

פתרון – מבוא להנדסת חשמל – אביב התשס"ז 2007

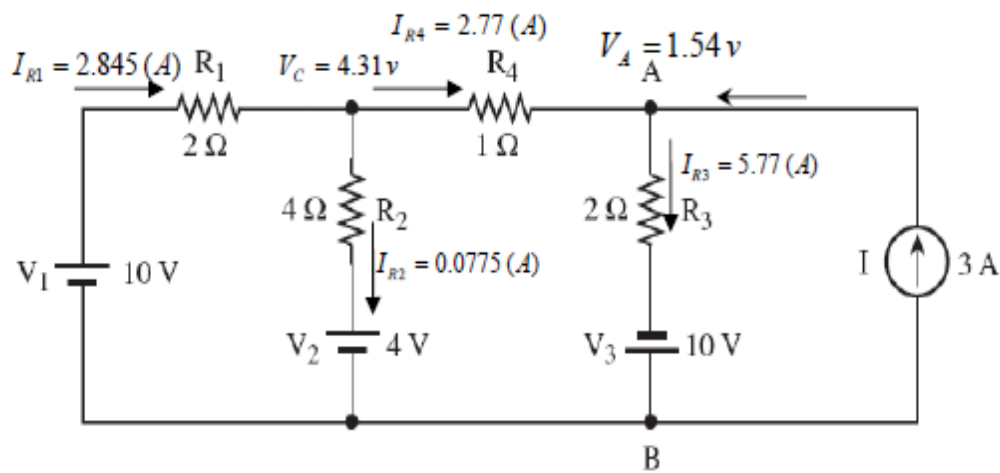
הצעת פתרון שאלות בחינה חיצונית במקצוע
"מבוא להנדסת חשמל"

ליקט וערך: מוזסון משה

ב. נחשב עתה את עוצמת הזרם דרך נגדים R_1 ו- R_2 :

$$I_{R1} = \frac{V_1 - V_C}{R_1} = \frac{10 - 4.31}{2} = 2.845 \text{ A}$$

$$I_{R2} = \frac{V_C - V_2}{R_2} = \frac{4.31 - 4}{4} = 0.0775 \text{ (A)}$$



וביתר ענפי המעגל:

$$I_{R4} = I_{R1} - I_{R2} = 2.845 - 0.0775 \approx 2.77 \text{ (A)}$$

$$I_{R3} = I_{R4} + I = 2.77 + 3 = 5.77 \text{ (A)}$$

ב. ההספק הנצרך במעגל:

$$P = I_{R1}^2 \cdot R_1 + I_{R2}^2 \cdot R_2 + I_{R3}^2 \cdot R_3 + I_{R4}^2 \cdot R_4 + I_{R4} \cdot V_2$$

$$P = 2.845^2 \cdot 2 + 0.0775^2 \cdot 4 + 5.77^2 \cdot 2 + 2.77^2 \cdot 1 + 5.77 \cdot 2 + 0.0775 \cdot 4$$

$$P = 90.5 \text{ (W)}$$

(כיוון הזרם בענף עם מקור V_2 הופך את המקור לצרכן)
- ההספק המושקע ע"י יתר המקורות (בדיקת התוצאות) :

$$P = V_1 \cdot I_{R1} + V_3 \cdot I_{R3} + I \cdot V_{AB}$$

$$P = 10 \cdot 2.845 + 10 \cdot 5.77 + 3 \cdot 1.54 = 90.8 \text{ (W)}$$

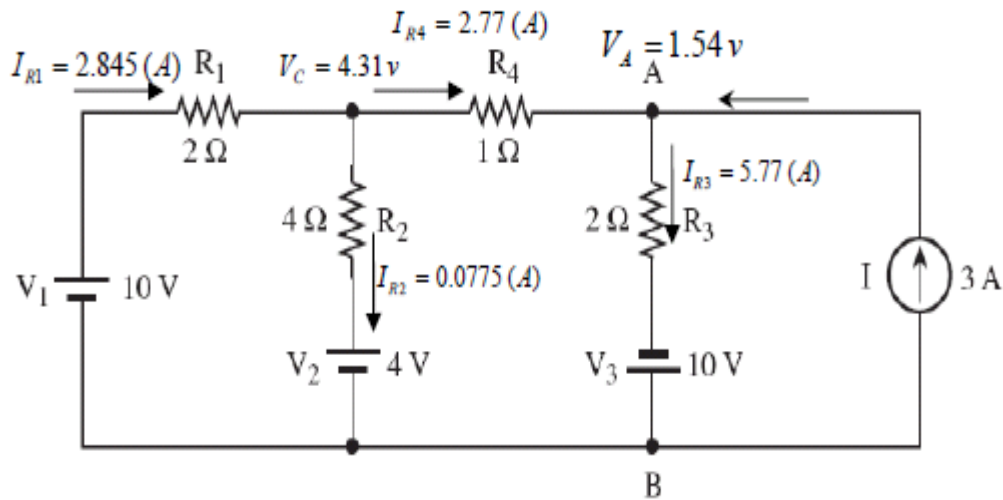
הצעת פתרון שאלות בחינה חיצונית במקצוע
 " מבוא להנדסת חשמל "

ליקט וערך: מוזסון משה

ב. נחשב עתה את עוצמת הזרם דרך נגדים R_2 ו- R_1 :

$$I_{R1} = \frac{V_1 - V_c}{R_1} = \frac{10 - 4.31}{2} = 2.845 \text{ A}$$

$$I_{R2} = \frac{V_c - V_2}{R_2} = \frac{4.31 - 4}{4} = 0.0775 \text{ (A)}$$



וביתר ענפי המעגל:

$$I_{R4} = I_{R1} - I_{R2} = 2.845 - 0.0775 \approx 2.77 \text{ (A)}$$

$$I_{R3} = I_{R4} + I = 2.77 + 3 = 5.77 \text{ (A)}$$

ב. ההספק הנצרך במעגל:

$$P = I_{R1}^2 \cdot R_1 + I_{R2}^2 \cdot R_2 + I_{R3}^2 \cdot R_3 + I_{R4}^2 \cdot R_4 + I_{R4} \cdot V_2$$

$$P = 2.845^2 \cdot 2 + 0.0775^2 \cdot 4 + 2.77^2 \cdot 1 + 5.77^2 \cdot 2 + 0.0775 \cdot 4$$

$$P = 90.5 \text{ (W)}$$

(כיוון הזרם בענף עם מקור V_2 הופך את המקור לצרכן)
 - ההספק המושקע ע"י יתר המקורות (בדיקת התוצאות) :

$$P = V_1 \cdot I_{R1} + V_3 \cdot I_{R3} + I \cdot V_{AB}$$

$$P = 10 \cdot 2.845 + 10 \cdot 5.77 + 3 \cdot 1.54 = 90.8 \text{ (W)}$$

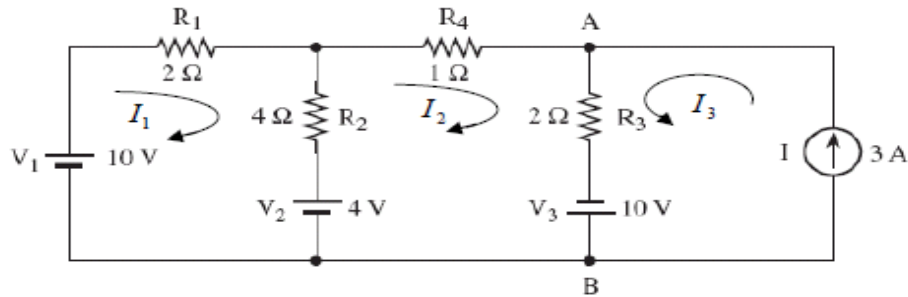
הצעת פתרון שאלות בחינה חיצונית במקצוע
"מבוא להנדסת חשמל"

ליקט וערך: מווסון משה

אביב תשס"ז (2007)

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתואר מעגל חשמלי.



- א. חשב את ערכי הזרמים דרך הנגדים R_1 ו- R_2 .
- ב. חשב את המתח בין הנקודות A ו- B.
- ג. חשב את ההספק הנצרך במעגל.

הצעת פתרון (ב):

א. נרכיב מערכת משוואות לפי שיטת זרמי החוגים:

$$\begin{cases} I_1(R_1 + R_2) - I_2 \cdot R_2 & + I_3 \cdot 0 = V_1 - V_2 \\ -I_1 R_2 & + I_2 \cdot (R_2 + R_3 + R_4) + I_3 \cdot R_3 = V_2 + V_3 \\ I_3 = I \end{cases}$$

נציב נתוני המעגל:

$$\begin{cases} I_1 \cdot 6 - I_2 \cdot 4 = 6 \\ -I_1 \cdot 4 + I_2 \cdot 7 + 3 \cdot 2 = 14 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 \cdot 6 - I_2 \cdot 4 = 6 & (\times 2) \\ -I_1 \cdot 4 + I_2 \cdot 7 = 8 & (\times 3) \end{cases}$$

$$-8I_2 + 21I_2 = 12 + 24$$

$$I_2 = 2.77(A) \quad I_1 = 2.85(A)$$

נחשב עתה את עוצמת הזרם דרך נגדים R_1 ו- R_2 :

$$I_{R1} = I_1 = 2.85(A) \quad I_{R2} = I_1 - I_2 = 2.85 - 2.77 = 0.077(A)$$

וביתר ענפי המעגל:

$$I_{R4} = I_2 = 2.77(A)$$

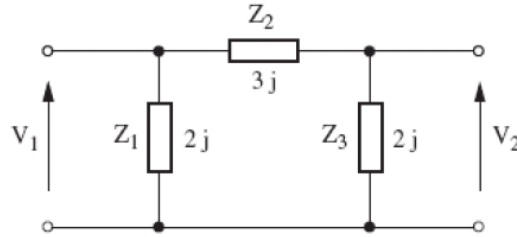
$$I_{R3} = I_{R4} + I = 2.77 + 3 = 5.77(A)$$

ב. המתח בין הנקודות A ו- B :

$$V_{AB} = I_{R3} \cdot R_3 - V_3 = 5.77 \cdot 2 - 10 = 1.54(v)$$

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתונה רשת זוגיים:



איור לשאלה 6

- א. חשב את מקדמי ABCD.
- ב. חשב את העכבה האופיינית של הרשת.
- ג. שתי רשתות כאלה חוברו בקסקדה (שרשרת). חשב את מקדמי ABCD של הרשת הכוללת.

הפתרון המוצע:

א. בעזרת טבלאות נמצא את מקדמי ABCD של חוליה π טיפוסית. כאשר:

$$Z_1 = Z_3 = j2 (\Omega) \quad Z_2 = j3 (\Omega)$$

$$A = 1 + \frac{Z_2}{Z_3} = 1 + \frac{j3}{j2} = 2.5 \quad B = Z_2 = j3 (\Omega)$$

$$C = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{Z_1 \cdot Z_3} = \frac{j2 + j3 + j2}{j2 \times j2} = -j1.75 (s) \quad D = 1 + \frac{Z_2}{Z_1} = 1 + \frac{j3}{j2} = 2.$$

ובהתאם מטריצת המקדמי ABCD:

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.5 & j3 \\ -j1.75 & 2.5 \end{bmatrix}$$

ב. העכבה האופיינית של הרשת סימטרית (ראה נוסחאון):

$$Z_0 = \sqrt{\frac{B}{C}} = \sqrt{\frac{j3}{-j1.75}} = \sqrt{\frac{3 \cdot e^{j90^\circ}}{1.75 \cdot e^{-j90^\circ}}} = 1.31 \cdot e^{j90^\circ} = j1.31 (\Omega)$$

ג. למערך משתי רשתות מחוברות בשרשרת, את מקדמי ABCD נקבל בעזרת כפל מטריצות ABCD של הרשתות המרכיבות אותה. מטריצת הכפל:

$$\begin{bmatrix} A_T & B_T \\ C_T & D_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.5 & j3 \\ -j1.75 & 2.5 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 2.5 & j3 \\ -j1.75 & 2.5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} A_T & B_T \\ C_T & D_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11.5 & j15 \\ -j8.75 & 11.5 \end{bmatrix}$$

ובהתאם המקדמים:

$$A_T = 11.5 \quad C_T = -j8.75 (s)$$

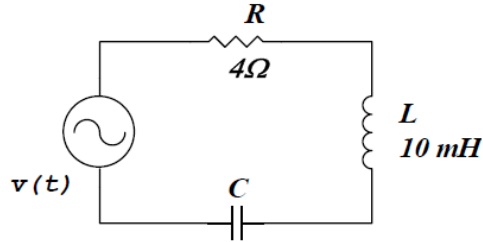
$$B_T = j15 (\Omega) \quad D_T = 11.5$$

ליקט וערך: מוזסון משה

אביב תשס"ז (2007)

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון מעגל חשמלי הנמצא בתהודה. מתח המבוא הוא $v(t) = 20 \sin(10000)t$



- חשב את ערכו של הקבל.
- חשב את המתח על רכיבי המעגל: C, L, R .
- סרטט דיאגרמה פאזורית של המתחים במעגל.
- חשב את גורם הטיב, את רוחב הפס ואת תדרי חצי ההספק.

הצעת פתרון:

א. מעגל נמצא בתהודה בתדר המקור:

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

מכאן ערכו של הקבל:

$$C = \frac{1}{\omega_0^2 \cdot L} = \frac{1}{(10^4)^2 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} = 10^{-5} = 10(\mu F)$$

ב. הגבים של רכיבים בתהודה:

$$X_C = \frac{1}{\omega_0 \cdot C} = \frac{1}{10000 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 10(\Omega) \quad X_L = X_C = 10\Omega$$

העכבה של המעגל, אותה רואה מקור או עכבת הכניסה :

$$Z = R + j(X_L - X_C)$$

$$Z(\omega = \omega_0) = R = 4\Omega$$

עוצמת הזרם בתדר התהודה:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{20\angle 0^\circ}{\sqrt{2} \cdot 4\angle 0^\circ} = 3.54\angle 0^\circ(a)$$

ב. מתח על רכיבי המעגל:

$$V_R = I \cdot R = 3.54\angle 0^\circ \times 4 = 14.14\angle 0^\circ(v)$$

$$V_L = I \cdot Z_L = 3.54\angle 0^\circ \times 10\angle +90^\circ = 35.4\angle 90^\circ(v)$$

$$V_C = I \cdot Z_C = 3.54\angle 0^\circ \times 10\angle -90^\circ = 35.4\angle -90^\circ(v)$$

ד.

- גורם הטיב של המעגל:

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-6}}} = 7.9$$

- רוחב הפס:

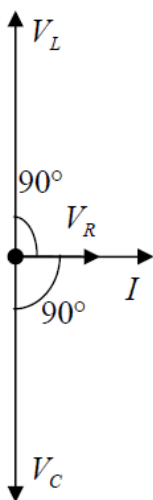
$$Bw = \frac{\omega_0}{Q} = \frac{10000}{7.9} = 1265(\text{rad/sec})$$

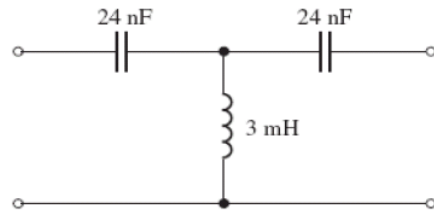
ליקט וערך : מוזסון משה

- תדרי חצי ההספק:

$$\omega_{1,2} = \omega_0 \pm \frac{Bw}{2} = 10000 \pm \frac{1265}{2}$$
$$\omega_2 = 10633 \text{ (rad/sec)} \quad \omega_1 = 9367 \text{ (rad/sec)}$$

ג. דיאגרמה פאזורית של המתחים:





נתונה חוליה מסנן T מסוג K קבוע.

- חשב את ההתנגדות האופיינית R_0 , ואת תדר הפוגה f_c של החוליה.
- חשב את התדר שבו הניחות המסנן היא 25 dB .
- חשב את העכבה האופיינית בתדר $f = 1.5 f_c$.

הצעת פתרון

נתוני המסנן HPF הם:

$$L = 3 \text{ mH}; \quad C = 12 \text{ nF};$$

לפי נתונים של המסנן :
א.

- ההתנגדות האופיינית R_0 של החוליה:

$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^{-3}}{12 \cdot 10^{-9}}} = 500 (\Omega)$$

- תדר הפוגה f_c :

$$f_c = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{4\pi\sqrt{3 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-9}}} = 13.3 \text{ (kHz)}$$

ב. נתרגם את הניחות ליחידות $neper$.

$$N(neper) = \frac{N(dB)}{8.69} = \frac{25}{8.69} = 2.88(neper)$$

צורת השתנות הניחות α בפס החסימה היא:

$$\alpha = 2 \cosh^{-1}\left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)$$

מכאן:

$$2.88 = 2 \cosh^{-1}\left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)$$

$$1.44 = \cosh^{-1}\left(\frac{\omega_c}{\omega}\right) \quad \frac{\omega_c}{\omega} = \cosh 1.44 = 2.23$$

$$\omega = \frac{\omega_c}{2.23} \quad f = \frac{f_c}{2.23} = \frac{13.3}{2.23} = 6 \text{ (kHz)}$$

ג. העכבה האופיינית בתדר $f = 1.5 f_c$

$$Z_{or}(\omega) = R_0 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)^2} = 500 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{1}{1.5}\right)^2} = 373 (\Omega)$$