

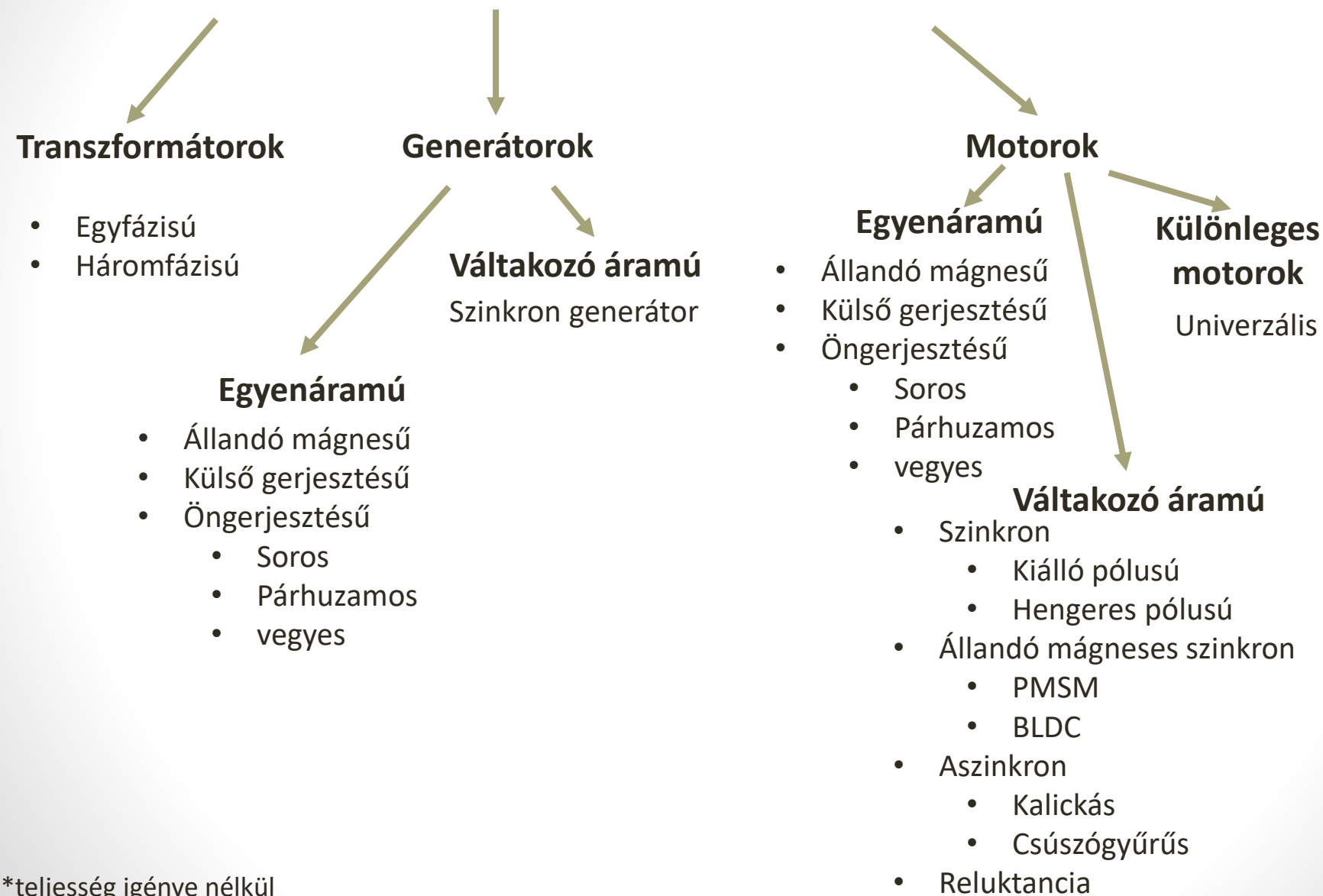
Elektrotechnika

Villamos gépek alapjai



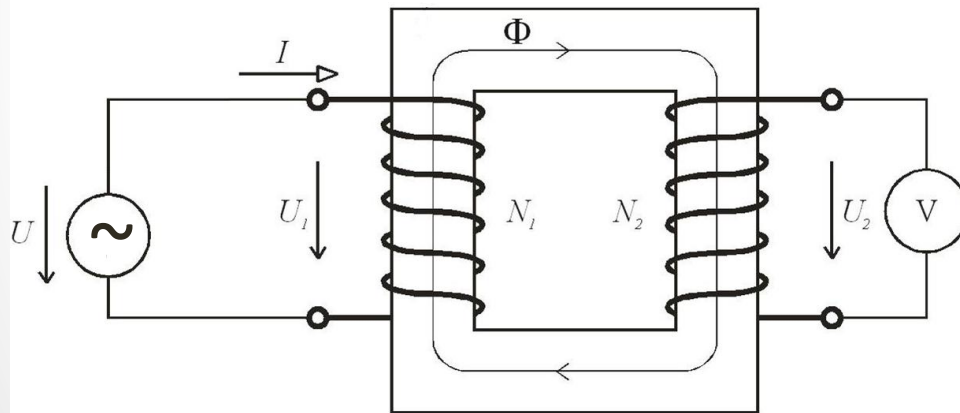
A jegyzet részben Desits Endre
oktatási anyaga alapján készült.

Villamos gépek csoportosítása*



Transzformátor

- Kísérlettel megállapítható, hogy egy váltakozó áramú tekercs közelébe helyezett másik tekercsben feszültség (áram) indukálódik (nyugalmi indukció). Utóbbi tekercsben erősebb lesz az indukált áram, ha közös vasmagon helyezük el.
- A közös vasmagot és a rajta lévő két tekercset együttesen transzformátornak nevezzük.



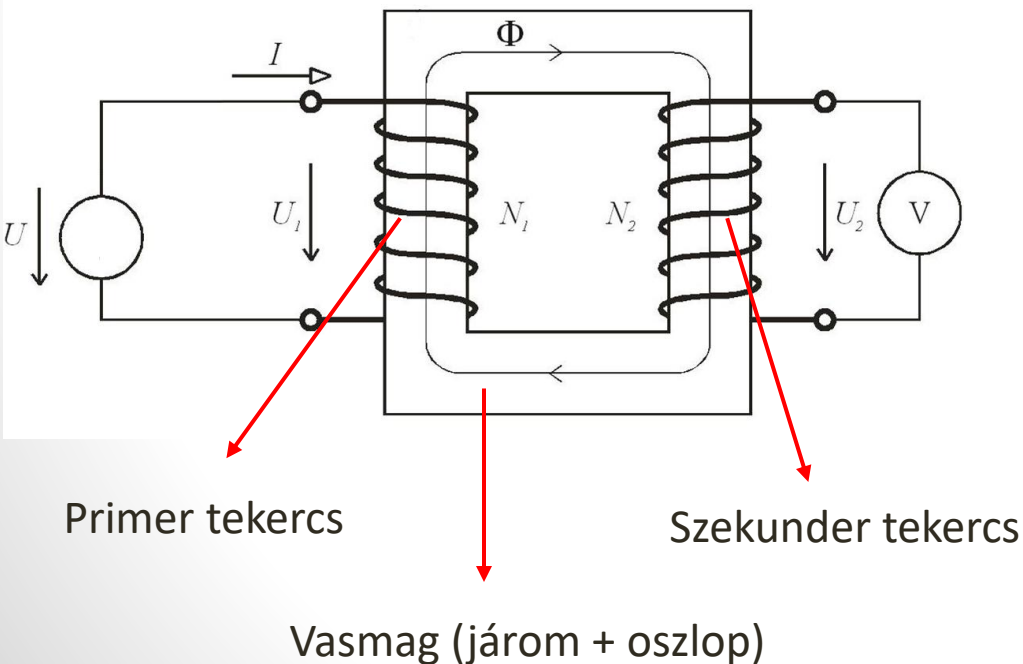
Rajzjel:



- $u_1(t) = N_1 \frac{d\phi(t)}{dt}$
- $u_2(t) = N_2 \frac{d\phi(t)}{dt}$

Transzformátor (felépítés)

- A transzformátor a nyugalmi indukció elvén működő villamos gép, mely adott váltakozó feszültségű és áramú villamos teljesítményt más váltakozó feszültségű és áramú villamos teljesítménnyé alakít át
- Hatásfoka 95-99%
- Részei:



Működési elv

- Vezessünk a primer tekercsbe váltakozó feszültséget. A korábbiaknak megfelelően ez változó fluxust hoz létre a vasmagban:

$$u_p(t) = N_p \frac{d\phi(t)}{dt}$$

- A változó fluxus hatására a szekunder tekercsben feszültség indukálódik, vagyis:

$$u_{sz}(t) = N_{sz} \frac{d\phi(t)}{dt}$$

- A szórásoktól eltekintve mindkét tekercs fluxusa ugyanaz, vagyis:

$$\frac{U_p}{U_{sz}} = \frac{N_p}{N_{sz}} = a$$

$$P_p = P_{sz}$$

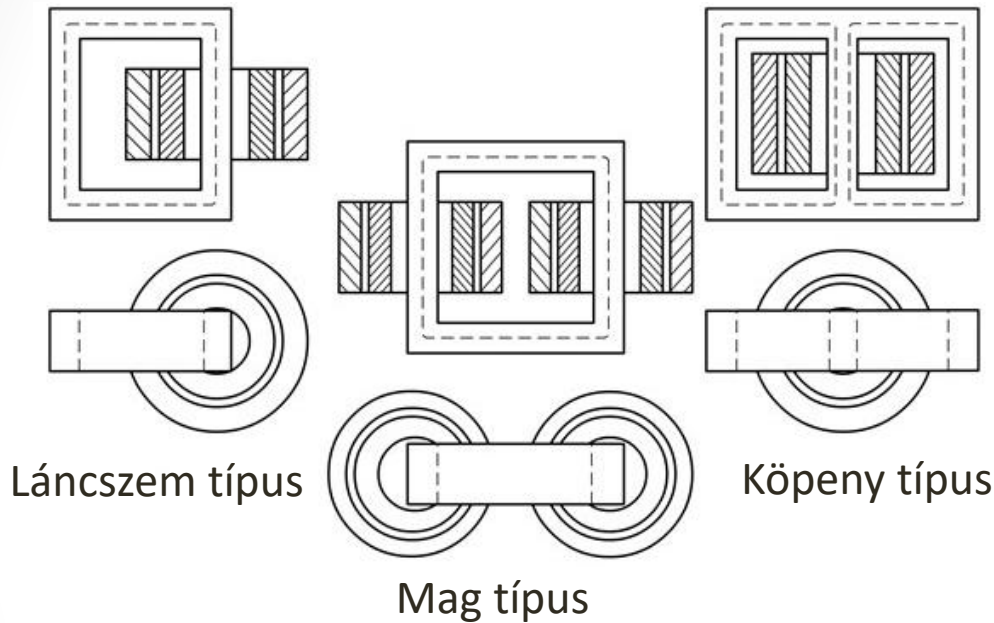
$$U_p I_p = U_{sz} I_{sz}$$

$$\frac{U_p}{U_{sz}} = \frac{I_{sz}}{I_p}$$

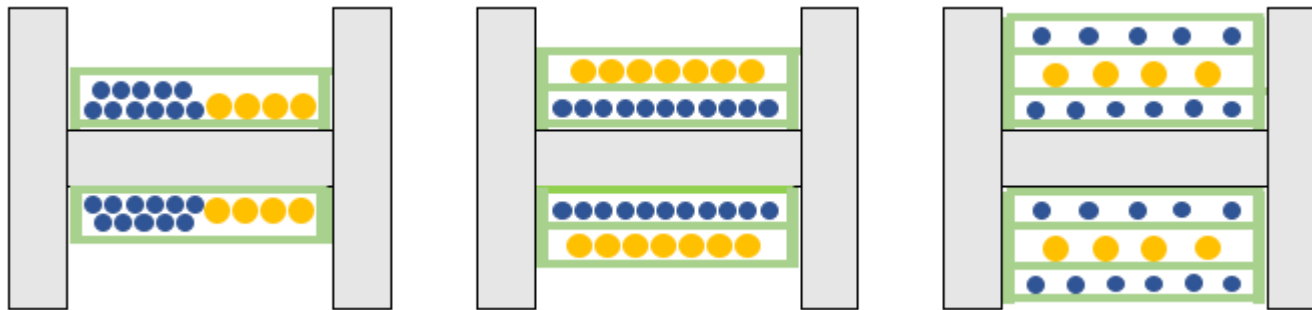
Megállapítások:

- A menetszámok egyenesen arányosak a feszültségek arányával
- A feszültség (menetszám) fordítottan arányos az áramerősséggel. Ha például a primer oldalon nagyobb a feszültség, ahhoz kisebb áram tartozik, a szekunder oldalon pedig fordítva, mivel $P_p = P_{sze}$
- A transzformátor egyenáramról nem működik (az indukciót térben nem csak időben változik)!!

Transzformátor kialakítási lehetőségek, csatolás



Toroid

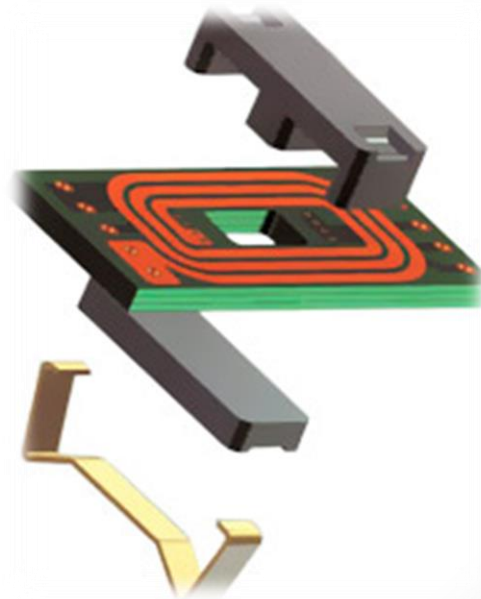
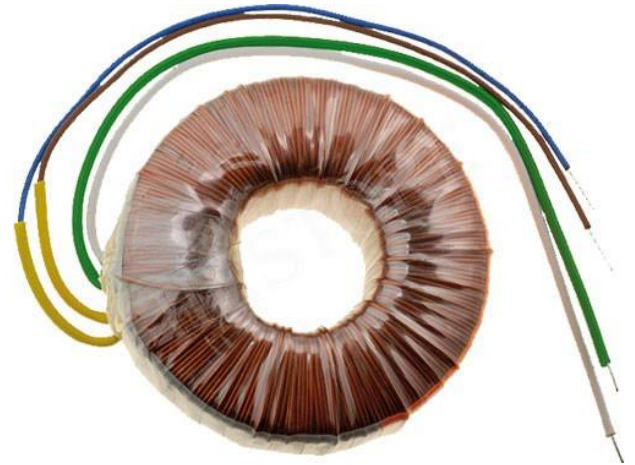


Laza csatolás

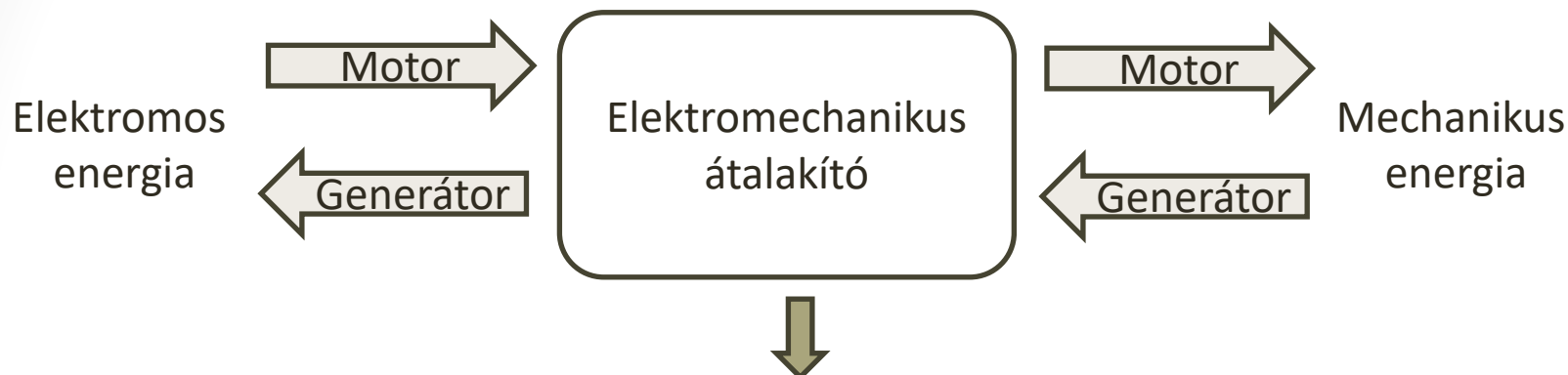
Szoros csatolás

Nagyon szoros csatolás

Transzformátorok a gyakorlatban



Villamos forgógépek



Veszteségek: Hő, zaj, mechanikai veszteségek stb.

- Állandósult állapotban a gépbe bevitt elektromos teljesítmény az egyes fázisokban bevitt elektromos teljesítmény összege, vagyis:

$$P_{elektr} = \sum_i u_{be} i_{be}$$

- A mechanikai teljesítmény:

$$P_{mech} = M\Omega$$

- A gép vesztesége pedig:

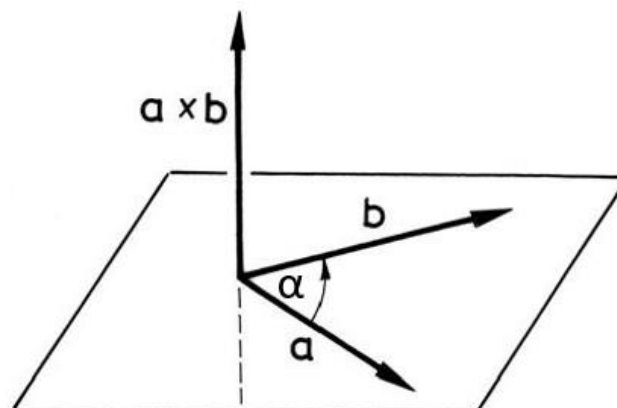
$$P_{veszt} = P_{elektr} - P_{mech}$$

Matematikai fogalmak

- Vektoriális szorzat:

$$|a \times b| = |a| \cdot |b| \sin(\alpha)$$

- Nagysága és iránya „a”-ra és „b”-re merőleges
- Eredménye egy vektor (nem keverendő a skaláris szorzással!)



- Forgatónyomaték:

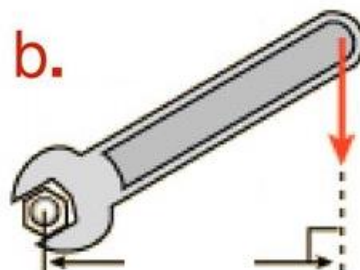
$$M = F \cdot l \sin(\alpha), \text{ ahol}$$

- M: a forgatónyomaték (Nm)
- F: az erő (N)
- l: az erőkar hossza (m)
- α : az erő és az erőkar által bezárt szög, amennyiben nem merőlegesek egymásra

a.

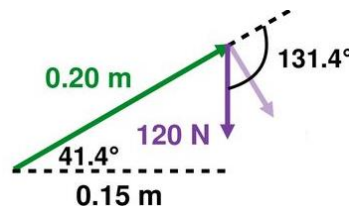
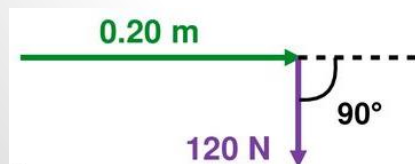


b.



$$a. \quad M = 0,2m \cdot 120N = 24Nm$$

$$b. \quad M = 0,2m \cdot 120N \sin(131,4^\circ) = 18Nm$$



Nyomaték mágneses térben

- Mágneses térben a fellépő erő nagyságát az

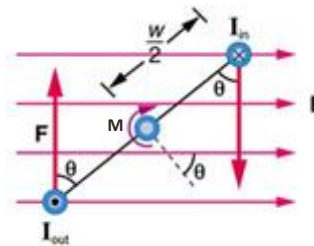
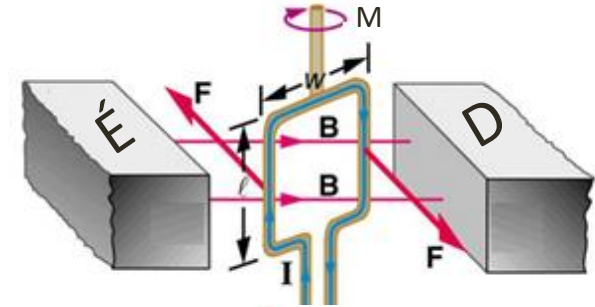
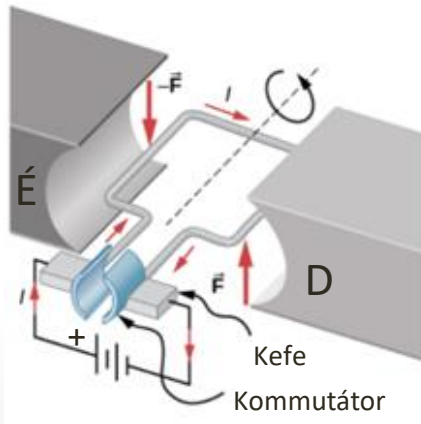
$$F = i \times B$$

összefüggéssel tudjuk számolni

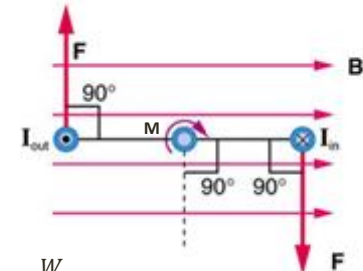
- Innen a forgatónyomaték az ábrára vonatkoztatva:

$$M = rF \sin(\theta), \text{ ahol}$$

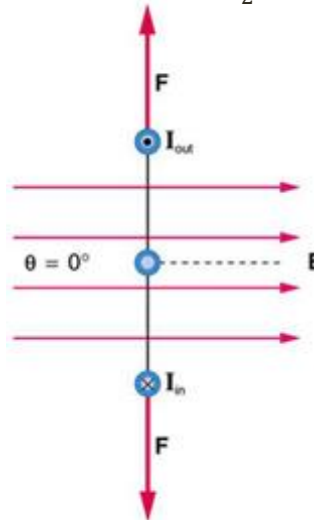
- r a tengelytől mért távolság ($W/2$)
- F az erő
- θ pedig r és F közötti szög
- Ahhoz, hogy a forgó mozgás folyamatos (egyirányú) legyen, az áramirányt (itt félfordulatonként) cserélni kell, különben a d. rajznak megfelelő állapot áll elő: ha $\theta < 0$, akkor az erő (nyomaték) megfordul
- DC motorok esetén ezt kommutátorral, elektronikusan kommutált motorok esetén pedig elektronikusan oldják meg



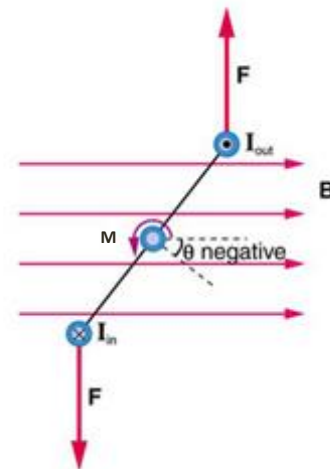
$$(a) \quad M = \frac{W}{2} Il \sin(\theta)$$



$$M_{max} = \frac{W}{2} Il \sin(\theta) \quad (b)$$

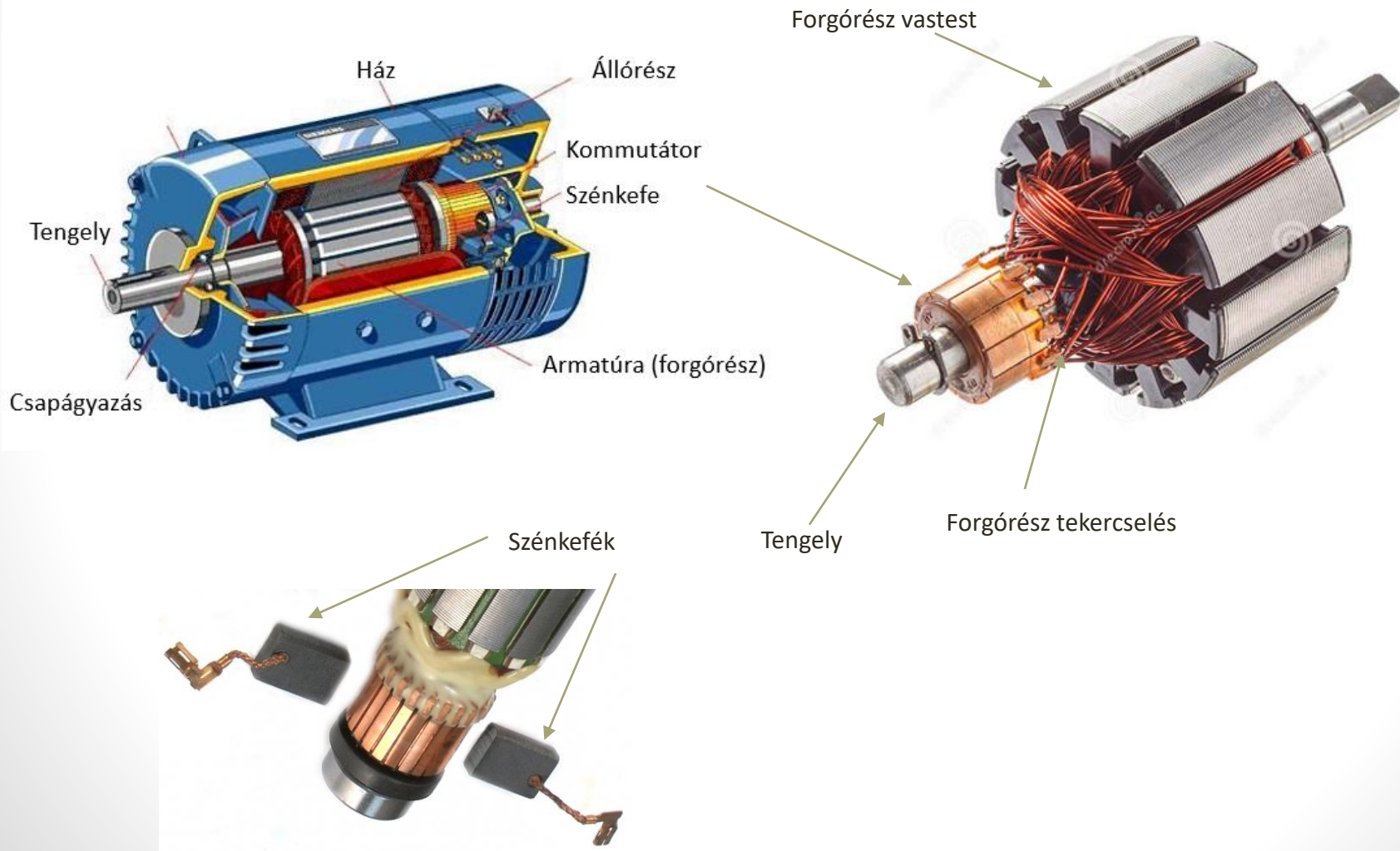


$$(c) \quad M = 0, \text{ mivel } \theta = 0^\circ$$



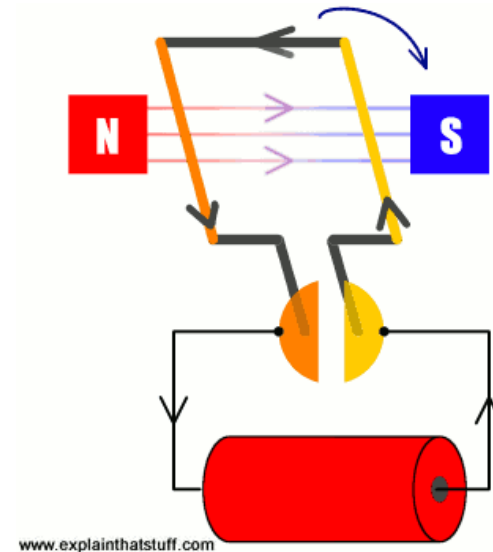
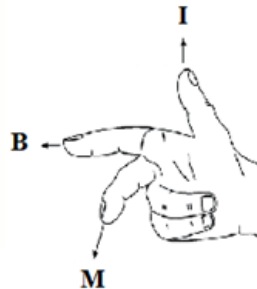
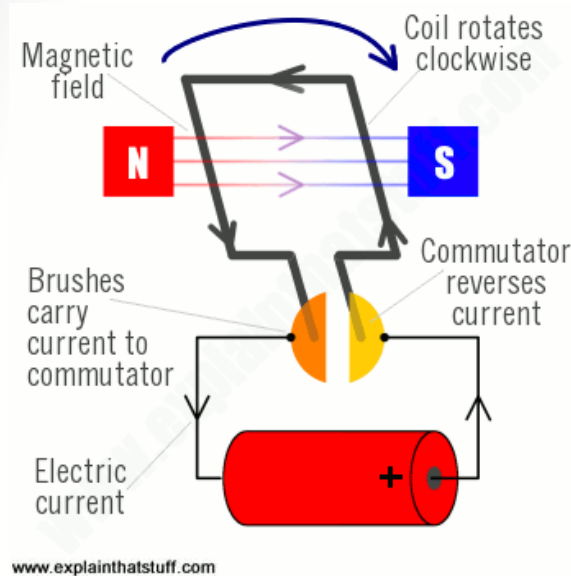
$$(d) \quad M = \text{negatív}$$

Egyenáramú gépek – szerkezeti felépítés



- Állórész: acél öntvényből vagy acél lemezelésből készült ház, belülről vannak rögzítve a lemezelt főpólusok és segédpólusok, melyekre gerjesztő tekercseket, bizonyos esetekben kiegészítésként kompenzáló tekercseket helyeznek el. A mágneses teret kisebb gépek esetén permanens mágnesek, míg nagyobb gépeknél elektromágnesek állítják elő. A lemezelésre a veszteségek csökkentése miatt van szükség, hasonlóan a legtöbb villamos géphez;
- Forgórész: (armatúra): lemezelt hengeres test, melynek hornyaiban szigetelt tekercselés található. Tengelyére szerelik a kommutátort, mely együtt forog az armatúrával;
- Kommutátor: a forgórész tengelyén helyezkedik el. Egymástól több, szigetelt szegmensből áll, melynek számát az armatúra menet, vagy tekercsszáma határozza meg. Megkülönböztetünk *mechanikus kommutációt*, illetve *elektronikus kommutációt*. Utóbbi esetben a rotor tartalmazza az elektromágnest, az állórész pedig tekercselt (pl. BLDC (Brushless DC motor)). A motor szintén egyenárammal táplált, azonban a tekercsek áramát elektronikus kapcsolók (bipoláris tranzisztorok, MOSFET-ek) kapcsolgatják, a rotor pozíciójának megfelelően. A forgórész helyzetét általában Hall-szenzorokkal, vagy resolverrel érzékelik;
- Szénkefék: feladata, hogy az armatúra áramát a kommutátorról csúszó érintkezéssel elvezesse, vagy a vezetőt táplálja (generátoros/motoros üzem). Kisebb gépek esetén egy szénkefe-pár található, míg nagyobb gépek esetén ez akár kettő is lehet (pl. gépjármű indító motor). A szénkefe hátrányos tulajdonsága a kopás, mely bizonyos időszakonként mechanikai karbantartást igényel.

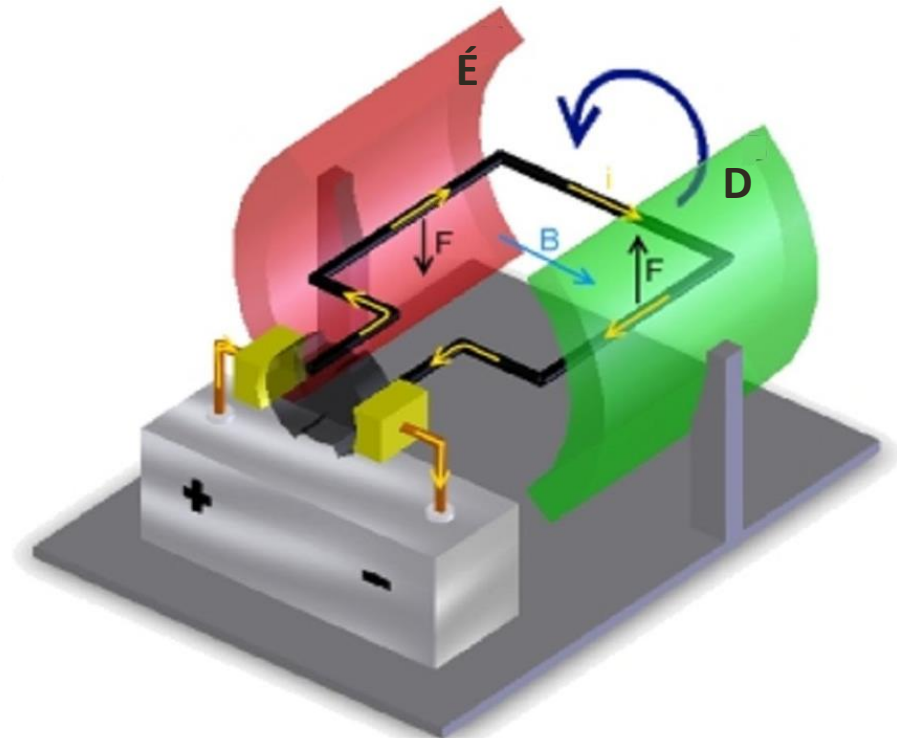
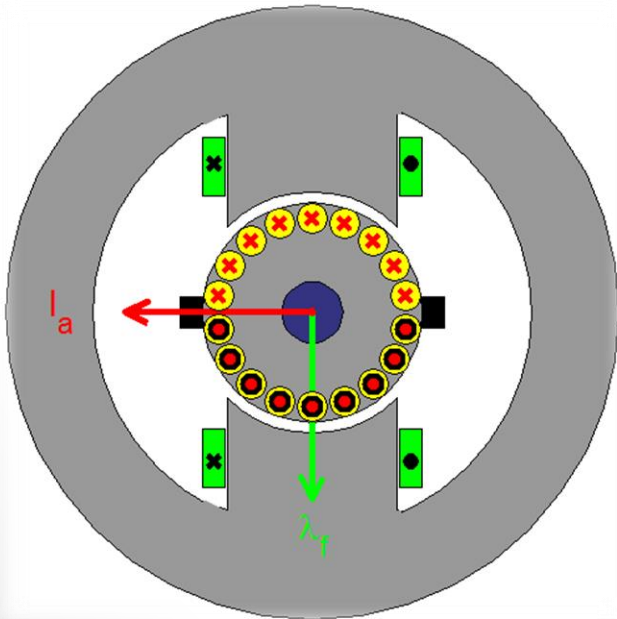
Egyenáramú gépek működési elve



A tekercsekben az ábra szerinti I áram folyik, mely M irányú nyomatékot hoz létre (mágneses jobbkéz szabály). Ennek hatására a tekercs elfordul. Ha az áramirány változatlan marad, abban az esetben abban az esetben az erőhatás ellentétesé válna, vagyis forgó mozgás nem alakulna ki. A forgó mozgás folytonossága érdekében a tekercsben folyó áram irányát félfordulatonként ellentétesre kell változtatni. Ezt a funkciót látja el az úgynevezett kommutátor látja el. (A teljesség kedvéért megemlítjük, hogy a kommutációnak több fajtája is létezik: mechanikus elven történő kommutáció, illetve elektromos úton történő kommutáció).

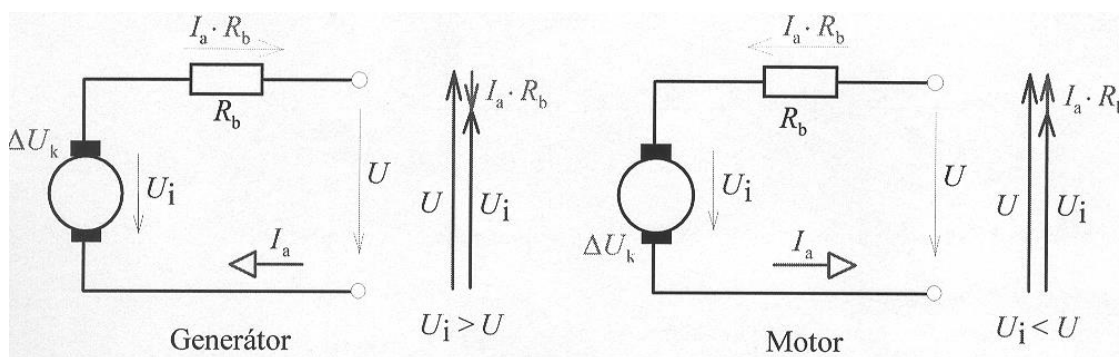
Kommutáció

- A valóságban nem egyetlen tekercset mozgatunk a mágneses térben, hanem a forgórész több összekapcsolt tekercs együttese. Ezen tekercsek minden egyes kivezetése egy-egy kommutátor szegmenshez csatlakozik, ezek pedig a szénkeféken keresztül kapcsolódnak külső egyenáramú energiaforráshoz (ez a motoros üzem mód);
- Ha egy mágneses térben egy vezetőt az erővonalakra merőleges irányba mozgatunk (generátoros üzem mód), a vezetőn feszültség jelenik meg, amit indukált feszültségnek hívunk. Mivel az indukció során szinuszos váltakozó feszültség alakul ki, ezt valamilyen módon egyenirányítani kell. Itt kap fontos szerepet a kommutálás (gyakorlatilag a másik folyamat inverze).



Egyenáramú gépek üzemtana

- Működési módjuk szerint az egyenáramú gépek két nagy csoportba sorolhatjuk:
 - Motorok
 - Generátorok
- Ugyanaz a gép használható képes motoros, illetve generátoros üzemre is



$$U_i = c\Phi n$$

$$U = U_i - R_b I_b$$

$$U = U_i + R_b I_b$$

Egyenáramú gépek kapcsolása

Az egyenáramú gépekben négy különböző tekercselés található:

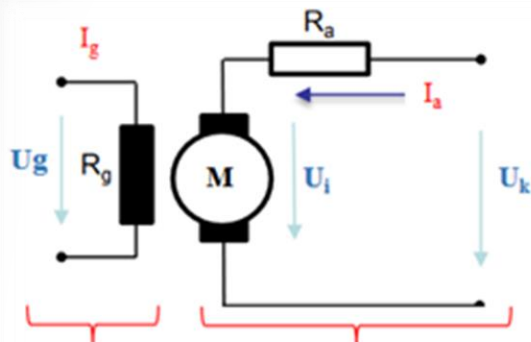
- armatúratekercselés (ahol a működés során a feszültség indukálódik);
- gerjesztő tekercselés (a főfluxus előállítása);
- (segédpólus tekercselés);
- (kompenzáló tekercselés).

Az egyenáramú gépek üzemi tulajdonságait az szabja meg, hogy a fluxus milyen mértékben függ a terheléstől, vagyis: a gerjesztő tekercs és az armatúra milyen módon kapcsolódik egymáshoz. Ilyen tekintetben négy féle kapcsolási módot különböztetünk meg:

- Külső gerjesztésű (külső energiaforrás szükséges);
- Soros gerjesztésű;
- Párhuzamos gerjesztésű;
- Vegyes gerjesztésű.

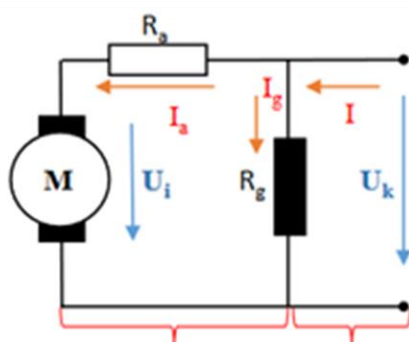
Egyenáramú gépek gerjesztése

Külső gerjesztésű motor



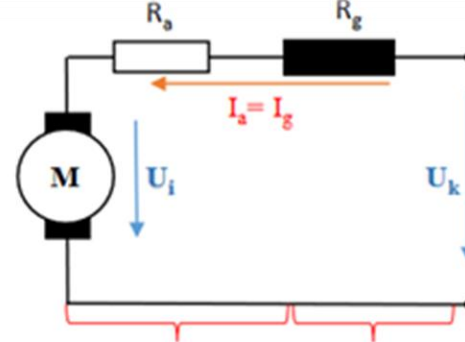
Gerjesztő kör Armatura kör

Párhuzamos gerjesztésű motor



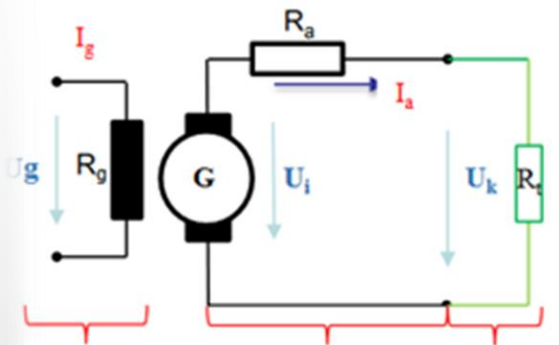
Armatura kör Gerjesztő kör

Soros gerjesztésű motor



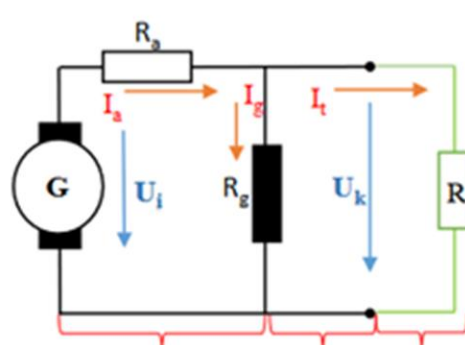
Armatura kör Gerjesztő kör

Külső gerjesztésű generátor



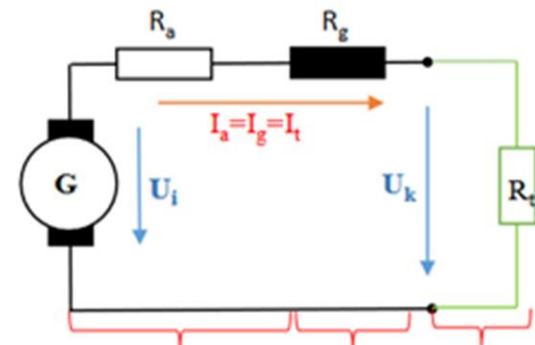
Gerjesztő kör Armatura kör Fogyasztó kör

Párhuzamos gerjesztésű generátor



Armatura kör Gerjesztő kör Fogyasztó kör

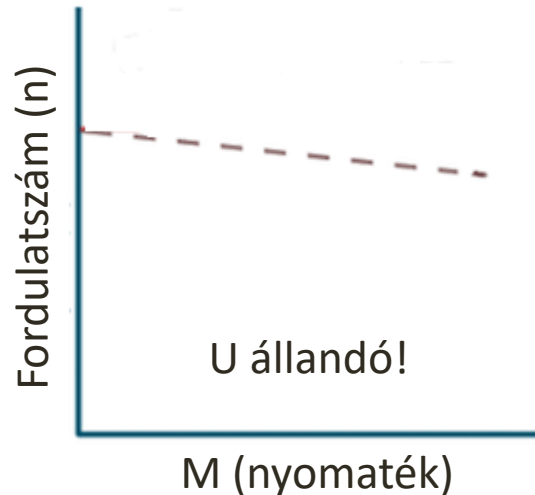
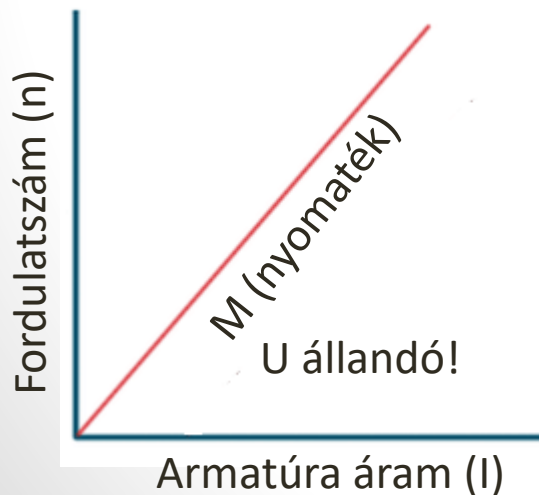
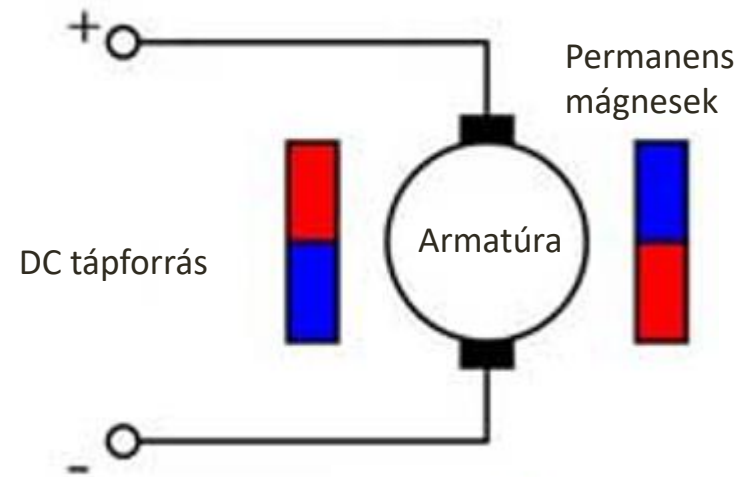
Soros gerjesztésű generátor



Armatura kör Gerjesztő kör Fogyasztó kör

Külső gerjesztésű DC motor (állandó mágnesű motor)

- A főpólus gerjesztését állandó mágnesekkel biztosítják, melyek olcsó esetben vas alapú mágnesek
- Ennek megfelelően a főpólus fluxusa állandó
- A gép nyomatéka az árammal arányos, ebből következik, hogy a terhelő nyomatékkal arányosan változik az áramfelvétel
- Fordulatszámuk könnyen szabályozható



DC motorok üzemtana

Indítás	Fordulatszám szabályozás	Fékezés	Forgásirány váltás
- Közvetlen indítás - Áramfelvétel csökkentésével	$n = \frac{U - I \cdot R_b}{C \cdot \Phi}$ kapocsfeszültséggel soros ellenállással fluxussal	- Ellenáramú fékezés - Ellenállásos fékezés - Energia visszatáplálásos (rekuperációs) fékezés	- Feszültség polaritás cserével - Gerjesztés - Tápfeszültség

Aszinkron gépek – szerkezeti felépítés

- Az aszinkron gép szerkezeti két nagy részre bontható: állórész és forgórész. Az állórész a gép fő szerkezeti egysége, mely magába foglalja a vastestet, illetve a tekercselést (valamint további funkcionális egységeket, mint például kötődoboz)
- A legtöbb villamos gép -mint az aszinkron gép is, lemezelte vastestből épül fel, ami vagy ötvöztelen vagy szilíciummal ötvözött acéllemez. A lemezelés oka, hogy az örvényáram okozta veszteséget csökkentsük.
- A tekercselés a vastestben, úgynevezett fogakban van elhelyezve, melynek anyaga lakkozott réz. A motor teljesítményétől függően az egyes tekercselések több kisebb keresztmetszetű rézhuzalból kerülnek kialakításra, melyeket általában bandázssal rögzítenek.

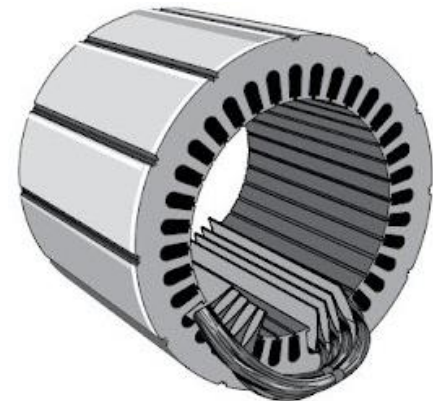
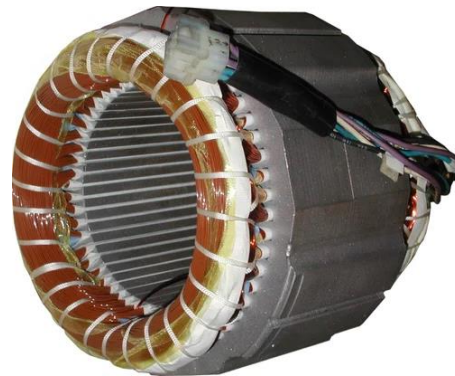
Rövidrezáró gyűrű

Csapágy

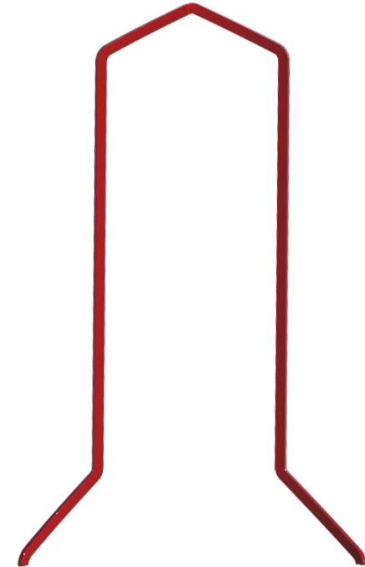
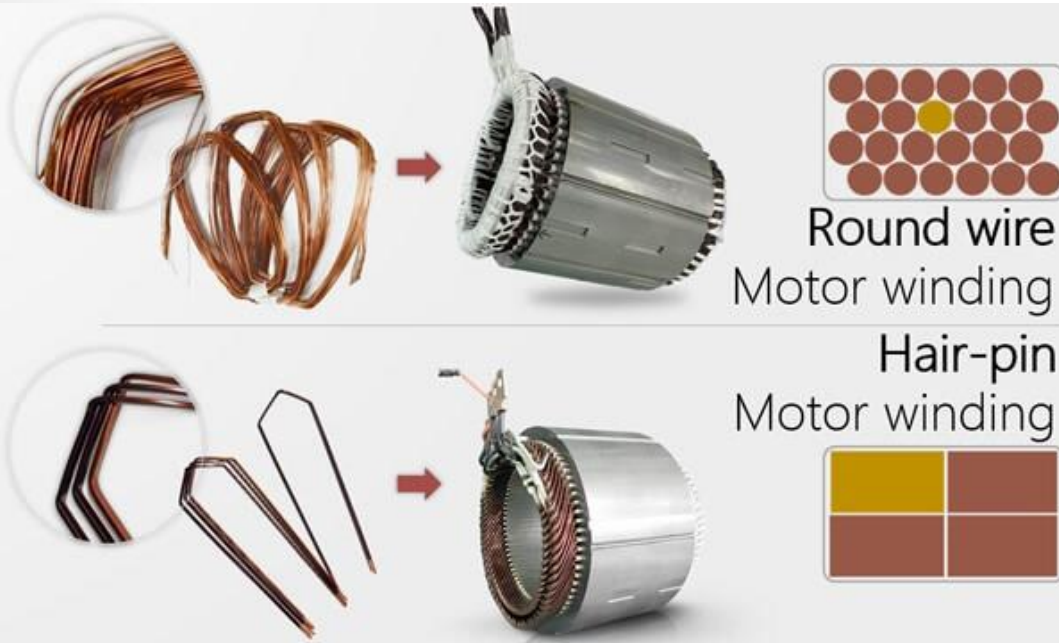
Kalicka(rúd)

Állórész tekercselés

Állórész ház



Hairpin technológia



Hairpin technológia tulajdonságai

Előnyök:

- A jobb kitöltési tényező miatt erősebb mágneses mező hozható létre. Ez lehetővé teszi a rotor erősebb forgását és nagyobb nyomaték érhető el a kerekeken;
- A jobb kitöltési tényező azt jelenti, hogy az állórész kisebb lehet;
- Kisebb energiaveszteségek (azaz rézveszteségek). Ez az optimalizált tekercselésnek köszönhető.
- Az elektromos motor kevesebb energiát tud felhasználni ugyanannyi teljesítmény előállításához, ami segít a jármű hatótávolságának növelésében;
- A kerek huzaloknál a tekercselés összetartásához varratszalakra van szükség (ez az eljárás az úgynevezett állórészfűzés). A hajtúkhöz erre nincs szükség.
- A hairpin technológiájú motorok hosszú távon kisebb meghibásodási kockázattal rendelkeznek. Ennek oka, hogy nagyobb, szilárdabb vezetőiket kevésbé befolyásolják a rezgések.
- A kerek vezetékekkel ellentétben a hairpin pontosan elhelyezhető, ami sokkal tisztább kialakítást eredményez.

Hátrány:

- Csak roncsolással bontható, amennyiben bármilyen probléma lép fel a gyártás során

Aszinkron gép típusok

A forgórész tekintetében két típust különböztetünk meg:

- csúszógyűrűs (egyres szakirodalmak tekercselt forgórészűnek is említik);
- illetve kalickás forgórészű aszinkron motor.

Üzem közben a forgórész mindig rövidrezárt, kialakítástól függetlenül. Az aszinkron gépet gyakran emlegeti a szakirodalom indukciós gépként.



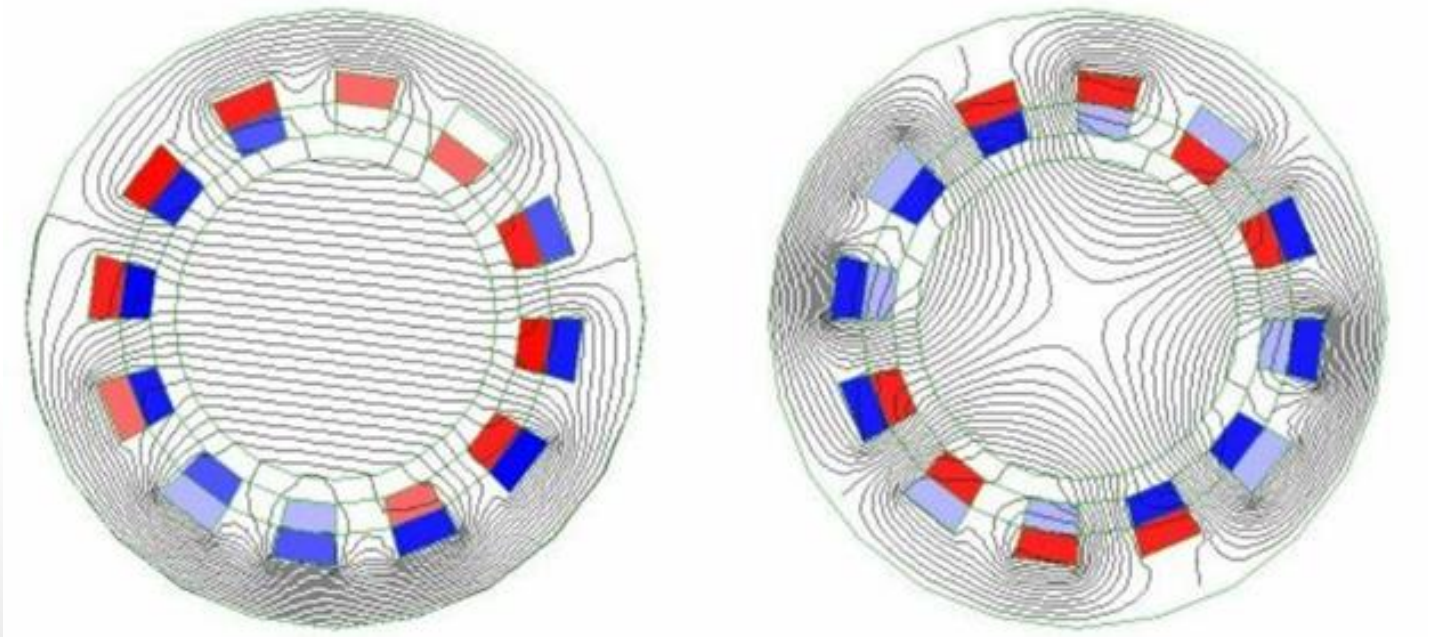
a) Tekercselt forgórész



b) Kalickás forgórész

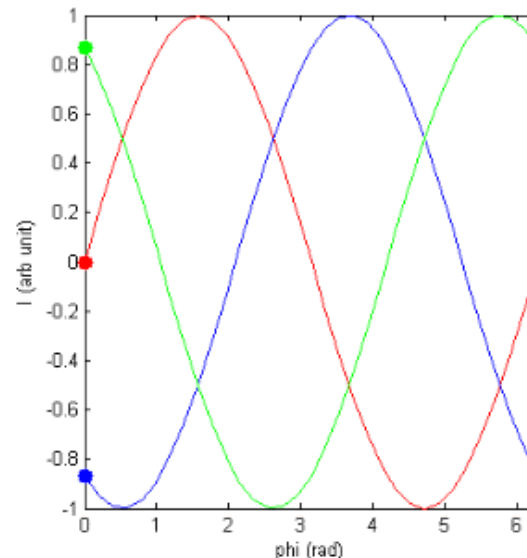
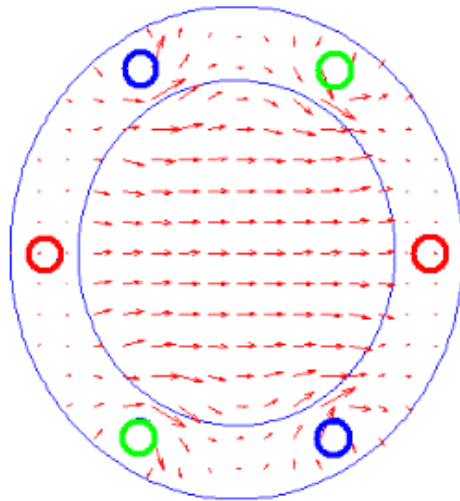
Pólus - póluspár

- A motorunk állórészébe a mágneses teret tekercsek segítségével hozzuk létre
- Ha a tekercselésben áram folyik, akkor az áram folyásirányának megfelelően északi és déli pólus jön létre. A váltakozó áram miatt az egyes tekercsek polaritása minden pillanatban más és más. Ha minden fázis csak egy észak-déli póluspárt hoz létre, a motorunk kétpólusú (bal ábra). A jobb ábrán pedig egy 4 pólusú aszinkron motor látható (egy -egy fázishoz két É-D orientációjú pólus tartozik).



Aszinkron gép működési elv (kalickás gép)

- Az állórészben elhelyezett háromfázisú tekercselésre rákapcsoljuk a szinuszos háromfázisú feszültséget, így az állórészben forgó mágneses tér alakul ki. A forgó mágneses tér hatására a villamosan rövidrezárt forgórészben áram indul meg. Az áram és a mágneses tér nyomatékot létesít, amely a forgórészt a mezővel megegyező irányba gyorsítja.
- A forgórész a nem érheti el a forgó mágneses tér „fordulatszámát”, mert a szinkron fordulathoz meg kellene állnia az indukáló folyamat, a mágneses tér nem fejtene ki nyomatékot.



Aszinkron gép működési elv (kalickás gép)

- Az állórész szinkron (n_s) fordulatszáma függ a gerjesztés frekvenciájától (f) és a gép pólusszámától (p), azaz:

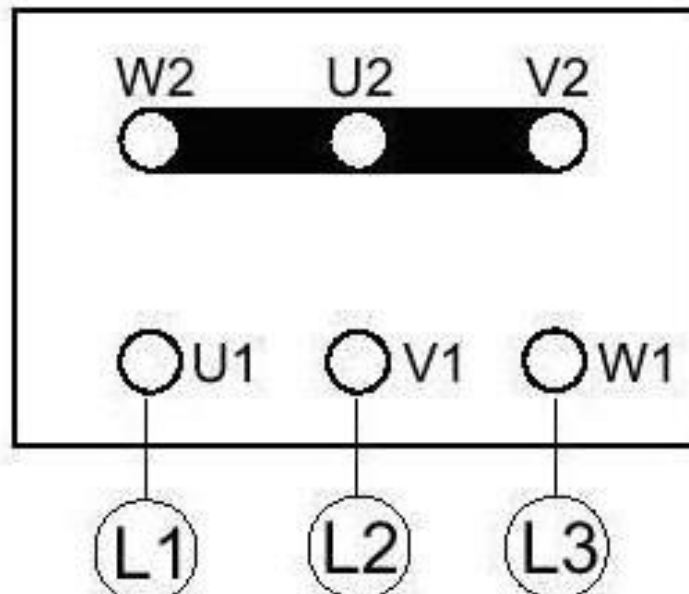
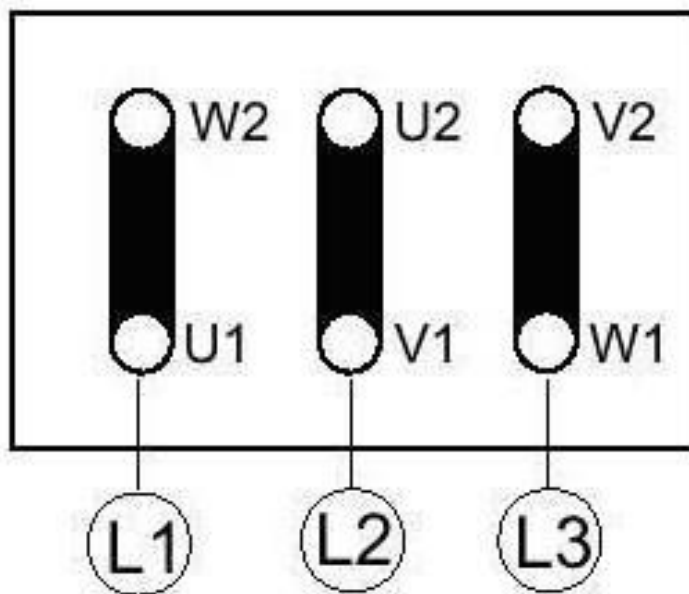
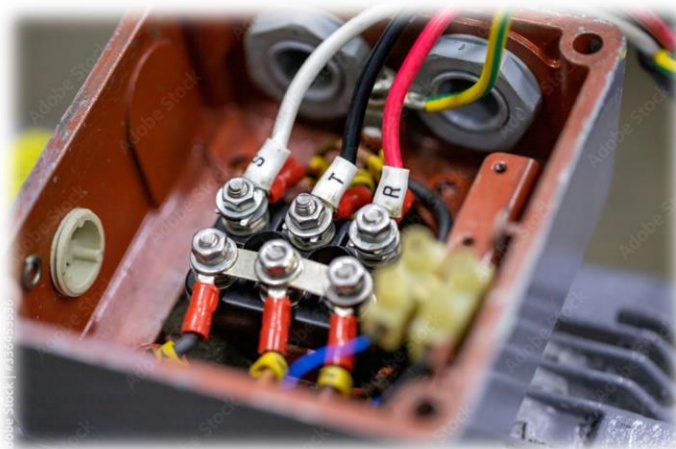
$$n_s = \frac{60f}{p}$$

- A forgórész fordulatszáma (mechanikai fordulatszám) pedig lemarad a szinkron mező fordulatszámához képest (innen jön az aszinkron elnevezés). A lemaradást (csúszást) szlipnek nevezzük:

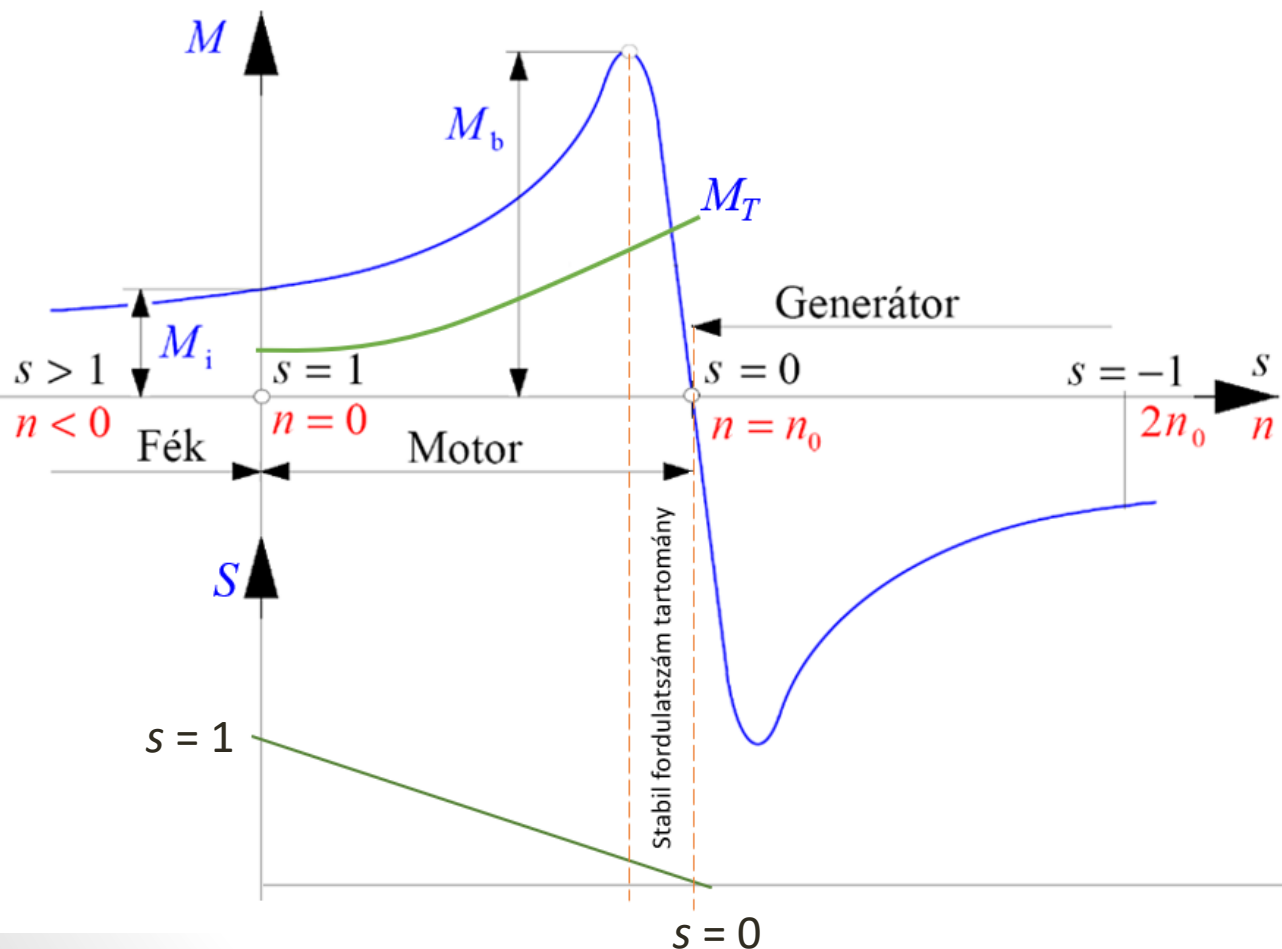
$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100 [\%]$$

- Fontos, hogy az aszinkron gép szinkron üzemre nem képes. Amennyiben a szlip 0-ra csökkenne, úgy a gép nyomatéka nulla lenne.
- Például egy 2 pólusú aszinkron gép fordulatszáma 50Hz-es táplálás és 2%-os szlip esetén 2940 1/perc lesz.

Csillag – delta „bekötés”



Aszinkron gép jelleggörbe (nyomaték – fordulatszám)



M_b – billenő
nyomaték

M_T – terhelő
nyomaték

S – szlip

n_0 – szinkron
fordulatszám

Aszinkron gép jelleggörbe (nyomaték – fordulatszám)

- Indítónyomaték (M_i): A névleges nyomaték körüli vagy annál kisebb nagyságú nyomaték. A motor akkor tud forgásba jönni, ha az indító nyomaték nagyobb, mint az M_T terhelő nyomaték.
- Billenőnyomaték (M_b): A motor gyorsulása közben a gép nyomaték a billenőnyomaték értékéig nő. A nyomaték azért növekszik, mert a fordulatszám növekedésével a szlip csökken.
- Névleges nyomaték: A billenő nyomaték utáni gyorsulás folyamán a nyomaték meredeken csökken. Ennek oka, hogy a forgórész árama csökken, mivel az indukált feszültség a szlip csökkenése miatt egyre kisebb.
- A motor addig gyorsul, amíg a nyomatéka egyenlő nem lesz a terhelés nyomatékával (a két jelleggörbe metszéspontja). Ha a gép üresjárásban van, a szinkron fordulatszám (n_0) közelébe gyorsul.
- A forgórész tengelyére ható nyomaték következtében a motor fordulatszáma csökken az üresjáráshoz képest. Ezáltal az állórész forgó mágneses tere nagyobb sebességgel változik, így abban nagyobb feszültség indukálódik. Ennek következtében a forgórész árama nagyobb lesz, ezáltal a nyomaték is. Ez addig tart, amíg a gép nyomatéka egyensúlyban nem lesz a terhelés nyomatékával.

Aszinkron gépek üzemtana

Indítás	Fordulatszám szabályozás	Fékezés	Forgásirány váltás
- Közvetlen módon - Y-Δ indítás; - Transzformátoros (csökkentett kapocsfeszültségről); - Félvezető eszközökkel (pl. tirisztorral); - Előtét impedanciával; - Frekvenciaváltó segítségével.	$n = \frac{f}{p} (1 - s)$ Frekvencia Póluspár Szlip	- Ellenáramú (fáziscsere az állórészen); - Generátoros (a fordulatszámot a szinkron fordulatszám fölé kell emelni); - Dinamikus (A motort lekapcsoljuk a hálózatról (állórészt), majd két fázisára egyenáramot kapcsolunk. Lenz törvénye alapján az állórészt az egyenáram okozta erővonalak metszik, így a gép lassulni fog. A teljes megálláshoz mechanikai fék szükséges).	Fáziscsere az állórészen

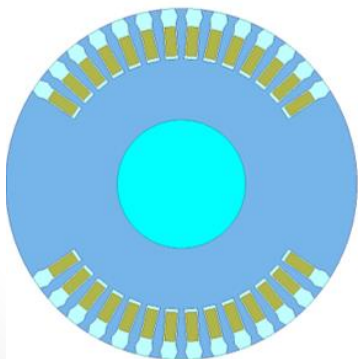
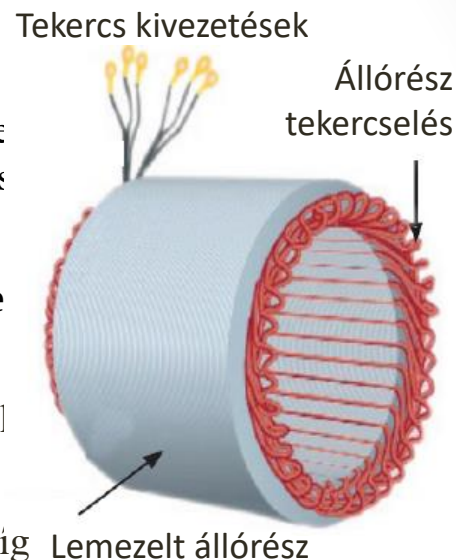
Szinkron gépek – szerkezeti felépítés

A szinkron gépeket általában háromfázisú kivitelben készítik. A szinkron gép szerkezetiileg két nagy részre bonthatók: állórész és forgórész. Az állórész kialakítása az aszinkron gépével megegyező.

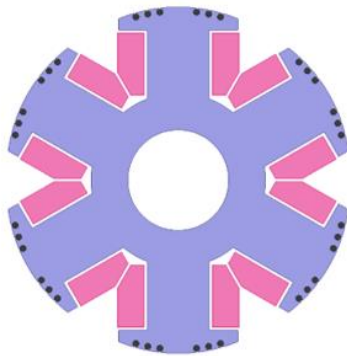
Forgórész kialakítás tekintetében két alaptípust különböztetünk meg: hengeres illetve kiálló Jellemzők:

- Az egy póluspárú gépek általában hengeres, míg a többpólusú gépek kiálló pólusúak.
- Hengeres kialakítás során a gerjesztő tekercseket hornyokban helyezik el, míg a kiálló pólusú forgórész esetén a kiálló pólusokon.

A forgórésznek egyetlen tekercselése van, mely egyenárammal gerjesztett (vagy állandó mágnesű). Az ehhez tartozó segédenergiát szén, vagy bronzkefék, illetve csúszógyűrűk segítségével juttatják el a motor a forgórészéhez.



a) Hengeres forgórész



b) Kiálló pólusú forgórész



Szinkron gépek működése

- Amennyiben az állórészben a háromfázisú tekercselés hálózatra kapcsolásával forgó mágneses mezőt hozunk létre, s abba helyezzük bele az egyenárammal gerjesztett forgórészt (és szinkron fordulatszámra gyorsítjuk), akkor a mező a forgórészt szinkron fordulatszámmal fogja forgatni. Ez a motoros üzemmód.
- A forgórész tekercsét egyenárammal gerjesztjük, így a vastest elektromágnesként fog viselkedni. Amennyiben a forgórészt forgásba hozzuk, a mágneses erővonalak metszik az állórész vezetőit és bennük feszültséget indukálnak. Ez a generátoros üzemmód.

Miért nem tud a szinkron motor önállóan indulni?

- Ha a motor állórészére háromfázisú váltakozó feszültséget kapcsolunk, az szinkron fordulatszámmal forgó mágneses mezőt hoz létre. Ezt úgy is felfoghatjuk, hogy az állórész mezeje egy szinkron fordulatszámmal forgó mágnes. Ha a forgórész egyenáramú gerjesztését bekapcsoljuk, az állórész mágnesa másodpercenként 50-szer fogja vonzani-taszítani a még álló forgórészt. A gép forgórésze nagy tehetetlenségénél fogva ezt a gyors változást követni nem tudja, így a szinkron motor csak úgy képes forogni, hogy a forgórészt az állórész hálózatra kapcsolása előtt szinkron, vagy közel szinkron fordulatszámra kell hozni (modern hajtások esetén frekvenciaváltót alkalmaznak)
- Az állórész szinkron fordulatszáma (n_0) a gerjesztés frekvenciájától (f) és a motor pólusszámától (p) függ, azaz:

$$n_0 = \frac{60f}{p}$$

A gép (motoros üzemben) csak a szinkron fordulatszámon képes működni!

Villamos gépek adattáblájának értelmezése

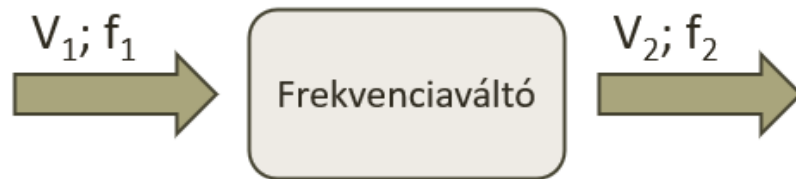
O		1		O	
Typ 2					
3	4	Nr.		5	
6	7	V	8	A	
9	10	11	cos φ	12	
13	14	min ⁻¹	15	Hz	
16	17	18	19	A	
Isol.-Kl.	20	IP	21	22	t
O		23		O	

EVIG		O	
Typ 1GA5 136			
- Mot.		Nr.	
220	V	32	A
6,0	kW	S1	cos φ
860	/min		Hz
220	V	1	A
Isol.-Kl.	F	IP	23
		160	kg
VDE 0530, T1		O	

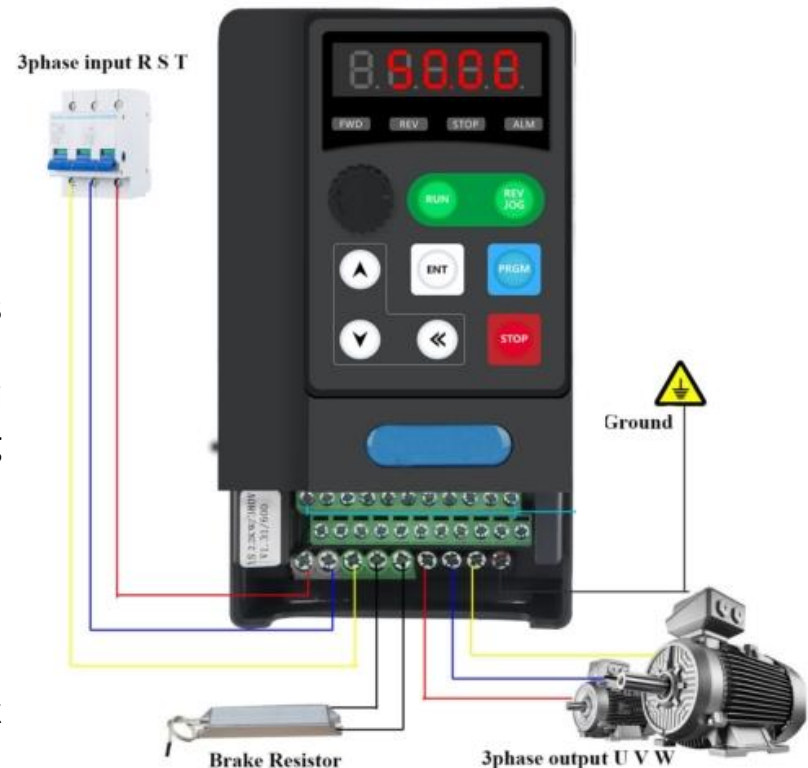
1. Gyártó
2. Típus, méretadatok stb.
3. Áram típusa (egyen/váltó)
4. Működési mód (motor, generátor)
5. Gyártási/sorozatszám
6. Tekercselés jellege (csillag/delta)
7. Névleges feszültség
8. Névleges áram
9. Névleges teljesítmény
10. Teljesítményegység (kW, lóerő stb.)
11. Motor üzem jellege (S1 – S10) pl. folytonos
12. Teljesítménytényező
13. Forgásirány
14. Névleges fordulatszám
15. Névleges frekvencia
- 16, 17, 18. Rotor gerjesztés paraméterek (amennyiben van)
20. Szigetelési osztályok
21. Védelmi osztály (IP)
22. Tömeg
23. Egyéb

Kitekintés – VFD (Variable Frequency Drive) rendszerek

Akkor a leghatékonyabb és legkézenfekvőbb hajtás, ha a motorra jutó frekvenciát (és feszültséget) szabályozzuk, így fokozatmentes fordulatszám szabályozás érhető el

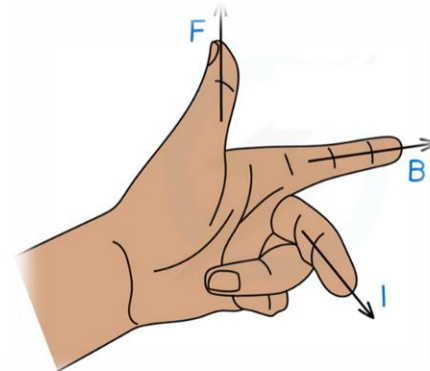
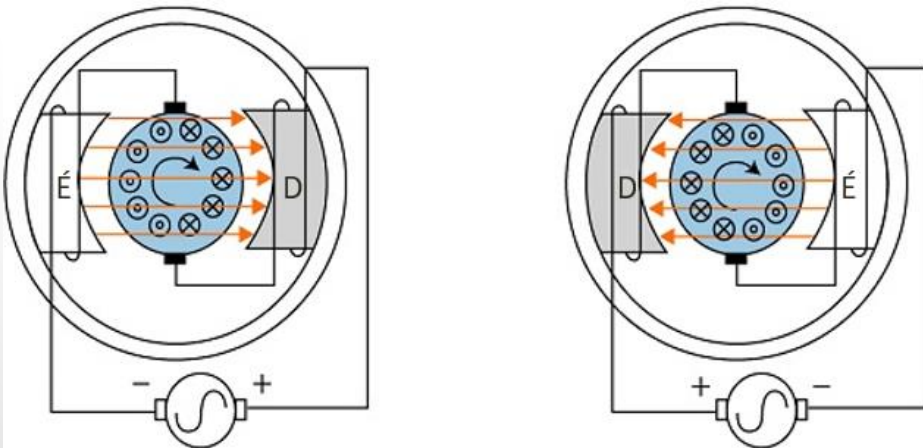


- A szakirodalom ezeket a berendezéseket hívja AC/AC konvertereknek, vagy a köznapi nyelvben frekvenciaváltóknak
- Az iparban alkalmazott frekvenciaváltók számos kivitelben kaphatók, egy és háromfázisú kivitelben. Az alapvető rendeltetés mellett számos további hasznos funkciót tartalmazhatnak (a teljesség igénye nélkül):
 - lágyindítás;
 - túláramvédelem;
 - külső vagy beépített fékegység vezérléséről;
 - a hajtott technológia mennyiségi jellemzőjének szabályozásáról;
 - Buszrendszeren történő kommunikáció stb.



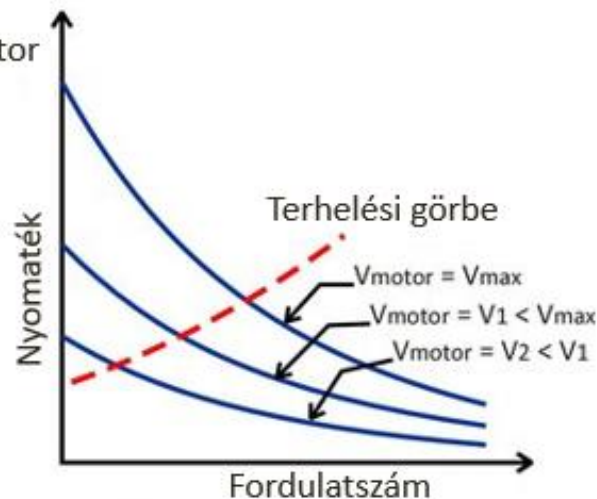
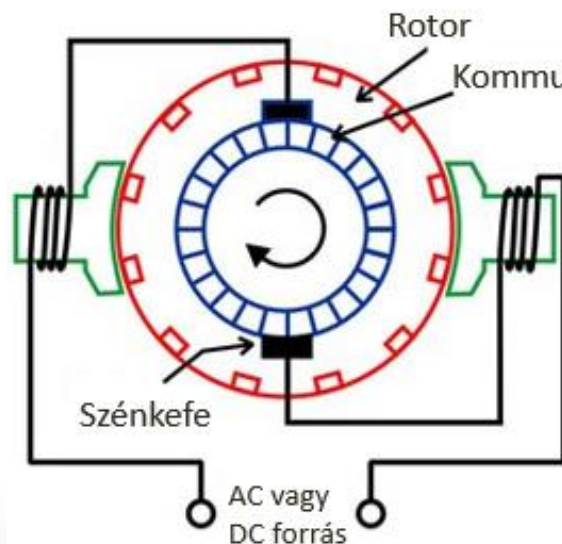
Univerzális motorok

- Ilyen típusú motorok találhatóak a legtöbb szerszámgépben (pl.: fúrógép, porszívó, flex) vagy háztartási kisgépekben (pl.: turmixgép, mixer stb.)
- Az elnevezés onnan jön, hogy mind egyen, mind váltakozó áramról működőképesek: Mégis hogyan?
- Ennek alapvető oka, hogy a hálózati áram polaritásának megfordulásakor egyszerre változik az álló és forgórész mágneses tere, megőrizve az egymás közti eltérést, így a tekercsek közti kölcsönhatás ugyanolyan irányú marad.

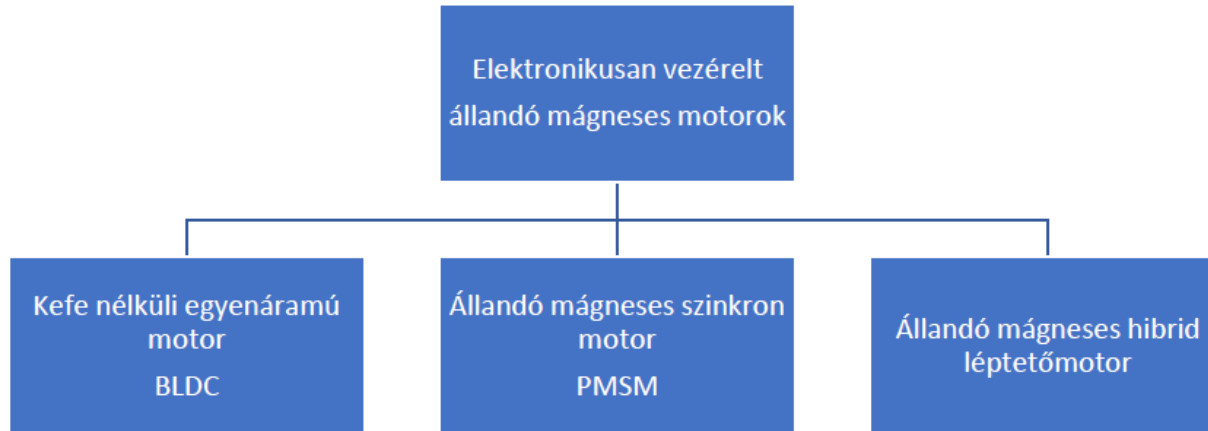


Felépítés, tulajdonságok

- Mind az álló/forgórész tekercselt
- A forgórész tekercsei kommutátorra kapcsolódnak, a kommutátorhoz pedig két szénkefe feszül
- Az említett alkatrészek miatt karbantartást igényel
- Általában nagy fordulatszámú motorok kb.: 5 – 20000 rpm
- Ahhoz, hogy a motor működni tudjon, a forgórésznek el kell tudnia forognia, különben a motor leég
- A veszteségek csökkentése érdekében általában az álló és forgórész is lemezel
- Nagyobb teljesítmény esetén lágyindítást alkalmaznak az indítási áramerősség csökkentése érdekében



Kitekintés – elektronikusan kommutált motorok



- A szakirodalom a kefe nélküli motorokat a légrés mezőben kialakuló mágneses tér alakja szerint lehet megkülönböztetni:
 - Ha a légrés mező a klasszikus egyenáramú motorokhoz hasonlóan trapéz alakú, akkor a hasonlóság miatt a kefe nélküli egyenáramú - az angol rövidítés szerint BLDC, (BrushLess DC motor)
 - Ha a légrés mező a klasszikus váltakozó áramú motorokhoz hasonlóan szinuszos alakú, akkor kefe nélküli váltakozó áramú -angol rövidítéssel (BLAC BrushLess AC motor) vagy PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motors)