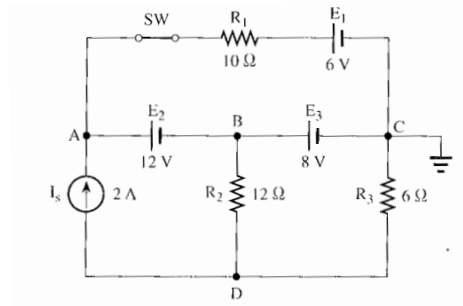


פתרון מוצע לבחינת משה"ח בחשמל ואלקטרוניקה ט'

מועד א תשע"ט, חודש מרץ שנה 2019
מחבר: מר איל זוהר וגיל שמלו, מכללת אורט הרמלין

חלק ראשון – מערכות חשמל

שאלה 1



א. חישוב המתח בין הנקודות C, A

$$U_{AC} = U_A - U_C$$

$$U_A = E_2 + E_3 = 12 + 8 = 20V$$

$$U_C = 0V(GND)$$

$$U_{AC} = 20V$$

ב. חישוב הזרם דרך נגד R1:

$$I_{R1} = \frac{U_A - E_1}{R_1} = \frac{20 - 6}{10} = 1.4A$$

ג. כדי למצוא את ההספק על נגד R2 נחשב את המתח בנקודה D בעזרת מתחי צמתים:

$$\frac{U_D}{R_3} + \frac{U_D - U_B}{R_2} + I_s = 0$$

$$U_B = E_3 = 8V$$

$$\frac{U_D}{6} + \frac{U_D - 8}{12} + 2 = 0$$

$$U_D = -5.333V$$

$$I_{R2} = \frac{U_B - U_D}{R_2} = \frac{8 - (-5.333)}{12} = 1.111A$$

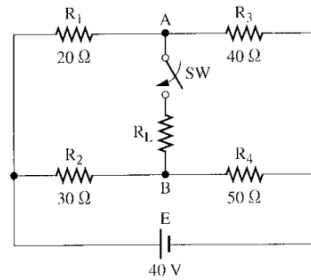
$$P_{R2} = I_{R2}^2 \times R_2 = 1.111^2 \times 12 = 14.815W$$

$$I_0 = I_{01} + I_{02} + I_{03} = 2.5mA \downarrow$$

ד. פתיחת המפסק לא משפיעה על המתח בנקודה D וגם לא על המתח בנקודה B ולכן לא תשפיע על

הזרם שיזרום בנגד R2.

שאלה 2



א. חישוב המתח בין נקודות A ו B:

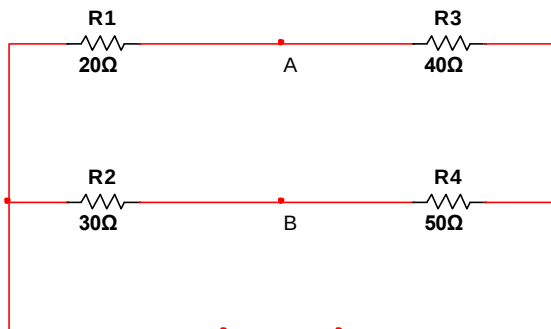
$$U_{AB} = U_A - U_B$$

$$U_A = U_{R_3} = E \frac{R_3}{R_1 + R_3} = 40 \times \frac{40}{40 + 20} = 26.667V$$

$$U_B = U_{R_4} = E \frac{R_4}{R_2 + R_4} = 40 \times \frac{50}{30 + 50} = 25V$$

$$U_{AB} = 26.667 - 25 = 1.667V$$

ב. (1) כדי לקבל הספק מקסימלי הנגד העומס, צריך להתקיים כי נגד זה יהיה שווה לנגד השקול על פי תבנית בין נקודות A ו B. כדי לחשב את ההתנגדות השקולה, נקצר את מקור המתח E ונקבל את המעגל הבא:

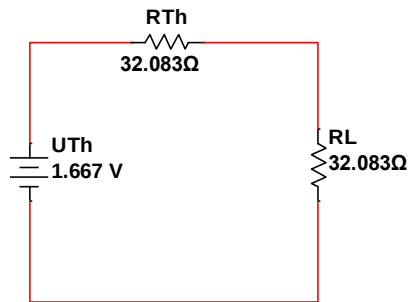


$$R_{Th} = R_1 \parallel R_3 + R_2 \parallel R_4 = \frac{20 \times 40}{20 + 40} + \frac{30 \times 50}{30 + 50} = 32.083\Omega$$

⇓

$$R_L = 32.083\Omega$$

(2) כדי לחשב את ההספק, נמשיך על פי שקול תבנית. כיון שכבר חישבנו את המתח בין נקודות A ו B, אנחנו יודעים כי זהו המתח השקול של תבנית. לכן נקבל את המעגל הבא:



$$I_T = \frac{U_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{1.667}{32.083 + 32.083} = 25.979mA$$

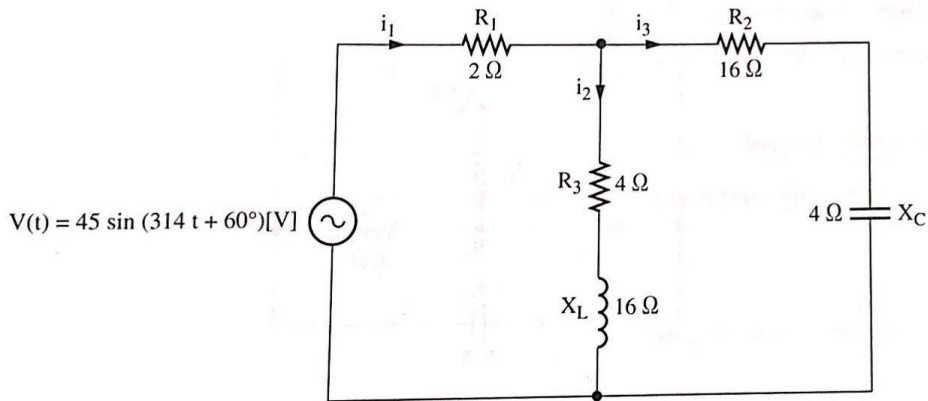
$$P_{RL} = I_T^2 \times R_L = 21.654mW$$

ג. כדי שלא יזרום זרם דרך R_L הגשר צריך להיות מאוזן. כלומר:

$$\frac{R_2}{R_4} = \frac{R_1}{R_3}$$

$$\frac{R_2}{50} = \frac{20}{40} \Rightarrow R_2 = 25\Omega$$

שאלה 3



א. חישוב העכבה השקולה

$$Z_1 = R_1 = 2\Omega$$

$$Z_2 = R_3 + jX_L = 4 + j16\Omega$$

$$Z_3 = R_2 - jX_C = 16 - j4\Omega$$

$$Z_T = Z_1 + (Z_2 \parallel Z_3) = 2 + \frac{(4 + j16) \times (16 - j4)}{4 + j16 + 16 - j4} = 12 + j6\Omega = 13.416 \angle 26.565^\circ \Omega$$

ב. חישוב הזרמים בענפים

$$V_{eff} = \frac{45}{\sqrt{2}} \angle 60^\circ V = 31.82 \angle 60^\circ V$$

$$I_1 = \frac{V_{eff}}{Z_T} = \frac{31.82 \angle 60^\circ}{13.416 \angle 26.565^\circ} = 2.372 \angle 33.435^\circ A$$

$$I_2 = I_1 \times \frac{Z_3}{Z_2 + Z_3} = 2.372 \angle 33.435^\circ \times \frac{16 - j4}{16 - j4 + 4 + j16} = 1.167 \angle -11.565^\circ A$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 2.372 \angle 33.435^\circ - 1.167 \angle -11.565^\circ = 1.677 \angle 78.428^\circ A$$

ג. (1) חישוב הספקים במעגל:

$$S = U_T \times I_T^* = 31.82 \angle 60^\circ \times 2.372 \angle -33.435^\circ$$

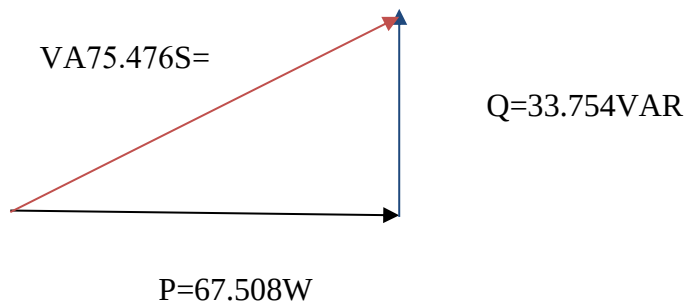
$$S = 75.476 \angle 26.565^\circ \text{VA}$$

$$S = 67.508 + j33.754 \text{VA}$$

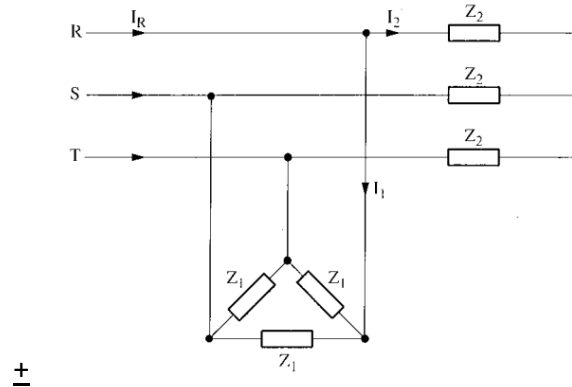
$$P = 67.508 \text{W}$$

$$Q = 33.75 \text{VAR}$$

(2) משולש הספקים:



שאלה 4



א. (1) חישוב זרמי הקווים:

$$I_1 = \sqrt{3} \times I_{PH} = \frac{\sqrt{3} \times U_L}{Z_1} = \frac{\sqrt{3} \times 400}{4} = 173.205 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$I_2 = I_{PH} = \frac{U_{PH} \angle -30^\circ}{Z_2} = \frac{230 \angle -30^\circ}{6 + j9} = 21.53 \angle -56.31^\circ \text{ A}$$

(2) חישוב הזרם IR:

$$I_R = I_1 + I_2 = 185.9 \angle -5.483^\circ \text{ A}$$

ב. חישוב הספקי המקור:

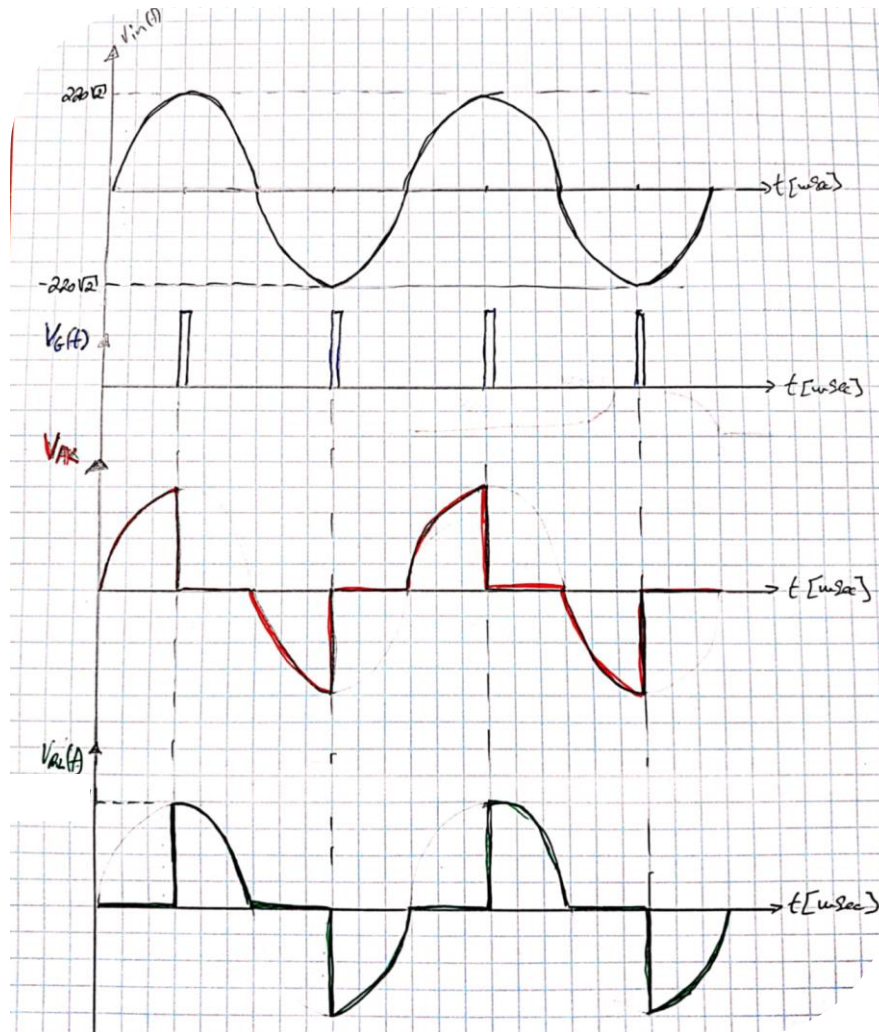
ג. הזרם יקטן, חישוב הזרם IR כאשר משנים את $Z_1 = -j4\Omega$:

$$I_1 = \sqrt{3} \times I_{PH} = \frac{\sqrt{3} \times U_L}{Z_1} = \frac{\sqrt{3} \times 400}{-j4} = 173.205 \angle 90^\circ \text{ A}$$

$$I_R = I_1 + I_2 = 155 \angle 85.643^\circ \text{ A}$$

פתרון שני – אלקטרוניקה א'

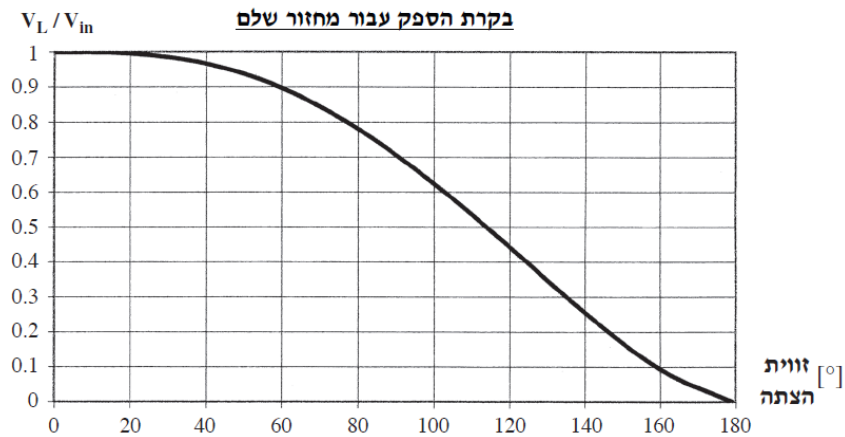
שאלה 5
א.



ב. הזווית ביחס ישר לזמן ההצתה, יחסית לזמן המחזור.

$$\alpha^0 = \frac{t}{T} \cdot 360 = \frac{5m}{20m} \cdot 360 = 90^0$$

$$\alpha_{RAD} = \frac{t}{T} \cdot 2\pi = \frac{5m}{20m} \cdot 2\pi = \frac{\pi}{2} \text{ או ברדיאנים:}$$



עבור זווית הצתה של 90^0 , נקבל בערך: $\frac{V_L}{V_{in}} = 0.7$.

$$V_{L(RMS)} = 0.7 \cdot V_{in(RMS)} = 0.7 \cdot 220 = 154 \text{ ו: לכן:}$$

$$V_{L(RMS)} = V_{in(RMS)} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(\pi - \frac{\pi}{2} + \frac{\sin(2 \cdot 90^0)}{2} \right)} = 155.563 \text{ ו}$$

רואים שהפתרון הגרפי קרוב לתוצאת החישוב

$$P_L = \frac{V_{L(RMS)}^2}{R_L} = \frac{155.563^2}{60} = 403.33W \quad \text{ג.}$$

שאלה 6

א. המעגל הראשון משמש כמגבר יחידה.

המעגל השני משמש כמגבר הופך מופע.

המעגל השלישי משמש כמגבר מסכם עם היפוך מופע.

ב. **חישוב V_{O1} :**

עבור מגבר השרת האידיאלי הראשון: $V^- = V^+ = V_1 = 3v$

$$V_{O1} = V^- = 3v$$

חישוב V_{O2} :

עבור מגבר השרת האידיאלי השני: $V^- = V^+ = 0v$

$$I_{R1} = I_{R2}$$

$$\frac{V_2 - 0}{R_1} = \frac{0 - V_{O2}}{R_4} \Rightarrow V_{O2} = -6v$$

חישוב V_O :

עבור מגבר השרת האידיאלי השלישי: $V^- = V^+ = 0v$

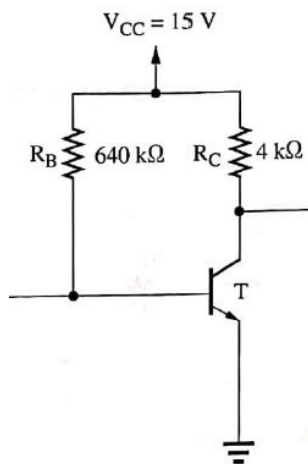
$$I_{R2} + I_{R3} = I_{R4}$$

$$\frac{V_{O1} - 0}{R_2} + \frac{V_{O2} - 0}{R_3} = \frac{0 - V_O}{R_4} \Rightarrow V_O = 6v$$

ג. $I_{R4} = \frac{V^- - V_O}{R_4} = \frac{0 - (6)}{4} = -1.5mA$ הזרם זורם שמאלה.

(בבחינה יש פעמיים R_4 . ההנחה היא שמדובר בזה ששייך למגבר השלישי)

שאלה 7



א. חישוב נקודת העבודה: ניתוח DC (קבלים=נתק)

$$-V_{CC} + I_B R_B + V_{BE} = 0 \quad \text{מעגל מבוא:}$$

$$-15 + 640 I_B + 0.6 = 0 \Rightarrow I_B = 0.0225 \text{ mA}$$

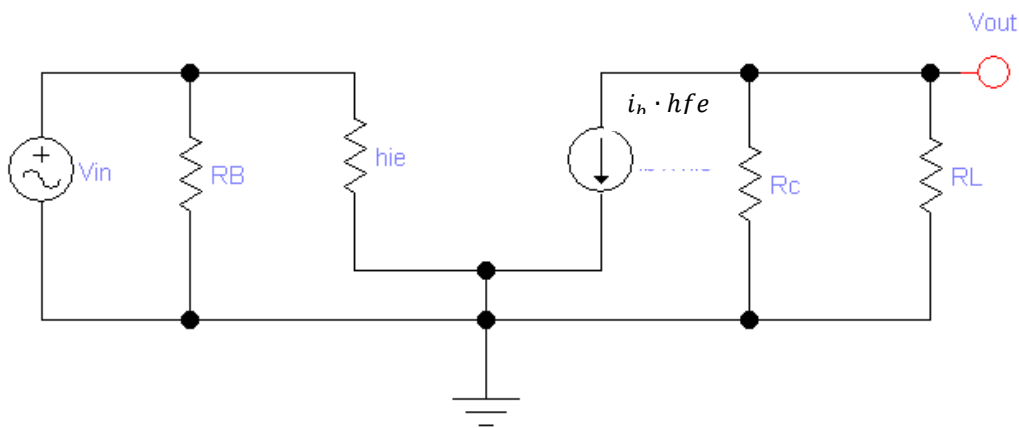
$$I_C = \beta I_B = 100 \cdot 0.0225 = 2.25 \text{ mA}$$

$$-V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} = 0 \quad \text{מעגל מוצא:}$$

$$V_{CE} = 6 \text{ V}$$

$$Q[6 \text{ V}, 2.25 \text{ mA}]$$

ב. מעגל תמורה לזרם חילופין

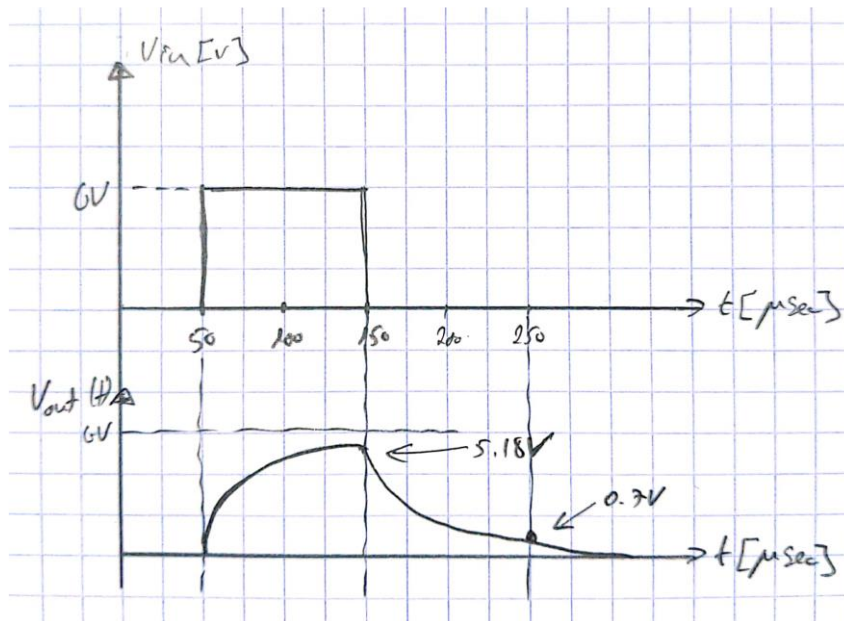


$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-hfe \cdot (R_C \parallel R_L)}{hie} = \frac{-100 \cdot 2 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} = -200 \quad \text{ג.}$$

$$A_V [dB] = 20 \log \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right| = 20 \log |-200| = 46 [dB] \quad \text{ד.}$$

שאלה 8

.א.



$$\tau = R \cdot C = 1 \cdot 10^3 \cdot 0.05 \cdot 10^{-6} = 0.05mS = 50\mu S \quad \text{ב.}$$

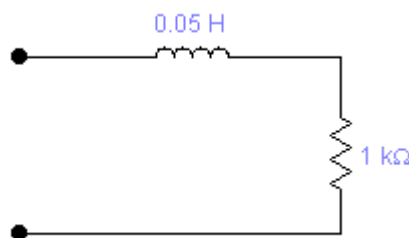
$$5 \cdot \tau = 5 \cdot 50\mu S = 250\mu S$$

$$V_C(t) = V_{C\infty} - [V_{C\infty} - V_{C_{0+}}]e^{-\frac{\Delta t}{\tau}}$$

$$V_C(150\mu) = 6 - [6 - 0]e^{-\frac{100}{50}} = 5.18v$$

$$V_C(250\mu) = 0 - [0 - 5.18]e^{-\frac{100}{50}} = 0.7v$$

$$\tau = \frac{L}{R} = 0.05mS \Rightarrow L = R \cdot \tau = 1 \cdot 10^3 \cdot 0.05 \cdot 10^{-3} = 0.05Hy \quad (1) \quad \text{ג.}$$



$$\tau = \frac{L}{R} = 0.05mS \Rightarrow R = \frac{L}{\tau} = \frac{0.5}{0.05mS} = 10k\Omega \quad (2)$$