



Danás Miklós

Villamos és mágneses tér jellemzői, indukciós jelenségek

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Elektronikai áramkörök tervezése, dokumentálása

A követelménymodul száma: 0917-06 A tartomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-007-50

ELEKTROTECHNIKAI ALAPISMERETEK –VILLAMOS ÉS MÁGNESES TÉR JELLEMZŐI, INDUKCIÓS JELENSÉGEK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön egy szervizben/üzemben dolgozik, ahol elektronikai berendezéseket javítanak. A szerviz/üzem szakképzésben tanulók gyakorlati foglalkoztatásának helyszíne is.

Feladata:

- a tanulók illetve belépő új pályakezdő munkatársak témához kötődő elméleti felkészültségének rendszerezése, gyakorlathoz igazítása,
- ismereteinek alkalmazása a szervizmunka során.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A VILLAMOS TÉR

Emlékeztető

- A villamos tér a térnek az a része, ahol töltésekre erő hat.
- azonos előjelű töltések taszítják, ellenkező előjelű töltések vonzzák egymást.
- A villamos teret erővonalakkal ábrázoljuk.
- Az erővonalak a tér energiaállapotát mutatják.
- Az erővonalak a + töltéstől a - töltés felé mutatnak.
- Az erővonalak nem keresztezik egymást.
- Az erővonalak a töltéssel rendelkező test felületére merőlegesek.
- Az erővonalak rövidülni igyekeznek.

Coulomb törvénye

Két elektromosan töltött test között fellépő erő (F) nagysága egyenesen arányos a testek töltésével (Q₁ és Q₂), valamint fordítottan arányos a köztük levő távolság (d) négyzetével

$$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} [\text{N}]$$

Az arányossági tényező légüres térben ill. levegő esetén:

$$k = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{\text{Vm}}{\text{C}} \right]$$

A villamos térerősség

A villamos térerősség (E) mérőszáma megmutatja, hogy a villamos erőterben mekkora a töltésre ható erő:

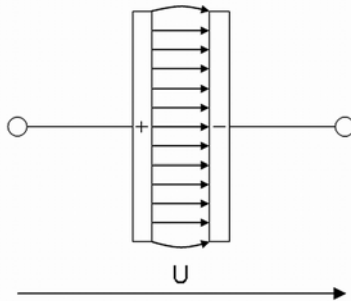
$$E = \frac{F}{Q} \left[\frac{\text{N}}{\text{C}}; \frac{\text{V}}{\text{m}} \right]$$

A feszültség és a villamos térerősség kapcsolata

Ahol két pont között feszültség van, ott villamos erőter is van (a villamos teret feszültséggel hozzuk létre).

Homogén a villamos tér akkor, ha minden pontjában ugyanakkora a térerősség. Homogén villamos erőterben a térerősség egyenesen arányos a feszültséggel:

$$E = \frac{U}{d}$$



1. ábra. Párhuzamos lemezek között a villamos erőter homogén

A villamos fluxus

A villamos töltésből kilépő erővonalak összességét villamos fluxusnak nevezzük. Jele és mértékegysége megegyezik a töltés jelével és mértékegységével (Q [C]).

Az egységnyi (1 m²) felületen (A) merőlegesen átlépő erővonalak összességét villamos fluxussűrűségnek (D) nevezzük

$$D = \frac{Q}{A} \left[\frac{\text{As}}{\text{m}^2}; \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \right]$$

Az átütés

A villamos erőterben lévő szigetelőanyag elektronjaira erő hat. Ha a feszültséget növeljük, nő a villamos erőter. Ha az erőter nagysága eléri azt az értéket, ami kiszakítja az elektronokat a kötésből, a szigetelőanyag vezetővé válik, és megindul az áram. Ez az anyagra jellemző ún. átütési feszültség értékénél következik be, amit átütési szilárdságnak E_d nevezünk.

Az átütési szilárdság értékei táblázatokban megtalálhatók. Pl. száraz levegőátütési szilárdsága normál nyomáson: 21 kV/cm, a polietiléné: 200 kV/cm.

A KONDENZÁTOR

Kapcsoljunk U feszültséget két, egymástól elszigetelt párhuzamos vezetőanyagú lemezre (1. ábra), nevezzük egyelőre eszköznek.

A lemezek közötti szigetelőt dielektrikumnak nevezzük.

A lemezeken töltések halmozódnak fel, közöttük villamos erőter alakul ki.

A lemezeken felhalmozódott töltés nagysága arányos a feszültséggel.

$$Q \sim U$$

Ha lekapcsoljuk a feszültséget, a töltések a lemezekről nem tudnak (azonnal) eltávozni, az eszköz tárolja őket.

A fenti módon működő, töltéstárolásra készített alkatrészeket kondenzátornak nevezzük.

Kondenzátor szó jelentése = sűrítő. A villamos kondenzátor töltéseket sűrít (tárol).

Ha a lemezek síkban vannak, síkkondenzátor a neve. (Sok fajta kondenzátor van.)



2. ábra. A kondenzátor általános rajzjele

A kapacitás

A kondenzátor töltésbefogadó képességét kapacitásnak nevezzük.

A kapacitás jele: C , mértékegysége: F (farad)

1F a kapacitása a kondenzátornak, ha 1 V feszültség hatására 1 C töltés halmozódik fel benne.

Használatos nagyságrendek: pF, nF, μF , ritkán: mF, szintén ritkán: F.

Nem csak a kondenzátoroknak van kapacitása. Minden párhuzamos, feszültség alatt (sőt, feszültség közelében) lévő vezetőn töltések halmozódnak fel. Ebből következően a többeres vezetékeknek, kábeleknek is van kapacitása, ami lehet hasznos, és káros is.

A síkkondenzátor kapacitása annál nagyobb, minél nagyobb a lemezek felülete (A), és minél kisebb a lemezek közötti távolság (d). Arányossági tényező a lemezek közötti szigetelő (dielektrikum) dielektromos állandója (ϵ^1) (dielektromos állandó = permittivitás).

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$$

Ha a lemezek között levegő van (légekondenzátor): $\epsilon = \epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \left[\frac{\text{C}}{\text{Vm}} \right]$

ϵ_0 a légüres tér permittivitása

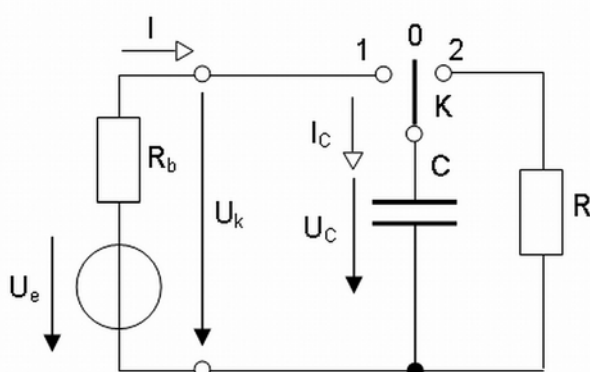
Ha a lemezek között nem levegő van:

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$$

ϵ_r (relatív permittivitás) megadja, hogy az adott szigetelőanyag permittivitása hányszor nagyobb, mint ϵ_0 (táblázatokból olvasható ki, permittivitásmérővel mérhető).

Kondenzátor az egyenáramú áramkörben

Vizsgáljuk meg, hogyan viselkedik a kondenzátor bekapcsoláskor és kikapcsoláskor!

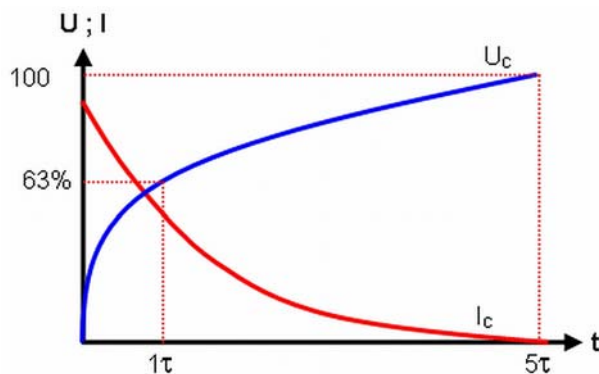


3. ábra. Kapcsolás kondenzátor vizsgálatához

Kiindulási helyzet: a K kapcsoló 0 állásában a töltetlen kondenzátor feszültsége nulla, áram nem folyik.

A kapcsolót 1-es állásba kapcsolva, megindul a kondenzátor töltőárama.

¹ epszilon



4. ábra. Feltöltődés.

A bekapcsolás pillanatában a kondenzátor lemezei üresek (még nincsenek töltések rajtuk), ezért nagy áram indulhat meg. Az indulási áramot csak R_b korlátozza:

$$U_c = 0$$

$$I_c = I_{\max} = \frac{U_e}{R_b}$$

$$U_k = 0$$

A töltetlen kondenzátor bekapcsoláskor rövidzárként viselkedik!

Ahogy töltődik a kondenzátor (a lemezek egyre telítődnek), a felé áramló töltésmennyiség (áram) folyamatosan csökken, feszültsége pedig folyamatosan nő.

A feltöltődés sebességét (időtartamát) a kondenzátor kapacitása, és az áramot korlátozó ellenállás határozza meg. Értékének mérőszámát az időállandó:

$$\tau = R \cdot C[s]$$

(R a 3. ábrán: R_b).

Időállandó (τ) az az idő, ami alatt a kondenzátor a teljes feszültség 63%-ára töltődik fel.

A teljes feltöltődés 5τ alatt feltöltöttnek tekinthető.

A feltöltött állapot jellemzői: $I_c \sim 0$, $U_c \sim U_{\max}$ (U_e).

A kondenzátor a veszteségek miatt teljesen sosem tud feltöltődni, csak megközelíti a 100%-ot.

A feltöltött kondenzátor feszültségforrás, baleset okozhat!

A feltöltött kondenzátor töltése:

$$Q = C \cdot U$$

energiája:

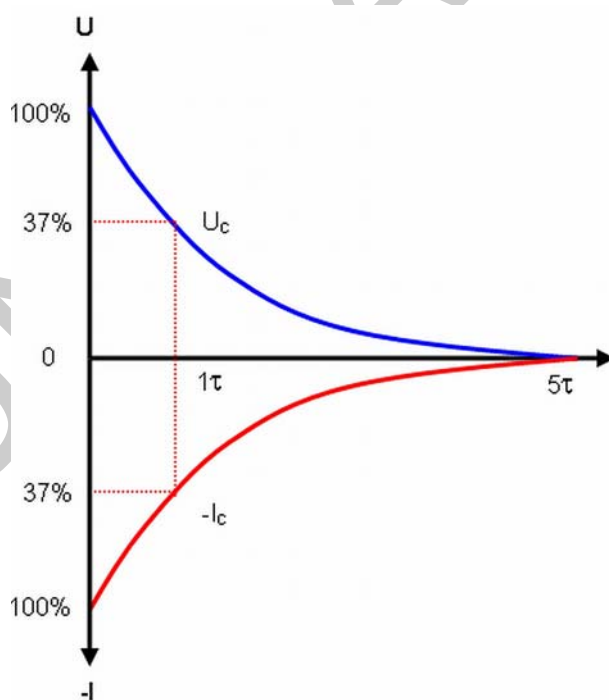
$$W = \frac{1}{2} C \cdot U^2$$

A kapcsolót 2-es állásba kapcsolva (3. ábra), R ellenálláson keresztül kisütjük a kondenzátort. Most a kondenzátorból fog folyni áram az ellenálláson keresztül.

A kapcsolás pillanatában:

$$I_c = -\frac{U_c}{R},$$

majd a feszültsége és árama az időállandó által megadott meredekséggel folyamatosan csökken a kisülésig. (A kondenzátor a tárolt energiáját az ellenállás melegítésére fordítja.)



5. ábra. Kisülés

A kisülés sebességét (időtartamát) a kondenzátor kapacitása, és az áramot korlátozó ellenállás határozza meg. Értékének mérőszámát az időállandó:

$$\tau = R \cdot C$$

adja.

Időállandó (τ) az az idő, ami alatt a kondenzátor a teljes feszültségének 37%-ára csökken.

A teljes kisülés 5τ alatt megtörténtnek tekinthető.

A kondenzátor a veszteségek miatt teljesen sosem tud kisülni.

A kondenzátorok legfontosabb jellemzői

1. Névleges kapacitás CN

Pl. 100 μF

Az az érték, melyet a gyártó 20 °C környezeti hőmérsékletre vonatkoztatva megadott. A névleges értékek IEC szabványsor szerintiek.

A kondenzátorra rá van írva, vagy klf. kódokkal jelölik.

2. Tűrés

Pl. $\pm 10\%$

A névleges értéktől való eltérés engedélyezett %-os nagyságát adja meg.

3. Névleges feszültség UN

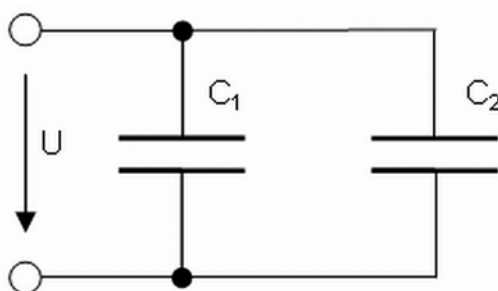
Pl. 100 V

Az a feszültség, amelyre a kondenzátor készült, és 40 °C környezeti hőmérséklet mellett tartósan elvisel.

Ezt a határértéket nem szabad átlépni, mert a szigetelő átüt, a kondenzátor meghibásodik.

Kondenzátorok kapcsolásai

Párhuzamos kapcsolás



6. ábra. Párhuzamosan kapcsolt kondenzátorok

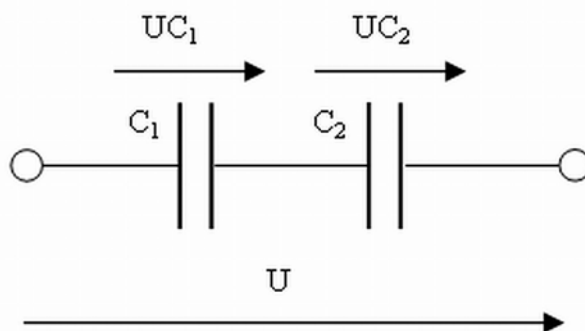
Párhuzamos kapcsolás esetén az eredő kapacitás a részkapacitások összege:

$$C_e = C_1 + C_2 + C_n$$

Párhuzamos kapcsolás esetén az eredő töltés a résztöltések összege:

$$Q_e = Q_1 + Q_2 + Q_n$$

Soros kapcsolás



50. ábra

7. ábra. Sorosan kapcsolt kondenzátorok

Soros kapcsolás esetén az eredő kapacitás reciproka a részkapacitások reciprokainak összege:

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_n}$$

A töltés minden kondenzátoron megegyezik:

$$Q_e = Q_1 = Q_2 = Q_n$$

A részfeszültségek összeadódnak:

$$U = U_1 + U_2 + U_n$$

A MÁGNESES TÉR

A mágneses tér fogalma

A mágneses tér a térnek az a része, ahol mágneses erőhatások tapasztalhatók.

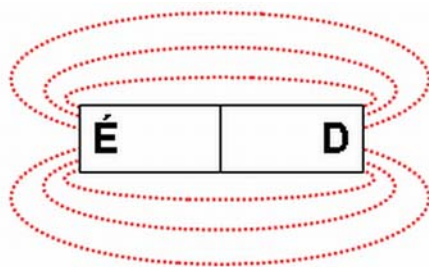
Van állandó (permanens), és áram által gerjesztett (elektro) mágnes.

A mágnesnek mindig két pólusa van (dipólus): északi (É) és déli (D).

Egy mágnes két pólusa mindig azonos erősségű.

Az azonos pólusok taszítják, a különbözőek vonzzák egymást.

A mágneses tér ábrázolása



8. ábra. Rúdmágnes erővonalképe

A mágneses teret erővonalakkal ábrázoljuk (indukcióvonalaknak is nevezzük).

Az erővonalak az északi pólusból lépnek ki és a déli pólusba záródnak.

Az erővonalak nem keresztezik egymást.

Az egyenes vezető körül kialakult mágneses erőteret koncentrikus erővonalakkal ábrázoljuk, melyek a vezetőtől távolodva ritkulnak (gyengül az erőter).

A mágneses tér erősségét az erővonalak sűrűségével ábrázoljuk.

A mágneses erővonalak összességét fluxusnak nevezzük.

A fluxus jele: Φ (nagy fi),

mértékegysége Vs (voltszekundum).

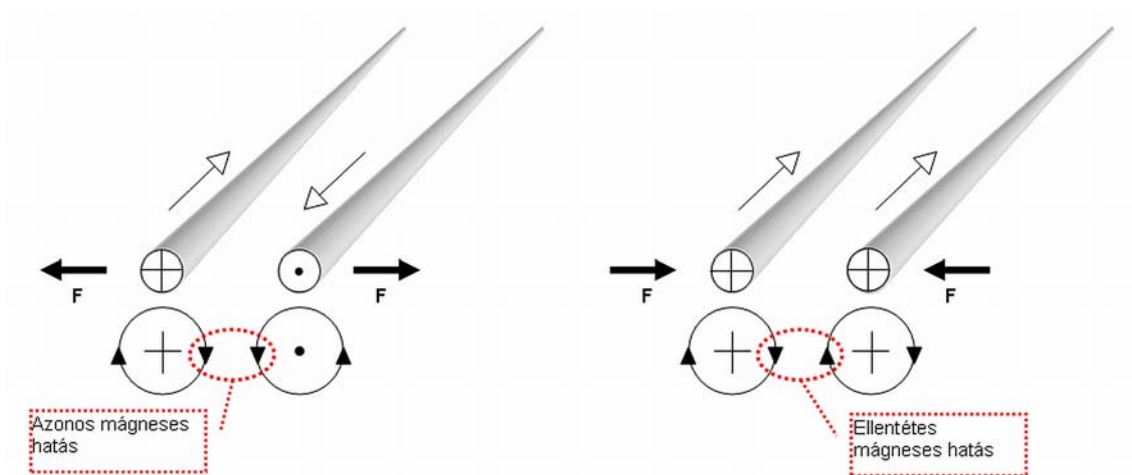
1 Vs = 1 Wb (Weber, ejtsd: véber)

Árammal átjárt vezetők közti erőhatás

Az erővonalaknak iránya is van, melynek megállapítása (megállapodás szerint) a következő:

A tőlünk elfolyó áram az óramutató járásával megegyező irányú erővonalakat hozza létre a vezető körül (dugóhúzó-szabály).

A dugóhúzó-szabály helyett: jobbcavar-szabály, jobbmenet-szabály, jobbkéz-szabály, stb. is használatos.



9. ábra. Áramjárta párhuzamos vezetők közötti erőhatás

Ellentétes áramirány esetén taszítás, azonos áramirány esetén vonzás tapasztalható.

A tekercs

A vezető mágneses erőterét megsokszorozhatjuk, ha tekercset készítünk belőle.



10. ábra. Tekercs erővonalképe és általános rajzjele

A tekercs egyenáramú gerjesztése

1. Áram

Ha a tekercsre U feszültséget kapcsolunk, megindul az I áram.

$$I = \frac{U}{R}$$

2. Gerjesztés

Az áram az N menetszámmal létrehozza a gerjesztést (Θ^3):

³ théta

$$\Theta = I \cdot N [\text{Am}]$$

A gerjesztés és az áramerősség mértékegységének megkülönböztetése érdekében használatos az Am (ampermenet) mértékegység, de sokszor itt is csak A mértékegységet használnak.

3. Mágneses térerősség

A tekercs mágneses térerőssége (H) kelt (maga körül és a belsejében):

$$H = \frac{\Theta}{l_{\text{tekercs}}} \left[\frac{\text{A}}{\text{m}} \right]$$

l_{tekercs} a tekercs hossza, vasmagos tekercs esetében a vasmagban záródó közepes erővonalhossz l_k (ld. később).

4. Mágneses indukció vagy fluxussűrűség

A mágnes erősségét az 1 m²-es felületen merőlegesen áthaladó fluxus (erővonalak száma) adja, amit indukciónak nevezünk (B).

$$B = \frac{\Phi}{A} \left[\frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \right]$$

Indukció = fluxussűrűség.

T = Tesla (ejtsd: teszla)

$$1T = 1 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}$$

Nem mindegy, hogy a mágneses erővonalakat vezeti-e valamilyen anyag, vagy a levegőn át záródnak.

Ha különböző anyagok esetében mérésekkel és számítással meghatározzuk a B/H hányadost, különböző (anyagfüggő) állandókat kapunk, aminek neve: permeabilitás⁴, jele: μ (ejtsd: mú).

$$B = \mu \cdot H$$

A vákuum permeabilitása: μ_0 . Levegő és vákuum esetében a B/H hányados értéke közelítőleg megegyezik, neve mágneses állandó:

$$\mu_0 = 1257 \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \right]$$

⁴ áteresztő képesség

Az egyes anyagok esetében táblázatokból olvashatjuk ki a jellemző ún. relatív permeabilitás μ_r értékét, amely megmutatja, hogy az illető anyag hányszor vezeti jobban a mágneses erővonalakat, mint a vákuum.

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

Ismert anyag esetén tehát az indukció a következő összefüggéssel számítható:

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$$

Levegő esetén a relatív permeabilitás:

$$\mu_r = 1$$

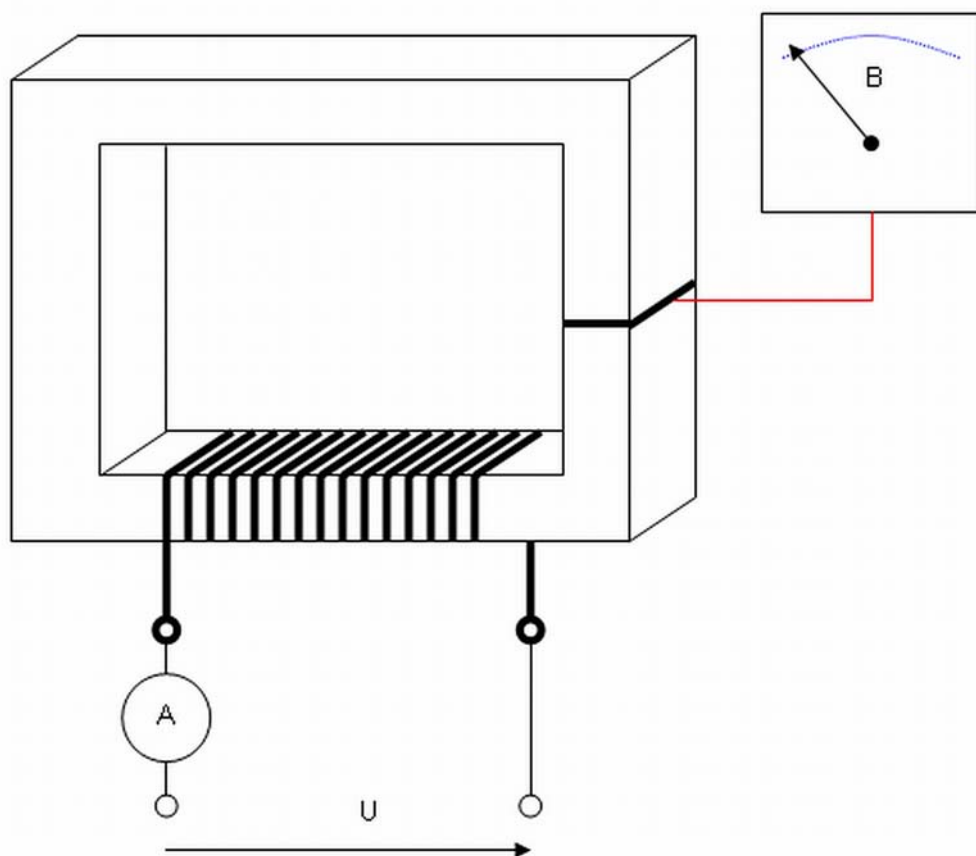
Mágnesességgel kapcsolatos viselkedésük szerint az anyagokat a következő csoportokba soroljuk:

Ferromágnesek $\mu_r \gg 1$ A mágneses erővonalakat nagyon jól vezetik.	Vas, nikkel, kobalt. Az adott indukció eléréséhez kis áramra van szükség.
Paramágnesek $\mu_r > 1$ A mágneses erővonalakat alig vezetik jobban, mint a levegő.	Pl. alumínium. Az adott indukció eléréséhez nagy áramra van szükség.
Diamágnesek $\mu_r < 1$ A mágneses erővonalakat rosszabbul vezetik, mint a levegő.	Pl. réz Az adott indukció eléréséhez nagyon nagy áramra van szükség.

Anyagok mágnesezhetősége

A ferromágneses anyagok relatív permeabilitása nem állandó, tehát ha az indukciót vizsgáljuk a térerősség függvényében nem egyenest fogunk kapni, hanem az adott anyagra jellemző görbét, ami fontos információt szolgáltat a mágneses viselkedéssel kapcsolatban.

Az 11. ábra a mágnesezési görbe felvételére alkalmas kapcsolást mutatja.



11. ábra. Kapcsolás a mágnesezési görbe felvételéhez

Felmágnesezés

Ha növeljük a feszültséget, nő az áram, nő a gerjesztés, nő az indukció. Azt tapasztaljuk, hogy eleinte kis térerősség növelés nagy indukciönövekedést okoz, majd egyre kevesebbet. Végül az indukciómérő műszer alig reagál a változásra. Ha a jellemzőket koordináta-rendszerben ábrázoljuk, a 12. ábrához hasonló görbét kapunk.

A viselkedés magyarázata:

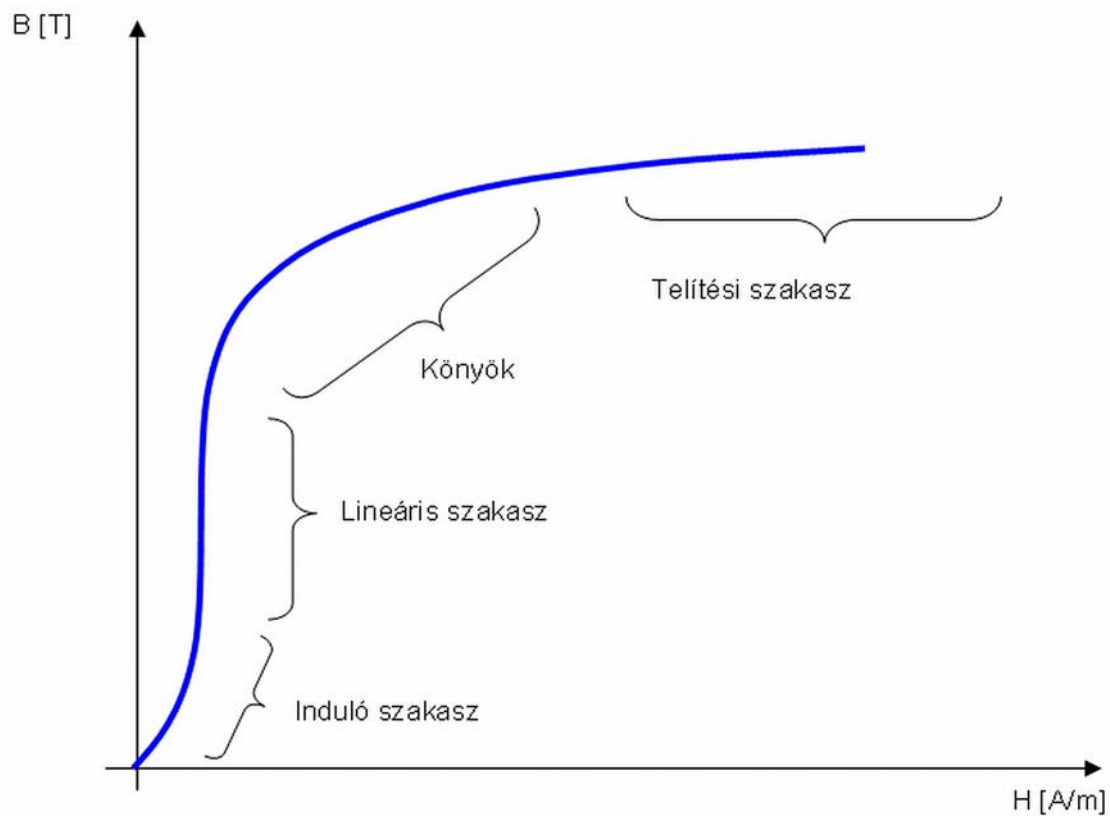
A vasmag sok kicsi elemi mágneses részecskéből áll, melyek kezdetben rendezetlenek, tehát a vas kifelé nem mutat mágneses tulajdonságokat.

Az induló szakaszban a kicsi gerjesztésnek még fel kell építenie a mágneses erőteret, és le kell győznie a részecskék egymásra hatását is.

A lineáris szakaszban a gerjesztés nagyszámú elemi mágneszt tud adott irányba fordítani.

Ahogy egyre több részecske áll be a mágneses térerősség által kényszerített $\vec{E} - D$ irányba, úgy marad egyre kevesebb még rendezhető részecske.

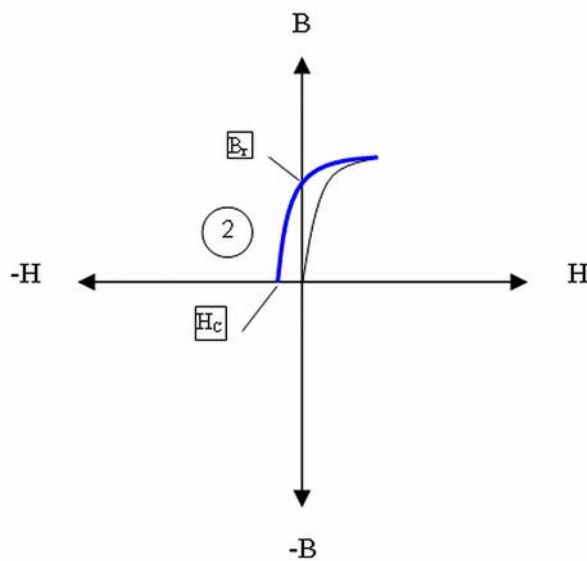
Végül, amikor már minden részecske beállt, a vas telítődött.



12. ábra. Első mágnesezési görbe

Mivel ez az első mágnesezés, szűz görbének is nevezik.

Lemágnesezés



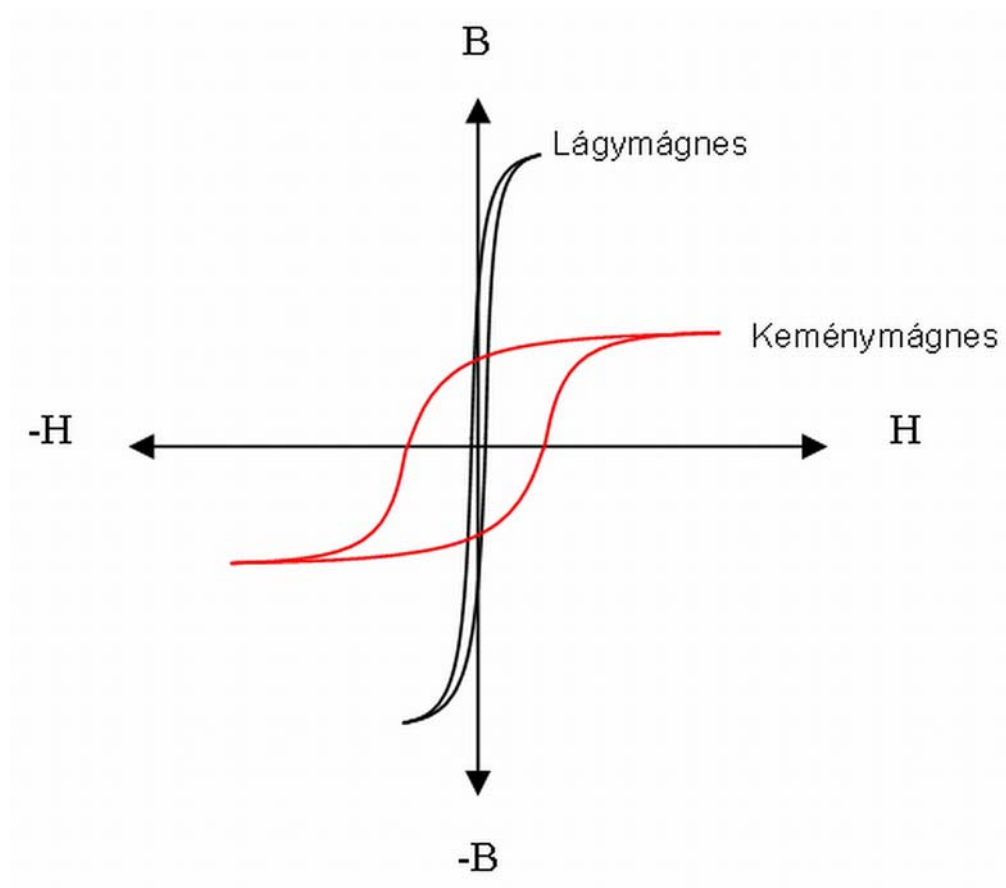
13. ábra. Lemágnesezés

Csökkentjük a térerősséget (13. ábra). Azt tapasztaljuk, hogy gerjesztésmentes állapotban is mutat az indukciómérő, a vas mágneses marad. A visszamaradó mágnesességet remanens mágnesességnek, röviden remanenciának nevezzük, jele: Br.

Ahhoz, hogy megszűnjön a mágnesesség, ellentétes irányú gerjesztésre van szükség. Az ehhez tartozó térerősség neve: koercitív térerősség, jele: Hc.

Lágy és keménymágnes anyagok

A ferromágneses anyagokat csoportosíthatjuk koercitív térerősségük szerint:	
Lágymágnes anyagok $H_c < 300 \frac{A}{m}$	Nagy telítési indukció, nagy permeabilitás, nagy remanencia, kis koercitív térerősség kívánatos, hogy váltakozó áramú alkalmazásoknál az átmágnesezés minél kisebb energiát igényeljen. Átmágnesezési veszteség = hiszterézisveszteség: a görbe által bezárt terület. Alkalmazása: motorok, transzformátorok, stb. vasmagja. Anyaga: különféle vasötvözetek, pl. szilícium (Si), nikkel (Ni).
Keménymágnes anyagok (állandómágnesek) $H_c \geq 10000 \frac{A}{m}$	Nagy remanencia és koercitív térerősség jellemzi. Alkalmazása: dinamikus hangszórók és mikrofonok, Deprez műszerek, biztonsági reteszek (pl. automata mosógép fedélretesze), magnetron (mikrohullámú sütő mikrohullámú generátora), stb. Anyaga: különféle vas, volfrám, króm, kobalt, alumínium, nikkel és titánötvözetek.

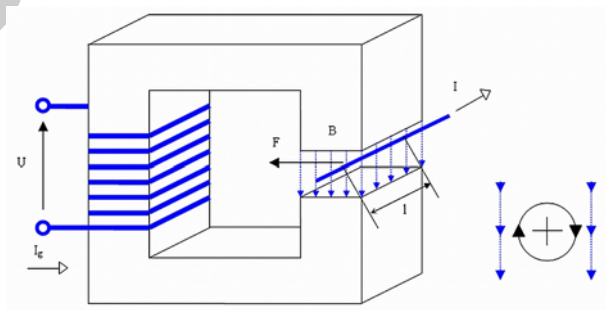


14. ábra. Teljes mágnesezési görbék

ELEKTROMÁGNESES INDUKCIÓ

A motorelv

Az erővonalak a 015. ábra szerinti elektromágnes légrésén keresztül haladnak. A légrésbe helyezett áramjárta vezető a két erőter egymásra hatása következtében a jelzett irányú F erő fog hatni.



15. ábra. Mágneses térben lévő, áramjárta vezetőre ható erő

$$F = B \cdot I \cdot l$$

Ez az alapja minden mágneses erőhatáson alapuló működésnek: elektromos motorok, dinamikus hangszórók, relék, stb.

A generátorelv

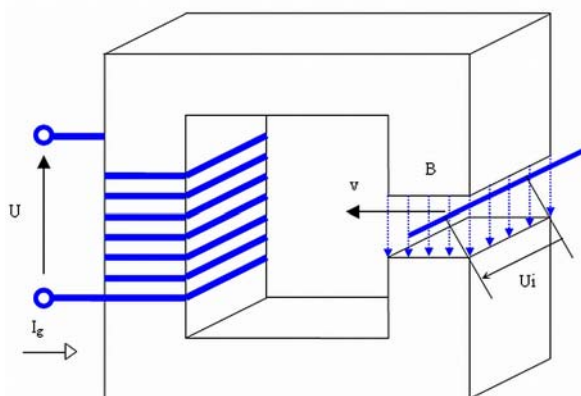
Ha a B mágneses erőter erővonalait metsszük az l hosszúságú, v sebességgel, erővonalakra merőlegesen mozgatott vezetővel, a vezetőben U_i feszültség indukálódik 16. ábra:

$$U_i = B \cdot l \cdot v$$

Ha a mozgás iránya az erővonalakkal α (alfa) szöget zár be:

$$U_i = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \alpha$$

Ez az alapja minden mágneses indukción alapuló feszültség előállításának az erőművi generátoroktól a dinamikus mikrofonig.



16. ábra. Erővonalmetszés

Lenz törvénye

Ha az indukált feszültségre fogyasztót kapcsolunk, a vezetőben áram fog folyni, aminek kialakul a mágneses erőtere. A két mágneses erőter egymásra hatását Lenz törvénye fogalmazza meg:

Az indukált áram iránya mindig olyan, hogy mágneses hatásával akadályozza az őt létrehozó mozgást, változást.

A transzformátorelv

Ha egy tekercsben változik az áram, az előzőekben tanultak szerint változik a fluxus is.

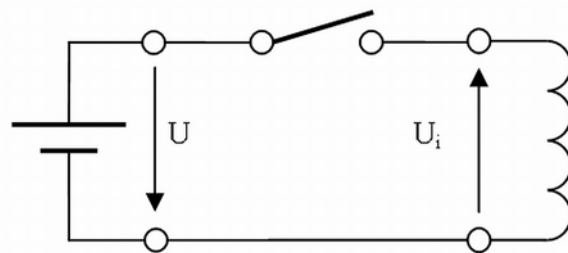
A fluxusváltozás önindukciós feszültséget hoz létre a tekercsben.

$$U_i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

L a tekercs induktivitása (másképpen: önindukciós tényezője), mértékegysége: H (henry).

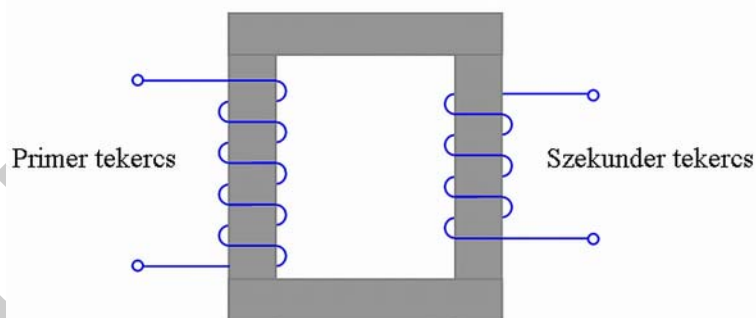
1H az induktivitása annak a tekercsnek, amelyben 1 A áramváltozás 1 s időtartam alatt 1 V önindukciós feszültséget hoz létre.

Ha a fluxusváltozás nagyon rövid idő alatt játszódik le (pl. a tekercs kikapcsolásakor), nagyon nagy önindukciós feszültség keletkezhet. Ez lehet káros és veszélyes is, ami ellen védekezni kell, sok helyen pedig hasznosítjuk.

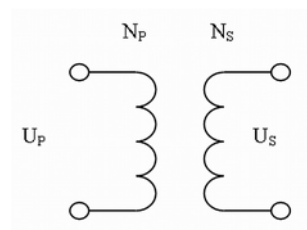


17. ábra. Önindukciós feszültség a tekercs kikapcsolásakor

Ha a vasmagon két tekercset helyezünk el (18. ábra), fluxusváltozáskor mindkettőben indukálódik feszültség.



18. ábra. Transzformátor



19. ábra. Transzformátor rajzjele

Azt a tekercset, amelyikre kapcsoljuk a feszültséget, primer (első) tekercsnek (P), amelyikről levesszük a feszültséget, szekunder (második) tekercsnek (S) nevezzük.

A szekunder tekercs feszültségének nagysága a menetszámától függ:

$$\frac{U_P}{U_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

A feszültségek aránya a feszültségáttétel:

$$a_U = \frac{U_P}{U_S}$$

A menetszámok aránya a menetszámáttétel:

$$a = \frac{U_P}{U_S}$$

Az elvet hasznosító két fontos erősáramú terület:

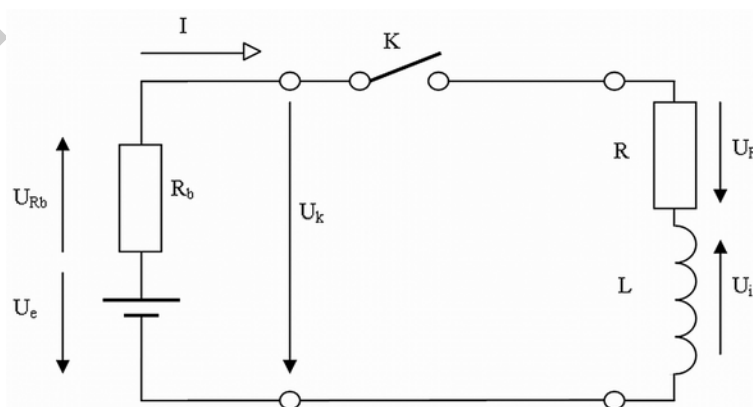
1. Váltakozó feszültség átalakítására (növelésére vagy csökkentésére).
2. A két oldal áramkörének galvanikus elválasztására. Megfelelő felépítés és szigetelések esetén a két oldal között még meghibásodáskor sem lehet fémes kapcsolat

Tekercs viselkedése az egyenáramú körben

Eddig nem vettük figyelembe a tekercs veszteségeit, amit a gyakorlatban legtöbbször nem lehet elhanyagolni.

A tekercs vezetékének ellenállása a már ismert összefüggéssel számítható:

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



20. ábra. Tekercs az egyenáramú körben

Bekapcsolási folyamat

A K kapcsoló bekapcsolása után a meginduló áramot két tényező korlátozza:

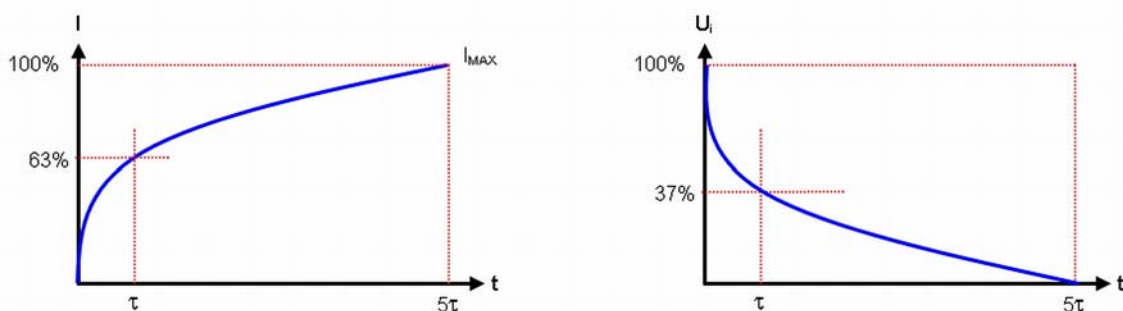
1. A kör soros ellenállásai, állandó értékű tényezőként ($R_b + R$),
2. A fluxusnövekedés, változó tényezőként.

A bekapcsolás pillanatában még nincs fluxus, tehát a fluxusváltozás maximális. Az indukált feszültség maximális, tehát a bekapcsolási áram minimális:

$$I = \frac{U_e - U_i}{R_b + R}$$

A bekapcsolás egy folyamat, melynek végét a fluxusváltozás megszűnése jelenti. Időtartama a kör ellenállásaitól és induktivitásaitól függ.

Mire felépül a tekercs mágneses erőtere, az indukált feszültség nullára csökken. Az áram maximális (már csak $R_b + R$ korlátozza).



21. ábra. Az áram és az indukált feszültség változása bekapcsoláskor

τ időállandó, az áramnövekedés meredekségét mutatja:

$$\tau = \frac{L}{R} [s]$$

Időállandó az az idő, mely alatt: az áramerősség a bekapcsolás után végértékének 63%-ára nő, illetve az indukált feszültség kezdeti értékének 37%-ra csökken.

5τ alatt lezajlottnak tekinthető a bekapcsolási folyamat.

A tekercs mágneses energiája

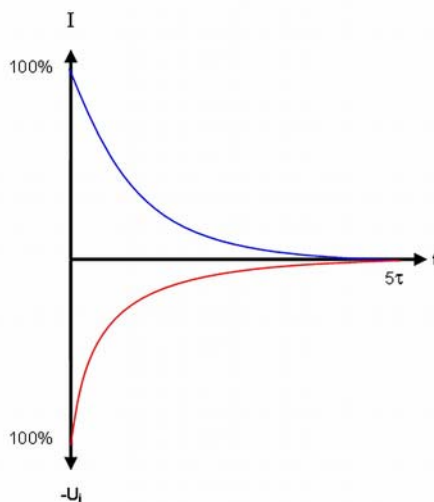
A tekercs mágneses erőterének felépítéséhez villamos energiára volt szükség, amit a vasmag mágneses energiaként tárol:

$$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 [\text{Ws}]$$

Kikapcsolási folyamat

Már tudjuk, hogy kikapcsoláskor a tárolt mágneses energiával valaminek történnie kell – villamos energiává alakul. A fluxusmező összeomlásának következtében feszültség indukálódik.

A tekercs kikapcsoláskor feszültségforrásként viselkedik.



22. ábra. Az áram és az indukált feszültség változása kikapcsoláskor

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Olvassa el a:

- A villamos tér
- A kondenzátor
- A mágneses tér
- Elektromágneses indukció című fejezeteket

Tanári irányítással végezzen kísérleteket és méréseket a rendelkezésre álló idő szerinti mennyiségben:

- Kondenzátor töltéstárolásának vizsgálata.

- Kondenzátor kapacitásának vizsgálata különböző dielektrikumok esetében.
- RC-kör időállandójának vizsgálata négyszöggenerátor és oszcilloszkóp segítségével.
- Mágneses erőter létrehozására, irányának és nagyságának vizsgálata.
- Tekercsmag-anyag hatása az indukcióra.
- Légrésméret hatása az indukcióra.
- Histerézisgörbe felvétele különböző anyagok esetében.
- Áramjárta vezető erőhatásainak vizsgálata.
- Indukált feszültség létrehozása klf. módokon.
- RL-kör időállandójának vizsgálata négyszöggenerátor és oszcilloszkóp segítségével.

Ellenőrizze felkészültségét az Önellenőrző feladatok elvégzésével!

Bővítse ismereteit szakkönyvek, szakfolyóiratok, az internet, segítségével, és válaszoljon a következő kérdésekre:

1. Milyen szerkezetűek, tulajdonságúak az alábbi kondenzátorok, és ezek alapján, milyen célra használatosak?

fóliakondenzátorok,

rétegkondenzátorok,

papír kondenzátor,

MP kondenzátor,

MK kondenzátor,

MKV kondenzátor,

HDK kondenzátor,

NDK kondenzátor,

kerámiakondenzátor,

elektrolitkondenzátor (alumínium, tantál),

forgókondenzátor,

trimmerkondenzátor.

2. A fenti felsorolásban mely kondenzátorok alkalmazhatók csak váltakozófeszültségen?

3. A fenti felsorolásban mely kondenzátorok bipolárisak, és melyek unipolárisak?

4. Mit jelent az öngyógyulás, és milyen fajta kondenzátorok jellemzője?

5. Hasonlítsa össze az alumínium és a tantál elektrolit kondenzátort!

6. Hasonlítsa össze az MK és az MKV kondenzátort

7. Mit jelent egy kondenzátoron a következő felirat: 033K250?

Oldjon meg sok feladatot elektrotechnikai példatárból!

MUNKANYAG

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Hogyan szól Coulomb törvénye?

2. feladat

Egy ipari berendezés elektrosztatikus porleválasztójában haladó, $0,5 \mu\text{C}$ töltéssel rendelkező porszemcsére 10 mN erő hat. Mekkora a villamos erőter az adott pontban? Mekkora a porleválasztót tápláló feszültség, ha a lemezek közti távolság 400 mm ?

3. feladat

Két sorosan kapcsolt $C_1=2 \mu\text{F}$, $C_2=4\mu\text{F}$ kondenzátorra) 120 V feszültséget kapcsolunk. Mekkora az eredő kapacitás, az eredő töltés, az egyes kondenzátorok töltése és feszültsége?

4. feladat

Legfeljebb mekkora feszültség kapcsolható az előző feladatban (sorosan kapcsolt $C_1=2\ \mu\text{F}$, $C_2=4\ \mu\text{F}$) szereplő kapcsolásra, ha mindkét kondenzátor átütési feszültsége 630 V?

5. feladat

Egy kondenzátort 1 mA állandó árammal töltünk 5 s ideig. Ezalatt az idő alatt 10 V-ra töltődik fel. Mekkora a töltése, kapacitása, energiája?

6. feladat

Két azonos kapacitású kondenzátor egyikét feltöltjük $U_1=70\text{ V}$ -ra, a másikat $U_2=50\text{ V}$ -ra, majd párhuzamosan kapcsoljuk őket

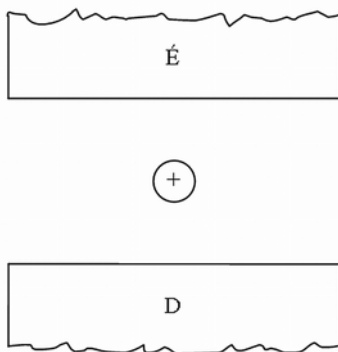
- a) azonos pólusokkal,
- b) ellentétes pólusokkal.

Mekkora lesz a közös feszültség (U) az a) és b) esetben?



7. feladat

Állapítsa meg, hogy milyen irányú erő hat a 23. ábrán látható vezetőre (rajzolja az ábrába)!



23. ábra. A 7. feladathoz

8. feladat

Egy dinamikus hangszóró tekercse 0,8 m hosszú huzalból készült. A mágnes erőssége: 1,5 T. Mekkora erő lendíti a membránt abban a pillanatban, amikor az áramerősség 2,5 A?

9. feladat

Egy áramfejlesztő generátor 1,5 T homogén mágneses erőterében 20 m/s sebességgel mozog egy 80 cm-es huzal. Mekkora feszültség indukálódik benne, ha:

a) A mozgás iránya az erőterre merőleges?

b) A mozgás iránya az erőtérről 30° os szöget zár be?

10. feladat

Egy jelfogó tekercsének induktivitása: 100 mH, ellenállása 500 Ω . Bekapcsolás után mennyi idő alatt éri el az állandósult áramfelvételét?

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Két elektromosan töltött test között fellépő erő (F) nagysága egyenesen arányos a testek töltésével (Q1 és Q2), valamint fordítottan arányos a köztük levő távolság (d) négyzetével

2. feladat

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{10\text{mN}}{0,5\mu\text{C}} = \frac{10^{-2}\text{N}}{5 \cdot 10^{-7}} = 2 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 20 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$$

$$U = E \cdot d = 20 \frac{\text{kV}}{\text{m}} \cdot 0,4\text{m} = 8\text{kV}$$

3. feladat

$$C_e = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{4}{3} \mu\text{F}$$

$$Q_e = C_3 \cdot U = \frac{4}{3} \mu\text{C} \cdot 120\text{V} = 160 \mu\text{C}$$

$$U_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{160 \mu\text{C}}{2 \mu\text{F}} = 80\text{V}$$

$$U_2 = 120 - 80 = 40\text{V}$$

4. feladat

Tudjuk, hogy:

$$U = \frac{Q}{C},$$

Ebből következik, hogy a kisebb kapacitású ($C_1 = 2 \mu\text{F}$) kondenzátoron lesz a nagyobb feszültség (630 V).

Tudjuk, hogy soros kapcsolásban a töltésmagyság minden elemen ugyanakkora, tehát:

$$Q_1 = Q_2 = Q = C_1 \cdot U_1 = 2 \mu\text{F} \cdot 630\text{V} = 1260 \mu\text{C}$$

$$C_2 \text{ feszültsége: } U_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{1260 \mu\text{C}}{4 \mu\text{F}} = 315\text{V}$$

A kapcsolásra legfeljebb: $630+315=945$ V kapcsolható.

Kis gyakorlattal az ilyen kérdéseket gyorsabban megválaszolhatjuk a következő megfontolás alapján:

Ha egy adott kapacitású kondenzátor feszültsége X , akkor a vele soros, n -szer akkora kapacitású kondenzátor feszültsége X/n .

5. feladat

$$Q = I \cdot t = 1\text{mA} \cdot 5\text{s} = 5\text{mC}$$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{10} \text{F} = 500 \mu\text{F}$$

$$W = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{5 \cdot 10^{-4} \cdot 10^2}{2} 25 \cdot 10^{-3} = 25\text{mWs}$$

6. feladat

a)

A két kondenzátor azonos kapacitású:

$$C_1 = C_2 = C$$

Az eredő kapacitás:

$$C + C = 2C$$

Az eredő töltés a résztöltések összege:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$2C \cdot U = C \cdot U_1 + C \cdot U_2$$

C -vel egyszerűsítünk:

$$2U = U_1 + U_2$$

$$U = \frac{U_1 + U_2}{2} = \frac{70 + 50}{2} = 60\text{V}$$

b)

Az eredő töltés a résztöltések különbsége:

$$Q = Q_1 - Q_2$$

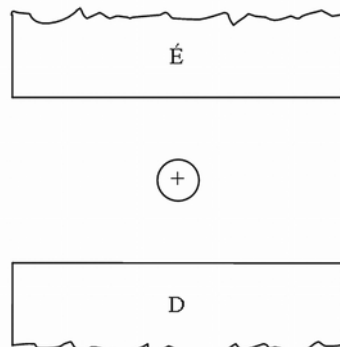
$$2C \cdot U = C \cdot U_1 - C \cdot U_2$$

C-vel egyszerűsítünk:

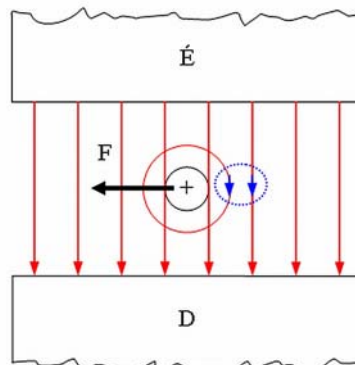
$$2U = U_1 - U_2$$

$$U = \frac{U_1 - U_2}{2} = \frac{70 - 50}{2} = 10\text{V}$$

7. feladat



24. ábra. A 7. feladathoz



25. ábra. A 7. feladat megoldása

8. feladat

$$F = B \cdot I \cdot l = 1,5\text{T} \cdot 2,5\text{A} \cdot 0,8\text{m} = 3\text{N}$$

9. feladat

a) A mozgás iránya az erőtérrre merőleges?

$$U_i = B \cdot l \cdot v = 1,5\text{T} \cdot 0,8\text{m} \cdot 20\text{m/s} = 24\text{V}$$

b) A mozgás iránya az erőtérrrel 30° os szöget zár be?

$$U_i = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \alpha = 1,5\text{T} \cdot 0,8\text{m} \cdot 20\text{m/s} \cdot 0,5 = 12\text{V}$$

10. feladat

$$t = 5\tau = 5 \cdot \frac{L}{R} = \frac{5 \cdot 0,5\text{H}}{500\Omega} = 5\text{ms}$$

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Danás Miklós: Elektrotechnika (ÉRÁK, Miskolc, 2006.)

AJÁNLOTT IRODALOM

Magyar István: Elektrotechnika (Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.)

Hübscher, Klaue, Pflüger, Appelt: Elektrotechnika (Westermann Európai Szakképzési és Továbbképzési Kft. Budapest, 1993.)

Klaus Beuth és Eugen Huber szerkesztésében: Elektrotechnikai alapismeretek Alaptankönyv az ipar és a kisipar számára (B+V Világkiállítási Lap- és Könyvkiadó Kft., Műszaki Könyvkiadó Kft. Budapest, 1994.)

Klaus Beuth és Eugen Huber szerkesztésében: Elektrotechnikai szakismeretek 1. (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1994.)

Demeter Károlyné, Dén Gábor, Dr. Nagy Lóránt, Székér Károly: Elektrotechnika (MSZH Nyomda és Kiadó Kft. Budapest, 2000.)

Gyeván Károly: A villamos mérések alapjai – 7. kiadás (Nemzeti Tankönyvkiadó – Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2006.)

A(z) 0917-06 modul 007-es szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 523 01 0000 00 00	Elektronikai technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
25 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.
Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató