

**25. תהודה במעגלים טוריים ומקבילים**

25.1 הסבר פיזיקלי של תופעת התהודה

25.2 תדר התהודה

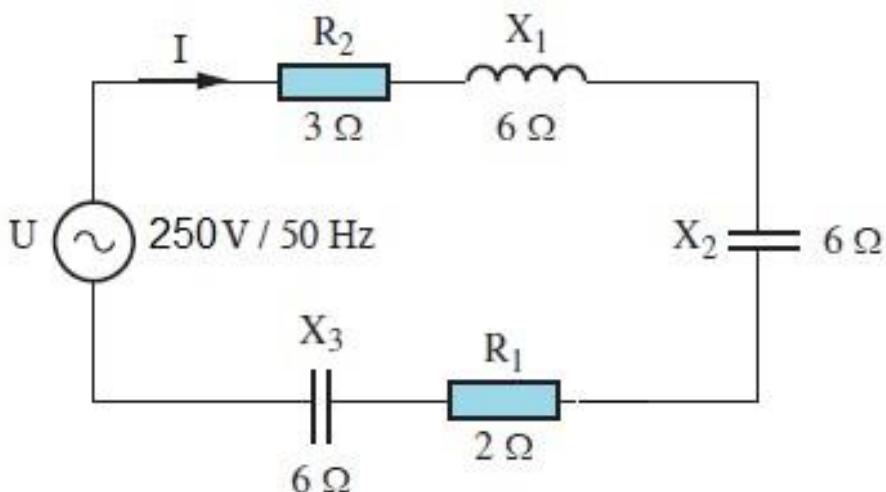
25.3 מתחים וזרם במעגלי RLC טוריים ומקבילים

25.4 ברירות, גורם האיכות, רוחב הפס, תדרי מחצייה והספק

# מעגלי תהודה

## שאלה מס' 1

באיור נתון מעגל זרם חילופין.



- חשב את הזרם  $I$ .
- חשב את המתח על הנגד  $R_2$  ועל הקובל  $X_3$ .
- מה צריך להיות התדר של מקור המתח  $U$ , כדי שהמעגל הזה יהיה במצב תהודה?

## שאלה מס' 2

מעגל RLC טורי נמצא בתחום התדרות הזוויות בתחום ה  $\omega_0 = 10^5 \text{ rad/sec}$ , ורוחב הפס שווה ל- $0.15f_0$ . ההספק הנדרך על-ידי המעגל בתחום ה  $20 \text{ W}$  במתח של  $7 \text{ V}$ .

- חשב את תדר התהודה  $f_0$ .
- חשב את התנגדות הנגד  $R$  שבמעגל.
- חשב את הערכיהם של  $L$  ו- $C$ .
- חשב את גורם הטיב של המעגל במצב תהודה.

### שאלה מס' 3

מעגל  $LC$  טורי נמצא **במצב תהודה**. להלן נתונים המugen:

$$f_0 = 1.27 \text{ kHz}$$

$$Q_0 = 12$$

$$I_{\text{eff}} = 20 \text{ mA}$$

$$U_{\text{eff}} = 30 \text{ V}$$

תדרות תהודה —

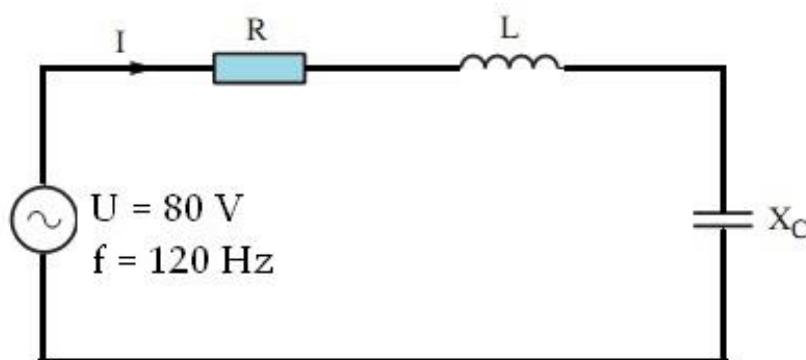
גורם הטיב של המugen —

הערך היעיל של הזרם במעגל —

הערך היעיל של מתח המקור —

- חישב את התנגדות הנגד  $R$ , את השראות הסליל  $L$  ואת קיבול הקובל  $C$  במעגל זה.
- חישב את המתח היעיל על-פני הסליל ואת המתח היעיל על-פני הקובל.
- חישב את רוחב הפס של המugen.

### שאלה מס' 4



לפניך מעגל חסמיי הנמצא בתהודה.

נתוני המugen:

מתח יעיל 80 וולט.

תדר תהודה 120 הרץ.

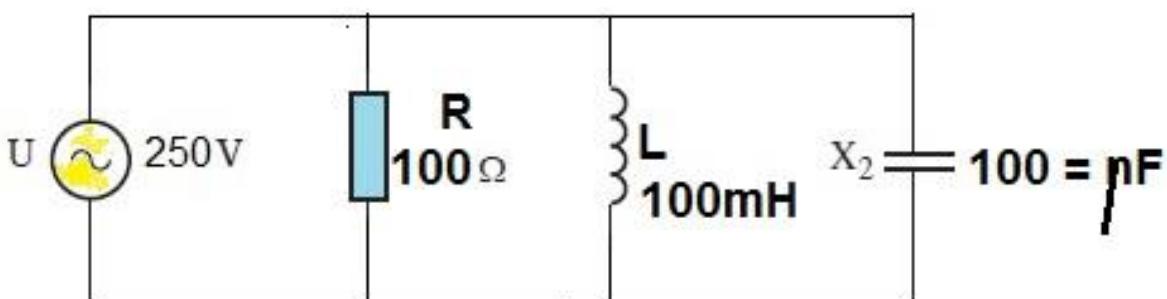
זרם יועל 2 אמפר.

גורם טיב שווה 16.

חישב:

- את התנגדות הנגד.
- את השראות של הסליל.
- רוחב הפס
- מפלי מתח על כל הרכיבים בתהודה.

**נתון מעגל RLC מקבילי**

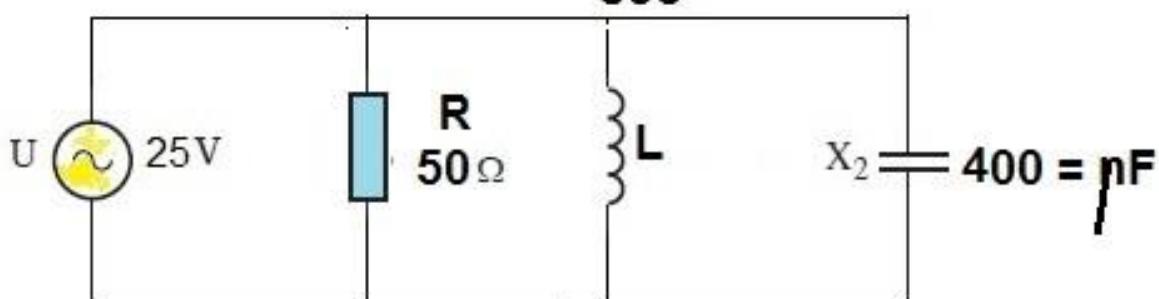


**חשב :**

- את תדר התהודה.
- את הזרם הכללי בזמן תהודה.
- את הזרם דרך כל רכיב בזמן תהודה.
- שרטט את דיאגרמת הזרמים.

**נתון מעגל RLC הנמצא במצב תהודה .**

תדר התהודה זוויתי  $\omega = 500 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$

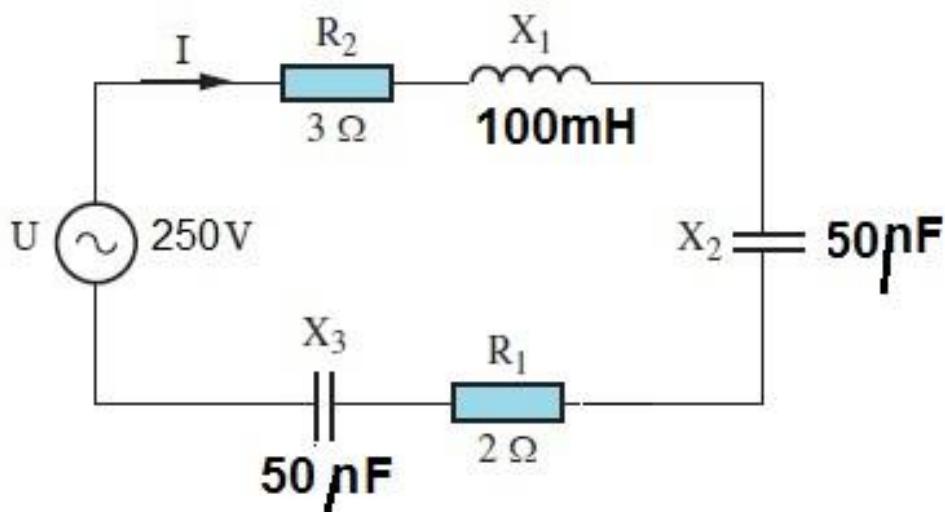


**חשב :**

- את השראות הסוליל.
- את הזרם הכללי בזמן תהודה.
- את הזרם דרך כל רכיב בזמן תהודה.
- את ההספקים P ו- Q במצב של תהודה.

### שאלה מס' 7

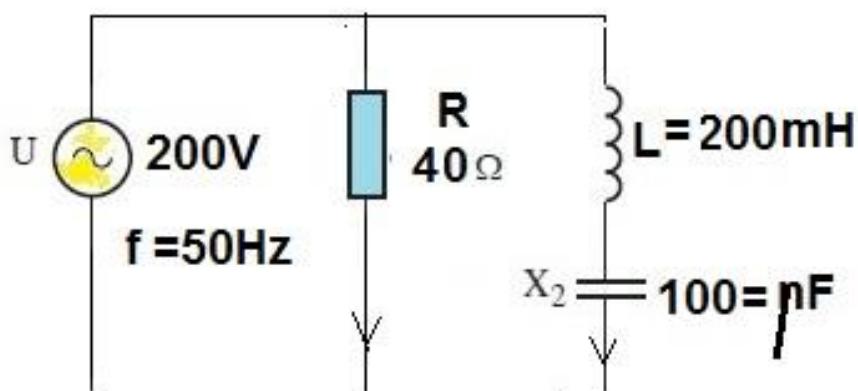
נתון מעגל זרם חילופין.



- חשב את הזרם בתדרות של 50 הרץ.
- חשב את תדרות התהודה.
- חשב את המתח על הנגד בזמן תהודה

### שאלה מס' 8

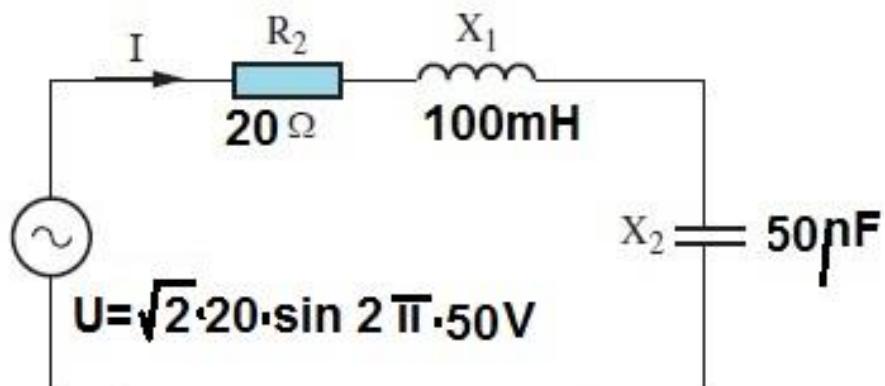
נתון מעגל RLC הנמצא במצב תהודה.



חשב:

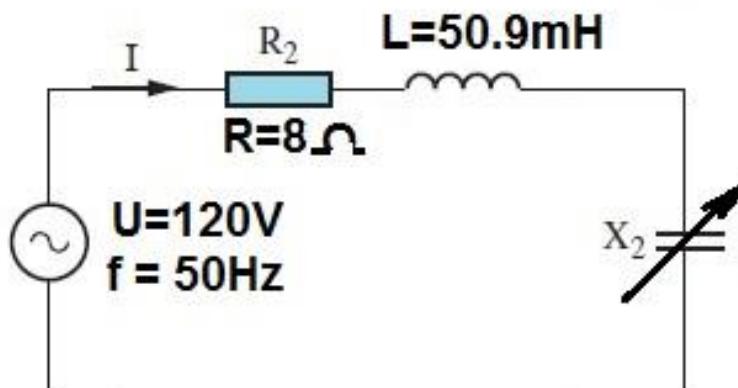
- חשב את הזרמים במעגל.
- חשב את תדר התהודה של המעגל.
- מה יקרה אם המעגל הזה יהיה בתהודה

**נתון מעגל בזרם חילופין**



- חשב את הזרם במעגל ואת מפלி המתוח על כל הרכיבים.
- חשב את תדרות התהודה.
- חשב את המתוח על הנגד בזמן תהודה.

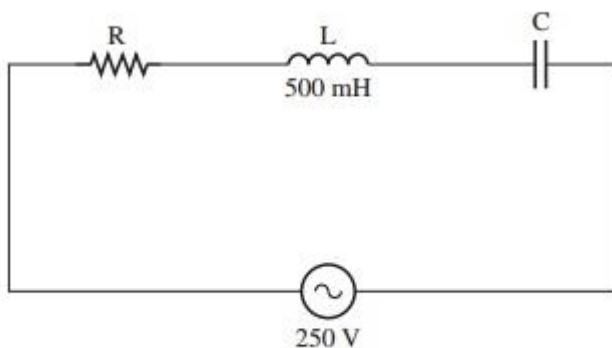
**נתון מעגל בזרם חילופין**



- חשב ושרטט משולש מתחים במעגל, כאשר  $F_m = 318.31 \text{ C}$ .
- חשב מה צריך להיות קיבול הקובל לקבלת תהודה.
- חשב ושרטט דיאגרמת מתחים בתהודה.

## שאלה מס' 11

נתון מעגל טורי הנמצא במצב תהודה.



**נתונים:**

-  $BW = 1 \text{ kHz}$

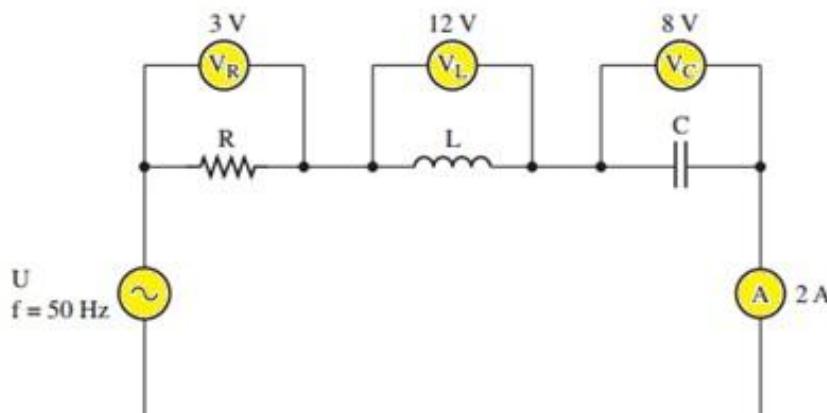
-  $Q_0 = 10$

-  $U = 250 \text{ V}$

- חישב את התדריות הזרויתית בתחוםה.
- חישב את המתיחים  $U_L$  ו-  $U_C$ .
- חישב את התנגדות הנגד  $R$  ואת קיבול הקבל  $C$ .
- חישב את זורם הזרום במעגל.

## שאלה מס' 12

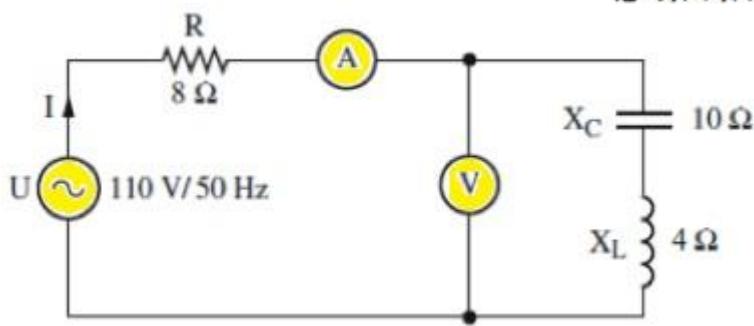
נתון מעגל חסמי לזרם חילופין



- חישב את מתח המקוור  $U$  (הערך היעיל).
- חישב את התנגדות הנגד  $R$ , את השוואות המשNON  $L$  ואת קיבול הקבל  $C$ .
- סרטט במחברתך דיאגרמה פאוזורית של המתיחים במעגל.
1. חישב את ההספק בכל אחד מרכיבי המעלג.  
2. סרטט במחברתך את מושלש ההספקים של המעלג.  
הציג ערכים מחושבים על גבי מושלש ההספקים.

## שאלה מס' 13

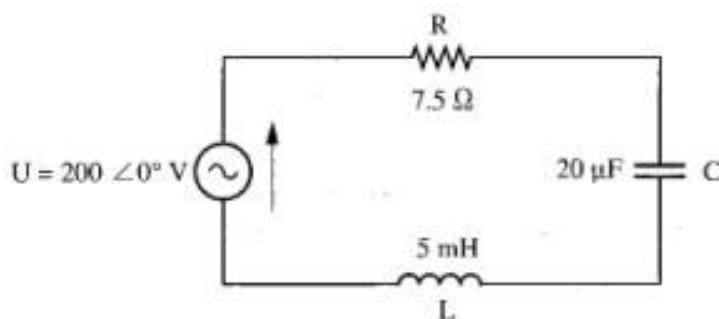
נתון מעגל זרם חילופין חד-מופעי, הכולל מכשירי מדידה אידיאליים.



- חישב את עכבות המעלג וקבע את אופיו המעלג.
- חישב וסרטט את מושלש ההספקים של המעלג.
- חישב את קריאת מכשירי המדידה המופיעים באירוע.
- סרטט זה מתחת לזו את צורת גל מתח המקוור והזרום במעגל.

## שאלה מס' 14

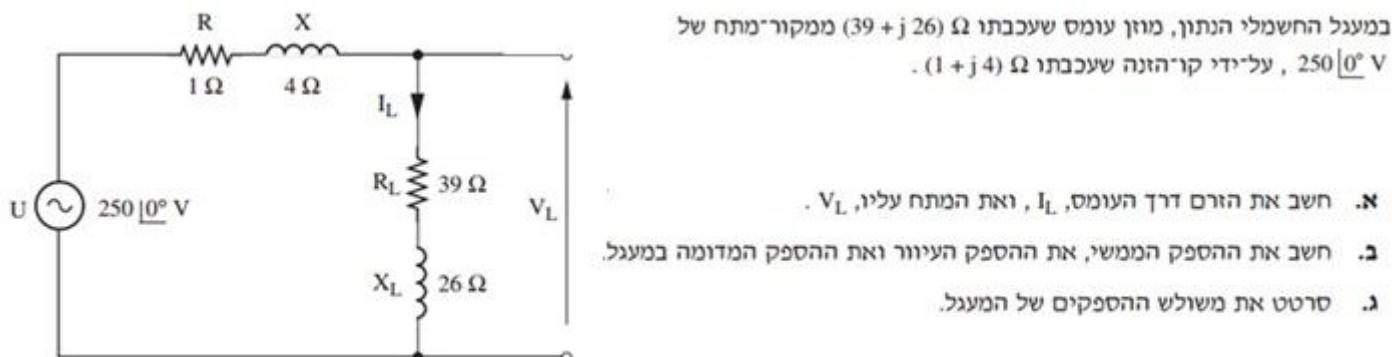
נתון מעגל חשמלי לזרם חילופין. תדר המוקור הוא:  $f = 400 \text{ Hz}$ .



- א. 1. חשב את היבג הסליל ואת היבג הקבל.  
2. חשב את העכבה השקולה של המעגל.
- ב. חשב את הזורם במעגל.
- ג. 1. חשב את ההספק הפעיל, את ההספק החינמי  
ואת ההספק המודומה של המעגל.

2. סרטט במחברותך את מושלוש ההספקים של המעגל. הצג על-גבי הסרטוט את הערבים של ההספקים שחוישבת בתשובהך לסעיף נ' 1.

## שאלה מס' 15



במעגל החשמלי הנתון, מון עומס שעכבותו  $\Omega (26 + j(39))$  ממוקורי-מתוח של  $V \underline{250}^{\circ}$ , על-ידי קו-הזנה שעכבותו  $\Omega (1 + j4)$ .

- א. חשב את הזורם דורך העומס,  $I_L$ , ואת המתוח עליו,  $V_L$ .
- ב. חשב את ההספק הממשי, את ההספק העיוור ואת ההספק המודומה במעגל.
- ג. סרטט את מושלוש ההספקים של המעגל.

## שאלה מס' 16

מעגל מסוג RLC טורי נמצא במצב תהודה. התדריות הזוויתית של המעגל:  $\omega_0 = 10^4 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$

**נתונים:**

$$BW = 0.1 f_0$$

$$U = 80 \text{ V}$$

$$P = 160 \text{ W}$$

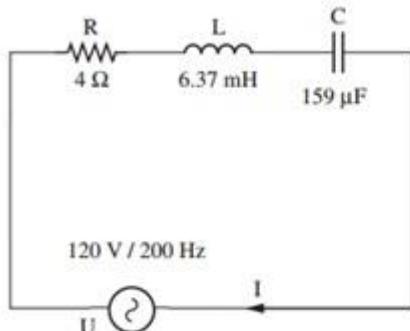
- רוחב הפס של המעגל:

- הערך הייעיל של מתוח המוקור:

- ההספק המתפתח במעגל:

- א. חשב את ההתנגדות  $R$  של המעגל.
- ב. חשב את גורם הטיב של המעגל.
- ג. חשב את השראות הסליל  $L$  ואת קיבוליות הקבל  $C$ .

## שאלה מס' 17



נתון מעגל RLC, המכון על ידי מוקור מתח חילופין.

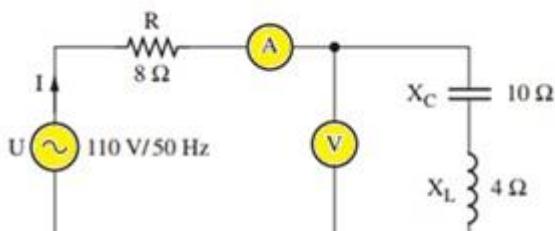
א. חשב את הזרם  $I$  במעגל ואת המתחים  $U_R$ ,  $U_L$  ו-  $U_C$ .

ב. מעוניינים להביא את המעגל שבאיור למצב תהודה, על ידי שינוי קיבול הקבל. חשב את קיבול הקבל שעבורו המעגל ימצא בתהודה.

ג. מעוניינים להביא את המעגל שבאיור למצב תהודה, על ידי שינוי תדר מוקורי המתח. חשב את התדר של מוקורי המתח שעבורו המעגל ימצא בתהודה.

## שאלה מס' 18

נתון מעגל זרם חילופין חד-טומפי, הכולל מכשירי מדידה אידיאליים.



א. חשב את:

1. הזרם הנמדד על ידי מד-הזרום (Ⓐ).

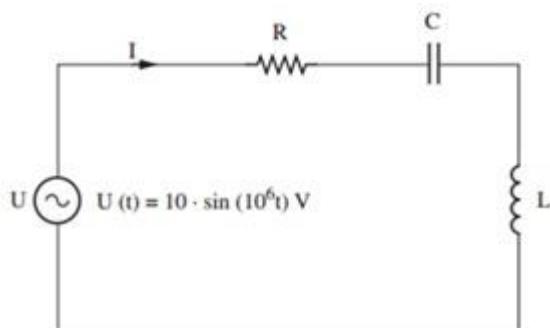
2. המתח הנמדד על ידי מד-המתח (ⓤ).

ב. חשב את השוראות הסליל ואת קיבול הקבל.

ג. קבוע את אופי המעגל (השראות או קיבול). נמק את קביעתך.

ד. חשב את ההספק הממשי, את ההספק ההיגבי ואת ההספק המדומה של המעגל.

## שאלה מס' 19



המעגל החשמלי המתואר נמצא במצב תהודה.

נתוני המעגל הם:

גולם הטיב -  $Q_0 = 40$

הזרם במעגל -  $I_{eff} = 20 \text{ mA}$

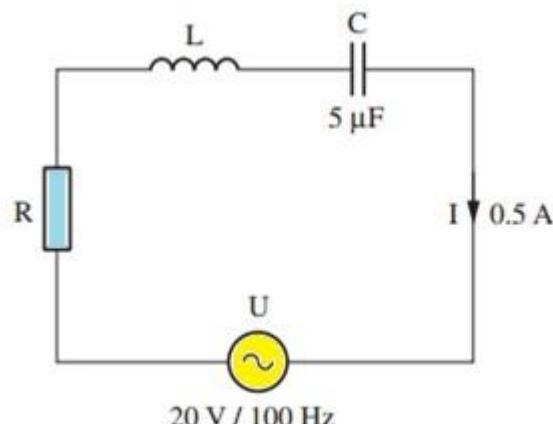
א. חשב את התנגדות של נגד  $R$ , את השוראות הסליל  $L$  ואת קיבול הקבל  $C$ .

ב. 1. חשב את המתח על כל אחד מן הרכיבים במעגל.

2. סרטט דיאגרמה וקטורית של המתחים והזרם במעגל.

ג. חשב את רוחב הפס ואת תדרי מתחית ההספק של המעגל הות.

## שאלה מס' 20



נתון מעגל זרם חילופין. הזרם המרבי במעגל הוא  $A = I$ .

א. חשב את התנגדות השකולה של המעגל.

ב. חשב את השוראות  $L$  של הסליל.

ג. חשב את גולם הטיב ואת רוחב הפס של המעגל.

# פתרונות בתהודה

פתרון שאלה מס' 1

$$I = \frac{U}{Z_T}$$

$$Z_T = R_1 + R_2 + J(X_1 - X_2 - X_3)$$

$$Z_T = 3 + 2 + J(6 - 6 - 6) = 5 - J6$$

$$I = \frac{250\angle 0}{5 - J6} = 32\angle 50.19^\circ [A]$$

א) חישוב הזרם.

ב) חישוב מפל המתוח על הנגד R2

$$U_{R2} = I \bullet R_2 = 32 \bullet 3 = 96 [V]$$

ג) תדר התהודה.

$$X_L = 2\pi \bullet f \bullet L$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi \bullet f} = \frac{6}{2\pi \bullet 50} = 0.019 [H_Y]$$

$$X_{CT} = X_2 + X_3 = 6 + 6 = 12 [\Omega]$$

$$X_{CT} = \frac{1}{2\pi \bullet C_T}$$

$$C_T = \frac{1}{2\pi \bullet f \bullet X_{CT}} = \frac{1}{2\pi \bullet 50 \bullet 12} = 265.4 [\mu F]$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \bullet \sqrt{0.019 \bullet 265.4 \bullet 10^{-6}}} = 70.87 [H_Y]$$

## פתרונות שאלה מס' 2

$$\omega_0 = 10^5$$

$$\omega_0 = 2\pi \bullet f_0$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{10^5}{2\pi} = 15915.49[HZ]$$

א) תדר התהודה

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{230^2}{20} = 2645[\Omega]$$

ב) התנגדות הנגד

$$BW = f_0 \bullet 0.15 = 15915.49 \bullet 0.15 = 2387.32[HZ]$$

ג) ערכי C ו-L

$$BW = \frac{f_0}{Q_0} \Rightarrow Q_0 = \frac{f_0}{BW} = \frac{15915.49}{2387.32} = 6.67$$

$$L = \frac{Q_0 \bullet R}{\omega_0} = \frac{6.67 \bullet 2645}{10^5} = 0.176[H_Y]$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \bullet \sqrt{L \bullet C}} \Rightarrow C = \frac{\left(\frac{1}{2\pi \bullet f_0}\right)^2}{L}$$

$$C = \frac{\left(\frac{1}{2\pi \bullet 15915.49}\right)^2}{0.176} = 258.18[pF]$$

ד) גורם הטיב

מצאו בסעיף הקודם.

### פתרון שאלה מס' 3

(א) נחשב את ההתנגדות  $R$ .

$$R = \frac{U_{ef}}{I_{ef}} = \frac{30}{20 \cdot 10^{-3}} = 1500 [\Omega]$$

$$L = \frac{Q_0 \bullet R}{\omega_0} = \frac{Q_0 \bullet R}{2\pi \bullet f_0} = \frac{12 \bullet 1500}{2\pi \bullet 1.27 \bullet 10^3} = 2.255 [H_Y]$$

(ב) מפלוי מתכזב

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \bullet \sqrt{L \bullet C}} \Rightarrow C = \frac{\left(\frac{1}{2\pi \bullet f_0}\right)^2}{L}$$

$$C = \frac{\left(\frac{1}{2\pi \bullet 1.27 \bullet 10^3}\right)^2}{2.255} = 6.97 [nF]$$

$$X_L = 2\pi \bullet f_0 \bullet L = 2\pi \bullet 1.27 \bullet 10^3 \bullet 2.255 = 18000 [\Omega]$$

$$U_L = U_C = I_{ef} \bullet X_L = 20 \bullet 10^{-3} \bullet 18000 = 360 [V]$$

(ג) רוחב הפס

$$BW = \frac{f_0}{Q_0} = \frac{1.27 \bullet 10^3}{12} = 105.83 [H_Z]$$

פתרון שאלה מס' 4

$$R = \frac{U_{ef}}{I_{ef}} = \frac{80}{2} = 1500[\Omega] \quad (\text{א})$$

$$L = \frac{Q_0 \bullet R}{\omega_0} = \frac{Q_0 \bullet R}{2\pi \bullet f_0} = \frac{16 \bullet 40}{2\pi \bullet 120} = 0.849[H_Y] \quad (\text{ב})$$

$$BW = \frac{f_0}{Q_0} = \frac{120}{16} = 7.5[H_Z]$$

רוחב הפס

$$X_L = 2\pi \bullet f_0 \bullet L = 2\pi \bullet 120 \bullet 0.849 = 639.8[\Omega] \quad (\text{ט})$$

$$U_L = U_C = I_{ef} \bullet X_L = 2 \bullet 639.8 = 1279.61[V]$$

מפל המתח

## פתרונות שאלה מס' 5

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \bullet \sqrt{L \bullet C}}$$

(א) נחשב את תדר התהודה

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \bullet \sqrt{100 \bullet 10^{-3} \bullet 100 \bullet 10^{-6}}} = 50.35[H_z]$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{250}{100} = 2.5[A]$$

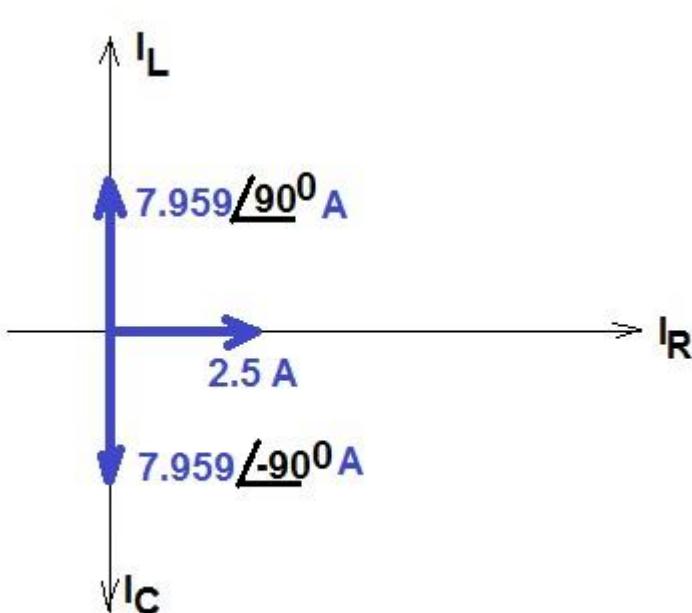
(ב)

$$X_L = 2\pi \bullet f_0 \bullet L = 2\pi \bullet 50.35 \bullet 100 \bullet 10^{-3} = 31.4[\Omega]$$

$$X_L = X_C = 31.4[\Omega]$$

$$I_L = \frac{U}{X_L} = \frac{250}{31.4} = 7.959[A]$$

(ג)



(ד)

דיאגרמת הזרמים.

**פתרונות שאלה מס' 6**

$$X_L = \omega_0 \bullet L$$

(א)

$$X_L = X_C$$

$$X_C = \frac{1}{\omega_0 \bullet C} = \frac{1}{500 \bullet 400 \bullet 10^{-6}} = 5[\Omega]$$

$$L = \frac{X_L}{\omega_0} = \frac{5}{500} = 0.01[H_Y]$$

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{25}{50} = 0.5 \angle 0^0 [A]$$

(ב)

$$I_L = \frac{U}{X_L} = \frac{25 \angle 0}{5 \angle 90} = 5 \angle -90^0 [A]$$

(ג)

$$I_C = \frac{U}{X_C} = \frac{25 \angle 0}{5 \angle -90} = 5 \angle 90^0 [A]$$

(ד)

**את ההספקים נחשב:**

$$P = I_R^2 \bullet R = 0.5^2 \bullet 50 = 12.5[W]$$

$$Q_C = I_C^2 \bullet (-X_C) = 5^2 \bullet (5) = -125[VAR]$$

$$Q_L = I_L^2 \bullet (X_L) = 5^2 \bullet 5 = 125[VAR]$$

$$I = \frac{U}{Z_T} \quad (\text{א})$$

$$C_T = \frac{C_1 \bullet C_2}{C_1 + C_2} = \frac{50 \bullet 50}{50 + 50} = 25[\eta F]$$

$$X_{CT} = \frac{1}{\omega \bullet C_T} = \frac{1}{2\pi \bullet f \bullet C_T} = \frac{1}{2\pi \bullet 50 \bullet 25 \bullet 10^{-6}} = 127.38[\Omega]$$

$$X_L = 2\pi \bullet f \bullet L = 2\pi \bullet 50 \bullet 100 \bullet 10^{-3} = 31.4[\Omega]$$

$$Z_T = R_1 + R_2 + J(X_K - X_{C_T})$$

$$Z_T = 3 + 2 + J(31.4 - 127.38) = 5 - J95.98$$

$$Z_T = 96.11 \angle -87^\circ$$

$$I = \frac{250 \angle 0}{5 - J95.98} = 2.6 \angle 87^\circ [A] \quad (\text{ב})$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \bullet \sqrt{L \bullet C}} = \frac{1}{2\pi \bullet \sqrt{100 \bullet 10^{-3} \bullet 25 \bullet 10^{-6}}} = 100.7[H_z]$$

$$I_R = \frac{U}{R_T} = \frac{250}{3+2} = 50$$

**ב) המתוח על הנגד  
בתהודה**

$$I = \frac{U}{R} = \frac{200\angle 0}{4} = 50\angle 0^\circ [A] \quad (\text{א})$$

$$I_L = I_C = \frac{U}{X_{LC}}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \bullet C} = \frac{1}{2\pi \bullet f \bullet C} = \frac{1}{2\pi \bullet 50 \bullet 100 \bullet 10^{-6}} = 31.83[\Omega]$$

$$X_L = 2\pi \bullet f \bullet L = 2\pi \bullet 50 \bullet 200 \bullet 10^{-3} = 62.83[\Omega]$$

$$I_{LC} = \frac{U}{X_{LC}} = \frac{U}{J(X_L - X_C)} = \frac{200\angle 0}{J(62.83 - 31.83)} = 6.45\angle -90^\circ [A] \quad (\text{ב})$$

$$I_T = I_R + I_{LC} = 50\angle 0 + 6.45\angle -90 = 50.41\angle -7.35^\circ [A]$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \bullet \sqrt{L \bullet C}} = \frac{1}{2\pi \bullet \sqrt{200 \bullet 10^{-3} \bullet 100 \bullet 10^{-6}}} = 35.58[H_z]$$

(ג)

אם המעגל יהיה בתהודה, המשמעות ש-  $C = X_L$ . ואחד מבטל את השני כלומר יהיה קצר בענף של הסליל והקבל.

$$U_e = 20 \bullet \sqrt{2} \bullet \sin(2\pi \bullet 50)t [V] \quad (\text{א})$$

$$U_{eff} = 20 \angle 0 [V]$$

$$f = 50 [Hz]$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \bullet C} = \frac{1}{2\pi \bullet f \bullet C} = \frac{1}{2\pi \bullet 50 \bullet 50 \bullet 10^{-6}} = 63.66 [\Omega]$$

$$X_L = 2\pi \bullet f \bullet L = 2\pi \bullet 50 \bullet 100 \bullet 10^{-3} = 31.4 [\Omega]$$

$$I_T = \frac{U_{eff}}{Z_T} = \frac{U_{eff}}{R + J(X_L - X_C)} = \frac{20 \angle 0}{20 + J(31.4 - 63.66)} = 0.526 \angle -58.2^0 [A]$$

$$U_R = I \bullet R = 0.526 \bullet 20 = 10.52 \angle 0^0 [V]$$

$$U_L = I \bullet X_L = 0.526 \bullet 31.4 = 16.516 \angle 90^0$$

$$U_C = I \bullet X_C = 0.526 \bullet 63.66 = 33.48 \angle -90^0$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \bullet \sqrt{L \bullet C}} = \frac{1}{2\pi \bullet \sqrt{100 \bullet 10^{-3} \bullet 50 \bullet 10^{-6}}} = 71.17 [Hz] \quad (\text{ב})$$

$$I_{eff(R)} = \frac{U_{eff}}{R} = \frac{20}{20} = 1 [A] \quad (\text{ג})$$

$$U = 120 \angle 0^\circ [V] \quad (\text{א})$$

$$f = 50 [Hz]$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 318.31 \cdot 10^{-6}} = 10 [\Omega]$$

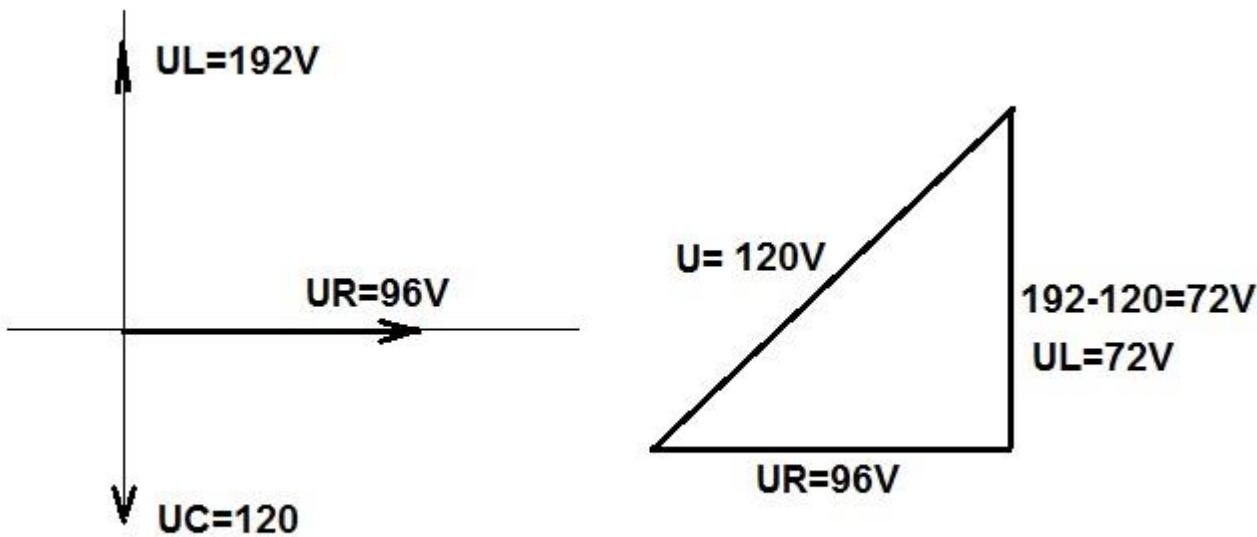
$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \cdot 50 \cdot 50.9 \cdot 10^{-3} = 16 [\Omega]$$

$$I_T = \frac{U}{Z_T} = \frac{U}{R + J(X_L - X_C)} = \frac{120 \angle 0^\circ}{8 + J(16 - 10)} = 10 \angle 36.87^\circ [A]$$

$$U_R = I \cdot R = 12 \cdot 8 = 96 \angle 0^\circ [V]$$

$$U_L = I \cdot X_L = 12 \cdot 16 = 192 \angle 90^\circ$$

$$U_C = I \cdot X_C = 12 \cdot 10 = 120 \angle -90^\circ$$



(ב)

$$X_L = X_C = 16 [\Omega]$$

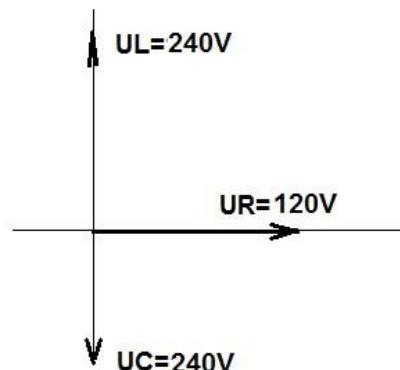
$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 16} = 198.94 [\mu F]$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{120}{8} = 15 [A]$$

$$U_R = I \cdot R = 15 \cdot 8 = 120 [V]$$

$$U_L = I \cdot X_L = 15 \cdot 16 = 240 [V]$$

$$U_C = I \cdot X_C = 15 \cdot 16 = 240 [V]$$



(ג)

$$BW = \frac{f_0}{Q_0} \rightarrow f_0 = BW \cdot Q_0 = 1000 \cdot 10 = 10 \text{ KHz}$$

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 10000 = 62.8K \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$U_L = U_C = Q_0 \cdot U = 10 \cdot 250 = 2500V$$

$$X_C = X_L = \omega_0 \cdot L = 62800 \cdot 500 \cdot 10^{-3} = 31400\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \rightarrow C = \frac{1}{\omega \cdot X_C} = \frac{1}{62800 \cdot 31400} = 0.5 \cdot 10^{-9}F = 0.5 \text{ nF}$$

$$Q_0 = \frac{\omega_0 \cdot L}{R} = \frac{X}{R} \rightarrow R = \frac{X}{Q_0} = \frac{31400}{10} = 3140 \Omega$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R} = \frac{250}{3140} = 0.08A$$

פתרון שאלה מס' 12

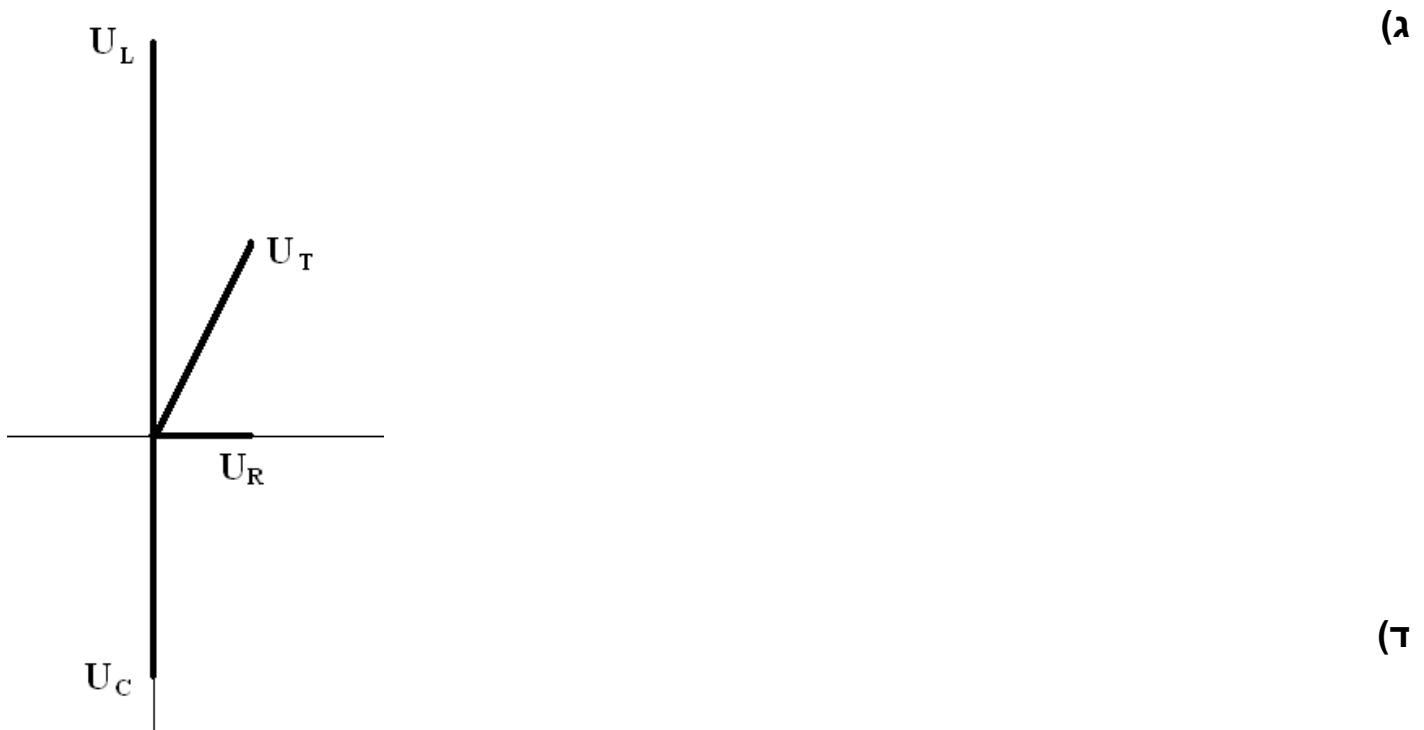
(א)

$$U_T = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{3^2 + (12 - 8)^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5V$$

(ב)

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{3}{2} = 1.5\Omega \quad X_L = \frac{U_L}{I} = \frac{12}{2} = 6\Omega \quad X_C = \frac{U_C}{I} = \frac{8}{2} = 4\Omega$$

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{6}{2 * \pi * 50} = 19.1m \quad C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2 * \pi * 50 * 4} = 800\mu F$$



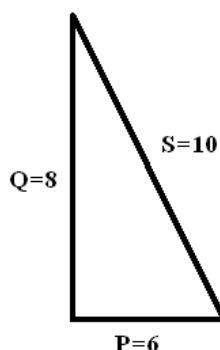
$$P = I^2 \cdot R = 2^2 * 1.5 = 6W$$

$$Q_L = I^2 \cdot X_L = 2^2 * 6 = 24VAr$$

$$Q_C = I^2 \cdot X_C = 2^2 * 4 = 16VAr$$

$$Q_{LC} = Q_L - Q_C = 24 - 16 = 8VAr$$

$$S = U * I = 5 * 2 = 10VA$$



.א

אופי קיבולי  $X_L < X_C$

$$X_T = X_L - X_C = 4 - 10 = 6 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \Omega$$

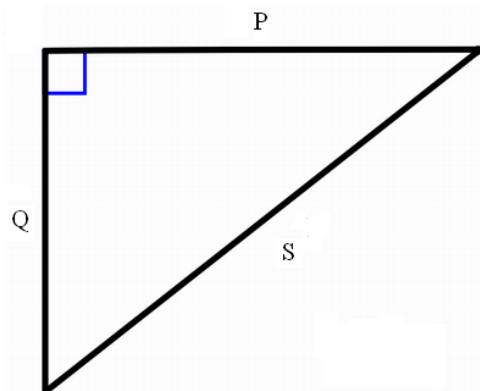
.ב

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{110}{10} = 11A$$

$$P = I^2 \cdot R = 11^2 \cdot 8 = 968 W$$

$$Q = I^2 \cdot X = 11^2 \cdot 6 = 726 VAr$$

$$S = U \cdot I = 110 \cdot 11 = 1210 VA$$

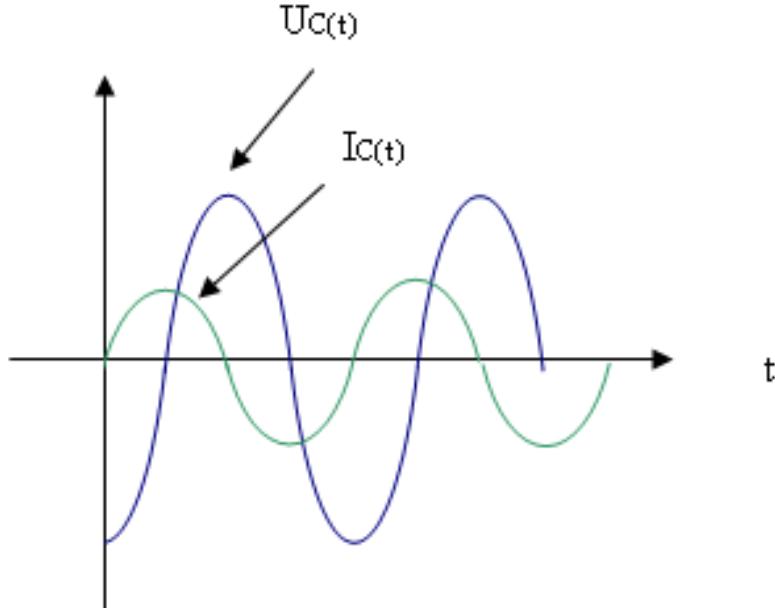


.ג

$$U_V = X_T \cdot I = 6 \cdot 11 = 66 V$$

$$U_V = U_L - U_C = 4 \cdot 11 - 10 \cdot 11 = 66 V$$

.ד



$$\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 400 = 2513$$

$$XL = \omega \cdot L = 2513 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \approx 12.5\Omega$$

$$XC = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2513 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} \approx 20 \Omega$$

$$X_T = X_L - X_C = 12.5 - 20 = 7.5 \Omega$$

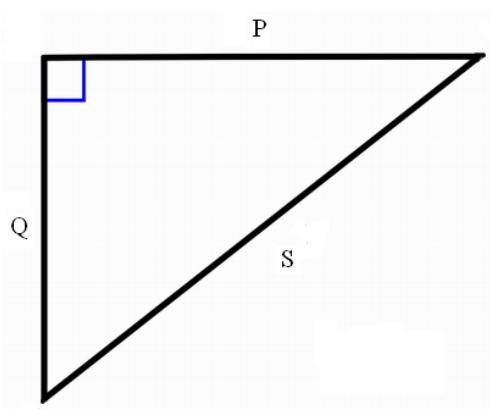
$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{7.5^2 + 7.5^2} = 10.6 \Omega$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{200}{10.6} = 18.86A$$

$$P = I^2 \cdot R = 18.86^2 \cdot 7.5 = 2667 W$$

$$Q = I^2 \cdot X = 18.86^2 \cdot 7.5 = 2667 VAr$$

$$S = U \cdot I = 200 \cdot 18.86 = 3772 VA$$



$$Z = R + X + R_L + X_L = 1 + \underline{j}4 + 39 + \underline{j}26 = 40 + \underline{j}30 = 50\Omega|36.87$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{250}{50} = 5A$$

$$Z_L = R_L + X_L = 39 + \underline{j}26 = 46.8\Omega|33.7 \quad \rightarrow \quad U_{VL} = Z_L * I = 46.8 * 5 = 234V$$

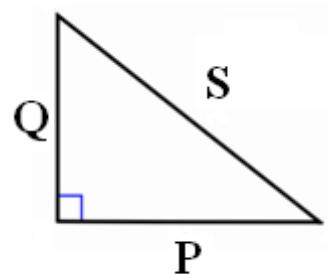
$$U_{RL} = R_L * I = 39 * 5 = 195V \quad U_{XL} = X_L * I = 26 * 5 = 130V$$

$$U_{VL} = \sqrt{U_R^2 + U_{XL}^2} = \sqrt{195^2 + 130^2} = 234V$$

$$P = I^2 \cdot R_T = 5^2 \cdot 40 = 1000 W$$

$$Q = I^2 \cdot X_{LT} = 5^2 \cdot 30 = 750 VAr$$

$$S = U \cdot I = 250 \cdot 5 = 12$$



$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow R = \frac{U^2}{P} = \frac{80^2}{160} = 40\Omega$$

$$\omega_0 = 2 * \pi * f_0 = 10^4 \rightarrow f_0 = \frac{\omega_0}{2 * \pi} = \frac{10^4}{2 * \pi} = \frac{10000}{2 * \pi} = 1591.5\text{Hz}$$

$$\text{BW} = 0.1f_0 = 0.1 * 1591.5 = 159.15\text{Hz}$$

$$Q_0 = \frac{f_0}{\text{BW}} = \frac{1591.5}{159.15} = 10$$

$$L = \frac{Q_0 \cdot R}{2 \cdot \pi \cdot f_0} = \frac{10 * 40}{10^4} = 0.04\text{H}$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot Q_0 \cdot R} = \frac{1}{\omega_0 \cdot Q_0 \cdot R} = \frac{1}{10^4 * 10 * 40} = 250\text{nF}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 * \pi * 200 = 1256.6$$

$$X_L = \omega \cdot L = 1256.6 * 6.37 * 10^{-3} = 8\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{1256.6 * 159 * 10^{-6}} = 5\Omega$$

$$X_T = X_L - X_C = 8 - 5 = 3\Omega \quad Z = \sqrt{R^2 + X_T^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\Omega$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{120}{5} = 24A$$

$$U_R = R \cdot I = 4 * 24 = 96V$$

$$U_L = X_L \cdot I = 8 * 24 = 192V$$

$$U_C = X_C \cdot I = 5 * 24 = 120V$$

$$X_C = X_L = 8\Omega \rightarrow C = \frac{1}{\omega \cdot X_C} = \frac{1}{1256.6 * 8} = 99.4\mu F$$

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{(L \cdot C)}} = \frac{1}{2 * \pi * \sqrt{(6.37 * 10^{-3} * 159 * 10^{-6})}} = 158.14Hz$$

$$X_T = X_L - X_C = 4 - 10 = 6\Omega \quad Z = \sqrt{R^2 + X_T^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10\Omega$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{110}{10} = 11A$$

$$U_L = X_L \cdot I = 4 * 11 = 44V \quad U_C = X_C \cdot I = 10 * 11 = 110V$$

$$U_V = U_L - U_C = 44 - 110 = 66V \quad U_V = X_T * I = 6 * 11 = 66V$$

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{4}{2 * \pi * 50} = 12.7m \quad C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2 * \pi * 50 * 10} = 318.5\mu F$$

קיובלי [ XC>XL ]

$$P = I^2 \cdot R = 11^2 \cdot 8 = 968 W$$

$$Q = I^2 \cdot X_T = 11^2 \cdot 6 = 726 VAr$$

$$S = U \cdot I = 110 \cdot 11 = 1210 VA$$

$$U_{\max} = 10 \text{ V}$$

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} = 7.07 \text{ V}$$

$$\omega = 10^6 = 1000000$$

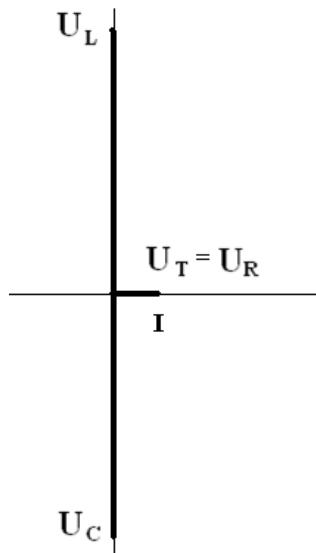
$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1000000}{2\pi} = 159155 \text{ Hz}$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R} \rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{7.07}{0.02} = 353.5 \Omega$$

$$L = \frac{Q_0 \cdot R}{\omega_0} = \frac{40 * 353.5}{1000000} = 14.14 \text{ mH}$$

$$C = \frac{1}{\omega_0 \cdot Q_0 \cdot R} = \frac{1}{1000000 * 40 * 353.5} = 70.7 \text{ pF}$$

$$U_L = U_C = Q_0 \cdot U_T = 40 * 7.07 = 282.8 \text{ V}$$



$$\text{BW} = \frac{f_0}{Q_0} = \frac{159155}{40} = 3978 \text{ Hz}$$

. הזרם מרבי במצב תהודה .

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R} \rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{20}{0.5} = 40\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 * \pi * 100 * 5 * 10^{-6}} = 318.3\Omega$$

$$X_C = X_L = 318.3\Omega \rightarrow L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{318.3}{2 * \pi * 100} = 0.506 \text{ H}$$

$$Q_0 = \frac{X}{R} = \frac{318.3}{40} = 7.957$$

$$\text{BW} = \frac{f_0}{Q_0} = \frac{100}{7.957} = 12.56 \text{ Hz}$$