

פתרון מוצע לבחינת משה"ח בחשמל ואלקטרוניקה ט' 733001

מועד אביב תשע"ח, מרץ 2018
מחברים: איל זהר – חשמל/ דניאל דרסלר – אלקטרוניקה, מכללת אורט הרמלין

חלק ראשון – מערכות חשמל

שאלה מספר 1

א. חישוב הזרם I_0 באמצעות שיטת ההרכבה (סופר פוזיציה):

- שלב 1: ניתוק מקורות הזרם וחישוב לפי מקור המתח U :

$$I_{01} = \frac{U}{R_2 + R_3} = \frac{20}{20K} = 1mA \downarrow$$

- שלב 2: חישוב לפי המקור של $10mA$ – מנתקים את מקור הזרם השני ומקצרים את מקור המתח, ולכן הנגד R_1 מתבטל (מקביל לקצר). מחשבים לפי מחלק זרם:

$$I_{02} = 10m \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 10m \frac{2K}{20K} = 1mA \downarrow$$

- שלב 3: חישוב לפי המקור של $5mA$ – מנתקים מקור זרם, מקצרים את מקור המתח וגם כאן מתבטל הנגד. מחשבים לפי מחלק זרם:

$$I_{03} = 5m \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 5m \frac{2K}{20K} = 0.5mA \downarrow$$

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

ב. חישוב הפוטנציאלים V_x V_y

$$V_x = U = 20V$$

$$V_y = I_0 \times R_3 = 2.5m \times 18K = 45V$$

ג. חישוב ההספק הכללי הנמסר במעגל:
שני מקורות הזרם הם יצרנים ולכן מתקבל:

$$P_{I_{10m}} = (V_y - V_x) \times I = (45 - 20) \times 10m = 0.25W$$

$$P_{I_{5m}} = V_y \times I = 45 \times 5m = 0.225W$$

$$P_T = 0.475W$$

ד. חישוב מאזן הספקים:

חישוב ההספקים על הנגדים:

$$P_{R_1} = \frac{U^2}{R_1} = \frac{20^2}{10K} = 0.04W$$

$$P_{R_2} = \frac{(V_y - V_x)^2}{R_2} = \frac{(45 - 20)^2}{2K} = 0.3125W$$

$$P_{R_3} = \frac{V_y^2}{R_3} = \frac{45^2}{18K} = 0.1125W$$

חישוב ההספק המתבזז על מקור המתח (צרכן):

$$I_U = I_{R_2} - I_{R_1} - 10mA$$

$$I_{R_2} = \frac{V_y - V_x}{R_2} = \frac{25}{2K} = 12.5mA$$

$$I_{R_1} = \frac{V_x}{R_1} = \frac{20}{10K} = 2mA$$

$$I_U = 12.5 - 2 - 10 = 0.5mA$$

לכן ההספק על מקור המתח: $P_U = U \times I_U = 20 \times 0.5mA = 0.01W$

וסכום ההספקים הנצרכים במעגל: $\sum P = P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_3} + P_U = 0.475W$

זהו למה שקיבלנו בסעיף ג.

שאלה מספר 2

א. משוואת הזרמים של קירכהוף בנקודה A

$$9 = I + I_{R3} + 3I$$

ב. חישוב המתח ע"פ מקור הזרם הבלתי תלוי:
 נמצא מה הערך של I כאשר אנחנו יודעים ש R2, R3 מחוברים במקביל ולכן מפל המתח עליהם שווה.

$$U_{R2} = U_{R3}$$

$$I \times R_2 = I_{R3} \times R_3$$

$$I_{R3} = 9 - I - 3I = 9 - 4I$$

$$I \times 5 = (9 - 4I) \times 10$$

$$5I = 90 - 40I$$

$$45I = 90$$

$$I = 2A$$

נחשב את מפלי המתח על R1, R2 וסכומם יהיה המתח על המקור הלא תלוי

$$U_I = U_{R1} + U_{R2} = 9 \times 12 + 2 \times 5 = 118V$$

ג. חישוב המתח על פני המקור התלוי:
 המקור התלוי מחובר במקביל לנגד R3 לכן המתחים עליהם שווים

$$U_{I, \text{תלוי}} = U_{R3} = I_{R3} \times R_3 = (9 - 4I) \times 10 = (9 - 4 \times 2) \times 10 = 10V$$

שאלה מספר 3

א. (1) חישוב המתירות של כל ענף

$$Z_1 = R_1 + jX_{L1}$$

$$X_{L1} = \omega L_1 = 600 \times 10 \times 10^{-3} = 6\Omega$$

$$Z_1 = 10 + j6\Omega$$

$$Y_1 = \frac{1}{Z_1} = \frac{1}{10 + j6} = 0.0857 \angle -30.96^\circ S$$

$$Z_2 = -jX_C$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{600 \times 140 \times 10^{-6}} = 11.904\Omega$$

$$Y_2 = \frac{1}{Z_2} = \frac{1}{-j11.904} = j0.084S$$

$$Z_3 = R_2 = 6\Omega$$

$$Y_3 = \frac{1}{Z_3} = \frac{1}{6} = 0.1667S$$

$$Z_4 = jX_{L2}$$

$$X_{L2} = \omega L_2 = 600 \times 15 \times 10^{-3} = 9\Omega$$

$$Y_4 = \frac{1}{Z_4} = \frac{1}{9} = 0.111S$$

(2) חישוב המתירות השקולה

$$Y_T = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4$$

$$Y_T = 0.24 - j0.071\Omega = 0.25 \angle -16.51^\circ \Omega$$

ב. (1) חישוב הזרמים בענפים ואת הזרם הכללי

$$V_{eff} = \frac{120}{\sqrt{2}} \angle 30^\circ V = 85.853 \angle 30^\circ V$$

$$I_1 = V_{eff} \times Y_1 = 85.853 \angle 30^\circ V \times 0.0857 \angle -30.96^\circ = 7.357 \angle -0.96^\circ A$$

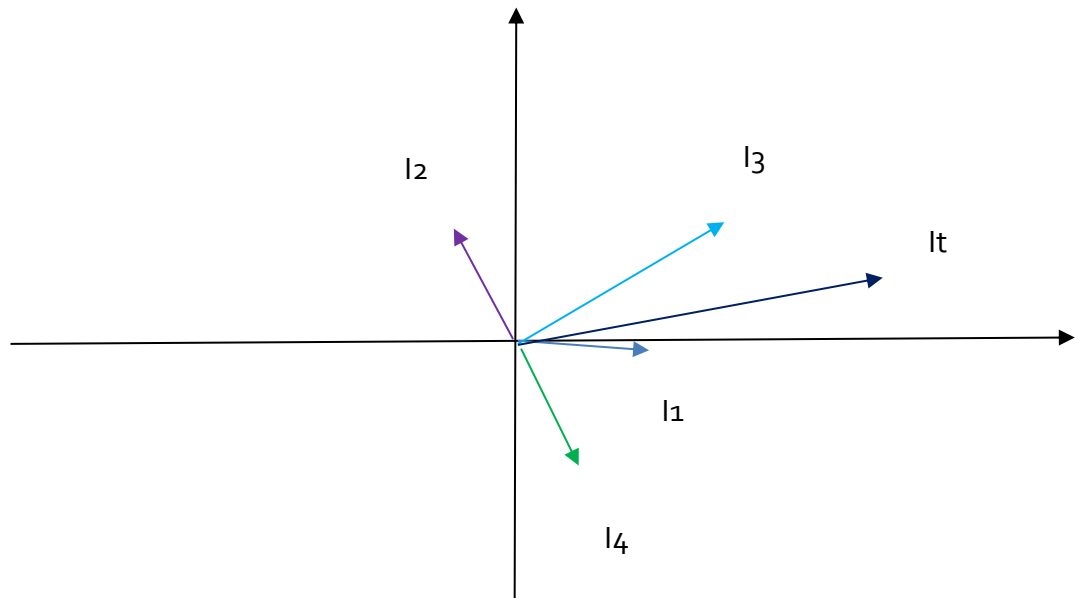
$$I_2 = V_{eff} \times Y_2 = 85.853 \angle 30^\circ V \times j0.084 = 7.211 \angle 120^\circ A$$

$$I_3 = V_{eff} \times Y_3 = 85.853 \angle 30^\circ V \times 0.1667 = 14.311 \angle 30^\circ A$$

$$I_4 = V_{eff} \times Y_4 = 85.853 \angle 30^\circ V \times (-j0.111) = 9.53 \angle -60^\circ A$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 21.45 \angle 13.97^\circ A$$

(2) דיאגרמה פאזורית של הזרמים



ג. הזרם בענף 1 יגדל. אם נקטין את התדר הזויתי ההיגב ההשראי יקטן, ולכן גם העכבה תקטן. אם העכבה קטנה, הזרם יגדל.

שאלה מספר 4

א. חישוב זרמי הקו והזרם הכללי:

$$I_{L1} = \frac{230 \angle -30^\circ}{10 \angle 36.87^\circ} = 23 \angle -66.87^\circ A$$

$$I_{L2} = \frac{\sqrt{3} \times 400}{14.14 \angle 45^\circ} = 49 \angle -45^\circ A$$

$$I_{L3} = \frac{230 \angle -30^\circ}{12 \angle -90^\circ} = 19.25 \angle 60^\circ A$$

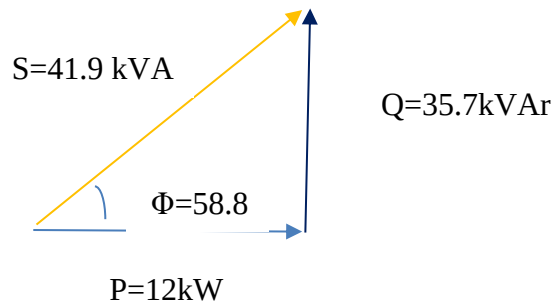
$$I_T = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} = 60.62 \angle -58.8^\circ A$$

ב. חישוב הספקים במעגל:

$$S = \sqrt{3} * U * I = \sqrt{3} * 400 * 60.65 = 41970 VA$$

$$P = S * \cos \varphi = 41970 * \cos(58.8) = 21 kW$$

$$Q = S * \sin \varphi = 41970 * \sin(58.8) = 35.7 kVar$$



ג. כדי לקבל הספק ממשי בלבד צריך להתקיים:

$$Q_c = Q_L = 35.7 kVar$$

$$C = \frac{Q_c}{U^2 * \omega} = \frac{35.7 * 10^3}{400^2 * 2\pi * 50} = 714 \mu F$$

חלק שני – אלקטרוניקה

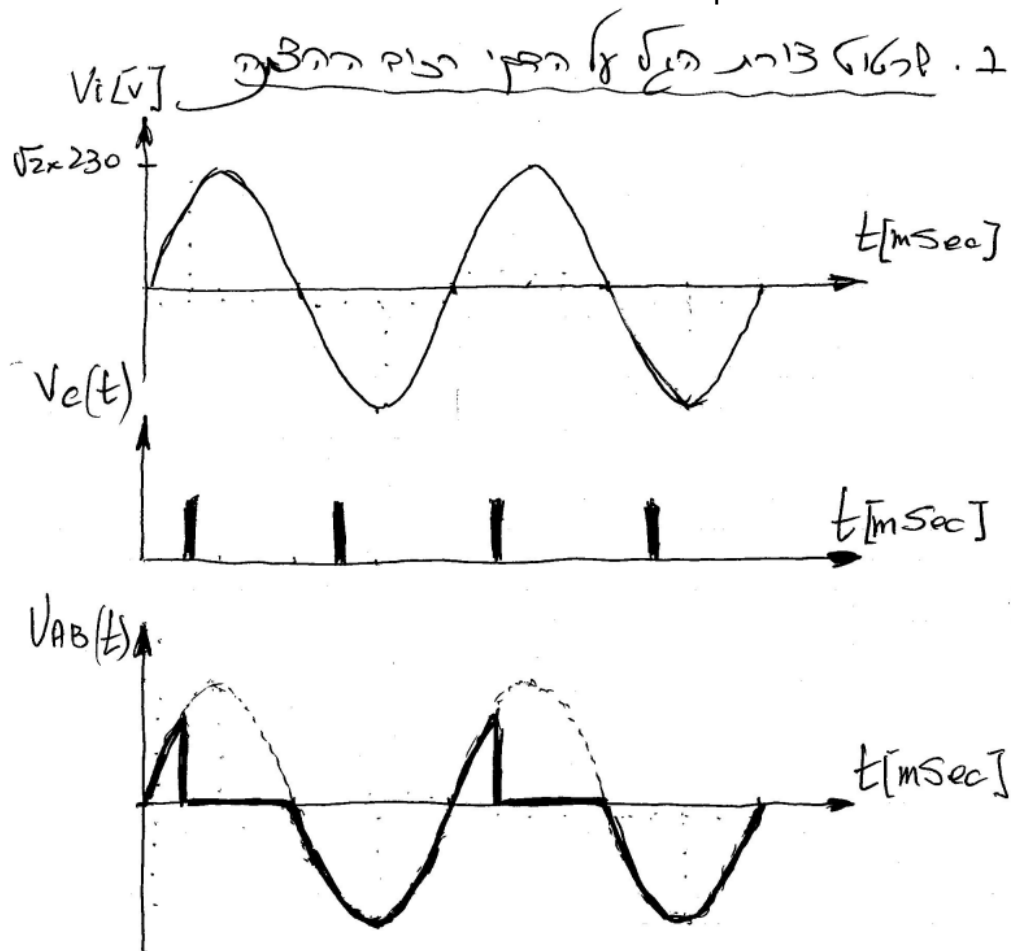
שאלה מספר 5

א. זיהוי רכיבי המיתוג: פולסי ההצתה מופיעים גם כאשר מתח הכניסה V_i חיובי וגם כאשר הוא שלילי.

מתוך צורת המתח בעומס רואים שרכיב ההצתה במעגל מוצת רק כאשר V_i חיובי.

מסקנה: רכיב ההצתה במעגל הוא SCR.

ב. שרטוט צורת הגל על הדקי רכיב ההצתה:



ג. חישוב ההספק על העומס P_{RL} :
נחשב תחילה את זווית ההצתה במעלות וברדיאנים:

$$\alpha^0 = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ = \frac{2.5mSec}{20mSec} \times 360^\circ = 45^\circ$$

$$\alpha_{rad} = \frac{45^\circ}{180^\circ} \times \pi = \frac{\pi}{4} = 0.785rad$$

$$V_{RL} = \frac{V_{in}}{2} \times \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(\pi - \alpha_{rad} + \frac{\sin 2\alpha^\circ}{2} \right)}$$

$$V_{RL} = \frac{\sqrt{2} \times 230}{2} \times \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(\pi - 0.785 + \frac{\sin 2 \times 45^\circ}{2} \right)} = 155.08V$$

$$P_{RL} = \frac{155.08^2}{100} = 240.498W$$

שאלה מספר 6

א. חישוב במתחים V_x, V_y

$$V_x = V \times \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} = 12 \times \frac{5K}{5K + 5K + 5K} = 4V$$

$$V_y = V \times \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = 12 \times \frac{5K + 5K}{5K + 5K + 5K} = 8V$$

ב. קביעת מצב נוריות ה LED במעגל:

	V_i	V_x	V_y	$V_o (A1)$	$V_o (A2)$
1.	3V	4V	8V	0V	0V
2.	6V	4V	8V	12V	0V
3.	9V	4V	8V	12V	12V

מסקנה:

	V_i	מצב LED2	מצב LED1
1.	3V	כבוי	כבוי
2.	6V	דולקת	כבוי
3.	9V	דולקת	דולקת

ג. חישוב הזרם דרך LED1 כאשר דולקת:

$$I_{LED1} = \frac{V - V_{LED1}}{R} = \frac{12 - 1.5}{2000} = 0.00525A = 5.25mA$$

שאלה מספר 7

א. תפקידי מעגלים 1 ו- 2:

מעגל 1 – פועל כמגבר עוקב מתח. מאחר ומתח הכניסה אליו הוא חיובי ($V_1 = +1V$) במוצא שלו V_{o1} מתקבל מתח חיובי (אין הפיכת מופע).
 מעגל 2 – מחובר במגבר מחסר. שני מתחי הכניסה אליו הם V_2 ו- V_{o1} . מתח המוצא שלו V_o יתקבל כפונקציה מחיסור שני מתחי הכניסה $V_2 - V_{o1}$.

ב. חישוב המתחים V_o, V_{o1}

(1) חישוב V_{o1} במוצא של המגבר A1

$$V(+)=V(-) \Rightarrow V(-)=+V_1=+1V$$

אדמה מדומה

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

$$\frac{V(-)-V_{o1}}{R_1} = \frac{V_{o1}-V(-)}{R_2}$$

$$\frac{1}{1 \times 10^3} = \frac{V_{o1}-1}{2 \times 10^3} \Rightarrow V_{o1} = +3V$$

(2) חישוב V_o במוצא של המגבר A2

$$V(+)=V_2 \times \frac{R_6}{R_5+R_6} = 4 \times \frac{4K}{2K+4K} = +2.667V$$

$$V(+)=V(-)=+2V$$

אדמה מדומה

$$I_{R3} = I_{R4}$$

$$\frac{V_{o1}-V(-)}{R_3} = \frac{V(-)-V_o}{R_4}$$

$$\frac{3-2.667}{2 \times 10^3} = \frac{2.667-V_o}{4 \times 10^3} \Rightarrow V_o = +2V$$

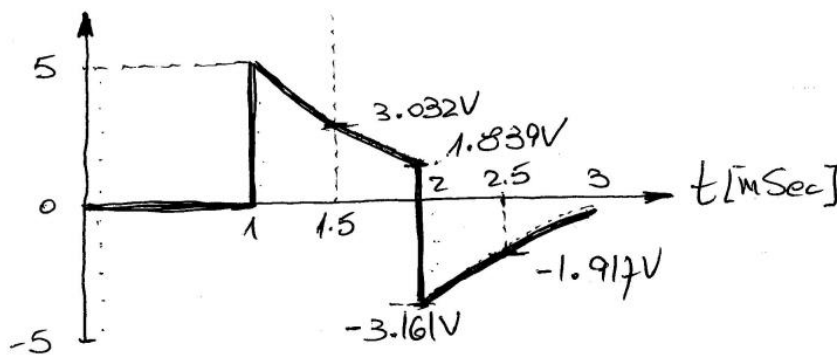
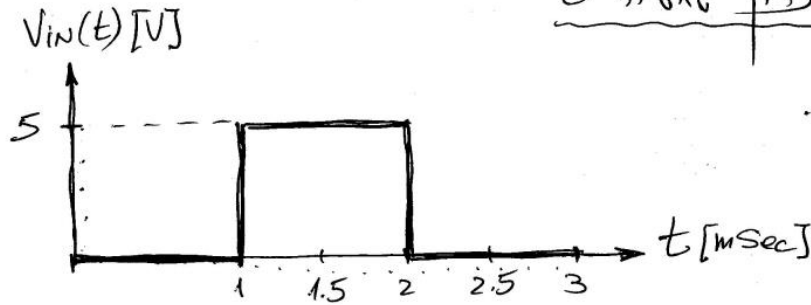
ג. ערכי הנגדים R_4 ו- R_6 לקבלת $V_o = +4V$:

כדי להגדיל את מתח המוצא V_o מ $+2V$ ל- $+4V$ (הכפלה פי 2) יש להכפיל את ערכם של הנגדים R_4, R_6 פי 2. כלומר $R_4 = R_6 = 8K\Omega$

שאלה מספר 8

א.

נכון שאם 8



ב. (1) חישוב מתח המוצא בזמן $t=1.5\text{mSec}$

$$V_{\infty} = 0V$$

$$V_0 = +5V$$

$$t = 1.5 - 1 = 0.5\text{mSec}$$

$$\tau = R \times C = 10 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6} = 1\text{mSec}$$

$$V_{o(t=1.5\text{mSec})} = V_{\infty} (V_{\infty} - V_0) \times e^{\frac{-t}{\tau}}$$

$$V_{out(t=1.5\text{mSec})} = 0 - (0 - 5) \times e^{\frac{-0.5 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}}} = 3.032V$$

(2) חישוב מתח המוצא בזמן $t=2.5\text{mSec}$

נחשב את מתח המוצא בשני שלבים:

שלב 1 – עבור $t=2\text{mSec}$ ($t=2$)

שלב 2 – בפרק הזמן מ $t=1\text{mSec}$ ל $t=2\text{mSec}$.

שלב 1:

$$V_{\infty} = 0V$$

$$V_0 + 5V$$

$$t = 2\text{mSec} - 1\text{mSec} = 1\text{mSec}$$

$$\tau = 1\text{mSec}$$

$$V_{o(2\text{mSec})} = V_{\infty} - (V_{\infty} - V_0) \times e^{\frac{-t}{\tau}} = 0 - (0 - 5) \times e^{\frac{-1\text{m}}{1\text{m}}} = 1.839V$$

שלב 2:

$$V_{\infty} = 0V$$

$$V_0 = 1.839 - 5 = -3.161V$$

$$t = 2.5\text{mSec} - 2\text{mSec} = 0.5\text{mSec}$$

$$\tau = 1\text{mSec}$$

$$V_{o(2.5\text{mSec})} = V_{\infty} - (V_{\infty} - V_0) \times e^{\frac{-t}{\tau}} = 0 - [0 - (-3.161)] \times e^{\frac{-0.5\text{m}}{1\text{m}}} = -1.917V$$

ג. חישוב המתח על הקבל כאשר $t=1.5\text{mSec}$

$$V_{in(t)} = V_{c(t)} + V_{R(t)}$$

$$V_{R(1.5\text{mSec})} = 3.032V$$

$$V_{c(1.5\text{mSec})} = V_{in(1.5\text{mSec})} - V_{R(1.5\text{mSec})} = 5 - 3.032 - 1.968V$$