



SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
GYŐR

# Elektrotechnika

## *11. előadás*



Összeállította:  
Dr. Hodossy László

Készült a HEFOP 3.3.1-P.-2004-09-0102/1.0 pályázat támogatásával

# Villamos gépek

## Egyenáramú gépek

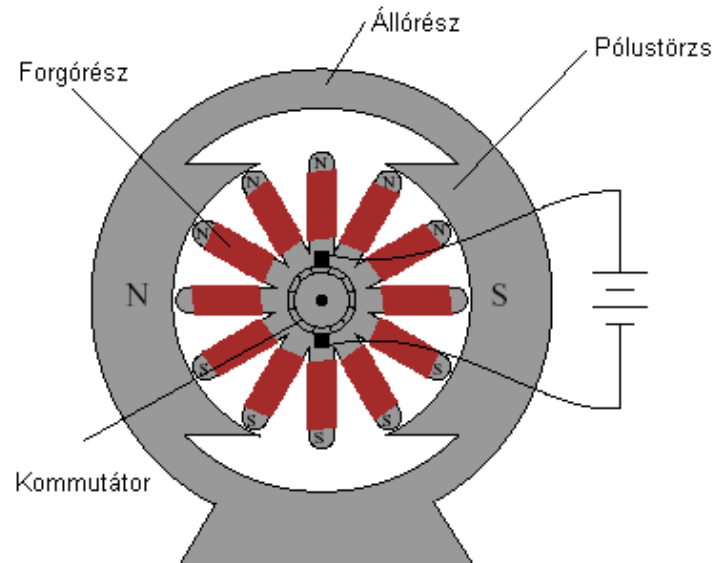
Hálózatok analízise

1. **Szerkezeti felépítés**
2. Működés
3. Működés
4. Armatúra reakció
5. Armatúra reakció
6. Egyenáramú gépek osztályozása
7. Külső gerjesztésű motor
8. Külső gerjesztésű motor
9. Soros gerjesztésű motor
10. Soros gerjesztésű motor
11. Vegyes gerjesztésű motor
12. Indítás
13. Indítás

### • Szerkezeti felépítés

Négy alapvető szerkezeti rész:

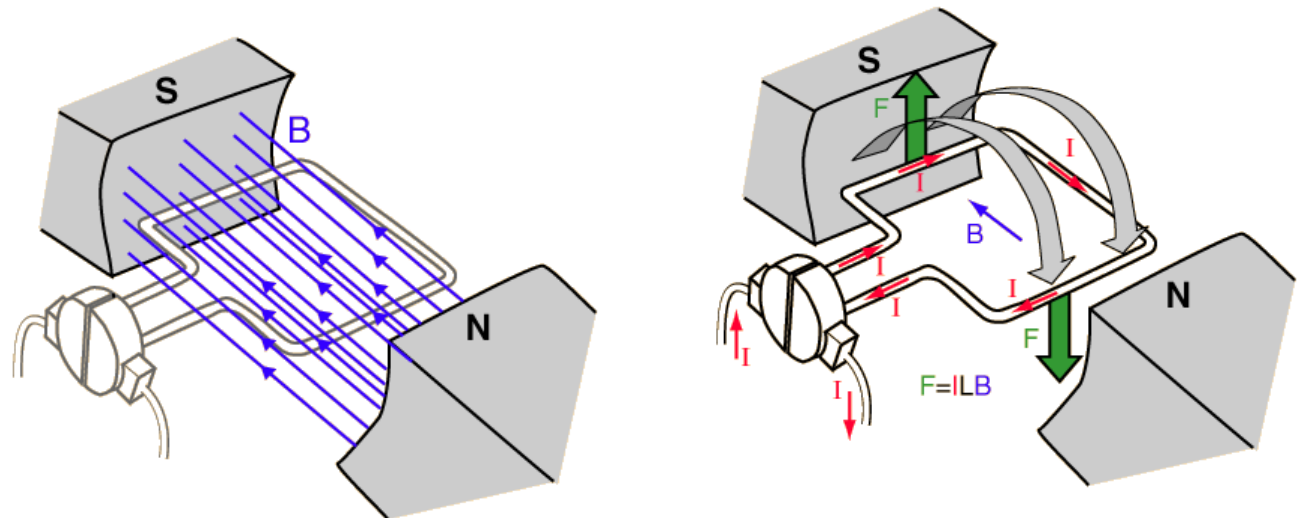
- acélöntvényből készült henger alakú **állórész**: fő- és segédpólusok
- lemezelt, henger alakú, külső felületén hornyokkal ellátott **forgórész** az **armatúra**
- **kommutátor**, amely az armatúra tekercselés váltakozó áramát mechanikus úton egyenirányítja
- **kefék**



# Egyenáramú gépek

## • Működés

- Mágneses térben van elhelyezve egy vezetőkeret (armatúra), amelyben áram folyik
- a Lorentz-féle erőhatás miatt a forgórész elfordul
- 180°-os elfordulás után megfordul az áramirány s a folyamat kezdődik újra



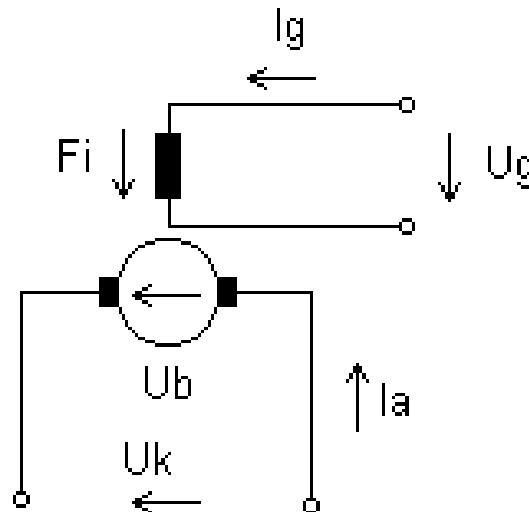
Hálózatok analízise

1. Szerkezeti felépítés
2. **Működés**
3. Működés
4. Armatúra reakció
5. Armatúra reakció
6. Egyenáramú gépek osztályozása
7. Külső gerjesztésű motor
8. Külső gerjesztésű motor
9. Soros gerjesztésű motor
10. Soros gerjesztésű motor
11. Vegyes gerjesztésű motor
12. Indítás
13. Indítás

## Egyenáramú gépek

- **Működés**

Az állórészen lehet állandó mágnes vagy tekercs, amit egyenárammal gerjesztenek



$U_g$  : gerjesztő feszültség

$I_g$  : gerjesztő áram

$\Phi = F_i$ : főfluxus

$U_k$  : armatúra kapocsfeszültsége

$I_a$  : armatúra áram

$U_b$  : armatúra belső indukált feszültsége

### Hálózatok analízise

1. Szerkezeti felépítés
2. Működés
3. **Működés**
4. Armatúra reakció
5. Armatúra reakció
6. Egyenáramú gépek osztályozása
7. Külső gerjesztésű motor
8. Külső gerjesztésű motor
9. Soros gerjesztésű motor
10. Soros gerjesztésű motor
11. Vegyes gerjesztésű motor
12. Indítás
13. Indítás

## Egyenáramú gépek

- **Armatúrareakció**

Az armatúraáram mágneses fluxust hoz létre, amely hozzáadódik a pólusok által létesített fluxushoz

Az armatúraáram eltorzítja az indukció-eloszlást az armatúra kerülete mentén

### Armatúrareakció hatásai:

- a gép fluxusa csökken
- a semleges vonal eltolódik

### Az armatúrareakció hatásainak megszüntetése:

- légrés növelése (nagyobb gerjesztés szükséges)
- segédpólus alkalmazása az üresjárású semleges vonalban, armatúraárammal gerjesztve
- megfelelő kommutálási késleltetés (siettetés)
- kompenzálótekerccs alkalmazása a pólussarukban az armatúraárammal gerjesztve

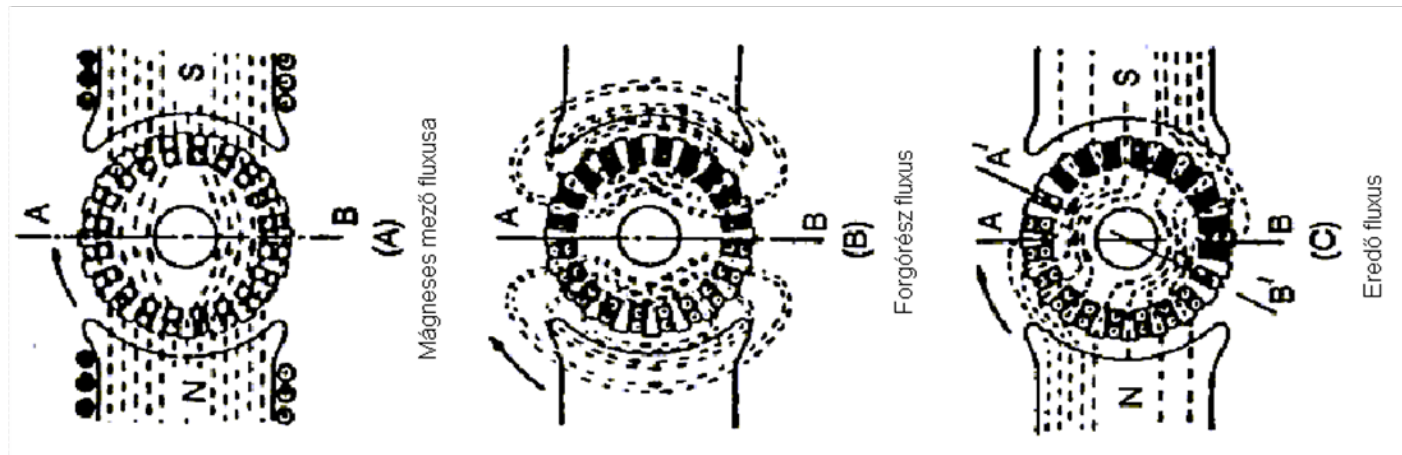
Hálózatok analízise

1. Szerkezeti felépítés
2. Működés
3. Működés
4. **Armatúra reakció**
5. Armatúra reakció
6. Egyenáramú gépek osztályozása
7. Külső gerjesztésű motor
8. Külső gerjesztésű motor
9. Soros gerjesztésű motor
10. Soros gerjesztésű motor
11. Vegyes gerjesztésű motor
12. Indítás
13. Indítás

## Villamos gépek

# Egyenáramú gépek

- **Armatúrareakció**



Hálózatok analízise

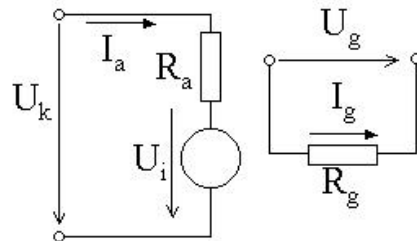
1. Szerkezeti felépítés
2. Működés
3. Működés
4. Armatúra reakció
5. **Armatúra reakció**
6. Egyenáramú gépek osztályozása
7. Külső gerjesztésű motor
8. Külső gerjesztésű motor
9. Soros gerjesztésű motor
10. Soros gerjesztésű motor
11. Vegyes gerjesztésű motor
12. Indítás
13. Indítás

## Egyenáramú gépek

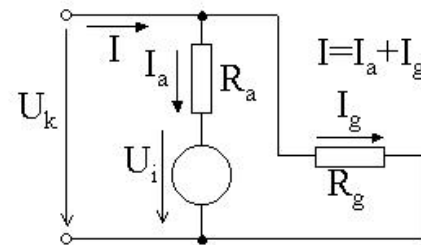
### • Egyenáramú gépek osztályozása

A gerjesztés módja szerint négy csoport:

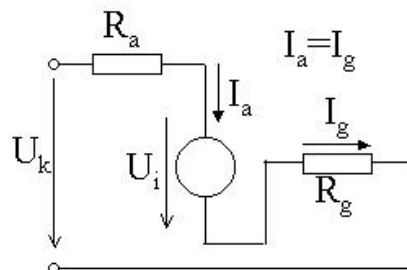
Külső gerjesztésű



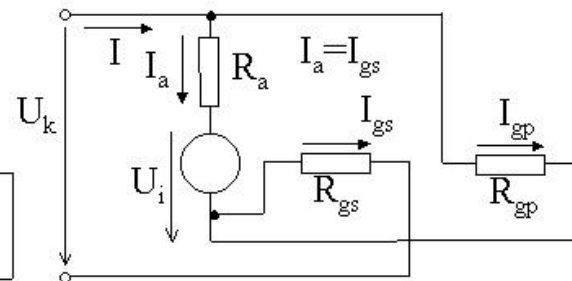
Párhuzamos gerjesztésű  
(vagy sönt gerjesztésű)



Soros gerjesztésű



Vegyes gerjesztésű



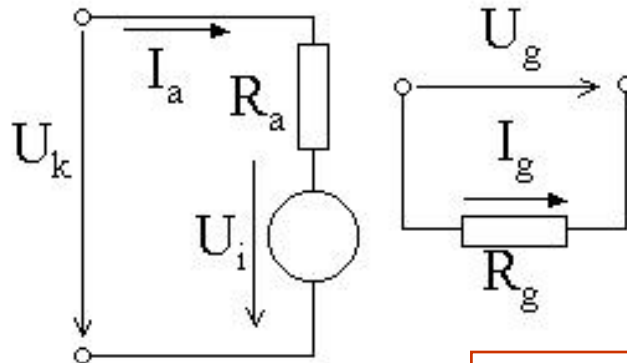
Hálózatok analízise

1. Szerkezeti felépítés
2. Működés
3. Működés
4. Aratúra reakció
5. Aratúra reakció
6. **Egyenáramú gépek osztályozása**
7. Külső gerjesztésű motor
8. Külső gerjesztésű motor
9. Soros gerjesztésű motor
10. Soros gerjesztésű motor
11. Vegyes gerjesztésű motor
12. Indítás
13. Indítás

## Egyenáramú gépek

### • Külső gerjesztésű motor (párhuzamos is)

A működést leíró összefüggések:



$$\phi = \text{áll.}$$

$$U_k = U_b + I_a \cdot R_a$$

$$U_i = U_b = k \cdot \phi \cdot \omega$$

$$M = k \cdot \phi \cdot I_a$$

$$U_b \times I_a = M \omega$$

$$\omega = \frac{U_b}{k \cdot \phi} = -\frac{R_a I_a}{k \cdot \phi} + \frac{U_k}{k \cdot \phi} \Rightarrow y = mx + b$$

„k”: a gépre jellemző állandó

Hálózatok analízise

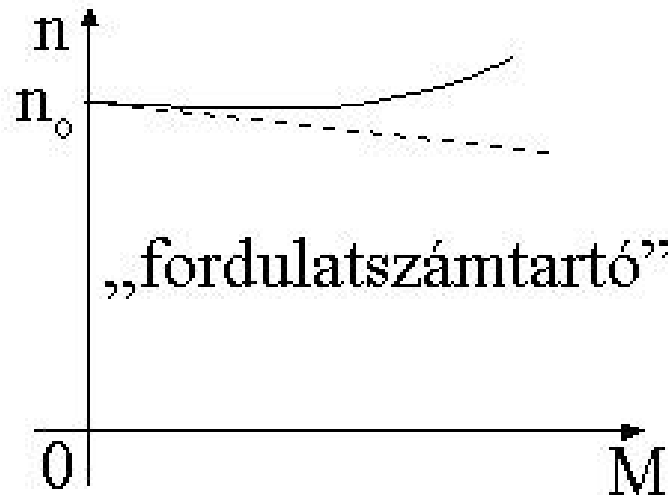
1. Szerkezeti felépítés
2. Működés
3. Működés
4. Armatúra reakció
5. Armatúra reakció
6. Egyenáramú gépek osztályozása
7. **Külső gerjesztésű motor**
8. Külső gerjesztésű motor
9. Soros gerjesztésű motor
10. Soros gerjesztésű motor
11. Vegyes gerjesztésű motor
12. Indítás
13. Indítás



## Villamos gépek

### Egyenáramú gépek

- **Külső gerjesztésű motor (párhuzamos is)**



#### Hálózatok analízise

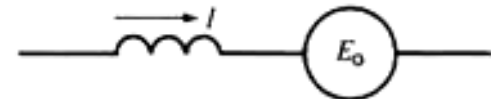
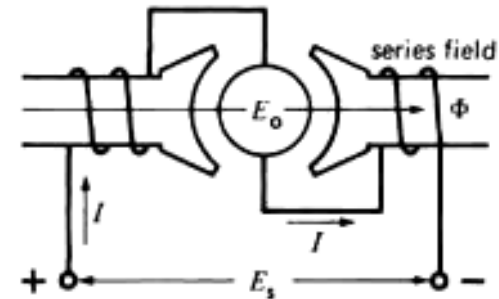
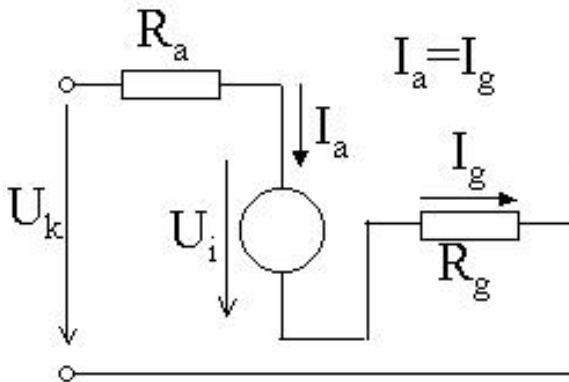
1. Szerkezeti felépítés
2. Működés
3. Működés
4. Armatúra reakció
5. Armatúra reakció
6. Egyenáramú gépek osztályozása
7. Külső gerjesztésű motor
8. **Külső gerjesztésű motor**
9. Soros gerjesztésű motor
10. Soros gerjesztésű motor
11. Vegyes gerjesztésű motor
12. Indítás
13. Indítás

# Villamos gépek

## Egyenáramú gépek

### • Soros gerjesztésű motor

Villamos helyettesítő kép



$$I_g = I_a$$

$$\phi = f(I_a)$$

$$\omega = \frac{U_k}{k \cdot \phi} - \frac{I_a \cdot R_a}{k \cdot \phi} = \frac{U_k}{k \cdot k' \cdot I_a} - \frac{R_a}{k \cdot k'}$$

$$M = k \cdot \phi \cdot I_a = k' \cdot I_a^2$$

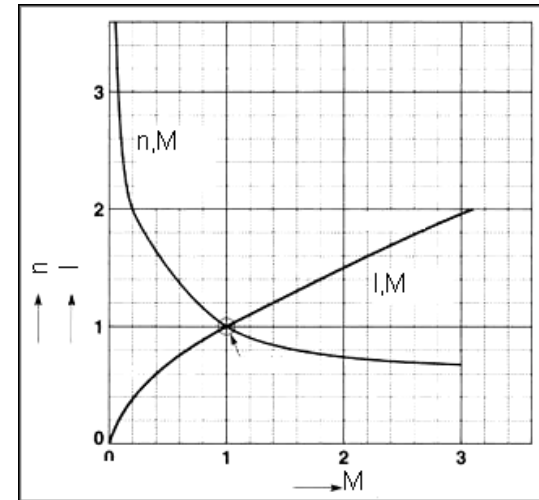
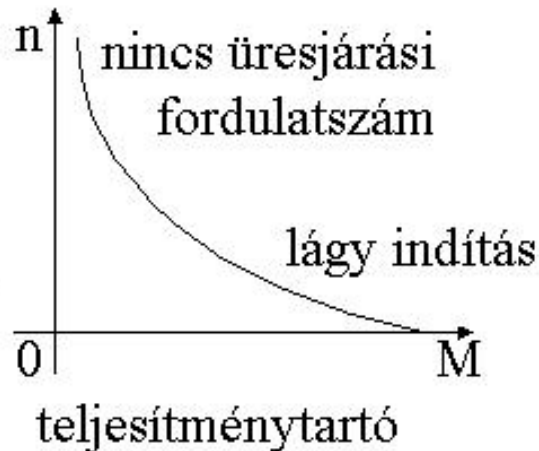
A motor teljesítménytartó:  $M \cdot n \approx \text{áll.} = P$

- Hálózatok analízise
1. Szerkezeti felépítés
  2. Működés
  3. Működés
  4. Aratúra reakció
  5. Aratúra reakció
  6. Egyenáramú gépek osztályozása
  7. Külső gerjesztésű motor
  8. Külső gerjesztésű motor
  9. **Soros gerjesztésű motor**
  10. Soros gerjesztésű motor
  11. Vegyes gerjesztésű motor
  12. Indítás
  13. Indítás

# Egyenáramú gépek

## • Soros gerjesztésű motor

A motor jelleggörbéi:



Jellemzők:

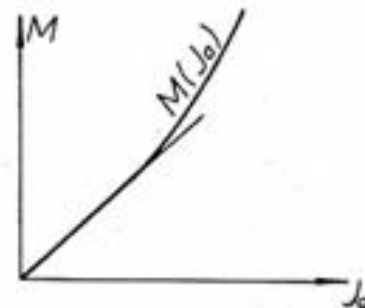
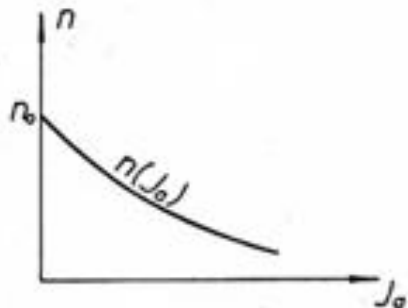
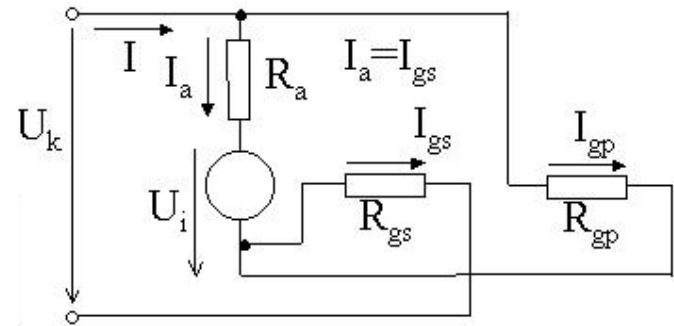
- Nincs üresjárás fordulatszáma (terhelés nélkül indítani tilos)
- Nagy indítónyomaték (járművek, kéziszerszámok)
- Váltakozó-, illetve egyenáramú táplálásról is működik, ezért univerzális gép

## Egyenáramú gépek

### • Vegyes gerjesztésű motor

A legfontosabb jellemzők:

- Van soros és párhuzamos gerjesztése is,
- Ritkán használják,
- Nem fordulattartó



# Villamos gépek

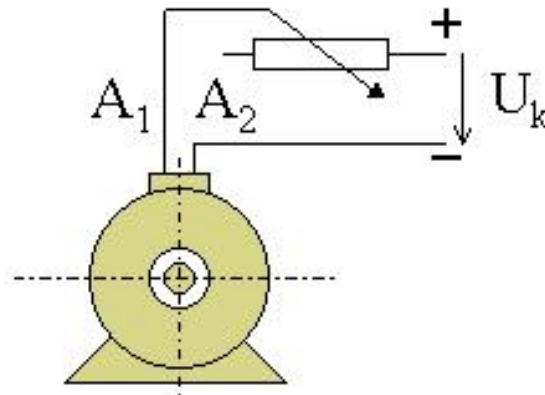
## Egyenáramú gépek

- **Indítás**

$$U_k = U_b + I_a \cdot R_a \Rightarrow I_a = \frac{U_k - U_b}{R_a} \quad U_b = k \cdot \phi \cdot \omega$$

Indításkor ( $\omega=0$ )  $U_b=0$ , ezért  $I_i \approx (10...30) \times I_n$

Az indítási áramot mindenképpen csökkenteni kell!  
Pl. armatúrával sorba kötött ellenállásokkal



### Hálózatok analízise

1. Szerkezeti felépítés
2. Működés
3. Működés
4. Armatúra reakció
5. Armatúra reakció
6. Egyenáramú gépek osztályozása
7. Külső gerjesztésű motor
8. Külső gerjesztésű motor
9. Soros gerjesztésű motor
10. Soros gerjesztésű motor
11. Vegyes gerjesztésű motor
12. Indítás
13. Indítás

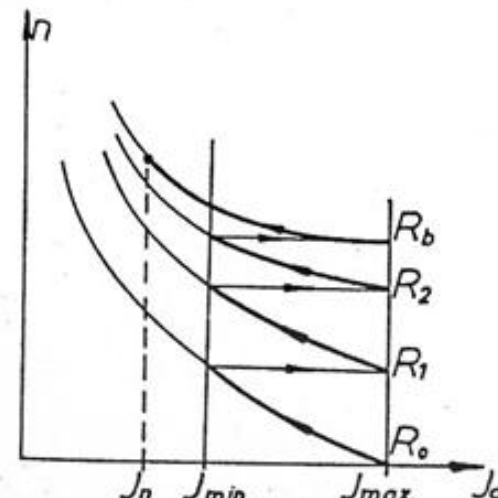
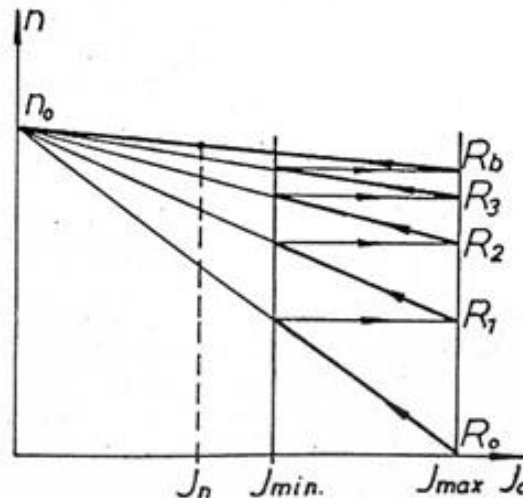
# Villamos gépek

## Egyenáramú gépek

- **Indítás**

Külső gerjesztésű

Soros gerjesztésű



Az ellenállások használata miatt ez veszteséges megoldás!  
Korszerű megoldás: teljesítményelektronikai kapcsolás alkalmazása

- Hálózatok analízise
1. Szerkezeti felépítés
  2. Működés
  3. Működés
  4. Armatúra reakció
  5. Armatúra reakció
  6. Egyenáramú gépek osztályozása
  7. Külső gerjesztésű motor
  8. Külső gerjesztésű motor
  9. Soros gerjesztésű motor
  10. Soros gerjesztésű motor
  11. Vegyes gerjesztésű motor
  12. Indítás
  13. Indítás

# Villamos gépek

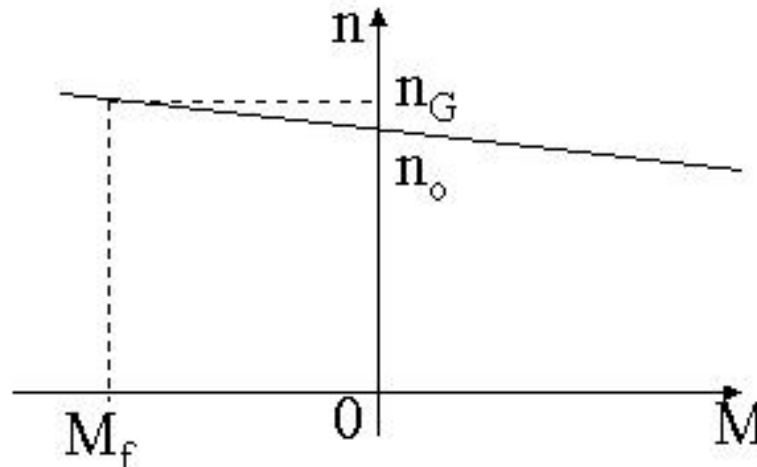
## Egyenáramú gépek

### • Fékezés

Villamos úton történő fékezés:

#### 1. Visszatápláló (generátoros) fékezés

- csak az üresjárás fordulat felett használható (generátoros üzemmód)
- soros motornál nem alkalmazható
- csak az üresjárás fordulatszám felett hatásos



#### Hálózatok analízise

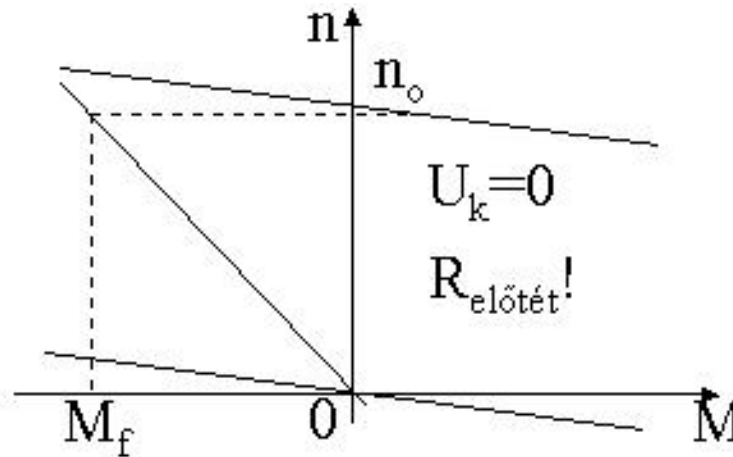
1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. Külső gerjesztésű generátor
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. Áramköri modell
17. Nyomaték
18. Üzemállapotok
19. Indítás

# Egyenáramú gépek

## • Fékezés

### 2. Ellenállásos (dinamikus) fékezés

- az armatúra táplálását megszüntetik
- az armatúrával sorbakapcsolt ellenállással fékezik a motort
- nem lehet megállásig fékezni



$$\omega = \frac{U_i}{k \cdot \phi} = -\frac{I \cdot R}{k \cdot \phi} = -M \cdot \frac{R}{k^2 \cdot \phi^2}$$

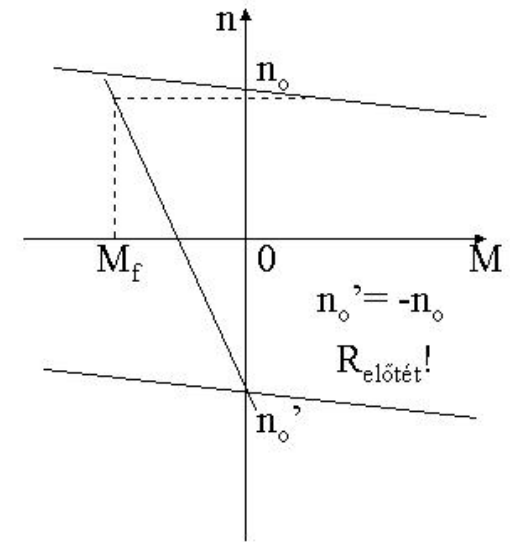
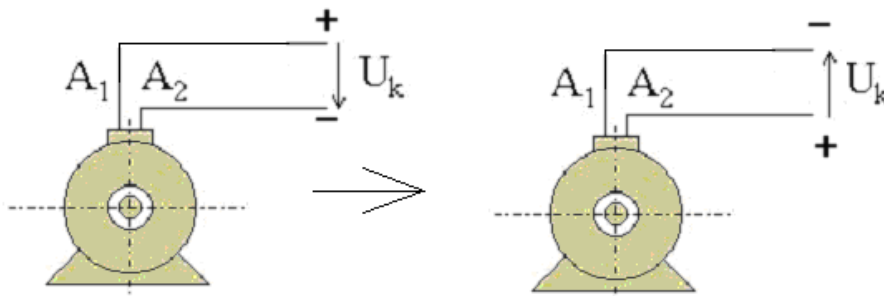


# Egyenáramú gépek

## • Fékezés

### 3. Ellenáramú (irányváltásos) fékezés

- a motor armatúra kapocsfeszültségének a polaritását megcserélik
- leállásig fékezhető a motor, de megfordulhat a forgásirány
- az áram csökkentésére ellenállást kapcsolnak az armatúrakörbe
- nagy veszteségek (névleges mechanikai, névleges villamos teljesítmény)



## Hálózatok analízise

1. Fékezés
2. Fékezés
3. **Fékezés**
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. Külső gerjesztésű generátor
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. Áramköri modell
17. Nyomaték
18. Üzemállapotok
19. Indítás

## Egyenáramú gépek

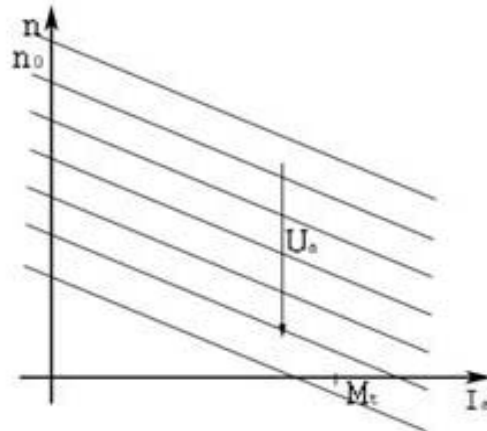
### • Fordulatszám változtatás

3 lehetőség van az egyenáramú motorok fordulatszám befolyásolására:

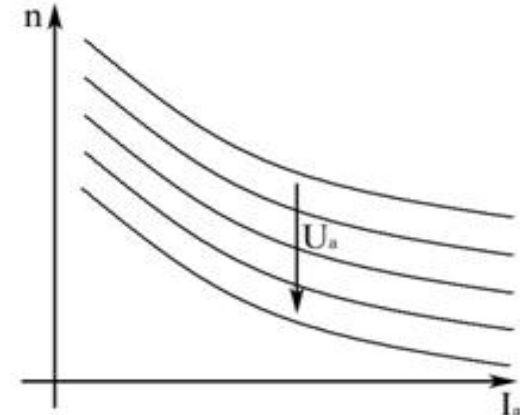
$$\omega = \frac{U_k - I_a \cdot R_a}{k \cdot \phi}$$

#### 1. $U_a$ (armatúra kapocsfeszültség) változtatása:

- leggyakrabban alkalmazott és legjobb módszer
- veszteségmentes



Külső gerjesztésű motor



soros gerjesztésű motor

#### Hálózatok analízise

1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. Külső gerjesztésű generátor
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. Áramköri modell
17. Nyomaték
18. Üzemállapotok
19. Indítás

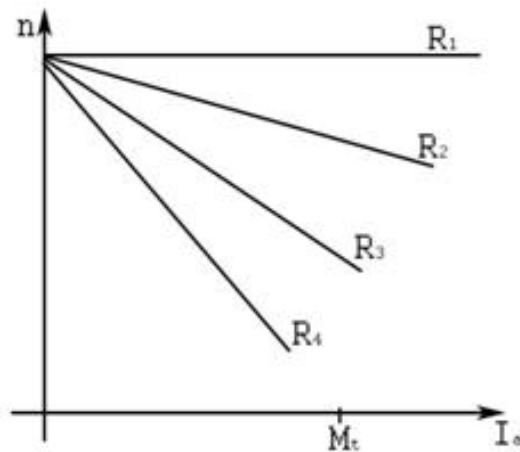
# Villamos gépek

## Egyenáramú gépek

### • Fordulatszám változtatás

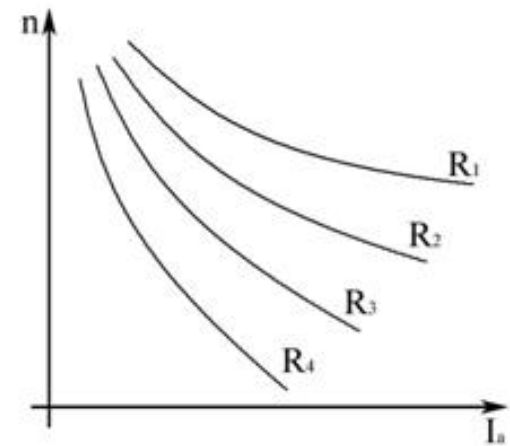
#### 2. $R_a$ (főáramkörü ellenállás) változtatása:

- az üresjárású pont nem változik (külső gerjesztésűnél)
- veszteséges, hőenergiát termel:  $P = I^2 \cdot R$



$$R_1 < R_2 < R_3 < R_4$$

Külső gerjesztésű motor



soros gerjesztésű motor

#### Hálózatok analízise

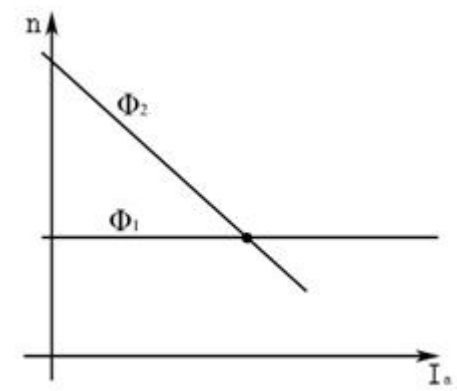
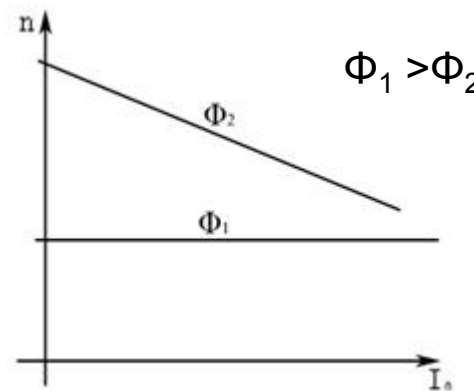
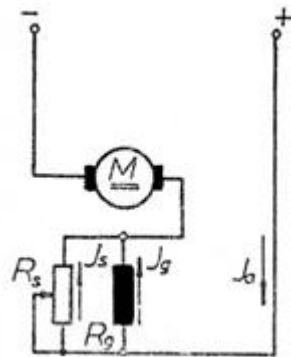
1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. Külső gerjesztésű generátor
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. Áramkörü modell
17. Nyomaték
18. Üzemállapotok
19. Indítás

## Egyenáramú gépek

### • Fordulatszám változtatás

#### 3. $\Phi$ (fluxus) változtatása:

- például a gerjesztőtekercssel párhuzamosan kapcsolt változtatható ellenállással



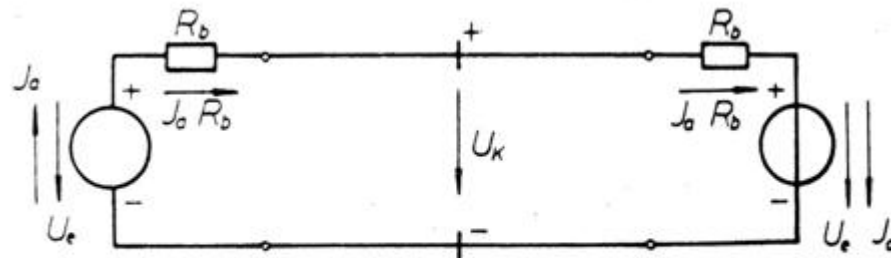
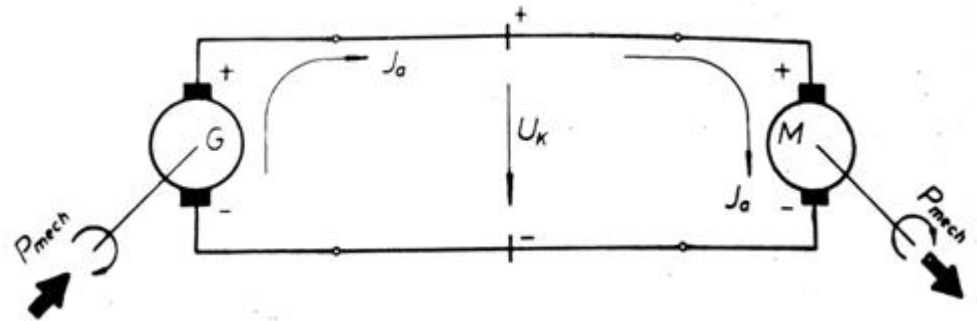
A módszer hátrányai:

- A jelleggörbék metszéspontjában a fluxus változtatásának nincs hatása a fordulatszámra
- A metszésponttól balra és jobbra a fluxus változtatásának a hatása ellentétes

## Egyenáramú gépek

### • Egyenáramú generátorok

Az egyenáramú generátorokat az egyenáramú energia előállítására használják.  
Az egyenáramú gépek teljesítményviszonyai:



$$U_K = U_e - J_a R_b$$

$$U_K = U_e + J_a R_b$$

#### Hálózatok analízise

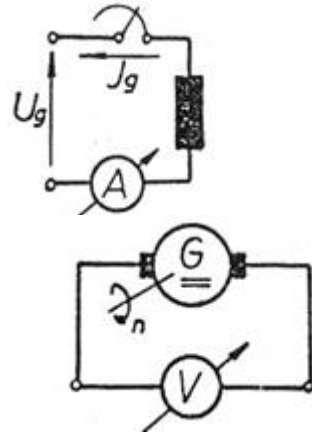
1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. **Egyenáramú generátorok**
8. Külső gerjesztésű generátor
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. Áramköri modell
17. Nyomaték
18. Üzemállapotok
19. Indítás

# Egyenáramú gépek

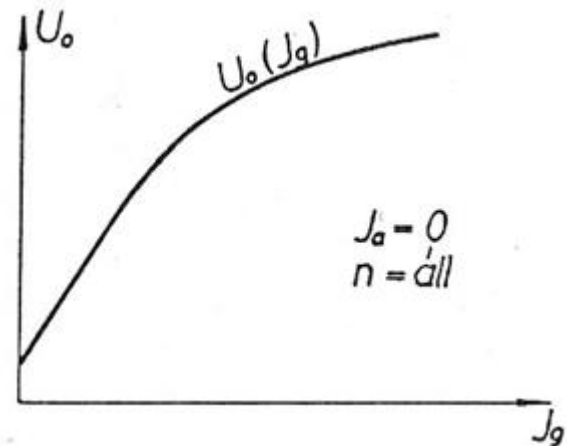
## • Külső gerjesztésű generátor

Állórész: külső gerjesztő hálózatra kapcsolva

Forgórész: hajtógép állandó fordulatszámmal forgatja



Üresjárás jelleggörbe



### Hálózatok analízise

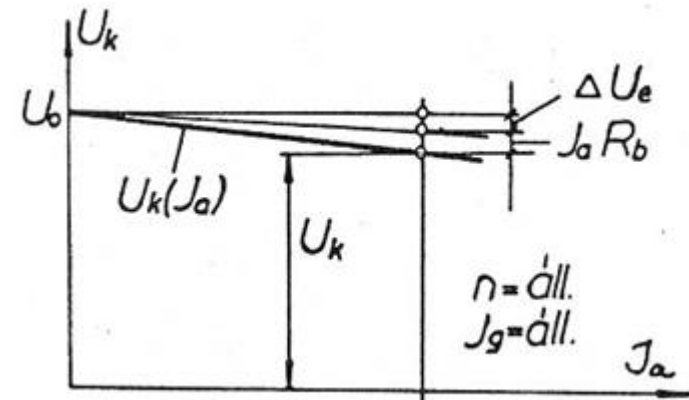
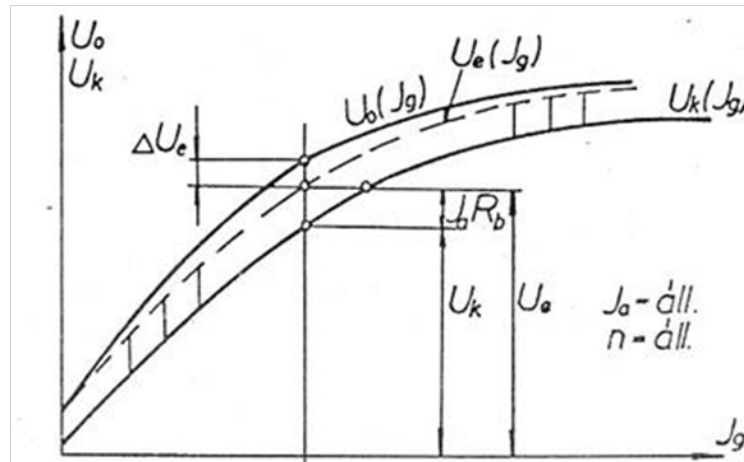
1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. **Külső gerjesztésű generátor**
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. Áramköri modell
17. Nyomaték
18. Üzemállapotok
19. Indítás

## Egyenáramú gépek

### • Külső gerjesztésű generátor

Üresjárási és terhelési jelleggörbe

Külső jelleggörbe



#### Hálózatok analízise

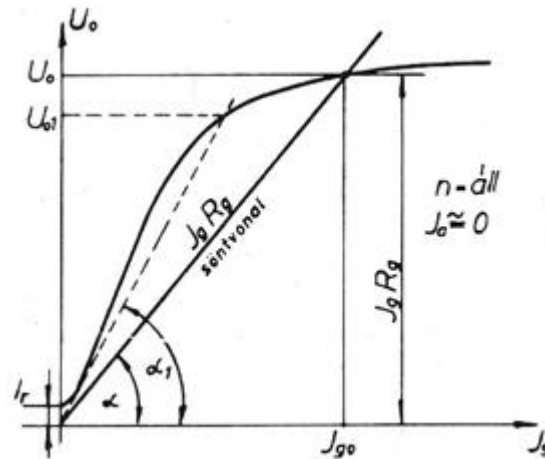
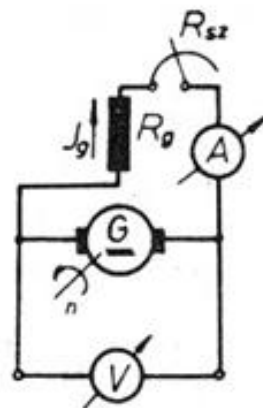
1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. Külső gerjesztésű generátor
9. **Külső gerjesztésű generátor**
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. Áramköri modell
17. Nyomaték
18. Üzemállapotok
19. Indítás

## Egyenáramú gépek

### • Párhuzamos gerjesztésű generátor (Jedlik Ányos: öngerjesztés elve)

Az állórészt párhuzamosan kapcsolják a forgórészsel és állandó fordulatszámmal forgatják a forgórészt.

Ez a generátorfajta villamos energia befektetése nélkül csak mechanikai energia segítségével állít elő villamos energiát.



üresjárási jelleggörbe

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{U_0}{I_g} = R_g + R_{sz}$$

$R_g$ : gerjesztőtekercs ellenállása

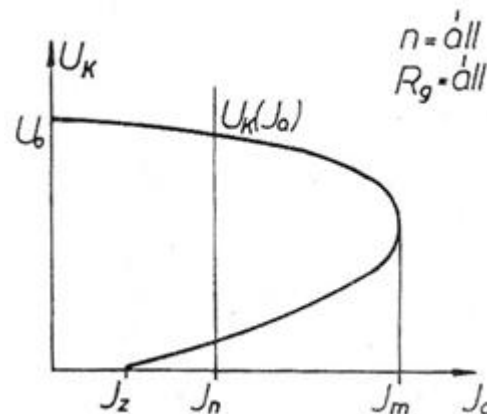
$R_{sz}$ : szabályozó ellenállás a gerjesztő körben



## Egyenáramú gépek

### • Párhuzamos gerjesztésű generátor

Külső jelleggörbe



$I_m$  értékét meghaladva a gép „legerjed”

#### A generátor felgerjedésének feltételei:

- remanens (visszamaradt) fluxus kell
- $R_g + R_{sz}$  megfelelően kicsi legyen (stabil munkapont)
- gerjesztő tekercs polaritása megfelelő legyen
- terhelő ellenállás megfelelően nagy legyen (ne lépjük túl az  $I_m$  értékét)

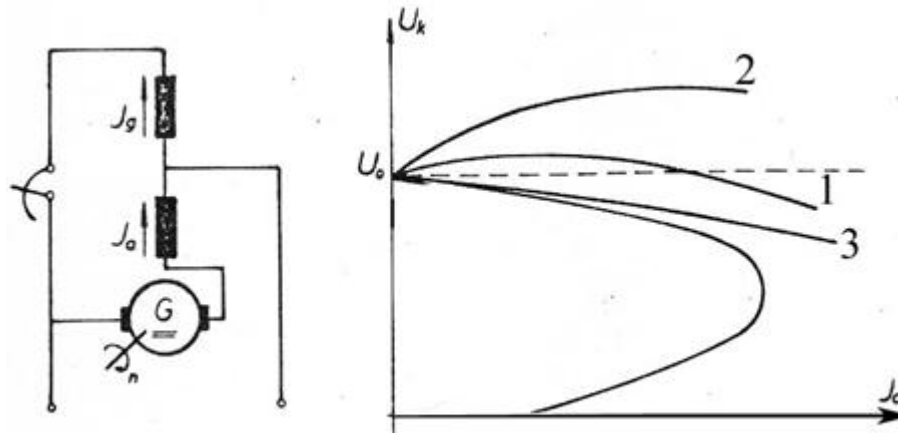
#### Hálózatok analízise

1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. Külső gerjesztésű generátor
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. Áramköri modell
17. Nyomaték
18. Üzemállapotok
19. Indítás

## Egyenáramú gépek

- **Vegyes gerjesztésű generátor**

A vegyes gerjesztésű generátornak van sorba és párhuzamosan kötött gerjesztő tekercse is



A két tekercs egymáshoz képesti viszonya alapján lehet:

- 1: kompaundált
- 2: túlkompaundált
- 3: alulkompaundált a gép

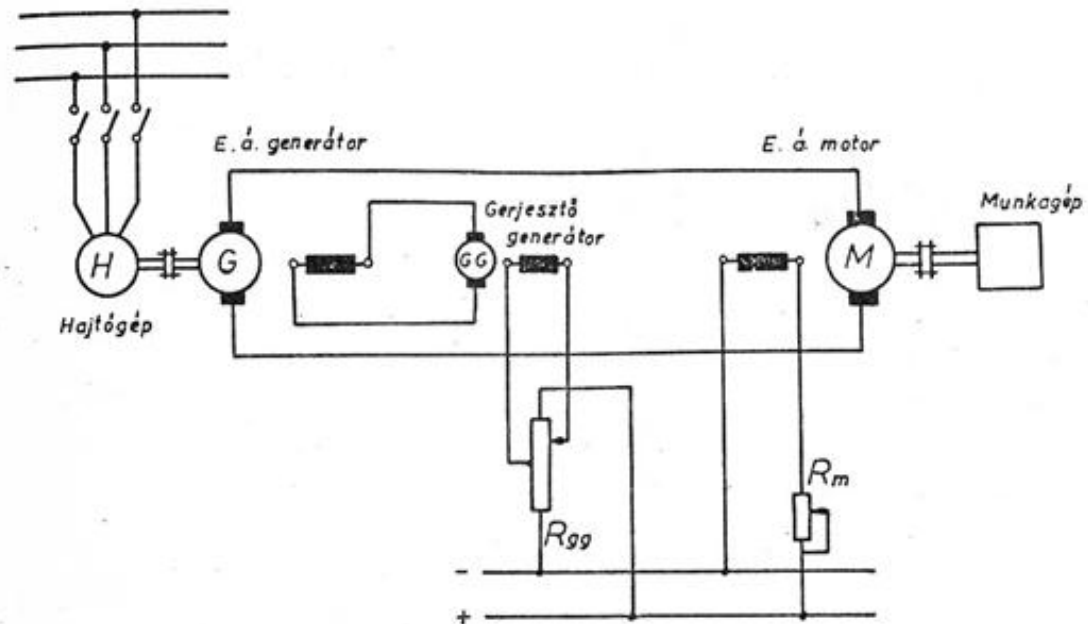
### Hálózatok analízise

1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. Külső gerjesztésű generátor
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. **Vegyes gerjesztésű generátor**
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. Áramköri modell
17. Nyomaték
18. Üzemállapotok
19. Indítás

# Egyenáramú gépek

## • Ward-Leonard hajtás

- Az egyenáramú gépek egy jellegzetes gépösszeállítása
- A munkagépet hajtó „M” egyenáramú motor fordulatszámát lehet folyamatosan változtatni vagy forgásirányt lehet váltani



## Villamos gépek

# Szinkron gépek

### • Szerkezeti felépítés

- A háromfázisú villamos energiatermelés legfontosabb gépe az erőművekben
- Legfontosabb jellemző: csak egy kitüntetett fordulatszámon, az ún. szinkron fordulaton képes tartósan üzemelni.
- A gép fordulatszáma és frekvenciája között merev kapcsolat van:  
 $f = p \cdot n$ ,
- $p$ : póluspárok száma
- Lehet motor vagy generátor

**Szerkezeti felépítés:** 2 fő egység: állórész (armatúra) és forgórész

**Jellemzők:**

-3 fázisú tekercselés az állórészen (armatúra)

-lemezelt állórész (az örvényáram csökkentése miatt),

-tömör, vastestű forgórész (hengeres vagy kiálló pólusú) egyfázisú tekercseléssel,

a tekercsvégek csúszógyűrűkhöz csatlakoznak,

ahova szénkeféken keresztül vezetjük a gerjesztőáramot (egyenáram)

#### Hálózatok analízise

1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. Külső gerjesztésű generátor
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. Áramköri modell
17. Nyomaték
18. Üzemállapotok
19. Indítás



## Villamos gépek

# Szinkron gépek

- **Működés**

**Motor:**

- állórész: a rákapcsolt 3 fázisú feszültség forgó mágneses teret hoz létre, amelynek fordulatszámát a frekvencia és a pólusok száma határozza meg (nincs indítónyomatéka)
- forgórész: egyenáramú gerjesztés
- abszolút fordulattartó

**Generátor:**

- forgórész: egyenáramú gerjesztés
- forgórészt állandó fordulatszámmal forgatják (gőz-, víz-, gázturbina, diesel motor)
- állórész: 3 fázisú indukált feszültség

### Hálózatok analízise

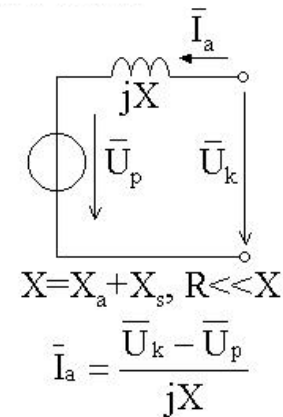
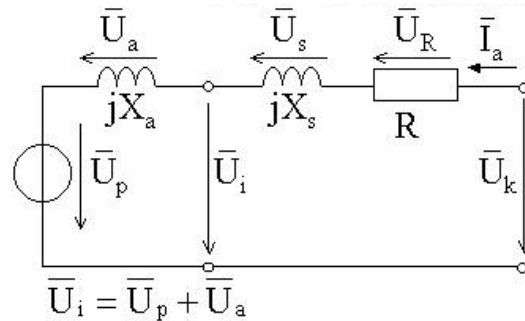
1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. Külső gerjesztésű generátor
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. **Működés**
16. Áramköri modell
17. Nyomaték
18. Üzemállapotok
19. Indítás

# Szinkron gépek

## Hálózatok analízise

1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. Külső gerjesztésű generátor
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. **Áramköri modell**
17. Nyomaték
18. Üzemállapotok
19. Indítás

## • Áramköri modell



- $U_i$ : indukált feszültség
- $U_a$ : armatúra feszültség
- $U_p$ : pólusfeszültség
- $U_k$ : kapocsfeszültség
- $I_a$ : armatúra áram
- $X_a$ : armatúra reaktancia
- $X_s$ : armatúra szórási reaktancia
- $X$ : szinkron reaktancia

# Villamos gépek

## Szinkron gépek

### Hálózatok analízise

1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. Külső gerjesztésű generátor
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. Áramköri modell
17. **Nyomaték**
18. Üzemállapotok
19. Indítás

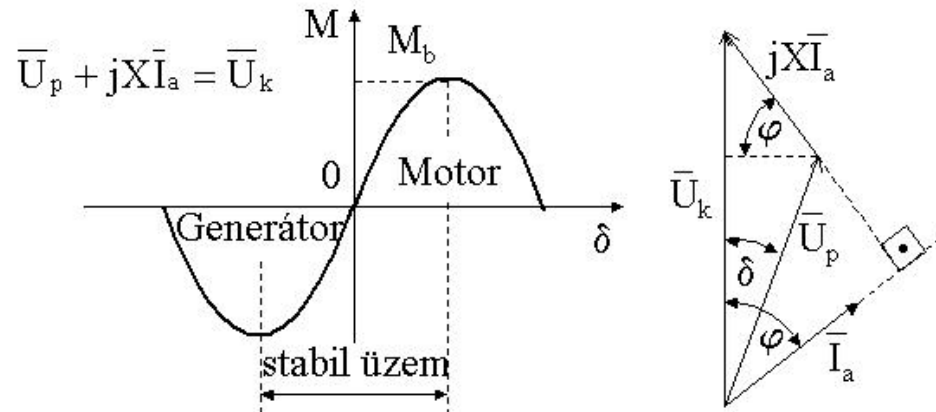
### • Nyomaték

$$M = \frac{3}{\omega_0} \cdot \frac{U_k \cdot U_p}{X_d} \cdot \sin \delta$$

M: nyomaték (kapocsfeszültségtől függ)

$\delta$ : terhelési szög ( $U_p$  és  $U_k$  közötti szög)

Hengeres forgórészű gép nyomatéka a terhelési szög függvényében:

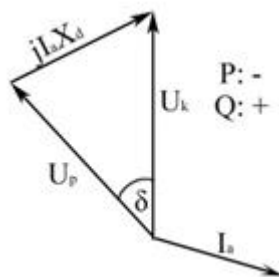


# Villamos gépek

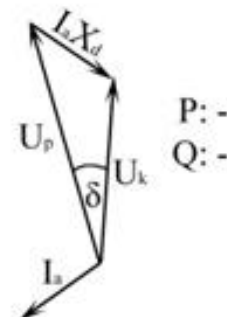
## Szinkron gépek

### • Üzemállapotok

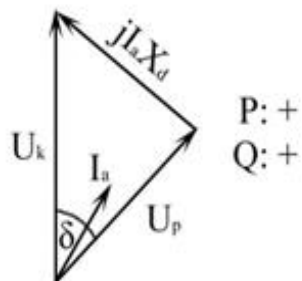
alulgerjesztett



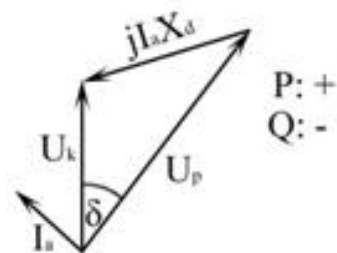
túlgerjesztett



generátor



motor



#### Hálózatok analízise

1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. Külső gerjesztésű generátor
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. Áramköri modell
17. Nyomaték
18. **Üzemállapotok**
19. Indítás

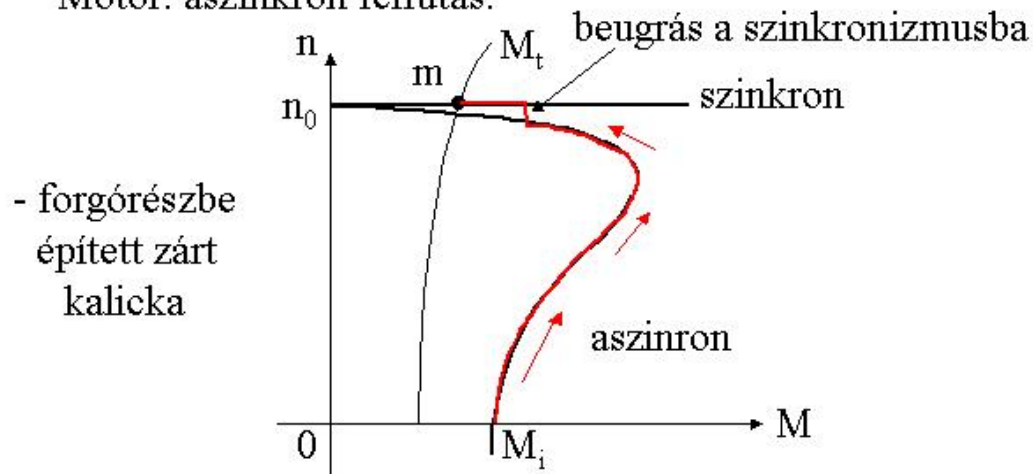


# Szinkron gépek

## • Indítás (motorként)

- A szinkronmotornak nincs indító nyomatéka
- A forgórészen elhelyezett néhány rövidrezárt menet segítségével aszinkron motorként indul
- A szinkron fordulatszám közelében „beugrik” a szinkron fordulatszámra

Motor: aszinkron felfutás:



### Hálózatok analízise

1. Fékezés
2. Fékezés
3. Fékezés
4. Fordulatszám változtatás
5. Fordulatszám változtatás
6. Fordulatszám változtatás
7. Egyenáramú generátorok
8. Külső gerjesztésű generátor
9. Külső gerjesztésű generátor
10. Párhuzamos gerjesztésű generátor
11. Párhuzamos gerjesztésű generátor
12. Vegyes gerjesztésű generátor
13. Ward-Leonard hajtás
14. Szinkron gépek felépítése
15. Működés
16. Áramköri modell
17. Nyomaték
18. Üzemállapotok
19. Indítás