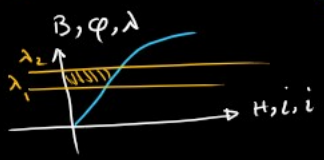
۹۸، ۸، ۱۹

$v = e + ir$ انرژی الکتریکی ورودی $= \int vi\,dt = \int (e+ir)\,i\,dt$

$= \int ei\,dt + \int i^2 r\,dt$

انرژی الکتریکی ذخیره شده به میدان واسط — انرژی تلف شده

$\int ei\,dt = \int N\frac{d\varphi}{dt}\cdot i\cdot dt = \int i\,d\lambda$



$\lambda = N\varphi$

$d\lambda = N\,d\varphi$

$= \int F\,d\varphi$

انرژی میدان: اگر حرکت مکانیکی وجود نداشته باشد

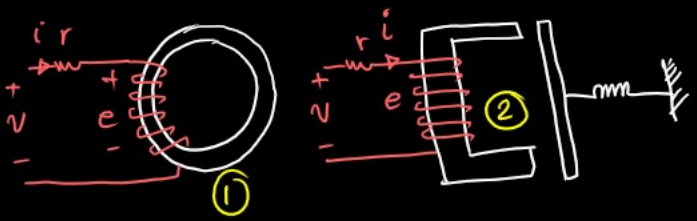
$\Delta W_{mech} = 0$

$\Delta W_{elec} = \Delta W_{mech} + \Delta W_{fld}$

$\Rightarrow \Delta W_{elec} = \Delta W_{fld}$ یا $dW_{elec} = dW_{fld}$

$dW_{elec} = ei\,dt = dW_{fld} \rightarrow W_{fld} = \int_0^{\lambda} i\,d\lambda$

انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی



در صورتی حرکت مکانیکی وجود نداشته باشد کل انرژی الکتریکی ورودی در میدان ذخیره خواهد شد

① اگر فاصله هوایی وجود نداشته باشد کل انرژی در هسته ذخیره می‌گردد

② اگر فاصله هوایی وجود داشته باشد مقداری از انرژی در هسته و مابقی در فاصله هوایی ذخیره خواهد شد

② دانستیم با بسته مقداری از انرژی در هسته و باقی در فاصله‌ی هوایی ذخیره خواهد شد

② در حل

$Ni = H_c l_c + H_g l_g \rightarrow w_{fld} = \int_0^{B(\lambda)} \frac{H_c l_c + H_g l_g}{N} \cdot NA\,dB$ $\quad \lambda = N\varphi = NAB$

$H_g = \frac{B_g}{\mu_0} = \frac{B_c}{\mu_0}$

$\rightarrow w_f = \int H_c l_c A\,dB + \int \frac{B_c}{\mu_0} \cdot l_g \cdot A \cdot dB_c$

$= V_{core} \cdot \int H_c dB_c + V_g \cdot \frac{B_c^2}{2\mu_0}$

ذخیره شده در هسته: w_{fc} — ذخیره شده در فاصله‌ی هوایی: w_{fg}

$w_{fc} \ll w_{fg}$ چگالی

سیستم خطی با بسته

$\mu_c = \mu_r \mu_0$ برای سادگی و مقایسه فرض کنیم

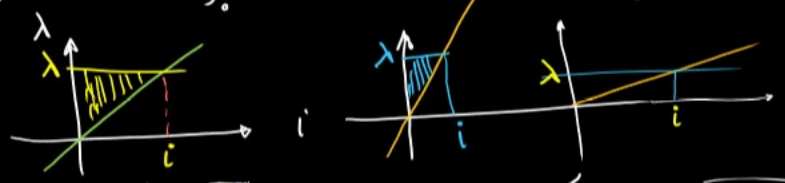
$\rightarrow W_{core} = V_{core} \times \frac{1}{2} \frac{B_c^2}{\mu_0 \mu_r}$

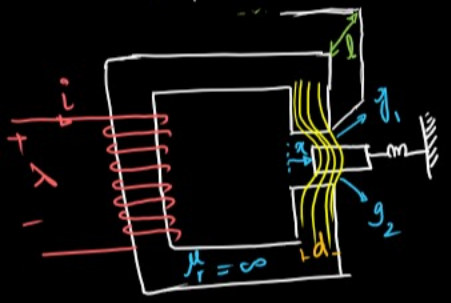
پس قسمت اعظم انرژی در فاصله‌ی هوایی ذخیره می‌شود.

در سیستم خطی

$w_{fld} = \int_0^{\lambda} i\,d\lambda = \frac{1}{2}\lambda i = \frac{1}{2} L \cdot i \cdot i = \frac{1}{2} L i^2$

این رابطه برای انرژی ذخیره شده فقط در سیستم خطی صادق است.





مثال: انرژی ذخیره شده در هسته و فاصله‌ی هوایی را بیابید.

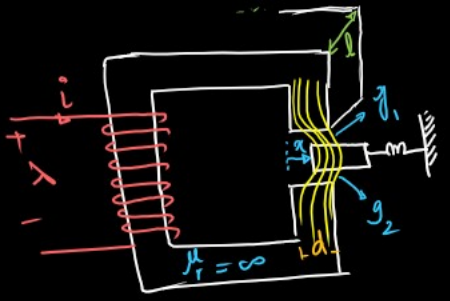
$Ni = H_g l_g + H_c l_c \approx 0$

$Ni = \frac{B}{\mu_0} g (g_1 + g_2)$

اگر هسته آهن باشد انرژی ذخیره شده در هسته صفر

$\Rightarrow B_g = \frac{\mu_0 Ni}{g_1 + g_2} \rightarrow w_{fld} = (g_1+g_2)(d-x)l_x \frac{\mu_0^2 N^2 i^2}{2(g_1+g_2)^2 \mu_0}$

$V_g \cdot \frac{B^2}{2\mu_0}$



مثال: انرژی ذخیره شده در میدان و فاصله‌ی هوایی را بدست آورید.

$$Ni = H_g l_g + H_c l_c \approx 0$$

$$Ni = \frac{B}{\mu_0} g (g_1 + g_2)$$

اگر هسته ایده‌آل باشد انرژی ذخیره شده در هسته صفر است

$$V_g \cdot \frac{B^2}{2\mu_0}$$

$$\Rightarrow B_g = \frac{\mu_0 N i}{g_1 + g_2} \rightarrow w_{fld} = (g_1+g_2)(d-x)h \frac{\mu_0^2 N^2 i^2}{2(g_1+g_2)^2 \cdot \mu_0}$$

V_g

$$w_{fld} = \frac{1}{2} L(x) \cdot i^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{N^2}{R(x)} \cdot i^2$$

$$R(x) = \frac{g_1+g_2}{\mu_0 (d-x) \cdot l}$$

روش دوم: در سیستم خطی

w_{fld} از هر دو روش یک مقدار بدست می‌آید

$$w_{fld} = \int_0^{\lambda} i \, d\lambda$$

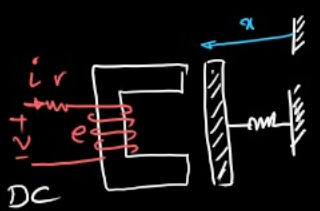
$$w'_{fld} = \int_0^{i} \lambda \, di$$

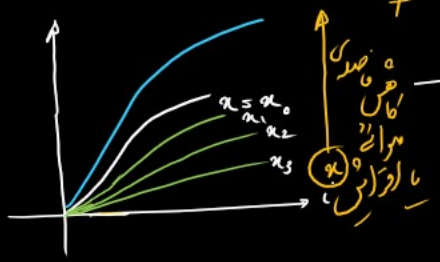
انرژی و کو انرژی

Energy & Co-Energy

$$\rightarrow w_f + w'_f = \lambda \cdot i$$

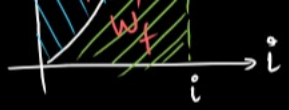
$$w_f = w'_f \text{ در سیستم خطی} = \frac{1}{2} \lambda i$$





وجود حرکت مکانیکی

اگر سیستم از مرجعیت

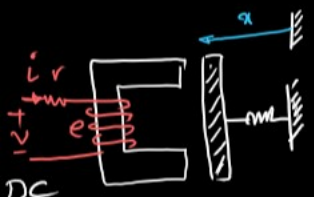


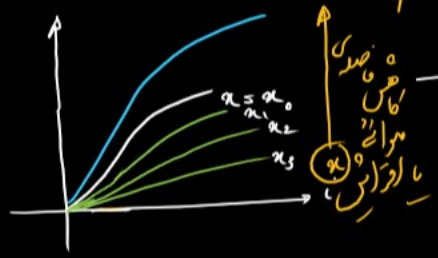
$w'_{fld} = \int_0^i \lambda\, di$

$\rightarrow w_f + w'_f = \lambda \cdot i$

Energy $\propto$ Co-Energy

$w_f = w'_f$ در سیستم خطی $= \frac{1}{2}\lambda i$





وجود حرکت مکانیکی

اگر سیستم از موقعیت $x = x_1$ به موقعیت $x = x_2$ برود تغییرات انرژی مکانیکی محقق خواهد شد؟

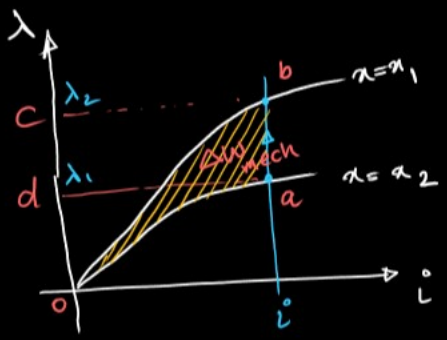
در DC مانند پله در حالت دائمی

① اگر حرکت به آهستگی انجام پذیرد $\Rightarrow i$ ثابت

② " " بسیار تند انجام گردد $\Rightarrow \lambda$ ثابت

③ " " نه بسیار کند و نه بسیار تند باشد

هیچکدام ثابت نیستند



① حرکت آهسته

$\Delta W_{elec} = \Delta W_{mech} + \Delta W_{fld}$

$\Delta W_e = \int ei\,dt = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i\,d\lambda = A_{abcd}$

$\Delta W_{fld} = A_{obc} - A_{oad}$

$\Delta W_{mech} = \Delta W_e - \Delta W_{fld} = A_{abcd} + A_{oad} - A_{obc}$

$= A_{oab}$