

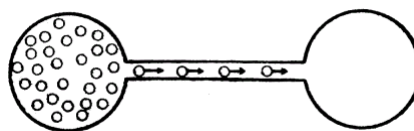
A rádió*

I. Elektromos rezgések és hullámok.

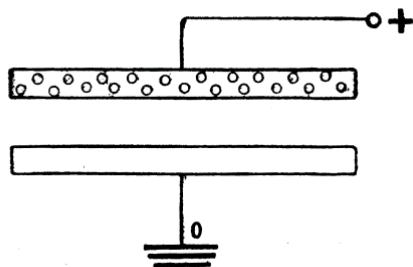
A legtöbb test dörzsölés, nyomás következtében elektromos töltést nyer. E töltéstől függ a test elektromos feszültsége, akárcsak a hőtartalomtól a hőmérséklete; mégpedig a feszültség annál nagyobb, minél nagyobb az elektromosság sűrűsége a testen. A feszültség egysége a *volt* (rövidítve: V). Szigetelő anyagokban (pl. üveg, ebonit stb.) az elektromosság nem tud szabadon mozogni, míg az úgynevezett vezető testekben (pl. fémek) az elektromos töltés szabadon vándorolhat. Ha az elektromosság továbbhalad, vándorol a testben, akkor elektromos áramról beszélünk. Az elektromos áram annál erősebb, intenzitása annál nagyobb, minél több elektromosság megy keresztül egy másodperc alatt a vezető valamely

helyén. Az áramerősség (intenzitás) egysége az *amper* (rövidítve A).

Elektromos áram akkor jön létre, ha a vezető test két végén a feszültség különböző. Az 1. ábrán látható, hogy a baloldali gölyónak nagy a feszültsége, mert sok töltés van rajta, míg a jobboldali gömb feszültsége hozzá képest 0, mert nincs rajta töltés; ebben az esetben áram indul meg a magasabb feszültségű helyről az alacsonyabb felé (nyilakkal ábrázolva). Az áramerősséget OHM törvénye szerint megkapjuk, ha a feszültségkülönbséget elosztjuk a drót ellenállásával. Az ellenállás egysége az *ohm* (jele: Ω).



1. ábra. A magasabb feszültségű helyről elektromos áram halad az alacsonyabb feszültségű hely felé.



2. ábra. A kondenzátor megtöltése. A lemezek között feszültségkülönbség van.



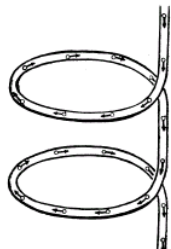
3. ábra. Kondenzátor megtöltött és kisütött állapotban.

A *kondenzátor*. A kondenzátor olyan készülék, amely az elektromos töltés összegyűjtésére alkalmas. Lényegében két fémlap, melyeket szigetelőanyag választ el. A kondenzátort villamossággal megtölthetjük például úgy, hogy egyik lemezét nulla potenciálú testtel, a földdel, másik lemezét pozitív feszültségű testtel hozzuk összeköttetésbe (2. ábra). A kondenzátor *kapacitása* annál nagyobb, minél több villamosságot vesz magába +1 volt feszültségre való töltéskor. A kapacitást centiméterrel szokták mérni, vagy pedig *mikrofaraddal* (μF), amely 900000 cm sugarú gömb kapacitása.

A kondenzátor két lemezét vezető dróttal összekötve az elektromosság egyik része átáramlik a másik lemezbe, míg csak mindkét lemez feszültsége egyforma nem lesz; ez a folyamat a kondenzátor kisütése (3. ábra). A kondenzátornak elektromos töltése következtében munkaképessége, energiája van, melyet elektrosztatikai energiának neveznek.

Az *önindukciós tekerecs*. Nagyon sok elektromos jelenségnél a vezetődrót alakjának is fontos szerepe van. Az elektromos áramnak nevezetes tulajdonsága hogy tekercesalakú drótban való keringésekor bizonyos tehetetlensége van. Ez a tehetetlenség abban nyilvánul, hogy az áram megindításakor csak lassan növekszik az áramerősség, mintha a körökben keringő elektromos töltéseknek bizonyos időre volna

szükségük, míg a köralakban való mozgásba belejönnek. Az áramforrás kikapcsolásakor viszont az áram nem szűnik meg azonnal, mintha az elektromos töltések megszokott keringésüket még tovább akarnák folytatni. Hasonló ez a jelenség egy nagy lendítőkerék megindításakor és megállításakor tapasztalható mechanikai tehetetlenséghez. A tekercsalakú

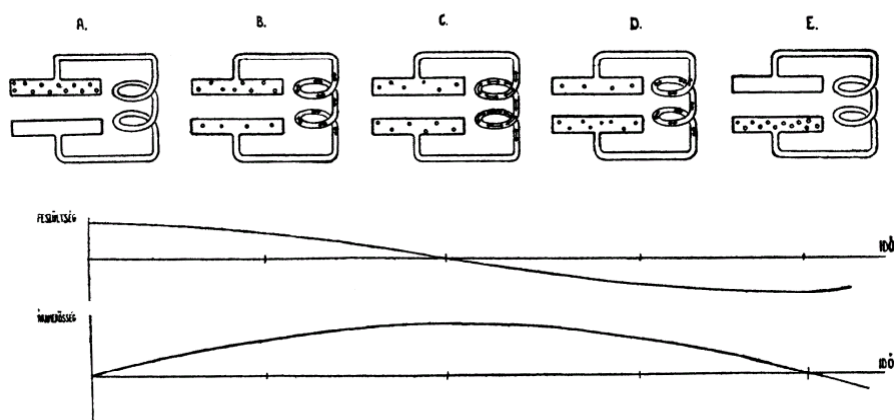


4. ábra. Önindukciós tekercs.
A tekercs alakú vezetőben haladó áramnak bizonyos tehetetlensége van.

vezetőnek ezt a tulajdonságát *önindukciónak* nevezik, a tekercs önindukciója vagy önindukciós együtthatója annál nagyobb, minél több a körmenetek száma és minél nagyobb a körök átmérője. Az önindukció mértékegysége a *henry* (rövidítve: H).

Az önindukció jelenségének az oka abban rejlik, hogy az egyes menetekben keringő köráramok hatással vannak egymásra és meg akarják akadályozni a többi menetben az áramerősség minden megváltozását. Az önindukciós tekercsben keringő áramnak éppen tehetetlenségénél fogva munkaképessége, energiája van, melyet elektromágneses energiának szoktak nevezni.

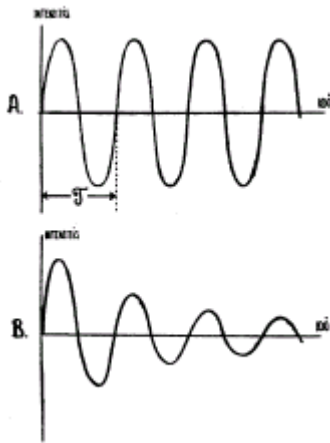
Az elektromos rezgés. A villamossággal megtöltött kondenzátor kisütése alkalmával az összekötő dróton át az egyik lemezből átáramlik a töltés a másikba mindaddig, míg a két lemez feszültsége egyforma nem lesz (3. ábra). Fontos jelenség lép fel akkor, ha önindukciós tekercset használunk fel a kondenzátor kisütésére. Az elektromosság a felső lemezből elindul és a tekercsen át halad az alsó lemezbe (5. ábra, B), azonban a tekercs önindukciója következtében csak lassan emelkedik az áram erőssége; eközben az elektromosság egyrésze átfolyik az alsó lemezbe és a lemeznek a feszültségkülönbsége már kisebb lesz. Bizonyos idő múlva a feszültségkülönbség már teljesen kiegyenlítődt (C-nél), az áramerősség azonban ekkor a legnagyobb. Ekkor már tulajdonképpen nem volna semmi oka sem az elektromos áramnak, hiszen a tekercs mindkét végén egyenlő a feszültség, vagyis a kondenzátor már kisült. Az önindukció jelensége azonban nemcsak abban nyilvánul meg, hogy az áram növekedéséhez bizonyos idő kell, hanem abban is, hogy a már egyszer mozgásban levő



5. ábra. Elektromos rezgés keletkezése. A kondenzátornak megvan a teljes töltése s éppen zárjuk a rezgőkört, az áram kezd megindulni (A). Az áram legerősebb, amikor a kondenzátor éppen ki van sűtve (C). Az áram ettől kezdve gyengül és a kondenzátor fordítva töltődik fel (E). A felső hullám görbe a feszültségkülönbségnek, az alsó pedig az áramerősségnek a változását mutatja.

áram megállásához is idő kell. A tekercsben keringő áram különleges tehetetlenségénél fogva továbbra is megtartja spirális alakú mozgását, miáltal még újabb töltést szállít le a felső lemezből az alsóba (D-nél) és ezáltal az alsó lemezt tölti fel magasabb feszültségre. Lassankint azután megáll az áramlás (E-nél), az eredmény azonban az, hogy most az alsó lemeznek van töltése, éppen annyi, mint amennyi kezdetben a felső lemezben volt.

Természetesen a folyamat újra kezdődik, de most már fordítva, alulról felfelé irányuló áramlással; ezt a folyamatot ugyanolyan rajzzal lehetne feltüntetni, mint amilyennel a 3. ábra az előbbi folyamatot mutatta be. Könnyen belátható, hogy ez a folyamat szakadatlanul tovább fog tartani, az elektromosság állandóan ide-oda áramlik a két lemez között. Ennek a jelenségnek a neve *elektromos rezgés*.



6. ábra. Csillapítatlan és csillapított rezgés.

Az elektromos rezgés keltéséhez kondenzátorból és önindukciós tekercsből álló rezgőkörre van szükség. A rezgés alkalmával a kondenzátor feszültsége legnagyobb értékéről nullára csökken le, majd fordított előjellel ismét megnövekszik és így tovább. A feszültség időbeli változását az 5. ábra első görbéje mutatja. A tekercsben folyó áram erőssége nulláról felemelkedik legnagyobb értékéig, azután ismét nulláig csökken (5. ábra, második görbe), majd ellenkező irányban éri el legnagyobb értékét és így tovább. Az áramerősség az időben hullámszerűen változik, amint a 6. ábra A) görbéjénél látható. Az áram iránya a tekercsben minden rezgés alkalmával kétszer megfordul, a tekercsben tehát tulajdonképpen váltóáram halad. Hasonlóan a kondenzátor feszültsége szintén hullámszerűen váltakozó feszültség. Amint az 5. ábrából látható, az áramerősség akkor éri el legnagyobb értékét, amikor a feszültség épp nulla (C-nél), ezt a tényt úgy szokták kifejezni, hogy az áramerősség és feszültség fázisa (rezgésállapota) egy negyed rezgéssel (90° -kal) el van tolva egymáshoz képest.

Vegyük figyelembe a rezgést az A-nál ábrázolt pillanatban (5. ábra). A kondenzátornak töltése következtében ebben a pillanatban elektrosztatikai energiája van. A C-nél feltüntetett pillanatban viszont a tekercsben keringő áramnak van elektromágneses energiája. A közbenső állapotokban a tekercs és kondenzátor mindegyiknek van energiája, de mindegyiknek kisebb. Az energia megmaradási tétel értelmében a kondenzátor és tekercs energiáinak összege a rezgés folyamán mindig állandó marad (nem tekintjük a hőhatást); a rezgés közben az elektrosztatikai és elektromágneses energiák folyton átalakulnak egymásba, de úgy, hogy összegük állandó marad. Ezt az állandó nagyságú energiaértéket hívják a rezgés energiájának.

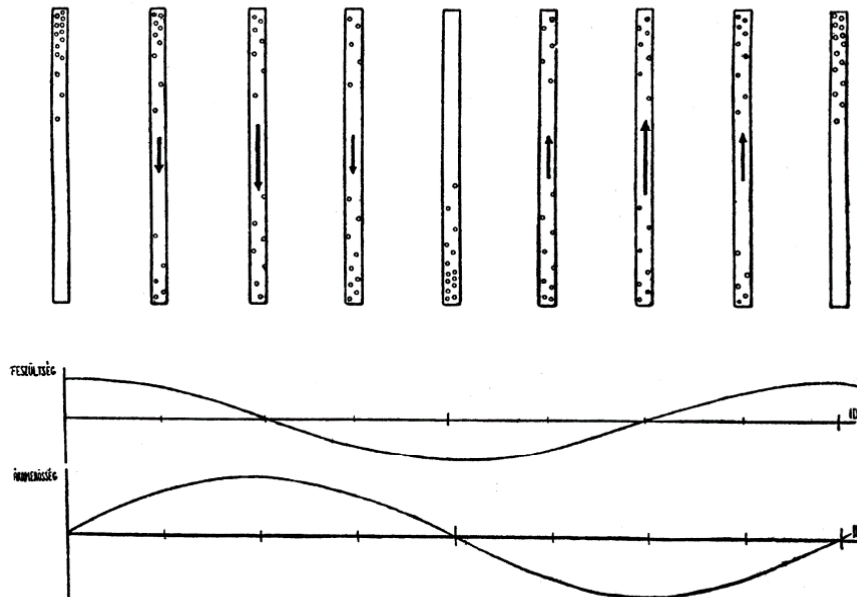
A rezgéshez szükséges egy rezgőkör, kérdés azonban, hogyan történik a rezgés megindítása. Erre két módunk van, vagy egyszer megtöltjük a kondenzátort, vagy pedig a tekercsben egy áramlökést hozunk létre. Mind a két eljárással megzavartuk a rezgőkör elektromos egyensúlyát és ennek következtében megindul a rezgés. Az energia megmaradásának tétele szerint a rezgési energiának ugyanakkorának kell maradni, ezért az egyszer megindított rezgés változatlan mértékben megmarad továbbra is és úgynevezett *csillapítatlan rezgés* jön létre (6. ábra, A). A valóságban azonban az energia egy részét felemészti a drót ellenállása (és egyéb veszteségforrások) és minden rezgés alkalmával az energia bizonyos hányada a drót ellenállása következtében annak a melegítésére használandó fel, tehát a rezgés számára elvész. Ellenállás nélküli vezetőt nem tudunk készíteni, ezért a gyakorlatban található rezgőköröknél az egyszer megindított rezgés mindinkább gyengül és ú. n. *csillapított rezgés* keletkezik (6. ábra B).

A rezgés alkalmával az elektromos töltés ide-oda vándorol a lemezek között. Azt az időt, amely alatt a felső lemez töltése visszakerül eredeti helyére, *rezgésidőnek* nevezzük (rövidítve: T). A rezgésidő alatt az áramerősség görbéje épp egy teljes hullámot ír le (6. ábrában A-nál megjelölve). Az 5. ábra egy fél rezgésidő alatt lejátszódó folyamatokat mutatta meg. A rezgésidő legtöbbször rövid idő, egy másodpercnek kicsiny törtrésze, ezért már egy másodperc alatt is rendkívül sokszor vándorol ide-oda a töltés a két lemez között. Az

egy másodperc alatt végbemenő rezgések számát *rezgésszámnak* nevezik (rövidítve: n). Minél nagyobb a kondenzátor kapacitása és minél nagyobb a tekercs önindukciója, annál hosszabb a rezgésidő, mert annál több töltésnek kell mindig átvándorolnia és annál inkább érvényesül a tekercsben haladó áram elektromos tehetetlensége. A rezgésidő kiszámítására a híres Thomson-féle képlet szolgál:

$$T = 0,00000662 \cdot \sqrt{CL}.$$

Ha ebben a képletben a C kapacitást centiméterben és L önindukciót henryben helyettesítjük be, akkor megkapjuk T rezgésidőt másodpercben. Például $C = 250$ cm és $L = 0,000091$ H-nél $T = 0,000001$ mp, tehát egy másodperc alatt 1 000 000 rezgés megy végbe.

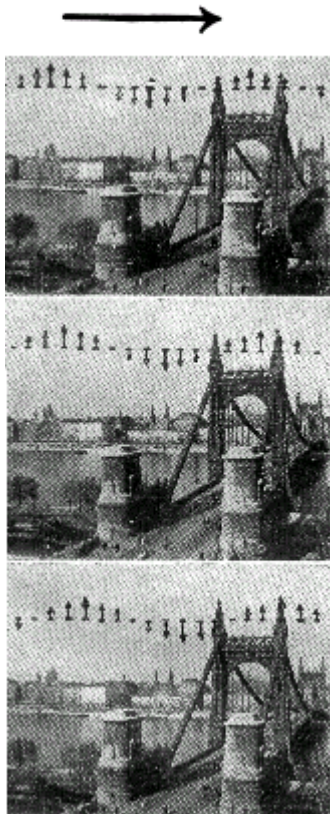


7. ábra. Elektromos rezgés nyitott rezgőkörben. (Antennában). A felső hullámgörbe a drót végén levő feszültség változását, az alsó a drót közepén levő áram erősségének a változását mutatja.

Az elektromágneses hullám. Az előző fejezetben a vezető belsejében lejátszódó folyamatokról volt szó, fontos jelenségek tapasztalhatók azonban a vezetőn kívül is. A vezetőn lévő töltés távhatást fejt ki oly módon, hogy más elektromos töltéseket magához vonz, vagy eltaszít, ilyenkor azt mondjuk, hogy a testen kívül levő térben *elektromos térerősség* lép fel. Az elektromos áram ugyancsak hat távolba, ez a hatása abban nyilvánul meg, hogy apró mágneseket az áram maga körül köralakban akar elhelyezni. Mivel ebben az esetben mágneseket mozdit el a térben fellépő erő, ezért itt *mágneses térerőről* beszélünk. A távolba való hatás legeredményesebb módját FARADAY fedezte fel az *indukció* jelenségében. Ennek a jelenségnek az a lényege, hogy a vezetékben haladó áram erősségének megváltozása alkalmával a környező térben erők lépnek fel, mégpedig egyszerre kettő: elektromos térerő és mágneses térerő. Ezek a térerők csak addig lépnek fel, amíg a drótban haladó áram erőssége változik, állandóan egyforma áramerősségnél azonban nincsen indukció.

Változatlan erősségű egyenáramnak nincsen indukáló hatása. De fel kell lépni az indukciónak az elektromos rezgőkör közelében, mert az önindukciós tekercsben váltóáram halad. Tényleg észlelni is lehet a rezgőkör tekercse közelében indukáló hatást, de csak a tekercs közelében. Nem szabad elfelejtenünk, hogy ha az áram a tekercs elülső oldalán balfelé halad, akkor ugyanabban a pillanatban a tekercs túlsó oldalán jobbfelé halad (4. ábra) és nagyobb távolságban a két ellentétes irányban haladó áramok hatása lerontja egymást. Ennél a rezgőkörnél a berendezés kicsiny és mérete és tömött elrendezése következtében az indukció hatása csak közelben észlelhető. Nagy távolságra az olyan rezgőkör fog erős hatást kelteni,

amelynek a méretei nagyok és amelynek az elrendezése nyitott. Egy függőleges hosszú drót szerepelhet ilyen rezgőkör gyanánt; a rezgés alkalmával az elektromosság ebben fel és le fog vándorolni (7. ábra). Ennél a rezgőkörnél is eltér 90° -kal az áramerősség és feszültség fázisa. Az ilyen rezgőkör neve nyílt rezgőkör, ellentétben az előbbivel, melyet zárt rezgőkörnek neveznek. A nyitott rezgőkör messzire ki tud fejteni indukáló hatást, mert egy adott pillanatban az egész drót mentén mindenütt ugyanaz az áram iránya. A rádió leadóállomások *antennája* ilyen nyitott rezgőkör.



8. ábra. Elektromágneses hullám.

A nyilak az elektromos térerő nagyságát mutatják. A térerők hullámszerű ábrája a fénysebességgel halad jobbfelé. Az egyes képek között gondolatban eltelt idő 0,00010009 másodperc. (SZALAY SÁNDOR felvétele.)

Az antennában az áram fel és le mozog igen szaporán váltakozással, ezen váltakozó áram indukció révén a térben mindenütt elektromos és mágneses térerőket kelt. A tér egy bizonyos pontjában az elektromos térerő ugyanolyan tempóban váltakozik, mint amilyen az antennában lüktető áramnak a tempója, tehát a tér minden pontjában rezgést végez az elektromos térerő. A térerőnek ez a rezgése azután a fény terjedési sebességével (300000 km másodpercenként) halad tovább úgy, hogy ezáltal a távolabbi helyeken mindig későbbi pillanatokban kezd meg a térerő a rezgését. A 8. ábrában a térerők nagyságát a nyilak ábrázolják; az első pillanatban (*A* kép) a híd pillérétől jobbra levő helyen a térerő még nem kezdte meg rezgését (nincs nyíl feltüntetve), a következő pillanatban (*B* kép) ugyanazon a helyen már van a térerőnek valamelyes nagysága és a harmadik pillanatban (*C* kép) a térerő még nagyobb. Ez a 8. ábrán minden helyen megfigyelhető. Mivel távolabbi helyeken a térerő rezgése később kezdődik, ezért egy bizonyos pillanatban ábrázolva nyilakkal a térerők nagyságát, hullámszerű rajzot kapunk (8. ábra, *A*-nál). Későbbi pillanatokban készítve ilyen „pillanatsfelvételeket”, szintén hullámszerű ábrát nyerünk, amely azonban az előbbihez képest eltolódott. Az egész hullámszerű rajz a fény terjedési sebességével halad tovább (a 8. ábrán balról jobbra); például a legnagyobb térerő *A* képnél épp a Bazilika fölött van, azonban *B*-nél, majd *C*-nél mindinkább eltolódott jobbra. A 8. ábra az elektromos térerő térbeli és időbeli változását mutatja, de ugyanígy viselkedik a mágneses térerő is. A mágneses térerő teljesen együtt váltakozik az elektromos térerővel, de iránya erre merőleges. Az elektromos és mágneses térerőknek ezt a fénysebességgel tovarohanó rendszerét elektromágneses hullámnak nevezzük (más szóval rádióhullámoknak).

Az elektromágneses hullámnak a hullámhosszúságán értik egy hullámhegy és egy hullámvölgy együttes hosszúságát (jele: λ), például a 8. ábra *A* képnél a hullámhosszúság a kép balszélétől majdnem a híd pilléréig tart. A rádióhullám az antennából indul ki és hosszúságát az antennában végbemenő elektromos rezgések frekvenciája szabja meg. A hullámhosszúság fordítva arányos a frekvenciával, méterekben kifejezett hosszúságát megkapjuk, ha a fény terjedési sebességét (méterben másodpercenként) elosztjuk a rezgésszámmal:

$$\lambda = \frac{300000000}{n}$$

Az előző fejezetben példaképp említett rezgőkörnél a rezgésszám 1 000 000-nak adódott, tehát az általa keltett hullám hosszúsága $\lambda = 300$ méter. (Ezt mutatja a 8. ábra). A különböző rádióleadóállomások antennái különböző frekvenciájú rezgéseket végeznek, tehát

különböző hosszúságú hullámokat keltenek. A lakihegyi állomásnál a rezgésszám 545000, a hullámhosszúság 550 m. A legtöbb rádióállomás hullámhosszúsága 200 m és 600 m között van ($n = 1500000$ -tól $n = 500000$ -ig), az 50 m alatti hullámok (n nagyobb 6000000-nál) az úgynevezett rövidhullámok, melyeknek nagyon érdekes és fontos tulajdonságaik vannak.

A rádióleadóállomás rezgőkörében végbemenő elektromos rezgés indukció útján a térben az elektromos és mágneses térerők rezgését vonja maga után. Ezeknek a rezgése elektromágneses hullámok alakjában fénysebességgel halad tovább a térben. A felvevőállomásokon azután a hullám megérkezését alkalmas módon észre lehet venni. Ezen alapszik a drótnélküli távíró és telefon.

(Folytatása következik.)

Dr. Vermes Miklós

*Bár közlönyünkben már ismételten foglalkoztunk a rádióval, mégis több tagtársunk azzal a kéréssel fordult hozzánk, hogy rendszeres és részletes ismertetéseket közöljünk e tárgykörből. Az ő kívánságuknak teszünk eleget most, midőn DR. VERMES MIKLÓS tagtársunktól általánosan érthető modorban megírt cikksorozat közlését kezdjük meg. *Szerk.*

Megjelent a Természettudományi Közlöny 62. kötet 8. számában a 906. füzetben, 1930. április 15-én.