

פתרון מבחן מה"ט

תורה החשמל

מורד א

קייץ 2018

פתר: אבי יומטוביאן

www.e-tv.site

yomtov7@gmail.com

©

כל הזכויות שמורות



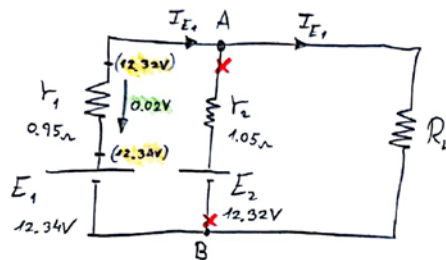
פתרון מוצע לבחינת מה#ט בתורת החשמל
מועד קיץ תשע"ז, יולי 2018 (מועד א')

שאלה מספר 1

Ⓐ כאשר $R_L = \infty$ (נתק, ט"ר), אז ניתן לטעם את מרחי ההתקיים בקלות
י"י בעל מלאכה: 1

$$U_{AB} = \frac{\sum I_{sc}}{\sum \frac{1}{R}} = \frac{\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2}}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} = \frac{\frac{12.34}{0.95} + \frac{12.32}{1.05}}{\frac{1}{0.95} + \frac{1}{1.05}} = 12.33V$$

Ⓑ $I_{E_2} = 0A$ כי אין זרם מתחיל מן E_2 , וזרם כן הולך מן E_1 יראה כן:



זרם I_1 ירמה הפרש פוטנציאלים טובי המקורות, והתחם, ולכן:

$$I_{E_1} = I_{r_1} = \frac{E_1 - E_2}{r_1} = \frac{12.34 - 12.32}{0.95} = \frac{0.02}{0.95} = 21.052mA$$

הזרם: הזרם I_{E_1} יזרוק כולו ל- R_L , וזה כן יהיה ע- $R_L = \infty$ כפי ש"כ
א"נה נכונה.
כ"ק נ"ח ע- $R_L = \infty$, אז הזרם ת"ב לזרוק כ- E_2 , וזה נ"כ יהיה
ע- $I_{E_2} = 0A$.

Ⓒ בכ"כ ש"ט המקורות ישישו כספקים, ו"ס לזרם ע- U_{R_L} יה"ה ק"ן אהכ"א הכ"י
ק"ן אה"נה, סומ"ח:

$$U_{R_L} < 12.32V$$

$$\frac{\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2}}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{R_L}} < 12.32$$

$$\frac{24.722}{\frac{800}{399} + \frac{1}{R_L}} < 12.32$$

כ"כ
כ"כ
כ"כ
כ"כ
כ"כ
כ"כ

$$\frac{24.722}{12.32} < \frac{800}{399} + \frac{1}{R_L}$$

$$\frac{17615}{8776} < \frac{800}{399} + \frac{1}{R_L}$$



$$1.7088 \cdot 10^{-3} < \frac{1}{R_L}$$

$$R_L < \frac{1}{1.7088 \cdot 10^{-3}}$$

$$R_L < 585.2 \Omega$$



$$0 \Omega \leq R_L \leq 585.2 \Omega$$

③ גבני לקבל הזכרת הספק ארתי δ - R_L יש לבנין שהיא יהיה שווה
 δ - R_{TH} . נבדוק אם שוויון זה אכן מתקיים:

$$R_{TH} = R_1 \parallel R_2 = 0.95 \parallel 1.05 = 0.498 \Omega$$

$$R_L = 2 \Omega$$



$$R_{TH} \neq R_L$$

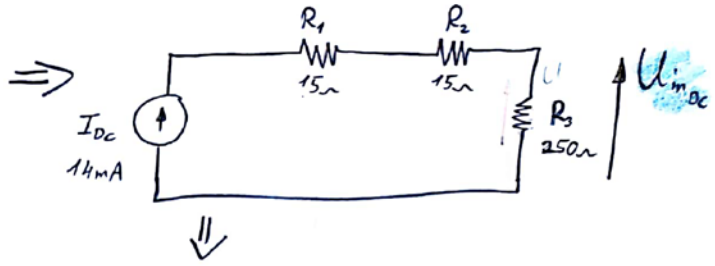


אין הזכרת הספק ארתי δ - R_L .



2

ⓔ קב"מ = 8
ק"כ = 8.80

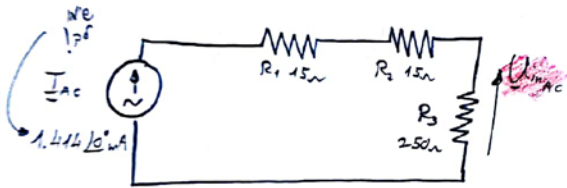


$$U_{in,dc} = I_{Dc} \cdot R_3 = 14 \cdot 10^{-3} \cdot 250 = 3.5V$$

ⓖ $Z_L = j\omega L = j20 \cdot 0.75 \cdot 10^{-3} = j0.015\Omega$

$Z_C = -j \frac{1}{\omega C} = -j \frac{1}{20 \cdot 0.3 \cdot 10^{-6}} = -j166.666k\Omega$

ניין להאמר ע- Z_L קלן מאזן יחסית ל- R_1 ו- R_2 , וז"ל ק אבאר להתייחס אליהם כאלו כאלו קצב, מאזן Z_C גבול מאזן יחסית לאבאר ההתנגדות, וז"ל ק ניין להתייחס אליו כאלו כאלו יחסית ל- R_3 והוא יראה כק:

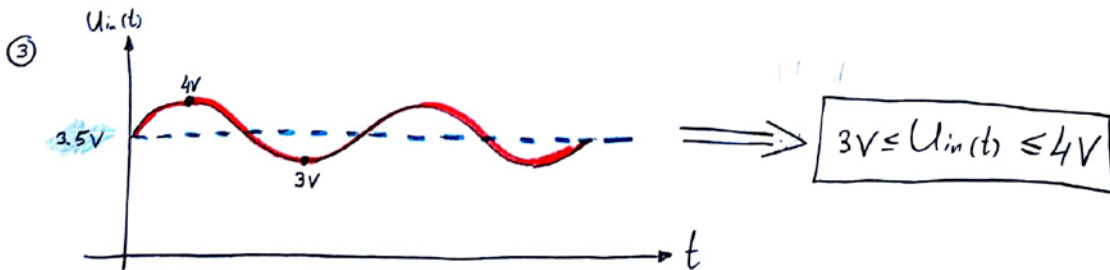


$$U_{in,ac} = I_{Ac} \cdot R_3 = 1.414 \cdot 10^{-3} \cdot 250 = 0.353 \angle 0^\circ V$$

הזרם א שא יתום בהצגות שזינו, וז"ל תישוב מוציין, קב"מ לאבאר מאזן קלן! ע"מ התנגדות הבאה: $U_{in,ac} = 0.353 \angle -0.094^\circ V$ כולו אבאר תוצאה! ניין גנתי מאזן!

$$U_{in,ac}(t) = 0.353 \sqrt{2} \cdot \sin(20t) [V]$$

ⓓ $U_{in}(t) = U_{in,dc} + U_{in,ac}(t) = 3.5 + 0.5 \cdot \sin(20t) [V]$





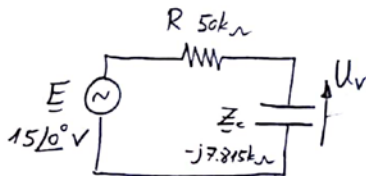
שאלה מספר 3

3

$$\left. \begin{aligned} \text{a) } A &= 7.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \\ \epsilon_r &= 1 \\ d &= 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \end{aligned} \right\} \rightarrow C = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{A}{d} = \epsilon_0 \cdot 1 \cdot \frac{7.5 \cdot 10^{-3}}{1.5 \cdot 10^{-3}} = 44.27 \text{ pF}$$

$$\Downarrow$$

$$Z_c = -j \frac{1}{\omega C} = -j \frac{1}{2\pi \cdot 460 \cdot 10^3 \cdot 44.27 \cdot 10^{-12}} = -j 7.815 \text{ k}\Omega$$



$$U_v = E \cdot \frac{Z_c}{Z_c + R} = 15 \angle 0^\circ \cdot \frac{-j7.815}{50 - j7.815} = 2.316 \angle -81.1^\circ \text{ V}$$

$U_v = 2.316 \text{ V}$

2) בכפי לקבל נרא מקימאלי מאקור האמה, יש לברוש זכבה בלעזר מינאלי, כלומר Z_c קולן ככה האפסה:

$$Z_c = \frac{1}{\omega C}$$

$$Z_c = \frac{1}{\omega \cdot \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}}$$

המיק בין המומי ביים יב $d = Z_c$ → בויס שיה קולן
מספר קבוע ←

$$Z_c = \frac{d}{\omega \cdot \epsilon_0 \epsilon_r A}$$

זם כן א בויס Z_c מינאלי, כלומר d מינאלי, כלומר

$d = 0 \text{ mm}$

הסבר נוסף: כאשר $d=0$, הקבל מתקרב בקצרה, וזאם כן לקבל זכבה כלעזר מינאלי ⇒ נרא האקור יהיה מקימאלי.

2) $A = 7.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
 $\epsilon_r = 3.5$
 $d = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

$$\rightarrow C = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{A}{d} = 3.5 \epsilon_0 \cdot \frac{7.5 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}} = 23.242 \text{ pF}$$

$$\Downarrow$$



$$\Downarrow$$

$$\underline{Z}_c = -j \frac{1}{\omega C} = -j \frac{1}{2\pi \cdot 460 \cdot 10^3 \cdot 23.242 \cdot 10^{-12}} = -j 14.886 \text{ k}\Omega$$

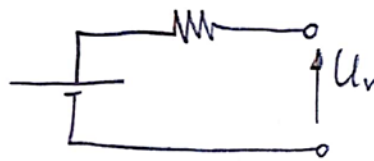
$$\Downarrow$$

$$\underline{U}_v = \underline{E} \cdot \frac{\underline{Z}_c}{R + \underline{Z}_c} = 15 \angle 0^\circ \cdot \frac{-j 14.886}{50 - j 14.886} = 4.28 \angle -73.4^\circ \text{ V}$$

$$\Downarrow$$

$$\boxed{U_v = 4.28 \text{ V}}$$

③ כאשר מצבים במקור מתח ישר, אצל האדים מתאים יקבל יתקרב
כנתק, והמתח יהיה כק:



בזמן שצב המתח יהיה שווה למתח המקור.

$$d = 0 \quad \text{עק' יש מקרה יוצא נוסף:}$$

$$\Downarrow$$

$$C = 0$$

$$\Downarrow$$

יקבל מתקרב כקצרה

$$\Downarrow$$

$$U_v = 0$$



ⓐ מחיבה ⓑ במזלם תחובה מקי"ם חמ"ס, כאמר $\tau_c = 0$, וז"ל בן טיין
 גרמאם בנסחה הנאה: 4

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

$$40 \cdot 10^3 = \sqrt{\frac{1}{5.6 \cdot 10^{-3} \cdot 66 \cdot 10^{-9}} - \frac{R_{(\theta)}^2}{(5.6 \cdot 10^{-3})^2}}$$

$$R_{(\theta)} = 186.2 \Omega //$$



ⓐ $R_{(25^\circ C)} = 68 \Omega \quad \alpha = 0.02 \frac{1}{^\circ C}$

$$R_{(\theta)} = R_{(25^\circ C)} [1 + \alpha (\theta - 25)]$$

$$186.2 = 68 \cdot [1 + 0.02 (\theta - 25)]$$

$$\theta \approx 112^\circ C //$$

ⓐ $\underline{Z}_L = j\omega_0 L = j 40 \cdot 10^3 \cdot 5.6 \cdot 10^{-3} = j 224 \Omega$ $\underline{E} = \frac{38}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ = 26.87 \angle 0^\circ V$

$$\underline{Z}_C = -j \frac{1}{\omega_0 C} = -j \frac{1}{40 \cdot 10^3 \cdot 66 \cdot 10^{-9}} = -j 378.787 \Omega$$



$$\underline{Z}_T = [(R_{\theta} + \underline{Z}_L) \parallel \underline{Z}_C] + R_S =$$

$$= \left[\frac{1}{186.2 + j 224} + \frac{1}{-j 378.787} \right]^{-1} + 1 = 455.673 + 1 = 456.673 \Omega$$



$$\underline{I}_{R_S} = \underline{I}_T = \frac{\underline{E}}{\underline{Z}_T} = \frac{26.87}{456.673} = 58.838 \angle 0^\circ mA //$$



$$P_{R_S} = I_{R_S}^2 \cdot R_S = (58.838 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1 = 3.462 mW \ll 5W$$

הנכח P_S מוזכר במגבלת כושר כו"ר החוק 16



5) $B = \mu \cdot H$
 $0.38 = \mu \cdot 1200$
 $\mu = 316.666 \cdot 10^{-6} \frac{H}{m}$

$d_{av} = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{15 + 30}{2} = 22.5 \text{ mm}$
 $A = \pi \cdot d_{av}^2 = \pi \cdot 22.5 \cdot 10^{-3} = 70.685 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

אמנם הרכב של חלק האגוז, ניתן לראות שיש לאגוז את החלק האמבטי, וצדדו שטח של 10 מ"מ, וזוהי שקו"פ סימטריה בשלבים ניתן לראות שהצדד הטוב שלוה - 7.5 מ"מ, ולכן:

$A = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 7.5 \cdot 10^{-3} = 75 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

$R_m = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{l}{A} = \frac{1}{316.666 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{70.685 \cdot 10^{-3}}{75 \cdot 10^{-6}} = 2.976 \cdot 10^6 \frac{1}{H}$

2) $B_{sat} = 0.38 T \Rightarrow \phi_{sat} = B_{sat} \cdot A = 0.38 \cdot 75 \cdot 10^{-6} = 28.5 \mu \text{ Wb}$

$F_{mm} = \phi_{sat} \cdot R_m = 28.5 \cdot 10^{-6} \cdot 2.976 \cdot 10^6 = 84.822 \text{ A}$

3) $L = \frac{N^2}{R_m}$

$0.327 \cdot 10^{-3} = \frac{N^2}{2.976 \cdot 10^6}$

$N = 31.196$

$N = 32$

3) $F_{mm} = N \cdot I$

$84.822 = 32 \cdot I$

$I = 2.65 \text{ A}$

$W_L = \frac{L \cdot I^2}{2} = \frac{0.327 \cdot 10^{-3} \cdot 2.65^2}{2}$

$W_L = 1.148 \text{ mJ}$



$$U = E - I \cdot r$$

Ⓐ משוואת האופן היא:



$$r = \frac{E - U}{I}$$

נניח שהמתח בקצוות הוא $U = 53V$, ונגמור את האופן זרמים של U ו- I יקבע:

$$r = \frac{53.5 - 53}{5} = \frac{0.5}{5} = 0.1 \Omega$$

Ⓑ בזכר יש ישר יפוח $U_{av} = U_{eff}$, ומקסימום מאילתו נותר בהיקף, כלומר את

הנאמ:

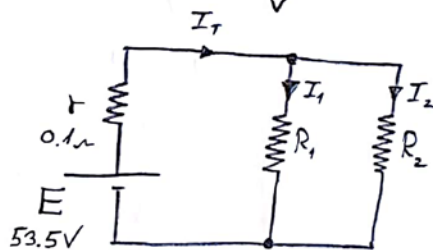
$$E = U_{eff} = U_{av}$$



Ⓒ כפי שיש משרי יזכור כסורה יש לחבר את המכשירים במקביל:



$$\begin{array}{l} I_1 = 2.7A \\ I_2 = 4.8A \\ \hline I_T = 7.5A \end{array}$$



$$P_E = I_T \cdot E = 7.5 \cdot 53.5 = 401.25W$$

$$P_r = I_T^2 \cdot r = 7.5^2 \cdot 0.1 = 5.625W$$

$$\Rightarrow P_{R_1, R_2} = P_E - P_r =$$

$$= 401.25 - 5.625 = 395.625W$$



$$\textcircled{3} \eta_{\%} = \frac{P_{R_1, R_2}}{P_E} \cdot 100\% = \frac{395.625}{401.25} \cdot 100\% = 98.6\%$$



שאלה מספר 8

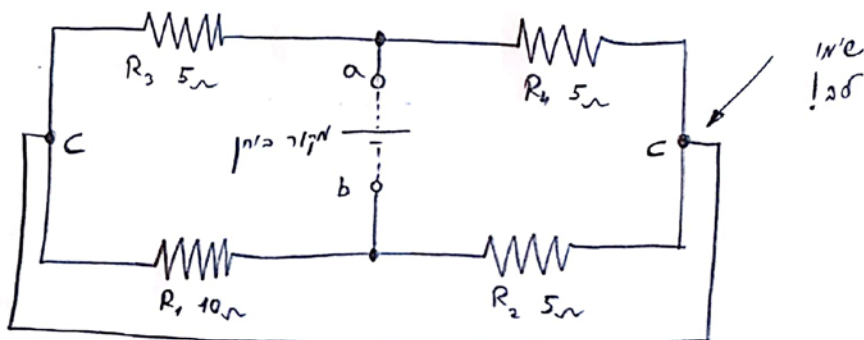
8

Ⓒ הגשר אינו מאוזן, וניתן להוכיח זאת בעזרת קריטריון:

1. בגשר מאוזן מתקיים: $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$
ואילו כאן: $10 \cdot 5 \neq 5 \cdot 5$

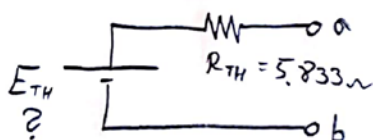
2. בגשר מאוזן מתקיים: $U_V = I_A = 0$
ואילו כאן: $I_A = 3A$

Ⓒ

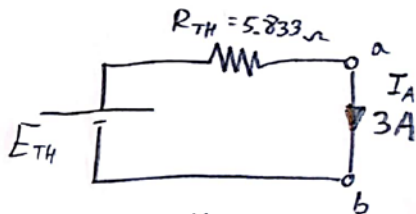


$$R_{TH} = (R_1 \parallel R_2) + (R_3 \parallel R_4) = (10 \parallel 5) + (5 \parallel 5) = 3.333 + 2.5 = 5.833 \Omega$$

Ⓒ ארבע נגדים אשר מסל יבנית יחסית לנקודות a ו-b (אם הבינים), המוצגים יראה כק:



וכך ארבע נגדים אשר 'המוזנים' (אם הבינים), ול' המוצגים יראה כק:



$$E_{TH} = I_A \cdot R_{TH} = 3 \cdot 5.833 = 17.5V$$



③ אבטר אבצוא אטר אמת יחוקר בקמה צרכים:

1. באמצעות שימוש בחוק קירכהוף לזרמים על צומת a, נבחר נבצו אטר
 I_{R_3} ו- I_{R_4} באמצעות אחתף לזרם, נקבע אטר I_T .

חשוב נטל יתן לנו אטר R_T , ונצב כחוקן: $E = I_T \cdot R_T$

$$[KCL @ a] I_{R_3} = I_A + I_{R_4}$$

$$R_T = (R_1 \parallel R_3) + (R_2 \parallel R_4) =$$

$$= (10 \parallel 5) + (5 \parallel 5) = 5.833 \Omega$$

$$I_T \cdot \frac{R_1}{R_3 + R_1} = 3 + I_T \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_4}$$

$$\frac{10}{15} I_T = 3 + \frac{5}{10} I_T$$

$$I_T = 18A$$

$$\Rightarrow E = I_T \cdot R_T = 105V$$

2. באמצעות חשוב בילוי ל- E_{TH} נבחר ב- E (ונה בצב אה
 שבקטל בסוצ' E); אטר "הזרמים" אמתק:

$$E_{TH} = U_{R_4} - U_{R_2}$$

$$E_{TH} = E \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} - E \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$17.5 = \frac{5}{10} E - \frac{5}{15} E$$

$$\boxed{E = 105V}$$