

## תורת החשמל

### להנדסאים ולטכנאים – הנדסת חשמל

#### הנחיות לנבחן

ארבע שעות.

א. משך הבחינה:

בבחינה זו, מותר לך לענות על מספר שאלות כרצונך, אך סך כל הנקודות שתוכל לצבור בכלל הבחינה לא יעלה על 120.

ב. מבנה השאלון ומפתח הערכה:

ניתן לצבור נקודות גם מחלקי שאלות.

**בכל מקרה הציון הסופי לא יעלה על 100.**

בשאלון זה 9 שאלות.

ערך כל שאלה 20 נקודות.

1. מחשבון. (אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיזונית).

ג. חומר עזר מותר לשימוש:

2. חוברת עזר מקורית בתורת החשמל שבהוצאת מה"ט:

חוברת נקייה, שאין בה לא הערות או תוספות כלשהן, בין בכתב יד בין מודפסות.

**אין להעביר חומר עזר, ספרים ומחשבוניס בין הנבחנים.**

ד. הוראות מיוחדות:

1. יש לקרוא בעיון את ההנחיות בדף השער ואת כל שאלות הבחינה, ולוודא שהן מובנות.

2. יש להשאיר את העמוד הראשון במחברת הבחינה ריק. בסיום המבחן יש לרשום בעמוד זה את מספרי התשובות לבדיקה. התשובות ייבדקו לפי סדר כתיבתן בעמוד זה. לא ייבדקו תשובות עודפות (מעבר ל- 120 נק').

3. יש לכתוב את התשובות בעט בלבד, בכתב יד ברור.

4. יש להתחיל כל תשובה בעמוד חדש ולציין את מספר השאלה ואת הסעיף. אין צורך להעתיק את השאלה עצמה.

5. טיוטה יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום את המילה "טיוטה" בראש העמוד ולהעביר קו על הכתוב כדי שלא ייבדק.

6. **אין לאחד סעיפים!** לכל סעיף שבשאלה יש לתת תשובה נפרדת.

7. תשובה מלאה לסעיף שאלה הכרוך בחישובים היא תשובה שבה מוצג הביטוי המתמטי שלפיו ייעשה החישוב, הערכים המוצבים בביטוי, ותוצאת החישוב מוצגת באמצעות מספר ויחידות.

8. כל מספר המוצב בביטוי מתמטי חייב להיות תוצאה של חישוב קודם או נתון המופיע בגוף השאלה.

9. אין השימוש במחשבון פוטר מהצורך להציג את הצבת הערכים בביטוי המתמטי.

10. תשובה שאינה מנומקת או שאין דרך הפתרון מוצגת בה **לא תזכה בניקוד כלל.**

11. אם להערכתך חסר נתון או קיים נתון שגוי בשאלה, עליך לציין זאת במפורש במחברת הבחינה, ולבחור ערך מתאים שיאפשר לך להמשיך בפתרון השאלה. חובה להסביר ולנמק את הבחירה.

**חל איסור מוחלט להוציא שאלון או מחברת בחינה מחדר הבחינה!**

**ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.**

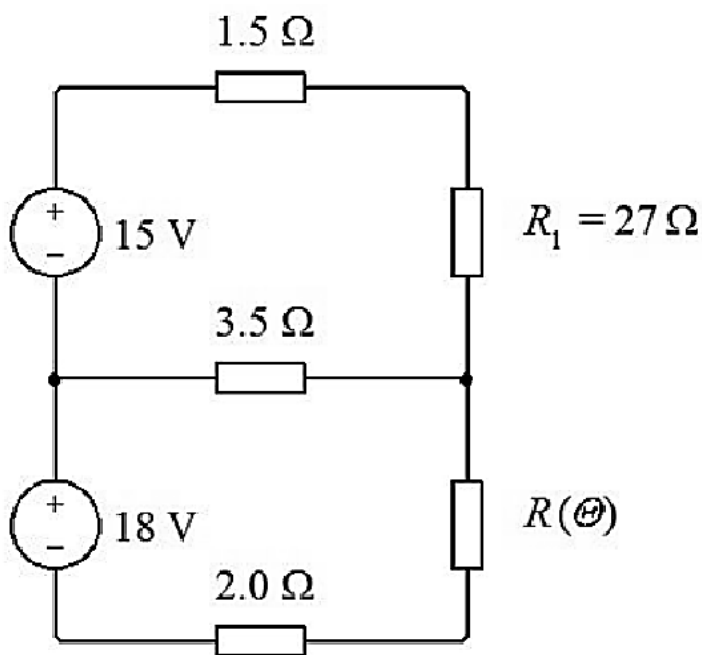
**בהצלחה!**

**שאלות 1-9 (ערך כל שאלה 20 נקודות)**

**שאלה 1**

ארבעה התקנים במעגל שבאיור לשאלה 1: שני מקורות מתח ישר; נגד  $R_1$  שהתנגדותו קבועה; ונגד  $R(\theta)$  שהתנגדותו תלויה בטמפרטורה. שלושת ההתנגדויות האחרות שבמעגל הן התנגדויות המוליכים המחוברים את מקורות המתח אל הנגדים.

התלות בטמפרטורה של התנגדות נגד  $R(\theta)$  היא לפי קו ישר. בטמפרטורה של  $15^\circ\text{C}$  התנגדותו היא  $12.3\ \Omega$  וקבוע הטמפרטורה שלו הוא  $0.03\ \frac{1}{^\circ\text{C}}$ .

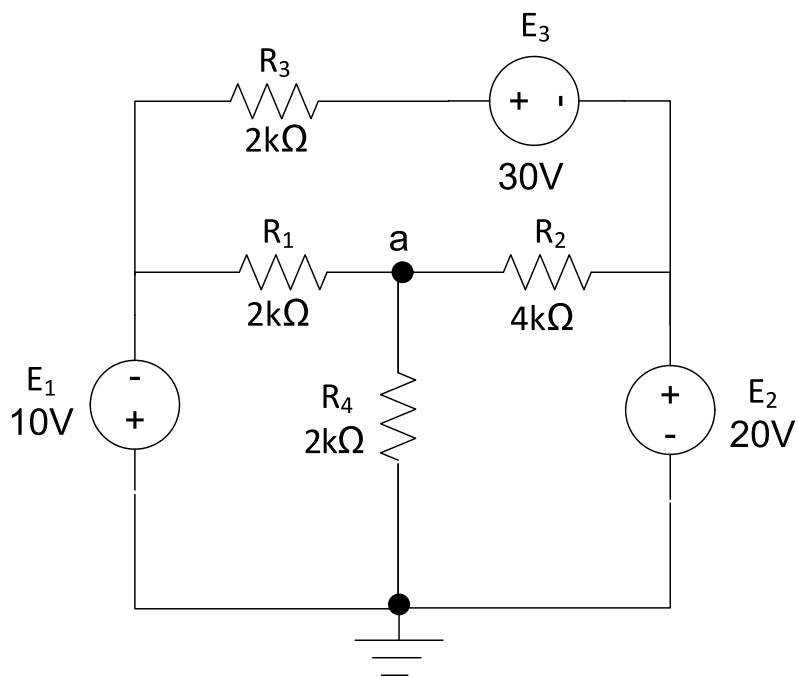


**איור לשאלה 1**

- 8 נק') א. מה ההתנגדות של נגד  $R(\theta)$ , כשהזרם בהתנגדות של  $3.5\ \Omega$  הוא אפס אמפר 0 A?
- 4 נק') ב. מה הטמפרטורה של נגד  $R(\theta)$ , כשהזרם בהתנגדות של  $3.5\ \Omega$  הוא אפס אמפר 0 A?
- 8 נק') ג. מה מגמת הזרם בהתנגדות של  $3.5\ \Omega$ , כשהטמפרטורה של נגד  $R(\theta)$  היא  $15^\circ\text{C}$ ?

**שאלה 2**

באיור לשאלה 2 מוצג מעגל חשמלי.



**איור לשאלה 2**

10 נק' א. מהו ערך המתח בצומת a ביחס לאדמה?

10 נק' ב. כמה הספק מתפתח בכל אחד ממקורות האנרגיה, האם הוא צרכן אנרגיה או ספק אנרגיה?

### שאלה 3

סוללה מורכבת מתאי מתח זהים.

הכא"מ של כל תא הוא 2 v, ההתנגדות הפנימית של כל תא היא  $0.6 \Omega$  והקיבול הוא 300 mAh.

הסוללה מזינה עומס בעל ערכים נקובים של 15 v / 150 W.

נדרש להפעיל את העומס בערכיו הנקובים באופן שיצרוך הספק מרבי מהסוללה.

7 נק' א. כיצד מחוברים התאים בתוך הסוללה כדי שהעומס יפעל כנדרש?

3 נק' ב. כמה הספק מתפזר בתוך הסוללה?

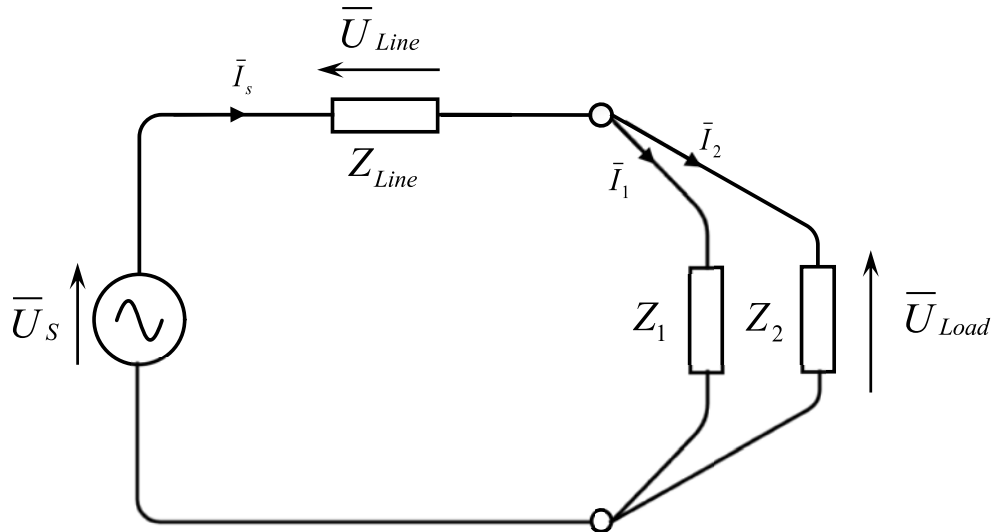
3 נק' ג. מהי נצילות המעגל?

2 נק' ד. במשך כמה זמן אפשר להפעיל את העומס (הנח שמתח הסוללה אינו משתנה במהלך הפעלת העומס)?

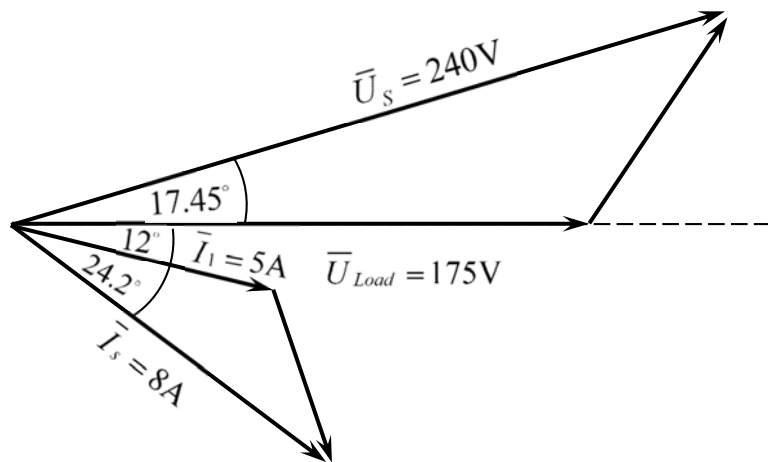
5 נק' ה. עקב תקלה, נותק אחד הענפים בתוך הסוללה. כמה זרם זורם דרך העומס?

**שאלה 4**

באיור א' לשאלה 4 מוצגים שני עומסים חשמליים  $Z_1$  ו- $Z_2$  המחוברים בין הדקיה של רשת חילופין הפועלת בתדירות של 50Hz.  $Z_{Line}$  היא עכבת הקו של הרשת. דיאגרמת מחוגי הזרמים והמתחים במעגל מוצגת באיור ב' לשאלה 4.



**איור א' לשאלה 4**



**איור ב' לשאלה 4**

5) נק' א. מהם ערכי כל אחד מהרכיבים המתארים את שני העומסים  $Z_1$  ו- $Z_2$ ?

5) נק' ב. מהו ההספק הכולל המתפתח בשני העומסים יחדיו? הצג אותו בצורת  $S_{Load} = P_{Load} \pm jQ_{Load}$ .

3) נק' ג. נדרש להפעיל את שני העומסים יחדיו בגורם הספק  $P.F = 1$ , לצורך כך, מחברים בין הדקי הרשת

(במקביל לעומסים  $Z_1$  ו- $Z_2$ ) עכבה  $Z_0$ , מהו ערכה של העכבה?

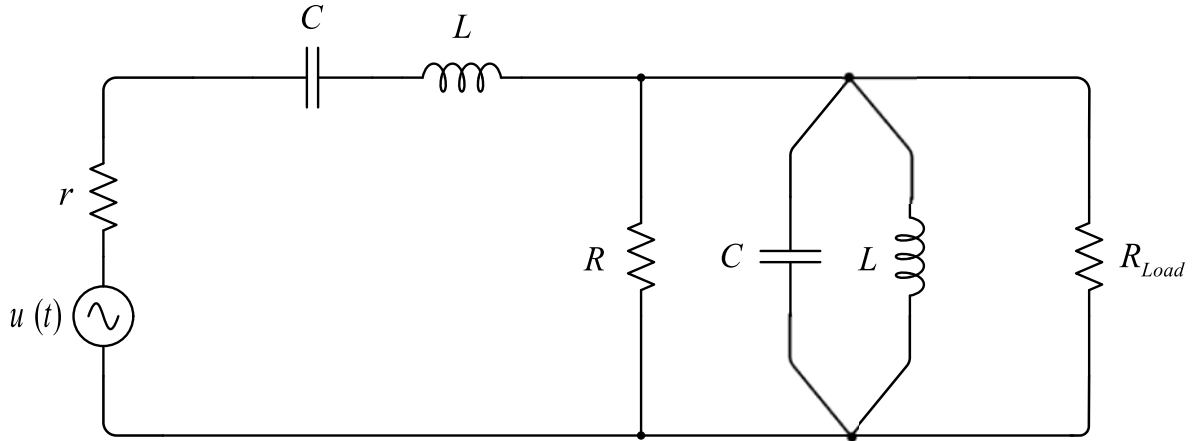
**הנחיה:** צריך להתקיים  $Z_0 = Z_{Load}^*$ .

7) נק' ד. מהו הזרם הכולל  $I_s$  במעגל לאחר הוספת העכבה  $Z_0$  ומהו גורם ההספק של המעגל הכולל?

**שאלה 5**

באיור לשאלה 5 מוצג מעגל לזרם חילופין. מקור המתח הוא בעל תדירות שאפשר לשנותה בטווח ערכים רחב. למעגל מחובר עומס חשמלי  $R_{Load}$  שהתנגדותו אינה נתונה.

נתונים:  $u(t) = 100 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \text{ V}$ ,  $r = 10 \Omega$ ,  $R = 490 \Omega$ ,  $C = 1 \mu\text{F}$ ,  $L = 5 \text{ mH}$

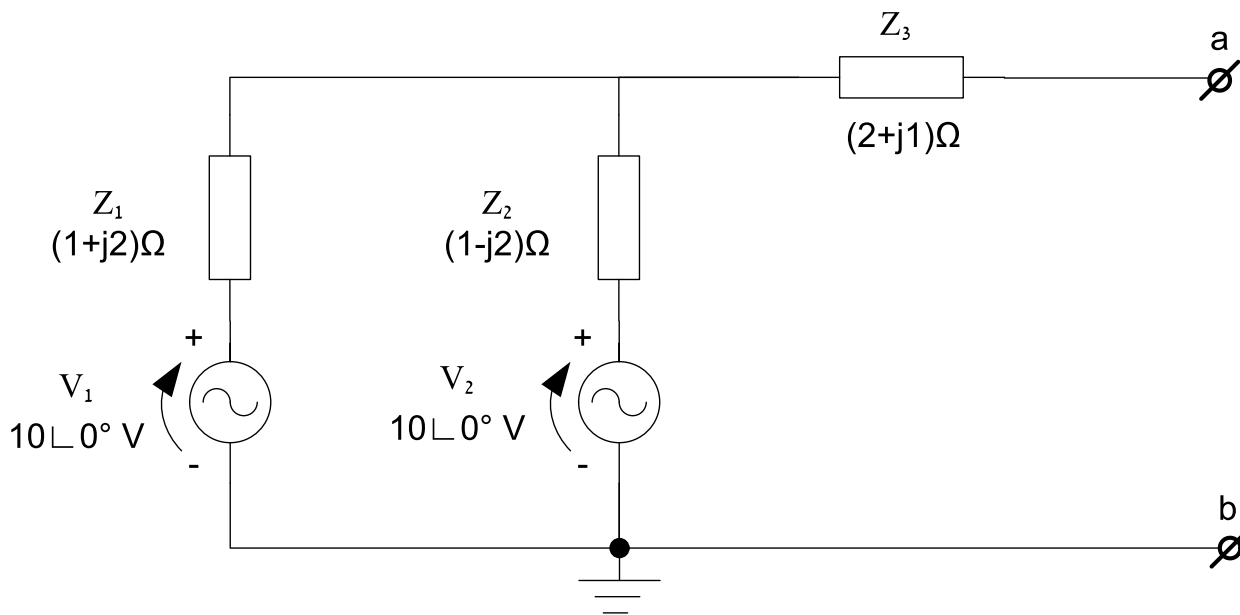


**איור לשאלה 5**

- 5 נק') א. מהי התדירות שעבורה המעגל יימצא בתהודת זרמים ומתחים יחדיו?  
 10 נק') ב. במצב שבו המעגל פועל בתדירות שחושבה בסעיף א' (נקודת העבודה).  
 מהי התנגדות העומס כדי שיתפתח בה הספק מרבי, ומהו ערכו של ההספק המרבי?  
 5 נק') ג. מהי נצילות העברת האנרגיה לעומס בנקודת העבודה שבה מתפתח הספק מרבי?

**שאלה 6**

באיור לשאלה 6 מוצג מעגל חשמלי.



**איור לשאלה 6**

12 נק' א. חשב והצג את מעגל שקול תבנית בין ההדקים a ו-b.

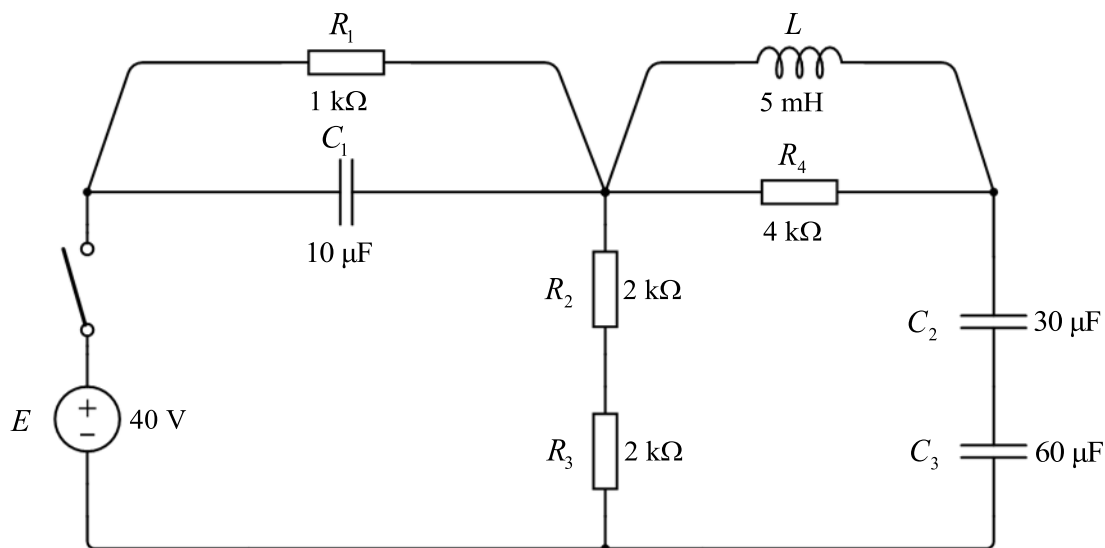
4 נק' ב. מה ערכה של עכבת העומס  $Z_L = R_L \pm jX_L$  שיש לחבר בין ההדקים a ו-b

כדי שיתפתח בה הספק ממשי מרבי?

4 נק' ג. מהו ההספק הממשי המרבי המתפתח בעומס שחשבת בסעיף ב'?

### שאלה 7

באיור לשאלה 7 מוצג מעגל לזרם ישר. נתון כי המפסק היה פתוח במשך זמן רב והאנרגיה האגורה במעגל שווה לאפס.



איור לשאלה 7

בזמן  $t = 0$  סוגרים את המפסק.

5 נק' א. מהו הזרם העובר במקור המתח בזמן  $t = 0^+$ , רגע לאחר סגירת המפסק?

5 נק' ב. כמה הספק חשמלי מתפזר במעגל בחלוף כל תופעות המעבר?

5 נק' ג. כמה אנרגיה אגורה במעגל בחלוף כל תופעות המעבר?

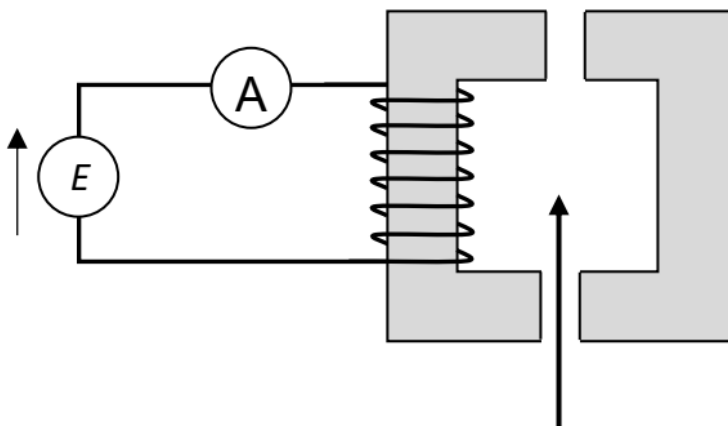
5 נק' ד. מנתקים את הנגד  $R_1$ .

מהו המטען החשמלי האגור בכל אחד מהקבלים בחלוף כל תופעות המעבר?



### שאלה 8

באיור לשאלה 8 מתואר המבנה של ליבת אלקטרומגנט. נתוני הליבה: האורך הממוצע בחומר הפרומגנטי הוא 20 cm, שטח חתך ממוצע הוא  $100 \text{ mm}^2$ , החלחלות היחסית היא  $\mu_r = 3000$ . אורך כל אחד מחריצי האוויר הוא 0.4 mm. על הליבה מלופף סליל בעל 500 כריכות. אורך המוליך ממנו עשוי הסליל הוא 80 m, שטח חתכו הוא  $0.8 \text{ mm}^2$  והתנגדותו הסגולית היא  $\rho = 0.02 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ . הסליל מוזן ממקור מתח ישר בעל כ"מ  $E = 30 \text{ v}$ . האמפרמטר באיור הוא אידיאלי.

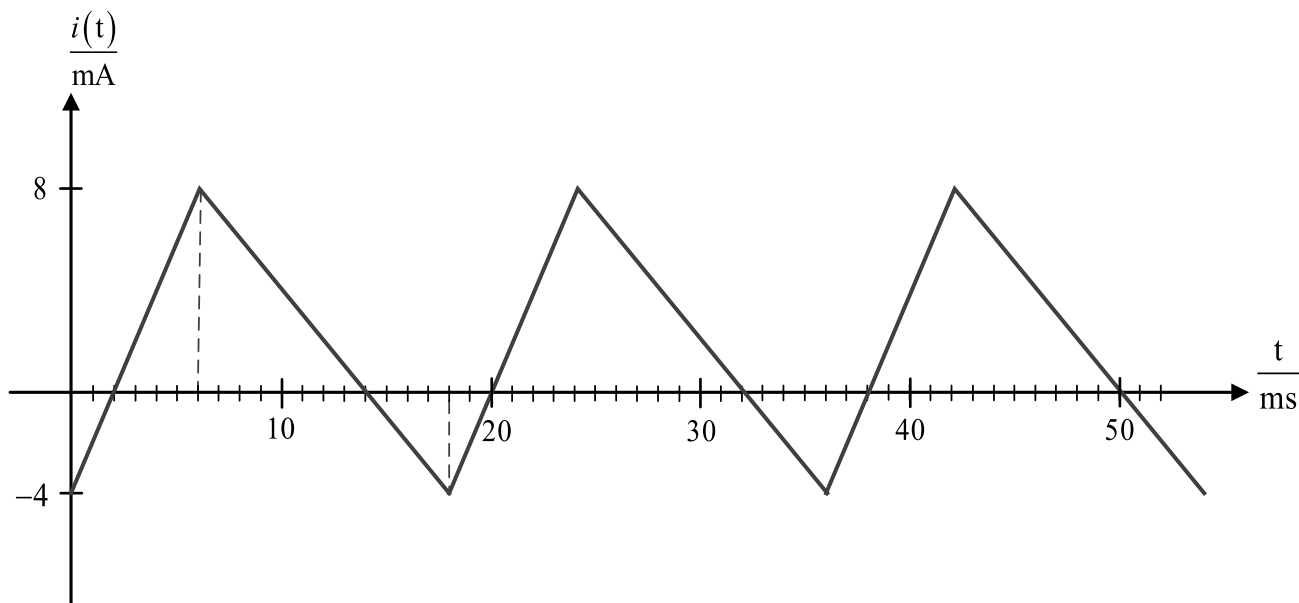


איור לשאלה 8

- 5) (נקי) א. מהי השראות הסליל  $L$ ?
- 3) (נקי) ב. כמה אנרגיה אגורה בסליל?
- 5) (נקי) ג. מהו השדה המגנטי  $B$  בליבה ומהו כיוונו?
- 2) (נקי) ד. בחרץ האוויר התחתון נמצא מוליך נושא זרם שכיוונו מתואר באיור. מהו כיוונו של הכוח המגנטי שפועל על המוליך (תשובה ללא נימוק תידחה)?
- 5) (נקי) ה. מקור המתח הוחלף במקור מתח חילופין AC שערכו  $110 \text{ v} / 60 \text{ Hz}$ , מהי עכבת הסליל ומהי הוריית מד הזרם?

### שאלה 9

בין הדקיו של מקור זרם חילופין מחובר נגד שערכו  $10\text{ k}\Omega$ . באיור לשאלה 9 מוצג אות הזרם העובר בין הדקי הצרכן.



איור לשאלה 9

- 2) (נק') א. מהי תדירותו של אות הזרם?  
 6) (נק') ב. מהו ערכו הממוצע של הזרם העובר דרך הנגד?  
 6) (נק') ג. מהו ההספק הממוצע המתפזר בנגד?  
 6) (נק') ד. מחליפים את הנגד הנתון בקבל שקיבולו  $30\text{ }\mu\text{F}$ .  
 כמה אנרגיה חשמלית אגורה בקבל בתום מחזור אחד?

**בהצלחה!**

© כל הזכויות שמורות למה"ט