

# פיזיקה חשמל וגלים אלקטרומגנטיים

פרק 16 - מעגלי זרם חילופין

תוכן העניינים

1. הרצאות ותרגילים.....1

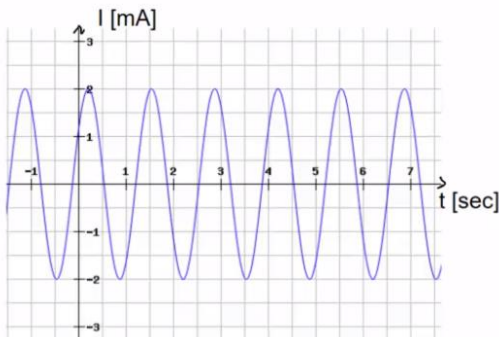
## הרצאות ותרגילים:

### שאלות:

#### (1) חישוב נוסחה

- מקור מתח חילופין מספק מתח מקסימלי של 220 וולט בתדירות 50 הרץ.  
 א. מהו זמן המחזור של הפונקציה ומהי התדירות הזוויתית?  
 ב. רשום נוסחה למתח כתלות בזמן.

#### (2) גרפים

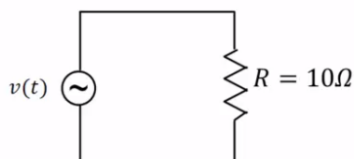


- בניסוי עם מעגל זרם חילופין הזרם במעגל נמדד באמצעות אמפרמטר המחובר למחשב. הזרם כפונקציה של הזמן ניתן מהמחשב בגרף הבא.

- א. מהו הזרם המקסימאלי במעגל?  
 ב. מהו זמן המחזור של המקור ומהי התדירות הזוויתית?  
 ג. מהי זווית המופע של הזרם?  
 ד. רשום את הפונקציה של הזרם כתלות בזמן.

#### (3) נגד ומקור בלבד

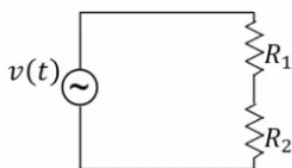
- נגד בעל התנגדות של 10 אוהם מחובר למקור מתח חילופין אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) בעל מתח מקסימאלי של 5 וולט ותדירות של 50 הרץ.



- א. מהי התדירות הזוויתית של המקור?  
 ב. רשום נוסחה למתח המקור כתלות בזמן.  
 ג. מהו הזרם כתלות בזמן במעגל?

#### (4) שני נגדים בטור

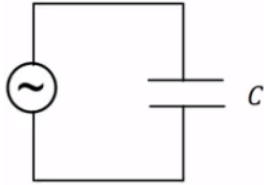
- במעגל הבא שני נגדים:  $R_1 = 5\Omega$ ,  $R_2 = 10\Omega$  המחוברים בטור למקור מתח חילופין אידיאלי בעל מתח מקסימלי 5V ותדירות 10Hz.



- א. מהו המתח כתלות בזמן של המקור?  
 ב. מהו הזרם כתלות בזמן במעגל?  
 ג. מהו הזרם בכל אחד מהנגדים?  
 ד. מהו המתח כתלות בזמן על כל נגד?

**5 קבל ומקור**

מקור מתח חילופין בעל מתח מקסימאלי של 5 וולט ותדירות של 100 הרץ מחובר לקבל בעל קיבול  $C = 150\mu\text{F}$ .



- מצא את המתח של המקור כתלות בזמן.
- חשב את ההיגב של הקבל.
- מצא את הזרם בקבל כתלות בזמן.

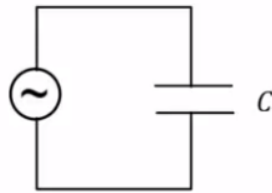
**6 חישוב קיבול מהיגב**

במעגל של מקור אידיאלי וקבל בלבד נתון כי

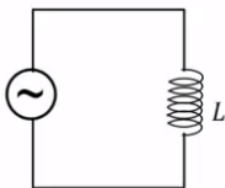
מתח המקור הוא:  $V_s(t) = 3 \sin\left(120t - \frac{\pi}{2}\right)$  בוולט,

והזרם הוא:  $I(t) = 0.02 \sin(120t)$  באמפר.

- מצא את ההיגב של הקבל.
- חשב את הקיבול של הקבל.

**7 סליל ומקור**

סליל בעל השראות  $L = 30\text{mH}$  מחובר למקור מתח חילופין אידיאלי בעל מתח מקסימאלי של 8 וולט ותדירות של 40 הרץ.



- רשום נוסחה למתח המקור כתלות בזמן.
- חשב את העכבה של הסליל ואת הזרם המקסימאלי.
- מהו הזרם כתלות בזמן במעגל?

**8 מצא את המתח**

במעגל עם מקור מתח חילופין מחברים אמפרמטר בטור לסליל. השראת הסליל היא:  $L = 50\text{mH}$ . מדידת האמפרמטר מראה כי הזרם כתלות בזמן הוא:  $I(t) = 0.03 \sin(20\pi \cdot t)$ .

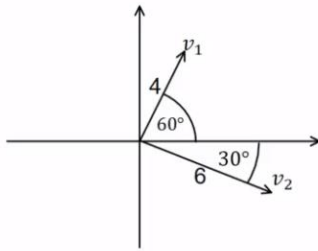
- חשב את העכבה של הסליל.
- מהו המתח על הסליל כתלות בזמן?

**9 בניית פאזורים**

צייר את הפאזור המתאים לכל אחת מהפונקציות הבאות על מערכת צירים:

$$. v_1(t) = 2 \sin\left(50t + \frac{\pi}{6}\right) \quad \text{א.}$$

$$. v_2(t) = 4 \sin\left(50t + \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{ב.}$$

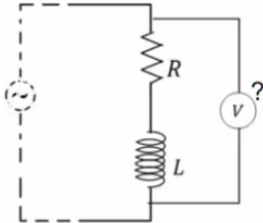
**10 חישוב הפונקציות מהפאזורים**

חשב את הפונקציה המתאימה לפאזורים הבאים אם ידוע כי תדירות המקור היא 50 הרץ.

**11 חיבור שתי פונקציות**

חבר את הפונקציות הבאות באמצעות פאזורים ובדוק כי התוצאה שקיבלת נכונה עבור הזמן  $t = 1 \text{ sec}$ :

$$V_1(t) = 5 \sin\left(20t + \frac{\pi}{6}\right), \quad V_2(t) = 8 \sin\left(20t - \frac{\pi}{4}\right)$$

**12 חיבור סליל ונגד**

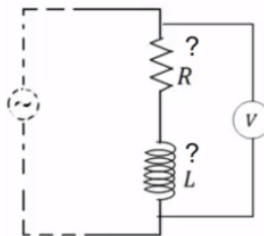
סליל ונגד מחוברים בטור במעגל עם מקור מתח חילופין.

המתח על הסליל כתלות בזמן הוא:  $V_L(t) = 4 \sin\left(50t + \frac{\pi}{2}\right)$

והמתח על הנגד כתלות בזמן הוא:  $V_R(t) = 3 \sin(50t)$ .

מד מתח מודד את המתח על הסליל והנגד ביחד.

מהי פונקציית המתח כתלות בזמן שיראה מד המתח?

**13 פירוק של סליל ונגד**

סליל ונגד מחוברים בטור במעגל עם מקור מתח חילופין.

מד מתח מודד את המתח על הסליל והנגד ביחד.

המתח שמודד מד המתח כתלות בזמן

הוא:  $V_{LR}(t) = 20 \sin\left(20t + \frac{\pi}{3}\right)$  כאשר הפאזה היא

ביחס לזרם במעגל (כלומר הפאזה של הזרם היא אפס).

מהי פונקציית המתח כתלות בזמן של הנגד ומהי פונקציית המתח

כתלות בזמן של הסליל?

**14 פירוק קבל ונגד**

קבל ונגד מחוברים בטור במעגל עם מקור מתח חילופין.

מד מתח מודד את המתח על הקבל והנגד ביחד.

פונקציית המתח שמודד מד המתח כתלות בזמן היא:  $V_{RC}(t) = 5 \sin\left(10t - \frac{\pi}{5}\right)$

כאשר הפאזה היא ביחס לזרם במעגל (כלומר הפאזה של הזרם היא אפס).

מהי פונקציית המתח כתלות בזמן של הנגד ומהי פונקציית המתח כתלות בזמן

של הקבל?

**(15) חישוב מתחים RLC**

במעגל RLC נתון:  $R = 100\Omega$ ,  $L = 30\text{mH}$ ,  $C = 330\mu\text{F}$  והזרם כתלות בזמן הוא:  $I(t) = 0.03 \sin(2\pi \cdot 40 \cdot t)$  באמפר.  
מצא את המתח כתלות בזמן בכל רכיב.

**(16) חישוב זרם**

מקור מתח חילופין מחובר בטור לנגד סליל וקבל.  
נתון כי:  $R = 10\Omega$ ,  $L = 33\text{mH}$ ,  $C = 100\mu\text{F}$ .  
תדירות המקור היא  $50\text{Hz}$  והמתח המקסימאלי שלו הוא  $5\text{V}$ .  
א. חשב את העכבה של המעגל.  
ב. מה יהיה הזרם המקסימאלי במעגל?  
ג. נגדיר את זווית המופע של הזרם להיות אפס, רשום נוסחה לזרם כתלות בזמן.

**(17) חישוב עכבה של סליל ונגד בלבד**

נגד וסליל מחוברים בטור למקור מתח חילופין. התנגדות הנגד היא  $R$ , השראת הסליל היא  $L$  והתדירות הזוויתית של המקור היא  $\omega$ .  
חשב את העכבה של המעגל (התייחס לפרמטרים בשאלה כנתונים).

**(18) חישוב מתח מקור כתלות בזמן**

במעגל מתח חילופין המכיל נגד, סליל וקבל המחוברים בטור נתון:  $R = 20\Omega$ ,  $L = 30\text{mH}$ ,  $C = 100\mu\text{F}$ .  
הזרם במעגל כתלות בזמן הוא:  $I(t) = 0.1 \sin(20\pi t)$  באמפר.  
א. מצא את המתח כתלות בזמן בנגד, בקבל ובסליל.  
ב. מצא את העכבה של המעגל וזווית המופע של המקור.  
ג. רשום נוסחה למתח של המקור כתלות בזמן.

**(19) מתח מקסימאלי בארהב**

בארה"ב המתח בשקע הוא  $110$  וולט, מהו המתח המקסימאלי בשקע אמריקאי?

**(20) תרגיל 1**

מקור מתח חילופין בעל מתח מקסימאלי  $120\text{V}$  ותדירות  $40$  הרץ מחובר לקבל בעל קיבול של  $100\mu\text{F}$ . המתח של הקבל בזמן אפס הוא אפס.  
א. רשום ביטוי למתח על הקבל כפונקציה של הזמן.  
ב. רשום ביטוי לזרם בקבל כתלות בזמן.  
ג. מהו המתח האפקטיבי והזרם האפקטיבי במעגל?

**21 תרגיל 2**

- מקור מתח חילופין עם מתח מקסימאלי של 110 וולט ותדירות 40 הרץ מחובר לסליל של 100mH עם התנגדות פנימית של  $30\Omega$ . הנח כי הזרם בזמן אפס שווה לאפס.
- חשב את העכבה של המעגל.
  - מה הביטוי לזרם בסליל כפונקציה של הזמן?
  - מה הביטוי למתח של הסליל ומתח המקור כתלות בזמן?

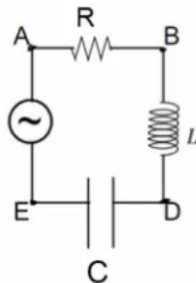
**22 תרגיל 3**

- מקור מתח חילופין עם מתח מקסימאלי של 200 וולט ותדירות 50 הרץ מחובר לסליל של 80mH עם התנגדות פנימית של  $50\Omega$ . הנח כי מתח המקור שווה לאפס בזמן אפס.
- מה הביטוי למתח על הסליל כתלות בזמן?
  - מה הביטוי לזרם בסליל כפונקציה של הזמן?
  - מה הקבל שיביא את המעגל לתהודה?

**23 תרגיל 4**

נתון המעגל שבאיור.

$$V_s(t) = 110\sin(200t), R = 50\Omega, L = 50\text{mH}, C = 70\mu\text{F}$$



- מהו המתח האפקטיבי בין הנקודות AD?
- מהו המתח האפקטיבי בין הנקודות BE?
- מהו הפרש המופע בין הזרם ל-  $V_{AD}$ ?
- מהו הפרש המופע בין הזרם במעגל לבין  $V_{BE}$ ?

## תשובות סופיות:

$$V(t) = 220v \sin(314 \cdot t) \quad \text{ב.} \quad T = 0.02 \text{ sec} , \omega = 314 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (1)$$

$$\theta = 0.675 \text{ rad} \quad \text{ג.} \quad T = \frac{4}{3} \text{ sec} , \omega = 1.5\pi \quad \text{ב.} \quad I_{\max} = 2 \text{ mA} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$I(t) = 2 \text{ mA} \sin(1.5\pi \cdot t + 0.675) \quad \text{ד.}$$

$$I = 0.5 \text{ A} \sin(314 \cdot t) \quad \text{ג.} \quad V(t) = 5v \sin(314 \cdot t) \quad \text{ב.} \quad \omega \approx 314 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (3)$$

$$I_R = \frac{1}{3} \sin(62.8 \cdot t) \quad \text{ב.} \quad V(t) = 5 \cdot \sin(62.8 \cdot t) \quad \text{א.} \quad (4)$$

$$V_1(t) = \frac{5}{3} \sin(62.8 \cdot t) , V_2(t) = \frac{10}{3} \sin(62.8 \cdot t) \quad \text{ד.} \quad I_1 = I_2 = I_R = \frac{1}{3} \sin(62.8 \cdot t) \quad \text{ג.}$$

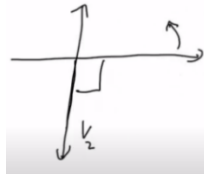
$$I_C(t) = 0.485 \text{ A} \sin\left(628t + \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{ג.} \quad x_C \approx 10.3 \Omega \quad \text{ב.} \quad V_S(t) = 5 \sin(628t) \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$C = 55.6 \mu\text{F} \quad \text{ב.} \quad x_C = 150 \Omega \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$I(t) = 1.06 \sin\left(251t - \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{ג.} \quad x_L = 7.56 \Omega , I_{\max} \approx 1.06 \text{ A} \quad \text{ב.} \quad V_S(t) = 8 \sin(251t) \quad \text{א.} \quad (7)$$

$$V_L(t) = 9.42v \sin\left(20\pi \cdot t + \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{ב.} \quad x_L = 3.14 \Omega \quad \text{א.} \quad (8)$$

$$\text{ב.} \quad \text{א.} \quad (9)$$



$$V_1(t) = 4 \sin\left(314t + \frac{\pi}{3}\right) , V_2(t) = 6 \sin\left(314t - \frac{\pi}{6}\right) \quad (10)$$

$$V_3(t) = 12.9 \sin(20t + 0.684) \quad (11)$$

$$V_{LR}(t) = 5 \sin(50t + 0.93) \quad (12)$$

$$V_R(t) = 10 \sin(20t) , V_L(t) = 10\sqrt{3} \cdot \sin\left(20t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (13)$$

$$V_R(t) = 4.05 \sin(10t) , V_C(t) = 2.94 \sin\left(10t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (14)$$

$$V_R(t) = 3 \sin(2\pi \cdot 40 \cdot t) , V_L(t) = 0.226 \sin\left(2\pi \cdot 40 \cdot t + \frac{\pi}{2}\right) , V_C(t) = 0.317 \sin\left(2\pi \cdot 40 \cdot t - \frac{\pi}{2}\right) \quad (15)$$

$$I(t) = 0.211 \sin(314t) \quad \text{ג.} \quad I_{\max} \approx 0.211 \text{ A} \quad \text{ב.} \quad \omega = 23.7 \Omega \quad \text{א.} \quad (16)$$

$$z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad (17)$$

$$V_R(t) = 2 \sin(20\pi t), \quad V_L(t) = 0.188 \sin\left(20\pi t + \frac{\pi}{2}\right), \quad V_C(t) = 15.9 \sin\left(20\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{א.} \quad (18)$$

$$V_S(t) = 16 \sin(20\pi t + 1.45) \quad \text{ג.} \quad z = 160\Omega \quad \text{ב.}$$

$$V_{\max} \approx 156V \quad (19)$$

$$I(t) = 3.02A \sin\left(80\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{ב.} \quad V_C(t) = 120V \sin(80\pi \cdot t) \quad \text{א.} \quad (20)$$

$$V_{\text{eff}} \approx 84.85V, \quad I_{\text{eff}} \approx 2.135A \quad \text{ג.}$$

$$I(t) = 2.81A \sin(80\pi t) \quad \text{ב.} \quad z_{LR} = 39.1\Omega \quad \text{א.} \quad (21)$$

$$V_{LR}(t) = 110V \sin(80\pi t + 0.696) \quad \text{ג.}$$

$$I(t) = 3.574 \cdot \sin(100\pi t - 55.96) \quad \text{ב.} \quad V_{LR}(t) = 200 \sin(100\pi \cdot t) \quad \text{א.} \quad (22)$$

$$C = 127\mu F \quad \text{ג.}$$

$$\theta_{AD} \approx 0.198\text{rad} \quad \text{ג.} \quad V_{\text{BEff}} \approx 60.3V \quad \text{ב.} \quad V_{\text{ADeff}} = 50.1V \quad \text{א.} \quad (23)$$

$$\theta_{BE} = -\frac{\pi}{2} \quad \text{ד.}$$