

**Verebély László**

**Jedlik Ányos két úttörő találmányáról**

\*

**László Verebély**

**Ányos Jedlik zwei Pioniererfindungen**

\*

**László Verebély**

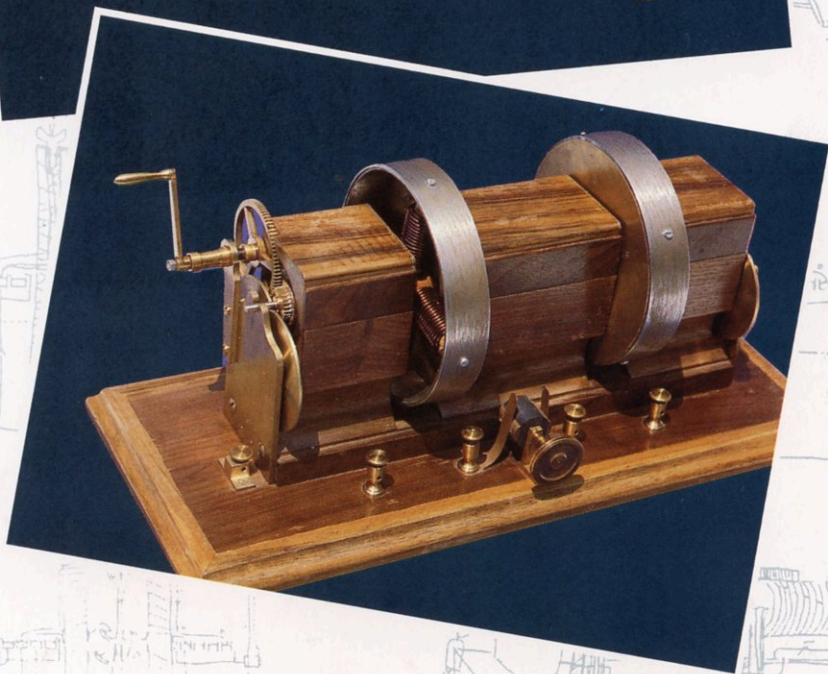
**Ányos Jedlik a Hungarian pioneer of electricity**

**A szövegeket gondozta:**

**Király Árpád, Prof. Nagy Elemér, Gazda István**

**Jedlik Ányos Társaság  
Budapest, 1994–1998**

# Jedlik Ányos két úttörő találmányáról



Verebély László

Jedlik Ányos  
két úttörő  
találmányáról

Jedlik Ányos Társaság  
Budapest, 1994

*A Jedlik Ányos Társaság kiadványai 2.*

A jelen kiadvány **Dr. Verebély László** műegyetemi tanár  
1928. május 3-án  
a Magyar Elektrotechnikai Egyesület Jedlik emlékünnepegyén elhangzott  
előadásának szövege, melynek első, szerkesztett változata  
az "Elektrotechnika" hasábjain jelent meg  
1930. január 15-én.

Az újraszerkesztett szöveg 1994-es kiadását  
sajtó alá rendezte:  
**dr. Gazda István**  
a Magyar Tudománytörténeti Intézet vezetője

Az előszót írta:  
**Király Árpád**  
a Jedlik Ányos Társaság főtákará

Tipográfus:  
**Vargha Ildikó**

A címlapfotókat készítette:  
**Markovics Ferenc**  
**Németh Ferenc**

A szerkesztésben közreműködött  
a Vizuális Alkotás Bt,  
a Hungarus Bt és a Dekórum Bt

ISSN 1217-6575  
ISBN 963 04 4927 7

© Verebély László jogutóda, 1994

A színbontást az Art Media Kft végezte,  
nyomta a SzüpeX Nyomdai és Grafikai Stúdió.

## Előszó

A Budapesten 1993. április 22-én megalakult Jedlik Ányos Társaság megtisztelő feladatának tekinti a névadójáról egykoron írt, ma már nehezen hozzáférhető, maradandó értékű könyvek, szakkikkek, kéziratok újra-kiadását, hogy a hazai és a külföldi érdeklődők ezek segítségével is hiteles és szakszerű tájékoztatást kapjanak honunk e rendkívüli fiának, az első nagy magyar elektrotechnikusnak a tevékenységéről, alkotásairól, s magáról az emberről: a tudós szerzetesről, a tanárról és hazafiról.

Tiszteből fakadóan a Társaság nevében jó szívvel ajánlom az Olvasónak *Verebély* professzor alapvető tanulmányát, de az ajánlás nem lenne hiteles, és Jedlik Ányos személyéhez s szellemiségéhez méltó, ha nemoznák röviden a tanulmány szerzőjéről is.

*Verebély László* még Jedlik Ányos életében, 1883-ban született. Ezt az értekezését 45 éves korában írta, amikor már a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosművek és Vasutak Tanszék vezetője volt. Tanulmánya nem csak Jedlik életét és két híres találmányát mutatja be tömören, tárgyilagosan és sokoldalúan, de bemutatkozik általa a tanulmány készítője, a nagy tudású, széleslátókörű szakember is. Írása a Zipernowsky Károly által 1900-ban alapított Magyar Elektrotechnikai Egyesület szakfolyóiratában látott napvilágot, amely arra vállalkozott, hogy Jedlik Ányos számára kijelölje a méltó helyet a múlt század fizikusai, s elektrotechnikusai sorában.

Alulírott *Verebély* professzor egykori tanítványának mondhatja magát, ami talán feljogosítja annak a megállapításnak a megtételére, hogy mindkét tudós személyiségjegyei sok tekintetben hasonlítottak, egyes esetekben meg is egyeztek egymással. Vonatkozik ez a szellemi önállóság, az intellektuális kíváncsiság, a kitartó munkastílus, a hazaszeretet és a dicsőségszomj tulajdonságbeli összetevőire egyaránt.

Még abban is hasonlatosak voltak, hogy a spanyol természettudós, Ramón y Cajal által megfogalmazott, és a következő oldalon olvasható tulajdonságok közül az ötödik, a dicsőségszomj mindkettőjükből nagymértékben hiányzott.

Ezt azonban helyettesítette náluk az az egészen kivételes szeretet és megbecsülés, amelyet tanítványaik iránt éreztek. Hány egykori magyar egyetemi hallgató lett kiváló fizikus, mert Jedlik szerettette meg vele a fizikát, és hányan lettek kiváló erősáramú elektrotechnikusokká, mert a szakmát, illetve annak jó részét *Verebély* professzor előadásaiból ismerték meg!

És e nagyszerű tudósok abban sem térnek el jelentősen egymástól, hogy mindkettőjüknek igazságtétellel tartozunk. E cél megvalósítása érdekében is vállalkozik most Társaságunk *Verebély* professzor, sokat idézett Jedlik-tanulmánya újraserkesztett változata kiadására, és széleskörű terjesztésére.

Kelt Budapesten, 1994 november havában

*Király Árpád*

okl. gépészmérnök

a Jedlik Ányos Társaság főtitkára

## Életrajzi alapvetés

Természettudományi ismereteink magasbatörő, folyton alakuló, de soha el nem készülő palotáját neves mesterek és szerény munkások építik fel. Az előbbieknél rendszerint már a kortársak elismerésétől övezett lángelméje egyszerre egész épületszárnyak tervét készíti el, és biztos öntudattól vezérelt széleslátása évtizedekre, sőt évszázadokra előre megszabja a fejlődés irányát. Az utóbbiaknak a részletekben elmélyedő, csendes, rendszerint a legszűkebb környezet által is alig ismert munkája egyenként hordja össze a köveket, amelyek jelentőségét az épület egésze szempontjából sok esetben alkotóik maguk sem ismerik fel, és ezekről gyakran csak az utókor kegyeletes búvárkodása állapítja meg, hogy szerves alkotó részei egy olyan pillérnek, amelyből az idők folyamán korzakalkotó, hatalmas találmányok sora bontakozott ki.

A tudós búvárkodók utóbbi csoportjába tartozik a XIX. század magyar tudományos életének az a tiszteletreméltó remetéje is, akinek működését kívánjuk most ismertetni és méltatni, meghajtva előtte a hódolat zászlaját.

Korunk egyik kiváló természettudósa, Ramón y Cajal öt olyan tulajdonságot jelöl meg, amellyel a tudomány művelőinek okvetlenül rendelkezniük kell, hogy munkásságukat siker koronázhassa. Ezek: szellemi önállóság, intellektuális kíváncsiság, kitartás a munkában, hazaszeretet és dicsőségszomj.

Jedlik Ányos István eredeti egyéniségében mindeme sajátságokat megtaláljuk, kivéve az utolsót, amelytől távol tartotta őt nemcsak veleszületett szerénysége, hanem szerzetesi mivoltának szelleme is, amely egyébként egész lényét betöltötte. "A félnék elzárkózottság — mondja emlékbeszédében báró Eötvös Loránd — volt az az egy nagy hibája, amely akadályozta, hogy másokkal való érintkezés által tudományos látóköre bővüljön és viszont, hogy ő tudományával másokra éltető hatással legyen. (...) Jedlik magára hagyatva járt öncsinálta útján és mégis nem egyszer azon nagy felfedezések nyomán haladt, amelyek a múlt század dicsőségét teszik. Ő sokat keresett és sokat talált, de mert maga nem hirdette, honfitársai nem vették észre, a külföld nem látta az ő találmányait; azért a világ tudományos irodalmában neve alig fordul elő a XIX. század felfedezőinek sorában."

E szavaknál álljunk meg egy percre, és súlyos mulasztásaink tudatában mondjunk "mea culpa"-t. Báró Eötvös Loránd emlékbeszéde, amely-

ben a most élő nemzedék figyelmét felhívta Jedlik találmányainak korszakalkotó jelentőségére, 1897. május 9-én hangzott el a Magyar Tudományos Akadémia falai között, anélkül, hogy a magyar tudományos körökben kellő benyomást és visszhangot keltett volna. Fizikai és elektrotechnikai szakirodalmunk javarésze egyáltalában nem, vagy csak futólag említi Jedlik nevét és — Heller Ágost kivételével — még azok a szerzők is, akik legalább néhány sort szentelnek munkássága két legnagyobb termékének, a "villamdelejes forgony"-nak és az "egysarki villanyindító"-nak, nyilvánvalóan csak báró Eötvös Loránd rövid közlésére támaszkodnak. Azon emberöltőnyi idő alatt, amelyben a villamosság civilizációnk nélkülözhetetlen elemévé és eszközévé lett — s amely a nagy műszaki alkotások méltó dicsőítésére Németországban születni látta a Deutsches Museumot —, nálunk senki sem akadt, aki Jedlik úttörő készülékeit részletesebb ismertetéssel a feledés homályából kiemelte, és ország-világ előtt az őket méltán megillető polcra helyezte volna.

*Jedlik Ányos* (keresztnevéen tulajdonképpen István, Ányos ugyanis a szerzetesi neve) a természettudományok újjászületése nagy századának hajnalán, 1800. január 11-én született Komárom vármegyében, Szimőn, mint egyszerű szegény földműves szülők gyermeke. Középiskolai tanulmányait Nagyszombatban kezdte, majd a pozsonyi gimnáziumban folytatta, amelynek elvégzése után, 17 esztendőskorában — szülei kívánságára és egyéni hajlamainak sugallatára — a bencés rend kötelékébe lépett. Szerzetesi és tudományos felsőbb kiképeztetését a Pannonhalmi Apátság hírneves szemináriumában nyerte, ahol 1822-ben bölcsészeti tudorrá avatták, majd 1825-ben áldozó pappá szentelték. Közvetlenül ezután kezd meg hosszú tanári pályafutását. Először Pannonhalmán, később Győrött tanítja a fizikát, majd 1830-ban a pozsonyi akadémiára kerül. 1840-ben a pesti egyetemre nevezik ki, ahol 38 éven keresztül vezeti a fizikai tanszéket, amelyről 1878-ban, életének 79. évében, 53 évi buzgó tanárkodás után, teljes szellemi frissességben vonul vissza, a jól megérdemelt nyugalomba.

Munkakedvét és tudománysozomját késő aggkoráig megtartotta. Győri visszavonultságában is szorgalmasan tovább dolgozott, s amidőn öregedő szervezetének lassan kialakuló képességei már zavarják búvárkodásaiban, elkeseredve szokta volt mondani az újonnan érkezett könyvekre mutatva: "Csak időt is küldenének mindegyikkel".

Életfelfogását tömören jellemzik azok a keresetlen szavak, amelyeket néhány nappal 1895. december 15-én bekövetkezett halála előtt mondott Acsay, győri igazgatónak: "Kedves rendtárs úr, életem hosszú



volt, de a munka sohasem fárasztott; hová kellene lennünk, ha az Isten a munkára való képességet megvonná tőlünk?"

Jedlik jellegzetesen búvárkodó szellem volt. Szeretett otthona a csendes laboratórium, legnagyobb öröme a kísérletezés, és minden boldogsága a természet titokzatos erőinek egy-egy, maga kigondolta kis készülékkel való megszólaltatása, s a megnyilvánuló törvényszerűségek kibogozása. Szemében a fizika az életet teljesen kitöltő gyönyörűségek forrása. Amidőn egyszer késő öregkorában egyik fiatalabb rendtársa azt kérdezte tőle: "Miért választotta tanulmánya tárgyául éppen a fizikát, s miért nem például a teológiát, amely a legmagasztosabb dolgokkal foglalkozik", így válaszolt: "Minden tudományágban tanulhattam volna eleget és szépet, de a fizikában tanulok, s egyszersmind mulatok, és gyönyörködöm is". Majd egy más alkalommal: "Kedves öcsém, jobban megismertem Istent a fizikából, mint maga a teológiából".

Munkássága — Faradayéhoz hasonlóan — inkább gyakorlati jellegű volt, semmint elméleti. Az utóbbihoz nélkülözte a szükséges magasabb matematikai felkészültséget. E hiányért azonban kárpótolta őt a vérbeli természettudós veleszületett kutatóösztöne, amely járatlan utakra is elvezette és lehetővé tette, hogy tudományszakának nem egy területén eredetit, sőt jelentőset alkosson.

Bár legnagyobb munkája, amelyért a Magyar Tudományos Akadémia 1858-ban mindjárt rendes tagjává választotta, és nagydíjjal tüntette ki "A súlyos testek természettana" (1850) volt, érdeklődését az optikán kívüül elsősorban a múlt század elején sokat ígérő, gyermekkorát élő villamosságtan kötötte le. Optikai tanulmányai közül "A fénysugarak tünevényeiről és a fénysugarak hajlásáról különösen" (1845), továbbá "A Fresnel és Pouillet-féle fénytalálkozási készüléknek módosításairól" (1865) szóló értekezései, és a külföldön is ismert igen finom optikai rácsai érdemelnek említést. A villamosságtan körébe vágó sokoldalú munkásságára különösen akadémiai székfoglalója: "A villanytelepek egész működésének meghatározása" (1859), valamint a "Leydeni palackok eredetileg összeállítva" (1863) és "Csöves villamszedők láncolatáról" (1879) című értekezései vetnek fényt. Ez utóbbi kettő egy külföldön is ismertté vált készülékére vonatkozott, amelyet az 1873-i bécsi világiállítás nemzetközi bíráló bizottsága a 'Haladás' érmével tüntetett ki.

Mindezeknél azonban sokkal jelentősebb, és Jedlik kutató lángelméjére sokkal erősebb fényt vető két szerkezet, az említett "villamdelejes forgony" és az "egysarki villanyindító", amelyek sajnos ismeretlenek maradtak a kortársak előtt.

## A villamdelejes forgony

A diadalmas elektrotechnika korszakában élő nemzedékünknek több mint száz esztendőtt kell visszalapoznia a fizika történetében, hogy elérkezzék a csendes laboratóriumok "tisza tudomány"-nak szentelt falai között meginduló ama lázas kutatásokhoz, amelyekkel ihletett tudósok buzgólkodtak behatolni az imponderabiliák azon csodás új világába, amelynek kapuit Luigi Galvani bolognai anatómusnak 1789. augusztus hó 30-án békacombokon tett véletlen megfigyelései, illetve Alessandro Volta padovai egyetemi tanár 1799 végén felfedezett, és 1800. június 26-án a londoni Royal Society előtt ismertetett villamos oszlopával tudományos mederbe terelt kísérletek eredményei tártak fel.

Ezek között messze kiemelkedő, sarkalatos fontosságú Hans Christian Oersted, dán fizikus, koppenhágai egyetemi tanár 1820. július 21-ről kelt értekezésében ismertetett felfedezése, amely a galvánáram mágnesűre gyakorolt hatásának kimutatásával, a két titokzatos, távolbaható természeti erő, a villamosság és a mágnesség régóta sejtett kapcsolatára vetett fényt.

Az új tudományág meggyújtott szövétnekét a Collège de France éles eszű tanára, André Marie Ampère viszi tovább, aki 1820. szeptember 18-án, csupán egy héttel Oersted felfedezésének, Arago által Párizsban történt ismertetése után újabb nagyjelentőségű felfedezéssel lép a francia akadémia elé: kimutatja a galvánáramok egymásra gyakorolt hatását, és ezzel lerakja az elektrodinamika alapkövét.

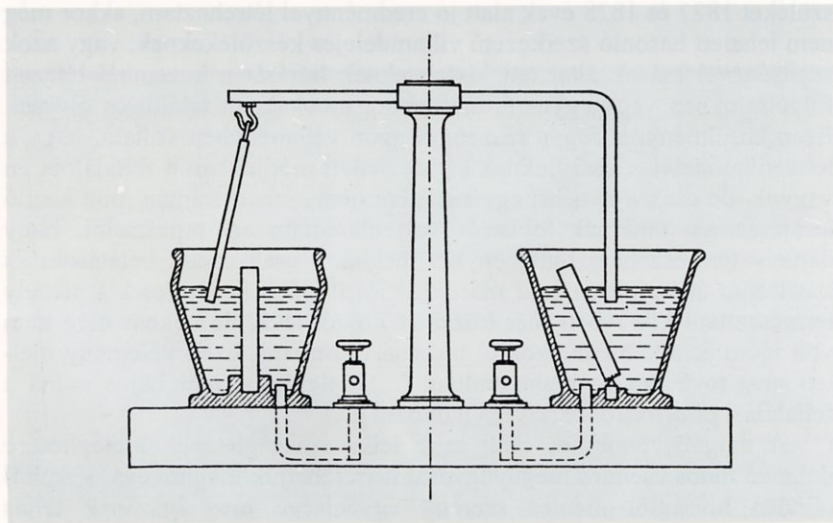
Néhány héttel később, 1820. november 10-én a sokoldalú Dominique François Jean Arago számol be ama megfigyeléséről, hogy az áramvezetőnek mágneses tulajdonságai vannak, amennyiben a vasreszeléket vonzza, és hogy az Ampère által solenoidnak nevezett vezetőkeres belsejébe helyezett lágyvas vagy acéltű — az áram hatására — ideiglenes, illetve állandó mágnessé válik.

Az alapvető felfedezők sorát a könyvkötősegedből minden idők egyik legkiválóbb kísérletezőjévé emelkedett Michael Faraday zárja be, aki mint a londoni Royal Institution laboratóriumának felügyelője, 1831. november 24-én tartott előadásában megállapítja, hogy az áram nemcsak mágnesűre és egy tőle független másik áramkörre hat, hanem valamely áramkör zárása — vagy nyitása — minden, közelében lévő, zárt vezetőkörben, tehát saját magában is, villamos áramot indít, amely azonban csak lökészerű lefolyású. Ez a kölcsönös, illetve az önindukció

jelensége, amely Faraday — realitásokhoz vonzódó agyában — az elektrotechnika legtermékenyebb munkahipotézisének alapeleme, az elektromágneses erővonalak képzete sarjadt ki.

A fizika e nagy felfedezésektől hangos, és új gondolatoktól pezsgő korszakában lép pályára Jedlik Ányos, amidőn 1825 őszén, közvetlenül áldozópappá való szentelése után, rendjének győri liceumába kerül, mint — egyebek között — a természettan tanára.

Könnyen érthető, hogy a tárgykörének szeretetétől áthatott, és bűvárkodásra hajlamos fiatal szerzetes fogékony elméjének egész érdeklődésével azonnal a varázslatos távlatokat nyújtó új tudományág, a "villamdelejesség" felé fordul. Miután külföldi folyóiratokból az alapjelenségeket, és az azok bemutatására szolgáló készülékeket megismeri, maga is a kísérletezés terére lép, és az áram mágnesre gyakorolt hatásának tanulmányozásánál a Schweigger-féle multiplikátorba, a hatás fokozása céljából, szerencsés eredeti ötlettel, mágnesű helyett erősebb elektromágnes helyez el. Bizonyára az így nyert nagyobb kitérítés keltette fel benne azt a gondolatot, hogy a taszítóerőt folytonos, egyirányú forgás létesítésére is fel lehetne használni. (Schweigger, a fizika és kémia tanára volt az erlangeni, majd a hallei egyetemen, az áram mágnesűre gyakorolt hatásának fokozására, négyszögletes fakeretre felcsévélte, sokmenetű drótkercset alkalmazott. Ezt a „multiplikátor”-nak nevezett készüléket, röviddel Oersted felfedezése után, 1820 őszén mutatta be a hallei természettudományi társulatban.)



1. ábra: Faraday forgókészüléke 1821-ből

A találmány lényegét Jedlik maga, Heller Ágosthoz írt, 1886. február 18-án kelt levelében — amelynek fogalmazványát jelenleg a Pannonhalmi Apátság kéziratára őrzi — a következőképpen jellemzi: "... mivel a villamdelej a multiplikátor delejes hatása alatt azon helyzetből, amelyben a hossza a multiplikátor huzalainak irányával egyenközű, ott megint nyugvó állapotba jönne, ahol a delej hossza a multiplikátor huzalainak irányával épszöget képez: tehát avégett, hogy azon helyeken meg ne állhasson, hanem forgó mozgásba jöjjön s azt megszakadás nélkül folytassa, a multiplikátor szerkezete úgy módosítandó, hogy a villamdelejen létező huzaltekercsben a villamfolyam ellenkező irányúvá változzék ott, ahol a villamdelej hossza a multiplikátor huzalainak irányával épszöget képez".

Jedlik elméjének termékenységére vall, hogy ezen elv alapján mindjárt háromféle forgókészüléket gondolt ki (amelyeket említett levelében vonalas ábrákkal vázolva le is írt), éspedig:

az elsőben a multiplikátor-tekercs áll, benne forog az elektromágnes; a másodikban az elektromágnes áll és körülötte forog a multiplikátor-tekercs;

a harmadikban a multiplikátort elektromágnes helyettesíti: az egyik elektromágnes forog a másik, szilárdan álló elektromágnes felett.

A feltalálás időpontjára és eredeti voltára nézve Jedlik — levelének folytatásában — a következőképpen nyilatkozik:

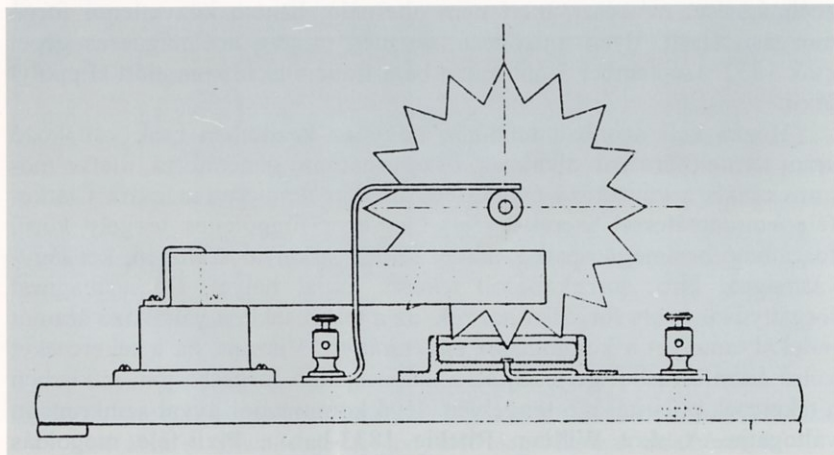
"Midőn az imént tárgyalt villamdelejes forgó mozgásokra való készüléket 1827 és 1828 évek alatt jó eredménnyel létrehoztam, akkor még nem lehetett hasonló szerkezetű villamdelejes készülékeknek, vagy azok segítségével mások által tett kísérleteknek leírását a kezemenél létezett folyóiratokban vagy egyes természettani munkákban találni és olvasni. Ezen körülménynél fogva részemről azon véleményben voltam, hogy a leírt villamdelejes készüléknek és használati módjukban a feltalálója én vagyok, de csak a magam egyéniségére nézve; mert miután mint kezdő természettani tanárnak többször volt alkalmam azt tapasztalni, hogy némely természettani tünemények, melyekre csak saját belátásom és kutatásom útján jöttem, már másoknál jóval előbb ismeretesek s némely természettani könyvben már közzé is voltak téve, de nekem még nem volt időm és alkalmam azokról tudomást szerezni. Ezen vélemény mellett még továbbra is megmaradtam (...). Jelenleg már bajos volna a feltalálási prioritásról bárkivel vitatkozni (...)."

A magábavonult, és csak saját lelki szükségletének kielégítésére dolgozó tudós csendes megnyugvását nem tehetjük magunkévá, s amitől minden hiúságtól mentes szerény egyénisége még igazának teljes

tudatában is idegenkedett, azt szellemének szóló hódolatunk jeléül — és a magyar géniusz dicsőségének öregbítésére — végezzük el most mi.

Az első, akinek sikerült áramvezetőt mágnessark körül állandó forgásba hozni, Faraday volt, aki erről 1821. szeptember 11-én kelt cikkében számolt be. Ettől kezdve Faraday többféle, szellemes kis készüléket szerkesztett a kölcsönhatás kimutatására, amelyeknél vagy egy megfelelő alakú áramvezető forgott a rúd alakú acélmágnes egyik sarka körül, vagy egy alátámasztott acélmágnesrúd egyik vége az áramvezető körül (1. ábra). Ugyanezen alkotó elemek kölcsönhatásán alapul Peter Barlow, woolwichi katonai akadémiái tanár 1822-ben kigondolt, és a fizikai szertárak révén még ma is jól ismert un "kereke" is, mely tudvalevően acélmágnespatkó szárai közé helyezett, és alsó szélével higanyos-csészébe érő, fogazott tárcsából áll, amely forgásba jön, ha tengelye és a higany között sugárirányban áram folyik rajta keresztül (2. ábra).

A fejlődés láncolatába ezen a ponton kapcsolódnak be Jedlik vilánydelejes forgonyai, amelyek két új elemet visznek be a szerkezetbe: az egyik az acélmágnes helyére lépő elektromágnes, a másik a higanyvályús kommutátor. Bár a készülékek kigondolásának pontos évszáma okmányyszerűen nincs igazolva, annyi bizonyos, hogy még Jedlik pozsonyi tanárkodása előtti időre, tehát az 1826 és 1830 közötti évekre esett, amelyek közül a fenti idézet tanúsága szerint az 1827 és 1828 éveket jelölte meg, mint szűkebb határokat, a 86 esztendő s agg tudós emlékezete.



2.ábra: Barlow kereke 1822-ből

A fizika történetében nem találunk feljegyzést arról, hogy az említett két újítást — amelyeket a villamosságban akkori, zseni korszakában számottevőeknek kell minősítenünk — Jedlik előtt bárki is alkalmazta volna. Ezért igazoltnak tekinthetjük, hogy az első, tisztán villanydelejes kölcsönhatás alapján működő forgókészülékek alkotója valóban Jedlik Ányos volt, aki e tény — szokásos szerénységével — a következő szavakkal állapítja meg: "azokat (ti a villanydelejes forgonyokat) az Oersted, Ampère, Schweigger és mások felfedezése nyomán saját iparkodásomnak köszönhetem".

A szakirodalom általában Salvatore Dal Negro-t, a padovai egyetem fizika és mechanika tanárát szokta az első, elektromágneses hajtókészülék feltalálójaként említeni. Dal Negro gépe — amelyhez hasonlót csaknem egyidőben Joseph Henry, amerikai tanár is szerkesztett — 1831-ből való, és az ún. hímzés motorok csoportjának első képviselője.

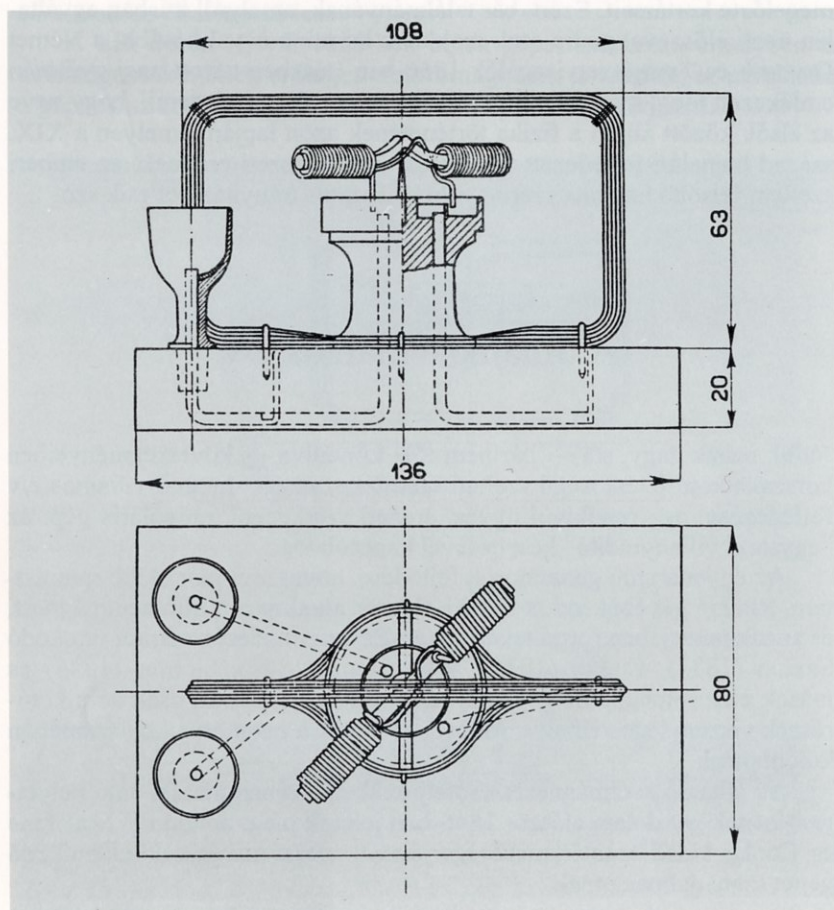
Ennél a hajtóerőt egy elektromágnes két sarka között ide-oda lengő acélmágnes szolgáltatta, amely egyszerű kommutátor segítségével az elektromágnes tekercsében folyó áram irányát lengésenként akként változtatta, hogy a sarkok szinkron felcserélődése következtében, a mágnes állandó lengésben maradt. A lengő mozgást forgattyús szerkezet alakította át egyirányú forgássá.

Bár kétségtelen, hogy e készülék, amely állítólag 1 perc alatt 80 rot emelt 1 m magasra, erő kifejtés szempontjából inkább nevezhető motornak, mint Jedliknek legalább három évvel fiatalabb "forgonya", mégis nyilvánvaló, hogy az utóbbi nagyobb haladást jelent, mert a feladatot elvileg tökéletesebben oldja meg, egyrészt azért, mert nincs acélmágnes, másrészt, mert nem alternáló, hanem közvetlenül forgó mozgást létesít. Ilyen működésű, de még mindig acélmágneses gépet csak 1832. szeptember 3-án mutat be a francia akadémia előtt Hippolyt Pixii.

Hozzá kell azonban tennünk, hogy az kezdetben csak váltakozó áram termelésére volt alkalmas, és egyenáramú generátorrá, illetve motorrá csakis a következő évben lett, amidőn Ampère tanácsára Clarke-féle kommutátorral szerelték fel. Lényege: függőleges tengely körül forgatható acélmágnespatkó, amely fölött, sarkaival szemben, két lágyvasmaggal bíró, sorbakapcsolt tekercs foglal helyet. Ha a mágnes forgattyúval gyors forgásba hozzuk, az a tekercsekben váltakozó áramot indukál, amelyet a kommutátor egyenirányít. Viszont, ha a tekercsnek külső áramforrásból gerjesztjük, a mágnespatkó forgásba jön, miközben a tekercsek polaritását a tengelyen lévő kommutátor avval szinkronban változtatja. A skót William Ritchie 1833-ban a Pixii-féle megoldás

elemeit megfordította: álló acélmágnest és forgó tekercseket alkalmazott, amivel a villamos gépek további fejlődésének mezsgyéjére lépett.

Jedlik találmányának velejét, a tisztán elektromágneses forgást, csak kb. 6 esztendővel később, a német származású Moritz Hermann Jacobi azon motorjánál látjuk ismét, amelyet 1834-ben mutatott be a párizsi akadémián. Ez a gép két, párhuzamosan álló, deszkacsillagba erősített, sugarasan elhelyezett, 12-12 szembenéző mágnespatkóból áll, amelyek között — mint forgórész — hat pár rúd alakú elektromágnest tartó, hatkárú facsillag foglal helyet.



3-4. ábra: A villamdelejes forgony első megoldásának oldalnézeti és felülnézeti rajza

A tengelyre erősített négytárcsás kommutátor a forgó mágnes gerjesztőáramának irányát kellő pillanatban akként változtatja, hogy az álló mágnesek vonzása, illetve taszítása folytán állandó forgás keletkezik. Említésre érdemes, hogy ez, a Jedlik-féle harmadik megoldási mód szerint épült gép volt az első, valóságos villamos motor, amely átlépte a fizikai laboratórium falait, és mint műszaki alkotás gyakorlati célt is szolgált, amidőn 1838-ban Szentpétervárott, a Néván felfelé egy 12 személyes csónakot hajtott.

E rövid történelmi visszapillantás teljesen tisztázza a "villamdelejes forgonyok" helyét az elektromágneses forgó készülékek fejlődésének sorrendjében, és vitathatatlaná teszi azt, hogy Jedlik e téren több évvel megelőzte kortársait. Ezért, bár találmányának, amelyről írásban egyáltalán nem, élőlírással pedig csak majdnem harminc évvel később, a Német Orvosok és Természetvizsgálók 1856-ban Bécsben tartott nagygyűlésén emlékezett meg, gyakorlati jelentősége nem volt, megérdemli, hogy neve az elsők között álljon a fizika történetének azon lapján, amelyen a XIX. század hajnalán felfedezett titokzatos, új természeti erőknél, az emberi szellem felsőbb hatalma szerint való céltudatos irányításáról esik szó.

## A dinamó-villamos elv

Jedlik másik nagy, sőt — bár nem tőle kiindulva — következményeiben korszakalkotó jelentőségű szellemi terméke, az ún. dinamó-villamos elv felfedezése, egy rendkívül ügyes, eredeti szerkezetű, unipoláris gép, az "egysarki villanyindító" készítésével kapcsolatos.

Az egyenáramú generátorok fejlődése, amint arra már előbb rámutattam, Ritchie gépéből indult ki, aki először alkalmazott álló acélmágneset, és annak mezejében forgó tekercseket. Ez az elrendezés maradt uralkodó Saxton (1833), Clarke (1834), Wheatstone (1841), Stöhrer (1844) és mások elektromágneses gépeinél is, amelyek egymástól csak az alkotórészek viszonylagos elhelyezésében, és utóbb a mágnespatkók számában különböztek.

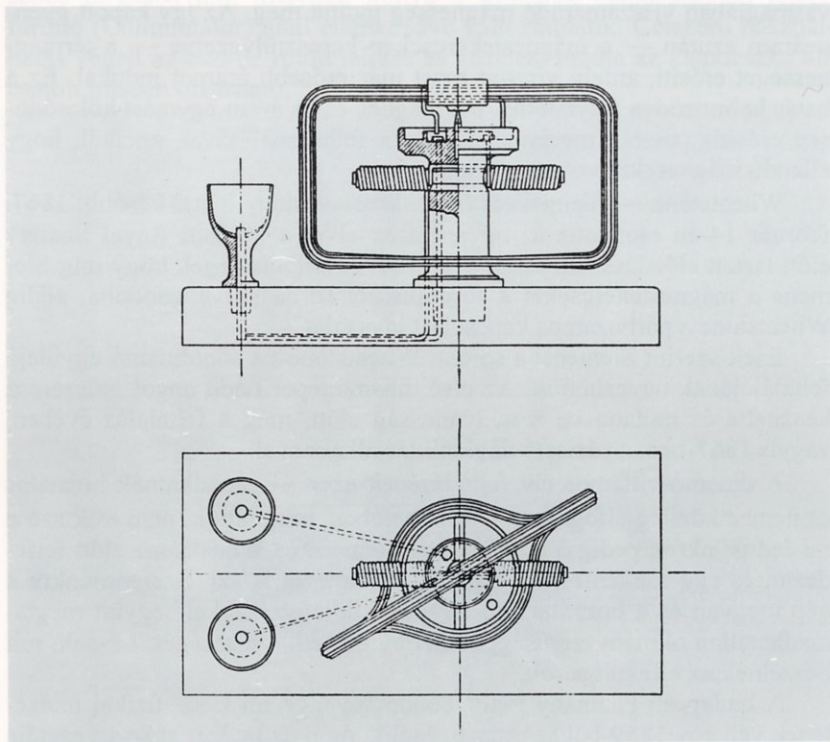
Az állandó acélmágnesek erőteljesebb elektromágnessel való helyettesítésének gondolata először 1845-ben jelenik meg, amidőn Wheatstone és Cooke külső áramforrásból gerjesztett elektromágnesekkel működő gépet szabadalmaztatnak.



A gép saját áramának gerjesztés céljaira való felhasználását először Jacob Brett javasolta 1848-ban kelt szabadalmában, amely szerint a mágnesek erejének növelése érdekében az állandó acélmágnesek által a forgórészben indukált és egyenirányított áramot az állandó mágnesek száraitra húzott tekercseken vezetni keresztül. Ugyanerre a gondolatra jutott — Brett-től függetlenül — 1851-ben Wilhelm Joseph Sinstedon, berlini orvos és fizikus is, aki a gépek egyéb szerkezeti részleteiben is szerencsés újításokat eszközölt.

Ettől kezdve az állandó acélmágneseknek, mint elsődleges gerjesztőknek, és a gép saját árama által gerjesztett elektromágneseknek, mint másodlagos vagy erősítő gerjesztőknek, különböző változatokban való alkalmazása általánossá lesz.

A dán Soren Hjorth 1855-ben olyan gépet szerkeszt, amelyben az acélmágnesek mellett erőteljes elektromágnesek is vannak; ez utóbbiakat a gépnek az acélmágnesek által indukált saját árama gerjeszti.



5-6. ábra: A villamdelejes forgony második megoldásának oldalnézeti és felülnézeti rajza

A manchesteri Wilde 1866. április 13-án a londoni Royal Society előtt olyan kettős gépet mutat be, amelynél az áramszolgáltató gép elektromágneseit egy vele összeépített Siemens-féle kettős T induktoros acélmágneses gép árama gerjeszti. Wilde ugyanezen elv alapján egy hármas gépet is szerkesztett, vagyis olyat, amelynél az acélmágneses Siemens gép árama a második gép elektromágneseit, a második gép árama pedig a harmadik gép elektromágneseit gerjesztette, amelyek ennek következtében már olyan erőteljesek voltak, hogy a gép hajtására 15 lóerős gőzgépre volt szükség.

E különböző megoldásokat már csak az utolsó lépés választotta el az acélmágnesek teljes mellőzésével történő öngerjesztéstől. Ezt a lépést csaknem egyidejűleg tette meg a német Werner Siemens és az angol Sir Charles Wheatstone.

Siemens 1867. január 17-én ismertette a berlini tudományos akadémia előtt az általa "dinamó-villamos"-nak nevezett elvet, amely szerint az egyenáramú generátor kezdő áramát a gép elektromágnesének lágú vasmagjában visszamaradó mágnesség indítja meg. Az így kapott gyengeáram azután — a mágnesetekercseken keresztülvezetve — a térmágnességet erősíti, amely viszont most már erősebb áramot indukál. Ez a hatás halmozódva folytatódik, s a mágnes és az áram egymást kölcsönösen erősítik, tisztán mechanikai munka felhasználásával, anélkül, hogy állandó mágnesekre volna szükség.

Wheatstone — Siemenstől függetlenül — négy héttel később, 1867. február 14-én mondotta ki ugyanezt az elvet a londoni Royal Society előtt tartott előadásában, azzal a gyakorlati különbséggel, hogy míg Siemens a mágnesetekercseket a forgórészszel sorba kötve gondolta, addig Wheatstone a párhuzamos kapcsolást javasolta.

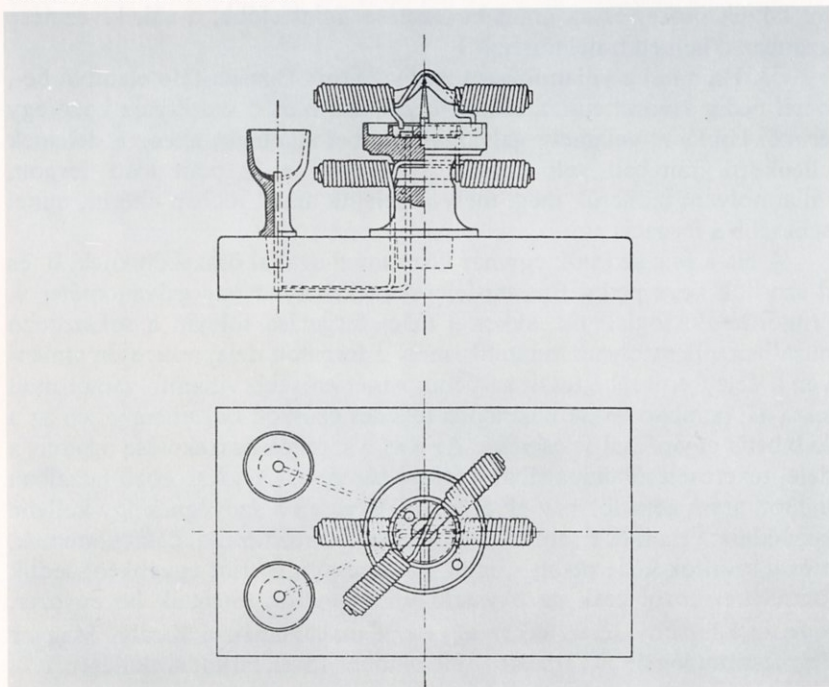
Ezek szerint Siemenst a soros-, Wheatstone-t a söntdinamó egyidejű feltalálójának nevezhetjük. Az első dinamógépet Ladd angol műszerész készítette és mutatta be a nyilvánosság előtt, még a feltalálás évében, vagyis 1867-ben, a párizsi világkiállítás alkalmával.

A dinamó-villamos elv fejlődésének ezen — mondhatnók hivatalos és nemzetközileg elfogadott — történetében, mint látjuk, nem esik szó a mi Jedlikünkről, pedig ő már évekkel Siemens és Wheatstone előtt felfedezte, és egy szellemes kis gépében alkalmazta is azt. Szerencsénkre a gép megvan és a hozzátartozó egyidejű feljegyzésekkel együtt megtámadhatatlan okmányszerűséggel bizonyítja Jedlik elsőségét. Lássuk, mit beszélnek az elfakult sorok.

A budapesti Pázmány Péter Tudományegyetem I. sz. fizikai intézetének van egy 1859-ből származó, Jedlik, mint az intézet akkori vezetője

és tanára által nyitott "Inventárium"-a (Inventarium der physikalischen Museums der k. k. Pester Universität — zusammengestellt durch Anian Jedlik ordentlicher Professor der Physik an der selben Universität — 1859). Az inventárium nyelve kezdetben német, később magyar. Ennek 127. oldalán "XVII. Hauptabteilung: Elektrische Instrumente. E. Unterabteilung: Elektrodynamische Apparate" című fejezetben a 24. tétel alatt, Jedlik jellegzetes tiszta kezeírásával a következő bejegyzést találjuk:

"Egysarki villanyindító (Unipolar Induktor), melynek vastag rézhuzalokból készült és csak 12 tekerintésű sokszorozójában megszakadás nélküli villamfolyam indul meg, ha fekkentes helyzetű és ezen alakú hengere, miután egy vagy több Bunsen-féle elem hatása által villanydelejjé változtatott, a hozzá alkalmazott fogaskerék segítségével forgásba hozatik. Ha egy pár vagy több Bunsen-féle elem villanyfolyama sokszorozóján is kellően átvezettetik, az említett forgékony henger magától sebes forgásba jön, melynek iránya a készülék alapdeszkáján létező fordító (Commutator) által ellenkezővé változtathatik. Célszerű használatás végett az eszköz rövid leírása és kezelési módja az alapdeszka alá csatolt írásban olvasható."



7-8. ábra: A villamdelejes forgony harmadik megoldásának oldalnézeti és felülnézeti rajza

”Kigondolva lőn Jedlik Ányos által, elkészítve pedig Nuss pesti gépész műhelyében.”

”Beszerzés ideje: 1861. Ára: 114 ft. 94 kr.”

A géphez csatolt ismertetés ugyancsak Jedlik kezeírása. Az elsárgult lap egyik oldalán a gép kapcsolási vázlata látható, fölötte néhány sor ceruzával írt megjegyzéssel, amely a használati utasítás első odavetett töredéke. A részletes használati utasítás a lap másik oldalán látható, ahol, a túloldali vázlat betűire való hivatkozással, a következőket olvashatjuk:

”1. Ha a-nál a villamfolyam két Bunsen-féle elemből be-, c-nél pedig kivezettetik, akkor csak a delej maga ébresztetik fel.

2. Ha a-nál a villamfolyam legalább két Bunsen-féle elemből be-, d-nél pedig kivezettetik, a c és b szorítók rézhuzal által egymással összekötte vannak, akkor a villamfolyam, miután a delejt felélesztette, a két delejsark körül is a 6 és 6 tekerintésből álló sokszorozó huzalt is átfutja és a delejt saját tengelye körül sebes forgásba hozza.

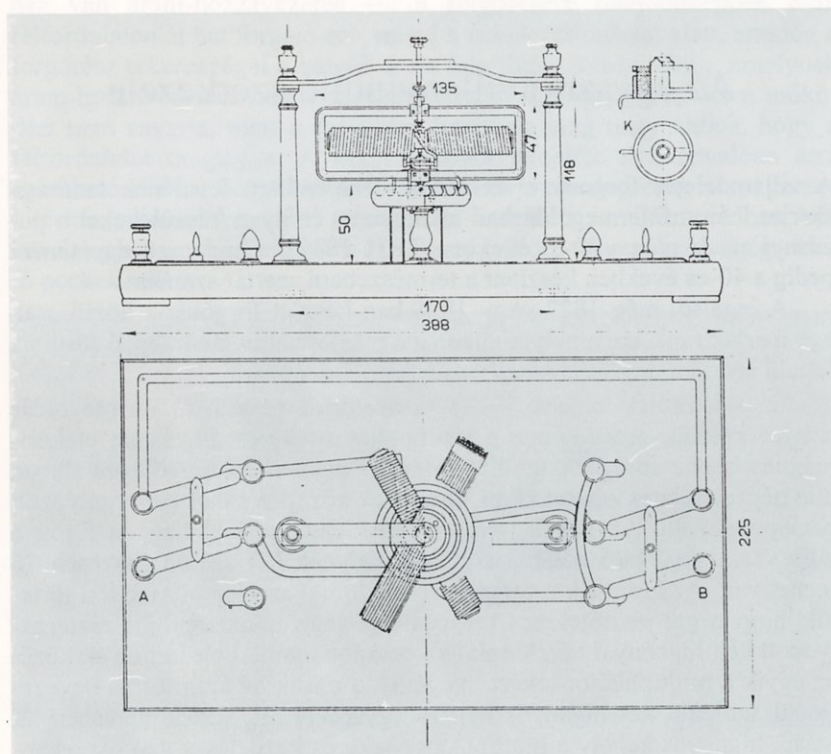
Ugyanezen esetben, ha c szorítóval nem b szorító hanem...” (Ez egy töredék sor, amelyben Jedlik valószínűleg a forgás irányának megfordulására akart rámutatni abban az esetben, ha c-vel nem b-t, hanem d pontot kötjük össze, és az áram bevezetése, mint előbb, a-nál, kivezetése azonban d helyett b-nél történik.)

”3. Ha a-nál a villamfolyam egy vagy két Bunsen-féle elemből be-, c-nél pedig kivezettetik, a sokszorozó huzal b és d szorittyúja közé egy érintői tájoló v. valamely galvanométer befoglaltatik, akkor a delejnek ellenkező irányban való forgatásával, mint a 2. pont alatt forgott, villamfolyam indítattik meg, mely a delejtűt annál jobban eltéríti, minél sebesebb a forgatás.

4. Ha a és c szorítók egymás között rézhuzallal összeköttenek, b és d szorítók közé pedig Bunsen-féle elemek helyett egy galvanométer v. érintői tájoló foglaltatik, akkor a delej forgatása folytán a sokszorozó huzalban villamfolyam indítatik, mely a forgatott delej tekercsén átmenvén a delejt erősebbé teszi, az pedig ismét erősebb villamfolyamot indít s.i.t.” (E pontban Jedlik kéziratába tévedés csúszott be, amennyiben az a és b betűt egymással felcserélte. Az a és c szorítók összekötése ugyanis a delej tekercselését önmagában rövidre zárná, és a sokszorozó huzalban indított áram nem folyhatnék át rajta. Helyesen a szövegnek így kellene kezdődnie: ”Ha b és c szorítók egymás között rézhuzallal összeköttenek, a és d szorítók közé pedig ... stb.” Tudomásom szerint egyébként Jedlik készülékei közül csak az egysarki villanyindítót mutatták be egyszer, és pedig Klupathy Jenő, akkor egyetemi magántanár, a Királyi Magyar Természettudományi Társulat 1890. október 15-én tartott szakülésén.)

E leírás 2. pontja tehát a gépnek soros motorként való járatására, 3. pontja pedig külső gerjesztésű generátorként való működtetésére vonatkozik. Végül a 4. pont egészen világosan kifejezi és alkalmazza a "dinamó-villamos elv"-et, amennyiben a külső segítség nélkül, tisztán a visszamaradó mágnesség, s az álló és a forgó tekercselés megfelelő kapcsolása folytán önmagát gerjesztő, egyenáramú generátor működésének módját tárja elénk.

Ami a feltalálás időpontját illeti, br. Eötvös Loránd és Klupathy Jenő, akiket még a személyes ismeretség szálai fűztek a kiérdemesült agg tudóshoz, feljegyezték, hogy Jedlik saját és Nuss mechanikus visszaemlékezései szerint, a gépecske már az 50-es évek folyamán készült, és csak később, miután Jedlik kutató szellemének szomját csillapította, és finom optikai rácsainak készítésénél, az osztógép hajtásával, mint motor hosszabb ideig gyakorlati szolgálatot is teljesített, került bele a leltári tárgyak jegyzékébe.



9-10. ábra: Az ún. Nagy villamdelejes forgony oldalnézeti és felülnézeti rajza 1859-ből

Ezt a szubjektív színezetű és az évtizedek távlata folytán bizonytalaná vált megállapítást azonban — anélkül, hogy helyességét kétségbe vonnánk — az elsőség eldöntésénél nyugodtan mellőzhetjük.

A leltári bejegyzés 1861-es évszáma okmányyszerű hitelességgel igazolja, hogy Jedlik a dinamó-villamos elvet Siemens és Wheatstone előtt legalább hat esztendővel találta fel, sőt alkalmazta is. És hogy a történelem mégsem az ő nevével hozza kapcsolatba, annak egyszerű magyarázata az, hogy Jedlik, a világiaktól távol álló csendes bűvár, fedezésének új korszakot nyitó jelentőségét sajnos úgy látszik nem ismerte fel, róla sehol semmit nyilvánosan nem közölt, és így gépecskéjét s az abban testett öltött új gondolatot belepte az ismeretlenség és a feledés porrétege.

Tisztítsuk ezt most le kegyelettel, és vizsgáljuk meg közelebből ezeket — az egyetemes, de különösen a magyar kultúra története szempontjából oly érdekes — kis muzeális készülékeket.

## Az egysarki villanyindító szerkezete

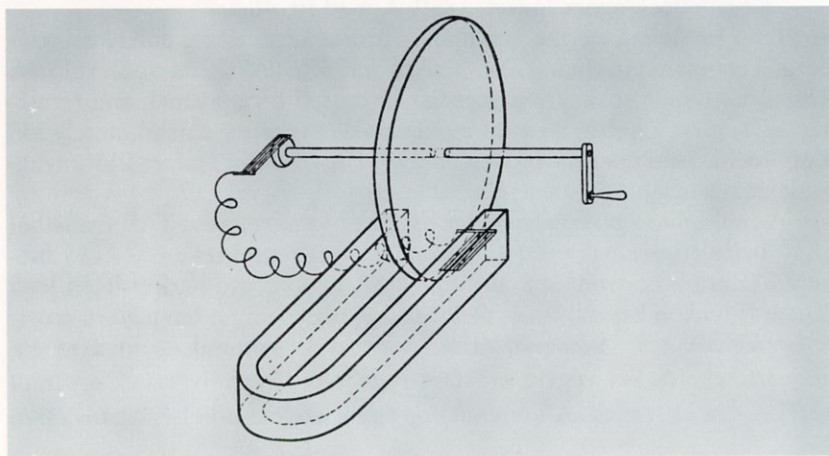
A villamdelejes forgony elvét Jedlik, fent említett levelének tanúsága szerint, háromféle megoldásban alkalmazta, és ilyen készülékeket a pozsonyi akadémián a 30-as években (1831-1839), a budapesti egyetemen pedig a 40-es években készített a természettani szertár számára.

A legelső, még 1827 vagy 1828-ban készült forgonyok közül csak egy maradt ránk, az, amelyet jelenleg a pannonhalmi tanárképző főiskola fizikai szertára őriz (*szerkezeti rajzát ld. a 3-4. ábrán*).

Ez a készülék az első — és alapvetőnek nevezhető — megoldás szerint készült, amennyiben a multiplikátor-tekerics áll, és az elektromágnes benne forog. A multiplikátor 13 menetű és függőleges síkban álló négyszögletes keretet alkot, amelynek közepén fából esztergályozott oszlopocská áll. Az ennek tengelyében kiemelkedő tű hegyén forog a lágymaggal bíró elektromágnes, amelynek két szárán összesen 76 menet van. Az áramnak a forgórészbe való bevezetése oly módon történik, hogy a gerjesztőtekerics két, csupasz vége az oszlopfejbe esztergályozott két, higannyal telt, kerek vályúcskába nyúlik bele, amelyek közül az egyik a multiplikátor-tekerics végével, a másik az áramforrás bevezetéséül szolgáló két higanyos kehely egyikével áll összeköttetésben. A másik higanyos kehely a multiplikátor-tekerics kezdetével van összekap-

csolva. A kör alakú vályúcskákat a multiplikátor síkjára merőleges átmérő irányában alacsony fapecek két-két félre osztják, és ezzel egyszerűen a higanygyűrűket két helyen megszakítják. E megszakítás folytán a gyűrűk két fele — amely az előzők szerint az áramforrás két sarkával van összekötve — a forgórészszel szemben kétszeletes kommutátor szerepét játssza és biztosítja, hogy a forgórésznek a multiplikátor síkjára merőleges állásba való érkezésekor a gerjesztőtekercsben az áram iránya, pillanatnyi megszakítás után, a tekercshez viszonyítva ellenkezőre változzék, tehát a forgó mágnes sarkai a semleges vonalon túl felcseréldjenek, ami az egyirányú forgás létesítésének alapfeltétele.

A készüléken lévő két koncentrikus vályúcskára, illetve higanygyűrűre nincs szükség. Teljesen elég volna egy vályú is, a multiplikátor síkjára merőleges átmérő irányában fekvő két peccel két félre osztva. Az adott megoldás mellett — amelynél két, egymástól elválasztott és külön-külön két félre osztott vályúcska van, de mindegyiknek csak egyik feléhez van áram-hozzávezetés —, a forgórészre tulajdonképpen csak félfordulaton át hat forgató erő, mivel a másik félfordulat alatt, amidőn a forgórész tekercsvégei a vályúk azon fele fölött futnak végig, amelynek áram-hozzávezetése nincs, az egész készülék árammentes. Ez a működést nem zavarja, mert a forgórész lendülete elég nagy ahhoz, hogy a félfordulatot megtegye. A két vályúcska jelenléte nyilvánvalóan arra vezethető vissza, hogy Jedlik a készüléket eredetileg csak a mágneses kitérítés tanulmányozására tervezte és használta, amihez valóban két, kör alakú koncentrikus vályúra ill. higanygyűrűre van szükség, megszakító pecek nélkül.



11. ábra: A Faraday-féle korong

Az állandó forgás létesítésének gondolatára csak később, kísérletei folyamán jött rá, amidőn már a két vályúcska megvolt. Ilyen körülmények között természetesen mind a kettőt két félre kellett osztania, dacára annak, hogy ezzel mindkét higanygyűrű egy-egy felét — az áramhozvézetés hiánya folytán — holtta tette. E tökéletlenséget azonban könnyen ki lehet küszöbölni azáltal, hogy az egymás mellett futó két vályúfél válaszfalát vezetővel áthidaljuk, vagyis a higany félgyűrűket az áramkörbe beiktatjuk.

A másik két megoldási mód szerint készült — álló elektromágnes körül forgó multiplikátor (5-6. ábra), illetve álló elektromágnes körül forgó másik elektromágnes (7-8. ábra) — forgonyok első példányai nem maradtak ránk, illetve ez idő szerint nem ismeretesek. Hogy azonban Jedlik ismételtén szerkesztett ilyen készülékeket, azt igazolja a fent idézett "Inventárium", amelynek 126. oldalán a következő bejegyzéseket találjuk:

18. szám. "Apparat bei welchem während sich ein Elektromagnet um seine eigene Achse dreht, ein Multiplikator um den Elektromagnet in entgegengesetzter Richtung rotiert. (Erdacht von Jedlik.)"

"Készítette: Jackwitz, 1857. Ára: 30 frt."

20. szám. "Villanymoztoni készülék (elektrodynamischer Apparat), melyen két villanydelej egymás fölött, vagy egy villanydelejes sokszorozó az üregébe helyezett villanydelejjel ellenkező irányú forgásba jő, ha a vezető huzalán egy Bunsen-féle elem villanyfolyama vezetetik. Az eszközölt forgás egyik vagy másik folyamfordító segítségével rögtön ellenirányúvá változtatható. (Kigondolva Jedlik által.)"

"Készítette: Vágner József, 1859. Ára 30 frt. 40 kr."

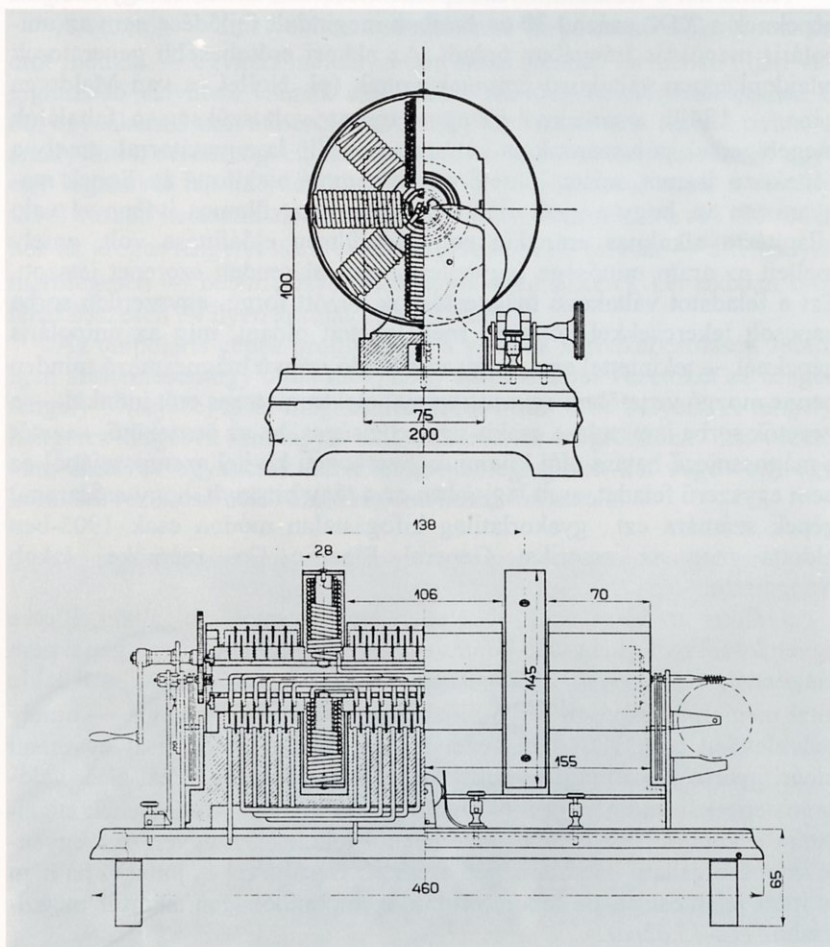
Eme két leírás egyike vonatkozik arra a készülékre, amely a budapesti Tudományegyetem I. sz. fizikai intézetének szertárából való. A készülék kivitele sokkal tökéletesebb az eredeti forgonyénál, ami természetes is, mert a kettőt 30 éves időköz választja el egymástól, amely idő alatt Jedlik ismeretei és tapasztalatai, de a rendelkezésére álló anyagi eszközök is nagyot fejlődtek (*rajzát ld. a 9-10. ábrán*).

A multiplikátor négyzögletes sárgaréz keretre csévült 19 menetből áll, a belsejében elhelyezett elektromágnes gerjesztő tekercse 2x55 menetű. Az áram bevezetése a multiplikátorba a középső oszlop fején lévő higanyvályúkon keresztül, az elektromágnesbe pedig a tengelyére erősített, kétszeletes kommutátoron keresztül történik, amelyre a gerjesztőtekercs két végére erősített rugalmas fémnyelvecskék — mint kefék — ráfeksznek. A kommutátor egyik szelete a belső higanyvályú



val, másik szelete az áramvezetésre is szolgáló tengelycsappal van összekötve. Ha az A és B szorítókra néhány voltnyi feszültséget kapcsolunk, a hatás-ellenhatás elve alapján a multiplikátor és az elektromágnes ellentett forgásba jön, amelynek iránya a B oldali váltó átállításával megfordítható.

Ezeknél, a most ismertetett és csak laboratóriumi bemutató készülékeknek minősíthető szerkezeteknél, sokkal gépiesebb jellegű az egysarki villanyindító, amely — mint arra alább még rámutatok — a legkorszerűbb nagy unipoláris generátorok törpe előfutárának tekinthető.



12-13. ábra: Az egysarki villanyindító keresztmetszete és oldalnézete (1861)

Faraday elektromágneses forgókészülékei tulajdonképpen mind unipolárisak voltak, azoknál az áramvezető mindig csak az acélmágnes egyik sarkának mezejében, illetve egyirányú állandó mezőben forgott.

Legjellemzőbb erre az ún. Faraday-féle korong (11. ábra), amely az unipoláris generátorok legegyszerűbb őse. E készülék acélmágnespatkó szárai között forgó rézkorongból áll, amelyben az egyenirányú mágnesmező sugárirányú elektromotoros erőt indukál. A tárcsa tengelye és karimája között tehát feszültségkülönbség lép fel, amely zárt vezetőkörre kapcsolva, azon állandó irányú áramot hajt keresztül.

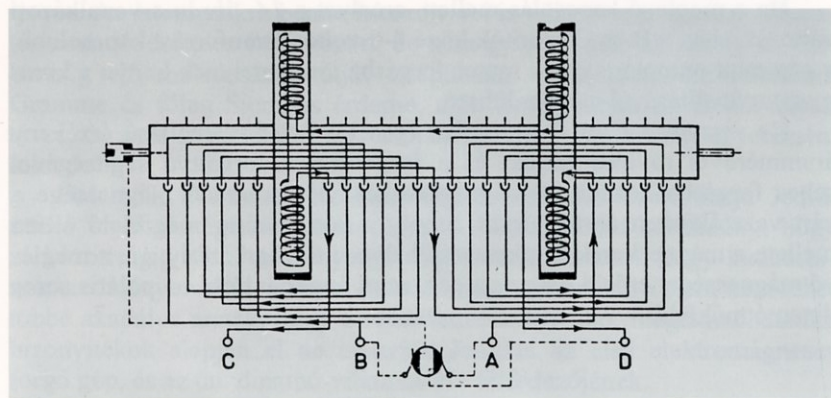
Amint azt a történelmi visszapillantásunkban láttuk, az egyenáramú gépeknek a XIX. század 30-as éveiben megindult fejlődése nem az unipoláris megoldás irányában haladt. Az akkori erőteljesebb generátorok tulajdonképpen váltakozó áramúak voltak (pl. Nollet és van Malderen gépe — 1849), s amennyiben egyenáramra volt szükség, a feltalálók megelégedtek póluspáronként két szeletből álló kommutátorral, amely a váltakozó áramot erősen lüktető egyenárammá alakította át. Ennek magyarázata az, hogy a gyakorlati cél elsősorban villamos ívfénnyel való világításra alkalmas aránylag nagy feszültség előállítása volt, amely mellett az áram minősége (egyenletessége) alárendelt szerepet játszott. Ezt a feladatot váltakozó mágnessarkok között forgó, egyszerűen sorba kapcsolt tekercsekkel könnyen meg lehetett oldani, míg az unipoláris gépeknél — tekintettel arra, hogy az állandó irányú mágnesmező minden benne mozgó vezetőben egyazon irányú elektromotoros erőt indukál — a vezetők sorba kapcsolása csakis úgy lehetséges, ha az összekötő vezetőt a mágnesmező hatása alól kivonjuk. Szerkezeti kivétel szempontjából ez nem egyszerű feladat, amit legjobban az a tény bizonyít, hogy erőssáramú gépek számára ezt gyakorlatilag kifogástalan módon csak 1905-ben oldotta meg az amerikai General Electric Co. mérnöke, Jakob Noegerrath.

Jedliket az 50-es évek, tökéletlen egyenáramot szolgáltató, illetve egyenáramú motorként való járatás esetén egyenlőtlenül forgó gépei nem elégitették ki. Ahelyett azonban, hogy külföldi kortársainak a Ritchie által megjelölt csapáson folyó munkájához csatlakozott volna — amely tudvalevően csak 1864-ben vezetett Antonio Pacinotti, pisai egyetemi tanár, gyűrűs armatúrájú és sokszeletes kommutátoros, tehát első, valószínűleg egyenáramú gépéhez — önálló utakat kedvelő szellemének sugallatára a kommutátor nélküli, közvetlenül tökéletesen egyenletes egyenáramot szolgáltató unipoláris gép eszméjét ragadja fel és juttatja, ha nem is ipari jelentőségű, de laboratóriumi szempontból igen sikerült megoldáshoz (12-13. ábra).

A Jedlik-féle egysarki villanyindító forgórésze két, hengeralakú üreges tengelyre felcsavart, négy küllőjű mágneskerékből áll. A küllők mindegyikére  $2 \times 16(17)$  menetű, szigetelt rézhuzalból álló tekercs van felhúzva, és e tekercsek oly módon vannak sorbakapcsolva, hogy gerjesztésük esetén az egyik keréken mind a négy vasküllő külső vége északi mágnességű, a másik keréken viszont déli mágnességű lesz. A kerekek vaskarimájából tehát sugárirányú mágnesmező lép ki, amely a levegőn keresztül egyik keréktől a másikhoz vezet, és viszont: a küllők belső végeinél az üreges tengely falán keresztül záródik, amelynek a két mágneskerék közé eső középső része vascsőből készült.

A vezetők — amelyekben a sugárirányú forgó mező elektromotoros erőt indukál — egymás mellett, a gép fából készült törzsének alján végighúzódo vályúban vannak elhelyezve. Mindegyik mágneskerékhez 6 db, egyenként 3 mm átmérőjű, szigetelt rézhuzalból álló vezető tartozik, amelyeknek derékszögben felhajlított két vége a törzsön keresztül egy-egy higannyal telt vályúcskához vezet. E vályúcskákat azok a vékony fából készült keresztfalak alkotják, amelyek a törzsnek és a reá illő fedőnek az üreges tengelyt körülvevő hengeres terébe vannak — a tengelyre merőlegesen — beleillesztve. Mindegyik mágneskerék két oldalán 6-6, tehát összesen 24 ilyen köralakú vályú van.

Az unipoláris gépek problémáját, a vezetők sorbakapcsolását, Jedlik igen szellemesen úgy oldja meg, hogy az összekötő vezetőket az üreges tengely belsejébe, tehát mágnesmezőtől mentes térbe helyezi. A tengely hengeres üregében mindegyik mágneskeréknek megfelelően hat vezető van, amelyek ugyancsak derékszögben meghajlított két vége egy-egy köralakú réztárcsa belső széléhez van hozzáferrasztva.



14. ábra: Az egysarki villanyindító kapcsolási vázlata

A réztárcsák fából készült távolságtartó gyűrűkkel váltakozva vannak a tengely csövére ráhúzva, úgy, hogy minden egyes tárcsa egy-egy vályú középsíkjába esik, és az alsó pereme az illető vályú fenekén lévő higanycseppbe ér. Könnyen belátható, hogy eme elrendezés mellett a tengely hengeres üregébe helyezett vezetők, és az állórész törzsébe ágyazott vezetők között forgás közben is állandó, jó összeköttetés áll fenn, amely lehetővé teszi, hogy az állórész bármelyik vezetőjének végét, a tengelyen keresztül, a következő álló vezető kezdetével összekössük, vagyis a mágneskerékhez tartozó hat vezetőt sorba kapcsoljuk.

Ugyanígy van egymásután kapcsolva a két mágneskerékhez tartozó 2 db, egyenként hat menetes tekercs is, és végül ugyancsak egy-egy higanyvályú és tárcsa szolgál a nyolc sorbakapcsolt mágnes-tekercs két külső végének, a készülék alapzatán elhelyezett A és C szorítókkal való összeköttetésére, amint az az ábrán látható.

A B és D szorítók az állórész meneteihez, illetve egy Ruhmkorff-féle kommutátorhoz vezetnek, amelynek segítségével az áram iránya az állórész meneteiben megfordítható.

Említésre méltó, hogy a forgórész vékony csapjai mindkét oldalon két-két, nagy átmérőjű és egymáshoz képest eltolt tengelyű sárgaréztárcsa pereme által alkotott kis nyeregben forognak — ami a mai görgős csapágyazás ősi alakjának tekinthető — és mint ilyen, rendkívül kis csapsúrlódással jár.

A forgórész forgatására forgattyú és fogaskerék-áttétel szolgál. A tengely egyik végén kiálló hengeres árammegszakító, és a másik végén látható csavarkerekes szerkezet nem tartozik a gép lényegéhez, s egyéb kísérleti célokra — az utóbbi valószínűleg az optikai rácsok osztógépének hajtására — szolgálhatott.

Ha a meglévő kapcsolat mellett, amelyet a 14. ábrán a vonalkázott változat jelez, a B és C szorítók közé 4-6 voltos áramforrást kapcsolunk, a gép mint unipoláris soros motor forgásba jön, amelynek iránya a kommutátor átváltásával megfordítható.

Ha viszont a C és B szorítókat igen kis belső ellenállású érzékeny árammérővel rövidre zárjuk, és a forgórészt a forgattyú segítségével sebes forgásba hozzuk, a mágneskerekek visszamaradó mágnessége a zárt vezetőkörben áramot indít, amely a kommutátor megfelelő állása mellett, a mágneskerekek tekercsein helyes irányban átfolyván, a meglévő mágnességet erősíti, vagyis a gép, mint öngerjesztésű unipoláris soros dinamó működik.

## Kitekintés

A mai elektrotechnika szemszögéből nézve Jedlik gépét, a legnagyobb elismeréssel kell adóznunk találmányának, amellyel nemcsak elvileg, hanem szerkezeti megoldás tekintetében is teljesen eredetit és helyeset alkotott.

Az unipoláris generátorok jelenlegi legsikerültebb megoldása a Noegerrath-féle — amelyből Amerikában 2000 kW teljesítőképességű, hatalmas egységet is gyártottak — tulajdonképpen azonos elven épül fel, azzal a különbséggel, hogy ami Jedlik gépénél forog, az a Noegerrath-félénél áll, és viszont. Noegerrath gépén az aktív vezetők a forgórész vastestébe vannak ágyazva, és sorbakapcsolásuk az állórész vastestének hornyáiban, tehát álló mágnesmezőben fekvő inaktív vezetők segítségével történik. Az összeköttetést gyűrűk és áramszedő kefék teszik lehetővé, ezek Jedlik gépe réztárcsáinak és higanyérintkezőinek felelnek meg.

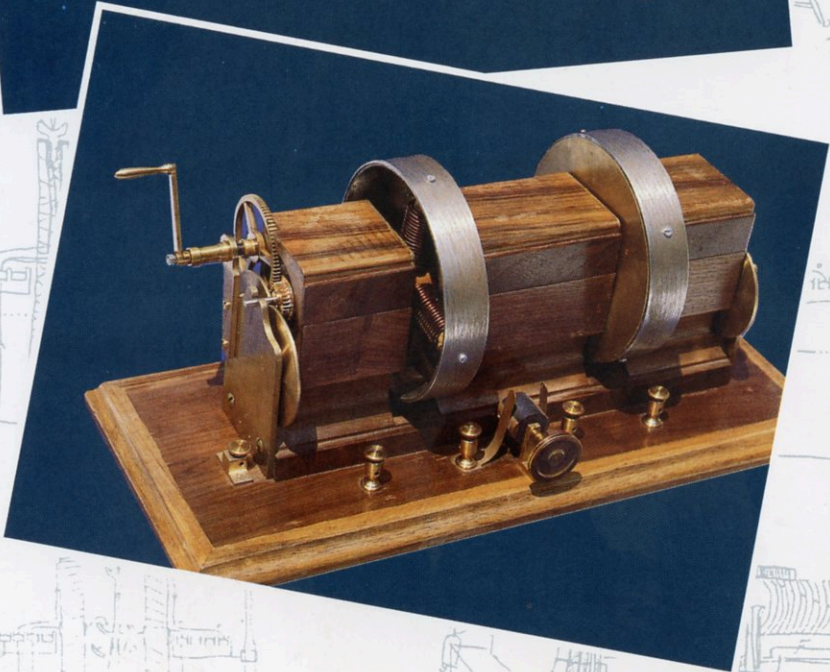
Jedlik gépének egyetlen tökéletlensége az, hogy a mágneskerekek sugárirányú mágnesmezejét csak a kerület egy pontján hasznosítja, mialatt a mágnesmező túlnyomó része a levegőn keresztül meddően záródik. Ha Jedlik az aktív vezetőket nem a fa állórész egyetlen vályújában, hanem az egész kerületen elosztva helyezi el, és a mágnesfolyam külső zárására vastestet alkalmaz, olyan gépet alkotott volna, amely a laboratóriumi készülék jellegén túlmenve, bizonyára ipari jelentőségre is emelkedett volna.

Jedlik azonban tudományzakának magasztos birodalmában áhítatosan kutató tudós volt, és nem a gyakorlati értékesítés módjait kereső iparos. Az isteni szikra benne lakozott, fel is villant nem egyszer laboratóriumának csöndes falai között, de nem gyújtott fáklyát, amely az emberiség előrehaladásának útját világíthatta volna meg. Ez Pacinotti, Gramme és főleg Siemens érdeme, akik nem állottak az élettől olyan távol, de nem is működtek egy eltiport, szegény kis ország egyetemén, mint ő.

Érdemeik elismerése azonban legkevésbé sem csorbíthatja Jedlik úttörő tevékenységének jelentőségét. Az a sajnálatos körülmény, hogy zárkózottságig menő szerénysége visszariasztotta attól, hogy kutatásainak eredményeivel idejében a nyilvánosság porondjára lépjen, nem lehet többé akadálya annak, hogy a rendelkezésünkre álló, megtámadhatatlan bizonyítékok alapján el ne ismerjük Jedliket az első elektromágneses forgó gép, és az ún. dinamó-villamos elv felfedezőjének.

Sőt ellenkezően! Mai, a felszínes egyéni érvényesülést a komoly, de csendes sikernél gyakran többre becsülő korunkban, kötelességünk, hogy igazságot szolgáltsunk a tudomány olyan önzetlen bűvárának is, mint amilyen Jedlik Ányos volt. Mert bizonyos, hogy még a gyakorlati étellel legszorosabban összefüggő műszaki tudományokban is csak akkor remélhető a haladás folytonosságának biztosítása, ha a tisztán utilitarisztikus szempontok győzelme helyett az olyan, csendben elmélyedő munkás előtt is, aki az élet legnagyobb gyönyörűségének a természet önmagáért való kutatását, a fáradságos munka legfőbb jutalmának pedig egy-egy új jelenség felderítését tekinti, megnyílnak a Pantheon kapui.

# Ányos Jedlik zwei Pioniererfindungen



Dr. László Verebély  
Universitätsprofessor

# Ányos Jedlik zwei Pioniererfindungen

Ányos Jedlik Gesellschaft  
Budapest, 1995



*Ausgaben der Ányos Jedlik Gesellschaft Nr. 2*

Vorliegende Ausgabe ist der Vorlesungstext von  
Universitätsprof. Dr. László Verebély  
gehalten am 3. Mai 1928 auf der Jedlik Jubiläumsfeier  
im Ungarischen Elektrotechnischen Verein, dessen  
erste redigierte Fassung am 15. Januar 1930 in  
der Zeitschrift „Elektrotechnik“ erschien.

Neuredigierter Text und Druck, 1995

**Dr. István Gazda**

Leiter des Instituts für Ungarische  
Wissenschaftsgeschichte

Vorwort:

**Dipl.-Ing. Árpád Király**

Generalsekretär der Ányos Jedlik Gesellschaft

Ins Deutsche übertragen von

**Margot Szepessy**

Lektor:

**Dipl.-Ing. Sándor Szepessy**

Typograph:

**Ildikó Vargha**

Titelseitenfoto:

**Ferenc Markovics, Ferenc Németh**

Hergestellt unter Mitwirkung der Kommanditgesellschaften  
Vizuális Alkotás KG, Hungarus KG u. Dekórum KG

ISSN 1217-6575

ISBN 963 04 5199 3

© Rechtsnachfolger von Dr. László Verebély, 1995

Farbdruck: Artmedia GmbH

Druck: Studio für Druck u. Graphik „SzüpeX“

## Vorwort

Ungarn, eines der mitteleuropäischen Länder mit grosser Vergangenheit, bereitet sich auf das 1100-jährige Jubiläum des Sesshaftwerden der ungarischen Stämme im Karpatenbecken vor. Politiker und Historiker überdenken die erreichten Ergebnisse, erlittenen Misserfolge, historische Tragödien – und deren Auswege – im Geschichtsverlauf der 11 Jahrhunderte und wollen bisherige Auffassungen auswerten, evt. berichtigen.

Die Forscher der Technikgeschichte – darunter der Geschichte der Elektrotechnik, stehen der Jubiläums-Herausforderung auch nicht gleichgültig gegenüber, aber ihre Arbeit weicht auch in mehrerer Hinsicht voneinander ab: die Elektrotechnik-Geschichte selbst kann nicht auf so viele Jahrhunderte zurückblicken; andererseits war und ist die Naturwissenschaft – aufgrund ihres realistischen Charakters – nicht der Politik ausgeliefert. Sie beruht auf Fakten und hier hat sich auch im Laufe der Zeit die jeweilige fachliche Auffassung nicht grundlegend geändert.

Was sich ändern kann, ist die Beurteilung, was für einen Platz im internationalen Spitzenfeld einige Persönlichkeiten, deren hervorragende Ergebnisse, Erfindungen von bleibendem Wert und ihr – nicht selten mystifiziertes – Gesamtlebenswerk einnehmen. So eine "demystifizierende" Tätigkeit versieht in Ungarn auch die 1993 gegründete Ányos Jedlik Gesellschaft. Als ihre Aufgabe betrachtet sie, die vom Namensgeber geschriebenen, bzw. unter dessen Mitwirken herausgegebenen Bücher, Fachartikel und Handschriften zu sammeln und deren Neuausgabe. Dadurch sollen heimische und ausländische Interessenten eine objektive und fachliche Information über Ungarn und dessen ausserordentlich begabten und erfolgreichen Sohn – unserer Auffassung gemäss der erste ungarische Elektrotechniker – über seine Schöpfungen, Erfindungen und seine Person selbst bekommen: den Naturwissenschaftler, Professor, Patrioten und zugleich hervorragenden Benediktinermonch.

Diesem Zwecke dient die erneute Herausgabe, nachfolgender, 1928 von Universitätsprofessor László Verebely, Technische Universität Budapest, geschriebenen Studie mit bleibendem Wert, in

der er von den Erfindungen Jedliks die Konstruktionen des auch im Weltmasstab als bedeutend geltenden "Urelektromotor" und "einpoligen elektrischen Induktor" beschreibt. Desweiteren würdigt er im Zusammenhang mit letzterem das dynamo-elektrische Prinzip, dessen Priorität der Niederschrift zweifellos mit dem Namen Ányos Jedlik verbunden ist. Professor Verebélý schrieb seine Studie vor 67 Jahren, als auch die Gestaltung eines technikhistorischen Werkes selbst als Pioniertat rechnete. Aus heutiger Sicht stellte er nicht nur je eine bedeutende Erfindung und ihren einzigen Erfinder in den Brennpunkt der Forschung, sondern untersuchte den Entwicklungsprozess, der in der Praxis zu den bewährten Erfindungen führte. In dieser Entwicklungskette hat jedes einzelne Kettenglied seine wichtige Rolle. So ein Kettenglied ist in der Entwicklungsgeschichte des heutigen Elektromotors Jedliks kontinuierlich bewegendes Drehwerk oder die Erkenntnis des Selbsterreger-Prinzips in der Geschichte des Dynamos – auch dann –, wenn die späteren Erfinder unabhängig von ihm zu demselben Gedanken gelangten. Die Tatsache, dass Jedlik zu dem gegebenen Zeitpunkt bis zur Problemlösung gelangte, gibt einen Anhaltspunkt für die Prüfung des damaligen Entwicklungsstandes und Zielsetzungen in der Elektrotechnik. Über die seitdem in den vergangenen Jahrzehnten durchgeführten Forschungsergebnisse bezüglich Ányos Jedlik, berichtet unsere Gesellschaft in ihren weiteren Heften.

Erwähnen muss ich auch den Autor dieser Studie. Professor László Verebélý wurde noch zu Lebzeiten Jedliks, 1883 geboren. Diese Studie schrieb er mit 45 Jahren, als er schon Lehrstuhlleiter für Elektrizitätswerke und Eisenbahnen der Technischen und Wirtschaftswissenschaftlichen Universität "József Nádor" war. Seine Studie zeigt uns nicht nur bündig, objektiv und vielseitig Jedliks Leben und seine beiden berühmten Erfindungen, sondern es stellt sich uns auch selbst der weitsichtige, grosse Gelehrte vor. Seine erwähnte Studie wurde in der Fachzeitschrift des 1900 von Károly Zipernowsky gegründeten Ungarischen Elektrotechnischen Vereins veröffentlicht, der es sich zur Aufgabe gestellt hatte, Ányos Jedlik den würdigen Platz unter den Physikern und Elektrotechnikern des vergangenen Jahrhunderts einzuräumen.

Unterzeichneter, ehemaliger Schüler von Professor Verebélý, kann sich vielleicht dazu befugt fühlen, um festzustellen, dass die Persönlichkeitsmerkmale beider Gelehrter in vieler Hinsicht einander ähnelten, in einzelnen Fällen sogar übereinstimmten. Das bezieht sich auf die geistige Selbständigkeit, die intellektuelle Neugier, Arbeitsausdauer, Vaterlandsliebe und die Eigenschaftskomponenten der Ruhmsucht.

Auch darin ähnelten sie sich, dass der spanische Naturwissenschaftler Ramón y Cajal fünf Eigenschaften formulierte und auf den folgenden Seiten ist lesbar, dass die fünfte, die fehlende Ruhmsucht in grossem Masse bei beiden fehlte.

Dies wurde jedoch bei ihnen durch die ganz besondere Liebe und Schätzung, die sie für ihre Schüler empfanden, ersetzt. Wieviel ehemalige ungarische Studenten wurden ausgezeichnete Physiker, weil Jedlik in ihnen die Lust zur Physik erweckte, und wieviele wurden ausgezeichnete Starkstrom-Elektriker, weil sie dieses Fach, bzw. den Grossteil aus den Vorlesungen von Professor Verebélý kennenlernten?

Und diese grossartigen Wissenschaftler wichen auch darin nicht bedeutend voneinander ab, dass wir beiden Recht verschaffen. Der Verwirklichung dieser Aufgabe dient die jetzt von unserer Gesellschaft neuverfasste Ausgabe der viel zitierten Jedlik-Studie von Professor Verebélý und ihre weitreichende Verbreitung.

*Dipl.-Ing. Árpád Király*  
*Generalsekretär*  
*der Ányos Jedlik Gesellschaft*



Ányos Jedlik

## Einführung

Der hochstrebende Palast unserer naturwissenschaftlichen Kenntnisse ist ständig im Entstehen, aber er wird nie vollkommen fertig. Gebaut wird er von hervorragenden Meistern und bescheidenen Arbeitern. Die Genialität der Meister, die schon von den Zeitgenossen anerkannt wurde, baute ganze Flügel zu diesem Palast und ihr von sicherem Selbstbewusstsein gesteuerter Weitblick legte auf Jahrzehnte, sogar auf Jahrhunderte die Entwicklungsrichtung fest. Die bescheidenen Arbeiter, die sich in Einzelheiten vertieften und eine stille, meistens von der engsten Umgebung kaum bekannte Arbeit leisteten, bringen die Bausteine einzeln zusammen. Die Bedeutung dieser einzelnen Bausteine wird vom Gesichtspunkt des Gesamtwerkes in vielen Fällen auch selbst von dem Schöpfer nicht entdeckt, und nur die ehrfurchtsvolle Forschung der Nachkommen behauptet, dass diese die organischen Pfeiler sind, aus denen sich mit der Zeit epochemachende riesige Erfindungsserien entwickeln. Zur letzten Gruppe gehörte dieser ehrenvolle Eremit des ungarischen wissenschaftlichen Lebens des 19. Jahrhunderts, dessen Wirken in dieser Publikation bekannt gemacht und gewürdigt werden soll, vor dem man die Fahne der Huldigung senkt.

Einer der bedeutendsten Naturwissenschaftler und spanischer Nobelpreisträger unseres Zeitalters, Ramón y Cajal, beschreibt fünf Eigenschaften, über die die Wissenschaftler unbedingt verfügen müssen, damit ihre Arbeit von Erfolg gekrönt sein soll: Geistige Selbständigkeit, intellektuelle Neugierde, Arbeitsausdauer, Vaterlandsliebe und Ruhmsucht.

In der Persönlichkeit von István Ányos Jedlik finden wir alle Eigenschaften, ausgenommen die letzte. Wovon ihn nicht nur seine angeborene Bescheidenheit fernhielt, sondern auch sein Ordensgelübde, was sein ganzes Wesen erfüllte. "Seine scheue Verschlossenheit – sagte in der Gedächtnisrede Baron Loránd Eötvös – war sein einziger grosser Fehler, der durch Kommunikation mit anderen seinen wissenschaftlichen Gesichtskreis erweitert hätte und umgekehrt, dass seine Wissenschaft auf andere befruchtend wirken sollte. (...) Jedlik ging seinen einsamen Weg und trotzdem folgte er –

nicht nur einmal – den Spuren grosser Entdeckungen, die den Ruhm des vergangenen Jahrhunderts begründeten. Er hat viel gesucht und viel gefunden, aber weil er dies nicht verbreitete, haben es seine Landsleute nicht bemerkt, das Ausland hat seine Erfindungen nicht gesehen. Deshalb ist sein Name in der wissenschaftlichen Weltliteratur, in der Reihe der Entdecker des 19. Jahrhunderts, kaum vertreten."

Bei diesen Worten verweilen wir eine Minute und in Kenntnis unserer Versäumnisse sagen wir "mea culpa". Die Gedächtnisrede von Baron Loránd Eötvös, in der er der gegenwärtig lebenden Generation die Aufmerksamkeit auf die epochemachende Bedeutung der Erfindungen Jedliks lenkt, erklang – am 9. Mai 1897 – vor 31 Jahren (minus 6 Tage) in der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, ohne in den wissenschaftlichen Kreisen Ungarns einen bedeutenden Eindruck und Echo hervorzurufen.

Der Grossteil unserer Fachliteratur der Physik und Elektrotechnik erwähnt Jedliks Namen überhaupt nicht, oder nur flüchtig. Auch jene Autoren – mit Ausnahme von Ágost Heller –, die den zwei grössten Produkten seiner Tätigkeit einige Zeilen widmen: dem "Urelektromotor" und dem "einpoligen elektrischen Anlasser", stützen sich offensichtlich nur auf die kurze Mitteilung von Baron Loránd Eötvös. In der Zeitspanne von einem Menschenalter, in der die Elektrizität zu einem unentbehrlichen Element und Mittel der Zivilisation wurde, wurde zum Ruhm der grossen technischen Erfindungen in München das Deutsche Museum gegründet. In Ungarn gab es niemanden, der Jedliks Pioniergeräte detaillierter beschrieben, vor der ganzen Welt aus dem Dunkel der Vergangenheit hervorgehoben und sie auf den wohlverdienten Platz gestellt hätte.

Der Ungarische Elektrotechnische Verein war berufen dieses Versäumnis in seiner Jubiläumsfeier am 3. Mai 1928 wieder gutzumachen. Aus den musealen Schränken der Lehrmittelsammlung der Hochschule der Lehrerbildungsanstalt, die zur alten Abtei in Pannonhalma gehört sowie aus dem 1. Physikalischen Institut der Budapester Universität Pázmány Péter wurden die längst ruhenden kleinen Maschinen von Jedlik hervorgebracht, um handgreiflich den Schöpfergeist unseres Meisters zu demonstrieren

und damit sie Zeugen der ehrfurchtvollen Verehrung sein sollten, mit der die ungarische Elektrotechnische Fakultät den Erinnerungen seines ersten ungarischen Pioniers der Elektrizitätswissenschaften zu huldigen wünschte. Non omnis moriar.

## Lebensdaten

Ányos Jedlik wurde Anfang des grossen Jahrhunderts der Wiedergeburt der Naturwissenschaften, am 11. Januar 1800 im Komitat Komárom, in Szémő, als Kind einfacher Bauern geboren. Den Besuch der Mittelschule begann er in Nagyszombat und setzte ihn im Pressburger Gymnasium fort. Nach deren Abschluss trat er, mit 17 Jahren, auf Wunsch der Eltern und seiner eigenen Veranlagung zufolge, dem Benediktinerorden bei. Seine Mönchs- und höhere wissenschaftliche Ausbildung erhielt er in dem berühmten Seminar der Pannonhalmer Abtei, wo er 1822 zum Doktor der Philosophie promovierte, 1825 wurde er zum Priester geweiht. Unmittelbar danach begann er seine lange Lehrer-Laufbahn. Er unterrichtete Physik, zuerst in Pannonhalma, später in Győr, 1830 gelangte er an die Pressburger Akademie. 1840 wurde er Professor an der Pester Königlichen Universität der Wissenschaften, 38 Jahre bekleidete er den Lehrstuhl für Physik und Mechanik, von dem er sich 1878, im 79. Lebensjahr, nach 53 eifrigen Lehrjahren in vollkommen geistiger Frische, in den wohlverdienten Ruhestand zurückzog.

Seine Arbeitslust und Wissensdurst erhielt er bis ins hohe Greisenalter. Auch in seiner Győrer Zurückgezogenheit hat er fleissig gearbeitet und da ihn seine langsamen Alterserscheinungen bei seinen Forschungen störten, sagte er gewöhnlich vergrämt auf die neuangekommenen Bücher zeigend: „Nur Zeit sollten sie auch für jedes mitschicken.“

Diese einfachen Worte charakterisieren seine Lebensauffassung, die er einige Tage vor seinem am 15. Dezember 1895 eintretenden Tod Acsay, dem Győrer Direktor, sagte: "Lieber Herr Ordensbruder, mein Leben war lang, aber die Arbeit hat mich nie ermüdet; wo sollten wir stehen, wenn uns der liebe Gott die Arbeitsfähigkeit entziehen würde."



Jedlik war ein charakteristischer Forschergeist. Sein geliebtes Zuhause war das ruhige Laboratorium, seine grösste Freude das Experimentieren und all seine Glückseligkeit war mit je einem selbsterdachten Gerät, die rätselhaften Kräfte der Natur ertönen zu lassen und die Lösung ihrer offenbaren Gesetzmässigkeiten. Als einmal später, im Greisenalter, ein jüngerer Ordensbruder von ihm fragte, "warum er gerade die Physik als Studiumsgegenstand ausgewählt habe und nicht z.B. die Theologie, die sich mit den allerhöchsten Dingen beschäftigt," hat er geantwortet. "In allen Wissensgebieten hätte ich genug und Schönes gelernt, aber in der Physik lerne ich und zugleich vergnüge und ergötze ich mich." Ein andermal: Lieber junger Bruder, ich habe Gott besser aus der Physik kennengelernt als Sie aus der Theologie." Seine Tätigkeit war – ähnlich wie die von Faraday – eher von Praxischarakter, als theoretisch. Für diesen Mangel jedoch entschädigte ihn sein angeborener naturwissenschaftlicher Forscherinstinkt, der ihn auch auf unbegangene Wege führte und ermöglichte, dass er nicht nur auf einem Gebiet seines Wissenschaftsfaches Originales, sogar Bedeutendes schöpfen konnte.

Obwohl seine bedeutendste Arbeit, wofür ihn die Ungarische Akademie der Wissenschaften 1858 auf einmal zum ordentlichen Mitglied wählte und ihm den grossen Preis verlieh, war "Die Natur der schweren Körper" (1850); sein Interesse galt ausser der Optik in erster Linie, der sich Anfang des vergangenen Jahrhunderts im vielversprechenden Kindesalter befindlichen Elektrizität. Hervorzuheben sind unter den optischen Studien: "Von den Erscheinungen der Lichtstrahlen und die Krümmung der Lichtstrahlen im besondern" (1845), weiterhin die Studie "Über die Modifizierung des Fresnel und Pouillet Lichttreff-Gerätes" (1865) und auch die im Ausland bekannt gewordene Studie "Sehr feine optische Gitter." Seine vielseitige Tätigkeit im Rahmen der Elektrizität zeigt besonders seine akademische Antrittsvorlesung; weiterhin "Bestimmung der ganzen Funktion von Stromlieferungsanlagen" (1859), die original zusammengestellte "Verkettung von Leydener Flaschen" (1863), "Über aus Glasröhren zusammengestellte Hochspannungskondensator-batterien" (1867) und "Verkettung von Röhren-Hochspannungskondensatoren (Spannungsmultiplikator, 1879).

Die letzten beiden beziehen sich auf ein auch im Ausland bekannt gewordenes Gerät, welches 1873 auf der Wiener Weltausstellung durch die internationale Jury mit der Fortschritts-Medaille ausgezeichnet wurde.

Viel bedeutender als all diese sind jedoch zwei Geräte, die auf Jedliks Forschergenie viel stärkeres Rampenlicht werfen, der erwähnte "Urelektromotor" und der "einpolige elektrische Induktor", die jedoch leider vor den Zeitgenossen unbekannt blieben und deren richtige Auswertung, vom Gesichtspunkt der Entwicklung der Wissenschaften, Aufgabe der Geschichtsforscher der Nachwelt ist.

## Drehwerk ("Urelektromotor")

Unsere im triumphalen Zeitalter der Elektrotechnik lebende Generation muss die Geschichte der Physik mehr als hundert Jahre zurückblättern, um zu den fiebrigen Forschungen zu gelangen, die in den geheiligten Wänden der stillen Laboratorien "als reine Wissenschaft" ihren Ausgang nahmen. Begnadete Forscher drangen in die unberechenbare wundervolle neue Welt, an deren Toren Luigi Galvani, Anatomieprofessor in Bologna, am 30. August 1789 zufällige Beobachtungen an den Froschschenkeln machte, bzw. Alessandro Volta, Universtätsprofessor in Padua, seine Versuchsergebnisse entdeckte und sie am 26. Juni 1800 vor der Londoner Royal Society demonstrierte; nämlich seine wissenschaftlichen Forschungen an der nach ihm benannten Voltaschen Säule.

Unter ihnen war Hans Christian Oersted, dänischer Physiker, Universtätsprofessor in Kopenhagen, besonders hervorragend und von kardinaler Wichtigkeit. In seiner vom 21. Juli 1820 datierten Dissertation berichtet er über seine Entdeckung des galvanischen Stromes auf die Magnethadel. Dadurch wurde Licht auf die schon lange vermuteten Beziehungen der zwei geheimnisvollen, in der Ferne wirkenden Naturkräfte, die Elektrizität und den Magnetismus, geworfen.

Den neuen Wissenschaftszweig führte der scharfsinnige Professor des Collège de France, André Marie Ampère weiter, der am 18. September 1820, bloss eine Woche nach Oersteds Entdeckung, durch

eine vom französischen Physiker Arago in Paris erfolgte Demonstration, mit einer neuen Entdeckung von grosser Bedeutung, vor die französische Akademie trat und die gegenseitige Wirkung der galvanischen Ströme zeigte und damit den Grundstein der Elektrodynamik legte.

Einige Wochen später, am 10. November 1820, berichtete der vielseitige Dominique François Jean Arago über seine Beobachtungen, dass die Stromleiter magnetische Eigenschaften haben, die Eisenspäne anziehen und dass im Inneren, der von Ampère als Solenoid bezeichneten Leiterspule untergebrachtes Weicheisen oder eine Stahlnadel auf die Stromwirkung zeitweilig, bzw. anhaltend magnetisch wurden.

Die Reihe der grundlegenden Entdeckungen beschliesst der vom Buchbindergehilfen zu einem der hervorragendsten Experimentator aller Zeiten emporragende Michael Faraday. Der, als Inspektor des Laboratoriums der Royal Institution, in seiner Vorlesung am 24. November 1831 feststellte, dass der Strom nicht nur auf die Magnetspule und einen von ihr unabhängigen anderen Stromkreis wirkt, sondern nach Schliessen oder Öffnen irgendeines Stromkreises, in allen sich in der Nähe befindlichen geschlossenen Leitkreisen, also auch in sich selbst elektrischen Strom erregt, was jedoch nur ein stossweiser Vorgang ist. Dies ist die gegenseitige, bzw. Selbstinduktions-Erscheinung, aus der Faraday in seinem zur Realität neigendem Gehirn das Grundelement der produktivsten Arbeits-hypothese der Elektrotechnik, die Vorstellung der elektromagnetischen Kraftlinien entwickelte.

In dieser Periode, als die Physik von diesen grossen Entdeckungen durchdrungen war und von neuen Gedanken schäumte, trat Ányos Jedlik auf seine Bahn, als er im Herbst 1825, unmittelbar nach seiner Weihung zum Priester, in das Győrer Lyzeum seines Ordens u.a. als Physiklehrer gelangte.

Es ist leicht verständlich, dass der junge Mönch, der von der Liebe zum Objektkreis durchdrungen und zum Forschen veranlagt ist, sich mit dem ganzen Interesse seines empfänglichen Genies, sofort den zauberhaften Perspektiven bietenden neuen Wissenschaftszweig der "Elektrizität" zuwendet. Da er aus ausländischen Zeitschriften die Grundbegriffe und deren demonstrierende Geräte kennenlernte,

begann er auch mit dem Experimentieren: Beim Studieren des Effekts, dass der Strom auf den Magneten wirkt, baute er mit einer glücklichen Originalidee, um diesen Effekt zu steigern, in den Schweigger-Multiplikator anstatt einer Magnetnadel, einen stärkeren Elektromagneten ein. Der dadurch gewonnene grössere Ausschlag erweckte sicherlich in ihm den Gedanken, dass man die Abstoßkraft auch für die Verwirklichung der kontinuierlichen, gleichgerichteten Drehung verwenden könnte. (Johann Salomo Christoph Schweigger, Professor der Physik und Chemie an der Erlanger, später der Universität Halle, zur Steigerung des Stromes auf die Magnetnadel entwickelte er eine neue Anordnung. Auf einen viereckigen Holzrahmen spulte er eine vielgängige Drahtspule. Dieses Gerät nannte er Multiplikator und demonstrierte es im September 1820, kurz nach der Entdeckung von Oersted, in der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft in Halle.)

Das Wesentliche der Erfindung schrieb Jedlik in seinem vom 18. Februar 1886 datierten Brief an Ágost Heller – dessen Konzept gegenwärtig in der Schriftensammlung der Pannonhalmer Abtei aufbewahrt wird – wie folgt:

"(...) da der Elektromagnet-Rotor unter dem Einfluss des Magnetfeldes, verursacht durch den Multiplikator (Stator), aus

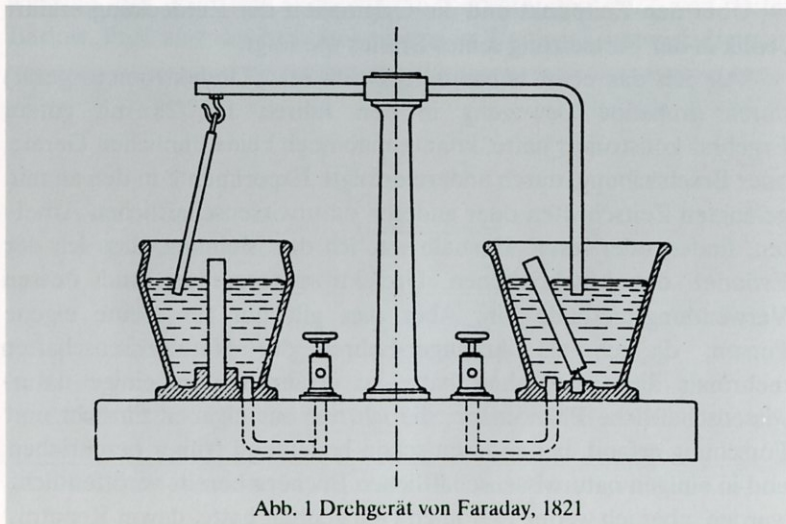


Abb. 1 Drehgerät von Faraday, 1821

dieser Lage, in welcher seine Längsachse mit der Richtung der Multiplikator-Windungen parallel ist, dort, wo die Rotor-Längsachse mit den Multiplikator-Windungen einen rechten Winkel bilden, würde wieder ein Stillstand einreten. Folglich, weil das Gerät in diesen Stellungen nicht stehenbleiben, sondern weiter rotieren und diese Rotation kontinuierlich fortsetzen soll, muss die Konstruktion des Multiplikators so verändert werden, dass in den Windungen des Elektromagnet-Rotors sich der Strom in entgegengesetzter Richtung ändern soll und zwar eben dort, wo seine Längsachse mit der Windungsrichtung des Multiplikators 90 Grad einschliessen."

Auf die Effektivität der Erkenntnis Jedliks zurückzuführen ist, dass er aufgrund dieses Prinzips gleich drei verschiedene Drehgeräte ausgedacht hat (die er in den erwähnten Brief auch in linearischer Abbildung skizzierte und beschrieb) und zwar:

in der ersten Lösung steht die Multiplikator-Spule und drinnen dreht sich der Elektromagnet;

in der zweiten Lösung steht der Elektromagnet und um ihn herum dreht sich die Multiplikator-Spule;

in der dritten Lösung wird der Multiplikator durch einen Elektromagneten ersetzt, und zwar indem sich ein Elektromagnet über den anderen feststehenden Elektromagneten dreht.

Über den Zeitpunkt und die Originalität der Entdeckung erklärt Jedlik in der Fortsetzung seines Briefes wie folgt:

"Als ich das eben behandelte Drehwerk (Urelektromotorgerät) durch drehende Bewegung in den Jahren 1827/28 mit gutem Ergebnis konstruiert hatte, konnte man noch keine ähnlichen Geräte oder Beschreibung, durch andere erfolgte Experimente in den zu mir gelangten Zeitschriften oder anderen naturwissenschaftlichen Arbeiten, finden oder lesen. Deshalb war ich der Meinung, dass ich der Erfinder des beschriebenen Urelektromotorgerätes und dessen Verwendungsmethode bin. Aber dies gilt nur für meine eigene Person; da ich als Anfänger-Lehrer der Naturwissenschaften mehrmals die Gelegenheit hatte zu erfahren, dass einige naturwissenschaftliche Phänomene, die ich nur aus eigener Einsicht und Forschung erfand, bei anderen schon bedeutend früher beschrieben und in einigen naturwissenschaftlichen Büchern bereits veröffentlicht wurden, aber ich weder Zeit noch Gelegenheit hatte, davon Kenntnis

zu nehmen. Ich bin auch weiterhin bei dieser Meinung geblieben (...) Gegenwärtig wäre es schon beschwerlich, über die Entdecker-Priorität mit irgend jemanden zu streiten .... "

Diese stille Ergebung des zurückgezogenen und nur für die Befriedigung der eigenen Seele arbeitenden Forschers können wir nicht akzeptieren, und wovor seine bescheidene Persönlichkeit, frei von aller Eitelkeit, sogar auch im vollen Wissen seiner eigenen Wahrheit abgeneigt schien, untersuchen wir jetzt, rund hundert Jahre später seine – auch noch im Greisenalter erwähnten – freudvollen Augenblicke. Als Zeichen tiefster Verehrung seines grossen Geistes und zur Vergrößerung des Ruhmes des ungarischen Genius, als er zuerst sah, wie unter der Kraftwirkung seiner kleinen Geräte, das geheimnisvolle, unsichtbare Drehwerk (Urelektromotor) in Drehung kam. Der erste, dem es gelungen war einen Stromleiter um einen Magnetpol in ständige Drehung zu bringen, war Faraday, der darüber in seinem vom 11. September 1821 datierten Artikel berichtet. Seitdem hatte Faraday mehrere geistreiche kleine Geräte konstruiert, für die Darstellung der Wechselwirkung, wobei sich ein Stromleiter von entsprechender Form um einen Pol des Stabstahlmagneten drehte oder sich das eine Ende eines unterstützten Stahlmagnetstabes um den Stromleiter drehte (*Abb. 1*). Auf der Wechselwirkung der gleichen Bauelemente beruhte das 1822 von Peter Barlow, Professor der Militärakademie in Woolwich, entwickelte und

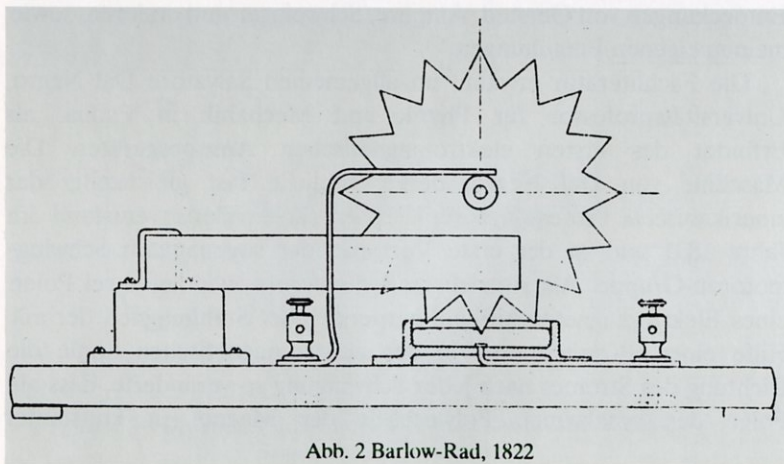


Abb. 2 Barlow-Rad, 1822

dank der Lehrmittelsammlung der Physik auch noch heute gut bekannte sogenannte "Rad". Es besteht aus einer zwischen die Schäfte eines Stahlhufeisenmagnets untergebrachten und mit dem unteren Rand in eine Quecksilberschale reichenden, gezähnten Scheibe, die in Drehung gerät, wenn zwischen ihrer Achse und dem Quecksilber in Strahlrichtung Strom durchfliesst (*Abb. 2*).

In die Kette der Entwicklung schalten sich bei diesem Punkt die Drehwerke des Urelektromotors, die zwei neue Elemente in die Konstruktion bringen: Eins ist der anstelle des Stahlmagneten tretende Elektromagnet, das andere der Quecksilbermulden-Kommutator. Obwohl die genaue Jahreszahl der Erfindung der Geräte nicht urkundenmässig belegt ist – soviel ist sicher –, dass sie noch vor Jedliks Lehrzeit in Pressburg fällt, also zwischen 1826–1830. Der 86jährige, greise Forscher bezeichnete aus dem Gedächtnis die Jahre 1827/28.

In der Geschichte der Physik finden wir keine Aufzeichnung, dass die zwei Erneuerungen - die im damaligen Zeitalter der Elektrizität als bedeutungsvoll bewertet werden - vor Jedlik irgendjemand angewendet hätte. Deshalb betrachten wir es als bestätigt, dass der erste Schöpfer des rein auf der Wechselwirkung beruhenden Drehwerks Urelektromotor) wirklich Ányos Jedlik war. Der diese Tatsache mit der üblichen Bescheidenheit durch folgende Worte feststellte: "Die Urelektromotoren verdanke ich den Spuren der Entdeckungen von Oersted, Ampère, Schweigger und anderen, sowie meinen eigenen Bemühungen."

Die Fachliteratur erwähnt im allgemeinen Salvatore Dal Negro, Universitätsprofessor für Physik und Mechanik in Padua, als Erfinder des ersten elektromagnetischen Antriebsgerätes. Die Maschine von Dal Negro, deren ähnliche fast gleichzeitig der amerikanische Professor Joseph Henry konstruierte, entstand im Jahre 1831 und ist der erste Vertreter der sogenannten Schwingmotoren-Gruppe. Als Antriebskraft diente ein zwischen zwei Polen eines Elektromagneten hin-und herpendelnder Stahlmagnet, der mit Hilfe eines Kommutators in der elektromagnetischen Spule die Richtung des Stromes nach jeder Schwingung so veränderte, dass als Folge des synchronen Polwechsels der Magnet in konstanter

Schwingung blieb. Die Schwingbewegung formte die Kurbelkonstruktion in eine gleichgerichtete Drehung um.

Obwohl es zweifellos ist, dass das Gerät, was angeblich in einer Minute 180 Gramm einen Meter hoch emporhob, vom Gesichtspunkt der Kraftentfaltung eher als Motor bezeichnet werden kann, als Jedliks - wenigstens drei Jahre jüngerer Drehwerk (Urelektromotor). Offensichtlich ist es trotzdem, dass letzteres einen grösseren Fortschritt bedeutete, weil es seine Aufgabe prinzipiell vollkommener löste. Einesteils deshalb, weil es keinen Stahlmagneten hatte, anderenteils weil es keine Alternativ-, sondern eine direkte

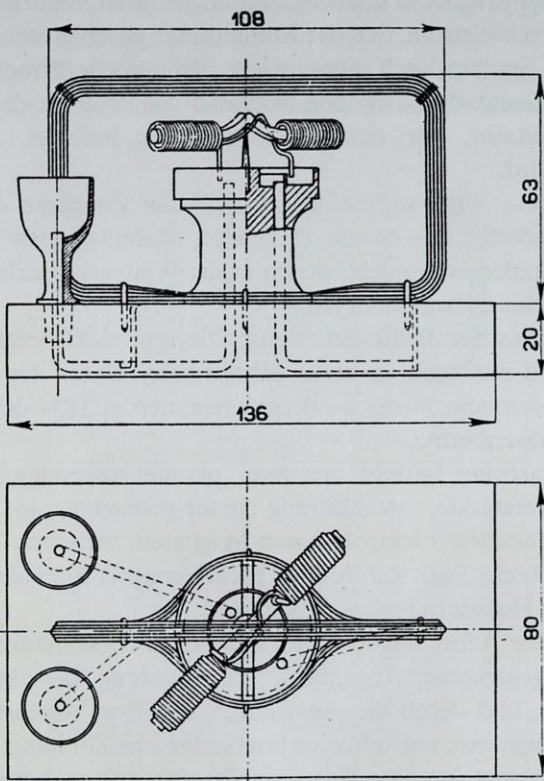


Abb. 3-4 Drehwerk (Urelektromotor), erste Konstruktionslösung, Seitenansicht u. Grundriss



Drehbewegung zustandebrachte. So eine Maschine, aber noch immer mit Stahlmagnetbetrieb, wurde erst am 3. September 1832 von Hippolit Pixii vor der französischen Akademie demonstriert. Anfangs war sie jedoch nur für die Erzeugung von Wechselstrom geeignet, und zu einem Gleichstromgenerator, bzw. -motor wurde sie nur ein Jahr später umgewandelt, als auf Rat von Ampère ein Clarke-Kommutator eingebaut wurde.

Das Prinzip: Um eine senkrechte Achse ein drehbarer Stahlhufeisenmagnet, über dem, gegenüber seinen Polen, zwei mit Weicheisen reihengeschaltete Spulen untergebracht sind. Wird durch die Kurbel der Magnet in schnelle Drehung versetzt, induziert dies in der Spule Wechselstrom, den der Kommutator gleichrichtet. Werden dagegen die Spulen durch eine äussere Stromquelle erregt, kommt der Hufeisenmagnet in Drehung, während die Polarität der Spulen vom Kommutator, der sich auf der Achse befindet, synchron gewechselt wird.

Der Schotte William Ritchie hat 1833 die Elemente der Pixii-Lösung umgekehrt, als er den stehenden Stahlmagneten und die drehenden Spulen anwendete, womit er die Weiterentwicklung elektrischer Maschinen begründet hat.

Wesentliches der Jedlik-Erfindung: Die rein elektromagnetische Drehung wird nur nach ca. sechs Jahren beim Motor des deutschstämmigen Hermann Jacobi wiedergesehen, den er 1834 der Pariser Akademie präsentierte.

Diese Maschine besteht aus zwei parallel stehenden, in einem Brettstern verstärkte, strahlförmig untergebrachte, je 12 sich gegenüberstehenden Elektrohufeisen-Magneten, zwischen denen – als Rotor – sechs Paar stabförmige Elektromagnet-Ständer und ein sechsarmiger Holzstern untergebracht sind.

Der auf der Achse angebrachte Vier-Scheiben-Kommutator verändert im geeigneten Augenblick die Richtung des Magneterregerstromes, und durch die Anziehungskraft bzw. Abstossung des stehenden Magneten, entsteht eine kontinuierliche Drehung.

Erwähnenswert ist, dass diese, gemäss der dritten Lösungsweise nach Jedlik gebaute Maschine, der erste wirkliche Elektromotor war, der die Mauern des physikalischen Laboratoriums verliess und als

technische Schöpfung auch einem Praxisziel diene, da er 1838 in St. Petersburg ein 12-Personen-Boot die Newa herauf antrieb.

Diese kurze Rückschau klärt vollkommen die Lage des Drehwerkes (Urelektromotors) in der Entwicklungsreihe der elektromagnetischen Drehgeräte und macht unbestreitbar, dass Jedlik auf diesem Gebiet seinen Zeitgenossen mehrere Jahre zuvorgekommen war. Deshalb verdient seine Erfindung – die, obwohl schriftlich überhaupt nicht, mündlich nur fast 30 Jahre später, auf der 1856 in Wien stattgefundenen Grossversammlung der Deutschen Ärzte und Naturwissenschaftler erwähnt wurde – zwar keine praktische Bedeutung hatte, dass aber Jedliks Name in der Physikgeschichte unter den ersten stehen sollte.

Auf dem Blatt, wo im Morgenrauen des 19. Jahrhunderts von den Entdeckungen der geheimnisvollen, neuen Naturkräfte und

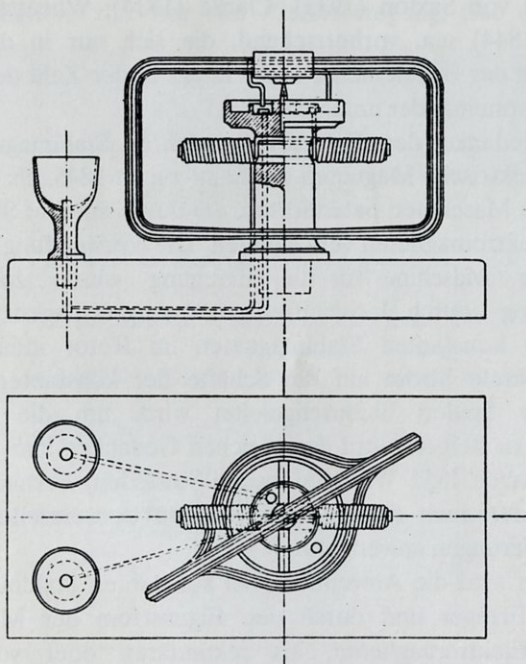


Abb. 5-6 Drehwerk, zweite Konstruktionslösung,  
Seitenansicht u. Grundriss

deren zielstrebigen Steuerung durch die höhere Macht des menschlichen Geistes die Rede ist.

Jedliks zweites, grosses, sogar – obwohl nicht von ihm ausgehend – in seinen Auswirkungen ein epochemachendes geistiges Produkt, ist die Entdeckung des sogenannten dynamoelektrischen Prinzips, eine ausserordentlich gelungene Originalkonstruktion, die unipolare Maschine.

## Dynamoelektrisches Prinzip

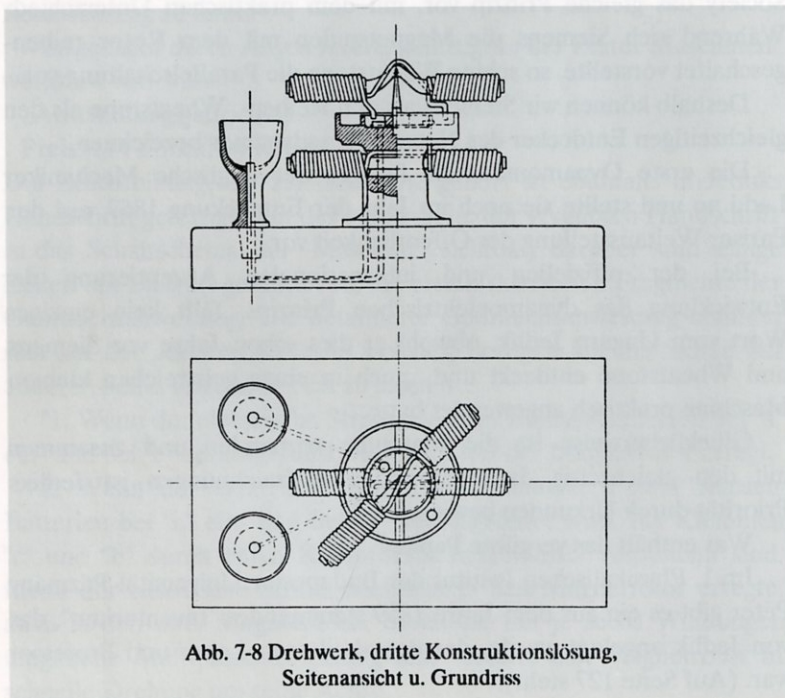
Die Entwicklung der Gleichstrommotoren – wie ich schon früher darauf hinwies –, ging von der Ritchie-Maschine aus, der erstmals stehende Stahlmagneten und in dessen Feld die drehenden Spulen anwendete. Diese Anordnung blieb auch bei den magnetelektrischen Maschinen von Saxton (1833), Clarke (1834), Wheatstone (1841), Stöhrer (1844) u.a. vorherrschend, die sich nur in der relativen Anordnung der Bauelemente und letztere in der Zahl der Hufeisenmagneten voneinander unterschieden.

Der Gedanke des Ersatzes konstanter Stahlmagneten durch stärkere elektrische Magneten erscheint zuerst 1845, als Wheatstone und Cooke Maschinen patentierten, die durch äussere Stromquellen erregte Elektromagneten verwendeten. Die Verwendung des Eigenstromes der Maschine für die Erregung wurde zuerst in der Patentierung durch Jacob Brett 1848 vorgeschlagen. Wobei der durch den konstanten Stahlmagneten im Rotor induzierte- und gleichgerichtete Strom auf die Schäfte der konstanten Magneten gewickelter Spulen hindurchgeleitet wird, um die Stärke der Magneten zu steigern. Auf den gleichen Gedanken kam unabhängig von Brett auch 1851 Wilhelm Joseph Sinsteden, Berliner Arzt und Physiker, der auch in sonstigen Konstruktionseinzelteilen erfolgreiche Neuerungen anwendete.

Seitdem wird die Anwendung bei konstanten Stahlmagneten, als primären Erreger und durch den Eigenstrom der Maschine des erregten Elektromagneten, als sekundären oder verstärkenden Erreger, in verschiedenen Variationen verallgemeinert.

Der Däne Soren Hjorth konstruierte eine solche Maschine, die neben dem Stahlmagneten auch starke elektrische Magneten hatte und letztere wurden durch den vom Stahlmagneten induzierten Eigenstrom erregt. Der aus Manchester stammende Wilde präsentierte der Royal Society in London am 13. April 1866 so eine Doppelmaschine, bei der die ausschliesslich elektrisch erregten Elektromagneten der Stromversorgungsmaschine eine mit ihr zusammengebaute Doppel-T-Induktionsstahlmagnetmaschine war. Wilde hat auf dem gleichen Prinzip basierend auch eine Tripel-Maschine konstruiert, d.h. so eine Maschine, die die Elektromagneten der zweiten Maschine, der Strom der zweiten Maschine die Elektromagneten der dritten erregten. Diese Maschinengruppe war schon so kraftvoll, dass man zum Antrieb eine 15 PS-Dampfmaschine benötigte.

Nur der letzte Schritt dieser verschiedenen Lösungen trennte von der Konstruktion, die nur mit Selbsterregung, also dem voll-



kommenen Weglassen der Stahlmagneten funktionierte. Diesen Schritt haben der Deutsche Dr. Werner Siemens und der Engländer Sir Charles Wheatstone fast gleichzeitig getan.

Siemens präsentierte am 17. Januar 1867 vor der Akademie der Wissenschaften in Berlin das nach ihm benannte "dynamoelektrische Prinzip", demzufolge der Anlasstrom des Gleichstromgenerators durch den im Eisenkern der Elektromagneten der Maschine zurückbleibende Magnetismus in Gang gesetzt wird. Der auf diese Weise erhaltene schwache Strom wird durch die Magnetspulen durchgeführt, dies verstärkt den Raummagnetismus, der dagegen jetzt schon einen stärkeren Strom induziert. Diese Wirkung wird öfter fortgesetzt, der Magnet und der Strom verstärken sich wechselseitig, durch Anwendung rein mechanischer Arbeit, ohne dass ständige Magneten gebraucht würden.

Wheatstone trug in seiner Vorlesung – unabhängig von Siemens – vier Wochen später, am 14. Februar 1867, vor der Londoner Royal Society das gleiche Prinzip vor, mit dem praktischen Unterschied: Während sich Siemens die Magnetspulen mit dem Rotor reihengeschaltet vorstellte, so schlug Wheatstone die Parallelschaltung vor.

Deshalb können wir Siemens als den Reihen-, Wheatstone als den gleichzeitigen Entdecker des Nebenschlussdynamos bezeichnen.

Die erste Dynamomaschine fertigte der englische Mechaniker Ladd an und stellte sie noch im Jahr der Entdeckung 1867, auf der Pariser Weltausstellung der Öffentlichkeit vor.

Bei der offiziellen und internationalen Akzeptierung der Entwicklung des dynamoelektrischen Prinzips, fällt kein einziges Wort vom Ungarn Jedlik, obwohl er dies schon Jahre vor Siemens und Wheatstone entdeckt und auch in einer geistreichen kleinen Maschine praktisch angewendet hatte.

Glücklicherweise ist die Maschine vorhanden und zusammen mit den gleichzeitig dazugehörenden Aufzeichnungen ist Jedliks Priorität durch Urkunden bewiesen.

Was enthält das vergilbte Papier?

Im 1. Physikalischen Institut der Budapester Universität Pázmány Péter gibt es ein aus dem Jahre 1859 stammendes "Inventarium", das von Jedlik angelegt wurde, der damals dessen Leiter und Professor war. (Auf Seite 127 steht).

## XVII. Hauptabteilung: Elektrische Instrumente.

E-Unterabteilung: Kapitel Elektrodynamische Apparate, unter dem Posten 24 finden wir Jedliks charakteristische, reine Handschrift mit folgender Eintragung:

"Im Unipolar-Induktor, der aus dicken Kupferdraht gefertigt ist und nur 12 Windungen hat, entsteht ein kontinuierlicher Strom, wenn: die horizontale Walze mittels einer oder mehrerer Bunsen-Batterien in einen Elektromagnet-Rotor verwandelt wurde und mit Hilfe eines dazu verwendeten Zahnrades in Drehung versetzt wird. Werden ein Paar oder mehrere Bunsen-Batterien auch durch den Windungs-Multiplikator (Stator) entsprechend durchgeleitet, kommt die erwähnte, drehbare Walze von selbst in eine schnelle Drehung, deren Richtung durch den auf der Grundplatte befindlichen

Kommutator in die entgegengesetzte Richtung verändert werden kann. Für die zweckmässige Verwendung sind die kurze Beschreibung und Gebrauchsanweisung der unter der Grundplatte befindlichen Beschreibung zu lesen."

"Ausgedacht durch Ányos Jedlik, gefertigt in der Pester Maschinenwerkstatt von Nuss."

„Anschaffungsjahr: 1861.

Preis: 114 Forint, 94 Kreuzer”.

Die Beschreibung, die zur Maschine gehört ist ebenfalls in Jedliks Handschrift gefertigt. Auf der einen Seite der vergilbten Handschrift ist das Schaltschema der Maschine sichtbar, darüber sind einige Zeilen mit Bleistift geschrieben, die ersten skizzierten Fragmente der Gebrauchsanweisung. Die detaillierte Gebrauchsanweisung befindet sich auf der anderen Seite, in welcher, bezogen auf die Skizze der anderen Seite, folgender Text zu lesen ist:

1. Wenn der elektrische Strom von zwei Bunsen-Batterien bei "a" ein- und bei "c" herausgeführt wird, wird nur der Magnetrotor erregt.

2. Wenn der elektrische Strom von mindestens zwei Bunsen-Batterien bei "a" ein- und bei "d" herausgeleitet wird, die Klemmen "c" und "b" durch einen Kupferdraht miteinander verbunden sind, fliesst der elektrische Strom, nachdem er den Magnetrotor erregte, auch in den zwei Magnetpolen, durch die mit je sechs Windungen umgebene Multiplikatorwicklung und versetzt den Magnetrotor in schnelle Drehung um seine Achse.

Im gleichen Fall, wenn mit Klemme "c" nicht "b", sondern ... (Die nicht beendete Zeile, in der Jedlik wahrscheinlich die Veränderung der Drehrichtung beschreiben wollte, in der Situation, wenn "c" nicht mit "b", sondern mit "d" zusammengebunden wird und die Einführung des Stromes wie früher bei "a", die Ausführung aber anstatt "d" bei "b" erfolgt.)

3. Wenn der elektrische Strom von einer oder zwei Bunsen-Batterien bei "a" ein- und bei "c" herausgeleitet wird, sowie eine Tangentenbussole oder ein Galvanometer zwischen dem Ende "b" und der Klemme "d" der Multiplikatorwindung eingeschaltet wird, wird mittels Drehung des Magnetrotors in entgegengesetzte Richtung elektrischer Strom erzeugt, wie dies im Pkt. 2 erläutert wurde und die Magnetonadel (der Tangentenbussole) schlägt um so schneller aus, je schneller die Drehung ist.

4. Wenn die Klemmen "a" und "c" miteinander verbunden sind, sowie eine Tangentenbussole oder ein Galvanometer anstatt den Bunsen-Batterien zwischen den Klemmen "b" und "d" eingeschaltet wird, wird mittels Drehung des Magnetrotors in der Multiplikatorwindung elektrischer Strom erzeugt. Dieser Strom, der durch die Spule des Magnetrotors den Magneten verstärkt, erregt nochmals stärkeren Strom usw."

(In diesem Punkt ist in Jedlirks Handschrift ein Fehler unterlaufen, er hat nämlich die Buchstaben "a" und "b" miteinander verwechselt. Wenn man nämlich die Klemmen "a" und "c" miteinander verbinden möchte, würde dies die Windungen des Rotors kurz schliessen und der im Multiplikator laufende Strom könnte nicht durchfliessen. Der richtige Text sollte so beginnen: Wenn die Klemmen "b" und "c" miteinander mit Kupferdraht zusammengeschlossen werden, zwischen den Klemmen "a" und "d" aber ... usw.)

Punkt zwei der Maschinenbeschreibung bezieht sich auf den reihengeschalteten Motor, Pkt. 3 aber auf die Betätigung des Generators durch Fremderregung. Schliesslich bringt Pkt. 4 das "dynamoelektrische Prinzip" klar zum Ausdruck und wendet es auch an. Vorgestellt wird uns nämlich das Funktionsprinzip, dass ohne äussere Hilfe, rein durch den verbleibenden Magnetismus, durch entsprechende Schaltung der stehenden und sich drehenden

Spule, des sich selbst erregenden Gleichstromgenerators in Betrieb ist.

Was den Zeitpunkt der Erfindung betrifft, haben Baron Loránd Eötvös und Jenő Klupathy, die noch in persönlichem Kontakt zu dem sich verdient gemachten, greisen Wissenschaftler standen, aufgezeichnet, dass aufgrund der eigenen Erinnerungen Jedliks und dessen Mechaniker Nuss, das Maschinchen schon im Verlauf der fünfziger Jahre entstanden ist. Und nur später, als Jedliks Wissensdurst gestillt war und er zur Fertigung feiner optischer Gitter, das Maschinchen zur Betätigung der Teilmaschine als Motor und über längere Zeit in den praktischen Dienst stellte, ist es in das Inventurverzeichnis gelangt.

Diese subjektive und über jahrzehntealte ungewiss gewordene Feststellung kann jedoch – ohne dass ihre Richtigkeit angezweifelt

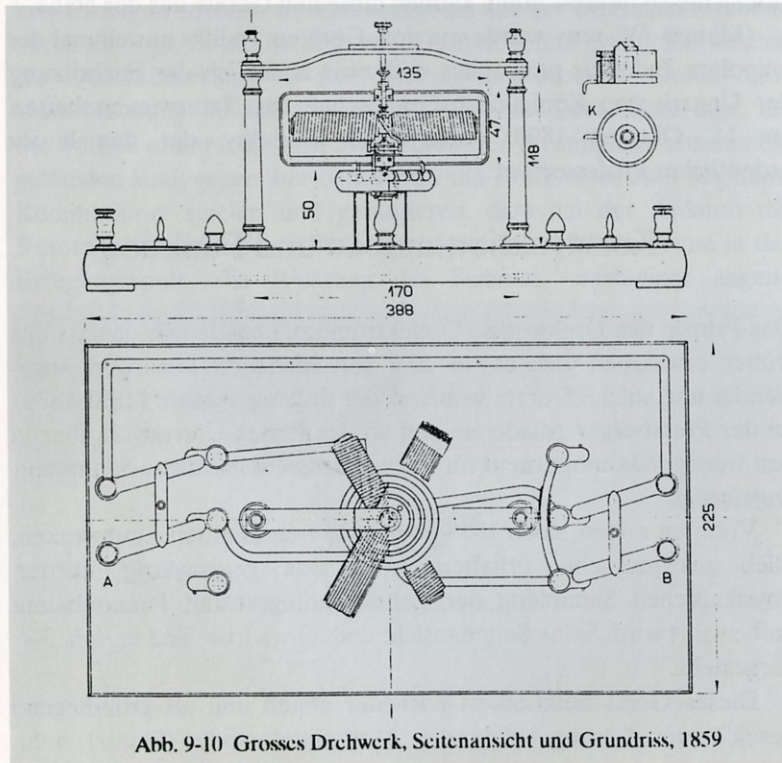


Abb. 9-10 Grosses Drehwerk, Seitenansicht und Grundriss, 1859



wird – bei der Prioritätsentscheidung ruhig übergangen werden.

Die Inventureintragung von 1861 bezeugt mit urkundenmässiger Authentizität, dass Jedlik sein dynamoelektrisches Prinzip wenigstens sechs Jahre früher als Siemens und Wheatstone entdeckte, sogar auch angewendet hatte. Das die Technikgeschichte trotzdem nicht seinen Namen erwähnt, hat die einfache Erklärung, das Jedlik, der stille Forscher, der weit von den profanen Dingen der Welt stand, die Bedeutung seiner Entdeckung, die ein neues Zeitalter eröffnete, leider nicht erkannte. Er hat nie und nirgends öffentlich darüber berichtet und auf diese Weise trat sein Maschinchen und der darin verkörperte neue Gedanke ins Unbekannte und wurde mit einer Staubschicht bedeckt.

Tragen wir jetzt diesen Staub ehrfurchtsvoll ab und prüfen wir diese universalen, jedoch vom Gesichtspunkt der ungarischen Kulturgeschichte so interessanten, kleinen musealen Geräte aus der Nähe.

(Meines Wissens wurde von den Geräten Jedliks nur einmal der unipolare Induktor präsentiert und zwar anlässlich der Fachsitzung der Ungarischen Königlichen Gesellschaft für Naturwissenschaften am 15. Oktober 1890, durch Jenő Klupathy, der damals ihr ordentlicher Professor war.)

## Konstruktionsaufbau und Funktion

Das Prinzip des Drehwerks (Urelektromotor) hat Jedlik, gemäss des früher erwähnten Briefes, in drei verschiedenen Lösungen angewendet und solche Geräte während der dreissiger Jahre (1831-1839) an der Pressburger Akademie und an der Pester Universität aber in den vierziger Jahren erneut für die naturwissenschaftliche Sammlung angefertigt.

Von den ersten, noch 1827 oder 1828 hergestellten Drehwerken, blieb uns nur eins erhalten, jenes, was gegenwärtig in der Physikalischen Sammlung der Lehrerbildungsanstalt Pannonhalma aufbewahrt wird. Seine Seitenansicht und Grundriss sind in *Abb. 3-4* dargestellt.

Dieses Gerät funktioniert nach der ersten und als grundlegend bezeichbaren Lösung, bei der die Multiplikatorspule (Stator) steht

und der Elektromagnet (Rotor) sich darin dreht. Die Multiplikatorspule besteht aus 13 Windungen und bildet einen senkrecht stehenden viereckigen Rahmen, in dessen Mitte ein aus Holz gedrechseltes Säulchen steht. Auf der Achse ragt eine Nadel heraus, an deren Spitze sich der Elektromagnet aus weichem Eisenkern dreht, der an zwei Schäften insgesamt über 76 Windungen verfügt. Die Einführung des Stromes in den Rotor erfolgt dadurch, dass die zwei nackten Enden der Erregerspule in die – in den Säulenkopf gedrechselten – zwei mit Quecksilber gefüllten runden Mulden hineinragen.

Von den zwei Mulden ist eine mit der Multiplikatorspule verbunden, die andere mit einem der zwei, der Stromzuführung dienenden Quecksilberkelche in Verbindung. Der andere Quecksilberkelch ist mit der Multiplikatorspule verbunden. Die kreisförmigen Mulden werden senkrecht auf der Multiplikatorebene durch niedrige Holzstifte in je zwei Hälften geteilt und damit werden die Quecksilberringe an zwei Stellen unterbrochen. Durch diese Unterbrechung werden die zwei Hälften der Quecksilberringe, die wie vorher erklärt, mit den zwei Polen der Stromquelle zusammengebunden sind, gegenüber dem Rotor die Rolle eines zwei Segment-Kommutators spielen und garantieren, dass bei der Ankunft des Rotors in die senkrechte Stellung auf die Multiplikatorebene in der Erregungsspule, die Richtung des Stromes, nach einer augen-

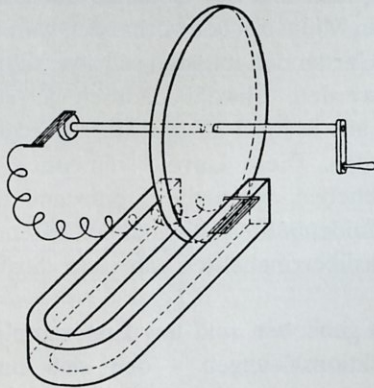


Abb. 11 Faradaysche Scheibe

blicklichen Unterbrechung im Verhältnis zur Spule, sich in entgegengesetzte Richtung ändert. Also werden die Pole des Rotormagneten nach der neutralen Linie vertauscht, was die Grundlage der Herstellung der kontinuierlich in eine Richtung erfolgten Drehung ist.

(Die zwei konzentrischen Mulden innerhalb des Gerätes, bzw. die Quecksilberringe werden nicht benötigt. Eine einzige Mulde wäre vollkommen ausreichend, die senkrecht zur Multiplikatorebene durch zwei Holzstifte in zwei Hälften geteilt wird. Bei der gegebenen Konstruktionslösung werden zwei voneinander getrennte und in je zwei Hälften geteilte kleine Mulden verwendet, wobei jede nur nach einer Hälfte eine Stromzuführung hat. Auf den Rotor wirkt eigentlich die Drehkraft während einer Halbdrehung, da während der anderen Halbdrehung - wenn die Spulenenden des Rotors über jene Muldenhälfte laufen, die keine Stromzuführung hat - das ganze Gerät stromfrei ist. Dies stört die Inbetriebnahme nicht, da der Schwung des Rotors gross genug ist, um die Halbdrehung durchzuführen. Die Gegenwart der beiden kleinen Mulden ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, weil Jedlik das Gerät ursprünglich nur für das Studium der magnetischen Ablenkung plante und verwendete; wofür tatsächlich zwei kreisförmige konzentrische Mulden, bzw. Quecksilberringe gebraucht wurden, ohne unterbrechende Holzstifte. Nur später, während des Experimentierens, kam ihm der Gedanke der konstanten Drehung, als die zwei kleinen Mulden schon vorhanden waren.

Unter diesen Umständen mussten selbstverständlich beide in zwei Hälften geteilt werden, obwohl dadurch je eine Hälfte beider Quecksilberringe aus Mangel an der Stromdurchführung - zu einer toten Hälfte wurden. Diese Unvollkommenheit kann man jedoch leicht dadurch beheben, wenn die Trennwand der nebeneinander laufenden zwei Muldenhälften miteinander leitend verbunden, oder die toten Quecksilberringhälften an den Stromkreis geschaltet werden.)

Nicht erhalten geblieben sind uns Erstexemplare nach den zwei anderen Konstruktionslösungen - den sich um den stehenden Elektromagneten stehenden Multiplikator (*Abb. 5-6*) bzw. den zweiten, sich um den stehenden Elektromagneten drehenden

anderen Elektromagneten (Abb. 7-8) bzw. sind solche Drehwerke bisher nicht bekannt. Dass Jedlik jedoch erneut solche Geräte konstruierte, beweist das obige "Inventarium", auf dessen Seite 126 folgende Eintragung zu lesen ist:

Nummer 18. "Apparat bei welchem während sich ein Elektromagnet um seine eigene Achse dreht, ein Multiplikatorum den Elektromagneten in entgegengesetzter Richtung rotiert. /Erdacht von Jedlik./(...)Angefertigt: Jackwitz, 1857, Preis: 30 Forint"

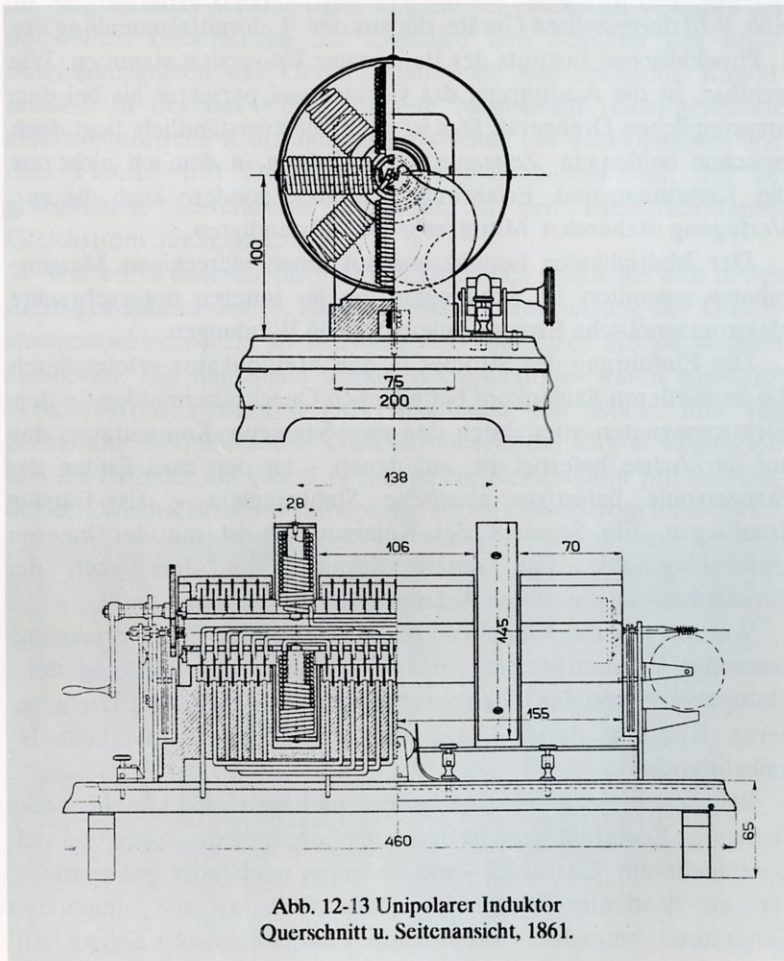


Abb. 12-13 Unipolarer Induktor  
Querschnitt u. Seitenansicht, 1861.

Nummer 20. "Elektrodynamischer Apparat, bei dem zwei Elektromagneten übereinander, oder in der Mulde eines elektromagnetischen Multiplikators untergebrachten Drehwerks in entgegengesetzter Richtung in Rotation kommen, wenn durch die Leitung der Strom einer Bunsenbatterie geführt wird. Die Rotierung kann mittels des einen oder anderen Stromrichtungswechslers gleich in entgegengesetzte Richtung umgewandelt werden. (Von Jedlik erdacht)."

"Angefertigt: József Vágner, 1859. Preis: 30 Forint, 40 Kronen"

Eine dieser beiden Beschreibungen bezieht sich auf die in *Abb. 9-10* dargestellten Geräte, die aus der Lehrmittelsammlung des 1. Physikalischen Instituts der Budapester Universität stammen. Wie sichtbar, ist die Ausführung des Gerätes viel perfekter als bei dem ursprünglichen Drehgerät. Das ist ganz selbstverständlich, liegt doch zwischen beiden ein Zeitraum von 30 Jahren, in dem ich nicht nur die Kenntnisse und Erfahrungen Jedlks, sondern auch die zur Verfügung stehenden Mittel sehr vervollständigten.

Der Multiplikator besteht aus auf einen viereckigen Messingrahmen gespulten 19 Windungen, die im Inneren untergebrachte elektromagnetische Erregerspule hat 2 x 55 Windungen.

Die Einführung des Stromes in den Multiplikator erfolgt durch die im mittleren Säulenkopf befindlichen Quecksilbermulden, in den Elektromagneten aber durch den zwei-Segmente-Kommutator, der auf der Achse befestigt ist, auf denen – an den zwei Enden der Erregerspule befestigte elastische Stahlzüngelein – als Bürsten draufliegen. Ein Segment des Kommutators ist mit der inneren Quecksilbermulde, das andere Segment mit dem auch der Stromzuführung dienenden Achsenzapfen verbunden.

Werden auf die Klemmen A und B einige Volt Spannung geschaltet, kommen auf dem Prinzip "Wirkung - Gegenwirkung" der Multiplikator und der Elektromagnet in entgegengesetzte Drehung, deren Richtung durch Umschalten des Wandlers der Seite B umkehrbar ist.

Bei jenen jetzt beschriebenen und nur für Laborzwecke dienenden Konstruktionen ist der unipolare Induktor schon von viel maschinellerem Charakter – wie ich später noch aufzeigen werde –, der als Vorläufer-Zwerg der modernsten grossen unipolaren Generatoren betrachtet werden kann. Charakteristische Eigenschaft

der unipolaren, oder anders gesagt der homopolaren Maschinen ist – wie auch schon ihr Name zeigt –, dass die Polarität des Magnetfeldes konstant ist, in den Leitern die elektromotorische Kraft immer durch das gleichgerichtete und gleichstarke Magnetfeld induziert wird. Die elektromagnetischen Rotorgeräte von Faraday waren eigentlich immer unipolare Geräte, da sich bei ihnen der Stromleiter immer nur in einem Feldpol des Stahlmagneten, bzw. in einem gleichgerichteten konstanten eld drehte. Am charakteristischsten ist dafür die sog. Faraday-Scheibe (Abb. 11), die der einfachste Vorfahre der unipolaren Generatoren ist. Zwischen den Schäften des Stahlhufeisenmagneten des Gerätes steht eine sich drehende Kupferscheibe, in der das gleichgerichtete Magnetfeld radial-gerichtete elektromotorische Kraft induziert. Zwischen der Scheibenachse und dem Flansch tritt also ein Spannungsunterschied auf, der auf geschlossene Leiterkreise geschaltet, in den Kreis konstanten Gleichstrom durchleitet.

Wie wir in unserem historischen Rückblick sehen, hat sich in den dreissiger Jahren des 19. Jahrhunderts die Entwicklung der Gleichstrommaschinen nicht in Richtung der unipolaren Konstruktionen entwickelt. Die damaligen stärkeren Generatoren waren eigentlich Wechselstromgeneratoren (z.B. Maschinen von Nollet und van Malderen, 1849) und sofern Gleichstrom erforderlich war, begnügten sich die Erfinder mit einem zwei-Segment-Kommutator pro Polpaar, der den Wechselstrom in stark pulsierenden Gleichstrom umformte.

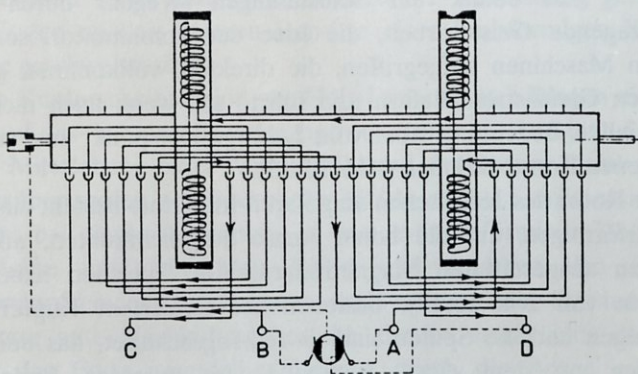


Abb. 14 Schaltschema des einpoligen Induktors (A, B, C u. D = Klemmen)

Die Erklärung dafür ist, dass das praktische Ziel in erster Linie eine geeignete verhältnismässig hohe Spannung für die Beleuchtung mit dem elektrischen Bogenlicht war, wobei die Stromqualität (Gleichmässigkeit) eine untergeordnete Rolle spielte.

Leicht gelöst werden konnte diese Aufgabe mit sich zwischen Magnetpolen drehenden, einfach reihengeschalteten Spulen. Die gegenüber bei den unipolaren Maschinen – in Anbetracht dessen, dass das konstant gerichtete Magnetfeld in sämtlichen darin beweglichen den Leitern gleichgerichtete elektromagnetische Kraft induziert – die Reihenschaltung der Leiter nur dann möglich ist, wenn der Verbindungsleiter der Wirkung des Magnetfeldes entzogen wird. Vom Gesichtspunkt der Konstruktionsausführung ist das keine einfache Aufgabe, was am besten die Tatsache beweist, dass dies für Starkstrommaschinen einwandfrei praktisch nur 1905 der Ingenieur Jakob Noegerrath, der amerikanischen General Electric Co. verwirklichte.

Es scheint, dass Jedlik mit den ungleichmässigen Gleichstromversorgenden Maschinen der fünfziger Jahre, bzw. die als Gleichstrom-motor benützt worden sind und ungleichmässig rotierten nicht zufrieden war. Anstelle dagegen, dass er sich ausländischen Zeitgenossen, der von Ritchie bezeichneten Tendenz angeschlossen hätte – die bekanntlich nur 1864 von Antonio Pacinotti, Professor in Pisa, mittels Ringarmaturen und Vielsegment-Kommutatoren, also zu den ersten wirklichen Gleichstrommotoren, führte – hat Jedlik auf selbständigen Wegen, durch seine hervorragende Geistesarbeit, die Idee der kommutatorlosen unipolaren Maschinen aufgegriffen, die direkten, vollkommen gleichmässigen Gleichstrom liefern und führte sie, wenn auch nicht zur industriellen Bedeutung, aber vom Laborgesichtspunkt aus, zu sehr gelungenen Konstruktionen (*Abb. 12-13*).

Der Rotor des Jedlikischen unipolaren Induktors besteht aus zwei, zylinderförmigen, auf die hohle Achse aufgeschraubten, mit vier Speichen ausgestatteten Magneträdern. Alle Speichen haben ein Gewinde von  $2 \times 16(17)$ , bestehen aus isoliertem Kupferdraht-Windungen und die Spulen sind so reihengeschaltet, dass bei ihrer Erregung auf dem einen Rad alle vier äusseren Enden der

Eisenspeichen eine Nordpol-Magnetisierung, beim anderen Rad dagegen eine Südpol-Magnetisierung erhalten.

Aus dem Eisenflansch der Räder tritt also ein Radial-Magnetfeld aus, was durch die Luft von einem Rad zum anderen leitet und dagegen an den inneren Enden der Speichen sich durch die Wand der Hohlachse sperrt. Um das zu verwirklichen ist der zwischen den zwei Magnet rädern fallende Teil aus einem Eisenrohr gebildet.

Die Leiter, in denen das strahlengerichtete Drehfeld elektromotorische Kraft induziert, sind nebeneinander, auf dem Boden des aus Holz gefertigten Rumpfes der Maschine, in der Mulde untergebracht. Zu jedem Magnetrad gehören sechs Stück Kupferdrahtleiter mit 3 mm Durchmesser, aus isoliertem Kupferdraht.

Dessen, im rechten Winkel aufgerichtete zwei Enden, durch den Rumpf in je eine mit Quecksilber angefüllte kleine Mulde führen. Diese kleinen Mulden werden durch jene aus dünnem Holz bestehenden Quermauern gebildet, die sich in dem die Hohlachse umgebenden zylinderförmigen Raum, senkrecht in die Achse eingeführt, befinden. Jedes Magnetrad hat auf den beiden Seiten je sechs, also insgesamt 24 solche kreisförmige Mulden.

Das Problem der unipolaren Maschinen, die Reihenschaltung der Leiter, hat Jedlik sehr geistreich gelöst; dadurch, dass er die Verbindungsleiter im Inneren der hohlen Achse, also in einem Raum der frei vom Magnetfeld ist, untergebracht hat.

Im zylinderförmigen Hohlraum der Achse hat jedes Magnetrad entsprechend sechs Leiter, deren ebenfalls rechtwinklig gebogene zwei Enden an den inneren Rand je einer kreisförmigen Kupferscheibe geschweisst sind.

Die Kupferscheiben sind mit Holz-Distanzhalter-Ringen abwechselnd auf das Achsenrohr aufgezogen und zwar so, dass jede Scheibe in die Mittelebene einer Mulde fällt und der untere Rand in den Quecksilbertropfen am Boden der Mulde reicht. Leicht ersichtlich ist, dass bei dieser Anordnung in dem zylinderförmigen Hohlraum der Achse untergebrachten Leiter und zwischen den in den Statorumpf eingebetteten Leiter, auch während der Drehung eine konstante gute Verbindung besteht, die es ermöglicht, dass der Stator das Ende irgendeines Leiters, durch die Achse mit dem Anfang des folgenden stehenden Leiters verbunden werden, d. h.,



dass die zum betreffenden Magnetrad gehörenden sechs Leiter reihengeschaltet werden.

Auf die gleiche Weise dienen auch die zu den Magneträdern gehörenden zwei Spulen mit je sechs Gewinden und schliesslich dienen ebenfalls je eine Quecksilbermulde und Scheibe zu der Verbindung der acht reihengeschalteten Magnetspulen, bzw. deren äusserer Enden, mit den auf dem Sockel der Maschine angebrachten Klemmen A und C.

Erwähnenswert ist, dass sich die dünnen Zapfen des Rotors in einem kleinen Sattel drehen. Dieser kleine Sattel wird durch den Rand, der an beiden Seiten durch je zwei mit grossem Durchmesser gegeneinander verschobene Achsen-Messingscheiben gebildet. Dies kann man als den Urtyp des heutigen Zylinder-Rollenlagers betrachten und als solcher ist die Rollenreibung der Zapfen sehr gering.

Zur Drehung des Rotors dient eine Kurbel und eine Zahnradübersetzung. Der sich an einem Achsenende befindliche zylinderförmige Stromunterbrecher und die sich an der anderen Seite befindliche Schraubenradkonstruktion sind keine wesentlichen Bestandteile der Maschine. Sie dienen zu verschiedenen Versuchszwecken - letztere wahrscheinlich zum Antrieb der Teilmaschine für optische Gitter.

Falls wir in *Abb. 14* dargestellten Version zwischen den Klemmen B und C eine Stromquelle mit 4-6 Volt schalten, kommt die Maschine als ein reihenunipolarer Motor in Drehung, die Drehungsrichtung kann durch Umschalten des Kommutators vertauscht werden.

Falls wir bei den Klemmen C und B mit einem sehr empfindlichen Strommessgerät, mit kleinem Innenwiderstand, kurz schliessen und den Rotor mit Hilfe der Kurbel in schnelle Drehung bringen, induziert der Influenz-Magnetismus in dem geschlossenen Leitungskreis der Magneträder den Strom. Dieser Strom, der bei dem entsprechenden Stand des Kommutators durch die Windungen der Magneträder in die richtige Richtung fliesst, verstärkt den vorhandenen Magnetismus, d.h. die Maschine funktioniert als ein selbsterregender unipolarer Reihendynamo.

## Ausblick

Aus heutiger Sicht der Elektrotechnik müssen wir Jedliks Maschine mit grösster Anerkennung betrachten. Sein Erfindungsgeist hat nicht nur prinzipiell, sondern auch bei der Konstruktionslösung absolut Originales und Richtiges geschaffen.

Die heutigen erfolgreichsten Konstruktionen unipolarer Generatoren sind die von Noegerrath. Von diesen wurden in Amerika auch grosse Einheiten mit 2000 kW Leistung gebaut, diese bestehen auf demselben Prinzip, mit dem Unterschied, dass, was sich bei der Jedlik-Maschine dreht, das steht bei der Noegerrath-Maschine und umgekehrt. In der Noegerrath-Maschine sind die aktiven Leiter in den Eisenkörper des Rotors eingebettet und ihre Serienschaltung erfolgt in der Nute des Stator-Eisenkörpers, also mit Hilfe der im stehenden Magnetfeld befindlichen inaktiven Leiter. Die Verbindung erfolgt durch Ringe und Kollektorbürsten, die bei der Jedlik-Maschine den Messingscheiben und Quecksilberkontakten entsprechen.

Die einzige Unvollständigkeit der Jedlik-Maschine ist, dass das radiale Magnetfeld der Magneträder nur an einem Punkt des Umfangs genutzt wird, während sich der grösste Teil des Magnetfeldes durch die Luft blind schliesst. Wenn Jedlik die aktiven Leiter nicht in die einzige Mulde des Holzrotors gelegt, sondern auf den ganzen Umfang verteilt und zum Schliessen des äusseren Magnetfeldes einen Eisenkörper verwendet hätte, hätte er so eine Maschine entwickelt, die über ihren Laborcharakter hinaus gewiss auch eine industrielle Bedeutung erlangt hätte.

Jedlik war jedoch in der hohen Sphäre seiner Wissenschaftsdisziplin ein andächtig forschender Wissenschaftler und kein praxisbezogener Industrieller. Der göttliche Funke wohnte in ihm, nicht nur einmal blitzte er zwischen den leisen Wänden seines Laboratoriums auf, aber er hat damit keine Fackel entzündet, die den Weg des Fortschritts der Menschheit erleuchtet hätte. Dies sind die Verdienste von Pacinotti, Gramme und besonders Siemens, die alle nicht so weit vom praktischen Leben standen, aber auch nicht an der Universität eines zertretenen, armen, kleinen Landes unterrichteten, wie er.

Diese Tatsache kann aber die Anerkennung Jedliks bahnbrechender Tätigkeit und Bedeutung nicht schmälern. Es war ein bedauernswerter Umstand, dass seine ganz bis zur Verschlussenheit reichende Bescheidenheit ihn davor zurückgehalten hat, rechtzeitig mit den Ergebnissen seiner Forschungen vor die Öffentlichkeit zu treten. Heute, nach hundert Jahren, können wir seine Tätigkeit in die Mosaiken der Technikgeschichte einreihen. Es ist kein Hindernis mehr, dass wir anhand der uns zur Verfügung stehenden unanfechtbaren Beweise, Jedlik als den Erfinder der ersten elektromagnetisch rotierenden Maschine und des sogenannten dynamoelektrischen Prinzips bezeichnen.

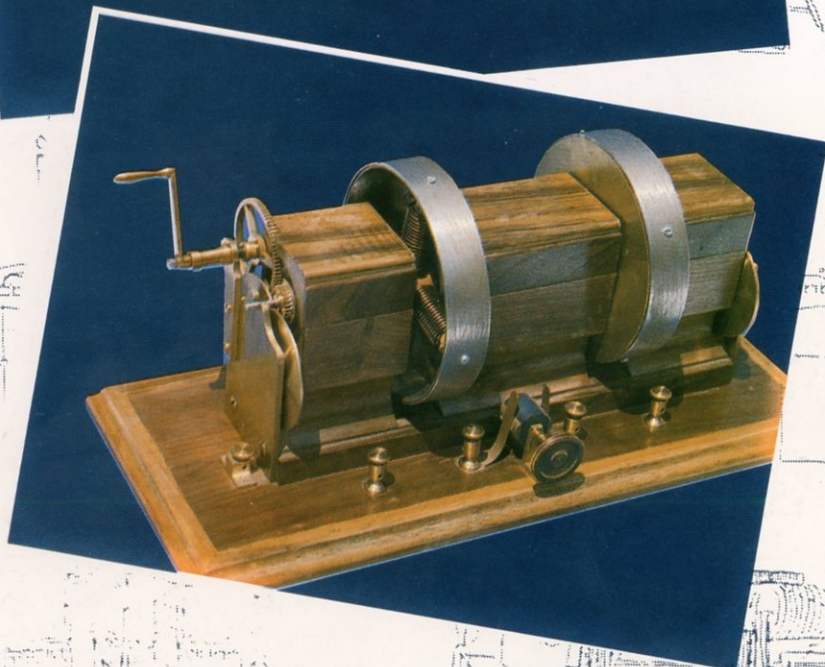
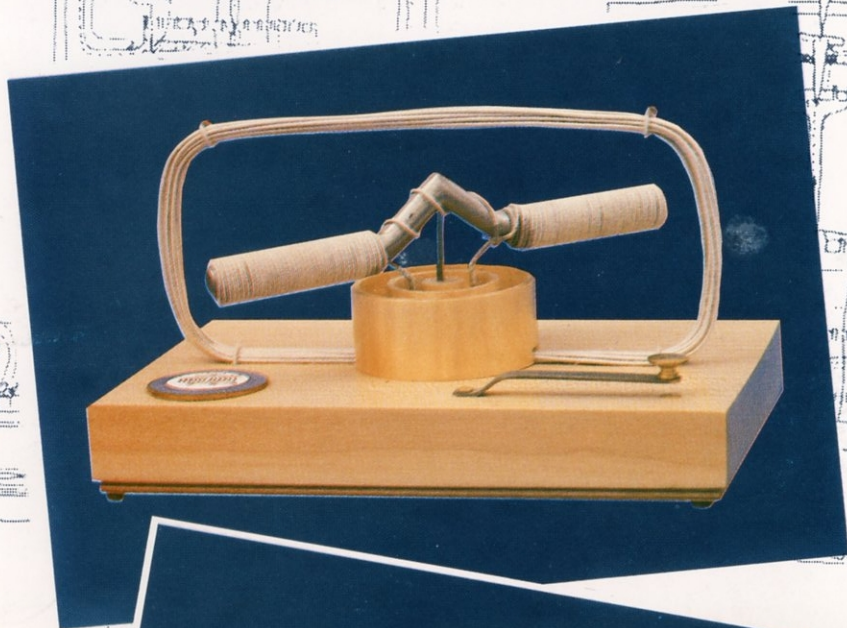
Im Gegenteil! Es ist unsere Pflicht in unserem Jahrhundert, in welchem der Erfolg meistens mehr Beachtung findet als die leise Anerkennung, so einen uneigennütigen, stillen Forscher der Naturwissenschaften, wie es Ányos Jedlik war, mit entsprechender Gerechtigkeit zu beurteilen.

Gewiss ist, dass sogar dem praktischen Leben engverbundene technische Wissenschaften auch nur dann die Kontinuität des Fortschritts geniessen, wenn anstelle der rein praktischen Gesichtspunkte sich auch – vor so einem in der Stille der Arbeit vertiefenden Wissenschaftler – die Tore des Pantheons öffnen.

Der die grösste Freude des Lebens in der l'art pour l'art Naturforschung fand und den Lohn seiner mühsamen Arbeit in je einer neuerforschten Erscheinung sah.

# Ányos Jedlik

a Hungarian pioneer of electricity



*The Ányos Jedlik Society would like to express its gratitude to the following Hungarians living in the United States for their generous support that contributed to the publication of this book in English:*

dipl. eng. Tibor Czakó  
dipl. eng. dr. László Javorik  
dipl. eng. Béla Kója  
dipl. eng. Zoltán Nyeste  
colonel vitéz István Simon

# Ányos Jedlik a Hungarian pioneer of electricity

by Professor László de Verebélyi

Ányos Jedlik Society  
Budapest, 1998

*A Publication of Ányos Jedlik Society 8.*

Edited by

**dr. István Gazda**

Head of the Institute for the History of Hungarian Sciences

Preface by

**Árpád Király**

General Secretary of the Ányos Jedlik Society

Typography by

**Ildikó Vargha**

**Gergely Gazda**

Cover photo by

**Ferenc Markovics**

**Ferenc Németh**

ISSN 1217-6575

ISBN 963 03 6388 7

©Legal successor of dr. László Verebélly, 1998

Published with the assistance of Hungarus Limited Partnership

Printed by SzüpeX Print and Graphics Studio, Budapest

## Preface

The Ányos Jedlik Society, established on 22<sup>nd</sup> April 1993 at Budapest considers his honourable duty to re-edit the nowadays not easily accessible books, scientific papers, manuscripts written about its denominator. The Society hopes to provide thereby adequate information—both home and abroad—partly on the activity of the first great Hungarian electrical engineer, partly on the scientist himself: the Benedictine monk, the university professor and the patriot.

It is therefore my pleasant duty to put before you a paper of professor Verebélly, written in 1928. I feel this preface is lacking completeness, if the paper's author, professor Verebélly himself is not introduced shortly as well.

Professor Verebélly was born in 1883. His present paper appeared 1928 in the periodical of the Hungarian Electrotechnical Society, to establish Ányos Jedlik in the ranks of physicists and pioneers of electrotechnics for the past century.

When the paper was published in 1928, Professor Verebélly was in charge of the chair for electrical power plants and railways at the Budapest Technical University.

The author of this preface, who was once a pupil of professor Verebélly himself cannot escape his opinion that the personal characteristics of these two men were in many cases very similar, sometimes in total agreement. That applies to the conceptual independence, the intellectual curiosity, the perseverance, the love of their country and the almost total lack of the quest of fame.

This parallelism can be further extended. Both had almost paternal feeling and appreciation toward their pupils. Long is the list of Hungarian men of erudition, who under the watchful guidance of Jedlik became physicists, respectively distinguished engineers in the laboratory and plants of the electrical industry.

It is finally my firm conviction that both these men are entitled to a positive reappraisal of their role in the Hungarian history of science. That is, why our Society turns to the much quoted Verebélly paper on Jedlik, publishing it again after 70 years.

November 1998, Budapest

**Árpád Király**  
dipl. elec. eng.  
General Secretary of the  
Ányos Jedlik Society



## Introduction

Famous masters and modest workers are building up the ever increasing magnificent edifice of our knowledge of natural science. The genius of the former, generally crowned by the acknowledgement of their contemporaries, constructs at single strokes whole aisles of this edifice and their wide mental horizon fixes the trend of development for many decades, even for centuries in advance. The in details absorbed silent work of the latter, usually almost unknown even to their closest surroundings, compiles one by one the stones, the importance of which—from the point of view—of the whole edifice remains sometimes unrevealed even to themselves and of which often the devoted investigation of posterity only makes clear that these stones are the organic parts of a mighty pillar from which in the course of time issued a range of epoch-making inventions.

In this latter group of erudite researchers ranks that honourable eremite of the 19th century's Hungarian scientific life whose work we wish to illustrate and to appreciate in this paper, bowing before him the flag of our homage.

The excellent natural philosopher of our days, Ramón y Cajal, designates five properties which the cultivators of science must absolutely possess to make their work successful. These properties are: spiritual independency, intellectual curiosity, perseverance in work, patriotism and desire of fame.

In the interesting individuality of *Ányos Jedlik* we find all these properties with the exception of the last one which he lacked not only by his innate modesty but also by the spirit of his monastic state which penetrated his whole being. "The timid seclusion—says Baron Loránd *Eötvös* in his memorial speech—was his one great fault that prevented him from widening his scientific horizon by intercommunication with others and, vice-versa, which hindered him from animating others by his own science (...) Jedlik went lonely on the way he traced for himself and yet he trod more than once upon the path of the great inventions that make the glory of the past century. He searched much and found much, but as he did not publish his work, his compatriots took no notice of it, his inventions remained unknown abroad, and therefore his name scarcely appears in the scientific literature on the list of the XIXth century inventors."

It was considered to be the Hungarian Electrotechnical Society's duty to make up for this at the memorial meeting held on the 3rd May 1928, for which we got out from the time-honoured vaults of the seminary of the ancient Abbey in Pannonhalma and from the scientific collection of the I. Physical Institute

of the University of Sciences in Budapest, where they have been reposing so long, Jedlik's small machines in order to give palpable proof of the creative mind of their master and to witness the pious reverence with which the Hungarian electricians wish to pay homage to the memory of the first Hungarian pioneer of electricity.

Non omnis moriar.

Ányos *Jedlik* was born at the dawn of the great century of renaissance of the natural sciences, on the 11th January 1800 at Szimő (County Komárom, Hungary), from simple and poor farmers. He began his secondary school training at Nagyszombat, continued the same in the grammarschool of Pozsony and after having finished these studies, he entered, in the 17th year of his life, upon his parents desire and also following his own individual inclination, the St. Benedictine order. He received his monastic disciplines and his higher scientific education in the famous seminary of the Pannonhalma Abbey, where in 1822 the doctor's degree of philosophy was conferred upon him and where he was ordained priest in 1825. Immediately thereafter he began his long career as teacher. He taught physics first at Pannonhalma and then at Győr. In 1830 he went to the Academy of Pozsony. In 1840 he was appointed a professor at the University of Pest where he occupied the professorial chair of physics for 38 years, and wherefrom, after 53 years zealous activity, he retired in the seventy-ninth year of his life, in full mental freshness, to enjoy the well deserved rest.

Jedlik preserved his love of work and his desire of knowledge until his very last days. Even in his reclusion in Győr he continued his zealous work and when the slowly vanishing capacities of his oldering body began to trouble him in his investigations, he used to say desperately pointing at the books recently received: "If they would only send me also time with each one!"

His view of life is concisely characterized by the simple words he addressed on the 15th December 1895, a few days before his death, to a friend of his in Győr, saying: "My dear brother, my life was long, but work did never fatigue me; what would become of us if God' would deprive us of our ability to work?"

Jedlik's spirit was that of a typical researcher. His beloved home was the quiet laboratory, his greatest pleasure were the experiments, and all his delight was to make appear and to govern the mysterious forces of Nature by some small apparatus invented by himself and to unravel the magnificent laws revealing themselves. In his eyes physics were a source of delight completely filling out life. Once, when in his late old age a younger friar-fellow asked him: for which reason he had chosen just physics for the object of his studies and why not theology, which latter surely deals with the most sublime things,

he answered: "In any branch of science I could have learned sufficient and nice things, but in physics I not only learned but at the same time I enjoyed and delighted myself." At another occasion: "My dear young brother, I learned to know God much better from physics than you from theology."

His work was—similarly to that of *Faraday*—more of practical than of theoretical nature. For the latter he was lacking the necessary higher mathematical training. For this lack he was, however, compensated by the innate researching instinct of a genuine physicist, which led him also to untrodden paths and which enabled him to create original and even important things on more than one territory of the field of science cultivated by him.

Although his greatest work, for which the Hungarian Academy of Sciences elected him, in 1858, directly a regular member and for which he received the Academy's great prize, was "The physics of the heavy bodies" (1850), yet his interest was mainly devoted to optics and especially to electrophysics, which was in its most promising infancy at the beginning of the last century. Among his studies in optics his work "On the phenomena of the light rays and particularly on the inflection of the light rays" (1845), further his essay "On the modification of the Fresnel and Pouillet apparatus for light interference" (1865), finally his extremely fine optical grates which were well known even abroad, are worth mentioning. His manifold work in electrophysics might be characterised by his academic inaugural address: "Determination of the whole work of electric batteries" (1859), further by his essays entitled "Concatenation of Leyden jars specially assembled" (1863), "On tubular electric condensers" (1867) and "On the concatenation of electric condensers" (1879). These latter two essays referred to an interesting apparatus of his invention that became well known abroad and which the international jury of the Vienna International Exhibition (1873) rewarded with the Medal of Progress.

Much more important, however than all these, are: the "electromagnetic rotor" and the "unipolar electric inductor", which apparatus throw a much stronger light on Jedlik's inventing, genius. Unfortunately these apparatus remained unknown to his contemporaries and the due estimation of same, from the point of view of the development of science, is incumbent therefore upon the historian of posterity.

## The electromagnetic rotor

Our generation, living in the era of triumphant electrotechnics, must look back more than a hundred years in the history of physics, in order to arrive at those feverish investigations, started within the walls consecrated to the "pure science" of the laboratories, which investigations inspired scientists to endeavour to penetrate into that miraculous new world of the "imponderabilia", the doors of which were disclosed by the accidental observation made by the anatomist of Bologna, Luigi *Galvani*, on frog legs on the 30th August 1789, and respectively, by the results of the experiments Alessandro *Volta* made with his electric pile, discovered at the end of 1799 and presented on the 26th June 1800 before the Royal Society in London.

The most prominent amongst these inventions and of cardinal importance was the discovery of the Danish physicist Hans Christian *Oersted*, professor at the University of Copenhagen, published in his essay dated June 21st 1820, which—revealing, the effect of galvanic current on the magnetic needle—enlightened the long since foreboded correlation between electricity and magnetism.

The inflamed torch of the new branch of science was next carried further by the sagacious professor of the Collège de France, André Marie *Ampère* who, on the 18th September 1820, not more than one week after *Oersted*'s discovery was made known in Paris by *Arago*, appeared with a new discovery of great importance, before the Institut de France, proving the effect that galvanic currents exert upon each other, and laying down by this discovery the foundations of electrodynamics.

A few weeks later, on the 10th November 1820, the manysided Dominique François Jean *Arago* reported on his observation, viz.: that current-conductors have magnetic properties, attract iron-filings, and that the soft iron or the steel-needle placed inside a coil called by *Ampère* "solenoid", becomes, under the effect of the current, a temporary or, respectively, a constant magnet.

The rank of inventors having laid down the foundations of electrotechnics is closed by Michael *Faraday*, who became from bookbinder one of the most eminent experimenter of all times and who, while being director at the laboratory of the London Royal Institution, discovered according to his diary on the 29th August 1821, that the current influences not only the magnetic needle and another circuit independent from it, but also that the closing or opening of any circuit induces electric current in any other closed circuit in its proximity, thus also in itself—this current being, however of transient nature only. This is the phenomenon of the mutual or respectively of the self-induction, from which in *Faraday*'s

brain—always inclining to realities—issued the basic element of the most fertile hypothesis of electrotechnics: that of the electromagnetic lines of force.

At this epoch, in which physics were full of great discoveries and new ideas closely following each other, young *Jedlik* starts his career, when in autumn 1825, immediately after having been ordained priest, he is nominated—among others—a teacher of natural science in the college of his order. It may easily be understood that this young friar, absorbed by the love of his science and inclined to research, turns all the interest of his susceptible mind to the new branch of science which suggested such enormous possibilities: to electromagnetism. After having made himself acquainted, from foreign reviews, with the fundamental phenomena and with the apparatus designed for demonstrating the same, he also begins to experiment and when studying the effect of current on a magnet, he places, following his own original idea, a strong electromagnet into the *Schweigger* multiplier instead of a feeble magnetic needle. It is certainly the great declination so obtained that suggested to him the possibility of making use of the repulsive force for the realisation of constant rotation.

(J. S. Ch. *Schweigger*, Professor of physics and chemistry at the University of Erlangen and later at the University of Halle, used a multi-turn wire coil wound on a square wooden frame, in order to increase the effect of current on the magnetic needle. He presented this apparatus called *multiplier* before the Society of Natural Sciences of Halle in September 1820 shortly after Oersted's fundamental discovery.)

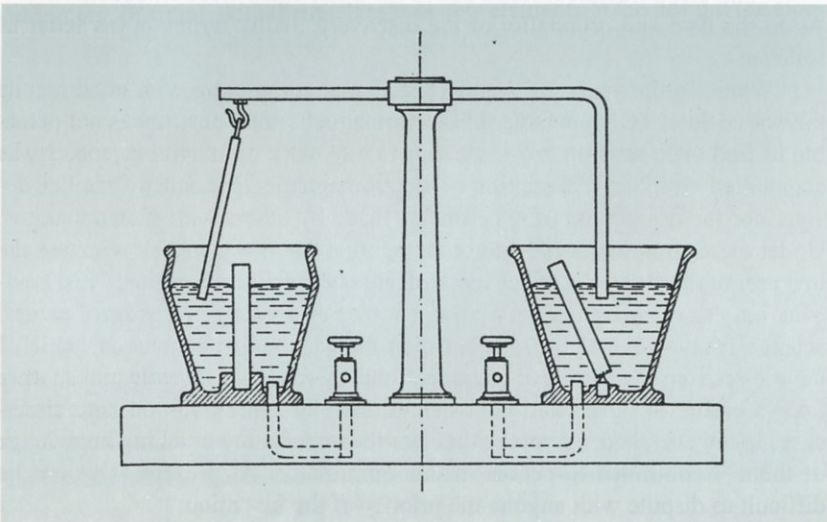


Fig. 1. Rotating device of Faraday, from 1821.

The nature of the discovery is characterised by the following words extracted from a letter Jedlik addressed to A. Heller, Secretary of the Hungarian Academy of Sciences, on the 18th February 1886, the draft of which is now in the collection of manuscripts of the Pannonhalma Abbey, where he says: "... since, from the position where it stands parallel to the plane of windings of the multiplier, the electromagnet would, under the magnetic effect of the multiplier, come to a stillstand again at the point where its direction is at right angle to the plane of the windings of the multiplier, therefore, in order to prevent its stopping at those places and, moreover, to cause the electromagnet to continue its rotating motion without interruption; the design of the multiplier has to be modified in such a way, that the current passing through the winding of the electromagnet becomes reversed at the points where the direction of the electromagnet forms a rightangle to the plane of the windings of the multiplier".

It is characteristic to the fertility of Jedlik's mind that on this principle he at once elaborated three kinds of rotating apparatus (which he illustrates in his above mentioned letter by rough sketches), viz.:

in the first apparatus the multiplier coil stands still and the electromagnet rotates in it;

in the second the electromagnet stands still and the multiplier coil rotates around it; finally

in the third apparatus the multiplier is replaced by an electromagnet so that one electromagnet rotates above the other fixed electromagnet.

As to the date and originality of the discovery, Jedlik writes in his letter as follows:

"When, in the years 1827 and 1828, I was completing with good results the above described apparatus for electromagnetic rotations, it was not possible to find or to read, in any review or in any work on natural science I was acquainted with, any description of electromagnetic apparatus of similar design, nor the description of experiments made by others with such apparatus. Under these circumstances I was of the opinion that it was myself who was the inventor of the above described electromagnetic rotating apparatus. This, however, only as regards my own person, because as a young professor of natural science I have several times found that many natural phenomena, which I have discovered by my own judgment and by my own investigations, were known earlier to others and published already in some book on natural science, I, however, had not yet the time nor the opportunity of taking knowledge of them. I continued to persist in this opinion.(...) At present, it would be difficult to dispute with anyone the priority of the invention."

We cannot share this quiet resignation of the retired scientist who worked only to satisfy his own intellectual desire. What his modest person, exempt from all vanity, refused to try though thoroughly conscious of his right, we shall do it now. We shall celebrate—as a homage to his spirit and to the glory of the Hungarian genius—after just hundred years, that joyful moment—which he used to remember still at his very old age—in which he first saw his small apparatus begin to rotate under the effect of the mysterious invisible electromagnetic forces.

\*

The first who succeeded in bringing into rotatory motion a current carrying conductor round a magnetic pole, was *Faraday* who reported this in a paper dated 11th September 1821. Faraday then constructed several ingenious small apparatus to demonstrate the reciprocal effect, in which apparatus there rotated either an appropriately shaped current carrying conductor round one pole of a rod-shaped steel magnet (see Fig.1.), or one end of a supported magnetic steel rod round a current carrying conductor. On the same reciprocal effect is based “*Barlow’s wheel*”, still nowadays well known in the physical laboratories, invented by Peter *Barlow*, Professor at the Woolwich Military Academy, in 1822 (see Fig.2.). This apparatus consists, as well known, of a toothed copper disc placed between the two poles of a horseshoe steel magnet and plunging with its lower part into a pot filled with mercury. The disc begins to rotate when current flows in radial direction between its axis and the mercury.

It is at this point that *Jedlik’s* electromagnetic rotors join the chain of development, bringing with themselves two new elements in the design: the elec-

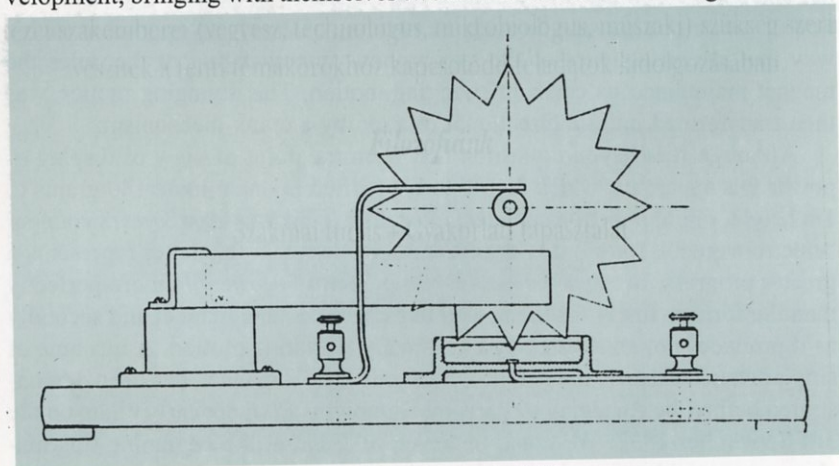


Fig.2. Barlow's wheel, 1822.

tromagnet replacing the steel magnet and the mercury-commutator. Although the date of the invention of these apparatus is not proved exactly by documents, it is certain that this had taken place before Jedlik was called to the professor's chair in Pozsony, consequently at the epoch between 1826 and 1830, from which years the memory of the old scientist designated—as we have seen it from his above cited letter—the years 1827 and 1828 as more exact limits.

Nowhere in the history of physics can we find any notice that the above mentioned two innovations—which we must claim as having been important ones in that early epoch of electrotechnics—have been applied by anyone before Jedlik. Therefore, we can consider it as fully proved that the inventor of the first rotating apparatus working on the basis of pure electromagnetic reciprocal effect was in fact Jedlik, who, with his customary modesty, states this fact in the following words: "I owe the same (i. e. the electromagnetic rotors) to my own endeavours on the basis of Oersted's, Ampère's, Schweigger's and other's discoveries."

Generally, the technical literature designates Salvatore *Dal Negro*, Professor of physics and mechanics at the University of Padova, as the inventor of the first electromagnetic motor. Dal Negro's machine, a similar one to which was constructed almost at the same time by Joseph *Henry* Professor in America, dates from 1831 and it is the first specimen of the group of the so-called *swinging motors*, inasmuch as the driving force was supplied by a steel magnet swinging to and for between the two poles of an electromagnet, the steel magnet changing—by means of a simple commutator—at each swing, the direction of the current passing through the winding of the electromagnet in such a way that in consequence of the synchronous interchanging of the poles the magnet maintained its constant swinging motion. This swinging motion was then transformed into unidirectional rotation by a crank mechanism.

Although it is beyond question that from the point of view of display of power this apparatus, which is said to have lifted in one minute 180 grams to 1m height, might rather be called *a motor* than Jedlik's at least 3 years younger "electromagnetic rotor", it is nevertheless evident that this latter represents a greater progress, because it resolves the problem *in principle* more perfectly than the former, firstly for the reason that it has no steel magnet and secondly as it produces not an alternating but directly a rotating motion. A machine of similar characteristics, but still provided with a steel magnet, has been demonstrated before the Academy of Paris by Hippolytus *Pixii* not earlier than on the 3rd September 1832. We must, however, add that at the beginning this machine was capable of producing alternating current only, and it has been trans-



formed into a direct current generator, or motor respectively, in the next year only when, upon Ampère's suggestion, it has been equipped with a Clarke commutator. It consisted of a steel horseshoe magnet revolving round a vertical axis, above which, opposite to its poles, two coils were placed connected in series and wound on a soft iron core. If, by means of a handle, the magnet was rotated rapidly alternating current was induced in the coils, this current being rectified by the commutator. Vice-versa, if the coils were excited from a separate source of current, the magnet began to rotate, whilst the polarity of the coils was changed synchronously by the commutator fixed on the shaft. The Scotch William Ritchie inverted in 1833 the elements of Pixii's machine ap-

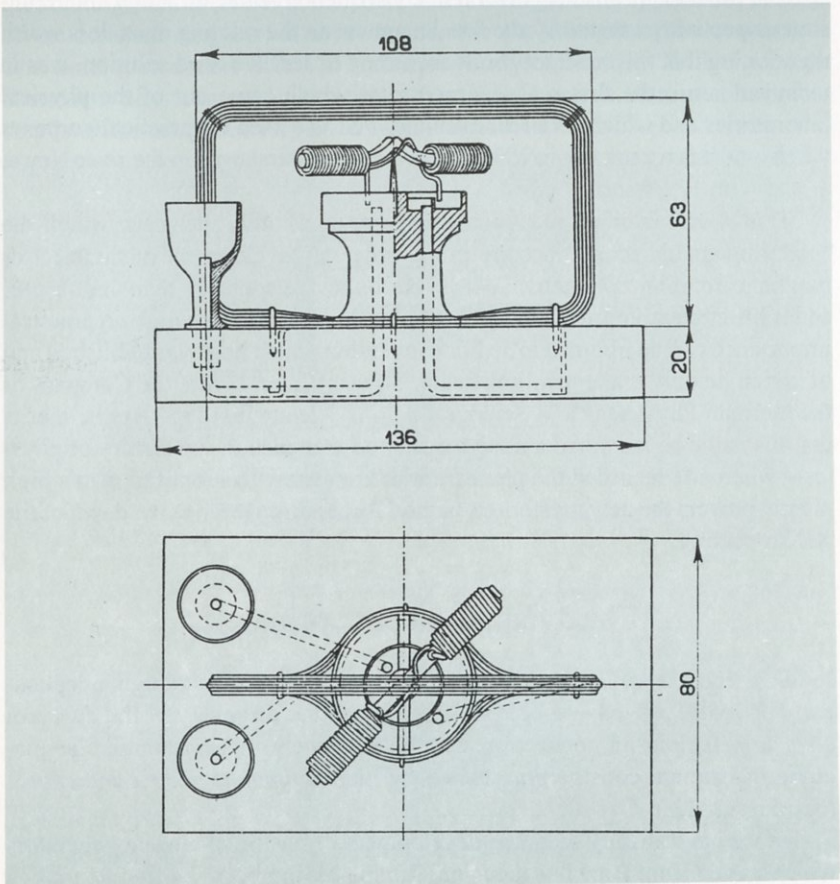


Fig.3-4. The first Jedlik machine

plying a fixed steel magnet and rotating coils, making thus further progress in the direction of the later development of the electric machines.

It is only about six years after Jedlik's discovery that we meet again the essence of his invention, i. e. the merely electromagnetic rotation, in the motor demonstrated in 1834 before the Academy of Paris by Moritz Hermann *Jacobi* the physicist of German origin. This machine consisted of two times twelve horseshoe electromagnets radially disposed and fixed on two star-shaped wooden plates, between which there was placed as rotor a wooden star with 6 arms holding 6 pairs of rod-shaped electromagnets. A four-disc commutator fixed on the shaft changed the direction of the exciting current at due moment so as to produce a constant rotation in consequence of the attraction and repulsion respectively exerted by the fixed magnets on the rotating ones. It is worth mentioning that this machine, built according to Jedlik's third solution, was in technical sense the first real electric motor which came out of the physical laboratories and which, as a real machine, was also used for practical purposes when—as it is reported—in 1838 it drove in St. Petersburg, up the river Newa, a boat with 12 persons.

This short historical retrospection clears up entirely the place which the "electromagnetic rotors" occupy in the order of development of the electromagnetic rotating apparatus, and proves quite indisputably that Jedlik precedes his contemporaries in this domain by several years. Though no practical importance can be imputed to Jedlik's invention which he never published and of which he only made mention, nearly 30 years later, before the Congress of the German Physicians and Scientists held in Vienna in 1856—yet he merits that his name be inscribed among the first on that page of the history of physics—where are recorded the pioneers who knew how to submit to man's high mental powers the new mysterious natural forces discovered at the dawn of the XIXth century.

## The dynamo-electric principle

Jedlik's second great invention, which in its consequences—though independently of Jedlik proved—to be epoch-making, is the discovery of the *dynamo-electric principle*, in connection with an extremely ingenious unipolar machine of original construction, called by him "*unipolar electric inductor*". (See Fig.12–13.)

As we have already seen, the development of the direct-current generators really started from Ritchie's machine, Ritchie having been the first to apply a fixed steel magnet and coils rotating in the magnetic field. This arrangement

was also ruling in the magnetolectric machines of *Saxton* (1833), *Clarke* (1834), *Wheatstone* (1841), *Stohrer* (1844) and of others, these solutions differing from each other merely in the relative arrangement of the constituent parts and, later on, in the number of the magnets applied.

It was for the first time in 1845, that the idea of replacing the constant magnets by stronger electromagnets came to *Wheatstone* and *Cooke* who have in that year patented a machine equipped with electromagnets excited from a separate source of current. *Jacob Brett* was the first who suggested to use the current of the machine for excitation in his patent dated from 1848, according to which the current induced by the constant steel magnets in the winding of the rotating part, after being rectified, is led through coils applied on the legs of the constant magnets, in order to increase the strength of these magnets. The same idea occurred in 1851, independently of Brett, to *William Joseph Sinsteden*, physician and physicist in Berlin, who made also in some other details of the machines very successful amendments.

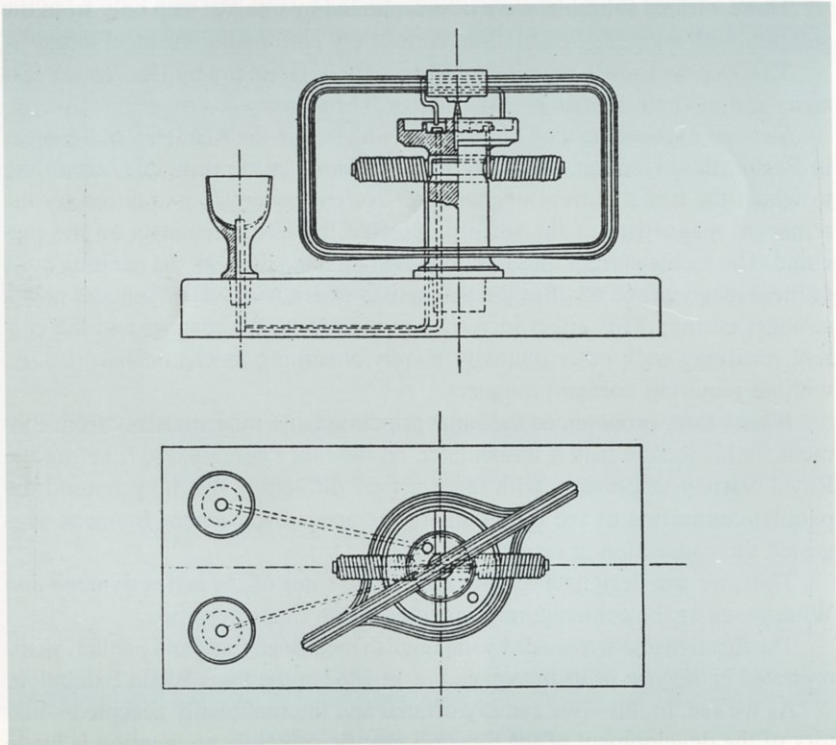


Fig.5-6. The second Jedlik machine

From that time it became general custom, to use in various alternatives, constant steel magnets as primary exciters and electromagnets excited by the current of the machine, as secondary or strengthening exciters.

The Dane Soren *Hjorth* constructs in 1855 a machine having, in addition to the steel magnets, strong electromagnets; these latter were excited by the current of the machine, initially induced by the steel magnets.

*Wilde*, from Manchester, demonstrates on the 13th April 1866 before the Royal Society in London a double machine set, in which the main current-supplying machine is equipped exclusively with electromagnets these being excited by the current of a small Siemens d. c. generator of the well known double T inductor type. On the same principle *Wilde* has also built a triple machine set, i. e. in which the current of the steel-magnet Siemens inductor excited the electromagnets of a second machine, and the current of the latter the electromagnets of a third machine, these being consequently so strong that a 15 H. P. steam engine was required for driving the whole set.

These various solutions were now separated by one last step only from the solution with entire self-excitation, completely eliminating the steel magnets.

This step was made nearly simultaneously in Germany by Dr. Werner *Siemens* and in Great Britain by Sir Charles *Wheatstone*.

*Siemens* exposed on the 17th January 1867 before the Academy of Sciences in Berlin, the invention, called by him *dynamo-electric* principle, according to which the initial current of the direct-current generator is induced by the remanent magnetism of the soft-iron core of the electromagnets on the machine. The feeble current thus obtained is conducted through the exciting coils of these magnets and fortifies the magnetism which, vice-versa, induces now a stronger current. This effect increases continuously, the magnet and the current fortifying each other mutually merely absorbing mechanical work i. e., without requiring constant magnets.

*Wheatstone*, pronounced the same principle quite independently from *Siemens*, in his lecture held 4 weeks later, on the 14th February 1867, before the Royal Society in London, with the practical difference that he proposed the parallel-connection of the field coils to the armature, whereas *Siemens* suggested the connection in series.

Thus, we can designate *Siemens* as the inventor of the series dynamo and *Wheatstone* as the contemporary inventor of the shunt dynamo.

The first dynamo was made by the English mechanist *Ladd* and publicly demonstrated in the year of its invention, i. e. in 1867 at the Paris World Exhibition.

As we see, in this—we can say official and internationally accepted—history of the development of the dynamo-electric principle no mention is made

of Jedlik, though he had discovered and applied this principle in his ingenious small machine several years before Siemens and Wheatstone. By good fortune, the machine exists and together with the relative original contemporary documents it incontestably proves Jedlik's priority.

Let us see what the faded notes report. The I. Physical Institute of the University of Sciences in Budapest possesses an 'Inventarium' dated 1859, and started by Jedlik, he then being professor and director of the institute. On page 127 of this Inventarium we read /translated/:

"XVII. Main Section: Electrical Instruments. E. Sub-Section: Electrodynamic Apparatus."

Item 24.:

"Unipolar Inductor in the multiplier of which, made of thick copper wire and having not more than 12 turns, an uninterrupted electric current is induced if we bring its horizontal cylinder thus shaped ... into rotation with the aid of the toothed wheel attached to it, after having made it an electromagnet by using

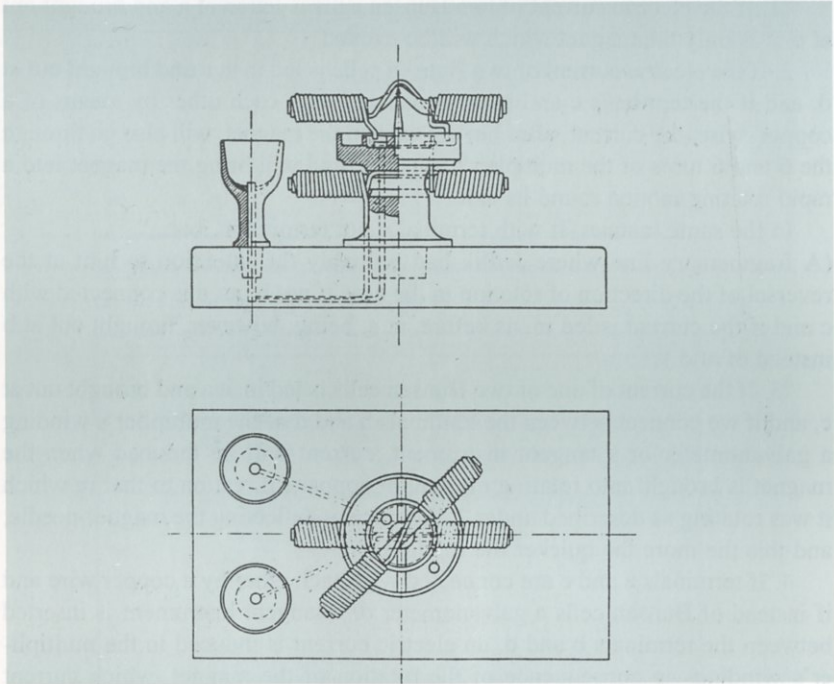


Fig.7-8. The third machine

the current of one or more Bunsen cells. If the current of two or more Bunsen cells is duly led through its multiplier too, the mentioned cylinder begins to rotate rapidly by itself, it being possible to reverse the direction of rotation by the commutator fixed on the baseplate of the apparatus. To facilitate the use of the apparatus its short description and directions for use are to be found on a sheet attached to the baseplate.”

“Invented by Ányos Jedlik, made in Nuss mechanist’s shop in Pesth.

Procured in 1861.

Price 114 Fl. 94 kr.”

The description attached to the apparatus is also Jedlik’s manuscript. On one side of the faded sheet (see Fig. 14.) the diagram of connections of the machine is shown. Above this we see a few lines written with pencil, this being a fragment of the first draft of the directions for use. The detailed directions for use are given on the other side of the sheet where, with reference to the corresponding letters of the diagram, we can read the following text /translated/:

“1. If the electric current of two Bunsen cells is led in at a and brought out at c, it is only the magnet which will be excited.

2. If the electric current of two Bunsen cells is led in at a and brought out at d, and if the terminals c and b are connected with each other by means of a copper wire, the current, after having excited the magnet, will also go through the 6 and 6 turns of the multiplier’s winding, and will bring the magnet into a rapid rotating motion round its axle.

In the same manner, if with terminal c not terminal b, but...”

(A fragmentary line where Jedlik had probably the intention to hint at the reversal of the direction of rotation in the case if not b but d is connected with c and if the current is led in, as before, at a, being, however, brought out at b instead of at d.)

“3. If the current of one or two Bunsen cells is led in at a and brought out at c, and if we connect between the terminals b and d of the multiplier’s winding a galvanometer or a tangent instrument, current will be induced when the magnet is brought into rotating motion, in opposite direction to that in which it was rotating as described under 2, this current deflecting the magnet-needle, and this the more the quicker the rotation.

4. If terminals a and c are connected with each other by a copper wire and if instead of Bunsen cells a galvanometer or a tangent instrument is inserted between the terminals b and d, an electric current is induced in the multiplier’s windings in consequence of the rotation of the magnet, which current passing through the winding of the rotated magnet, makes the magnet stronger,

this latter inducing again a still stronger current, and so on.”  
 (At this point a mistake slipped in Jedlik’s manuscript inasmuch as he put the letters a and b one for another. Namely, the connection of terminals a and c with each other would short-circuit the winding of the magnet and the current induced in the multiplier’s winding could not flow through it. The correct text would be: “If the terminals b and c are connected with each other by a copper wire and if instead of Bunsen cells a galvanometer or a tangent instrument is inserted between a and d... etc.”)

Point 2. of this description refers to the machine running as a series motor and point 3. to its operation as a separately excited generator. Finally, point 4. quite clearly pronounces and applies the “dynamoelectric principle”, explaining the manner of operation of the self excited direct-current generator, the field winding and the armature (multiplier) of which being connected in series and the initial current being; induced by the remanent magnetism of the magnets, without any external source of current.

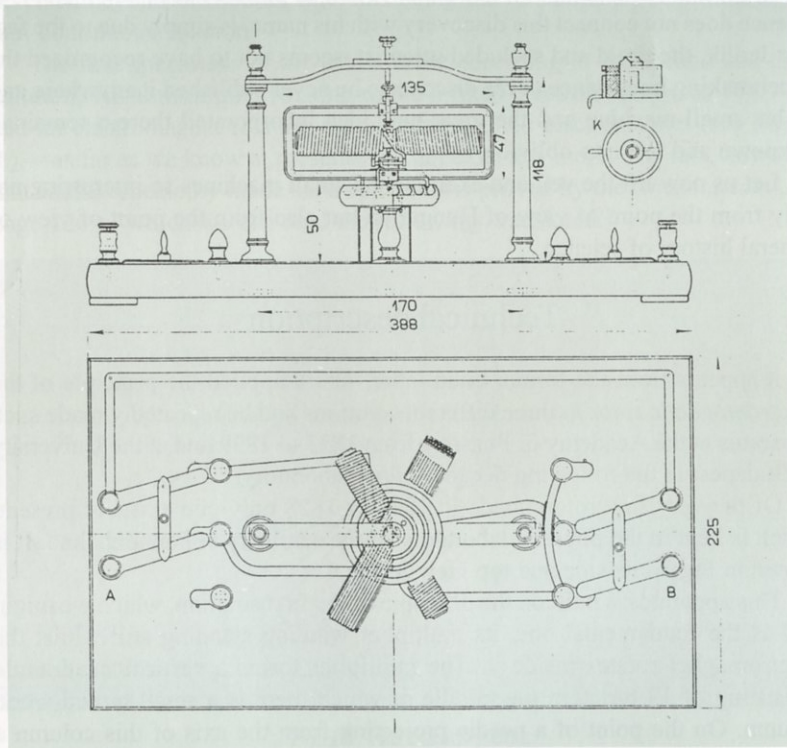


Fig.9-10. The large machine

As to the date of the discovery, Baron Lorand Eötvös and Jenő Klupathy, both Jedlik's successors in the professor's chair, who were personally acquainted with the old scientist, noted that according to Jedlik's own recollection and to the recollection of the mechanist Nuss the unipolar inductor was already completed in some year between 50 and 60 of the last century and that it had only been inventoried in later years, when it had already appeased the thirst for knowledge of Jedlik's researching spirit and after having been in practical operation for a long time driving the dividing-machine that Jedlik used in making his very fine optical grates.

When deciding the priority, we may, however, without doubting their correctness—conscientiously pass over these statements of subjective nature, which in the perspective of times might have become uncertain.

The year 1861, noted in the inventory authentically and undeniably proves that, Jedlik discovered and even applied the dynamometric principle at least 6 years before Siemens and Wheatstone. That, in spite of this, the history of science does not connect this discovery with his name, is simply due to the fact that Jedlik, the timid and secluded scientist, seems not to have recognized the epochmaking importance of his discovery; he never published it anywhere and so his small machine and the great new idea incorporated therein remained unknown and fell into oblivion.

Let us now lift the veil and examine the small machines so interesting not only from the point of view of Hungarian but also from the point of view of general history of science.

## Technical description

As it appears from the former cited letter, Jedlik applied the principle of the *electromagnetic rotor* to three different solutions and he repeatedly made such apparatus at the Academy of Pozsony from 1831 to 1839 and at the University of Budapest in the following decade for his laboratory.

Of the very first rotors made in 1827 or 1828 only one exists at present, which is kept in the physical laboratory of the seminary at Pannonhalma. It is shown in Fig.3., its side and top view in Fig.4.

This apparatus is built on the principle of the first solution, which we might call as the fundamental one, its multiplier winding standing still whilst the electromagnet rotates inside it. The multiplier forms a vertical quadrangle consisting of 13 turns, in the middle of which there is a small turned wood column. On the point of a needle projecting from the axis of this column a soft-iron electromagnet can rotate, having wound on its two arms a coil of 76



turns in total. Current is led to the rotating part in such a way that the two bare ends of the exciting coil immerse into two small round grooves turned into the head of the column and filled with mercury. One of these grooves is connected with the end of the multiplier-winding and the other with one of the two mercury-filled cups arranged for leading in the current. The other mercury-filled cup is connected with the beginning of the multiplier-winding. The circular grooves are divided each into two halves, by means of small and low pegs placed at right angles to the plane of the multiplier, interrupting thus the mercury rings at two opposite points. In consequence of this interruption the two halves of the rings, which halves—as mentioned above—are connected with the two terminals of the source of current, act as regards the rotating part as a two-segmented commutator and assure that the direction of the current will—after a momentary interruption be reversed relatively to the exciting coil as soon as the rotating part has passed the position at right angle to the plane of the multiplier. Consequently, the polarity of the rotating electromagnet is also reversed beyond the neutral line, this being the fundamental condition to obtain continuous rotation.

The first specimens of the rotors made according to the second and third solution, viz. a multiplier rotating round a fixed electromagnet (see Fig.5-6.) and an electromagnet rotating round another fixed electromagnet (see Fig.7-8.),—as far as we know at present—do not exist any more. The fact, however, that Jedlik repeatedly made such apparatus is proved by the 'Inventarium', on page 126 of which we can read the following /translated/:

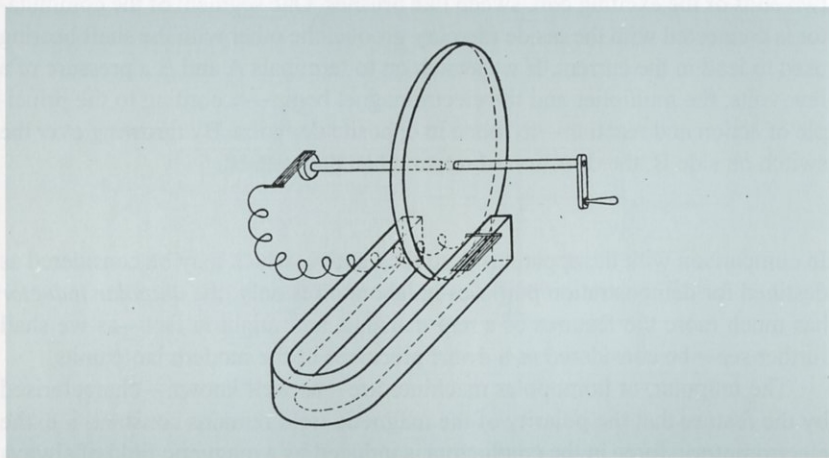


Fig.11. The Faraday disc

“No. 18. Apparatus in which, whilst an electromagnet is rotating round its own axis, a multiplier rotates round the electromagnet in opposite direction. (Invented by Jedlik.)

Made by Jackwitz. 1857. Price 30 Fl.”

No. 20. “Electrodynamic apparatus in which two electromagnets come into rotating motion one upon another, or an electromagnetic multiplier comes into rotation in a direction opposite to that of the electromagnet placed in its opening, if the conductors are traversed by the current supplied by a Bunsen cell. The obtained rotation can immediately be reversed by means of one or the other commutator. (Invented by Jedlik.)

Made by József Wágner. 1859. Price 30 F. 40 Kr.”

One of above two descriptions refers to the apparatus shown in Figs.9. and 10., which is kept in the laboratory of the I. Physical Institute of the University of Sciences in Budapest. As we see, the whole design and construction of the apparatus is much more perfect than that of the first rotor. This is natural, as there is an interval of 30 years between the creation of these two apparatus, during which time not only Jedlik's knowledge and experiences but also the means at his disposal made great progress.

The multiplier consists of 19 turns wound on a square brass frame. The exciting coil of the electromagnet placed in its interior has 2x55 turns. Current is led to the multiplier through the mercury groove on the top of the middle wooden column and to the electromagnet through the two-segmented commutator fixed on the shaft, upon which two elastic metallic tongs, connected to the two ends of the exciting coil, sweep like brushes. One segment of the commutator is connected with the inside mercury groove, the other with the shaft bearing used to lead in the current. If we switch on to terminals A and B a pressure of a few volts, the multiplier and the electromagnet begin—according to the principle of action and reaction—to rotate in opposite direction. By throwing over the switch on side B, the direction of rotation can be reversed.

\*

In comparison with the apparatus described above, which may be considered as destined for demonstration purposes in laboratories only; the *unipolar inductor* has much more the features of a real machine, and might in fact—as we shall further see—be considered as a dwarf precursor of the modern large units.

The unipolar, or homopolar machines are—as well known—characterised by the feature that the polarity of the magnetic field remains constant, i. e. the electromotoric force in the conductors is induced by a magnetic field of always the same direction and intensity.

Faraday's magnetoelectric rotating apparatus were in fact all unipolar, because the conductor always rotated in the field of a permanent magnet, i. e. in a unidirectional and constant field. A most characteristic example of this is the well known Faraday's disc shown on Fig. 11., which is the simplest ancestor of a unipolar generator. This apparatus consists of a copper disc rotating between the legs of a horseshoe magnet, in which disc the constant magnetic field induces a radial electromotive force. Between the shaft and the rim of the disc thus exists a potential difference which, when applied to any closed circuit, sends through the latter a continuous current of constant direction.

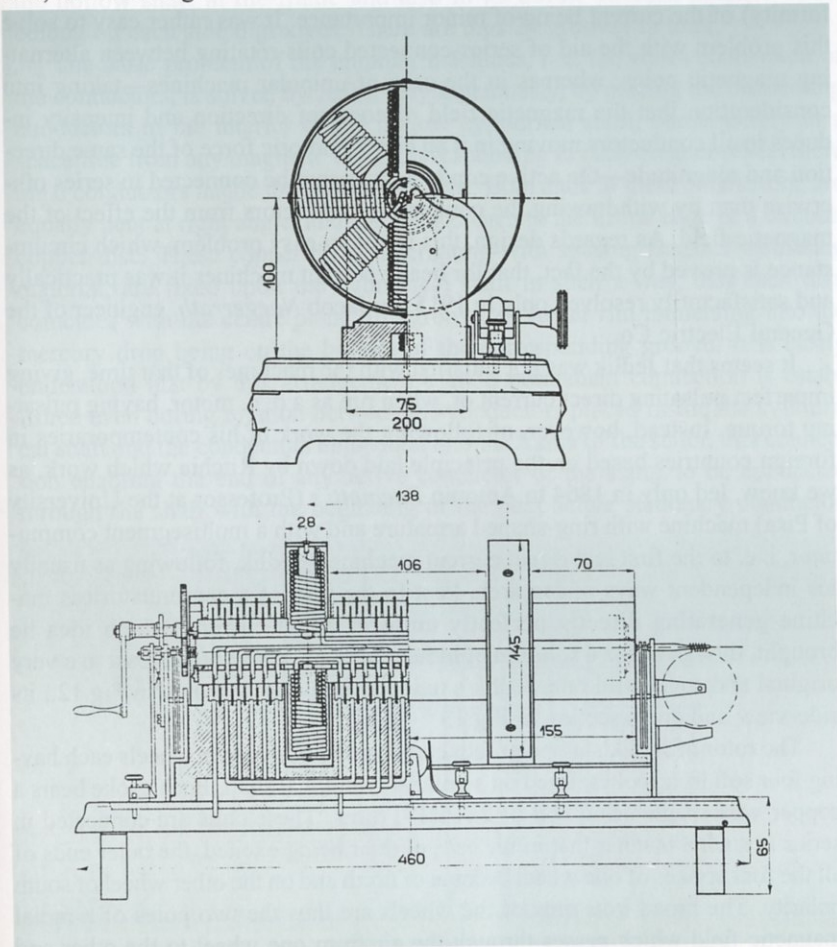


Fig.12-13. The Jedlik unipolar machine

As we have seen in our historical retrospection, the development of the d. c. machines, that started in the fourth decade of the XIXth century, did not take its way towards the unipolar solution. The larger machines of that time were really alternating current machines (f. i. Nollet's and van Malderen's machine, 1849), and when direct current was wanted, the inventors contented themselves with a commutator having two segments per pair of poles, which rectified the alternating current into heavily pulsating direct current. This finds its explanation in the fact that the main practical purpose was to generate a relatively high voltage fit for lighting by electric arc lamps, the quality (uniformity) of the current being of minor importance. It was rather easy to solve this problem with the aid of series-connected coils rotating between alternating magnetic poles, whereas in the case of unipolar machines—taking into consideration that the magnetic field of constant direction and intensity induces in all conductors moving in it an electromotoric force of the same direction and magnitude—the active conductors cannot be connected in series otherwise than by withdrawing the connecting conductors from the effect of the magnetic field. As regards design, this is not an easy problem, which circumstance is proved by the fact, that for heavy current machines it was practically and satisfactorily resolved only in 1915, by Jacob *Noegerrath*, engineer of the General Electric Co.

It seems that Jedlik was not satisfied with the machines of that time, giving imperfect pulsating direct current or, when run as a d. c. motor, having pulsating torque. Instead, however, of following the work of his contemporaries in foreign countries based on the principle laid down by Ritchie which work, as we know, led only in 1864 to Antonio *Pacinotti's* (Professor at the University of Pisa) machine with ring-shaped armature and with a multisegment commutator, i. e. to the first real direct current machine—Jedlik, following as usually his independent ways of research, kept to the idea of a commutatorless machine generating directly perfectly uniform direct current, which idea he brought, though not to a solution of industrial importance, but at least to a very original and successful one. Jedlik's unipolar inductor is shown in Fig.12., its side-view and cross-section in Fig.13.

The rotor of Jedlik's unipolar inductor consists of two iron wheels each having four soft iron spokes, fixed on a hollow cylindrical shaft. Each spoke bears a copper wire magnetising coil of  $2 \times 16(17)$  turns. These coils are connected in series in such a manner that in the case of their being excited, the outer ends of all the four spokes of one wheel become of north and on the other wheel of south polarity. The broad iron rims of the wheels are thus the two poles of a radial magnetic field which passes through the air from one wheel to the other and

closes at the inner ends of the spokes through the wall of the hollow shaft, the middle part of which is, with due regard to this, made of an iron tube.

The conductors in which this radial rotating field induces electromotoric force are placed side by side in a groove cut in the bottom of the wooden frame. To each magnet-wheel there belong six insulated copper wire conductors of 3mm diameter. The two ends of these conductors are bent up at right angle and are led through the frame, each into a mercury-filled groove. These small grooves are formed by thin wooden transversal partitions, which are fitted into the cylindrical space surrounding the hollow shaft in the frame and also in its cover. To each magnet-wheel belong on each side 6 grooves. There are thus 24 grooves in total.

The basic problem of the unipolar machines, i. e. the series connection of the conductors, is solved by Jedlik very ingeniously, by placing the connecting conductors in the interior of the hollow cylindrical shaft, consequently in a space free from any magnetic field. Corresponding to each magnet-wheel there are 6 conductors inside the cylindrical shaft. Both ends of these conductors, are equally bent at right angle, and are welded each to the inside edge of a circular copper disc. These copper discs, alternating with spacing rings of insulating material, are fixed upon the cylindrical shaft in such a way, that each disc coincides with the centre plane of a groove, its lower rim immersing into the mercury drop being on the bottom of the corresponding groove. It is easily understood that by this arrangement a good permanent connection is established even during rotation between the conductors placed inside the cylindrical shaft and the conductors embedded into the frame of the stator, this connection enabling the end of any active conductor of the stator to be connected through the shaft with the beginning of the next active stationary conductor,

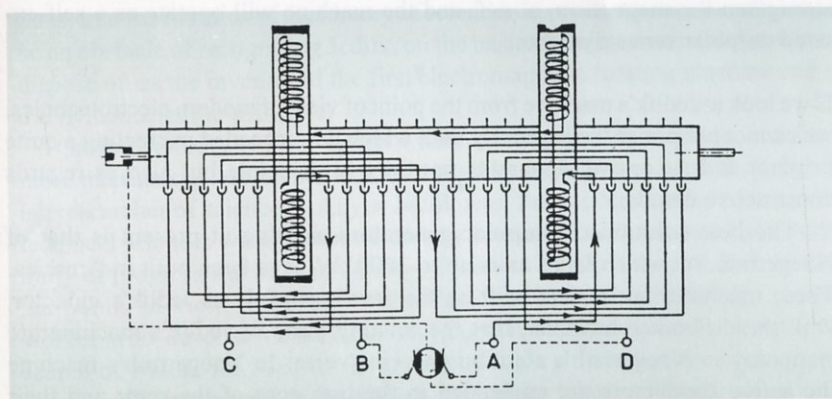


Fig.14. The diagram of connections of the unipolar machine

i. e. to connect in series the six active conductors belonging to the corresponding magnet-wheel. In the same manner are connected in series the two windings, of six turns each, and also the two free ends of the magnetising coils to the terminals A and C, placed on the baseplate of the apparatus, as shown in Fig. 14.

Terminals B and D lead to the windings of the stator or respectively to a Ruhmkorff commutator, by means of which the direction of the current in the windings of the stator can be reversed.

It is worth mentioning that the tiny journals of the rotating part turn on both sides in a small saddle formed by the rim of two large revolving brass discs slightly displaced in relation to one another. This arrangement, which can be considered as the primitive ancestor of the present ball bearings, insures very low friction.

The rotor can be driven by a handle and a wheel gear. The cylindrical interruptor fixed on one end of the shaft and the screw-wheel mechanism being on the other end are no essential parts of the machine, the latter having certainly been used for driving the dividing machine of the optical grates and served for other experiments.

If, with the existing connections shown in dashlines on Fig. 14., we connect a 4–6 V source of current to the terminals B and C, the machine begins to rotate as a unipolar series motor, the direction of which rotation can be reversed by throwing over the commutator.

If, however, we short-circuit terminals C and B through a sensitive current-indicator of very small internal resistance, and then bring the rotor into rapid rotation by means of the handle, the remanent magnetism of the magnet-wheels induces a feeble current in the closed circuit, which current, flowing through the exciting coils of the magnet-wheels in the right direction, will strengthen the magnetism, a. s. f. and the machine will operate as a self-excited unipolar series dynamo.

\*

If we look at Jedlik's machine from the point of view of modern electrotechnics, we cannot but praise the ingenuity with which he succeeded in creating a quite original and successful apparatus not only in principle but also as regards constructive details.

The best solution of unipolar generators existing at present is that of Noegerrath, on which large units up to 2000kW have been built in America. These machines are in fact built on the same principle as Jedlik's inductor, with the difference however, that the rotating parts of Jedlik's machine are stationary in Noegerrath's solution and vice-versa. In Noegerrath's machine the active conductors are embedded in the iron core of the rotor and their

connection in series is effected by conductors placed in the slots of the iron core of the stator, i. e. by means of conductors lying inactively in the stationary magnetic field. The stationary and revolving conductors are interconnected by means of collector rings and brushes, which correspond to the copper discs and mercury contacts on Jedlik's machine.

The only serious imperfection of Jedlik's machine is that it utilises the radial field of the magnetwheels at one point of the periphery only, whilst the greater part of the magnetic field spreads uselessly through the air. Should Jedlik not have placed the active conductors in a sole groove of the wooden base, but had he distributed the same on the whole periphery, using an iron body to insure a closed magnetic circuit, he certainly would have created a machine which would by far have exceeded the character of a laboratory apparatus, and would most likely have become of a great industrial importance.

In the sublime domain of his science Jedlik was, however, a fervently researching scientist and not an artisan nor an industrialist looking for the ways of practical application. He possessed the divine spark of a genius, which flashed up more than once within the quiet walls of his laboratory, but it did not kindle a torch to light up the way of mankind's progress. The credit for this is due to Pacinotti, to Gramme and especially to Siemens and Wheatstone who were, it is true, not so far removed from real life, and who were also not confined to work at the university of an oppressed poor country, as Jedlik was in Hungary.

The full acknowledgement of their merit can however not in the least lessen the importance of Jedlik's pioneer work. It is most regrettable that his great modesty and seclusion deterred him from appearing before the public in due time with the results of his investigations. To-day, however, when we are able to fit his work with the perspective of a century, respectively of two generations, into the mosaics of the history of science, this circumstance can no longer be an obstacle of recognising Jedlik, on the basis of the incontestable proofs we dispose of, as the inventor of the first electromagnetic rotating machine and of the dynamoelectric principle.

On the contrary! In our epoch where often superficial success is valued more than serious but silent work, it is our duty to do justice to such an unselfish researcher of science as Ányos Jedlik was. For it is certain that even in the technical sciences which are most closely connected with practical life, continuity of progress can be insured only, if instead of the victory of bare utilitarian points of view, the doors of the Pantheon open also before the modest worker who devotes himself entirely to quiet studies and considers the research of Nature for itself as the greatest delight of life and the discovery of some new phenomenon as the highest reward for laborious work.