

חשמל גלים ואופטיקה לתלמידי מדעיים ביו רפואיים 77112 ו 77134

פרק 27 - מעגלי זרם חילופין

תוכן העניינים

1. הרצאות ותרגילים.....1

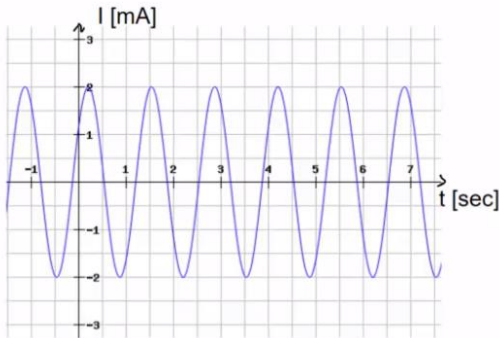
הרצאות ותרגילים:

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

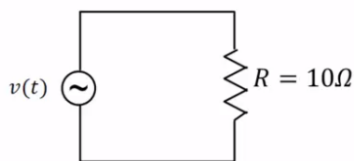


- בניסוי עם מעגל זרם חילופין הזרם במעגל נמדד באמצעות אמפרמטר המחובר למחשב. הזרם כפונקציה של הזמן ניתן מהמחשב בגרף הבא.

- 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

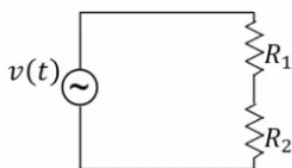
- נגד בעל התנגדות של 10 אוהם מחובר למקור מתח חילופין אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) בעל מתח מקסימאלי של 5 וולט ותדירות של 50 הרץ.



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

(4) שני נגדים בטור

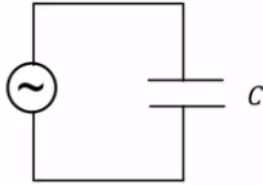
- במעגל הבא שני נגדים: $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 10\Omega$ המחוברים בטור למקור מתח חילופין אידיאלי בעל מתח מקסימלי 5V ותדירות 10Hz.



- 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 $C = 150\mu\text{F}$.



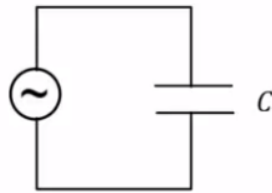
- מצא את המתח של המקור כתלות בזמן.
- חשב את ההיגב של הקבל.
- מצא את הזרם בקבל כתלות בזמן.

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,

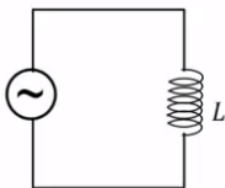
והזרם הוא: $I(t) = 0.02 \sin(120t)$ באמפר.



- 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: $I(t) = 0.03 \sin(20\pi \cdot t)$.

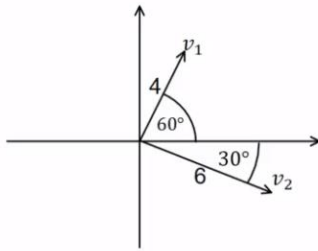
- חשב את העכבה של הסליל.
- מהו המתח על הסליל כתלות בזמן?

9 בניית פאזורים

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

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

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

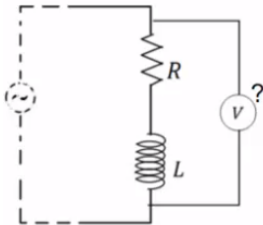
**10 חישוב הפונקציות מהפאזורים**

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

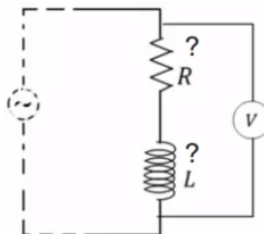
סליל ונגד מחוברים בטור במעגל עם מקור מתח חילופין.

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 50Hz והמתח המקסימאלי שלו הוא 5V .
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 ω .
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 120V 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 30Ω . 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?

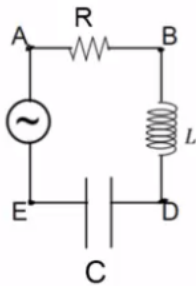
22) תרגיל 3

- מקור מתח חילופין עם מתח מקסימאלי של 200 וולט ותדירות 50 הרץ מחובר לסליל של 80mH עם התנגדות פנימית של 50Ω . 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.

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



- 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:

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

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

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

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

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

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

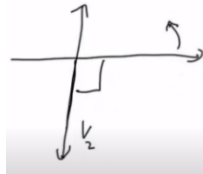
$$I_C(t) = 0.485 \text{ A} \sin\left(628t + \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{ג.} \quad x_C \approx 10.3 \Omega \quad \text{ב.} \quad V_S(t) = 5 \sin(628t) \quad \text{א.} \quad (5)$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$C = 127\mu F \quad \text{ג.}$$

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

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