



תרגיל כיתה מס' 7.

מה בתרגול?

⊕ תזכורת על חיישנים השראותיים ושאלה בנושא

⊕ LVDT

מושגים בסיסיים חזרה:

סימון	מונח	הסבר קצר	יחידות	עבור סליל עם n ליפופים
B	שדה מגנטי	שדה מגנטי נוצר בעקבות מטען שנע. מוגדר ככח שפועל על מטען שנע. עצמה שדה שנוצר על ידי תיל ישר הנושא זרם: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$	Tesla כח של $1[N]$ שפועל על חוט שזורם בו $1[A]$ באורך $1[m]$	$\frac{ni\mu}{l}$ i זרם n מספר ליפופים μ קבוע פרמאביליות l אורך הליבה
ϕ	שטף מגנטי	אינטגרל של השדה המגנטי על השטח $\iint_s B dS$	Weber	$\frac{n^2 i A \mu}{l}$ A שטח חתך
mmf	Magneto motive force	כל גורם היוצר שטף מגנטי (זרם הזורם בסליל)	Amper-turns [NI]	ni
μ	פרמאביליות	יכולת של החומר להגיב לשדה מגנטי	$\mu_0 \mu_r$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ ריק μ_r - יחסי $\frac{H}{m} = \frac{N}{A^2}$	
\mathfrak{R}_m	רלקוטנס- reluctance התנגדות מגנטית	דומה להתנגדות במעגל חשמלי	$\frac{1}{H}$	$\frac{l}{\mu A} = \frac{n^2}{L}$
L	השראות עצמית	יחס בין השטף שסליל יוצר והזרם שזורם דרכו	$H = \frac{\text{weber}}{\text{Amper}}$	$\frac{n^2 A \mu}{l} = \frac{n^2}{\mathfrak{R}_m}$

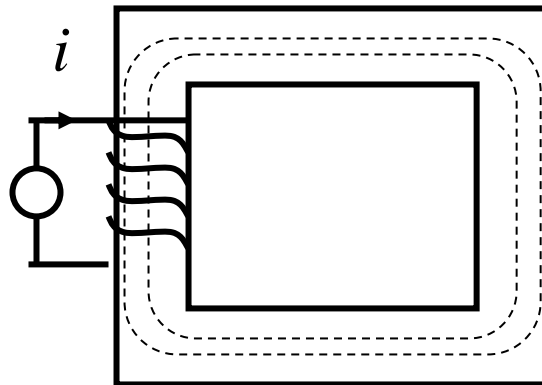


תזכורת על חיישנים השראותיים

במעגל מגנטי:

$$m.m.f = \phi \mathcal{R}_m$$

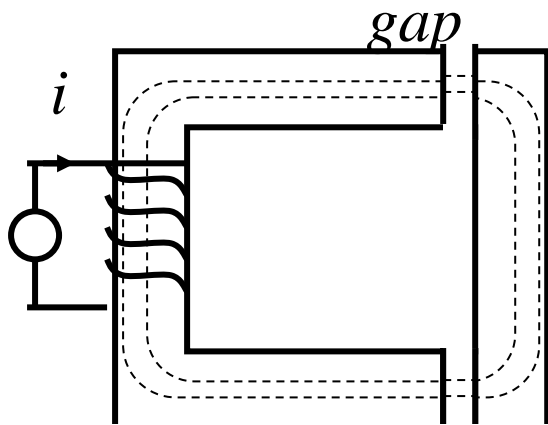
במעגל המגנטי הבא ההשראות המתקבלת היא:



במעגל המגנטי הבא ההשראות המתקבלת היא:

$$L_0 = n^2 / \mathcal{R}_0$$

$$\mathcal{R}_0 = \frac{l}{\mu_0 A}$$



$$\mathcal{R}_0 = \frac{l}{\mu_0 A}$$

$$\mathcal{R}_{gap} = \frac{d_{gap}}{\mu_0 A}$$

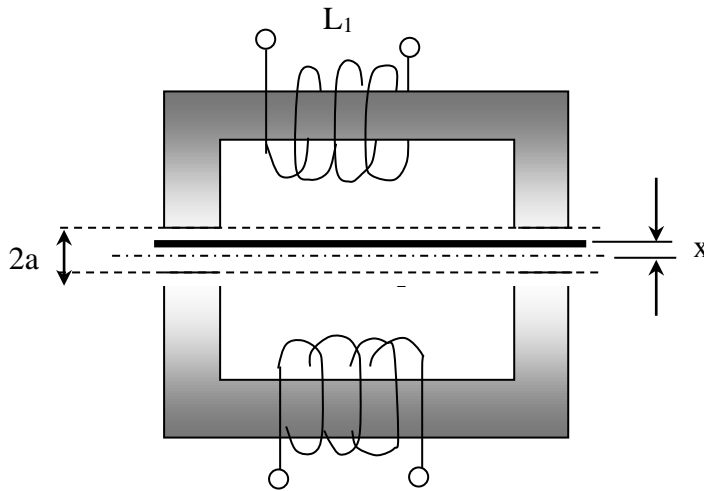
$$\mathcal{R}_{m,total} = \mathcal{R}_0 + 2\mathcal{R}_{gap} = \mathcal{R}_0 + \frac{2d_{gap}}{\mu_0 A} = \mathcal{R}_0 + kd_{gap}$$

$$k = \frac{2}{\mu_0 A}$$

$$L = \frac{n^2}{\mathcal{R}_{m,total}} = \frac{n^2}{\mathcal{R}_0 + 2\mathcal{R}_{gap}} = \frac{n^2 / \mathcal{R}_0}{1 + 2 \frac{\mathcal{R}_{gap}}{\mathcal{R}_0}} = \frac{L_0}{1 + \frac{kd_{gap}}{\mathcal{R}_0}} \stackrel{\alpha = \frac{k}{\mathcal{R}_0}}{=} \frac{L_0}{1 + \alpha d_{gap}}$$



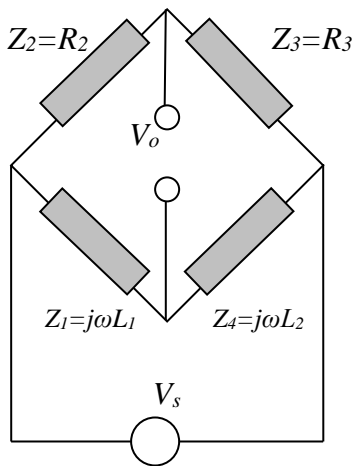
חיישן תזוזה דיפרנציאלי:



ההשראות תחושב באופן הבא:

$$L_1 = \frac{L_0}{1 + \alpha(a - x)}$$

$$L_2 = \frac{L_0}{1 + \alpha(a + x)}$$



ציור 1.2

מחברים את החיישן לגשר כמו בציור 1.2:

$$Z_1 = j\omega L_1; Z_2 = Z_3 = R;$$

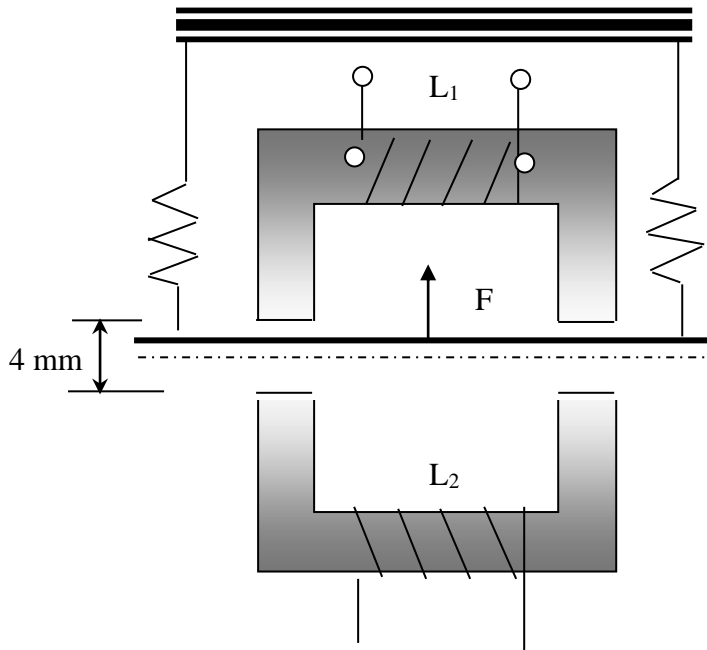
$$Z_4 = j\omega L_2$$

ומקבלים את המתח:

$$V_0 = V_s \left[\frac{Z_1}{Z_1 + Z_4} - \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3} \right] = V_s \left[\frac{L_1}{L_1 + L_2} - \frac{1}{2} \right] = \frac{V_s \alpha x}{2(1 + \alpha a)}$$

שאלה מס' 1

חיישן השראתי דיפרנציאלי משמש למדידת כוחות בתחום תדירויות $0 \div 100$ [Hz] (ראה ציור 2.1). כאשר לא מופעל כוח, החלק הנע ממוקם לאורך הקו האמצעי. הסלילים L_1 ו- L_2 מחוברים במעגל גשר השראות דיפרנציאלי (כמתואר בציור 1.2 עם נגדים שווים).



ציור 2.1

נתון:

- קשיחות כללית של הקפיצים: $K=1000$ [N/m]
- מסת המערכת הנעה: $m = 0.025$ [kg]
- מקדם ריסון: $\xi = 0.7$
- השראות סליל בודד: $L = 20/(1+2d)$ [mH]
- כאשר: d - מרווח אוויר במילימטרים
- מתח ההספקה: $V_s = 1$ [V ac]
- בתדר: $f = 1000$ [Hz]

- (א) מהי התדירות העצמית של המערכת המכנית? מהי השגיאה דינאמית המקסימלית (בתחום תדירויות העבודה), כתוצאה מהתגובה דינאמית של המערכת?
- (ב) רשמו ביטוי למתח המוצא V_o .
- (ג) מהי רגישות המערכת? מה המסקנות.

שאלה מס' 2 - פתרון

(א) תדירות עצמית:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{1000}{0.025}} = 200 \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$$

השגיאה דינאמית המקסימלית מתקבלת עבור

$$\omega_L = 2 \cdot \pi \cdot 100 \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right] \leftarrow f_L = 100 \text{ [Hz]}$$

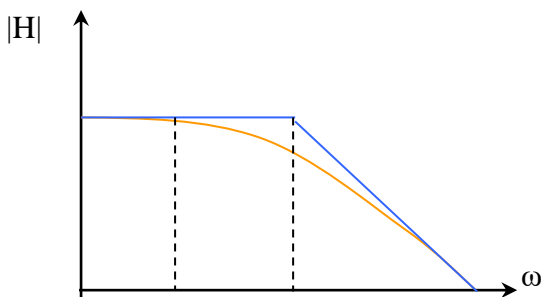
הגבר עבור מערכת מסדר שני:

$$|H(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)^2 + \left(2\xi \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}}$$

והשגיאה שמתקבלת:

$$|H(\omega = 100)| = 0.9747$$

$$e = 1 - 0.9747 = 0.0253 = 2.53\%$$





$$\begin{aligned}
 V_o &= V_s \left(\frac{j\omega L_1}{j\omega L_1 + j\omega L_2} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) = V_s \left(\frac{L_1}{L_1 + L_2} - \frac{1}{2} \right) = \frac{1}{2} V_s \frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2} = \\
 &= \frac{1}{2} V_s \frac{\frac{1}{1+2(2-x)} - \frac{1}{1+2(2+x)}}{\frac{1}{1+2(2-x)} + \frac{1}{1+2(2+x)}} = \frac{1}{2} V_s \frac{1+4+2x-1-4+2x}{1+4+2x+1+4-2x} = V_s \cdot \frac{x}{5}
 \end{aligned}$$

(ג) הרגישות לתזוזה :

$$S = \frac{dV_o}{dF} = \frac{dV_o}{dF} \cdot \frac{dF}{dx} = V_s \frac{1}{5} \cdot |H(\omega)| \cdot \frac{1}{k}$$

רגישות תקטן עבור תדרים גבוהים.

