



תורת החשמל

להנדסאים וטכנאים - הנדסת אלקטרוניקה להנדסאים וטכנאים - הנדסת חשמל להנדסאים - הנדסת מכשור ובקרה

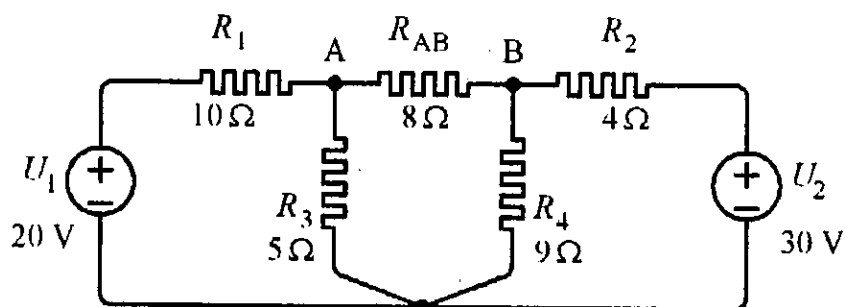
הנחיות לנבחנים

- א. משך הבחינה: ארבע שעות
- ב. מבנה השאלון ומפתח הערכה: בשאלון 9 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 לחסביר ולנמק את הבחירה.

בהצלחה !

שאלה 1

חמישה נגדים ושני מקורות מתח ישר מחוברים זה לזה על פי תרשים החיבורים שבאיור.



א. {8 נקודות}

מנתקים מהמעגל שבאיור, את הנגד R_{AB} .

מה מקור המתח וההתנגדות המחוברים זה אל זה בטור, השקילים למעגל הנותר המחובר בין A ל-B?

ב. {4 נקודות}

מחזירים את הנגד R_{AB} למעגל.

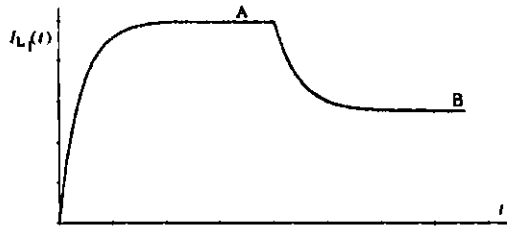
מה הזרם שיעבור דרך הנגד, ומה החספק שלו?

ג. {8 נקודות}

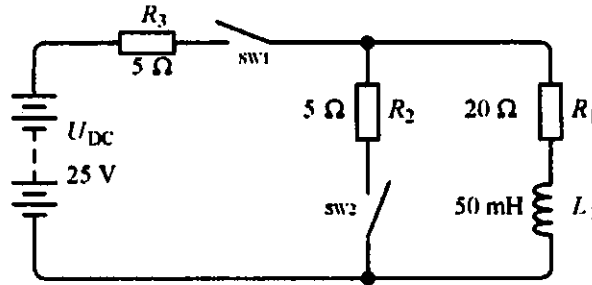
מה החספק של כל אחד מהמקורות במעגל שלעיל?

שאלה 2

חיברו את המשורן (R_1, L_1) אל מקור מתח ישר U_{DC} , באמצעות חגגדים R_2 ו- R_3 וחמתגים SW1 ו-SW2, על פי תרשים החיבורים שבאיור. צפו באות חזרם $I_{L_1}(t)$ שעבר דרך המשורן, ורשמו אותו בגרף שבאיור.



אות חזרם במשורן



תרשים חיבורים

א. {2 נקודות}

על פי אות חזרם שבמשורן, מה סדר הפעלת המתגים SW1 ו-SW2?

ב. {3 נקודות}

מה קבוע הזמן של אות חזרם במשורן בעת טעינתו באנרגיה?

ג. {3 נקודות}

מה חזרם במשורן לאחר שתחליך טעינתו חסתיים?

ד. {8 נקודות}

לאחר כמה זמן מתחילת תחליך הטעינת, יגיע חזרם במשורן לחמישית (0.2) גודלו המרבי?

ה. {4 נקודות}

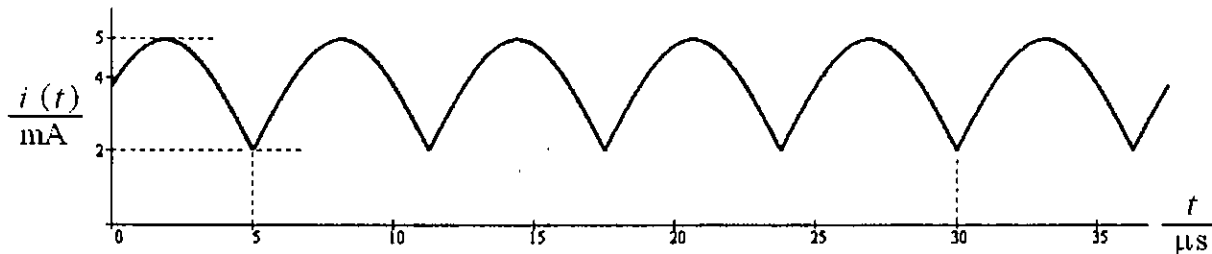
מה המתח שבין חדקי נגד R_2 , בסוף התחליך המסומן בגרף אות חזרם, באות B?

תופעות המעבר בהשראות דומות לתופעות המעבר בקבל.

חביטוי של קבוע הזמן בענף שבו חתנגדות R וחשראות L מחוברות זו אל זו בטור הוא $\tau = \frac{L}{R}$.

שאלה 3

האות שבאיור, מורכב מאות חילופים מיושר גל שלם, ומאות ישר.



א. {3 נקודות}

מה תדירות האות שבאיור?

ב. {3 נקודות}

מה תדירות מקור האות המיושר?

ג. {3 נקודות}

מה סוג האות החשמלי המוצג באיור?

ד. {5 נקודות}

מה הממוצע של כל אחד ממרכיבי האות שבאיור, ומה הממוצע של האות?

ה. {6 נקודות}

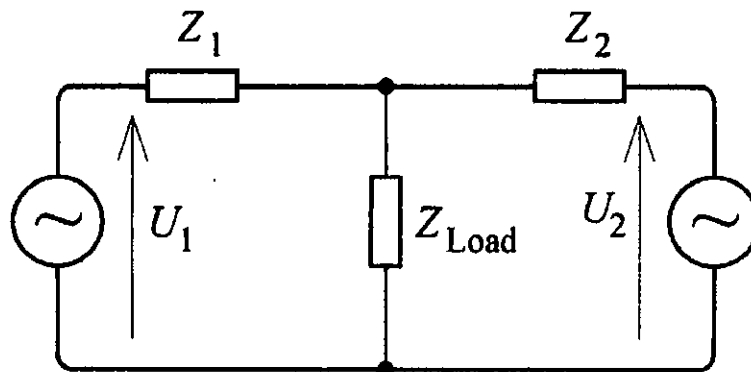
מה הממוצע הריבועי (RMS, eff) של כל אחד ממרכיבי האות שבאיור, ומה הממוצע הריבועי שלו?

שאלה 4

An electrical load Z_{Load} is fed by two AC voltage sources, as shown in the figure.

$$U_1 = 32 \text{ V} \angle 0^\circ \quad U_2 = 32 \text{ V} \angle -30^\circ$$

$$Z_1 = (1 - j2) \Omega \quad Z_2 = (1 + j2) \Omega \quad Z_{\text{Load}} = (8 + j6) \Omega$$



a. {10 points}

What is the magnitude and phase of the voltage across the load impedance Z_{Load} ?

b. {4 points}

What is the magnitude and phase of the current in the load impedance Z_{Load} ?

c. {6 points}

What is the complex power $P + jQ$ of the load impedance Z_{Load} ?

שאלה 5

כדי לבנות סליל בעל השראות של $40 \mu\text{H}$, ליפפו 15 כריכות של מוליך מבודד, על טבעת העשויה חומר פרומגנטי. שטח החתך של הטבעת 25 mm^2 , והאורך הממוצע של מסלול השטף המגנטי שבטבעת, 100 mm , והחדירות היחסית של החומר הפרומגנטי שממנו עשויה הטבעת, $\mu_r = 6000$.

א. {6 נקודות}

מה תהיה ההשראות, ביחידות של μH , אם יילפפו את הכריכות על הטבעת השלמה?

ב. {8 נקודות}

מה צריך להיות אורך חריץ האוויר במסלול השטף המגנטי שבטבעת, כדי שחשראות הסליל תהיה כנדרש לעיל?
הוספת חריץ האוויר אינה משנה את האורך הממוצע של מסלול השטף המגנטי שבטבעת.

ג. {6 נקודות}

מה עצמת הזרם המרבית המותרת במוליך הסליל, על מנת שצפיפות השדה המגנטי שבטבעת לא תעלה על 0.8 T , הצפיפות שבה החומר יכנס לרוויה מגנטית?

שאלה 6

אלה הנתונים של מכשיר מדידה שעל חצג שלו אין כתוב דבר: 2 mA 1 V $500\ \Omega$.
זאת אומרת, כשדרך מכשיר עובר זרם ישיר של 2 mA או כשבין חדקיו שורר מתח ישיר של 1 V ,
חוריית המכשיר, מרבית Full scale.
כאשר מקצרים בין חדקי המכשיר, חורייתו אפס.

א. {2 נקודות}

חאם נתוני המכשיר מתאימים זה לזה? יש לתמוך בתשובה, באמצעות חישוב.

חיברו את מכשיר המדידה והנגד $R_p = 50\ \Omega$ יחד, לפי תרשים החיבורים שבאיור שבצד ימין.

ב. {6 נקודות}

מה הזרם המרבי והמתח המרבי שאפשר למדוד באמצעות מעגל זה, מבלי לחרוג מנתוני המכשיר?

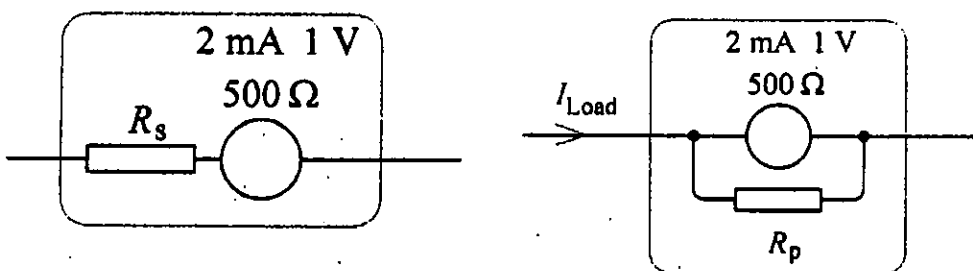
ג. {6 נקודות}

מה צריכה להיות התנגדות הנגד R_p כדי שבזרם עומס I_{Load} של 30 mA ,
חוריית המכשיר תהיה מרבית?

חיברו יחד את מכשיר המדידה עם הנגד R_p , לפי התרשים שבאיור שבצד שמאל.

ד. {6 נקודות}

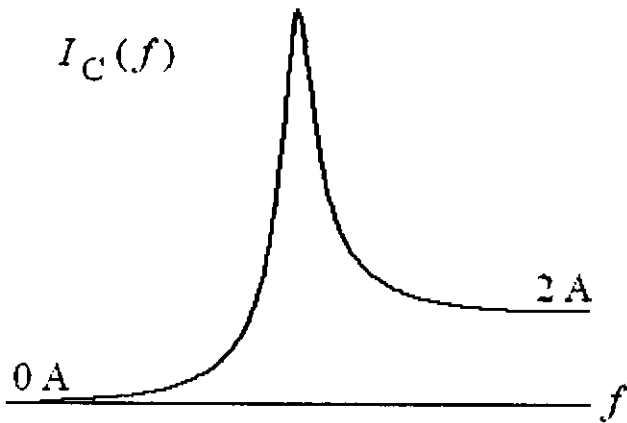
מה צריכה להיות התנגדות הנגד R_p על מנת שכאשר המעגל מחובר כמד מתח, במתח ישיר של 100 V ,
חוריית המכשיר המדידה תהיה מרבית?



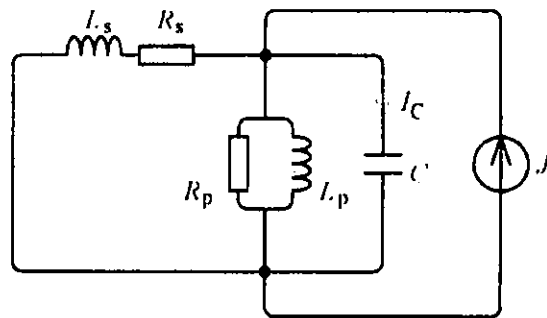
שאלה 7

שני עומסים השראתיים, קבל, ומקור זרם חילופים, מחוברים זה לזה לפי תרשים החיבורים שבאיור. עצמת הזרם של מקור זרם החילופים קבועה ואפשר לשנות את התדירות שלו. מדדו את הזרם $I_C(f)$ שעובר דרך הקבל בתלות בתדר מקור הזרם J ; תוצאות המדידה מוצגות בגרף שבאיור.

$$(R_s = 75\text{m}\Omega \quad L_s = 90\mu\text{H}) \quad (R_p = 10\Omega \quad L_p = 8\text{mH})$$



הזרם שעובר דרך הקבל בתלות בתדר מקור זרם החילופים



תרשים חיבורים של המעגל החשמלי

א. {3 נקודות}

מה עצמת הזרם של מקור זרם החילופים?
לא תתקבל תשובה מספרית ללא נימוק קצר ולעניין.

ב. {12 נקודות}

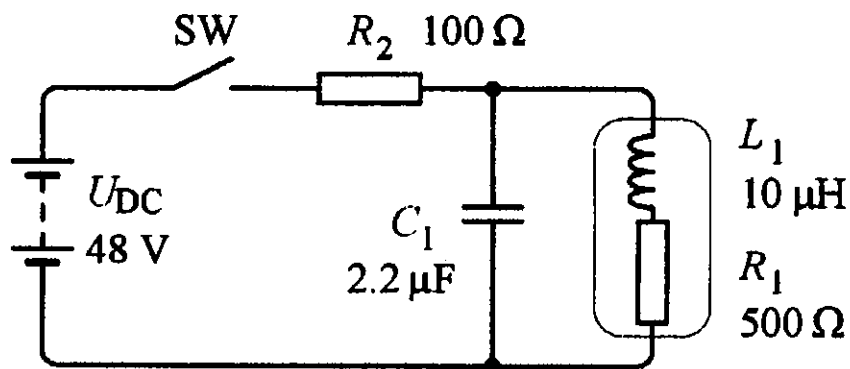
הזרם שעובר דרך הקבל מגיע לשיאו כשתדר מקור זרם החילופים 550 Hz . מה קיבול הקבל?

ג. {5 נקודות}

מה העצמה המרבית של הזרם העובר דרך הקבל?

שאלה 8

חמתג SW שבמעגל שבאיור, נמצא במצב מופסק off זמן ממושך מאוד; כל תופעות המעבר שהיו במעגל חלפו; ואין עובר זרם ברכיבי המעגל. מעבירים את חמתג SW למצב מחובר on.



א. { 5 נקודות }

מה הזרם שעובר בנגד R_2 מיד עם העברת חמתג SW למצב מחובר on?

ב. { 5 נקודות }

כשחמתג SW במצב מחובר הרבה זמן, מה החספק בהתנגדות R_1 ?

ג. { 5 נקודות }

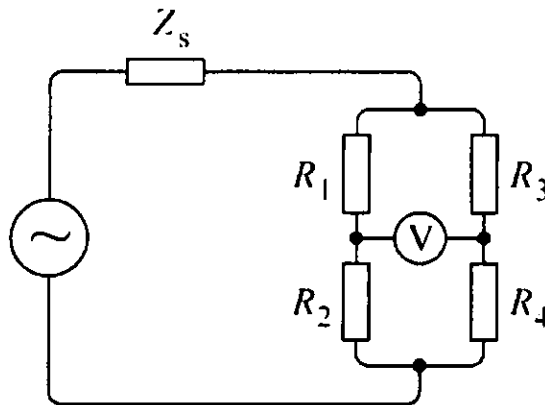
כמה אנרגיה אגורה בהשראות במצב מתמיד?

ד. { 5 נקודות }

כמה מטען חשמלי יחיה אגור בקבל לאחר שכל תופעות המעבר חלפו?

שאלה 9

ארבעת הנגדים שבאיור, מחוברים זה אל זה בחיבור גשר ומשמשים למדידה עקיפה של טמפרטורה. מעגל המדידה מחובר למקור מתח חילופים של 24 V באמצעות מוליכים שעכבתם $Z_s = (1 + j5)\Omega$. עכבת מד המתח גדולה מאוד ואינה משפיעה על המדידה כלל. התנגדות הנגד $R_1 = 150\Omega$ קבועה ואינה תלויה בטמפרטורה. גם התנגדות הנגד R_4 קבועה ואינה תלויה בטמפרטורה. ההתנגדות של נגד R_2 ו- R_3 , תלויה בטמפרטורה. בטמפרטורה של 20°C $R_2 = R_3 = 100\Omega$. מקדם שינוי ההתנגדות בטמפרטורה של נגדים אלה $\alpha = 0.05 \frac{1}{^\circ\text{C}}$.



א. (5 נקודות)

כשהטמפרטורה של נגדים R_2 ו- R_3 20°C , מד המתח מוכה אפס.

מה התנגדות נגד R_4 ?

ב. (12 נקודות)

מה הוריית מד המתח כאשר הטמפרטורה של נגדים R_2 ו- R_3 60°C ?

ג. (3 נקודות)

איך תשפיע הגדלת התדר של מקור המתח על הוריית מד המתח?