

פתרון מבחן מה"ט

תורת

החשמל

אביב 2010

פתר: אבי יומטוביאן

©

כל הזכויות שמורות

① ע"ש ע"ש ע"ש

$$\textcircled{2} T = 2 \cdot 10^{-3} + 8 \cdot 10^{-3} = 10 \text{ m sec}$$

$$\Downarrow$$

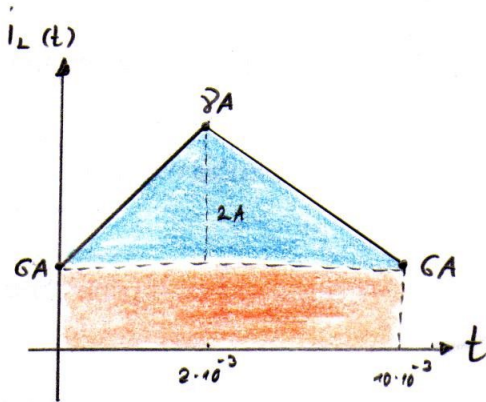
$$f = T^{-1} = 100 \text{ Hz}$$

② ניתן לחשב את הזרם הממוצע (וכך זרם הממוצע של כל אתר תמונה), בעזרת ציריבוס:

[ציריבוס I]

הצירק הממוצע של האתר מוצג באותו אופן הכולל את כל האתר הממוצע. במילים אחרות, הכולל את כל האתר הממוצע. במילים אחרות, הכולל את כל האתר הממוצע.

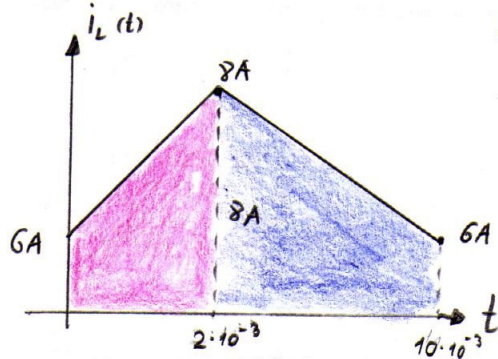
ניתן לחשב את האתר הממוצע:



$$i_{L,av} = \frac{\text{שטח תחת הקו} + \text{שטח תחת הקו}}{T} =$$

$$= \frac{\frac{\text{בסיס} \cdot \text{גובה}}{2} + \text{אורך כוחות}}{T} =$$

$$= \frac{\frac{2 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{2} + 6 \cdot 10^{-3}}{10^{-3}} = 7 \text{ A}$$



$$i_{L,av} = \frac{\text{שטח} + \text{שטח}}{T} =$$

$$= \frac{\frac{\text{בסיס} \cdot \text{גובה}}{2} + \frac{\text{בסיס} \cdot \text{גובה}}{2}}{T} =$$

$$= \frac{\frac{(6+8)}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-3} + \frac{(6+8)}{2} \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{10^{-3}} = 7 \text{ A}$$

ציריבוס צורה מאוס לנסות ממוצע ממוצע, והיא צריכה יותר, אך אין שם צורה כ"כ צריבוס ממוצע של ארבע, כי אם לנסות בעזרת הציריבוס

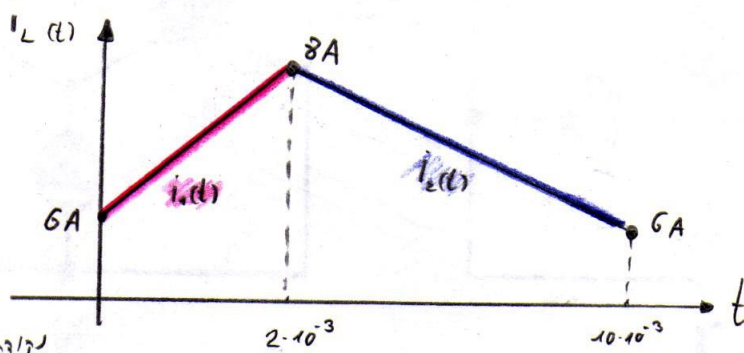
[צדק II] דינר ארטק אר הירק הממוצע, נימן לטמטס בחילוב אירלטיבי:

$$i_{L \text{ av}} = \frac{1}{T} \int_0^T i_L(t) dt$$

מכיוון שבגמלן המחזור T, הירק מתנהג כשתי פונקציות שונות (כפי בו למטרות), רצונך לפי חוקי אירלטיביס אסטם אר הארלטיב הירק:

$$i_{L \text{ av}} = \frac{1}{T} \cdot \left[\int_0^{2 \cdot 10^{-3}} i_1(t) dt + \int_{2 \cdot 10^{-3}}^{10 \cdot 10^{-3}} i_2(t) dt \right]$$

כזר נגרה אנו אמרובא אר הפונקציות $i_1(t)$ ו- $i_2(t)$:



נימן אר-ע
 $i_1(t) = a_1 t + b_1$

$$a_1 = \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{8-6}{2 \cdot 10^{-3}-0} = 1000 \left[\frac{A}{\text{sec}} \right]$$

$$b_1 = 6A$$

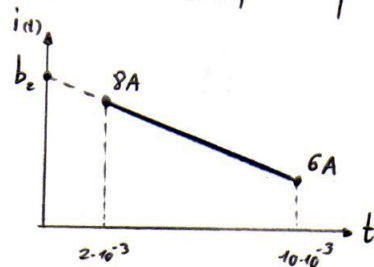


$$i_1(t) = 1000t + 6 [A]$$

$$i_2(t) = a_2 t + b_2$$

$$a_2 = \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{6-8}{10 \cdot 10^{-3}-2 \cdot 10^{-3}} = -250 \left[\frac{A}{\text{sec}} \right]$$

מכיוון זיקק b_2 איה מ"צית, פי אר מאיר
 אר הירק היקן יחלק לרס i_2 אר ציר



$$a_2 = \frac{8 - b_2}{2 \cdot 10^{-3} - 0}$$

$$-250 = \frac{8 - b_2}{2 \cdot 10^{-3}}$$

$$b_2 = 8.5 \text{ A}$$

⇓

$$i_2(t) = -250t + 8.5 \text{ [A]}$$

$$i_{L \text{ av}} = \frac{1}{10 \cdot 10^{-3}} \cdot \left[\int_0^{2 \cdot 10^{-3}} (1000t + 6) dt + \int_{2 \cdot 10^{-3}}^{10 \cdot 10^{-3}} (-250t + 8.5) dt \right] = 7 \text{ A}$$

הזנה במשבין

③ גם אם המעגל נ"מ עומד במצב יציב זה הזרם הוא:

[I זרימה]

$$Q = i_{L \text{ av}} \cdot t = 7 \cdot T = 7 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 70 \text{ mC}$$

$$Q = \int_0^t i_L(t) dt = \int_0^{2 \cdot 10^{-3}} i_1(t) dt + \int_{2 \cdot 10^{-3}}^{10 \cdot 10^{-3}} i_2(t) dt =$$

[II זרימה]

$$= \int_0^{2 \cdot 10^{-3}} (1000t + 6) dt + \int_{2 \cdot 10^{-3}}^{10 \cdot 10^{-3}} (-250t + 8.5) dt = 70 \text{ mC}$$

הזנה במשבין

④ לא נאמרו שיש אנרגיה בסליל במהלך זמן מחזור אחד של $\frac{1}{f}$, מכיוון שהזרם ההתחלתי של הסליל הוא 6A, והזרם הסופי הוא 2A, כך שכל העצירה באנרגיה במהלך ה-2msec, יוצרת עומד ההתחלתי ה-2msec. האחריות.

האנרגיה שנאגרה

$$\rightarrow W = 0 \text{ J}$$

$$\textcircled{2} \quad L = 60 \mu\text{H}$$

$$N = 35$$

$$A_1 = 18 (\text{mm})^2 = 18 \cdot (10^{-3})^2 \text{m}^2 = 18 \cdot 10^{-6} \text{m}^2$$

$$l_1 = 115 \text{mm} = 115 \cdot 10^{-3} \text{m}$$

$$\mu_{r_1} = 1500$$

$$\textcircled{e} \quad R_{m_1} = \frac{1}{\mu_0 \mu_r} \cdot \frac{l_1}{A_1} = \frac{1}{1500 \mu_0} \cdot \frac{115 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 10^{-6}} =$$

$$= 3.389 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{H}}$$

$$\textcircled{2} \quad L = \frac{N^2}{R_{\text{meq}}}$$

$$60 \cdot 10^{-6} = \frac{35^2}{R_{\text{meq}}}$$

$$R_{\text{meq}} = 20.416 \cdot 10^6$$

$$R_{m_1} + R_{m_0} = 20.416 \cdot 10^6$$

$$3.389 \cdot 10^6 + R_{m_0} = 20.416 \cdot 10^6$$

$$R_{m_0} = 17.027 \cdot 10^6$$

$$\frac{1}{\mu_r \mu_0} \cdot \frac{l_0}{A_0} = 17.027 \cdot 10^6$$

$$\frac{1}{1 \cdot \mu_0} \cdot \frac{l_0}{18 \cdot 10^{-6}} = 17.027 \cdot 10^6$$

$$l_0 = 0.385 \text{ mm},$$

מאחר שיש לנו את ההתנה של 0.385 mm ו- 115 mm - אנו יכולים
 להשתמש בנוסחה $R = \rho \frac{l}{A}$ כדי לחשב את ההתנה ρ .

1)

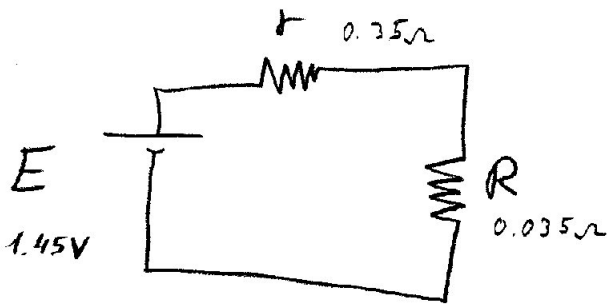
$$\rho = 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$A = 0.5 \text{ mm}^2$$

$$l = 1 \text{ m}$$

$$R = \rho \frac{l}{A} = 0.035 \Omega$$

2)



$$\Rightarrow I = \frac{E}{r + R} = 3.766 \text{ A}$$

$$\Phi = \frac{N \cdot I}{R_{\text{mag}}} = \frac{35 \cdot 3.766}{20.416 \cdot 10^6} = 6.456 \mu \text{ Wb}$$

$$B = \frac{\Phi}{A} = \frac{6.456 \cdot 10^{-6}}{18 \cdot 10^{-6}} = 0.358 \text{ T}$$

$$B = 0.358 \text{ T} < 0.8 \text{ T}$$

התנה זו היא מתחת ל-0.8 T, ולכן אין צורך בהתנה נוספת.

במערכת נגון עם קבוצת נגדים

3

$R = 32 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

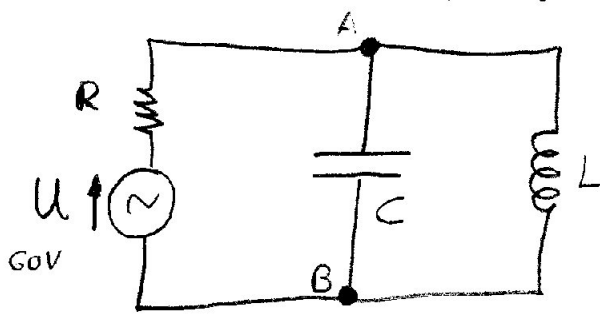
$r = 28 \cdot 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow C = \frac{2\pi \epsilon_0 \epsilon_r \cdot l}{\ln(\frac{R}{r})} = 5 \text{ nF}$

2

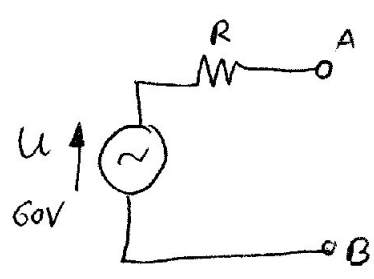
$l = 2.5 \text{ m}$

$\epsilon_r = 4.8$

2) ניתן להסתמך על כך שיש לה קבוצת נגדים כאלה קבוצת נגדים נוספים
הנ"ל, וכל קבוצת נגדים עם הנגדים הנ"ל:



ניתן לראות את ההתנה של הנגד הנ"ל הנגד הנ"ל הנגד הנ"ל הנגד הנ"ל
בתנאים הנ"ל, ולכן $\omega = 10^5 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ - קבוצת נגדים עם הנגד הנ"ל



נגדים

זהו מתקבץ את קבוצת הנגדים הנ"ל

3

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$10^5 = \frac{1}{\sqrt{5 \cdot 10^{-9} L}}$

$10^{10} = \frac{1}{L \cdot 5 \cdot 10^{-9}}$

$$L = \frac{1}{5 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{10}} =$$

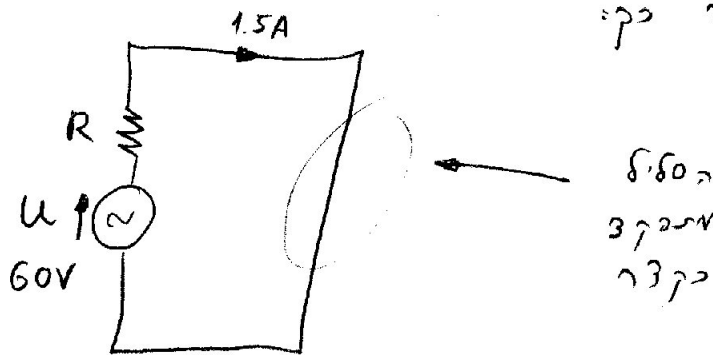
$$= \frac{1}{500} = 2 \text{ mH} //$$

③ נחשב את ההספק הממוצע של הרכיב, $P = 0 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ שכן ההספק הממוצע של רכיב ליניארי הוא $P = UI \cos \phi$ כאשר $\phi = 90^\circ$ ולכן $\cos \phi = 0$.

ההספק הממוצע של הרכיב הוא $P = UI \cos \phi = 60 \cdot 1.5 \cdot 0 = 0 \text{ W}$.

1.5A

ההספק הממוצע של הרכיב:



$$R = \frac{U}{I} = \frac{60}{1.5} = 40 \Omega //$$

התאם את המספר, המספרים הנ"ל הם מספרים שלמים
 .k פירוש m מספר שלמים

④

$$E = 3.6V \Rightarrow E_{eq} = nE$$

$$E_{eq} = 14.4V \quad 14.4 = n \cdot 3.6$$

$$\boxed{n = 4}$$

$$Q = 0.88Ah \Rightarrow Q_{eq} = mQ$$

$$Q_{eq} = 4.4Ah \quad 4.4 = m \cdot 0.88$$

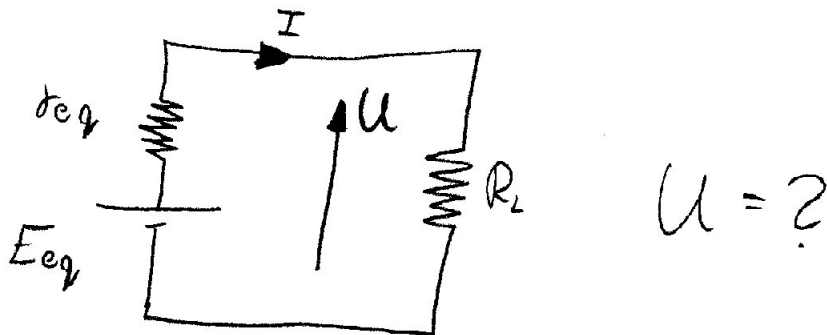
$$\boxed{m = 5}$$



$$r_{eq} = \frac{n}{m} r = \frac{4}{5} \cdot 0.5 = 0.4 \Omega$$

התאם את המספרים הנ"ל הם מספרים שלמים $m = 5$, $n = 4$ ⑤

②



$$P_{R_L} = P_{E_{eq}} - P_{r_{eq}}$$

$$40 = E_{eq} \cdot I - r_{eq} \cdot I^2$$

$$40 = 14.4I - 0.4I^2$$

$\left[\begin{array}{c} \text{I} \\ \text{II} \end{array} \right]$

$$\underline{X}_1 + \underline{X}_2 = j120$$

$$j40 + \underline{X}_2 = j120$$

$$\underline{X}_2 = j80 \Omega$$

$\left\{ \begin{array}{l} 80 \Omega \\ \text{...} \end{array} \right.$

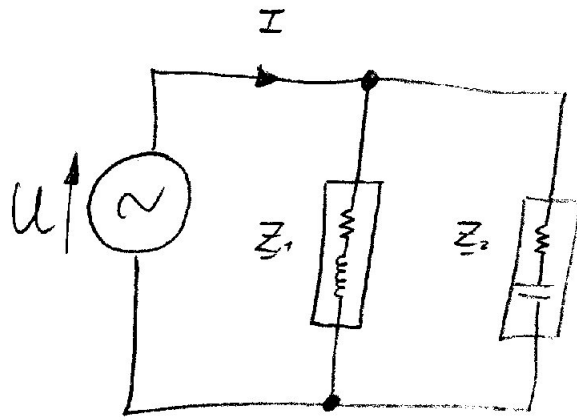
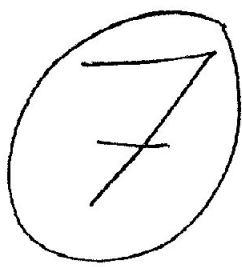
$\left[\begin{array}{c} \text{I} \\ \text{II} \end{array} \right]$

$$\underline{X}_1 + \underline{X}_2 = -j120$$

$$j40 + \underline{X}_2 = -j120$$

$$\underline{X}_2 = -j160 \Omega$$

$\left\{ \begin{array}{l} 160 \Omega \\ \text{...} \end{array} \right.$



$$\underline{Z}_1 = (2 + j3) \Omega = 3.605 \angle 56.3^\circ \Omega$$

$$\Downarrow$$

$$\varphi_{Z_1} = \varphi_{S_1} = 56.3^\circ$$

$$\Downarrow$$

$$\underline{S}_{Z_1} = 1500 \angle 56.3^\circ \text{ VA}$$

$$\underline{Z}_2 = (3 - j6) \Omega = 6.708 \angle -63.4^\circ \Omega$$

Ⓐ המכתיב מתוקרן במקדם: \underline{S} מתוקרן בין \underline{U} ל- \underline{I} במקדם
התקוצות \underline{S} מתוקרן אנונימי מ'3' במעמד.

Ⓑ

$$\underline{S}_{Z_1} = \frac{U^2}{\underline{Z}_1^*}$$

$$1500 \angle 56.3^\circ = \frac{U^2}{3.605 \angle -56.3^\circ}$$

$$U = 73.535 \text{ V}$$

$$\underline{S}_{Z_1} = \frac{U^2}{Z_1}$$

$$1500 = \frac{U^2}{3.605}$$

$$U = 73.535 \text{ V}$$

$$\Downarrow$$

$$U = 73.535 \angle 0^\circ \text{ V}$$

מ'3' מתוקרן \underline{S} מתוקרן מ'3' במעמד, \underline{S} מתוקרן בין \underline{U} ל- \underline{I} במקדם.

$$\textcircled{d} \quad \underline{Z}_T = \underline{Z}_1 \parallel \underline{Z}_2 = (\underline{Z}_1^{-1} + \underline{Z}_2^{-1})^{-1} = 4.148 \angle 23.8^\circ \Omega$$

$$S_T = \frac{U^2}{\underline{Z}_T^*} = \frac{73.535^2}{4.148 \angle -23.8} = 1303.615 \angle 23.8 \text{ VA} =$$

$$= (1192.755 + j526.068) \text{ VA}$$

↓
 P_T

↓
 Q_T

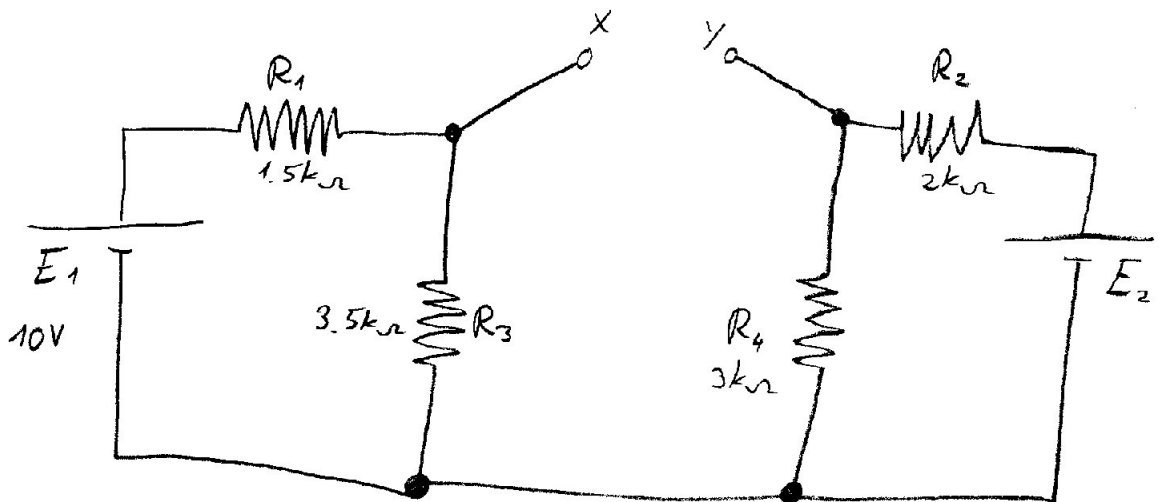
$$\textcircled{3} \quad \varphi_{S_T} = 23.8^\circ > 0^\circ$$

⇓

התאמת הזרם

ענין יי' שנתן לנו מידע נוסף והוא להגיד
 על מנת שיהיה לנו, פשוט יותר להבין מה
 ענין, פשוט יותר זה פשוט שיש לנו ענין
 . פשוט בעל ע' ק' פ' פ' פ' פ' פ'
 :סדרה Y-1 X מידע RA להבין מה הוא

9

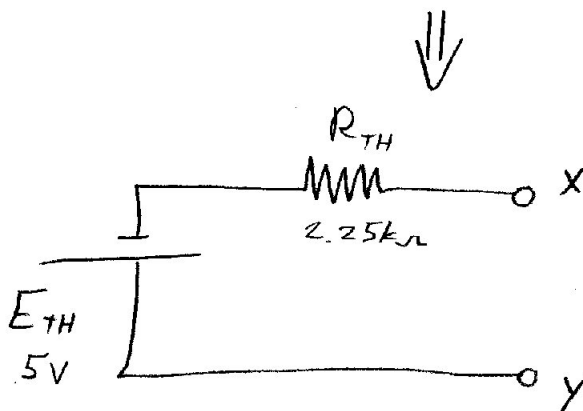


$$R_{TH} = R_{xy} = (R_1 \parallel R_3) + (R_2 \parallel R_4) = (1.5 \parallel 3.5) + (2 \parallel 3) =$$

$$= 1.05 + 1.2 = 2.25 k\Omega$$

$$E_{TH} = U_{xy} = U_x - U_y = U_{R_3} - U_{R_4} = E_1 \frac{R_3}{R_1 + R_3} - E_2 \frac{R_4}{R_4 + R_2} =$$

$$= 10 \frac{3.5}{5} - 20 \frac{3}{5} = 7 - 12 = -5V$$



$$I = \frac{E_{TH}}{R_{TH} + R_A} = \frac{5}{2.25 + 0.05} = 2.174 \text{ mA} \quad (E)$$

הכוח המופק (W) x זמן = אנרגיה (J)

(2) כדי ש- E_{TH} יהיה 0, צריך ש- $R_A = 2 \text{ k}\Omega$ (כלומר, $R_A = 2 \text{ k}\Omega$)

$$E_{TH} = 0$$

$$U_{xy} = 0$$

$$U_x - U_y = 0$$

$$U_x = U_y$$

$$E_1 \cdot \frac{R_3}{R_1 + R_3} = E_2 \cdot \frac{R_4}{R_2 + R_4}$$

$$7 = 20 \cdot \frac{R_4}{2 + R_4}$$

$$R_4 = 1.077 \text{ k}\Omega$$

(d) הוולטג'ן הממוצע של הדיודה הוא 0.7V, ולכן הדיודה תהיה במצב פתוח, כלומר $R_A = 0$.

ההתבוננות בין הדיודות היא יחסית קטנה - קצת יותר מ-2%.