

פתרון מבחן מה"ט

תורת

החשמל

אביב 2012

פתר: אבי יומטוביאן

©

כל הזכויות שמורות

① $E = 28V$
 $U = 26V$
 $I = 8A$] ← קצת מניס במבחן
 מן הנתונים

② $R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{26-0}{8-0} = 3.25\Omega$,

③ $P_R = I^2 \cdot R = 8^2 \cdot 3.25 = 208W$,

④ $U = E - I \cdot r$

$26 = 28 - 8r$

$r = 0.25\Omega$

⑤ $P_E = I \cdot E = 8 \cdot 28 = 224W$

$\eta = \frac{P_R}{P_E} \cdot 100\% = \frac{208}{224} \cdot 100\% = 92.857\%$

2

$$\text{E) } U_V = 0V$$



$$R_1 \cdot R_4(20^\circ C) = R_2 \cdot R_3$$

$$(R_p - R_2) \cdot 130 = 200R_2$$

$$(1200 - R_2) \cdot 130 = 200R_2$$

$$R_2 = 472.727 \Omega$$



$$\frac{R_2}{R_p} = \frac{472.727}{1200} = 0.3939... //$$

$$\begin{aligned} \text{B) } R_4(70^\circ C) &= R_4(20^\circ C) [1 + 0.006(70 - 20)] = \\ &= 130 \cdot [1 + 0.006 \cdot 50] = 169 \Omega // \end{aligned}$$

$$\text{C) } U_V = U_{AB} = U_A - U_B =$$

$$= U_{R_2} - U_{R_4(70^\circ C)} =$$

$$= U_S \frac{R_2}{R_1 + R_2} - U_S \frac{R_4(70)}{R_4(70) + R_3} =$$

$$= U_S \left(\frac{R_2}{R_p} - \frac{R_4(70)}{R_4(70) + R_3} \right) =$$

$$= 13.2 \left(0.3939 - \frac{169}{169 + 200} \right) = -0.845V$$



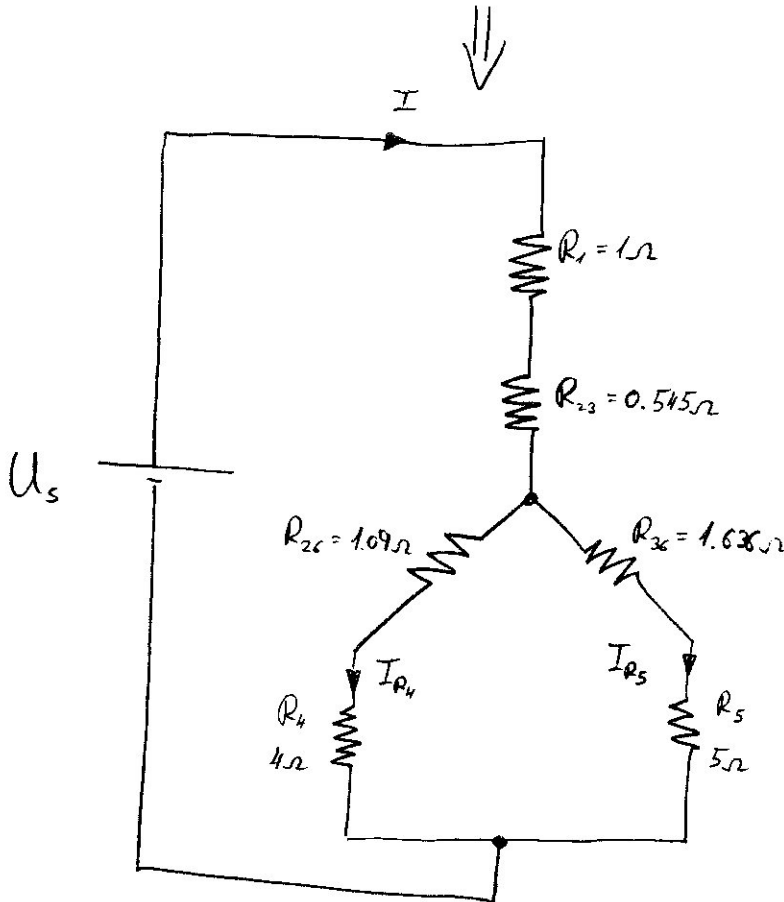
845[mV] : המדידה הממשלית של 150mV על ז'3' המדידה 3N

3

$$\textcircled{1} \quad R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3 + R_6} = \frac{2 \cdot 3}{2 + 3 + 6} = 0.545 \Omega$$

$$R_{36} = \frac{R_3 \cdot R_6}{R_2 + R_3 + R_6} = \frac{3 \cdot 6}{2 + 3 + 6} = 1.636 \Omega$$

$$R_{26} = \frac{R_2 \cdot R_6}{R_2 + R_3 + R_6} = \frac{2 \cdot 6}{2 + 3 + 6} = 1.09 \Omega$$



pas p'drn

$$\textcircled{2} \quad I_{R_4} = I \cdot \frac{R_{36} + R_5}{R_{26} + R_4 + R_{36} + R_5}$$

$$I_{R_5} = I \cdot \frac{R_{26} + R_4}{R_{26} + R_4 + R_{36} + R_5}$$

$$\frac{I_{R_4}}{I_{R_5}} = \frac{I \cdot \frac{R_{36} + R_5}{R_{26} + R_4 + R_{36} + R_5}}{I \cdot \frac{R_{26} + R_4}{R_{26} + R_4 + R_{36} + R_5}} = \frac{R_{36} + R_5}{R_{26} + R_4} =$$

$$= \frac{1.636 + 5}{1.09 + 4} = 1.303 //$$

$$\textcircled{2} \quad I_{R_4} = I \frac{R_{36} + R_5}{R_{26} + R_4 + R_{36} + R_5}$$

$$4 = I \cdot \frac{1.636 + 5}{1.636 + 5 + 1.09 + 4}$$

$$I = 7.068 \text{ A}$$

$$R_T = [(R_{26} + R_4) \parallel (R_{36} + R_5)] + R_1 + R_{23} =$$

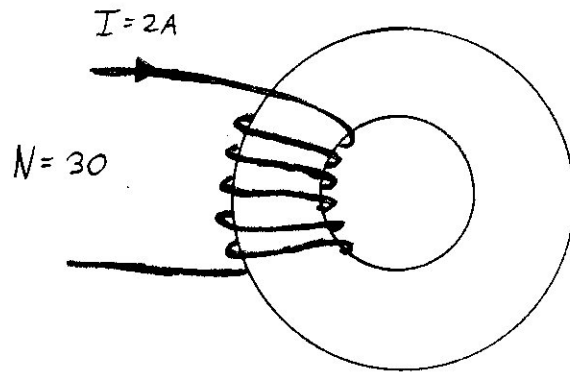
$$= [5.09 \parallel 6.636] + 1.545 =$$

$$= 2.88 + 1.545 = 4.425 \Omega$$



$$U_s = I \cdot R_T = 7.068 \cdot 4.425 = 31.28 \text{ V}_{//}$$

4



'S' ker Set N

$$l = 1.1 \text{ m}$$

$$A = 0.75 \text{ mm}^2$$

$$\rho = 0.018 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$



$$R = \rho \frac{l}{A} = 0.0264 \Omega$$



$$\textcircled{a} P = I^2 \cdot R = 2^2 \cdot 0.0264 = 105.6 \text{ mW}_{\text{II}}$$

'L' ker Set N

$$l = 90 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = 65 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\mu_r = 2000$$



$$R_m = \frac{1}{\mu_0 \mu_r} \cdot \frac{l}{A} = 5.509 \cdot 10^5 \frac{1}{\text{H}}$$



$$\textcircled{b} L = \frac{N^2}{R_m} = \frac{30^2}{5.509 \cdot 10^5} = 1.633 \text{ mH}$$



$$W_L = 0.5 L \cdot I^2 = 0.5 \cdot 1.633 \cdot 10^{-3} \cdot 2^2 = 3.267 \text{ mJ}_{\text{II}}$$

$$\textcircled{c} \phi = \frac{N \cdot I}{R_m} = \frac{30 \cdot 2}{5.509 \cdot 10^5} = 108.912 \mu \text{Wb}_{\text{II}}$$

5

$$\textcircled{1} T = 2.5 + 10 = 12.5 \text{ ms}$$

\Downarrow

$$f = \frac{1}{T} = 80 \text{ Hz}$$

$$\textcircled{2} I_{\max} = \frac{U_{\max}}{R} = \frac{12}{75} = 0.16 \text{ A}$$

$$\textcircled{2} U_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{(U_{\max} - U_{\min})^2}{3} + U_{\max} \cdot U_{\min}} =$$

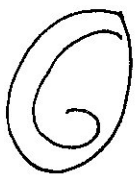
$$= \sqrt{\frac{(12 + 12)^2}{3} + 12 \cdot (-12)} =$$

$$= \sqrt{\frac{24^2}{3} - 12^2} = \sqrt{48} \text{ V}$$

\Downarrow

$$P = \frac{U_{\text{RMS}}^2}{R} = \frac{48}{75} = 0.64 \text{ W}$$

(2) $P = 0$ \rightarrow $\text{open } \textcircled{3}$



$$\tau_{\text{נצח}} = R_{\text{TH}} \cdot C_T$$

חייבים לבצע חישוב של R_{TH} , כק שנתנו מה ההתנגדות שקודם C_T "חואג" (ולכן מקני האמת!!!)

חייבים להסיק את כל היקבדים לקדם צת שקודם



$$C_T = \left(\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)^{-1} + C_1 = \left(\frac{1}{33} + \frac{1}{66} \right)^{-1} + 22 = 44 \mu\text{F}$$

מקני שקודם U_s

$$R_{\text{TH}} = R_1 \parallel R_2 = 30 \parallel 60 = 20 \Omega$$



$$\tau_{\text{נצח}} = R_{\text{TH}} \cdot C_T = 20 \cdot 44 \cdot 10^{-6} = 0.88 \text{ mSec}$$

טווח האזנה יחלבו כצגור 5τ , כסומר כצגור 4.4 mSec

$$\textcircled{2} U_{C_1} = U_{R_2} = U_s \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 200 \frac{60}{60 + 30} = 133.333 \text{ V}$$



$$W_{C_1} = 0.5 C_1 \cdot U_{C_1}^2 = 0.5 \cdot 22 \cdot 10^{-6} \cdot 133.333^2 = 195.555 \text{ mJ}$$

מקני שקודם U_s

$$U_{C_2} = U_{R_2} \frac{C_3}{C_2 + C_3} = 133.333 \frac{66}{66 + 33} = 88.888 \text{ V}$$



$$W_{C_2} = 0.5 C_2 \cdot U_{C_2}^2 = 0.5 \cdot 33 \cdot 10^{-6} \cdot 88.888^2 = 130.37 \text{ mJ}$$

$$U_{C_3} = U_{C_1} - U_{C_2} = 133.333 - 88.888 = 44.444V$$



$$W_{C_3} = 0.5 \cdot C_3 \cdot U_{C_3}^2 = 0.5 \cdot 66 \cdot 10^{-6} \cdot 44.444^2 = 65.185 \text{ mJ},$$

$$\textcircled{2} \quad I = \frac{U_s}{R_1 + R_2} = \frac{200}{30 + 60} = 2.222A$$

$$P_{\text{3/2/6}} = P_{R_1} + P_{R_2} = I^2 \cdot (R_1 + R_2) = 2.222^2 \cdot 90 = 444.444W,$$

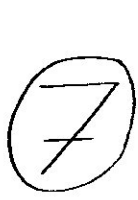
$$\textcircled{3} \quad \tau_{\text{קצ"ט}} = C_T \cdot R_{TH} \rightarrow R_{TH} = R_2$$

↓
'L 8'YON 'UL 688



$$\tau_{\text{קצ"ט}} = R_2 \cdot C_T = 60 \cdot 44 \cdot 10^{-6} = 2.64 \text{ mSec}$$

13.2 mSec תכונה, 5τ תכונה, 10τ תכונה, 25τ תכונה, 50τ



Ⓐ $P_1 = 4.5 \text{ kW}$

$U_1 = 230 \text{ V}$

$I_1 = 21.74 \text{ A}$

(V.I.L) 'b'ar' 'al'k 's'ra on'iy'at

$S_1 = I_1 \cdot U_1 = 5000 \text{ VA}$

$\Rightarrow Z_1 = \frac{U_1}{I_1} = 10.58 \Omega$

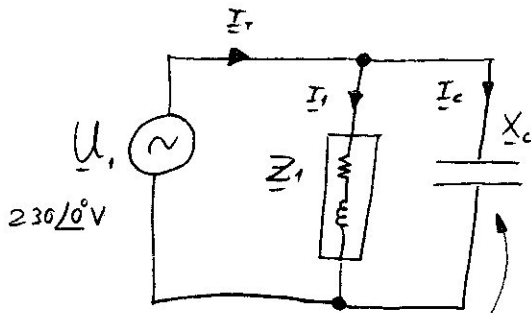


$\cos \phi_1 = \frac{P_1}{S_1} = \frac{4500}{5000} = 0.9$

Ⓑ $Z_1 = Z_1 / \phi_1 = 10.58 / 25.841^\circ \Omega \quad \leftarrow \phi_1 = +25.841^\circ$

$= (\underbrace{9.522}_{R_1} + j \underbrace{4.611}_{X_L}) \Omega$

Ⓒ



kin 'v'ne on'iy'at 's'ra 's'ra

$Z_T = \frac{U_1}{I_T} = \frac{230}{20} = 11.5 \Omega$

$S_T = U_1 \cdot I_T = 230 \cdot 20 = 4600 \text{ VA}$

ב'כ'ו'ב 's'ra, 'p'322 's'ra 's'ra 's'ra 's'ra 's'ra

$\nabla P_1 - S \text{ v'le } S_T \text{ de } P_T \rightarrow$

$\phi_2 = \arccos \left| \frac{P_1}{S_T} \right| = \arccos \left| \frac{4500}{4600} \right| = +11.97^\circ$



$Z_T = Z_T / \phi_2 = 11.5 / 11.97^\circ \Omega$




$I_T = \frac{U_1}{Z_T} = \frac{230 \angle 0^\circ}{11.5 \angle 11.97^\circ} = 20 \angle -11.97^\circ \text{ A}$

$I_{Xc} = I_T - I_1 = 20 \angle -11.97^\circ - (21.74 \angle -25.841^\circ) = j5.327 \text{ A}$



$X_c = \frac{U_1}{I_{Xc}} = \frac{230 \angle 0^\circ}{j5.327} = -j43.176 \Omega$

! 'v'ne 's'ra 's'ra 's'ra 's'ra 's'ra 's'ra 's'ra

בכבי' לבצורת אפ המוצג בתמונה או לא, יש לבדוק את קהיליון שנתון זגור כל סוג מוצג: 

ז'ית המופז של Z_T צריכה להיות שווה לאפס!

$$\Downarrow$$

$$\varphi_{Z_T} = 0^\circ$$

כחובן שקהיליון זה יבוע להופיז בצורות שונות, ולא נפרט את כולן כאן, אך חשוב להבטיח שנתון המוצג לוחי אי מקסי, קהיליון ה'ם מקבל את הצורה של $X_C = X_L$, מה ש'ם נכון לתרגיל שלנו, כי מצובה המוצג מזרח!!!

Ⓔ לבדוק אפ המוצג בתמונה זגור התברר הנתון בשטח דרכים: ציך פאלה ומחירה, וציך כ'ע'ת אק מא'ב המ'ל'ת.

$$f = 11.311 \text{ kHz} \Rightarrow X_L = j 2\pi f L = j 2\pi \cdot 11.311 \cdot 10^3 \cdot 1.8 \cdot 10^{-3} = j 127.924 \Omega$$

$$X_C = -j \frac{1}{2\pi f C} = -j \frac{1}{2\pi \cdot 11.311 \cdot 10^3 \cdot 0.11 \cdot 10^{-6}} = -j 127.916 \Omega$$

\Downarrow

$$\begin{aligned} Z_T &= (X_C \parallel R) + X_L = (-j 127.916 \parallel 300) + j 127.924 = \\ &= 46.151 - j 108.237 + j 127.924 = (46.151 + j 19.686) \Omega = \\ &= 50.174 / 23.101^\circ \Omega \end{aligned}$$

$$\varphi_{Z_T} = 23.1^\circ \Leftarrow \text{המוצג לא מצג בתמונה!}$$

כ'ר נתון הציך הכ'ע'ת יותר, וה'א מצ'ת ב'לוי כ'ע'י ל- Z_T :

$$\underline{Z}_T = (X_c \parallel R) + X_L = \frac{X_c \cdot R}{X_c + R} + X_L = \frac{\frac{R}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + R} + j\omega L =$$

בכדי לבדוק
בה חיילים עברו ל- ω
(C) ו- j עולה עולה עולה
(אם לא)

$$= \frac{\frac{R}{j\omega C}}{\frac{1+j\omega RC}{j\omega C}} + j\omega L = \frac{R}{1+j\omega RC} + j\omega L$$

עם הנחות, נסמן את ω ב- S (מזהר לאמור עכסם, לא שמבין...) ונקבל:

$$\underline{Z}_T = \frac{R}{1+SRC} + SL = \frac{R+SL+S^2RLC}{1+SRC}$$

כאן נפרט מהמנה הא נמשי, יי' הנפדה בנמוכ:

$$\underline{Z}_T = \frac{R+SL+S^2RLC}{1+SRC} \cdot \frac{1-SRC}{1-SRC} = \frac{(R+SL+S^2RLC)(1-SRC)}{1^2 - S^2R^2C^2}$$

זה נחזיר את "j" במקום S, ונכסה ע: $S^2 = -\omega^2$

$$\begin{aligned} \underline{Z}_T &= \frac{(R+j\omega L - \omega^2 RLC)(1-j\omega RC)}{1 + \omega^2 R^2 C^2} = \frac{R - j\omega R^2 C + j\omega L - j^2 \omega^2 RLC}{1 + \omega^2 R^2 C^2} + \\ &+ \frac{-\omega^2 RLC + j\omega^3 R^2 C^2 L}{1 + \omega^2 R^2 C^2} = \frac{R + \omega^2 RLC - \omega^2 RLC}{1 + \omega^2 R^2 C^2} + j \frac{-\omega R^2 C + \omega L + \omega^3 R^2 C^2 L}{1 + \omega^2 R^2 C^2} = \\ &= \underbrace{\frac{R}{1 + \omega^2 R^2 C^2}}_{\text{חלק ממשי}} + j \underbrace{\frac{\omega(2 - R^2 C + \omega^2 R^2 C^2 L)}{1 + \omega^2 R^2 C^2}}_{\text{חלק מנימי}} \end{aligned}$$

בכדי לקבל $\phi_{Z_T} = 0^\circ$, חובה לערום שהחלק המנימי יהיה שווה לאפס.
באופן שהמנה לא יכנס להתאפס, כי אחת נקבל ה'ו' חסר משמור, ולכן יש לערום
שיק החוה יתאפס:





$$\omega(L - R^2C + \omega^2 R^2 C^2 L) = 0$$



$$\omega_1 = 0 \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$$

$$\boxed{10} \quad L - R^2C + \omega^2 R^2 C^2 L = 0$$

$$L - R^2C = -\omega^2 R^2 C^2 L$$

$$\frac{L - R^2C}{-R^2 C^2 L} = \omega^2$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{R^2C - L}{R^2 C^2 L}} \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$$



$$f_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{R^2C - L}{R^2 C^2 L}} \left[\text{Hz} \right]$$

כמות קטנה יותר מהצבא של זרמי הרכיבים, ודומה לזרם זרמי של f_2

$$f_2 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{300^2 \cdot 0.11 \cdot 10^{-6} - 1.8 \cdot 10^{-3}}{300^2 \cdot (0.11 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 1.8 \cdot 10^{-3}}} = \frac{1}{2\pi} \cdot 64.282 \cdot 10^3 = 10.23 \text{ kHz}$$

כאמור שרשרת זה שונה מהתוצאה הנדרשת \leq המצב לא נמצא בתחומה!

(ב) המצב לא נמצא בתחומה עבור $f = 0 \text{ Hz}$ משני סיבות:

1) תנאי התחומה מוגדר כערך התחומה הגבוה של האינדיקטור, ואין משמעות לכמות תחומה בתנאי אפס...

2) מהפנימה הפעמי והאיזוק קבוע לכאורה ש $f = 0 \text{ Hz}$ הוא דבר פיתוח אלוהים המצב בתחומה, אבל שינוי שמתנה ממאמר ברשת כדי בתחילת הפיתוח $\omega \neq 0$ ($f \neq 0$), ולכן גם אם "נראה" שיש שהמצב בתחומה, התמאליקה מובילה למצב אחר!