

# Mágneses terek

Elektrotechnika – Elektronika I.

# Mágneses terek bevezetése

## Ampere törvény:

Két hosszú, párhuzamos vezető közötti erőhatás:

$$F = k * \frac{I_1 * I_2 * l}{d} \quad k = 2 * 10^{-7}$$

Áramerősség definíciója: egységnyi vezetékszakaszok mellett egységnyi az áram, ha az erőhatás  $2 * 10^{-7}$  N

Vezessük be a mágneses indukció fogalmát ( $B$ , [ $\text{Vs}/\text{m}^2$ ]=[Tesla]):

$$B = k * \frac{I_1}{d} \quad \text{és így} \quad F = B * I_2 * l$$

Illetve:

$$F = I * dl \times B$$

# Mágneses tér erővonalai

Valamely „A” felületen áthaladó erővonalak száma (fluxus):

$$\Phi = \int_A B dA$$

Az indukcióvonalak zárt görbék, nem erednek és nem végződnek, így:

$$\Phi_0 = \oint_A B dA = 0$$

A fluxus mértékegysége:  $[B][A]=Vs=weber=Wb$

A tekercsfluxus (N menet, N számú felület):

$$\Psi = \sum_{i=1}^N \Phi_i \quad (= N * \Phi)$$

# A mágneses tér gerjesztése

Bővítve az indukció egyenletét:

$$B = 2\pi * k * \frac{I_1}{2\pi * d} = 4\pi * 10^{-7} * \frac{I_1}{l_{ind}}$$

És bevezetve a vákuum permeabilitását:

$$\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$$

így:

$$B * l = \mu_0 * I, \text{ illetve } \oint_l B dl = \mu_0 * \sum I = \mu_0 * \Theta$$

és bevezetve a gerjesztettséget, vagyis térerősséget:

$$B = \mu_0 * H, \text{ illetve } \oint_l \frac{B}{\mu_0} dl = \oint_l H dl = \Theta$$

# A mágneses tér gerjesztése (2)

Mágneses tér vákuumtól eltérő anyagban:

$$\mu = \mu_0 * \mu_r$$

A legtöbb anyagra:

$$\mu_r \approx 1$$

Ferromágneses anyagokra:

$$\mu_r \gg 1$$

De változó érték: mágnesezési görbe (és következményei)

# Indukció

Ha a relatív permeabilitás állandó, akkor zárt vezető fluxusa arányos a benne folyó áramerősséggel:

$$\Psi = L * I$$

Ahol L az önindukciós együttható, [L]=Henry, H

Több tekercs egymásra hatása:

$$\Psi_{21} = L_{21} * I_1 = M * I_1$$

Ahol M a kölcsönös indukciós együttható

# Indukció törvény, nyugalmi ind.

Faraday indukciótörvénye, 1831, ill. Maxwell II. egyenlete

$$\operatorname{rot} E = -\frac{\delta B}{\delta t}$$

Vagyis a mágneses tér változása elektromos teret hoz létre.

$$\oint_l E dl = \int_A \operatorname{rot} E dA = -\int_A \frac{\delta B}{\delta t} dA = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$u_i = \oint_l E dl = -\frac{d\Phi}{dt}, \text{ ill. } = -N * \frac{d\Phi}{dt}$$

Lenz törvény: az indukált feszültség által létrehozott áramok, ill. erőik gátolják az indukciót okozó állapotváltozást

# Mozgási indukció

A  $B$  indukciójú mágneses térben az  $l$  hosszúságú vezetődarab  $dt$  idő alatt  $dx$  utat fut be:

$$d\Phi = B * l * dx$$



# Önindukció

Egy tekercsre:

$$u_L = N \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\Psi = N\Phi = LI$$

És így:

$$u_L = L \frac{dI}{dt}$$

# Maxwell I.

Maxwell I. egyenlete (differenciális gerjesztési törvény)

A korábbiak szerint:

$$B = \mu_0 * H, \text{ illetve } \oint_l \frac{B}{\mu_0} dl = \oint_l H dl = \Theta$$

Fejezzük ki a gerjesztést:

$$\oint_l H dl = \Theta = \int_A J dA$$

$$\oint_l H dl = \int_A \text{rot } H dA$$

$$\text{rot } H = J, \text{ ill. } \text{rot } H = J + \frac{\delta D}{\delta t}$$

# Maxwell II., III., IV., V., VI.

Maxwell II. egyenlete (differenciális indukciótörvény)

$$\operatorname{rot} E = -\frac{\delta B}{\delta t}$$

Maxwell III. egyenlete (a mágneses tér forrásmentes)

$$\operatorname{div} B = 0$$

Maxwell IV. egyenlete (az elektromos tér forrásai a töltések)

$$\operatorname{div} D = \rho$$

Maxwell V. egyenlete

$$D = \varepsilon E, \quad B = \mu H, \quad J = v(E_1 + E)$$

Maxwell VI. egyenlete

$$w = \frac{1}{2} ED + \frac{1}{2} HB$$

# Egy komplex példa



# Egy komplex példa



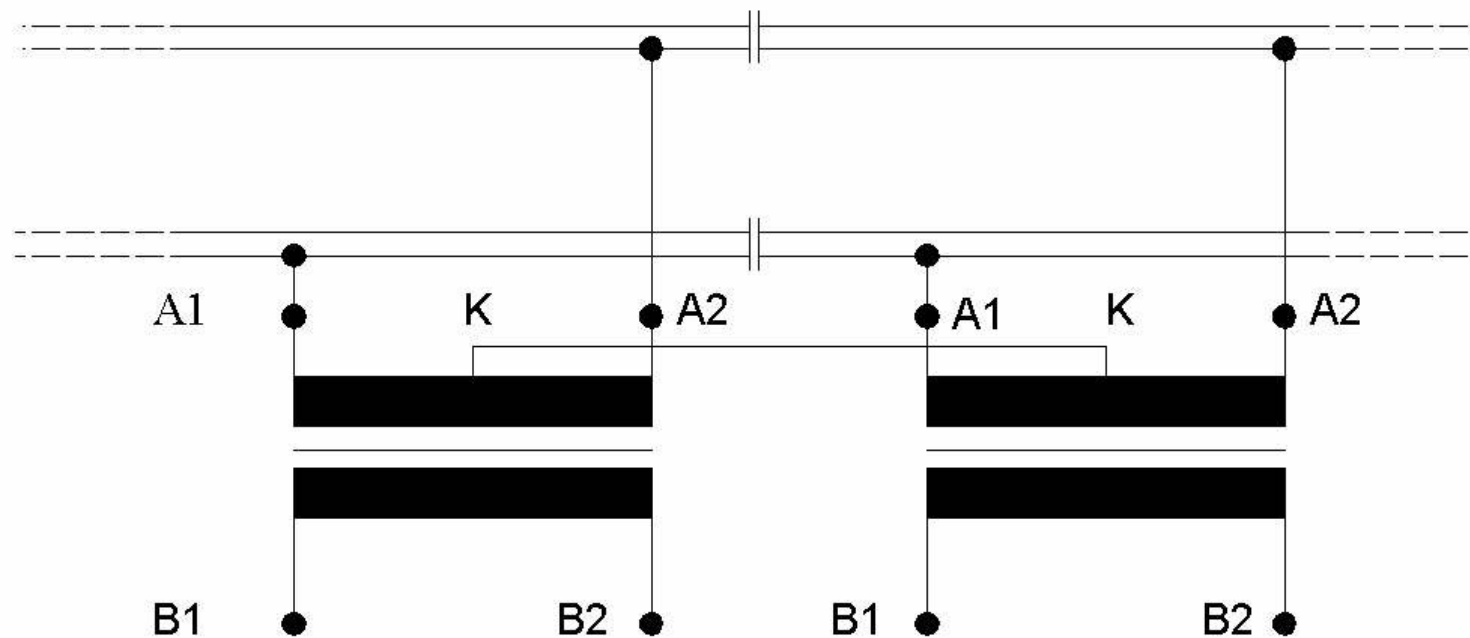
# Egy komplex példa



# Egy komplex példa



# Egy komplex példa

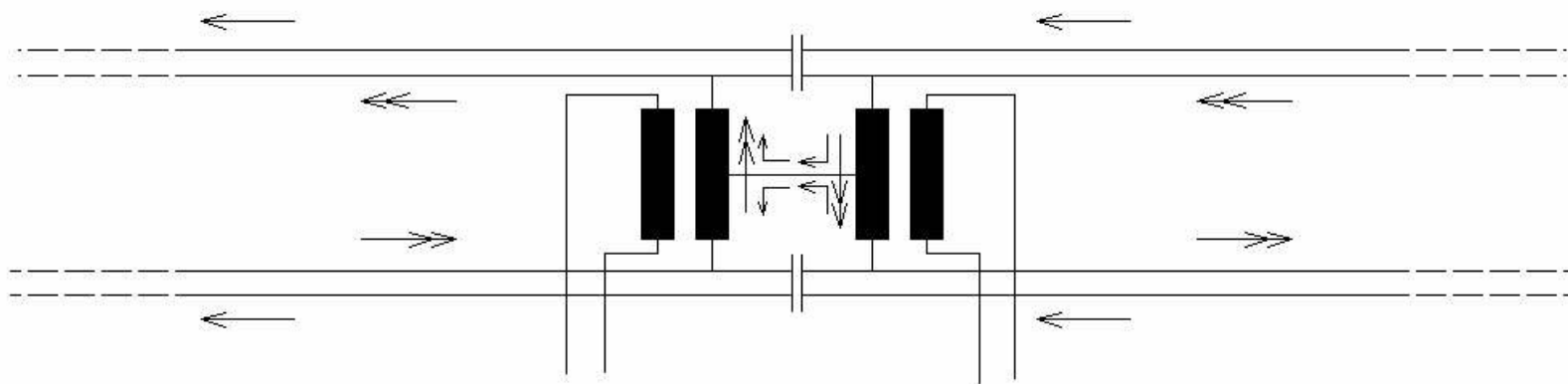




# Egy komplex példa



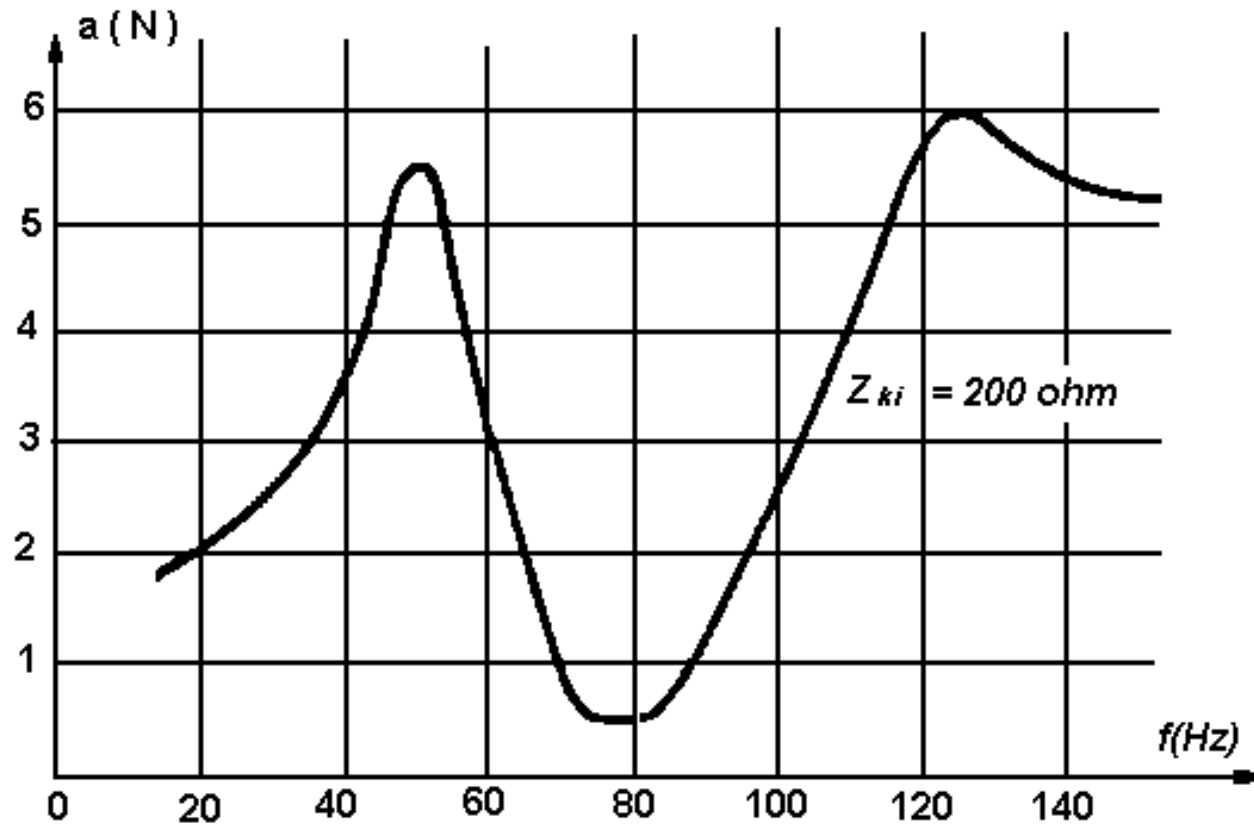
# Egy komplex példa



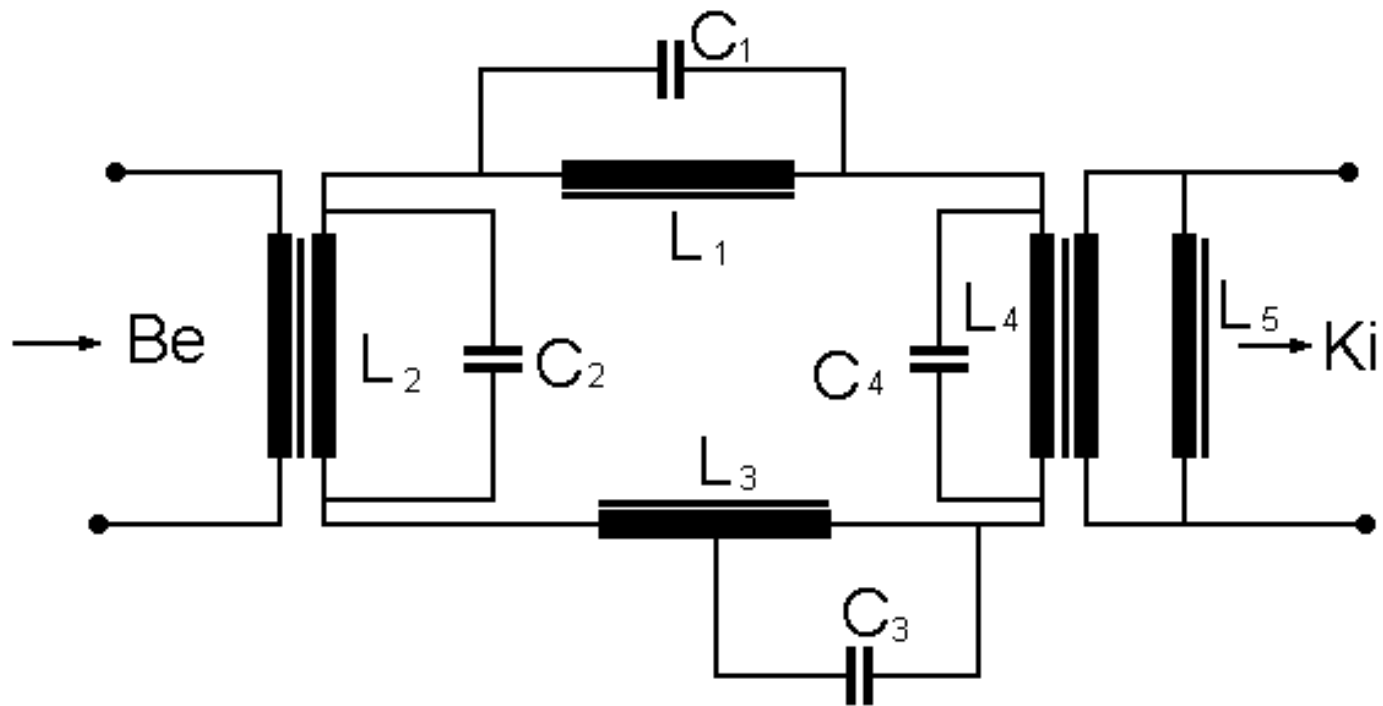
← Zavaró áram (pl. vontatási visszatérő)

←← Sínáramkör "hasznos" jel áram

# Egy komplex példa



# Egy komplex példa



# Gyakorlati rész

- Gerjesztési törvény:

$$N^*i = H^*l$$

- Fluxus állandó

- Húzóerő:

$$F = \frac{B^2}{2\mu_0} A$$