הנתון של  $I_2$  ו- $I_3$  משהיה יחסית שליו, כמראה הנתונים הריאליים משהיה יחסית המערכת במצבים בהם הם צורמים

נמצא את התנאים ה'צ'וי'פ' לנו ז'כ, ונראה מה ט'ק'ן ד'ס'מ'וב  
מ'ק'פ:

$$U_2 = 180 \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$\left. \begin{aligned} I_2 &= 1.8 \angle -36.87^\circ \text{ A} \\ I_3 &= 3.6 \angle -53.13^\circ \text{ A} \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_T = I_2 + I_3 = 5.351 \angle -47.72^\circ \text{ A}$$

$$\left. \begin{aligned} U_{R_1} &= 10.7 \text{ V} \\ U_{L_1} &= 53.52 \text{ V} \end{aligned} \right\} \Rightarrow U_1 = \sqrt{U_{R_1}^2 + U_{L_1}^2} = 54.58 \text{ V}$$

$$|\varphi_{z_1}| = \arctan \left| \frac{U_{L_1}}{U_{R_1}} \right| = 78.7^\circ$$

ט'ק'ן ד'ר'מ'ט'ר ש'א'פ' ה'ז'כ'ב'ה, ז'כ' ה'י'א א'פ' ט'י'א', ש'ה'י' ה'נ'ז'ב' ה'י'ו'ק' מ'א'ו'ק'  
א'נ'ז'ב' ה'נ'ט'ו'ס' ב'ז'ו'ר' ש'ל  $+90^\circ$  (ו'ל'א ב'  $-90^\circ$ ) א'פ' ה'י'א מ'ז'ו'ב'ר ב'ז'ו'ס'  
ק'י'ב'ו'ל'י, ו'ל'פ'ן ב'י'ו'ן ה'מ'ש'ל'ם ה'מ'ז'י'ב' א'ת ז'כ' ה'י'א כ'ל'פ'י מ'ש'ל'ה.



ז'כ'י' ה'נ'ע ט'ק'ן א'ק'ב'ו'ז ש'ה'נ'ז'ב' ה'נ'ט'ו'ס' ש'ע'ש' כ'ב'ס'י'ס ה'מ'ש'ל'ם ה'י'א  
מ'ת'ה ז'כ' ז'כ'  $(U_{R_1})$ , ו'י'פ'ן ה'נ'ז'ב' ה'י'ו'ק' ה'י'א מ'ת'ה ז'כ' ס'ל'י'ם  $(U_{L_1})$ .



$$\varphi_{z_1} = +78.7^\circ$$

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_T} = \frac{54.58}{5.351} = 10.2 \Omega$$

$$\underline{Z}_1 = 10.2 \angle 78.7^\circ \Omega = (2 + j10) \Omega$$



$$U_1 = I_T \cdot Z_1 = 5.351 \angle -47.72^\circ \cdot 10.2 \angle 78.7^\circ = 54.58 \angle 31^\circ \text{ V}$$

נתון  $Z_2$  ו-  $Z_3$  :

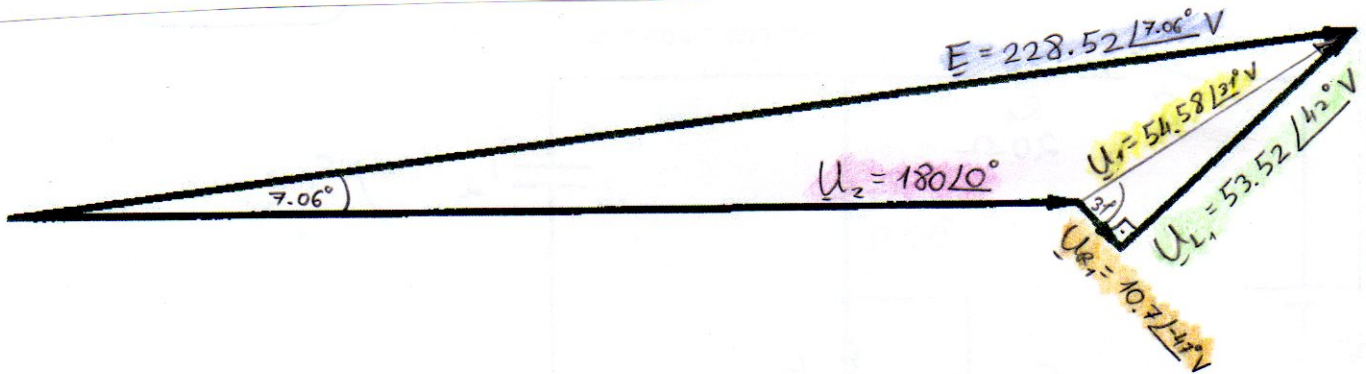
$$Z_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{180 \angle 0}{1.8 \angle -36.87} = (80 + j60) \Omega = 100 \angle 36.87^\circ \Omega$$

$$Z_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{180 \angle 0}{3.6 \angle -53.13} = (30 + j40) \Omega = 50 \angle 53.13^\circ \Omega$$

התחילת ההתחלה של  $E$  הוא :

$$E = U_1 + U_2 = 54.58 \angle 31^\circ + 180 \angle 0^\circ = 228.52 \angle 7.06^\circ V$$

נרצב את התנאים שמצאנו :



כעת נרצב את התנאים ונראה:

Ⓐ  $U_2 = 180 \angle 0^\circ V$  ,,

Ⓑ  $Z_1 = (2 + j10) \Omega = 10.2 \angle 78.7^\circ \Omega$  ,,

Ⓒ  $E = 228.52 \angle 7.06^\circ V$  ,,

הערה: כפי שניתן לראות, שמהלך חישוב התנאים, אין צורך להשתמש בכל  
 נרצבו בשלבים השונים, אך בשלבים אחרים התנאים האחרים שניתנו  
 יכולים להיות סיועיים בשלבים, כגון  $Z_2$ , כוונת האופס של המעגל,  
 מצאנו הספק על זנבה וכו'. וכן כחכ ויחכ 311...

התחלה, יש קבוצה אחת, אבל קצרה,  $U_c(0^-) = U_c(0^+) = 0V$ ,  $i_c(0^-) = i_c(0^+) = 0A$



בזמן הפתוח, המספר, הקבוצה אחת, אבל קצרה,  $i_c(0^+) = 0.5A$

$$i_c(0^+) = \frac{U_s}{R_1}$$

$$0.5 = \frac{28}{R_1} \Rightarrow R_1 = 56 \Omega$$



$$\tau = R_1 C_1 = 56 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 5.6 \text{ msec} \quad \text{d)}$$



$$U_c(\infty) = U_s = 28V$$

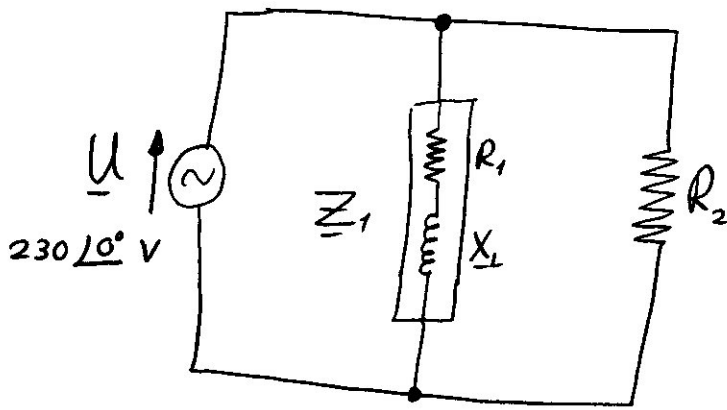
$$U_c(t=2) = 20V$$

$$U_c(t=2) = U_c(\infty) - [U_c(\infty) - U_c(0^+)] e^{-\frac{t}{\tau}}$$

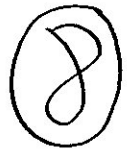
$$20 = 28 - [28 - 0] e^{-\frac{t}{5.6}}$$

$$t = 7.015 \text{ msec}$$

$$\text{e)} \quad i_c(t=7.017 \text{ msec}) = \frac{U_{R_1}}{R_1} = \frac{U_s - U_c}{R_1} = \frac{28 - 20}{56} = \frac{1}{7} A = 0.142 A$$



$$f = 50 \text{ Hz}$$



כשאתם נכנסים לרשת  
המתח היא 230V בקבוע  
ועל מנת לקבוע תאומה  
מציב בתווך:

$$P_1 = 1700 \text{ W} \quad \cos \varphi_1 = 0.85 \Rightarrow \varphi_1 = 31.78^\circ$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{S_1}$$

$$0.85 = \frac{1700}{S_1}$$

$$S_1 = 2000 \text{ VA}$$

$$S_1 = \frac{U^2}{Z_1}$$

$$2000 = \frac{230^2}{Z_1} \Rightarrow Z_1 = 26.45 \Omega$$

$$Z_1 = 26.45 \angle 31.78^\circ \Omega = \left( \underbrace{22.484}_{R_1} + j \underbrace{13.93}_{X_L} \right) \Omega$$

$$P_2 = 2500 \text{ W} \Rightarrow P_2 = \frac{U^2}{R_2} \Rightarrow R_2 = 21.16 \Omega$$

כזו שטו ו'צ'ר את זרמי ההתנגדות והה'ב'ה, ניתן לכתוב בקלות  
את 8'10 ע:

$$\textcircled{c} Z_T = Z_1 \parallel R_2 = \left( \frac{1}{26.45 \angle 31.78^\circ} + \frac{1}{21.16} \right)^{-1} = 12.216 \angle 14.07^\circ \Omega$$

$$\underline{I}_T = \frac{U}{Z_T} = \frac{230 \angle 0}{12.216 \angle 14.07} = 18.827 \angle -14.07^\circ \text{ A}$$

ב) בכדי שזרם המקור יהיה האינדיאלי ביותר, זרם המזרם להיות קודם  
 צרכה שקודה הגבוהה ביותר, וזכרה זו מתקבלת במצב תהובה.  
 קודם המזרם תהובה מתקבלת מזרם בתדר  $f_0 = 50\text{Hz}$ , שהניסחה זכור  
 היא:

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

בכדי למצוא את  $C$ , ראשית עלינו למצוא את גודל  $L$ :

$$X_L = 2\pi f_0 L$$

$$13.93 = 2\pi \cdot 50 L$$

$$L = 44.34 \text{ mH}$$

$$2\pi \cdot 50 = \left[ \frac{1}{44.34 \cdot 10^{-3} \text{ C}} - \frac{22.484^2}{(44.34 \cdot 10^{-3})^2} \right]^{0.5}$$

$$C = 63.381 \mu\text{F}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_0 C} = 50.221 \Omega \Rightarrow Q_C = \frac{U^2}{X_C} = 1053.33 \text{ VAR}$$

ניתן לבטל סדר גבוה "הבונה": לקבלת הזרם האינדיאלי ביותר, זרם המזרם  
 אהבנו אתהובה וסלואר

$$Q_T = 0 \text{ VAR}$$

$$Q_1 - Q_C = 0$$

$$1053.555 - Q_C = 0$$

$$Q_C = 1053.555 \text{ VAR}$$

⇓

$$X_C = \frac{U^2}{Q_C} = 50.221 \Omega \Rightarrow C = \frac{1}{\omega_0 X_C} = 63.381 \mu\text{F}$$



(ד) כאובן שהמזגם יכנס למהיבנה (מקבילים), למהי צוהי הנחה  
 היסוד שטנו אכל סיומה הביטחון אסויס ב', אק אמי שצנין  
 סקן, טמן ארט בקלות איר  $\underline{Z}_T$ :

$$\begin{aligned}
 \underline{Z}_T &= \underline{Z}_1 \parallel R_2 \parallel X_C = 26.45 \angle 21.78^\circ \parallel 21.16 \parallel (-j50.221) = \\
 &= (12.593 - j0.0017) \Omega \approx \\
 &\approx 12.593 \Omega
 \end{aligned}$$

כאומר, התפק הביטי שוה אסויס!



המזגם במהיבנה!