



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

במעגל המורכב מנגדים יש מקור מתח ישר אחד. שיעור הכוח האלקטרומניע של מקור המתח 18 V . הוריית מד הזרם המחובר למקור המתח 4.32 mA . התנגדות מד הזרם $400\ \Omega$.

1.1 {15 נקודות}

אם מד הזרם הוא מד-זרם-להלכה – כזה שהתנגדותו שווה אפס, מה תהייה הורייתו?

1.2 {5 נקודות}

האם המדידה של מד-זרם-להלכה מדויקת יותר מהמדידה של מד זרם שהתנגדותו אינה אפס? חובה לנמק את התשובה ובקיצור נמרץ.

שאלה 2

קבל ומשרן ומכשיר מחולל-אות מחוברים זה אל זה בטור. המכשיר מסוגל להפיק אות-משולש או אות-סינוס או אות-מרובע. קיבול הקבל $0.1\ \mu\text{F}$. כדי למצוא את הנתונים החשמליים של המשרן, מדדו את אות המתח שמפיק המכשיר ואת אות הזרם שבו והביעו אותם בביטויים האלה:

$$e(t) = (2\text{ V})\sin(3.77 \times 10^4 t) \quad i(t) = (11.4\text{ mA})\sin(3.77 \times 10^4 t + 1.4\text{ rad})$$

2.1 {2 נקודות}

מה סוג האות שהפיק המכשיר?

2.2 {10 נקודות}

מה ההתנגדות וההשראות המחוברות זו אל זו בטור, השקילות למשרן?

2.3 {6 נקודות}

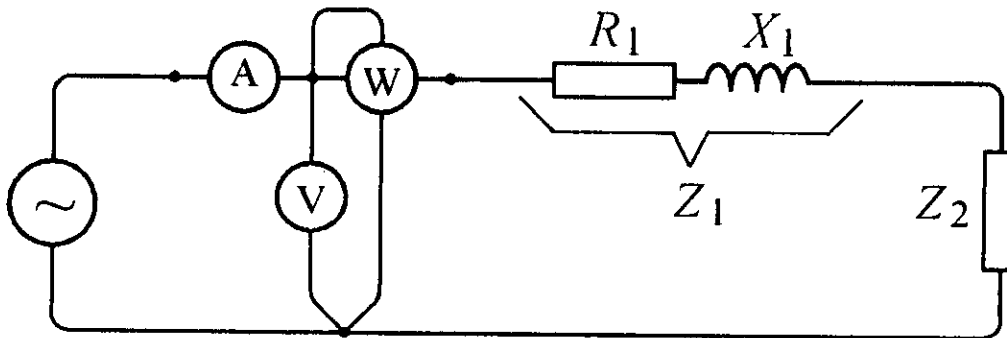
מה תדר התהודה של המעגל (תדר זוויתי) ומה מקדם הטיב שלו בתדר התהודה?

2.4 {2 נקודות}

האם בנקודת העבודה שבה בוצעה המדידה היה מעגל המדידה בתהודה?

שאלה 3

שלושה מכשירי מדידה מחוברים במעגל שבאיור: מד-זרם ומד-מתח ומד-הספק.
 עכבה Z_1 מיוצגת באמצעות התנגדות R_1 והיגב השראי שגודלו 20Ω המחוברים זה אל זה בטור.
 עכבה Z_2 מיוצגת באמצעות התנגדות שגודלה 30Ω והיגב שאין גודלו ואופיו ידוע המחוברים זה אל זה בטור.
 בנקודת עבודה מסוימת של המעגל, הוריית מכשירי המדידה 2 A 260 V 200 W .



3.1 {8 נקודות}

מה גודלה של ההתנגדות R_1 שבעכבה Z_1 ?

3.2 {7 נקודות}

מה גודלו של ההיגב X_2 שבעכבה Z_2 ומה אופיו?

{5 נקודות}

3.3 מה התשובה הנכונה האחרת והאפשרית, על השאלה שבסעיף ב?

$$x^2 - a = 0 \rightarrow x = \pm\sqrt{a} \quad a > 0$$

שאלה 4

ליבת אלקטרומגנט עשויה חומר פרומגנטי שעקום המגנט שלו $B(H)$ נתון באיור שלהלן. לליבה צורת טבעת ובה חריץ אוויר שאורכו $l_g = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$. אורך המסלול של השטף המגנטי שחומר הפרומגנטי $l_1 = 0.150 \text{ m}$. ושטח החתך של מסלול השטף בחומר ובחריץ אוויר $1.6 \times 10^{-4} \text{ m}^2$. כשבמוליכי הסליל של האלקטרומגנט זורם זרם ישר שעצמתו 6 A , בליבה ובחריץ האוויר שוטף שטף מגנטי שגודלו 0.288 mWb – נקודת העבודה של מעגל המגנטי של האלקטרומגנט.

4.1 {6 נקודות}

מה החלחלות המגנטית היחסית μ_r של החומר הפרומגנטי בנקודת העבודה המוגדרת לעיל?

4.2 {6 נקודות}

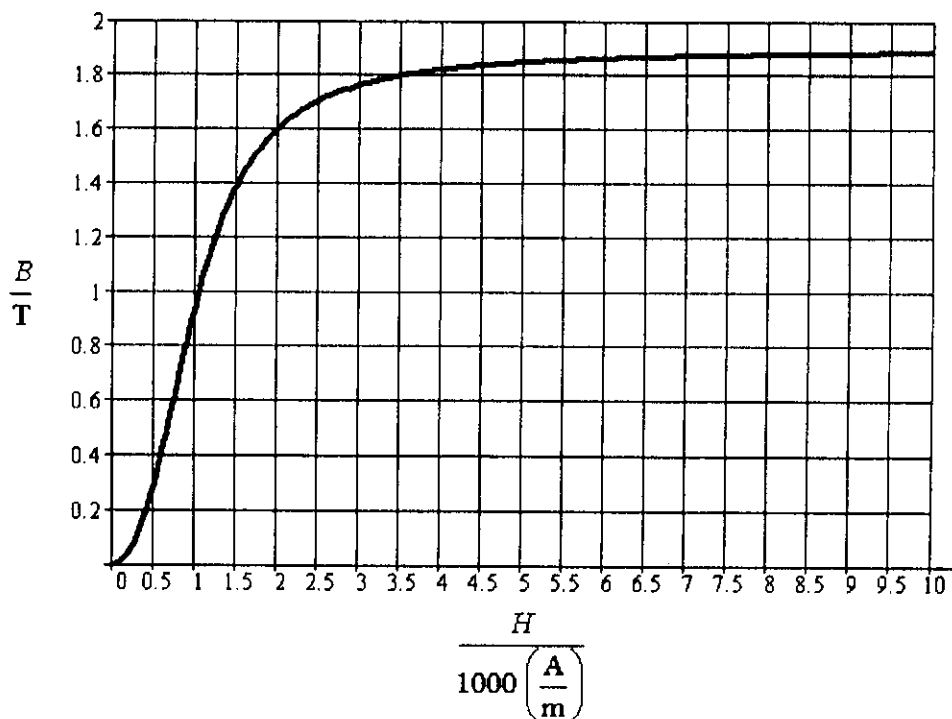
מה המיאון של המעגל המגנטי של האלקטרומגנט?

4.3 {4 נקודות}

כמה כריכות יש בסליל האלקטרומגנט?

4.4 {4 נקודות}

כמה אנרגיה אגורה בסליל בנקודת העבודה המוגדרת לעיל?

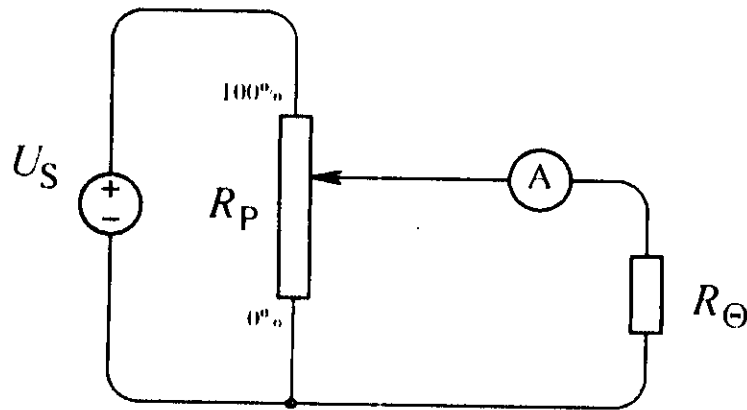


שאלה 5

המעגל שבאיור משמש למדידה עקיפה של טמפרטורה באמצעות הנגד R_{θ} שאופיין הטמפרטורה שלו הוא קו ישר.

בטמפרטורה של $\theta_1 = 20^{\circ}\text{C}$, ההתנגדות הנגד $R_{\theta} = 160\Omega$, ושיפוע הקו, מקדם השתנות ההתנגדות עקב

$$\alpha_{\theta} = 0.22 \frac{1}{^{\circ}\text{C}}, \text{ שינוי הטמפרטורה,}$$



התנגדות הנגד R_p 330Ω ולו שלושה הדקים: שניים קבועים ומקומם בקצוות הנגד; ואחד מחובר למנען החלקה שיכולה לנוע לאורך הנגד (הזחלן, החץ שבאיור). הנגד משמש מחלק-מתח בר-שינוי שבו אפשר לשנות את יחס ההתנגדויות שלו בלי לשנות את סכומם.

מתח המקור האנרגיה שבמעגל 28V . התנגדות מד הזרם קטנה מאוד ולכן אינה נתונה.

השרו את הנגד R_{θ} בנוזל שהטמפרטורה שלו $\theta_1 = 20^{\circ}\text{C}$, וקבעו את מגעת החלקה במקום שבו הוריית מד הזרם 50mA . במקום זה זרם שעצמתו 106.4mA עבר במקור המתח של המעגל.

5.1 {10 נקודות}

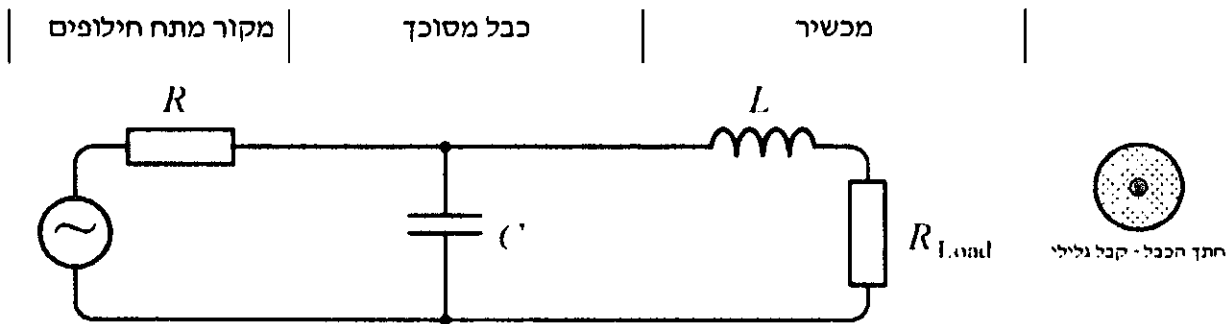
מה מקום מגעת החלקה באחוזים מגודל הנגד R_p ?

5.2 {10 נקודות}

מה הוריית מד הזרם כשהנגד R_{θ} שרוי בנוזל שהטמפרטורה שלו 65°C ?
 (מגעת החלקה קבועה במקומה.)

שאלה 6

מכשיר שמעגל הכניסה שלו מיוצג באמצעות התנגדות $R_{Load} = 75 \Omega$ והשראות $L = 2 \mu H$ המחוברות זו לזו בטור, מחובר אל מקור מתח חילופים באמצעות כבל מסוכם. מתח המקור 3 V ותדירותו 500 kHz והתנגדות המוצא שלו $R = 75 \Omega$.



מבחינת המעגל החשמלי, הכבל שקיל לקבל גלילי: קוטר הגליל החיצוני של הקבל 6 mm; קוטר הגליל הפנימי 0.5 mm; אורכו 25 m; והפיקטיביות היחסית של חומר הבידוד שבין שני הגלילים $\epsilon_r = 5.2$.

6.1 {10 נקודות}

מה הזרם, גודל וזווית, במקור המתח?

6.2 {4 נקודות}

מה ההספק המרוכב $S = P + jQ$ שבמקור המתח?

6.3 {3 נקודות}

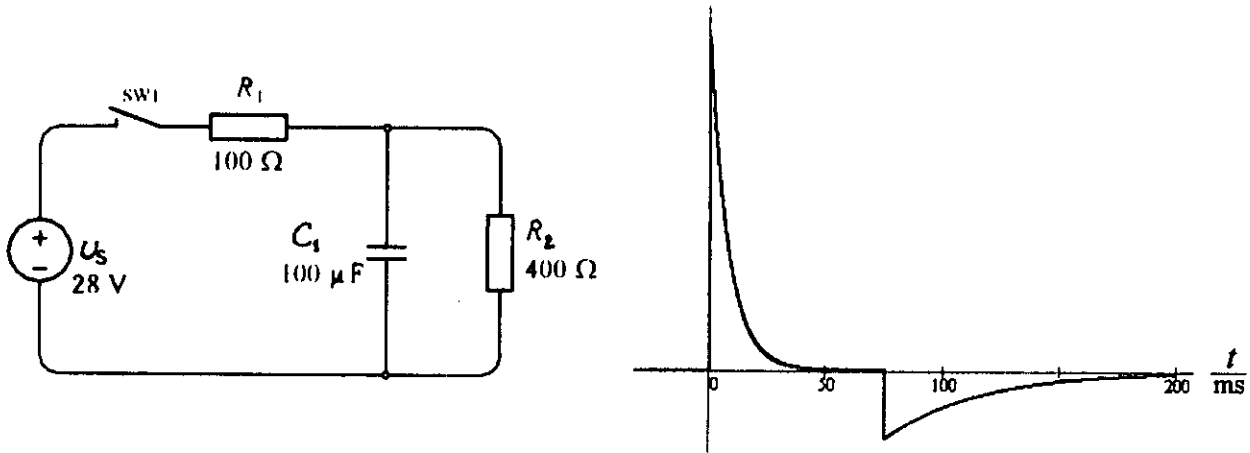
מה ההספק המכשיר P_{Load} ?

6.4 {3 נקודות}

האם המעגל פועל בנקודת עבודה שבה האנרגיה עוברת מהמקור אל המכשיר בהספק מרבי? חובה לסמוך את התשובה באמצעות מספרים.

שאלה 7

חמישה רכיבים במעגל שבאיור שבצד שמאל: מקור מתח ישר U_s , מתג SW1, נגד R_1 , קבל C_1 ונגד R_2 . לאחר שהמתג SW1 היה במצב מופסק off הרבה מאוד זמן, העבירו אותו למצב מחובר on לזמן קצוב ובסיומו החזירו את המתג למצב מופסק.



באיור שבצד ימין נתון אות חשמלי – זרם או מתח – שנמדד באחד מרכיבי המעגל בשעה שהפעולות המתוארות לעיל הוצאו אל הפועל.

7.1 {4 נקודות}

מה האות שנמדד? באיזה רכיב הוא נמדד? ומתי החזירו את המתג למצב מופסק?

7.2 {8 נקודות}

מה קבוע רזמן ומה תנאי ההתחלה של כל אחת משתי תופעות המעבר המתוארות באיור האות החשמלי?

7.3 {4 נקודות}

בעיצומה של איזה תופעת מעבר נמצא האות שבאיור בזמן $t = 100 \text{ ms}$ ומה גודלו בזמן בזה? הזמן שבאיור הוא זמן התצפית באות.

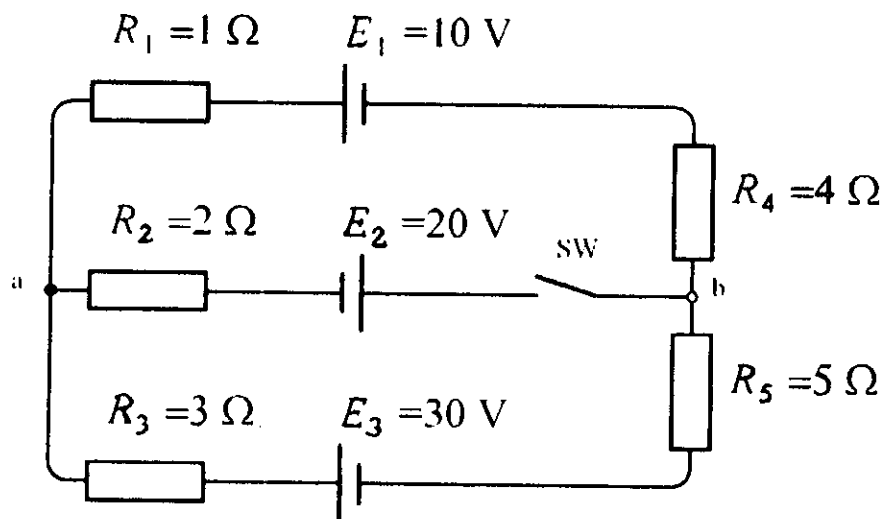
בביטויים שבחוברת העזר, רגע ההתחלה של כל אחת משתי תופעות המעבר הוא $t = 0 \text{ s}$.

7.4 {4 נקודות}

כמה אנרגיה הועברה לנגד R_2 מחרגע שבו החזירו את המתג למצב מופסק ועד בכלל?

שאלה 8

תשעה רכיבים במעגל שבאיור: שלושה מקורות מתח, חמישה נגדים ומתג.



8.1 {5 נקודות}

מה הזרם בכל אחד ממקורות המתח כשהמתג SW נמצא במצב מופסק off?
 מי מהמקורות ספק אנרגיה ומי צרכן?

8.2 {10 נקודות}

מה הזרם בכל אחד ממקורות המתח כשהמתג נמצא במצב מחובר on?
 מי ספק אנרגיה ומי צרכן?

8.3 {5 נקודות}

מה ההספק בכל הנגדים יחד ומה מאזן ההספקים במעגל?