

שדות אלקטרומגנטיים 05122525

פרק 11 - השראות עצמית והדדית - מתוך פיזיקה 2

תוכן העניינים

1. השראות עצמית.....1
2. השראות הדדית.....3

השראות עצמית:

רקע:

ההשראות ברכיב:

$$L = \frac{\Phi_B}{I}$$

כאשר Φ_B הוא השטף המגנטי דרך הרכיב ו- I הוא הזרם ברכיב.
- ההשראות היא תכונה שתלויה רק במבנה ולכן היא בד"כ קבועה.

חישוב השראות לפי הגדרה:

1. נניח שזורם זרם I ברכיב.
2. נחשב את השדה המגנטי הנוצר מהזרם בתוך הרכיב.
3. נחשב את השטף המגנטי ברכיב.
4. נציב בנוסחה של ההשראות והזרם יצטמצם.

השראות של סליל:

$$L = \frac{\mu_0 \pi a^2 N^2}{l}$$

כאשר N מספר הליפופים הכולל, l אורך הסליל ו- a רדיוס טבעת.
כא"מ ברכיב עם השראות L :

$$\varepsilon = -L\dot{I}$$

האנרגיה האגורה בסליל (או בכל רכיב בעל השראות):

$$U_L = \frac{1}{2} LI^2$$

שאלות:

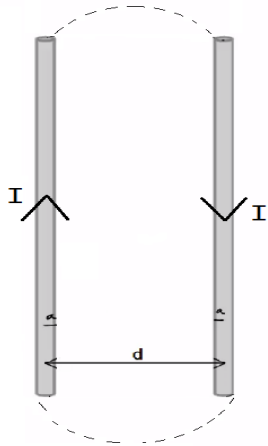
(1) שני תיילים ארוכים

נתונים שני תיילים מאוד ארוכים שהמרחק ביניהם הוא d . רדיוס כל אחד מהתיילים הוא a ונתון שהתיילים מחוברים ביניהם באינסוף. נתון זרם I במערכת.

הנח כי $d \gg a$ והתיילים אינם משפיעים אחד על השני.

חשבו השראות של המערכת ליחידת אורך.

ניתן להזניח את השדה בתוך התיילים.



תשובות סופיות:

$$L = \frac{l\mu_0}{\pi} \ln \frac{d-a}{a} \quad (1)$$

השראות הדדיות:

רקע:

השראות הדדית:

$$M_{1,2} = \frac{\Phi_1}{I_2}$$

חישוב השראות הדדית:

1. נניח שזורם זרם I_2 ברכיב 2.
2. נחשב את השדה המגנטי הנוצר מהזרם ברכיב 1.
3. נחשב את השטף המגנטי ברכיב 1.
4. נציב בנוסחה של ההשראות ו- I_2 יצטמצם.

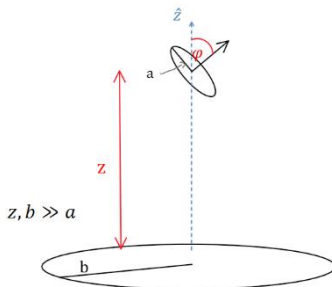
- השראות הדדית תמיד סימטרית $M_{1,2} = M_{2,1} = M$
ולכן ניתן תמיד לחשב $M_{1,2}$ ולהסיק על $M_{2,1}$ (או להפך).

יחס המתחים בשנאי:

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

N הוא מספר הליפופים בכל צד.

שאלות:

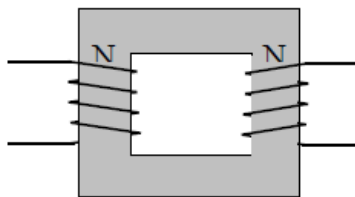


(1) טבעת בזווית מעל טבעת גדולה

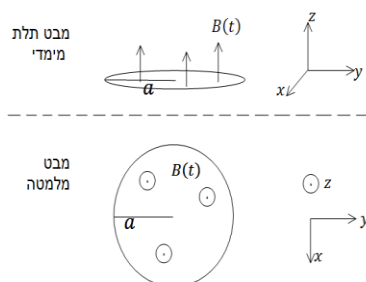
- טבעת ברדיוס b מונחת על מישור $x - y$ במקביל לקרקע.
 טבעת נוספת ברדיוס a שקטן מאוד ביחס ל- b מונחת בגובה z מעל מישור $x - y$.
 מרכזי הטבעות נמצאים על ציר ה- z אחד מעל השני.
 הטבעת הקטנה גם מוטת ביחס למישור $x - y$ כך שהוקטור המאונך למישור הטבעת יוצר זווית φ עם ציר ה- z .
 א. מצא את $M_{1,2}$.

- ב. התנגדות הטבעת הקטנה נתונה ומסומנת ב- R_a .
 כמו כן ידוע הזרם כתלות בזמן בטבעת הגדולה והוא שווה ל- $I_b = I_0 \cos(\omega t)$.
 מצא את הזרם בטבעת הקטנה.
 ג. מהו מומנט הכוח הפועל על הטבעת הגדולה?

(2) שנאי



- שנאי מורכב משני סלילים בעלי מספר ליפופים שונה המקיפים ליבה מגנטית מלבנית משני צידי הליבה.
 הנח כי ליבה מגנטית שומרת את כל קווי השדה המגנטי בתוכה, או לחלופין, כי השטף המגנטי אחיד בכל חתך של הליבה.
 נתון כי המתח על הסליל השמאלי הוא מתח חילופין (מתח מהצורה $V(t) = V_0 \sin \omega t$).
 מצא את המתח על הסליל הימני כתלות במתח של הסליל השמאלי.
 נתון N_1, N_2 מספר הליפופים בכל סליל.



(3) שטף חיצוני השראות ונגד בטבעת

- טבעת מוליכה ברדיוס a והתנגדות R נמצאת בתוך שדה מגנטי אחידה במרחב ומשתנה בזמן $B(t) = At$ כאשר A קבוע חיובי.
 כיוון השדה בניצב למישור בו נמצאת הטבעת (השטף מקסימאלי).

- א. מצא את סך הכא"מ הפועל על הטבעת כתלות בזרם, אם ההשראות העצמית של הטבעת L נתונה.

- ב. מצא משוואה על הזרם כתלות בזמן ופתור אותה למציאת הזרם כתלות בזמן. (היעזר בפתרון של סליל במעגל טעינה).

- ג. מצא את הזרם והשטף הכולל כתלות בזמן בקירוב $R \rightarrow 0$, התעלם מהרגעים הראשונים.

תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } M = \frac{\mu_0 b^2 \pi a^2 \cos \varphi}{2} (b^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} \quad \text{ב. } I_a = \frac{-M I_0 (-\omega \sin \omega t)}{R_a}$$

$$\text{ג. } |\vec{\tau}| = \mu_a B_z \sin \varphi$$

$$(2) \quad \varepsilon_2 = \frac{N_2}{N_1} V_0 \sin \omega t$$

$$(3) \quad \text{א. } \varepsilon = -A \pi a^2 - L I \quad \text{ב. } I(t) = -\frac{A \pi a^2}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L} t} \right)$$

$$\text{ג. } \phi_{BT} = 0, \quad I(t) = -\frac{A \pi a^2}{L} t$$