



תורת החשמל

להנדסאים וטכנאים - הנדסת אלקטרוניקה

להנדסאים וטכנאים - הנדסת חשמל

להנדסאים - הנדסת מכשור ובקרה

הנחיות לנבחנים

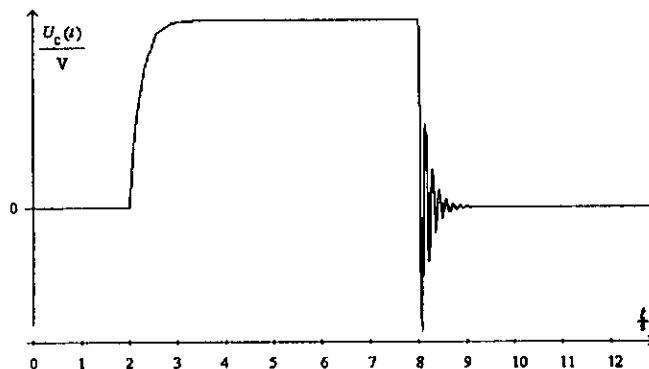
- א. משך הבחינה : ארבע שעות
- ב. מבנה השאלון ומפתח הערכה : בשאלון 8 שאלות.
יש לענות על 5 שאלות בלבד לבחירתך.
כל השאלות שוות בערך - 20 נקודות.
סך הכול 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר בשימוש :
1. מחשבון (אין להשתמש במחשב נייד או במחשב כף-יד או במחשבון בעל תקשורת חיצונית).
 2. חוברת עזר בתורת החשמל שבהוצאת מה"ט. בחוברת לא ימצא חומר כתוב.
- ד. הוראות מיוחדות :
1. אם בשאלה לא נאמר אחרת, רכיבי המעגל הם רכיבים להלכה (אידיאליים).
 2. חובה לתת את היחידות בכל תוצאת ביניים ותוצאה סופית של החישוב.
 3. יש להשאיר את העמוד הראשון במחברת הבחינה ריק.
בגמר הבחינה יש לרשום בעמוד זה את מספרי השאלות שיבדקו לבקשתך על ידי מעריכי הבחינה. לא יבדקו תשובות עודפות על הנדרש.
- ה. הוראות כלליות :
1. יש לקרוא בעיון את כל השאלות.
 2. את התשובות יש לכתוב במחברת **בעט בלבד**, בכתב יד ברור ונקי. (גם בכך תלויה הערכת הבחינה).
 3. יש להתחיל כל תשובה בעמוד חדש תוך ציון מספר השאלה והסעיף. אין צורך להעתיק את השאלה או הסעיף.
 4. טיוטה תעשה במחברת הבחינה בלבד. יש לכתוב "טיוטה" ולהעביר קו על התשובה כדי שלא תיבדק.
 5. יש להציג פתרון מלא ומנומק כולל חישובים כשצריך. הצגת תשובה סופית ללא דרך הפתרון לא תזכה לניקוד.
 6. אם להערכתך חסר בשאלה נתון, יש לציין זאת בתשובה ולבחור ערך מתאים שיאפשר לך להמשיך בפתרון השאלה. חובה להסביר ולנמק את הבחירה.

בהצלחה !

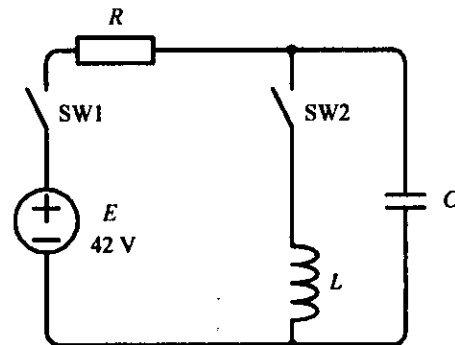
שאלה 1

תרשים החיבורים של מכשיר חשמלי, נתון באיור הימני, ובאיור השמאלי נתון גרף אות המתח שעל הדקי הקבל כפי שנמדד בעת הפעלת המכשיר במצבי עבודה שונים.

בתחילת התצפית במתח הקבל, $t = 0$ s, שני המתגים SW1 ו-SW2 נמצאים במצב מופסק (off)



אות המתח שעל הדקי הקבל



תרשים חיבורים

ההתנגדות הנגד R שבאיור 150Ω .

הקבל C שבאיור, הוא הקיבול השקיל של 14 קבלים שווים, שמחוברים זה לזה במקביל.

הקיבול של קבל אחד $110 \mu F$.

ההשראות L היא של סליל שבנוי מטבעת של חומר פרומגנטי ושעליה מלופפות 300 כריכות. האורך של

מסלול השטף המגנטי שבטבעת 0.4 m ושטח החתך של המסלול $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$. החדירות היחסית של

החומר שממנו עשויה הטבעת $\mu_r = 2150$. (ההתנגדות של הכריכות קטנה מאוד ולכן היא לא נתונה).

א. { 3 נקודות }

לאחר כמה זמן מתחילת התצפית באות המתח שבאיור, העבירו את המתג SW1 למצב מחובר (on)?

וכמה זמן לאחר שהעבירו את המתג SW1 למצב מחובר, גם העבירו את המתג SW2 למצב מחובר?

ב. { 5 נקודות }

לאחר שחלפו כל תופעות המעבר, כמה אנרגיה אגורה בקבל C בכל אחד משלושת מצבי העבודה של

המכשיר שמצויינים לעיל?

ג. { 6 נקודות }

לאחר שחלפו כל תופעות המעבר, כמה אנרגיה אגורה בהשראות L בכל אחד ממצבי העבודה?

ד. { 5 נקודות }

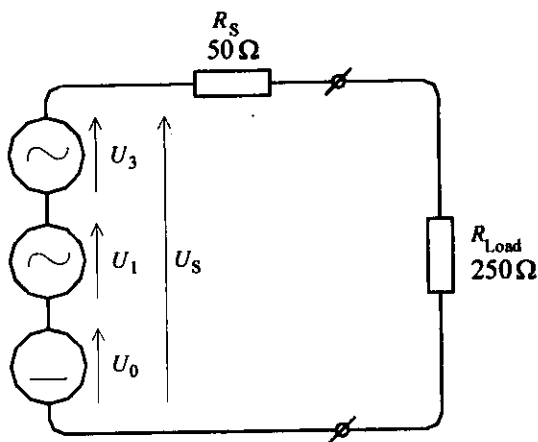
מה ההספק בנגד R בכל אחד ממצבי העבודה של המעגל?

שאלה 2

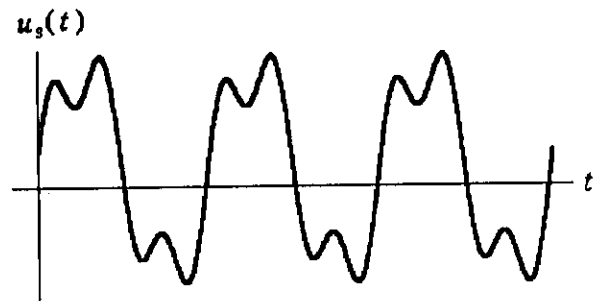
מקור מתח U_S מחובר לנגד עומס R_{Load} . באיור השמאלי נתון המעגל החשמלי של החיבור. במעגל הזה, מקור המתח U_S שקיל (על פי משפט ההרכבה) לשלושה מקורות שמחוברים זה לזה בטור: מקור מתח ישר, U_0 , ושני מקורות מתח חילופים, U_1 ו- U_3 . ההתנגדות R_S היא ההתנגדות הפנימית השקילה של מקור המתח. באיור הימני נתון אות מתח ההדקים של המקור כשלא מחובר אליו כל עומס חשמלי. אות המתח מחזורי ולא סינוסואידלי.

$$u_S(t) = u_0(t) + u_1(t) + u_3(t)$$

$$u_0(t) = 5 \text{ V} \quad u_1(t) = 37 \sin(\omega_1 t) \text{ V} \quad u_3(t) = 14 \sin(3\omega_1 t + 0.45) \text{ V} \quad \omega_1 = 7540 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$



המעגל החשמלי השקיל
של מקור המתח U_S ונגד העומס R_{Load}



אות מתח ההדקים של המקור U_S

א. { 3 נקודות }

מה התדירות של מקור המתח U_3 ?

ב. { 3 נקודות }

מה ממוצע המתח שבין הדקי ההתנגדות R_{Load} ?

ג. { 8 נקודות }

מה המתח היעיל U_{RMS} שבין הדקי ההתנגדות R_{Load} ?

ד. { 3 נקודות }

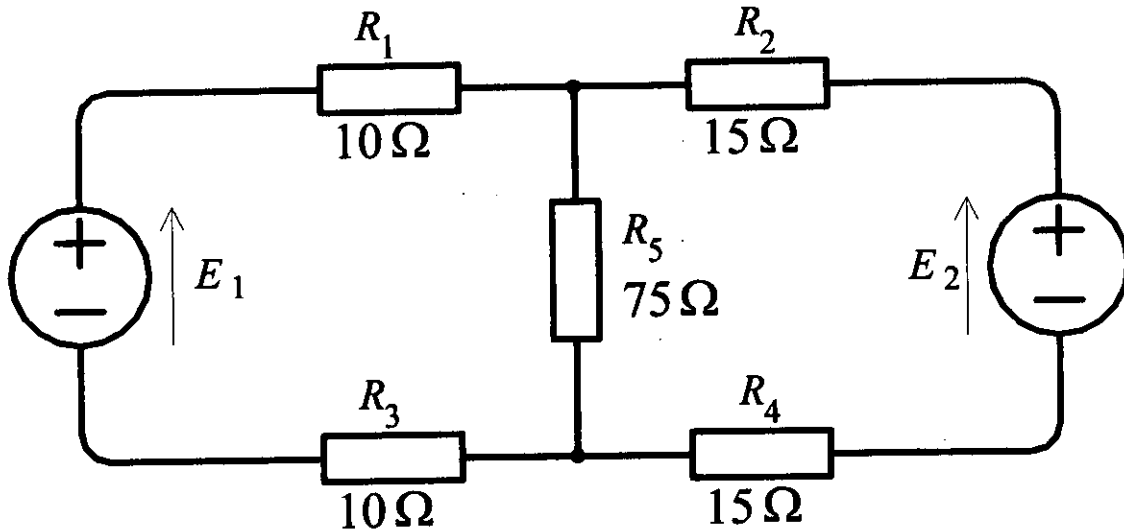
מה ההספק בנגד העומס?

ה. { 3 נקודות }

כמה מטען חשמלי עובר בנגד העומס במשך 45 s?

שאלה 3

ההתנגדות R_5 שבאיור, מייצגת עומס חשמלי של מכשיר כלשהו. ההתנגדויות האחרות מייצגות את האיבודים במוליכים שבין מקורות המתח הישר ובין המכשיר ואת ההתנגדות הפנימית של המקורות. מתח המקור E_1 50 V וידוע שהזרם בהתנגדות R_5 0.6 A.



א. { 12 נקודות }

מה המתח של המקור E_2 ?

ב. { 4 נקודות }

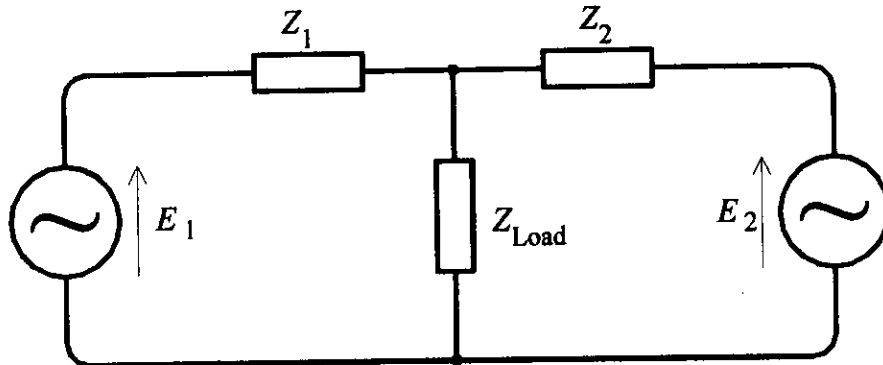
מה ההספק של כל אחד ממקורות המתח?

ג. { 4 נקודות }

מה היחס בין ההספק שבהתנגדות R_5 ובין ההספק של שני המקורות (נצילות העברת האנרגיה מהמקורות לעומס)?

שאלה 4

באיור שלהלן נתון מעגל חשמלי ובו העומס Z_{Load} מחובר לשני מקורות מתח חילופיים.



הגודל והזווית של כל אחד ממרכיבי המעגל הם:

$$E_1 = 48 \text{ V} \angle +30^\circ$$

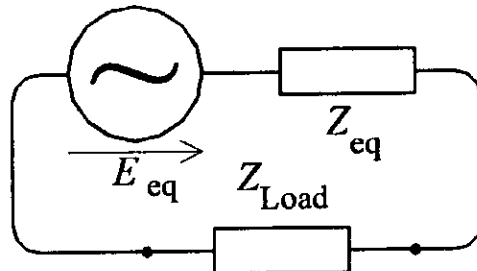
$$E_2 = 52 \text{ V} \angle -45^\circ$$

$$Z_1 = 4 \Omega \angle +75^\circ$$

$$Z_2 = 8 \Omega \angle +60^\circ$$

א. { 12 נקודות }

מה הגודל והזווית של מקור המתח E_{eq} ושל העכבה Z_{eq} במעגל השקיל למעגל שלעיל:



ב. { 4 נקודות }

מה העכבה Z_{Load} שיש לחבר במעגל כך שהזרם שיעבור דרכה יהיה הזרם המרבי האפשרי במעגל?

ג. { 4 נקודות }

האם על פי נתוני השאלה אפשר לדעת מה התדירות של זרם החילופיים?

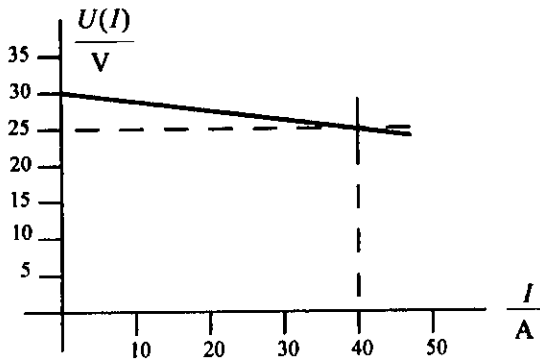
אם כן, מהי?

אם לא, מה הנתון החסר שעל פיו אפשר יהיה לחשב את התדירות?

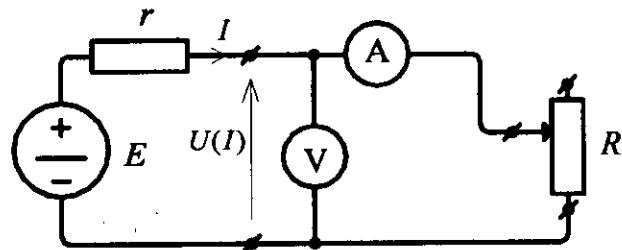
שאלה 5

השרטוט שמימין, מתאר את מעגל המדידה של האופיין החשמלי $U(I)$ של ספק כוח זרם ישר. ספק הכוח מיוצג על ידי מקור המתח E וההתנגדות הפנימית r .

כדי למדוד את האופיין $U(I)$ של ספק הכוח חיברו אותו אל הגד המשתנה R ומדדו את מתח ההדקים של הספק ואת הזרם שעובר דרכו בהרבה נקודות עבודה אפשריות. תוצאות המדידה מוצגות בגרף שלהלן. אין מד הזרם ומד המתח משפיעים על תוצאות המדידה.



גרף תוצאות המדידה



המעגל החשמלי של מעגל המדידה

א. { 6 נקודות }

מה הכוח האלקטרומוטי (כא"מ) E של ספק הכוח ומה r ההתנגדות הפנימית השקילה שלו?

ב. { 4 נקודות }

מה ההתנגדות R של הגד המשתנה, בנקודת העבודה שמסומנת בגרף בקווים המקווקווים?

ג. { 6 נקודות }

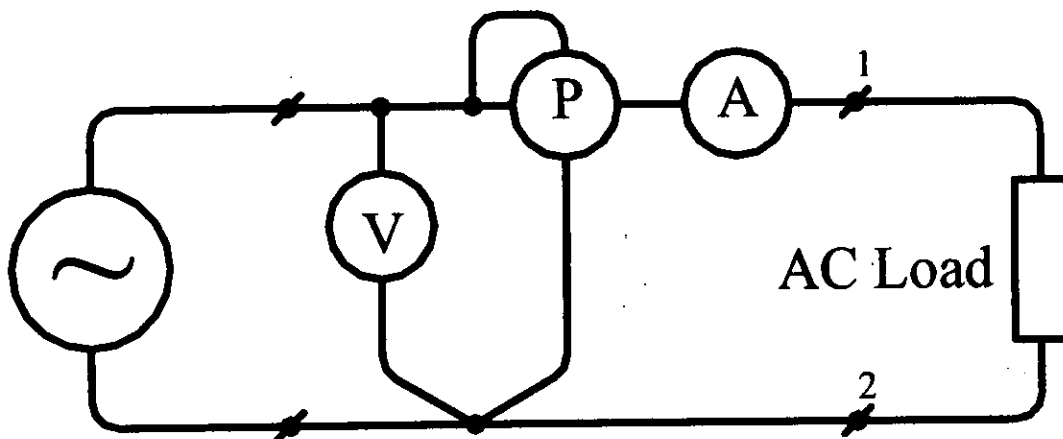
מה הזרם והמתח בנקודת העבודה שבה ההספק של ספק הכוח מרבי, ומה ההספק בנקודה זו?

ד. { 4 נקודות }

מה צריכה להיות ההתנגדות הפנימית של מד הזרם ושל מד המתח כדי שהיא לא תשפיע לחלוטין על תוצאות המדידה?

שאלה 6

כדי לבדוק את צריכת האנרגיה בזרם חילופים של מכשיר חשמלי חד-מופעי AC Load, חיברו אותו לפי תרשים החיבורים שבאיור. במד המתח קראו 225 V, במד הזרם 6.7 A, ובמד ההספק קראו 875 W. העכבה הפנימית של כל אחד ממכשירי המדידה אינה משפיעה על תוצאות המדידה, וגם כך ההתנגדות הפנימית של מקור המתח.



א. { 6 נקודות }

מה ההתנגדות וההיגב שמחוברים זה לזה בטור, במעגל חשמלי השקיל למכשיר.

ב. { 8 נקודות }

מה ההתנגדות וההיגב שמחוברים זה לזה במקביל, במעגל חשמלי השקיל למכשיר.

במקביל לעומס, בין הדק 1 ל-2, חיבורו קבל, וכתוצאה מכך, בהשוואה למדידה לעיל, גדלה תוצאת הקריאה של מד הזרם.

ג. { 4 נקודות }

מה אופיו של ההיגב שבעומס, קיבולי או השראי? האם גם תשתנה תוצאת המדידה של שני המכשירים האחרים? אם כן, באיזה מגמה? יש לנמק בקיצור נמרץ.

ד. { 2 נקודות }

איזה מרכיב של המעגל מכתוב את תדירות זרם החילופים שבה פועל המעגל?

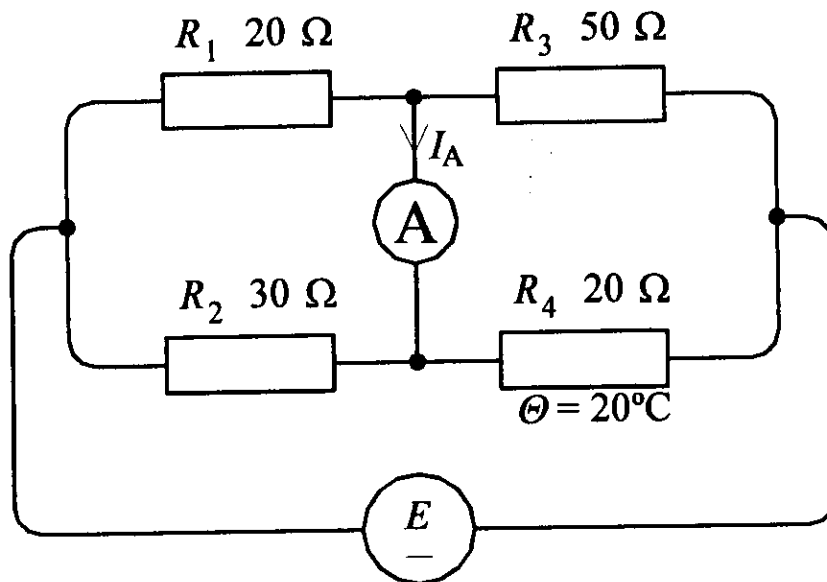
שאלה 7

ארבעה התנגדויות, מד זרם ומקור מתח ישר, במעגל החשמלי שלהלן. מתח המקור E והקוטביות שלו אינם ידועים.

רק ההתנגדות של נגד R_4 תלויה בטמפרטורה שלו לפי קו ישר, ומקדם ההשתנות שלה $\alpha_\theta = 0.04 \frac{1}{^\circ\text{C}}$.

ההתנגדות של נגד R_4 שבאיור נתונה כשהטמפרטורה שלו 20°C , וזאת גם טמפרטורת הסביבה שבה שרוי המעגל.

ההתנגדות הפנימית של מד הזרם קטנה מאוד ולכן אינה נתונה.



א. (14 נקודות)

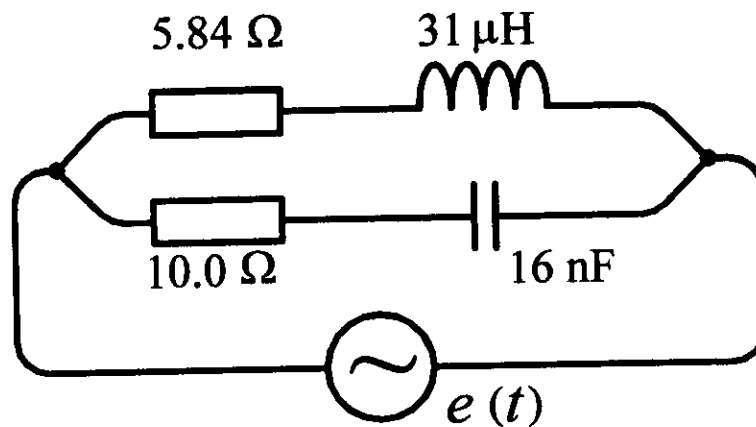
מה המתח של המקור E ומה הקוטביות שלו, כשמד הזרם מוכה 0.3 A וכיוון הזרם כיוון החץ שבאיור?

ב. (4 נקודות)

מה צריכה להיות הטמפרטורה של נגד R_4 על מנת שמד הזרם יוכה 0 A (אפס)?

ג. (2 נקודות)

האם כדי שהנגד R_4 יהיה בטמפרטורה שחושבה קודם, יש לחמם אותו או לקרר אותו?



The voltage source of the above circuit, generate the following signal:

$$e(t) = 594 \text{ mV} \sin(1.445 \times 10^6 t).$$

a) {6 points}

What is the effective value and the phase angle of the current through the inductance?

b) {8 points}

What is the effective value and the phase angle of the voltage across the capacitor?

c) {2 points}

What is the current at the voltage source?

d) {4 points}

Prove that this circuit is at resonance?