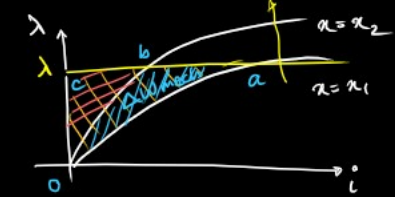


② حرکت تند یا سریع : در حرکت تند با توجه به لحظه شار مقدار آن ثابت می ماند $\lambda = cte$

$$dw_e = \int i\,d\lambda = 0$$
$$dw_m = -dw_{fld}$$

$$\Delta w_{fld} = A_{oac} - A_{obc} = A_{oab} = \Delta w_m = -\Delta w_{fld}$$

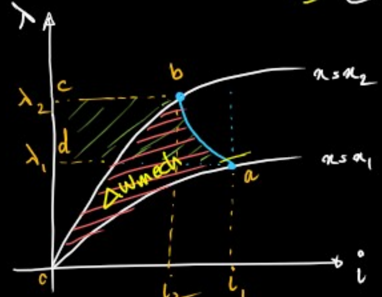
محاسبه ی نیرو

$$\Delta w_m = f_m \Delta x \longrightarrow f_m = \frac{\partial w_m}{\partial x}$$

حرکت آهسته $\quad \Delta w_m = \Delta w'_{fld} \longrightarrow f_m = \frac{\partial w'_{fld}(i,x)}{\partial x}\Big|_{i=cte}$

حرکت تند $\quad \Delta w_m = -\Delta w_{fld} \longrightarrow f_m = -\frac{\partial w_{fld}(\lambda,x)}{\partial x}\Big|_{\lambda=cte}$

نیرو در راستای افزایش کوانرژی و کاهش انرژی است یا در واقع نیرو در راستای کاهش فاصله ی هوائی است.



حرکت واقعی نه خیلی کند و نه خیلی سریع :

$$\Delta w_{elec} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i\,d\lambda = A_{abcd}$$

$\Delta w_{fld} =$ انرژی در وضعیت x_2 − انرژی در وضعیت x_1

$$= A_{obc} - A_{oad}$$

$$\Delta w_{mech} = A_{abcd} + A_{oad} - A_{obc} = A_{oab}$$

در حالت حدی که $\Delta x \to 0$ در حرکت تند، حرکت کند و حتی حرکت واقعی Δw_m یکی خواهد شد و محاسبه ی نیرو به عدد واحدی خواهد رسید

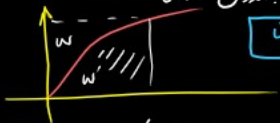
مثال:

... یک سیستم مغناطیسی داده شده است ... با دو روش انرژی و کوانرژی محاسبه کنید

مشخصه $\lambda - i$ در یک سیستم مغناطیسی داده شده است، نیرو را با دو روش انرژی و کوانرژی محاسبه کنید

$$\begin{cases} \lambda = \dfrac{0{,}09\sqrt{i}}{g} \\ 0 < i < 4^{A} \\ 3 < g < 10^{cm} \end{cases}$$

$\boxed{i = 3A ,\; g = 5cm}$



الف) $f_m = \dfrac{\partial w'(i,g)}{\partial g}$, $w' = \int_0^i \lambda\, di = \int_0^i \dfrac{0{,}09\sqrt{i}}{g}\, di = \dfrac{0{,}09}{g} \times \dfrac{2}{3} i\sqrt{i}$

$$= -0{,}09 \times \frac{2}{3} \frac{i\sqrt{i}}{g^2}$$

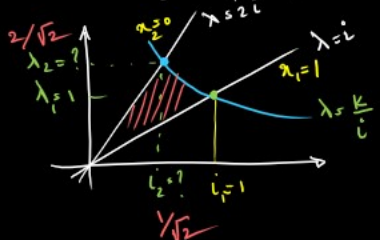
$$= -124{,}7\ N$$

ب) $w = \int_0^\lambda i\, d\lambda = \int_0^\lambda \left(\dfrac{\lambda g}{0{,}09}\right)^2 d\lambda = \left(\dfrac{g}{0{,}09}\right)^2 \cdot \dfrac{1}{3}\lambda^3$

$$f_m = -\frac{\partial w(\lambda, g)}{\partial g} = \frac{-2g}{0{,}09^2} \times \frac{1}{3}\lambda^3 = -124{,}7\ N$$

مثال: در یک سیستم مغناطیسی بدون تلفات $\lambda = i(2 - x)$ اگر از وضعیت $i_1 = 1 ,\, x_1 = 1$ به وضعیت $x_2 = 0$

طوری حرکت کنیم که در این فاصله حاصلضرب λi ثابت بماند، کار مکانیکی انجام شده چقدر است.



$$\lambda i = k \rightarrow \lambda = \frac{k}{i} \rightarrow k = 1$$

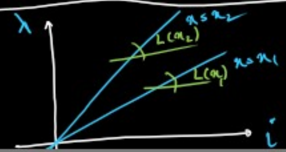
$$\lambda = \frac{k}{i} = 2i \rightarrow 2i^2 = k \rightarrow i = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\Delta w_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{2}{\sqrt{2}} \times \frac{1}{2} + \int_{\frac{1}{\sqrt{2}}}^{1} \frac{1}{i}\, di - 1 \times 1 \times \frac{1}{2} = \ln\sqrt{2}$$

$$= 0{,}347\ J$$

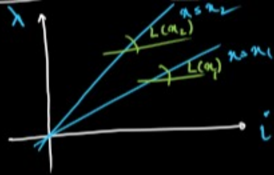
تمرین: $\begin{cases} \text{اگر بسیار تند از } x_1 \text{ به } x_2 \text{ برویم} & \Delta w_m = ?\ ! \\ \text{〃 〃 آهسته 〃 〃 〃 〃} & \text{〃} \end{cases}$

در سیستم خطی



$$\lambda = L(x)\, i$$

$$w_f = \int i\, d\lambda = \int^{\lambda} \frac{\lambda}{L(x)}\, d\lambda = \frac{\lambda^2}{2L(x)} = \frac{1}{2} L(x)\, i^2 = w'_f$$



در سیستم خطی

$$\lambda = L(x)\, i$$

$$w_f = \int i\, d\lambda = \int_0^{\lambda} \frac{\lambda}{L(x)}\, d\lambda = \frac{\lambda^2}{2L(x)} = \frac{1}{2} L(x)\, i^2 = w'_f$$

$$f_m = -\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\lambda^2}{2L(x)}\right)\Bigg|_{\lambda = cte} = \frac{\lambda^2}{2(L(x))^2}\cdot\frac{dL(x)}{dx} = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(x)}{dx}$$

سیستم خطی
حرکت دورانی

$x \to \theta \qquad \Delta W_{mech} = \tau\, \Delta\theta$

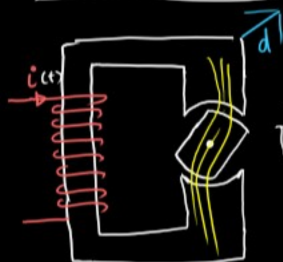
$$\to \tau = \frac{\partial w'_f(i,\theta)}{\partial \theta}\Bigg|_{\lambda = cte} = -\frac{\partial w(\lambda,\theta)}{\partial \theta}\Bigg|_{i = cte}$$

کلی

$$\tau = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(\theta)}{d\theta}$$

خطی

موتور رلوکتانسی : با حرکت یا چرخش رلوکتانس سیستم تغییر خواهد کرد.



$\theta = 90$ $\boxed{}$

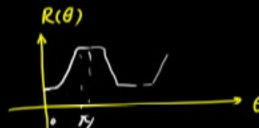
$$\mathcal{R}(\theta) = \frac{2g}{(r + g/2)\,\theta \cdot d \cdot \mu_0}$$

$(r + g/2)\theta$

$$\varphi = \frac{Ni}{\mathcal{R}(\theta)}, \quad \lambda = N\varphi$$

$$w'_f(i,\theta) = \frac{1}{2}\lambda i = \frac{1}{2} \ldots\ldots$$

$$\tau = \frac{\partial w'(i,\theta)}{\partial \theta}\Bigg|_{i = cte}$$



استاتور (ثابت)
Stator
Rotor

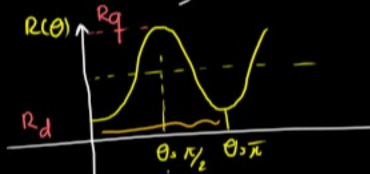
اگر بخواهیم تغییرات $R(\theta)$ به صورت سینوسی باشد

Direct مستقیم
Quadrant عمود

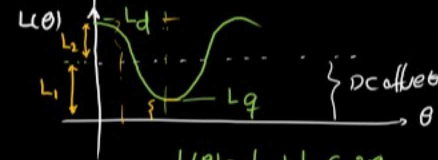
(استاتور (ثابت
Stator
Rotor
(روتور (گردان

اگر بخواهیم تعریف کنیم

$R(\theta)$ به صورت سینوسی باشد



Direct مستقیم
Quadrant عمود



$$L(\theta) = \frac{N^2}{R(\theta)}$$

$$L(\theta) = L_1 + L_2 \cos 2\theta$$

$$\underbrace{L_1 = \frac{1}{2}(L_d + L_q), \quad L_2 = \frac{1}{2}(L_d - L_q)}$$

if $i(t) = I_m \cos \omega t \rightarrow \omega_f'(i,\theta) = \frac{1}{2} i^2 L(\theta)$

$$\tau_f = \frac{\partial \omega_f'}{\partial \theta} = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(\theta)}{d\theta} = -I_m^2 L_2 \sin 2\theta \cos^2 \omega t$$

$$\boxed{\theta = \omega_r t - \delta}$$

$$\omega_r = \frac{d\theta}{dt} \rightarrow \int d\theta = \int \omega_r \, dt \rightarrow \theta = \omega_r t + \underbrace{\theta_0}_{-\delta}$$

$$\tau_f = -I_m^2 L_2 \sin^2(\omega_r t - \delta) \cos^2 \omega t$$

$$= -\frac{1}{2} I_m^2 L_2 (\sin 2(\omega_r t - \delta)(1 + \cos 2\omega t)] =$$

$$= -\frac{1}{2} I_m^2 L_2 [\sin 2(\omega_r t - \delta) + \underbrace{\sin 2(\omega_r t - \delta) \cdot \cos 2\omega t}]$$

$$= -\frac{1}{2} I_m^2 L_2 [\sin 2(\omega_r t - \delta) + \frac{1}{2}(\underbrace{\sin 2(\omega_r t + \omega t - \delta)} + \sin \underbrace{(2(\omega_r t - \omega t - \delta)})]$$

$$\tau_{f,avg} = 0$$

جز در حالتیکه $\omega_r = \pm \omega \longrightarrow$ گشتاور متوسط صفر خواهد شد

$$\tau_{av} = \frac{1}{4} I_m^2 L_2 \sin 2\delta$$

$$= \frac{1}{8} I_m^2 (L_d - L_q) \sin 2\delta$$