

VILLAMOS ALAPISMERETEK



1–2. ÓRA: ELEKTROTECHNIKAI
ISMERETEK

GYÜRE PÉTER

2020. július 4.

BEVEZETÉS

- Milyen gyors az áram?
- Miért kell hűteni a processzorokat?
- Miért serceg a távvezeték ködös időben?
- Miért biztonságosabb villámláskor egy autóban ülni, mint egy fa alatt?
- Mi az a szkinhatás?
- Miért kell „javítani a fázist”?



TARTALOM

- ▶ **Bevezetés**
- ▶ **Az egyenáramú hálózatok alaptörvényei**
- ▶ **Villamos tér**
- ▶ **Mágneses tér**
- ▶ **Elektromágneses indukció**
- ▶ **Váltakozó áramú körök**

AZ EGYENÁRAMÚ HÁLÓZATOK ALAPTÖRVÉNYEI (1)

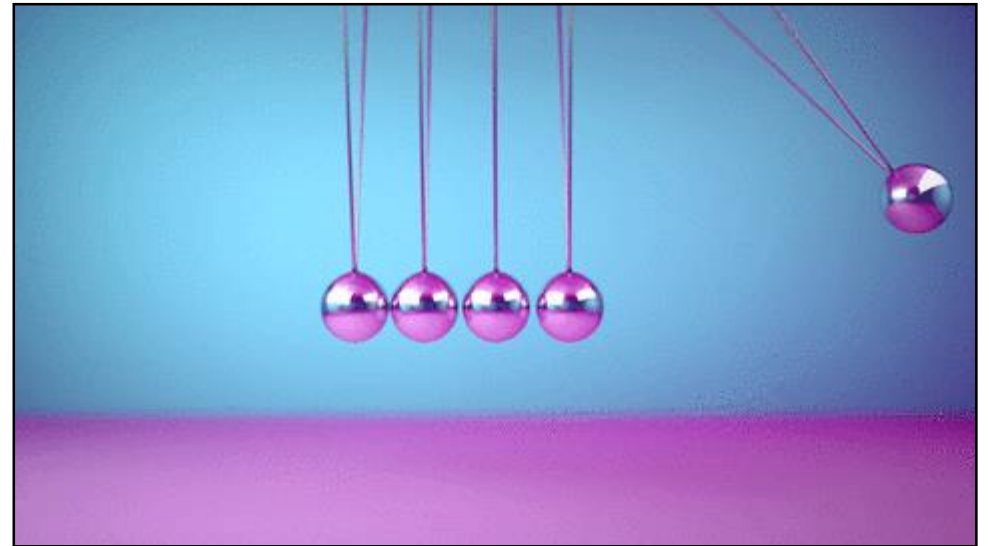
- Villamos áramerősség: A villamos töltések rendezett mozgását villamos áramnak nevezzük.
- A vezetőn egységnyi idő alatt átáramlott töltésmennyiség a villamos áramerősség. Jele, mértékegység: I [A]
- Vezető anyagok: fémek (ezüst > réz > arany > alumínium > vas), grafit, elektrolitok (ionos oldatok), villamos ív.



*André-Marie Ampère
(1775 -1836.) fizikus*

AZ EGYENÁRAMÚ HÁLÓZATOK ALAPTÖRVÉNYEI (2)

- Az elektronok driftsebessége a vezetékben kevesebb, mint 1m/s (!) mivel a vezető anyag kristályszerkezete akadályozza az elektronok mozgását.
- Az áramkör zárásával a vezető mentén fénysebességgel kialakul a villamos térerősség, ami mozgatja az összes szabad elektront a vezetékben.



Newton bölcső

AZ EGYENÁRAMÚ HÁLÓZATOK ALAPTÖRVÉNYEI (3)

- **Villamos ellenállás:** az áramkörben a vezetők akadályozzák a töltések áramlását, az anyagok e tulajdonsága az ellenállás, jele: R [Ω].
- Az ellenállás függ a **vezető fajlagos ellenállásától** ρ [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$], **hosszától** l [m], **keresztmetszetétől** A [mm^2] és a hőmérsékletétől:

$$R = \rho * \frac{l}{A}$$

Anyag	Vegyjel	ρ [$\Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$]
réz	Cu	0,0178
alumínium	Al	0,0286
ezüst	Ag	0,0160
arany	Au	0,0220

AZ EGYENÁRAMÚ HÁLÓZATOK ALAPTÖRVÉNYEI (4)

- **Ohm törvénye:** a hálózat két pontja közötti áramerősség egyenesen arányos a feszültségével és fordítottan arányos az ellenállással. $I = \frac{U}{R}$
- Villamos munka: $W = P \times t$ [Ws, J]
- Teljesítmény: $P = U \times I = \frac{U^2}{R} = I^2 \times R$ [W]



AZ EGYENÁRAMÚ HÁLÓZATOK ALAPTÖRVÉNYEI (5)

... és a hőmérsékletétől:

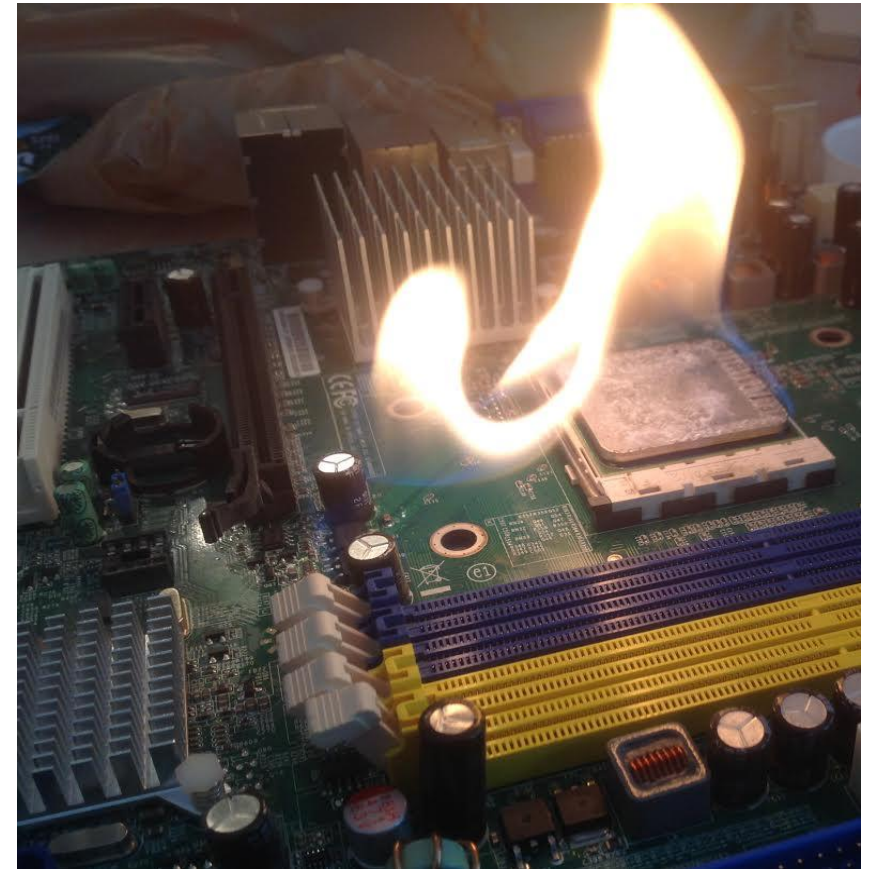
$$R_{T_{\text{üzemi}}} = R_{20^\circ} \times (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$\text{ahol } \Delta T = T_{\text{üzemi}} - 20^\circ\text{C}$$

Az α hőfoktényező lehet pozitív és negatív is (PTK ill. NTK termisztorok). A hőmérséklet növekedésével az előbbi esetben nő, az utóbbi esetben csökken az ellenállás.

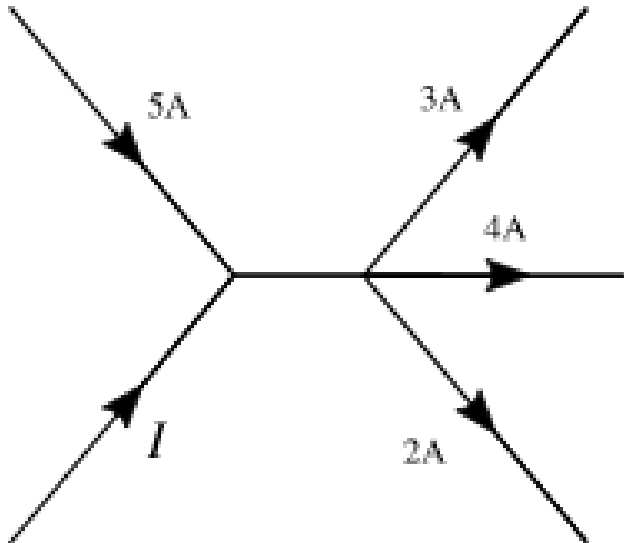
Fémek: $\alpha > 0$,

grafit, félvezetők: $\alpha < 0$,



AZ EGYENÁRAMÚ HÁLÓZATOK ALAPTÖRVÉNYEI (6)

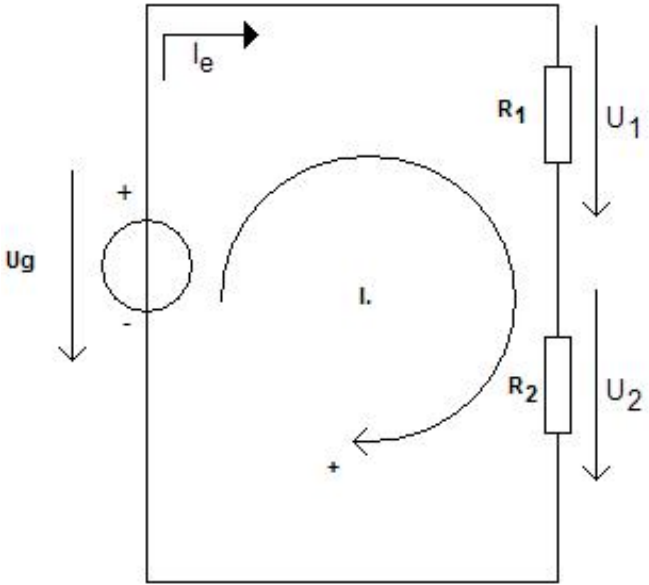
- **Kirchhoff I.** (csomóponti) törvénye: egy hálózat csomópontjába befolyó áramok összege megegyezik a kifolyó áramok összegével, vagyis az előjeles összegük nulla.



$$I = ?$$
$$U_g = ?$$

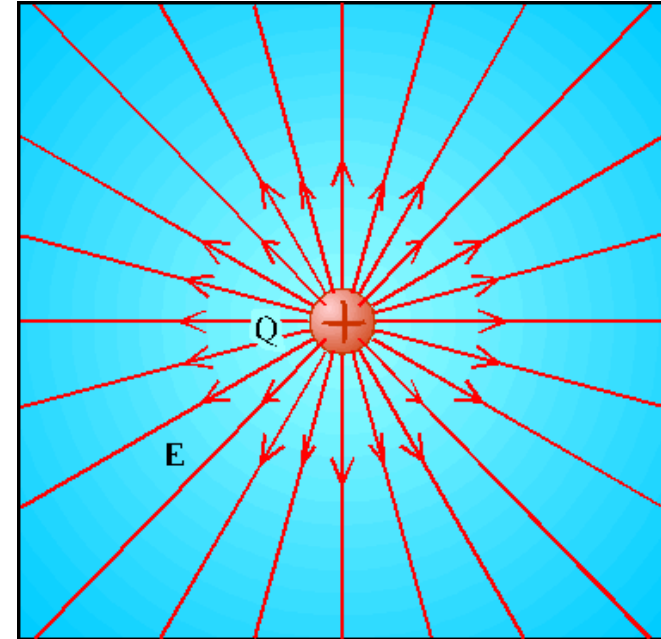
$$I + 5 = 3 + 4 + 2 \rightarrow I = 4 \text{ A}$$
$$U_g = U_1 + U_2 \rightarrow U_g = I_e (R_1 + R_2)$$

- **Kirchhoff II.** (hurok) törvénye: egy zárt áramkörben a feszültségforrások összege megegyezik a feszültségesések összegével, vagyis a feszültségek előjeles összege nulla.



VILLAMOS TÉR

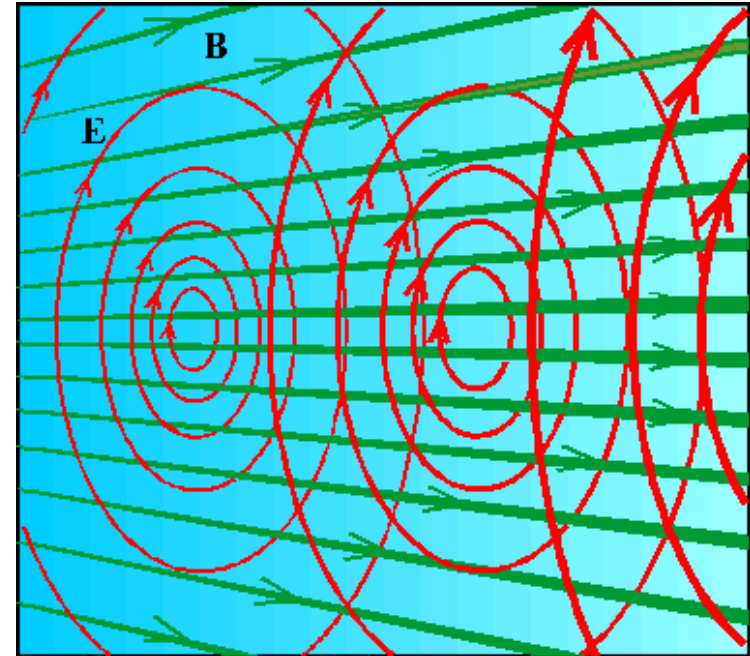
- A villamos tér, egy objektív fizikai jelenség, amely más mechanikai jelenségekre vissza nem vezethető, az anyag egyik formája.
- **Statikus villamos teret a villamos töltések** hoznak létre maguk körül (elektrosztatika, szikrakisülés),



VILLAMOS TÉR

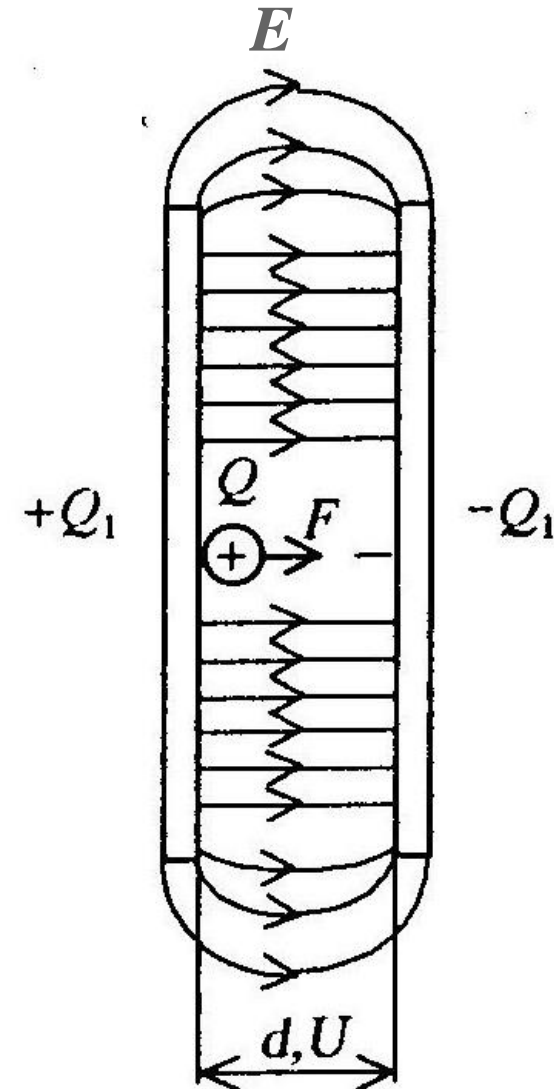
Változó villamos teret az időben változó mágneses tér hozza létre.

Ezt **elektromágneses térnek** nevezzük.
(Maxwell-egyenletek: Gauss-törvény, Faraday-Lenz-törvény, Gauss mágneses törvénye, Ampère-törvény Maxwell kiegészítésével)



VILLAMOS TÉR (2)

- **Villamos térerősség:** egységnyi pozitív töltésre ható erő: $E = F / Q$ [N/C]
- a térerősség függ a feszültségtől és az elektródák távolságától: $E = U / d$ [V/m].
- **Villamos szilárdság:** szigetelőanyagok azon tulajdonsága, hogy a feszültségből eredő igénybevételt el képesek viselni.
- **ϵ dielektromos állandó** (permittivitás) $\epsilon = \epsilon_0 * \epsilon_r$, ahol ϵ_r , az az elektródák közti **szigetelőanyag jellemzője**, ($\epsilon_0 = 8,854187817 * 10^{12}$ [As/Vm])



VILLAMOS TÉR (3)

- Néhány szigetelőanyag villamos szilárdsága:

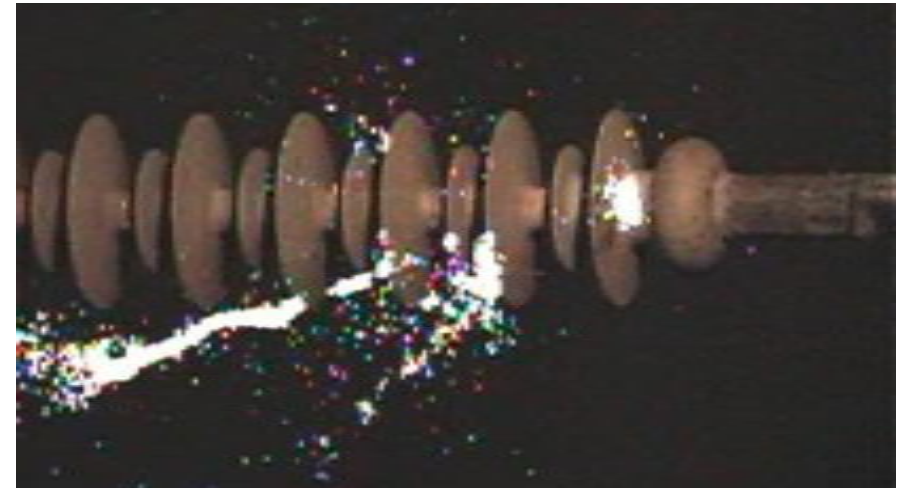
Anyag	$E \left[\frac{\text{kV}}{\text{cm}} \right]$
Levegő	21
Száraz papír	25–40
Titánoxid	20–100
Alumíniumoxid	100–150
Transzformátorolaj	80–200
PVC	100–300
Polietilén	200
Polisztirol	220–500

- Néhány anyag ϵ_r permittivitása:

Vákuum	1
Levegő (1 atm)	1,00059
Teflon	2,1
Polietilén	2
Üveg	5-19
Víz	80,4
Neoprén	6,7
Epoxi	3,7
Papír	3,3
Porcelán	5,4

VILLAMOS TÉR (4)

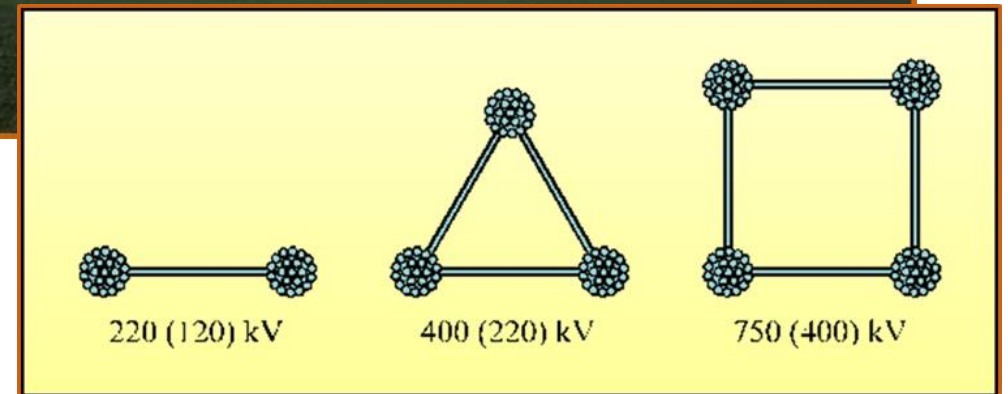
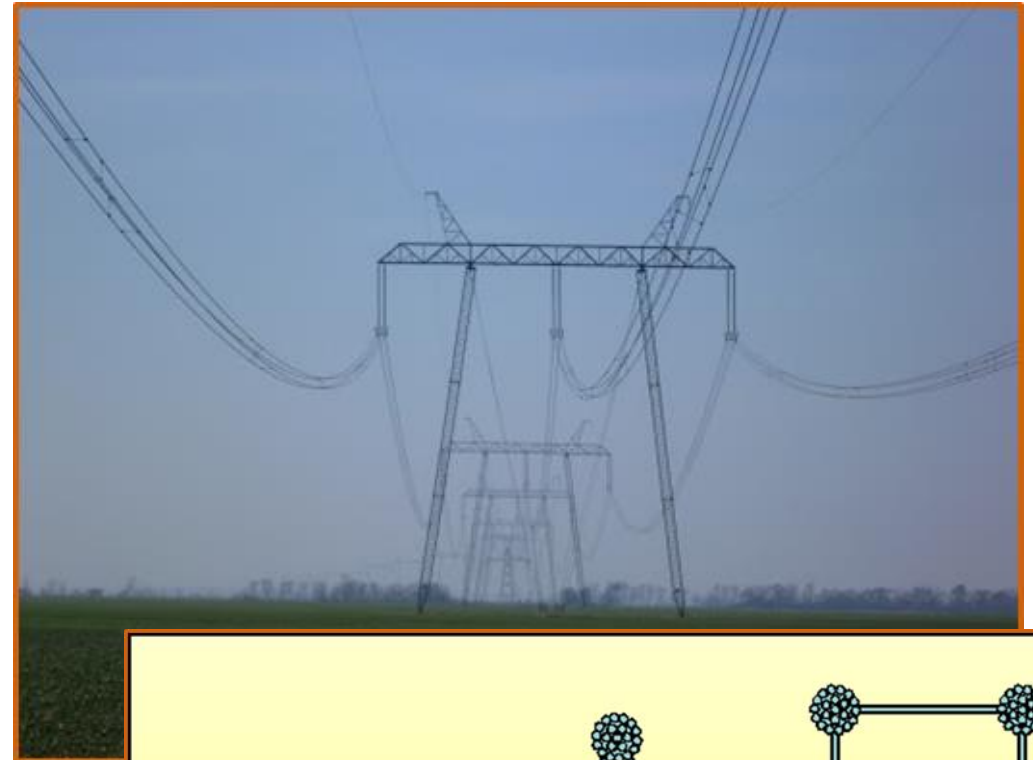
Koronakisülés: részleges kisülés, tehát nem terjed ki a két elektróda közötti teljes távolságra. Főleg erősen inhomogén térben, nagy térerősségű villamos térrel körülvett **csúcsok közelében** alakul ki.



Átütés: ha a villamos szilárdság letörése az elektródok között egynemű **szigetelőanyagban** következik be. **Átívelés** jön létre ha a különböző **szigetelőanyagok határfelületén** következik be letörés (páralecsapódás + szennyeződés).

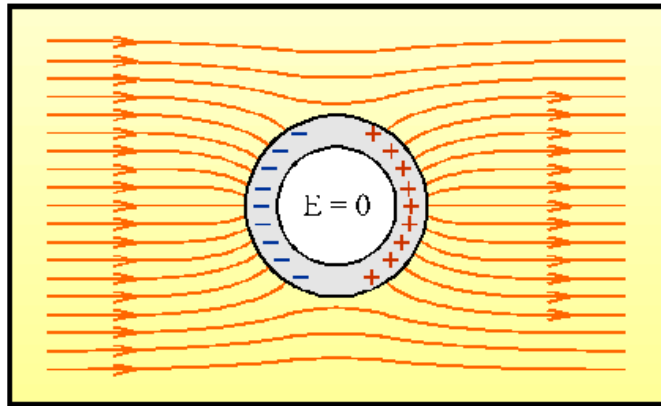
VILLAMOS TÉR (5)

Nagyfeszültségű távvezetékek vezetéksodronyai felületén a környező levegő állapotától függően létrejön koronakisülés. Ez veszteségi áramot képez a környezet felé. Az **ellenintézkedés** a **vezeték lekerekítési sugarának látszólagos megnövelését** jelenti. Ezt úgy érik el, hogy több vezetéksodronyt helyeznek el egymás mellett egy fázisvezetékben.



VILLAMOS TÉR (6)

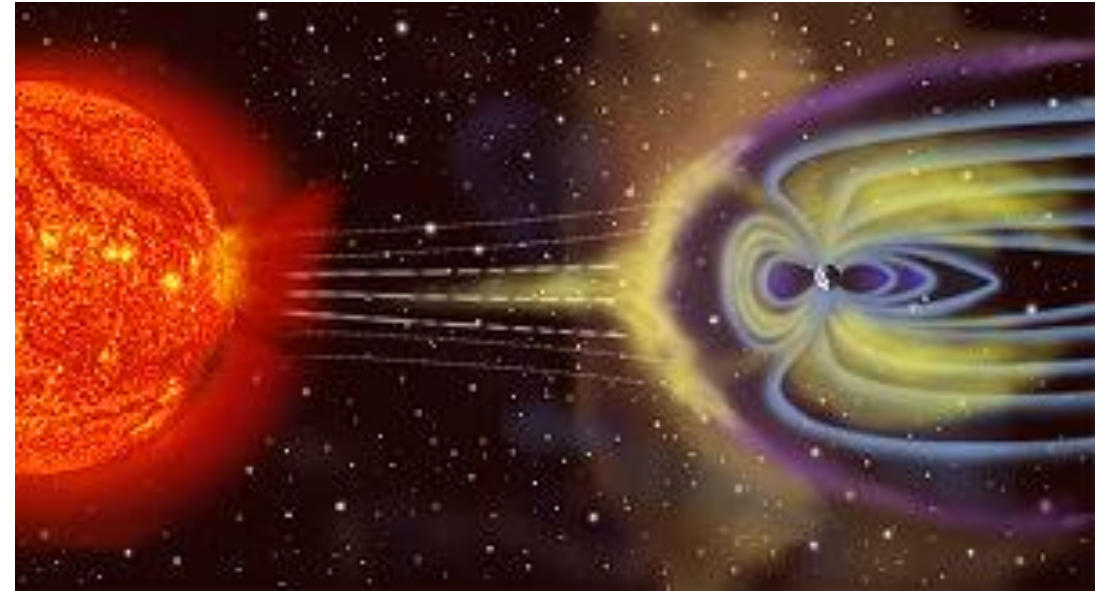
- **Csúcshatás.** Egy töltött test közelében a térerősség a felületi töltéssűrűségtől függ, pl.: a gömb felületén a töltés eloszlás egyenletes, szabálytalan felületen azonban a csúcsos részeken gyűlik össze. Alkalmazás: **felfogó rúd** (villámvédelem), **szikraköz**
- **Elektromos árnyékolás**



MÁGNESES TÉR

A mágneses teret – a villamos térhez hasonlóan – érzékszerveinkkel nem tudjuk észlelni, ezért csak a kölcsönhatásai alapján tudjuk megismerni:

- áram járta vezetékek környezetében,
- állandó (permanens) mágnesek közelében,
- természetben előforduló mágneses jelenségek (magnetit, Föld).



A magnetoszféra megvédi a Föld felszínét a napszél töltött részecskéitől.

MÁGNESES TÉR (2)

Alkalmazási területe sokrétű, pl.:

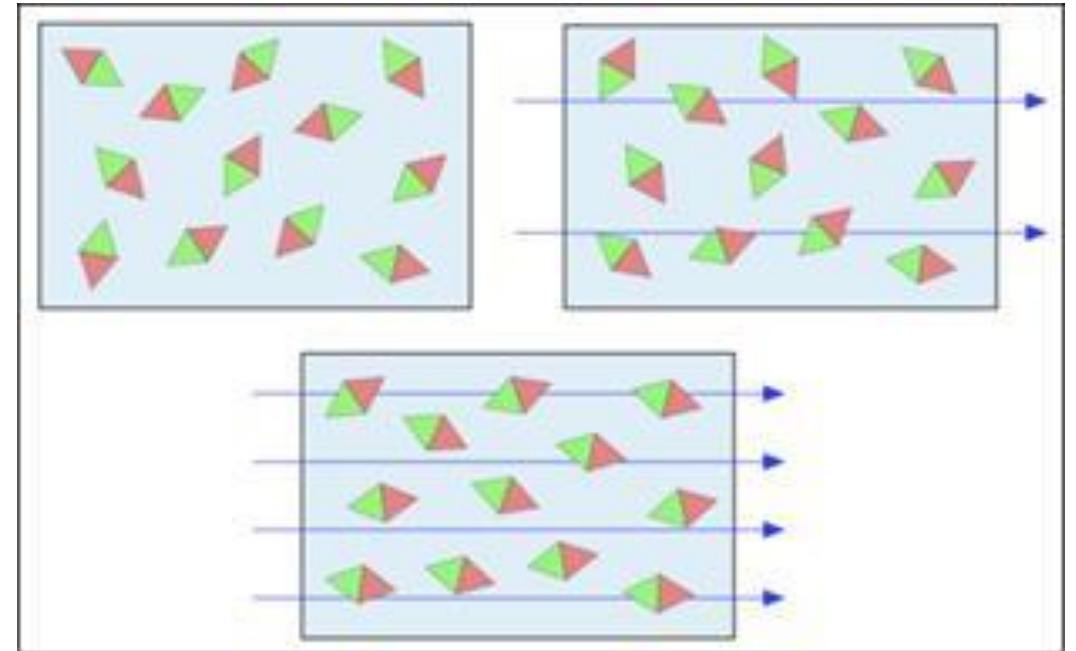
- Villamos gépek (-motorok, transzformátor)
- Elektromágnesek, mágneskapcsolók
- Hangszóró
- Villamos mérőműszerek (Deprez, lágyvasas, stb.)
- Iránytű
- A számítógép mágneslemezei (HDD)



MÁGNESES TÉR (3)

A különböző **anyagok viselkedését** külső (gerjesztett) **mágneses térben** csak az atom, molekula mágneses „**domén**” tulajdonsága (nagysága és iránya) **határozza** meg.

Az anyagban a domének a hőmozgás következtében rendszertelenül helyezkednek el, ezért egymás hatását lerontják. Ennek okán, noha a test sok elemi mágnessel rendelkezik, kifelé nem mutat mágnesességet.



MÁGNESES TÉR (4)

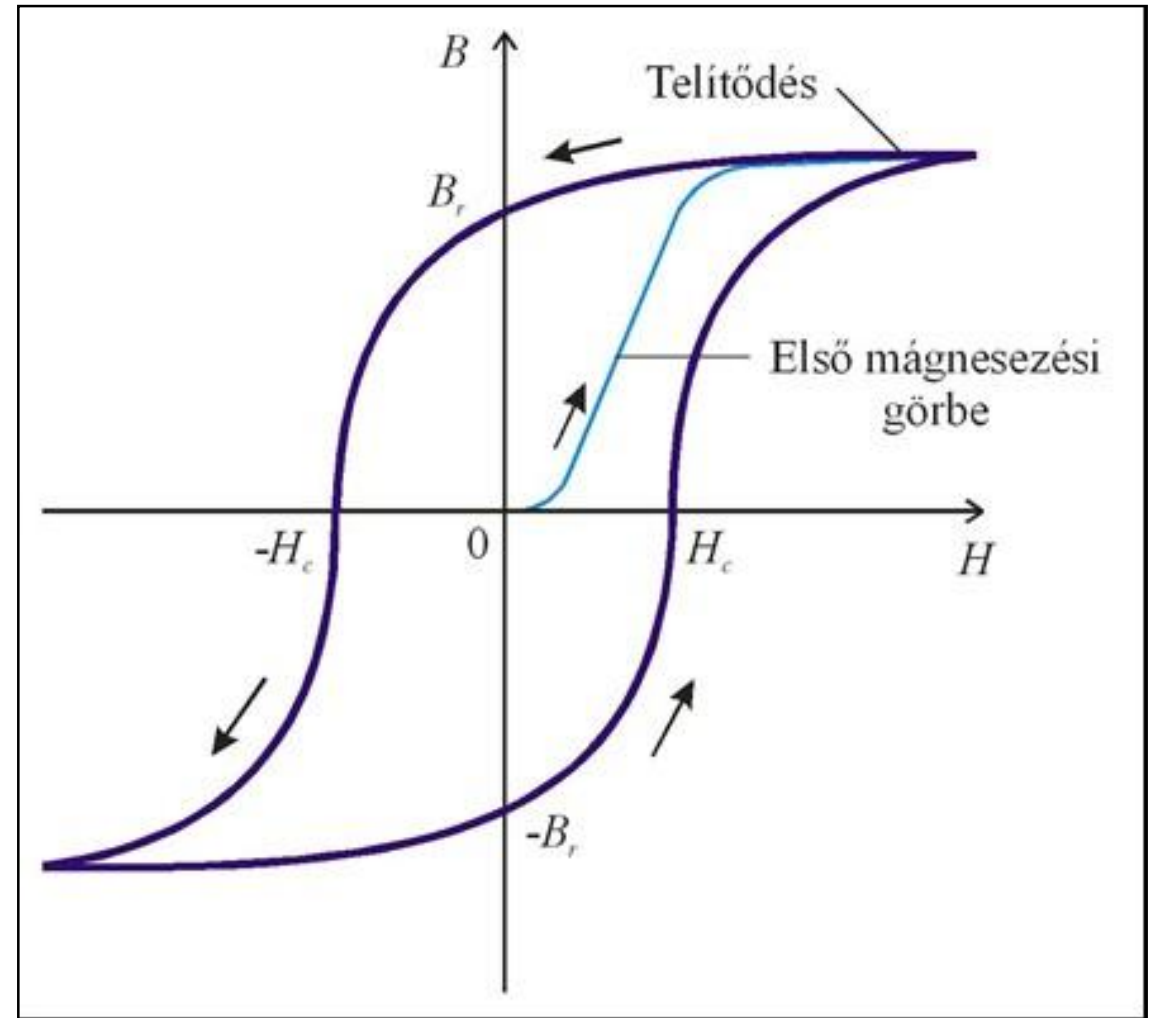
- Az anyagok mágneses térre való hatását a relatív permeabilitás mutatja meg, μ_r .
- **Diamágnesek:** gyengítik a mágneses teret.
- **Paramágnesek** kissé erősítik a mágneses teret.
- **Ferromágnesek** jelentősen erősítik a teret, a mértékét az ún. B-H görbe mutatja.

	Anyag	μ_r
Ferromágneses anyagok	Vas	300–6000
	Kobalt	100–400
	Nikkel	200–500
	Permalloy	5000–300000
Paramágneses anyagok	Mangán	1,0004
	Platina	1,0000004
	Alumínium	1,000022
	Ón	1,0000043
Diamágneses anyagok	Víz	0,9999901
	Kén	0,99998
	Réz	0,99999
	Arany	0,99997
	Ezüst	0,999975

MÁGNESES TÉR (5)

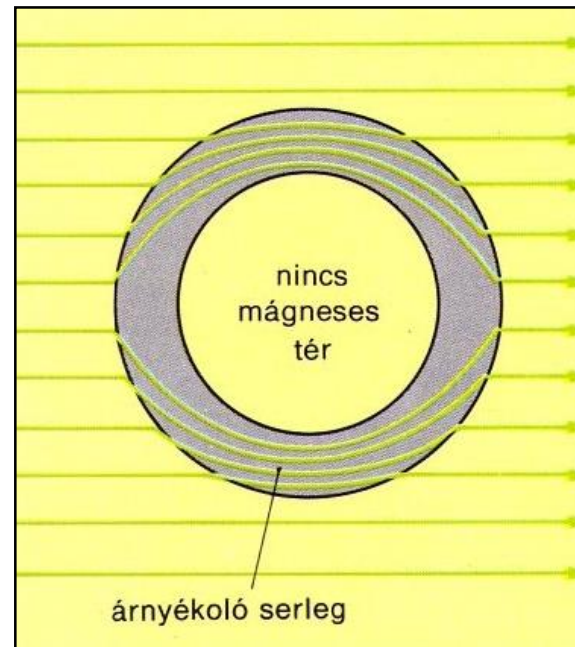
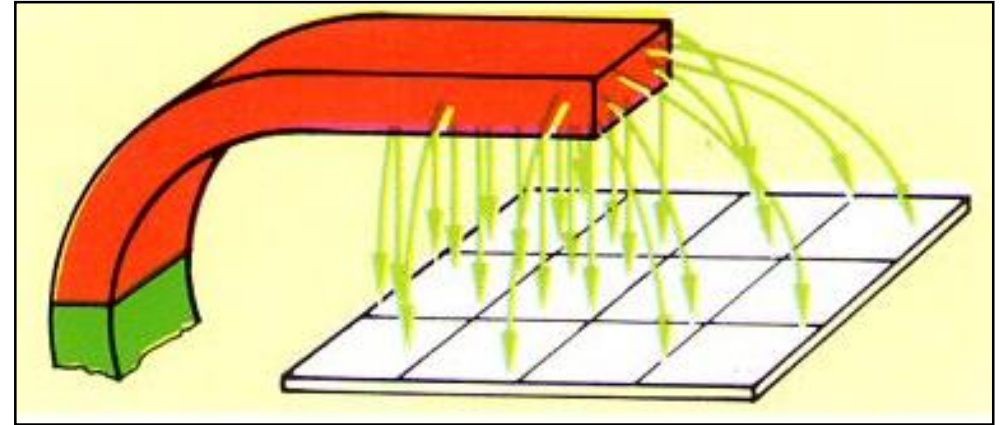
B-H görbe (hiszterézis görbe):

- Remanens indukció: B_r , $-B_r$
- Koercitív erő: $-H_c$, H_c
- **Keménymágnes**, pl. állandómágnes
(vastag hiszterézishurok: nagy H_c és B_r)
- **Lágymágnes**, pl. transzformátorlemez
(vékony hiszterézishurok: kis B_r , és H_c)



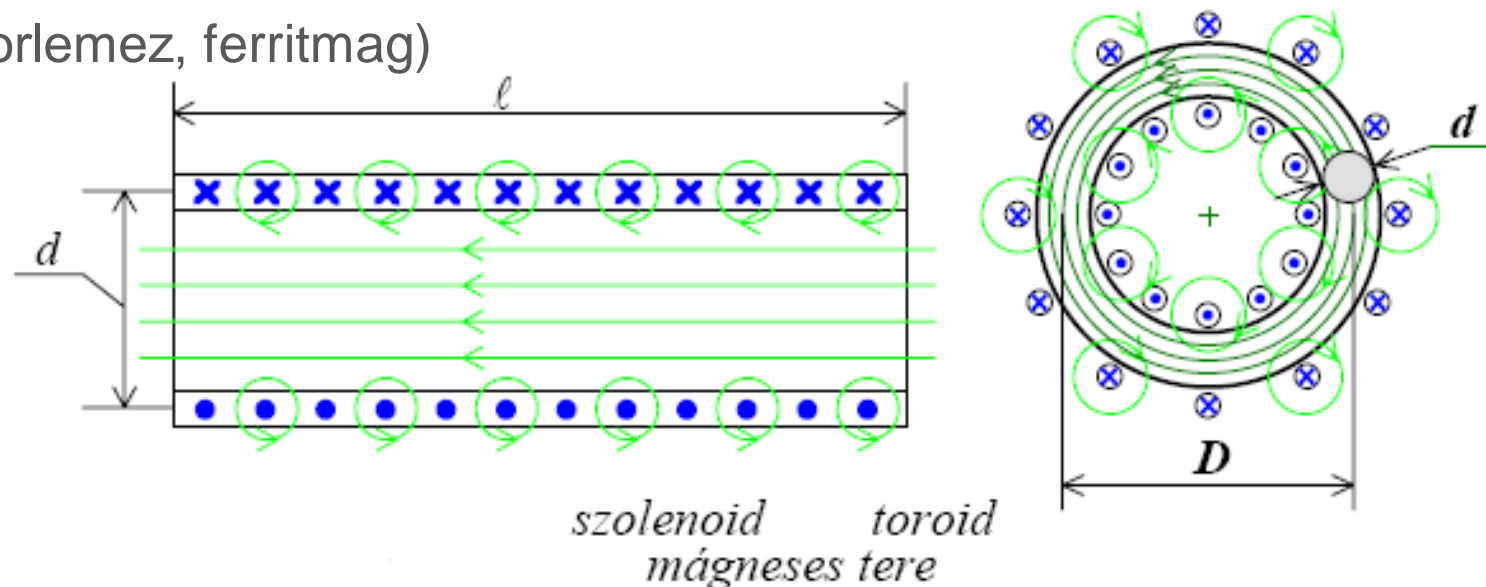
MÁGNESES TÉR (6)

- Egy mágnes valamennyi erővonalának összességét **mágneses fluxusnak** nevezzük, Φ [Wb, Vs].
- **Mágneses indukció (fluxussűrűség):** a mágneses tér erősségét mutatja meg: $\mathbf{B} = \Phi / A$ [T, Vs/m²].
- **Mágneses térerősség (gerjesztettség)** mágneses tér és az elektromos áram kapcsolatát leíró fizikai vektormennyiség, jele: \mathbf{H} [A/m].
- Indukció és térerősség összefüggése: $B = \mu \times H$, ahol $\mu = \mu_0 \times \mu_r$ ($\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-12}$ [Vs/Am])



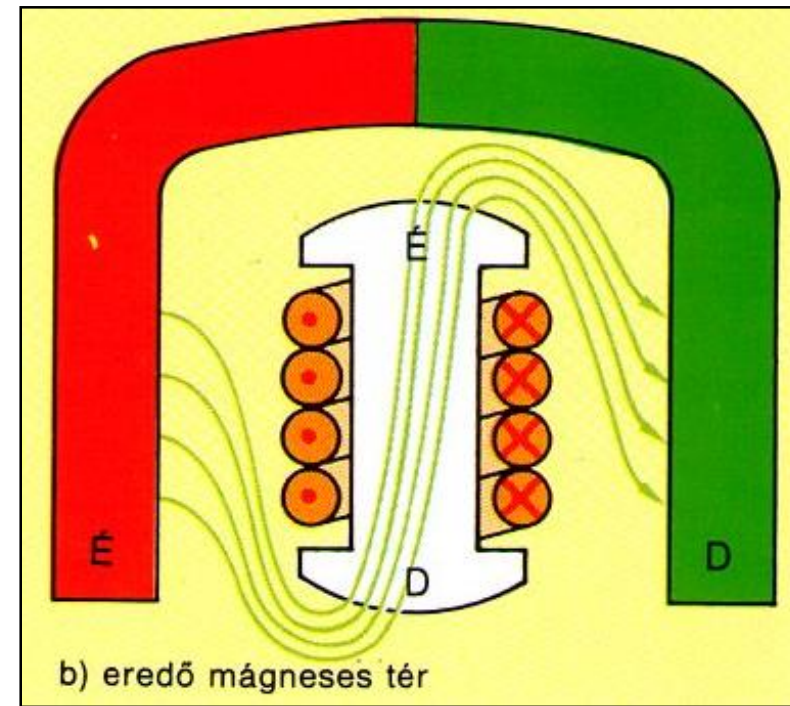
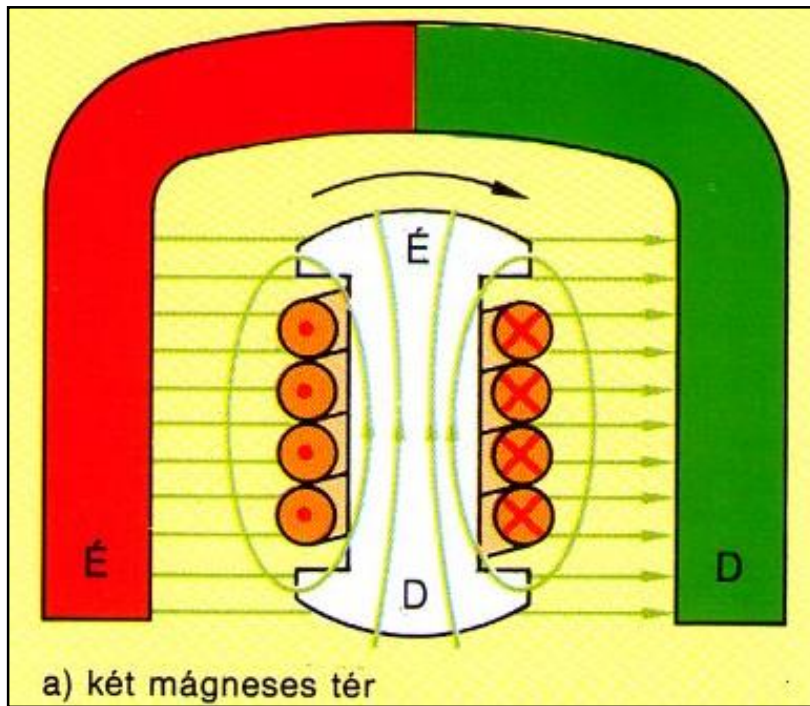
MÁGNESES TÉR (7)

- **Elektromágnesek:** áramjárta vezető körül mágneses tér jön létre. Szolenoid vagy toroid tekercseléssel lehet erősíteni a mágneses teret.
- A mágneses **erővonalak** (indukció vonalak) önmagukba záródnak. Irányuk: „**jobbmenetes szabály**” szerint.
- Az erővonalakat **vasmaggal** lehet sűríteni (transzformátorlemez, ferritmag)



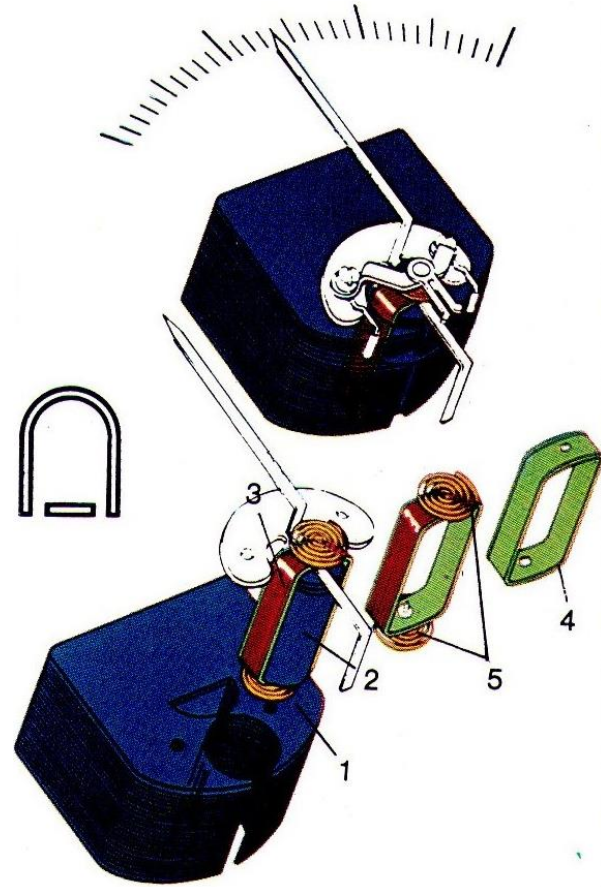
MÁGNESES TÉR (8)

- Árammal átjárt vezetőre mágneses térben erő hat - mivel az eredő indukcióvonalak rövidülni igyekeznek – a forgórész elfordul (motor-elv). A forgásirány függ a mágneses tértől és az áramiránytól.

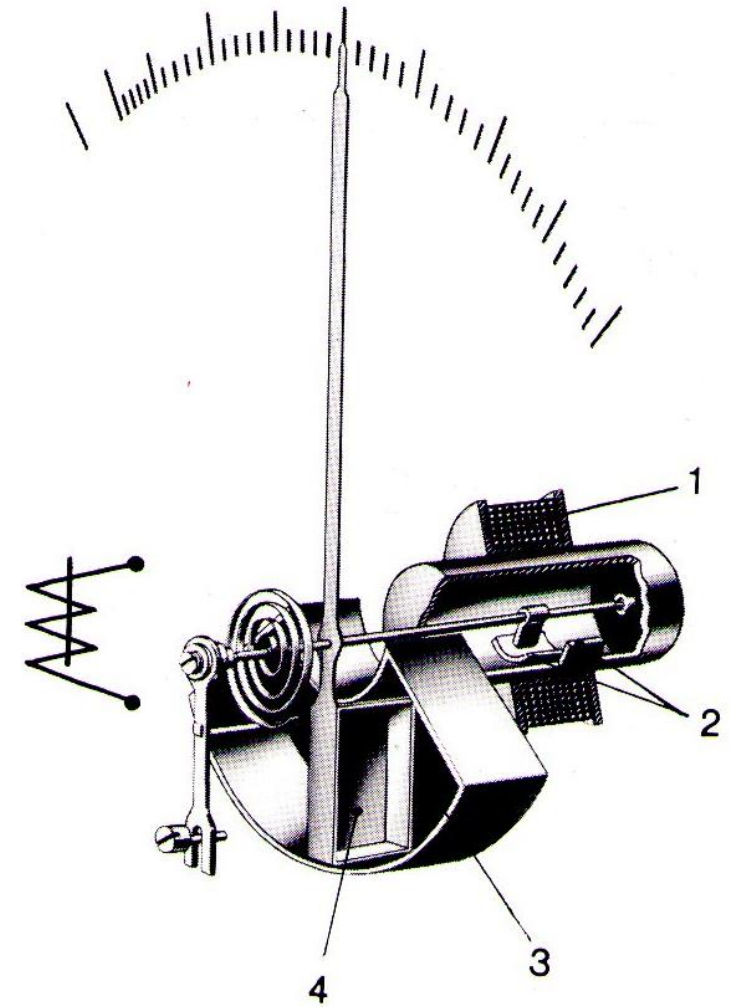


MÁGNESES TÉR (8)

- Deprez-műszer, egyenáramú mérések
- Lágyvasas műszer, váltakozó áramú mérések



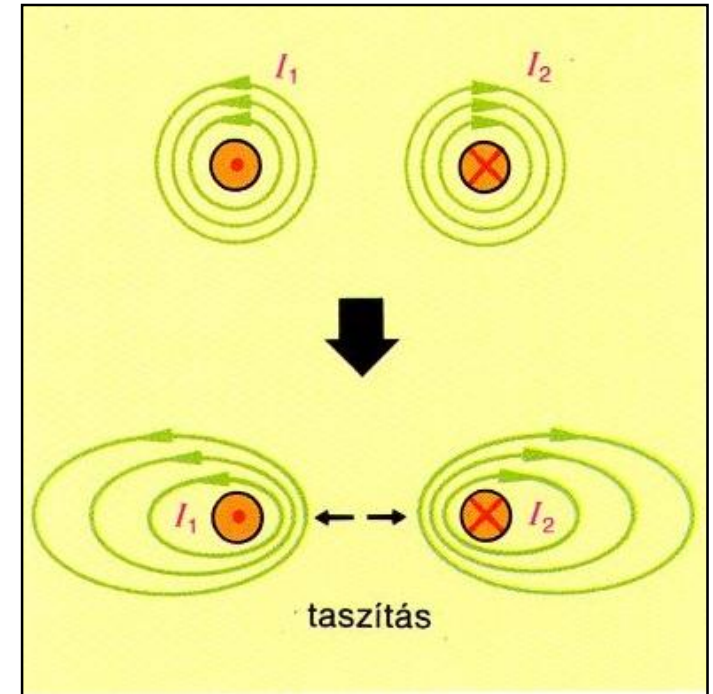
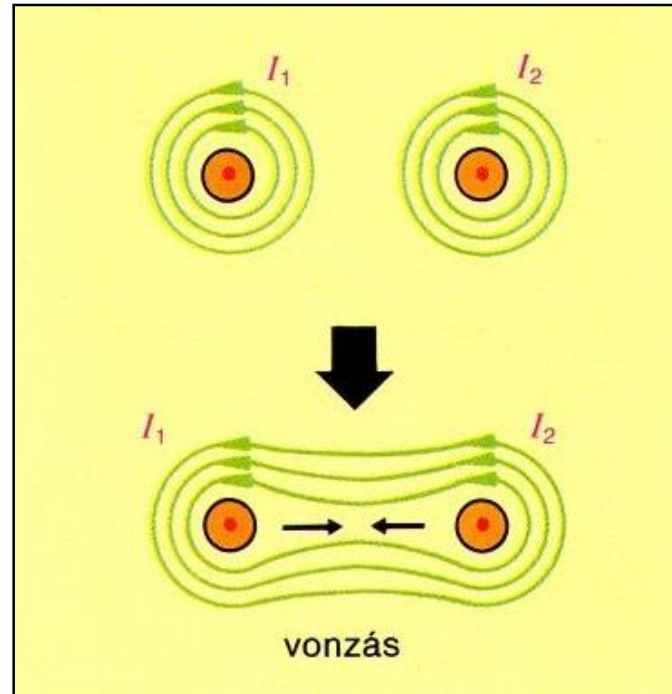
- 1 pólussaru (állandómágnes)
- 2 lágyvas henger
- 3 tekercs
- 4 alumíniumkeret
- 5 visszaállító rugók (árambevezetés)



- 1 tekercs
- 2 vaslapkák
- 3 légkamra
- 4 szárny

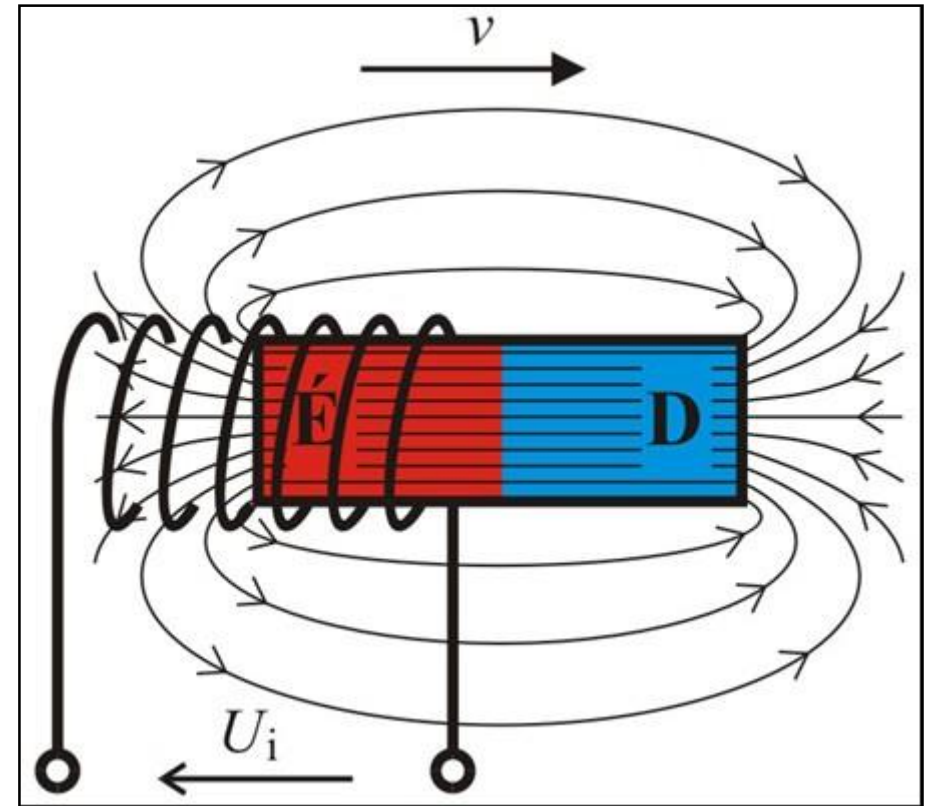
MÁGNESES TÉR (7)

- Két párhuzamos áramjárta vezető egymásra erőhatással van (az indukcióvonalak kisebb sűrűsége is törekednek).



ELEKTROMÁGNESES INDUKCIÓ

- Elektromágneses indukció: egy tekercsben a mágneses tér megváltozásával villamos energia jön létre: **indukált feszültség** illetve indukált **áram**.
- Mágneses tér változás = **fluxusváltozás** (egy adott felületen változik a B indukció)
- A fluxusváltozás módja szerint lehet:
 - **Mozgási indukció** (villamos forgógépek)
 - **Nyugalmi indukció:**
 - Önindukció (tekercs)
 - Kölcsönös indukció (transzformátor)



ELEKTROMÁGNESES INDUKCIÓ

- **Lenz-törvény:** az indukált feszültség (áram) iránya olyan, hogy a saját mágneses hatásával akadályozza az őt létrehozó indukáló folyamatot.
- **Örvényáramok:** a fluxusváltozás a vasmagban is indukál helyi koncentrikus áramokat, amely felmelegíti a vasat.
Védekezés: lemezelt (és szigetelt) vasmag, Si ötvözése illetve ferritmag. **Hasznosítás:** indukciós olvasztás, örvényáramú fék.



ELEKTROMÁGNESES INDUKCIÓ

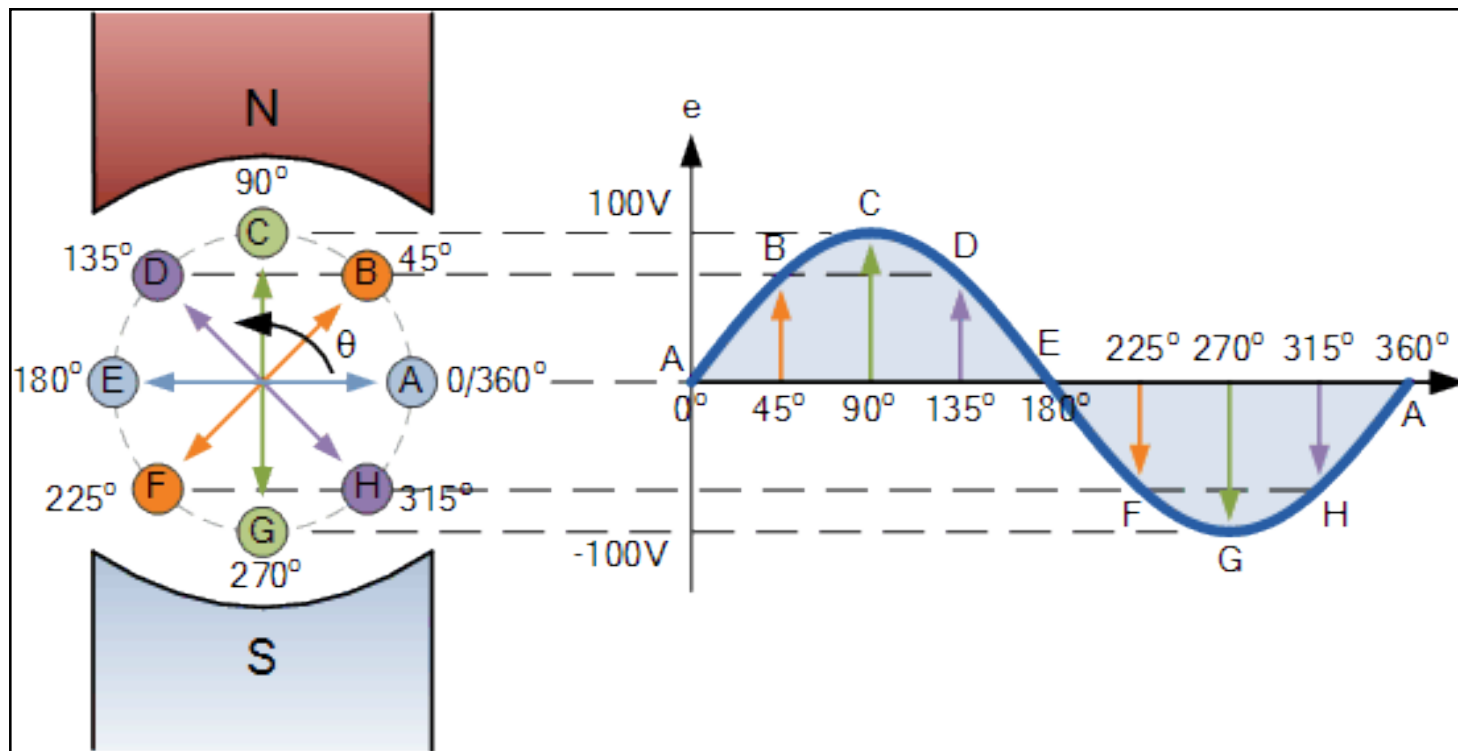
Mozgási indukció (generátor-elv): egy vezetőkeretet (tekercset) mágneses térben egyenletes szögsebességgel forgatunk: szinuszos feszültség indukálódik:

$$U_{(t)} = U_{\text{csúcs}} \times \sin(2\pi \times f \times t)$$

$$f = n_0 \times p / 60 \text{ [Hz]}, \text{ frekvencia;}$$

n_0 a szinkronfordulatszám;

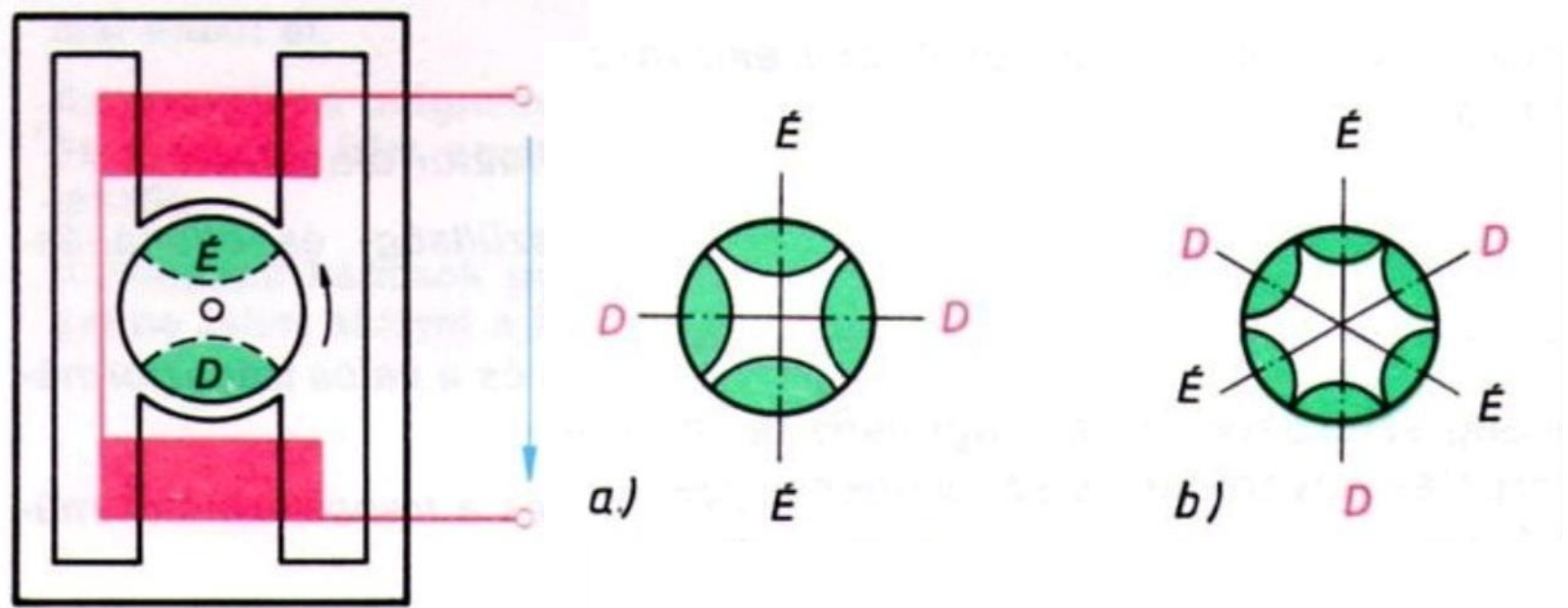
p : az É-D póluspárok száma



ELEKTROMÁGNESES INDUKCIÓ

- A forgó tekercs helyett a mágneses tér is foroghat:
- A rotor (forgórész) több mágnest is tartalmazhat.

- a. két póluspár
- b. három póluspár



ELEKTROMÁGNESES INDUKCIÓ

- Hány póluspár alkotja a Gibárti vízerőmű forgórészét, ha a gép fordulatszáma $n_0=150$ 1/perc?
- $50[\text{Hz}], = n_0 \times p / 60$
- $50 = 150 \times p / 60$
- $3000 = 150 \times p$
- $p = 20$

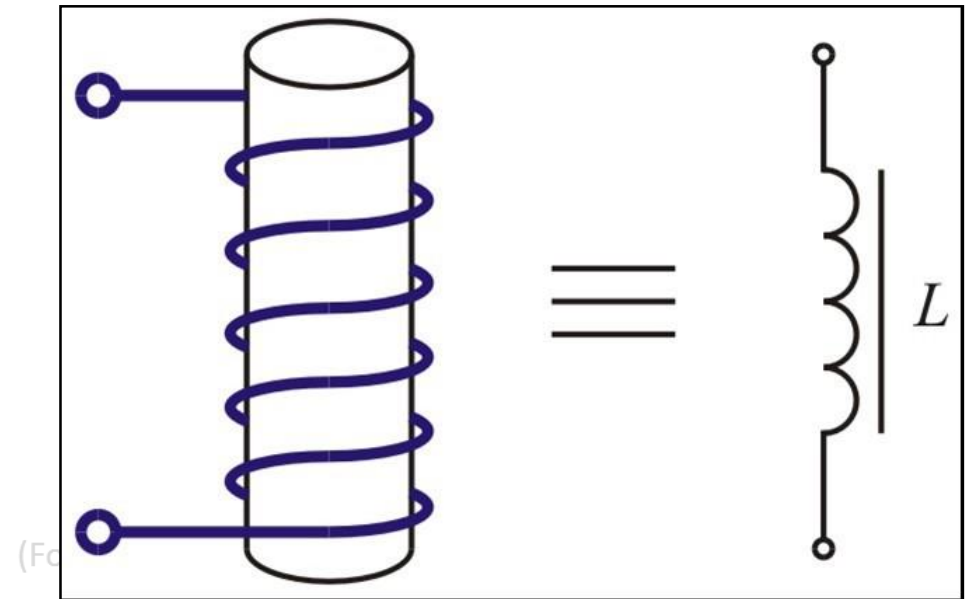


(Fotó: Vimola Ágnes)

ELEKTROMÁGNESES INDUKCIÓ

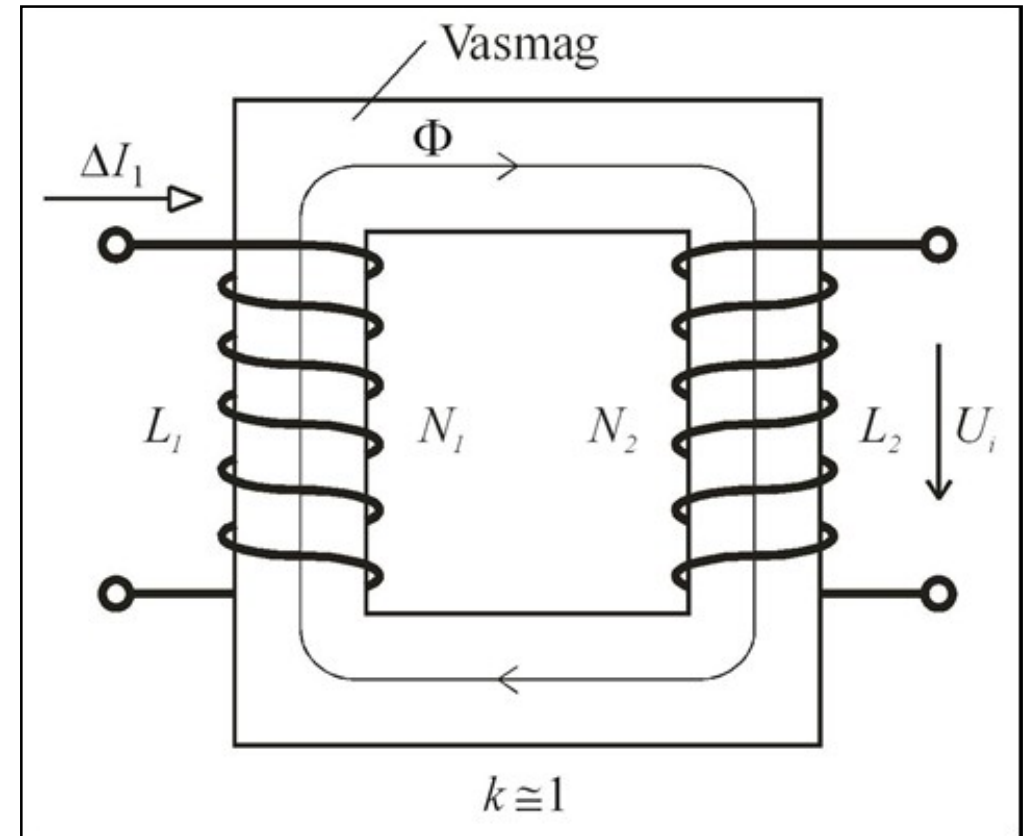
- **Nyugalmi indukció:** a változó fluxust nem egy mágnes mozgásával, hanem a tekercsbe vezetett váltakozó árammal állítjuk elő:
- A tekercsben a váltakozó fluxus váltakozó feszültséget indukál, ez az önindukciós feszültség.
$$U_i = L \times \frac{\Delta I}{\Delta t}$$
- Ahol az **L [H]** az önindukciós tényező, ami

a tekercs mágneses és váltakozóáramú ellenállására jellemző tényező.



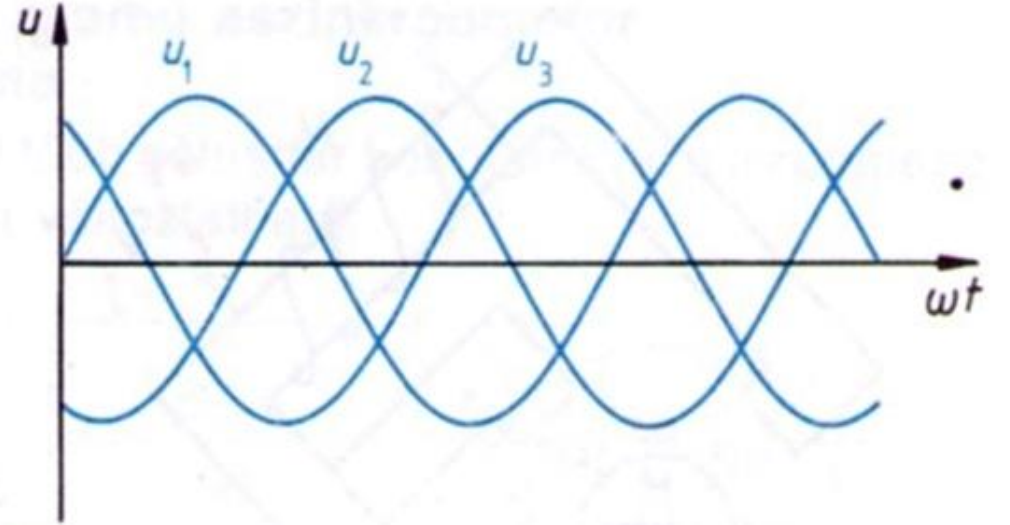
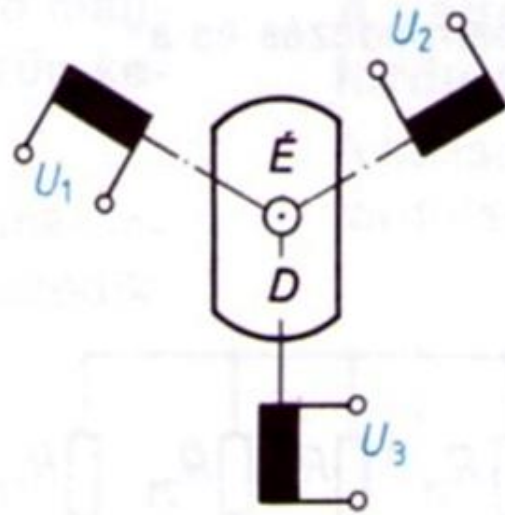
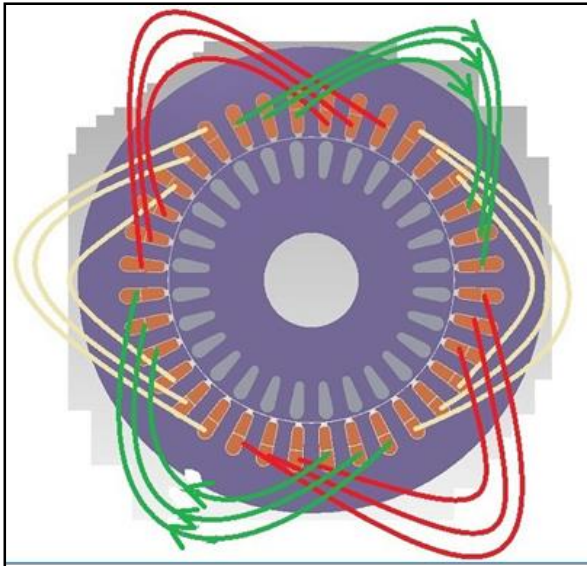
ELEKTROMÁGNESES INDUKCIÓ

- **Kölcsönös indukció** (transzformátor-elv): **induktivitások** (tekercsek) **között** mágneses **csatolás** (az egyik által létrehozott indukció-vonalak áthaladnak a másikon is) van, ezáltal **áramuk megváltozásakor** kölcsönösen **feszültséget indukálnak egymásban**.
- Az egyenáram nem hoz létre fluxusváltozást.



VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ KÖRÖK

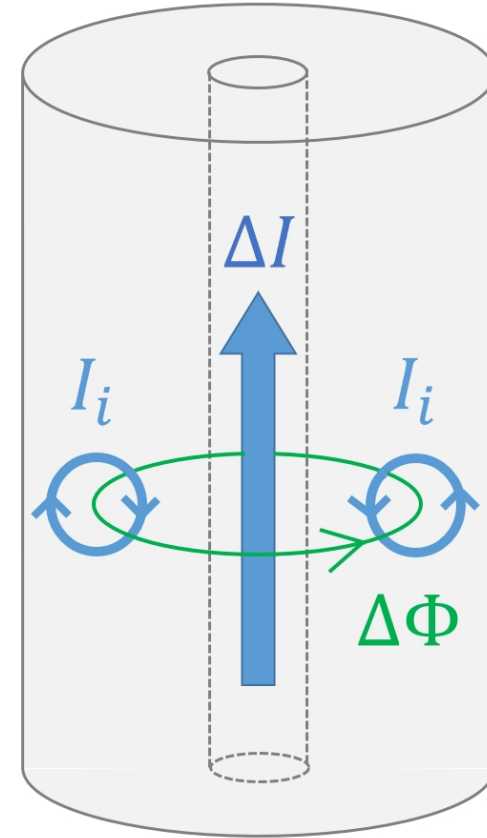
- Háromfázisú feszültség előállítás elvi rajza: a szimkrongenerátor sztátorában három tekercs van. Az egyes menetek 120 fokra vannak a másik tekercs azonos számú menetétől.



VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ KÖRÖK

Skin-hatás (áramkiszorítás): egyenáram (DC) esetén az áram a vezeték teljes keresztmetszetén folyik, míg **váltakozó áramnál** a nagyobb frekvenciák esetén egyre inkább **“kiszorul” a vezeték felszínére, tehát nő a vezeték ellenállása**. A jelenség oka az elektromágneses indukció keltette kvázi örvényáramok.

- MHz-es tartomány: koax vezetékek.
- 50Hz: a vezető anyaga a meghatározó!



ΔI (AC) \rightarrow $\Delta \Phi$ \rightarrow I_i iránya Lenz-törvény miatt akadályozzák a ΔI -t.

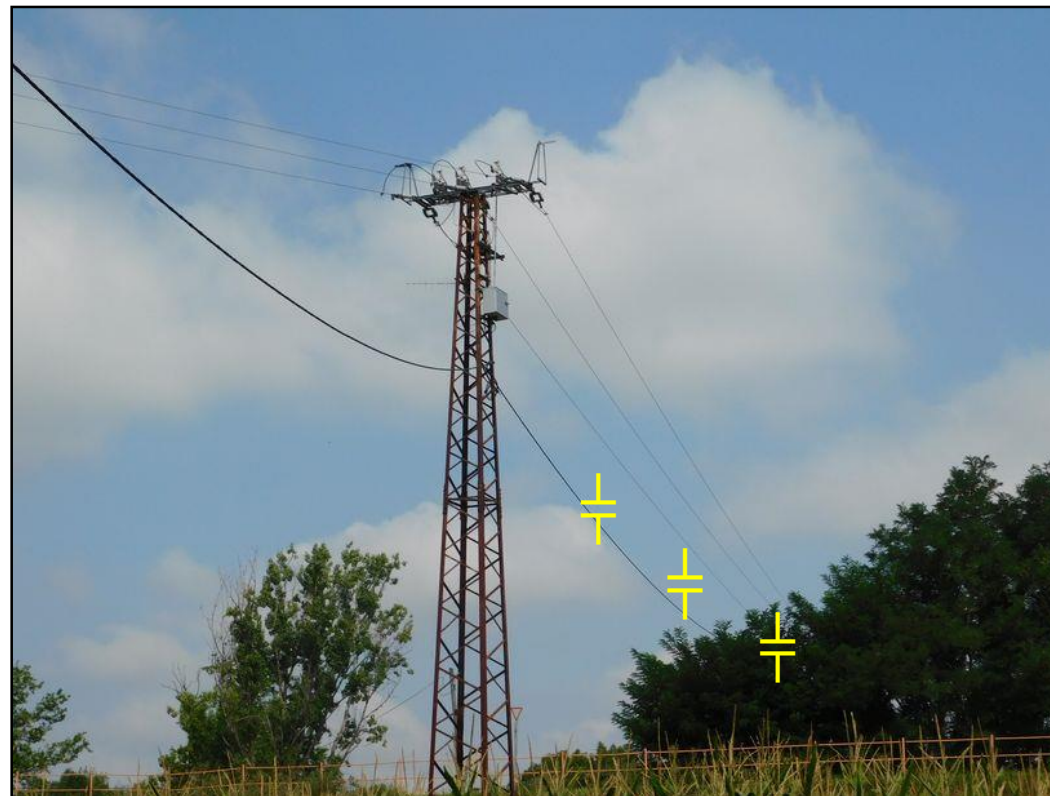
VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ KÖRÖK

- Al anyagú sodronyokban a szkinhatás okozta egyenlőtlen árameloszlás alig lép fel 😊
- a csavarvonalban haladó elemi szálak hosszabbak, mint a sodrony tényleges hossza. Ebből következik, hogy az ellenállása nagyobb, mint az azonos keresztmetszetű tömör vezető lenne ☹️
- Az egy rétegű sodratoknak öninduktivitása is van ☹️



VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ KÖRÖK

- **Induktív reaktancia, X_L [Ω]:** tekercs ellenállása váltakozó áramon. Értéke függ a frekvenciától és az L induktivitástól.
- **Kapacitív reaktancia, X_C [Ω]:** kondenzátor vagy kapacitás ellenállása váltakozó áramon. Értéke függ a frekvenciától kapacitástól
- **Impedancia $Z = U / I$ [Ω]:** Ohm-törvény váltakozó áramon. $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$



Távvezeték söntimpedanciája kapacitív jellegű

VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ KÖRÖK

Teljesítmény viszonyok egy fázison:

- **Látszólagos** teljesítmény: $S = U \times I$ [VA]
- **Hatásos** teljesítmény: $P = U \times I \times \cos \varphi$ [W]
- **Meddő** teljesítmény: $Q = U \times I \times \sin \varphi$ [VAr]

Fázisjavítás szükségessége:

- A meddő energia szállítása feleslegesen terheli a hálózatot.

A fogyasztói **induktív meddő áramkomponens csökkentése** fázisjavító berendezéssel (egyedi v. központi fázisjavító berendezés).



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

