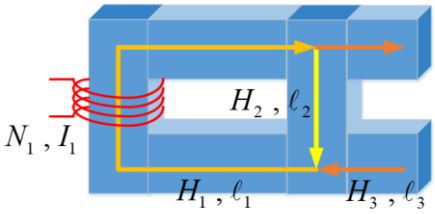
ממירי מתח ממותגים

התקנים מגנטיים – סיכום נקודות מרכזיות

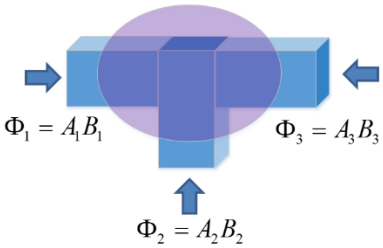
על מנת לחשב את השדות בהתקן מגנטי, יש ליישם את החוקים הבאים:

א. **חוק אמפר**. האינטגרל של השדה המגנטי לאורך מסלול סגור שווה לסך הזרם דרך המשטח. לדוגמא:



$$\boxed{H_1\ell_1 + H_2\ell_2 = N_1 I_1}$$

ב. **אין מקורות מגנטיים**. סה"כ השטף המגנטי הנכנס למשטח סגור הוא אפס. לדוגמא:

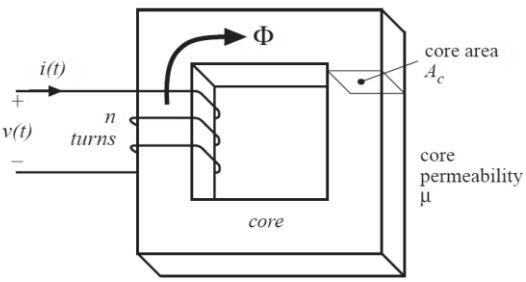


$$\boxed{\begin{aligned}\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 &= 0\\ A_1B_1 + A_2B_2 + A_3B_3 &= 0\end{aligned}}$$

ג. בחומרים מגנטיים <u>ליניאריים:</u> $B = \mu H = \mu_r \mu_0 H$

בנוסף, **המתח המושרה בלולאה** בעלת שטח חתך A_c ו- n כריכות הוא $v(t) = nA_c \dfrac{dB(t)}{dt}$.

סליל פשוט



- מספר הליפופים הוא n.
- שטח החתך של הליבה המגנטית הוא A_c.
- אורך המסלול המגנטי (במרכז ההתקן) הוא l_m.
- הפרמאביליות של הליבה המגנטית היא μ.

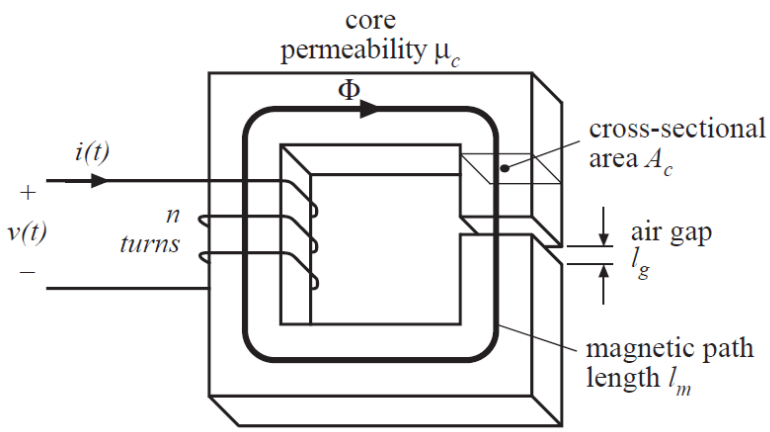
השראות :

$$L = \frac{\mu n^2 A_c}{l_m} \qquad (1)$$

זרם רוויה:

$$I_{sat} = \frac{B_{sat} l_m}{\mu n} \qquad (2)$$

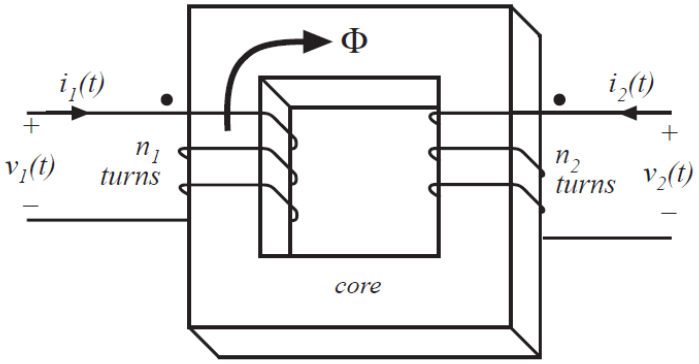
סליל עם חריץ אוויר



- מספר הליפופים הוא n.
- שטח החתך של הליבה המגנטית הוא A_c.
- אורך המסלול המגנטי (במרכז ההתקן) הוא l_m.
- אורך חריץ האוויר הוא l_g.
- הפרמאביליות של הליבה המגנטית היא μ_c.

זרם הרוויה	$I_{sat} = \frac{B_{sat}}{n}\left(\frac{l_m}{\mu_c} + \frac{l_g}{\mu_0}\right)$
ההשראות	$L = \frac{n^2 A_c}{\frac{l_m}{\mu_c} + \frac{l_g}{\mu_0}}$
האנרגיה המקסימאלית	$E_{\max} = \frac{1}{2} L I_{sat}^{\ 2} = \frac{1}{2} A_c B_{sat}^{\ 2}\left(\frac{l_m}{\mu_c} + \frac{l_g}{\mu_0}\right)$

שנאי פשוט



- מספר הליפופים בסליל הראשוני (משמאל) הוא n_1 .
- מספר הליפופים בסליל המשני (מימין) הוא n_2 .
- שטח החתך של הליבה המגנטית הוא A_c .
- אורך המסלול המגנטי (במרכז ההתקן) הוא l_m .
- הפרמאביליות של הליבה המגנטית היא μ .

$$v_1(t) = L_m \frac{d}{dt}\left(i_1 + \frac{n_2}{n_1} i_2\right)$$

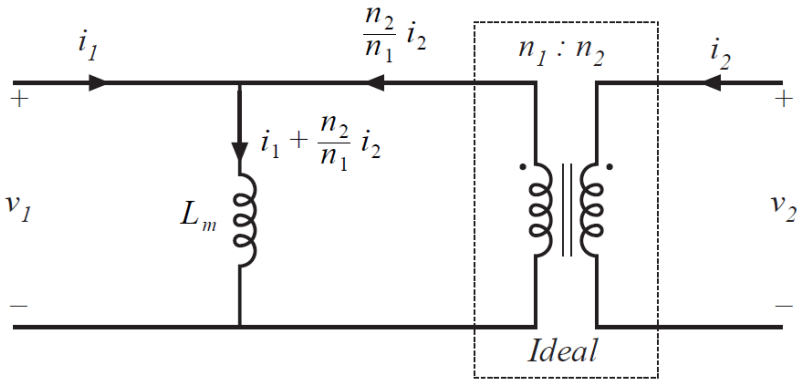
(3)

$$v_2(t) = \frac{n_2}{n_1} v_1(t)$$

השראות מגנוט:

$$L_m = \frac{\mu n_1^2 A_c}{l_m} \qquad (4)$$

מעגל שקול:



שני תנאים להימנעות מרוויה בשנאי הינם:

1. הזרם בהשראות המגנוט חסום: $|i_{m,1}| \le I_{sat,1}$, כאשר $I_{sat,1} = \frac{B_{sat} l_m}{\mu n_1}$.
2. במצב יציב, האינטגרל על החלק החיובי של המתח חסום: $\lambda \le n_1 A_c \max\{\Delta B\}$.

תנאים אלה שקולים זה לזה.

הפסדים בהתקנים מגנטיים

<u>הפסדים בליבה המגנטית</u>

(5) $$\text{(energy lost per cycle)} = \text{(core volume)} \times \text{(area of } B\text{-}H \text{ loop)}$$

הפסד ההספק הממוצע מתקבל ע"י הכפלה בתדר:

(6) $$P_H = (f)(A_c l_m) \int_{\substack{\text{one}\\\text{cycle}}} H(t)\,dB$$

<u>אפקט הקרום (skin-effect)</u>

(7) $$\delta \approx \sqrt{\frac{\rho}{\pi \mu f}}$$

כאשר

ρ - ההתנגדות הסגולית של המוליך

μ - הפרמאביליות של המוליך

f - התדר

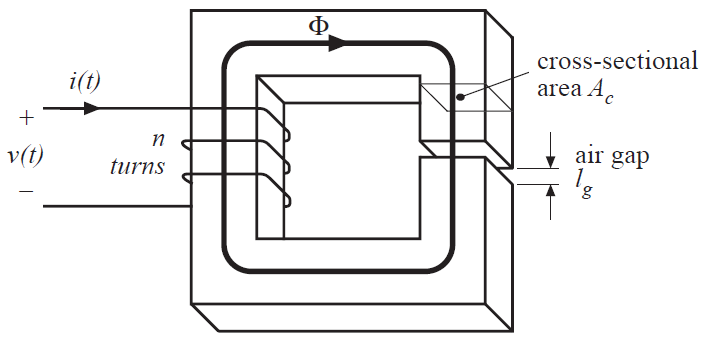
ועבור נחושת בטמפרטורת החדר:

(8) $$\delta \approx \frac{7.5}{\sqrt{f}}\ \text{cm}$$

תכנון בסיסי של סליל

הנחות התכנון:

- הפסדי הליבה זניחים.
- אפקט הקרום ואפקט הקרבה זניחים.
- החומר המגנטי אידיאלי.



יעדי התכנון (מספרים נתונים)	
השראות רצויה	L
התנגדות טורית רצויה	R
הזרם המקסימאלי בסליל	$I_{\max}$
פרמטרים ידועים	
התנגדות סגולית של החומר המוליך	ρ
הפרמאביליות של הריק	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \mathrm{V \cdot s/(A \cdot m)}$
"מקדם הניצול" של החלון	$K_u \approx 0.5$
צפיפות השטף המגנטי המקסימאלית בליבה	$B_{\max}$
פרמטרים גאומטריים שאותם יש לקבוע במהלך התכנון	
מספר הליפופים	n
שטח החתך של הליבה	A_c
אורך המסלול המגנטי במרכז הליבה	l_m
אורך חריץ האוויר	l_g
שטח החלון של הליבה	W_A
שטח החתך של המוליך	A_w
האורך הממוצע של ליפוף	MLT (Mean Length per Turn)

הקבוע הגיאומטרי של הליבה: $K_g = \dfrac{A_c^{\,2} W_A}{(MLT)}$.

תהליך התכנון של הסליל:

א. בהינתן קטלוג של ליבות אפשריות, בחרו ליבה בעלת גודל מתאים.

הליבה שבחרתם חייבת לקיים את האילוץ $K_g \geq \dfrac{\rho L^2 I_{\max}^{\ 2}}{B_{\max}^{\ 2} R K_u}$.

רשמו את נתוני הליבה שבחרתם: A_c, W_A, MLT .

ב. קבעו את אורך חריץ האוויר: $l_g = \dfrac{\mu_0 L I_{\max}^{\ 2}}{B_{\max}^{\ 2} A_c}$

ג. קבעו את מספר הליפופים: $n = \dfrac{L I_{\max}}{B_{\max} A_c}$

(עגלו את התוצאה למספר שלם)

ד. בחרו את עובי החוט: $A_w \leq \dfrac{K_u W_A}{n}$

ה. חשבו בקירוב את ההתנגדות של הסליל: $R = \dfrac{\rho n (MLT)}{A_w}$

תכנון בסיסי של שנאי בממיר Flyback

א. תכננו את הסליל הראשוני בעזרת השיטה שלמדנו. במהלך התכנון השתמשו בקבוע W_A שהוא חצי מזה הנתון בדפי הנתונים של הליבה. שימו לב שהקבוע K_g משתנה בהתאם.

ב. קבעו את מספר הליפופים בסליל המשני, לפי יחס ההשנאה הרצוי $n_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right) n_1$.

ג. קבעו את עובי החוט בסליל המשני כך שיכנס בחצי החלון:

$$A_{w,2} \le \frac{K_u W_A}{n_2} \qquad (9)$$

גם כאן השתמשו בקבוע W_A שהוא חצי מזה הנתון בדפי הנתונים.