

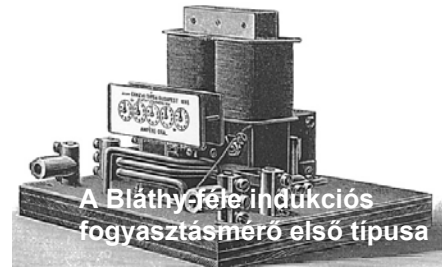
[A] forgó-morgó: háztartási (forgótárcsás) „áram”-mérő
(egyfázisú, indukciós fogyasztásmérő [kWh])

„Ampère az elektrodinamika Newtonja” (Maxwell)

Az elektromos áram SI egysége az *amper* [A], ez **alapegység**, amely a munkából (egysége: *joule* [J]) származtatott teljesítmény (egysége: *watt* [W] = J/s) alapján definiálja az elektromos potenciált (egysége: *volt* [V] = W/A). A gyakorlatban éppen „fordítva” gondolkodunk: a „(villamos) teljesítmény = feszültség • áram” [W] = V•A, a „(villamos) munka = teljesítmény • idő” [J] = W•s és utóbbit, nem pedig a *joule* egységet használja a mérő, pontosabban a kW•h egységet (k = 10³, h = 3600 s).



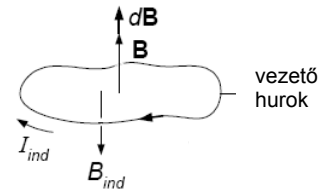
Bláthy Ottó találmánya 1889-ből az indukciós (Ferraris¹-tárcsás) fogyasztásmérő (villanyóra). Az elektromos hálózatról felvett, elfogyasztott villamos energiát méri. Nem a pillanatnyi fogyasztást adja meg, hanem összegzi azt, és a számlálóról havonta (vagy más időközönként) leolvasott érték-változást számlázzák.



Az üveglapon át látható alumínium (Al) tárcsa áramfogyasztás közben forog, nagyobb fogyasztásnál gyorsabb a forgás. A tárcsa fordulatszáma a villamos teljesítménnyel arányos, a megtett fordulatok számát (ami az elfogyasztott energia) mechanikus számláló összegzi és közvetlenül kWh mértékegységben mutatja. A fogyasztásmérőn feltüntetik: hány tárcsafordulat (revolution) ad 1 kWh fogyasztást (műszerállandó: pl. 375 rev/kWh).

Hogyan működik?

Elsőként a főszereplő jelenség, az ún. örvényáram keletkezési mechanizmusát érdemes felidézni. Az elektromos áram és a mágneses tér között szoros kapcsolat² van. A mágneses tér változása (dB) a jelen lévő vezető hurokban áramot indukál (I_{ind}), ez az áram pedig olyan mágneses erőteret (B_{ind}) hoz létre, amely *ellentétes* a dB változással, vagyis csökkenteni igyekszik az őt létrehozó okot. (Lenz törvénye, egyetértésben az energiamegmaradás törvényével: mert ha segítené, csak el kellene indítani a változást, és megállás nélkül menne minden magától → *perpetum mobile*). Az indukált áram *nincs* vezetékhez kötve, ezzel a törvénnyel magyarázható a változó mágneses erőterbe helyezett vagy állandó mágnes terében mozgó tömör, vezető (fém)testekben az ún. örvény(lő) áramok³



¹ A magyarok Ferraris révén ismerkedtek meg a többfázisú rendszerrel (1885). A többfázisú rendszer feltalálói, egymástól függetlenül, Ferraris és Tesla.

² Érdekes megfigyelés: villámcsapás közelében az acéltárgyak (pl. a kések, olyan házban, ahová villám csapott) mágnesessé válnak. Mérési alkalmazás: a fellépő igen nagy (100 kA nagyságrendű) áram értékére éppen ebből lehet következtetni: mennyi a villámhárítóra fűzött, mágneses anyagból készült (mérő)gyűrű felmágneseződése.

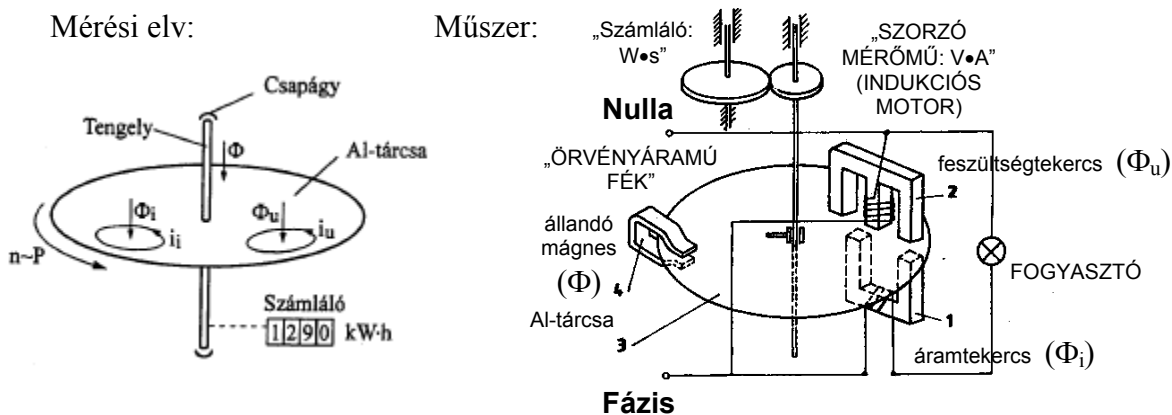
³ Szemléletes kísérlet: (a) nem mágneses ill. (b) mágneses fémhengert ejtünk le rézcsőben és figyeljük az esési időt; (b) esetben látványosan megnő az esési idő (mert a csőben fellépő örvényáramok akadályozzák az őket létrehozó okot, a mágnes mozgását). Kérdés: miért nem áll meg az eső mágnes?

A jelenség lehet hasznos: indukciós fűtés (→ az áram hővé alakul), örvényáramú fék (→ forgó mozgás lefékezése), fogyasztásmérő (→ szabadon elforduló fémtárcsa váltakozó mágneses térrel forgásba hozható), vagy káros: transzformátorok örvényáramú vesztesége (ezt korlátozni kell, mert meleget okoz).

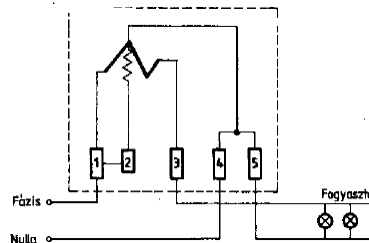
kialakulása (a jelenséget Foucault⁴ fedezte fel).

Az effektív⁵ feszültség és áram „szorzata” a teljesítmény; a villanyóra integráló (a pillanatnyi P teljesítmények és elemi dt időtartamok szorzatát „összegző”) mérőmű. A szabadon elforduló (fém)tárcsára két váltóáramú tekercs és egy állandómágnes mágneses tere (fluxusa) hat. A feszültség- és áram-tekercs mágneses tere (Φ_u és Φ_i fluxusok) és az általuk indukált örvényáramok (i_u és i_i) kölcsönhatásaként⁶ a fogyasztó hatásos⁷ teljesítményével arányos kitérítő nyomaték: $M_k \approx c_k \cdot P$ jön létre, és a tárcsa forogni kezd. (Ez tehát a „szorzó”: mindkét tekercs fluxusa hat.) Az állandó mágnes (Φ , Lenz törvénye) olyan fékező nyomatékot ad, amely a tárcsa n fordulatszámaival arányos: $M_f \approx c_f \cdot n$. Egyensúlyi állapotban ($M_k = M_f$) a tárcsa fordulatszáma $n = (c_k/c_f) \cdot P = c \cdot P$ értékű, a teljesítménnyel arányos.

A villamos munkát a dt idő alatt megtett fordulatok száma (= fordulatszám \cdot idő = $n \cdot dt = c \cdot P \cdot dt = c \cdot munka$) adja, ezt számlálja és „összegzi” a számláló, és így az elfogyasztott energiát mutatja.



Bekötés. A feszültségtekercs 2 pontja össze van kötve az áramtekercs 1 pontjával, másik vége a 4-5 ún. áthidalás. A hálózatot az 1. és 4., míg a fogyasztót a 3. és 5. kivezetésekhez kapcsolják, és az "áramlopást" úgy akadályozzák meg, hogy az áramtekercs (1, 3) sarkaira a fázis (nem-földelt) vezetéköt kötik. Ebben az esetben a fogyasztásmérő akkor is működik, ha a fogyasztót (illetéktelenül) a fázis és a anyaföld (pl. vízvezeték) közé kapcsolják.



⁴Aki azt is meggyőzően bemutatta, hogy a Föld forog (\rightarrow Foucault-inga).

⁵Váltakozó feszültség (vagy áram) effektív értéke azzal az egyenfeszültséggel (vagy árammal) egyenlő, amely azonos ellenálláson ugyanakkora hőenergiát termel. (Ha egy szinuszos jel csúcserő X_p , akkor effektív értéke $X_{eff} = X_p/\sqrt{2}$.)

⁶Az áramtekercs kis menetszáma és nagy keresztmetszetű, a fogyasztóval sorba kapcsolódik. A feszültségtekercs a fogyasztóval párhuzamosan kapcsolódik, nagy menetszáma (közel „tisztá” induktivitás, így a feszültségben folyó áram – a feszültséghez viszonyítva – 90° -kal késik). Az ily módon kialakuló forgó mágneses tér és az általa indukált örvényáramok kölcsönhatásaként keletkező kitérítő nyomaték a tér irányába igyekszik elmozdítani a forgórészt.

⁷A pillanatnyi teljesítmény átlaga a hatásos teljesítmény.