Tímaháð svið og jöfnur Maxwells

Í rafstöðufræði var

$$\overline{\nabla}\times\overline{E}=0$$

notuð t.þ.a finna rafmætti V þ.a.

$$\overline{E}=-\overline{\nabla}V$$

því almennt gildir

$$\overline{\nabla}\times(\overline{\nabla}V)=0$$

tilraunir á tímaháðum sviðum hefur leitt til endurbótar á jöfnunni

$$\boxed{\overline{\nabla}\times\overline{E}=-\frac{\partial}{\partial t}\overline{B}}$$

Rafsviðið er því ekki geymið þar sem segulflæði breytist með tíma. Það er ekki til mættisfall fyrir $\overline{E}$

'A heildisformi fæst

$$\boxed{\oint_C \overline{E}\cdot d\overline{l}=-\int_S \frac{\partial\overline{B}}{\partial t}\cdot d\overline{s}} \quad (*)$$

Almenn leið C og yfirborð S óháð leiðurum og rásum

Ef C er eftir rás má túlka

$$\oint_C \bar{E}\cdot d\bar{l} = V$$

sem íspennu rásarinnar vegna breytinga á segulflæðinu um S

$$\Phi = \int_S \bar{B}\cdot d\bar{S}$$

(*) verður þá

$$\boxed{V = -\frac{d\Phi}{dt}}$$

Lögmál Faradays

Íspennan í lokaðri rás (kyrri) er jöfn neikvæðri breytingu segulflæðisins um rásina

Lögmál Lenz

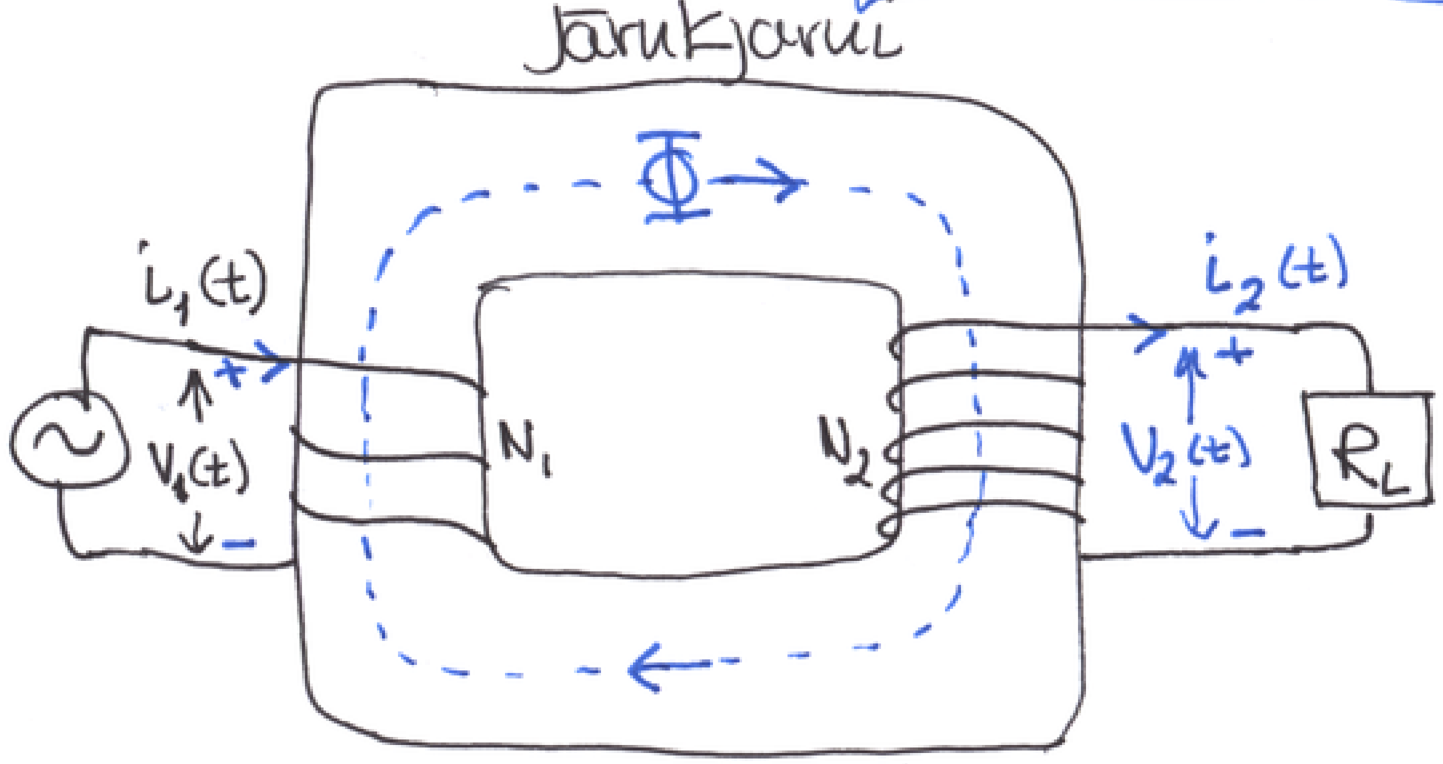
Íspennan skapar straum sem veldur segulsviði til þess að viðhalda ytra segulsviðinu

neikvæða formerkið

Spennubreytir

Athugum einfaldan spennubreyti

Örvar og spennur eiga hér við ~~Vist~~ augnablik í tíma



Breytingin á Φ í seinni spólunni veldur íspennu í henni samkvæmt lögmáli Faradays

Áður höfðum við um segulrásir

$$\sum_j N_j I_j = \sum_k \mathcal{R}_k \Phi_k$$

Lögmál Lenzs segir okkur að íspennan í spólu 2 vinni móti segulflæðinu frá spólu 1

$$N_1 i_1 - N_2 i_2 = \mathcal{R}\Phi$$

Heili einfaldi kjarninn getur

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu S}$$

Kjör spennubreytir

$\mu \to \infty$

$$\to \boxed{\frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1}}$$

Faraday gefur

$$v_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$v_2 = N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

(Miðað við augnablikið flæðið upp hér að framan)

$$\to \boxed{\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2}}$$

Álagsviðnámið R_L leiðir til virks álags

$$(R_1)_{eff} = \frac{v_1}{i_1} = \frac{\left(\frac{N_1}{N_2}\right) v_2}{\left(\frac{N_2}{N_1}\right) i_2}$$

$$= \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_L$$

fyrir sínus AC-gjafa fæst fyrir samviðnámið

$$\boxed{(Z_1)_{eff} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L}$$

Raunspennir

$$N_1 i_1 - N_2 i_2 = \frac{l}{\mu S}\Phi$$

$$\rightarrow \begin{cases} \Lambda_1 = N_1\Phi = \frac{\mu S}{l}\left(N_1^2 i_1 - N_1 N_2 i_2\right) \\ \Lambda_2 = N_2\Phi = \frac{\mu S}{l}\left(N_1 N_2 i_1 - N_2^2 i_2\right) \end{cases}$$

$$v_1 = N_1\frac{d\Phi}{dt} = L_1\frac{di_1}{dt} - L_{12}\frac{di_2}{dt}$$

$$v_2 = N_2\frac{d\Phi}{dt} = L_{12}\frac{di_1}{dt} - L_2\frac{di_2}{dt}$$

með

$$L_1 = \frac{\mu S}{l}N_1^2 \qquad L_{12} = \frac{\mu S}{l}N_1 N_2$$

$$L_2 = \frac{\mu S}{l}N_2^2$$

því sést að $\mu \to \infty$ áður er jafngilt $L_i \to \infty$

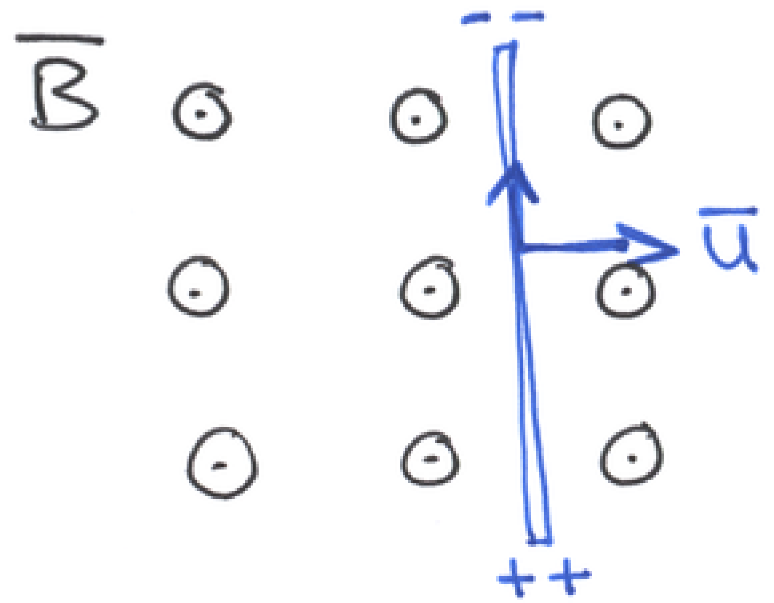
Ef ekkert flæði lekur
$$L_{12} = \sqrt{L_1 L_2}$$

annars
$$L_{12} = k\sqrt{L_1 L_2}, \quad k<1$$

tengistuðull

Viðnám . . . .

Leiðari á hreyfingu í föstu segulsviði



fastur hraði $\overline{u}$ $\longrightarrow$

Kraftur á hleðslur innan stangar

$$\overline{F}_m = q\overline{u} \times \overline{B}$$

Rafeindir færast að öðrum endanum

og valda spennu milli enda

Án ytri rásar verða þessir kraftar í jafnvægi

<u>hreyfiíspennan</u> er

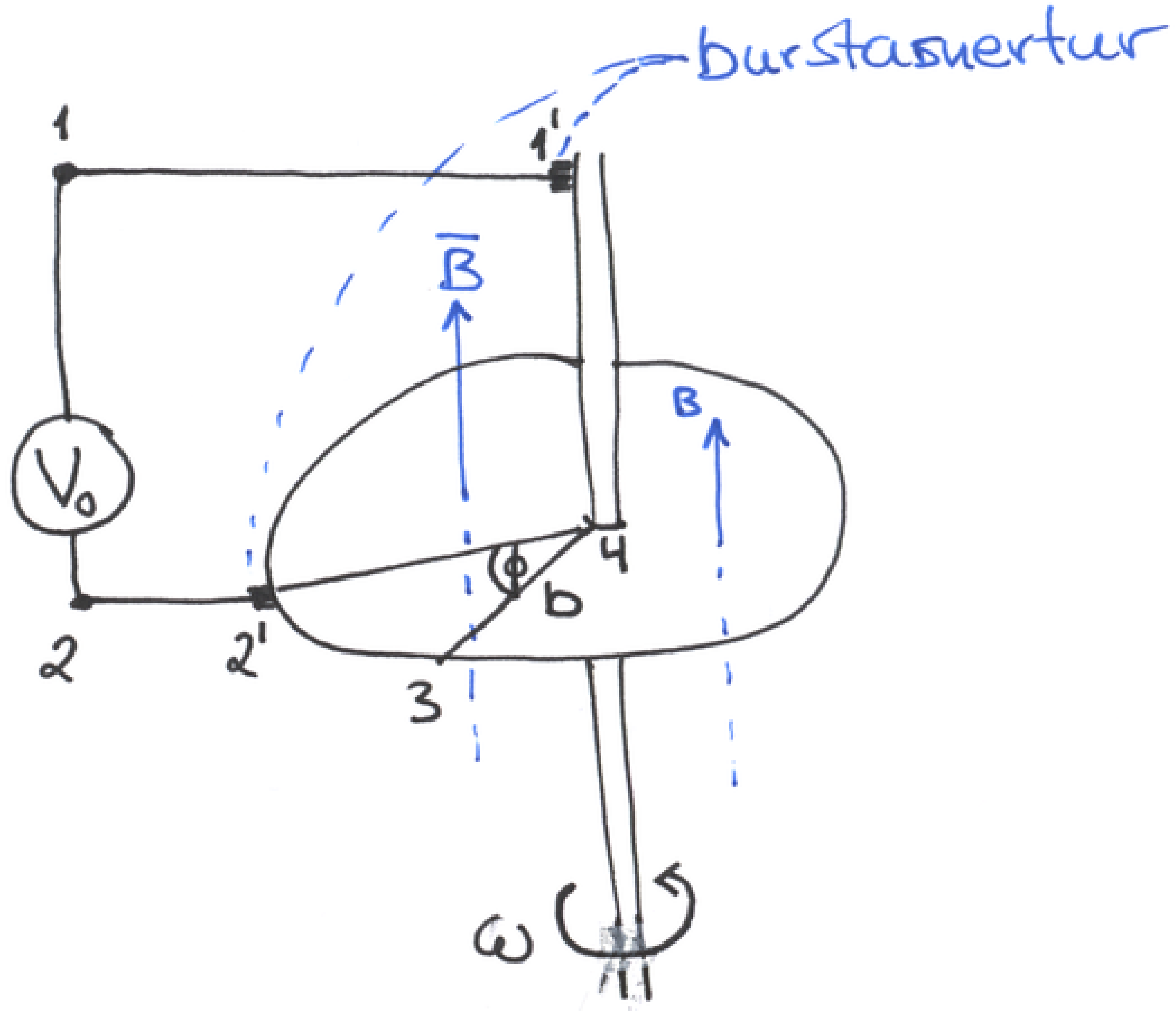
$$V'_{21} = \int_1^2 (\overline{u} \times \overline{B}) \cdot d\ell$$

fyrir lokaða rás fæst

$$V' = \oint_C (\overline{u} \times \overline{B}) \cdot d\overline{\ell}$$

<u>hreyfiíspennan</u> í rásinni

Dæmi Faraday skífa



$$V_0 = \oint (\overline{u} \times \overline{B}) \cdot d\overline{l}$$

$$= \int_3^4 \left\{ (\hat{a}_\phi r\omega) \times \hat{a}_z B_0 \right\} \cdot (\hat{a}_r dr)$$

$$= \omega B_0 \int_b^0 r\,dr = -\frac{\omega B_0 b^2}{2}$$

$$\overline{B} = \hat{a}_z B_0$$

Hér er í raun sama hvar radial leiðið er valið að vera (3 -> 4)

Hvernig tengjast þessar tvær aðferðir til að fá V?

q hreyfist með $\bar{u}$ á svæði með $\bar{E}$ og $\bar{B}$

Á q verkar Lorentz-kraftur

$$\bar{F} = q(\bar{E} + \bar{u} \times \bar{B})$$

Athugandi á q sér enga hreyfingu og álítur $\bar{F}$ á q vera vegna

$$\bar{E}' = \underbrace{\bar{E} + \bar{u} \times \bar{B}}$$

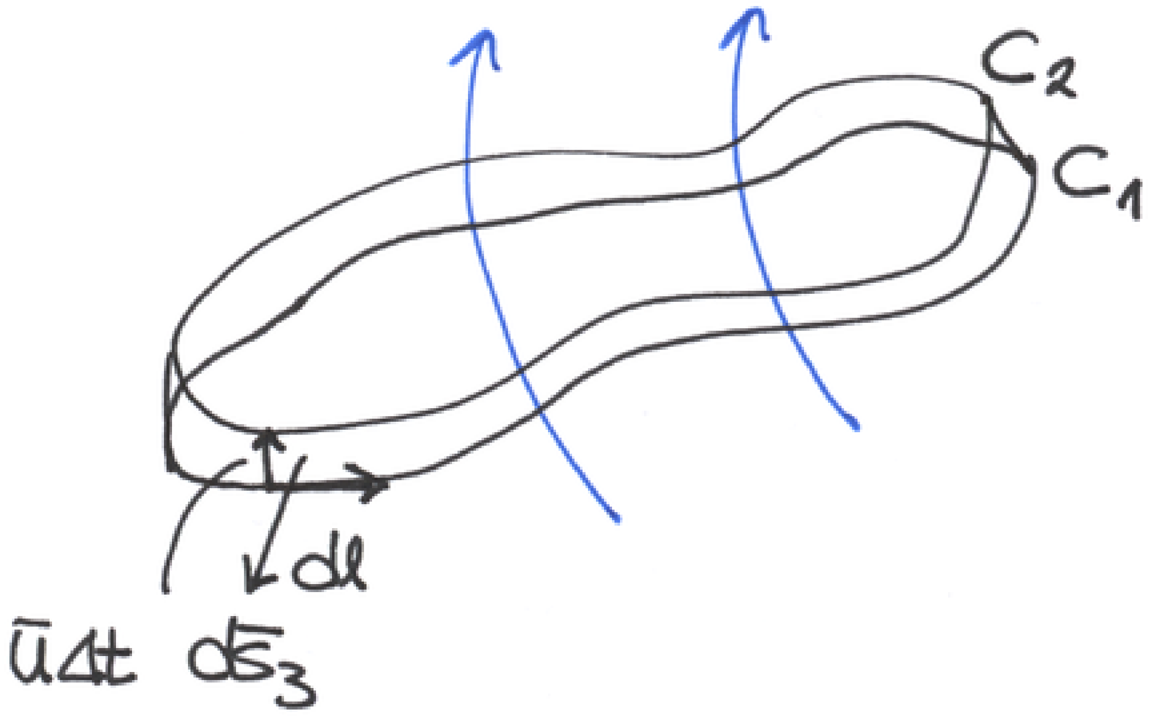
því er spennan í rás á hreyfingu vegna tveggja þátta

$$\boxed{\oint_C \bar{E}' \cdot d\bar{l} = -\int_S \frac{\partial \bar{B}}{\partial t} \cdot d\bar{s} + \oint_C (\bar{u} \times \bar{B}) \cdot d\bar{l}}$$

Almennt lögmál Faradays

Athugum betur

Rás C hreyfist frá C_1 í t í C_2 á $t+dt$ í $\overline{B}$



Milli C_1 og C_2 liggur flötur S_3

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{d}{dt}\int_S \overline{B}\cdot d\bar{s}$$

$$= \lim_{\Delta t\to 0}\frac{1}{\Delta t}\left\{\int_{S_2}\overline{B}(t+\Delta t)\cdot d\bar{s}_2 - \int_{S_1}\overline{B}(t)\cdot ds_1\right\}$$

$$\overline{B}(t+\Delta t) = \overline{B}(t) + \frac{\partial}{\partial t}\overline{B}(t)\cdot\Delta t + \cdots\cdots$$

því fæst

$$\frac{d}{dt}\int_S \overline{B}\cdot d\bar{s} = \int_S \frac{\partial}{\partial t}\overline{B}\cdot d\bar{s}$$

$$+\lim_{\Delta t\to 0}\frac{1}{\Delta t}\left\{\int_{S_2}\overline{B}\cdot d\bar{s}_2 - \int_{S_1}\overline{B}\cdot d\bar{s}_1 + \cdots\cdots\right\}$$

$\overline{B} = \overline{B}(t)$ hér

notum nú að $\bar{\nabla}\cdot\bar{B} = 0$ og

div setningin kveður á um normal vigur út úr rúmmálinu

$$0 = \int_V \bar{\nabla}\cdot\bar{B}\,dv = \int_{S_2} \bar{B}\cdot d\bar{s}_2 - \int_{S_1} \bar{B}\cdot d\bar{s}_1 + \int_{S_3} \bar{B}\cdot d\bar{s}_3$$

$$d\bar{s}_3 = d\bar{l}\times\bar{u}\,\Delta t \quad , \quad \bar{B}\cdot(d\bar{l}\times\bar{u})\Delta t = d\bar{l}\cdot\bar{u}\times\bar{B}\,\Delta t$$

$$\rightarrow \int_{S_2} \bar{B}\cdot d\bar{s}_2 - \int_{S_1} \bar{B}\cdot d\bar{s}_1 = -\Delta t \oint_C (\bar{u}\times\bar{B})\cdot d\bar{l}$$

eða í heild

$$\frac{d}{dt}\int_S \bar{B}\cdot d\bar{s} = \int_S \frac{\partial\bar{B}}{\partial t}\cdot d\bar{s} - \oint_C (\bar{u}\times\bar{B})\cdot d\bar{l}$$

$$\rightarrow \boxed{V' = -\frac{d}{dt}\int_S \bar{B}\cdot d\bar{s} = -\frac{d\Phi}{dt}}$$

Lögmál Faradays gildir því bæði um rásir á hreyfingu eða kyrrstæðar

Skiptingin í hreyfiíspennu og íspennu er ekki einkvæm

<u>Dæmi</u> aftur skífa Faradays

Segulflæðið í gegnum sneiðina $2'342'$

$$\Phi = \int_S \overline{B} \cdot d\overline{s} = B_0 \int_0^b r\,dr \int_0^{\omega t} d\phi = B_0 (\omega t) \frac{b^2}{2}$$

$$\rightarrow V_0 = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{\omega B_0 b^2}{2}$$

Sama og áður

Stærð sneiðar skipti ekki máli hér!