

# IPARI ROBOTOK

## Ipari robotok hajtása

4. előadás



**Dr. Pintér József**

# Ipari robotok hajtása

- ❖ A hajtási rendszerek **feladata** az, hogy a robot „TCP” pontját az előírt pontossággal - az irányítórendszer utasításainak megfelelően –az előírt pályán mozgassa, illetve a megadott pozícióba juttassa.
- ❖ A roboton alkalmazott hajtás rendszerek száma megegyezik a robotmechanika szabadságfokainak számával.
- ❖ A hajtási rendszerek megvalósíthatnak lineáris és forgó mozgást.

# Ipari robotok hajtása

Robot hajtások a robotok, illetve azok egységei ("izületei") mozgását teszik lehetővé.

Az irányítás hatáslánca alapján lehet:

- **Zárt, vagy**
- **Nyitott**

A visszacsatolás jellegétől függően:

- ❖ **Pontvezérlés (point to point = PPT control)**
- ❖ **Pályavezérlés (continuous path = CP control)**

# Ipari robotok hajtása

A robot egymáshoz képest elmozduló egységeit **tengelyeknek** nevezik.

Minden robot tengelynek külön hajtása van, ennek elemei:

➤ Motor/tápegység, hajtómű, mozgás átalakító, vezérlő/szabályozó egység.

**Megjegyzés:**

A megfogó szerkezeteknek általában szintén külön hajtásláncuk van.

# Ipari robotok hajtása

A hajtások legjellemzőbb paramétereit:

- Elmozdulás (löket) vagy elfordulás mértéke
- Húzó- ill. nyomóerő, vagy forgatónyomaték
- Sebesség, szögsebesség
- Gyorsulás, szöggyorsulás
- Beállási pontosság.

# Ipari robotok hajtása

Energia ellátás szempontjából megkülönböztetnek:

- ❖ Pneumatikus,
- ❖ Hidraulikus,
- ❖ Villamos hajtáslánc rendszereket (ezek kombinációja is gyakori!)

Értékelésük robottechnikai szempontból:

HAJTÁSOK ÉRTÉKELÉSE TELJESÍTMÉNY/TÖMEG SZERINT			
	Villamos	Pneumatikus	Hidraulikus
P/m (kW/kg)	0,02...0,1	0,2...0,3	0,6...0,8

# Ipari robotok hajtása

## Pneumatikus hajtások

A hajtóelemek sebesség szabályozása, pozicionálása elektromágnesen **fékkel** történik.

Előnyök:

- préslevegő hálózat általában adott
- kedvező telj./súly arány
- kevés karbantartást igényel
- robbanásbiztos
- olcsóbb (hidraulikus hengerekhez viszonyítva)
- hosszú élettartam
- vezetékek kis helyet foglalnak
- nem kell visszavezetés a tápegységbe

# Ipari robotok hajtása

## Pneumatikus hajtások hátrányai

- ❖ korlátozott erő/nyomaték
- ❖ jelentős zaj
- ❖ nagy fékkopás
- ❖ kis pozícionálási pontosság
- ❖ szabványos munkahengerek csak két véghelyzetben tudnak megállni
- ❖ nyomásveszteség





# Ipari robotok hajtása

## Pneumatikus hajtások

**Minden mozgástengely rögzítésére külön féket kell beépíteni!**

➤ Elsődleges feladat: a karok, csuklók rögzítése a súlyerő ellenében.

➤ Vészleállások esetén: azonnali mozgásleállítás, karrögzítés!

**Munkahenger állíthatósága:**

fojtó visszacsapó szeleppel (egyik irányba fojt)

Vezérlő csavar



# Ipari robotok hajtása

## Pneumatikus hajtások

A pneumatikus hengerek önmagukban pontos pozícionálásra nem képesek, de **lineáris útmérővel** ill. **elfordulásmérővel** kiegészítve olcsó, kis karbantartásigényű hajtások épültek belőlük.



Munkahengereket a világon számtalan cég gyárt, szinte minden méretben, széles nyomatékskálán, kedvező áron beszerezhetők. ☞ Háttérbe szorulnak.

# Ipari robotok hajtása

## Hidraulikus hajtások

Mind egyenes vonalú, mind forgó mozgást lehet létesíteni hidraulikus hajtóművel.

**Előnyök:**

- ❖ nagy erő kifejtésre képes
- ❖ A hidraulika olaj összenyomhatatlan
- ❖ telj./súly aránya a legkedvezőbb,
- ❖ fokozat nélküli sebességszabályozást biztosít,
- ❖ **nem kell mozgásátalakító, közvetlenül beépíthető, mivel a fordulatszámuk megfelel a robotkar fordulatszámának,**
- ❖ rögzítő féket nem igényel,

# Ipari robotok hajtása

❖ Üzemi nyomás akár 200 bar is lehet  nagy teherbírású robotoknál használják elsősorban

## Hidraulikus hajtások

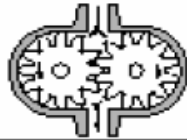

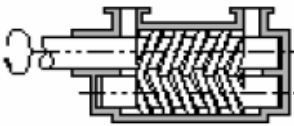

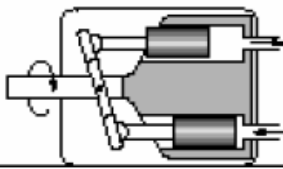

### Hátrányok:

- hidraulikus tápegység szükséges
- az olaj melegedése viszkozitás változást okoz
- hőmérsékletfüggő pozicionálási pontosság
- jelentős zaj
- (gyakran "tömítetlenség!?" )
- robbanás- tűzveszély

# Ipari robotok hajtása

## Hidraulikus hajtások

## Hidraulikus szivattyú fajták

	Építési mód	Ford.sz. Tartomány	Munkatérf.	Névleges nyomás	Összhatás-fok
	Bauarten	Drehzahlbereich $\frac{1}{\text{min}}$	Verdrängungsvolumen (cm <sup>3</sup> )	Nenndruck (bar)	Gesamtwirkungsgrad
	Külső fogaske-rekes	500 - 3500	1,2 - 250	63 - 160	0,8 - 0,91
	belső fogaske-rekes	500 - 3500	4 - 250	160 - 250	0,8 - 0,91
	Cavar-szivattyú	500 - 4000	4 - 630	25 - 160	0,7 - 0,84
	Lapátos szivattyú	960 - 3000	5 - 160	100 - 160	0,8 - 0,93
	Axiáldu-gattyús	..... - 3000	100	200	0,8 - 0,92
		750 - 3000	25 - 800	160 - 250	0,82 - 0,92
		750 - 3000	25 - 800	160 - 320	0,8 - 0,92
	Radiáldu-gattyús	960 - 3000	5 - 160	160 - 320	0,90

## Villamos hajtások

Napjaink ipari robotjaiban a villamos hajtások az uralkodóak.

**A robotok által támasztott követelmények:**

**Kis súly:** A motorok a karokkal együtt mozognak, fontos a tömegük. Kisebb súlyú motort könnyebb gyorsítani, lassítani, megtartani.

**Nagy nyomaték:** a nagy nyomaték fontos, így a kar a teljes terheléstartományban azonos dinamikával kezelhető. A pozicionálás is könnyebben hajtható vége, ha van elég nyomaték.

**Jó hűtés:** Mivel sok indulást, fékezést kell a motornak teljesíteni, gyakran nagy az áramfelvétel. A termelődő hőt gyorsan le kell adni.

**Széles fordulatszám-tartomány:** A motorok kimenetén nagyon ritkán található állítható áttételű hajtómű (tömegcsökkentés). Mivel a kar mozgási sebessége tág határok között programozható, a motornak széles fordulatszám-tartományban kell stabil nyomatékot szolgáltatnia.

# Ipari robotok hajtása

## Villamos hajtások

### Előnyei:

- könnyen hozzáférhető
- fokozat nélküli hajtást tesz lehetővé
- holtidő mentes
- egyszerű, kevés karbantartást igénylő megoldás
- zajmentes
- megbízható
- mikrovezérlővel ( $\mu\text{P}$ ) vezérelhető

# Ipari robotok hajtása

## Villamos hajtások

### Hátrányai:

- **bonyolult**
- **nagy fordulatszám (lassító áttétel szükséges)**
- **álló helyzetben nem tudnak hosszú ideig jelentős nyomatékot kifejteni**
- **külön fékeket kell alkalmazni**
- **nagy nyomatékigénynél redukáló hajtóművet kell használni**
  - ❖ **hullámhajtóművek (1/200)**
  - ❖ **csigahajtás (1/40;1/60)**



# Ipari robotok hajtása

## Villamos hajtások

A robottechnikában az **AC** motor elterjedtebb, mint a **DC** motor.

### Robottechnikában alkalmazott motorok:

- ❖ **Léptető motor** (*nem bírja a túlterhelést*)
- ❖ **Egyenáramú állandó (permanens) mágnesű szervomotor (DC motor)**
- ❖ **Elektronikus hajtású kefe nélküli (brushless) motor**

# Ipari robotok hajtása

## Villamos hajtások



**a) Léptető motor**



**b) Szervo motor**

# Ipari robotok hajtása



## Villamos hajtások

### Tárcsamotorok 1.

- ❖ Robothajtásokban gyakoriak
- ❖ A forgórész vékony szigetelőtárcsa, amely műanyag vagy kerámia alapú tárcsa, és ennek homloklapfelületére van ragasztva a tekercselés (rézlemezről készül).
- ❖ Axiális mérete meglehetősen kicsi.
- ❖ A vezetők radiális elhelyezése miatti jó hővezetés következtében rövid ideig igen nagy áramtúlterhelés lehetséges.
- ❖ A motor fordulatszámát a terhelő nyomaték és a kapcsolófeszültség határozza meg.
- ❖ A nyomaték a fordulatszám növelésekor lineárisan csökken (konstans armatúraáramnál).

# Ipari robotok hajtása

## Villamos hajtások

### Tárcsamotorok 2.

Jellemzői:

- ❖ nincs gerjesztőtekerecs, a gerjesztést permanens mágnes biztosítja
- ❖ kis forgórész-inercia, nagy szöggyorsulás
- ❖ nagy indítónyomaték.

A motor dinamikai tulajdonságai kedvezőek, de illesztése bonyolultabb, mint a léptetőmotoroké, a kommutátor és a kefe miatt kényesebbek.

# Ipari robotok hajtása

## Villamos hajtások

### Léptetőmotor (steppers) 1.



A léptetőmotor olyan, többfázisú, sokpólusú villamos motor, melynél a tekercseket adott sorrendben gerjesztve, a tengely kis szögelfordulást végez, és ott rögzítve megáll. Ezt nevezzük **lépés**nek. Ha a motort gyorsan léptetjük, szinte sima forgómozgást kapunk. Egy teljes fordulatot akár 1000 lépésre is oszthatnak.

# Ipari robotok hajtása

## Villamos hajtások

### Léptetőmotor (steppers) 2.

#### Főbb típusai :

- állandó mágneses
- változó reluktanciájú
- hibrid léptetőmotor

#### Előnyei:

- kis költség
- robusztusság
- egyszerű felépítés
- nincs karbantartás
- nagy megbízhatóság
- széles alkalmazhatóság
- nem igényel visszacsatolást
- mindenütt működőképes



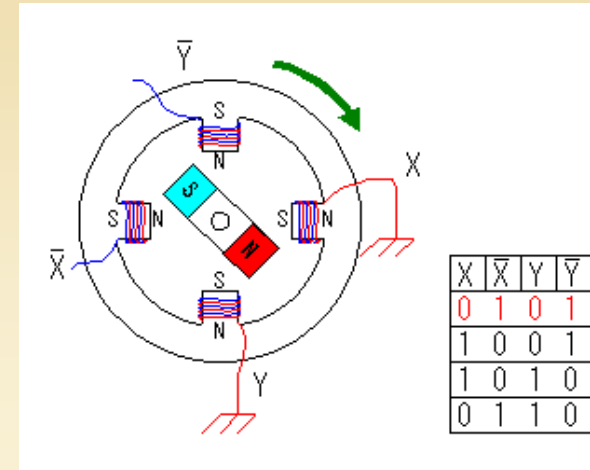
# Ipari robotok hajtása

## Villamos hajtások

### Léptetőmotor (steppers) 3.

#### Hátrányai:

- rezonancia gerjesztő hatás hosszabb beállási idő (settling time)
- kis sebességnél durva mozgás
- túlmelegedhet
- nagyobb sebességen zajos lehet
- rezonancia-hajlama és pozícionálási hibái inerciaterhelésfüggők





# Ipari robotok hajtása

## Villamos hajtások Szinkron szervomotor

### Jellemzői:

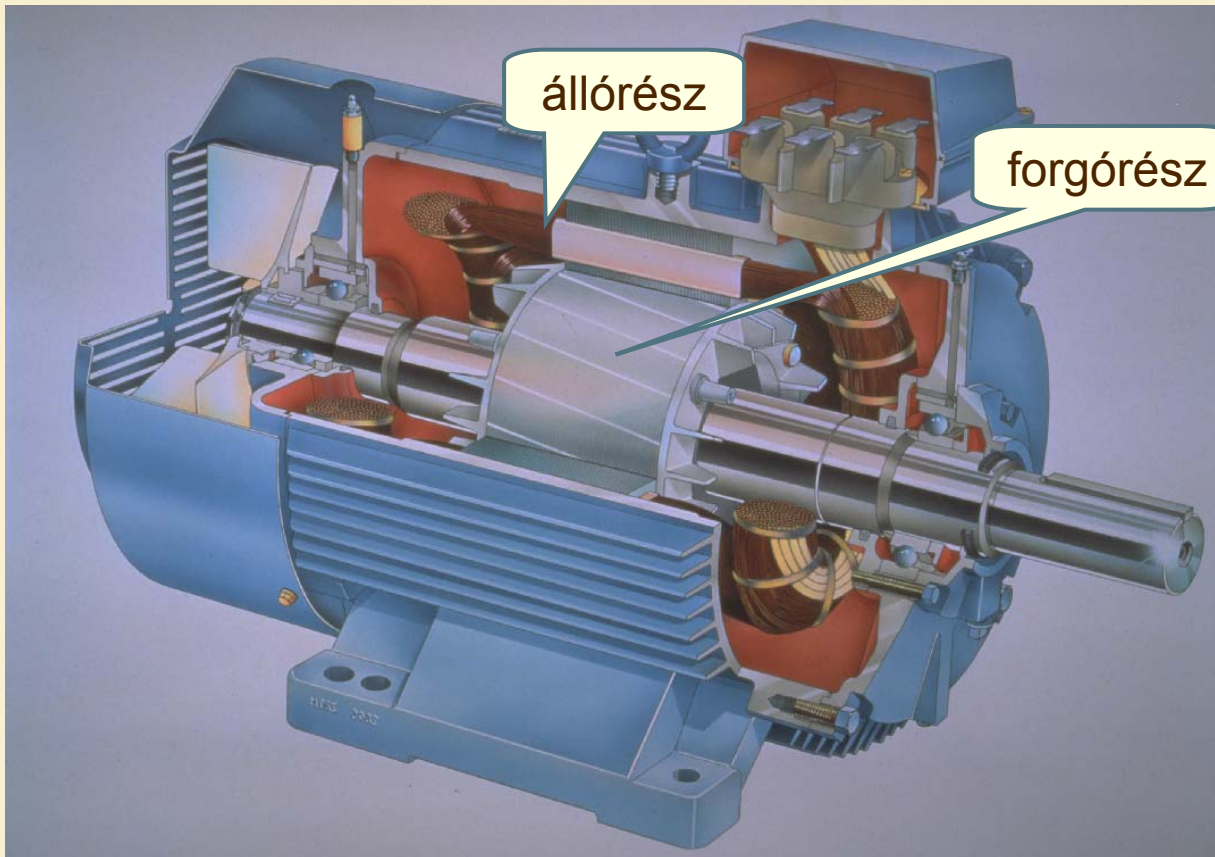
- állandó mágneses
- szinkronmezős
- 3-fázisú
- nagy frekvenciatartományú
- $U \neq \text{áll.}$
- $f \neq \text{áll.}$
- nem eshet kis a szinkronizmusból
- bármely  $\omega$  szögsebesség,  $\alpha$  tengelyszög és nyomaték beállítható
- szöghelyzetpontosság álló tehertartásnál nagyobb, mint  $0,01^\circ$



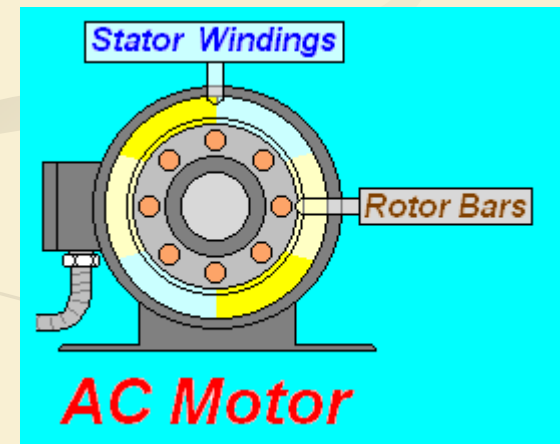


A robottechnikában az AC motor elterjedtebb, mint a DC motor.

➤ AC (Alternate Current → váltakozó áram)



**Működése:**

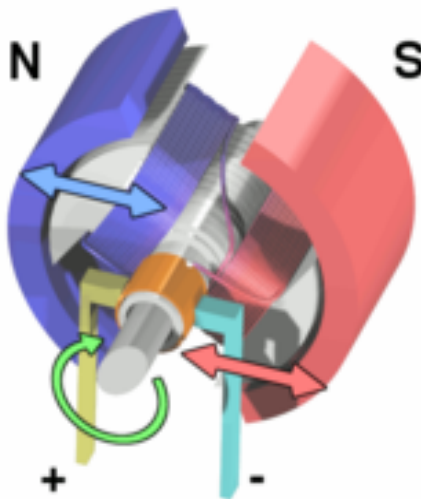


# Ipari robotok hajtása

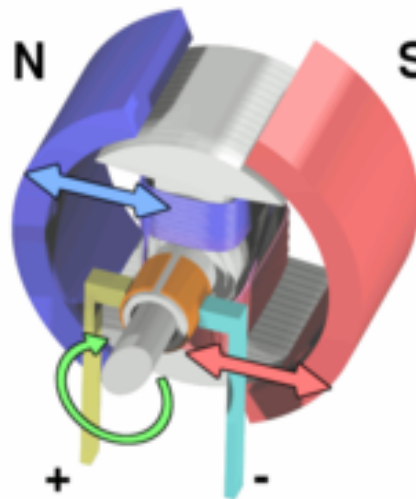
## Villamos hajtások

### ➤ DC (Direct Current)

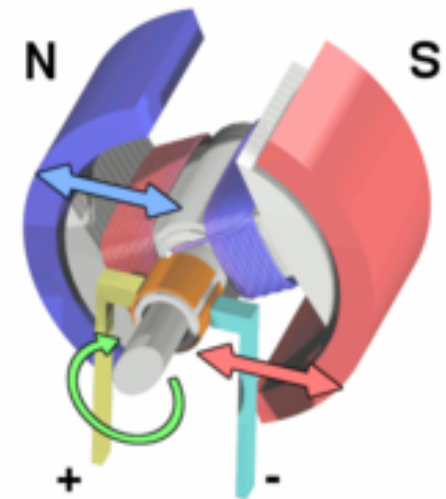
Egyenáramú motor forgása



Egyenáramú motor elvi felépítése és működése. Ha a tekercsben áram folyik, körülötte mágneses mező létesül, amely igyekszik az állórész mező irányába állni.



A forgórész a kommutátorral együtt forog, a kefék az állórészhez rögzítettek, és a kommutátor egymástól elszigetelt lemezein csúsznak.



Minden fél fordulatonál a stabil helyzet elérésekor a kommutátor megfordítja a tekercsben folyó áram irányát, így a forgás folytatódik.

# Ipari robotok hajtása

## Mozgásátalakítók

A hajtóművek feladata a **mozgásátalakítás**, ennek célja kettős:

- **Fordulatszám illesztés**, azaz a motor nagy fordulatszámának átranzszformálása a robotkarnak megfelelő kis fordulatszámúvá
- **Nyomatékillesztés**

Ezek a mechanizmusok csoportosíthatók:

- ❖ Forgó mozgásból ➡ forgó mozgást
- ❖ Forgó mozgásból ➡ lineáris mozgást
- ❖ Lineáris mozgásból ➡ forgó mozgást
- ❖ Lineáris mozgásból ➡ lineáris mozgást.

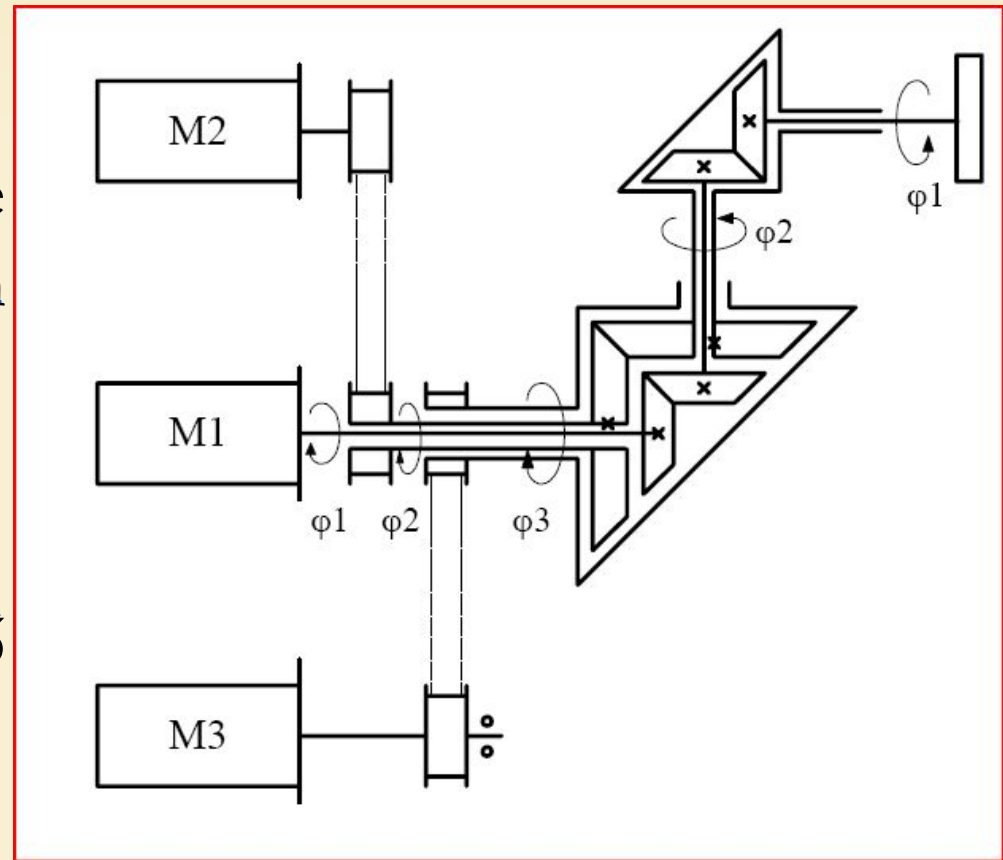
## Mozgásátalakítók

Forgó mozgásból ➔ forgó mozgást

## Fogaskerekes

hajtóművek:

- ❖ felépítésük egyszerű, de az egy fokozatban megvalósítható hajtóviszony kicsi.
- ❖ Hatásfoka nem túl jó, és
- ❖ kicsi az elérhető pozícionálási pontosság.



## Mozgásátalakítók

**Forgó mozgásból ➡ forgó mozgást**

### **Csigahajtóművek:**

- alkalmazásukkal egy fokozatban nagyobb lassítás (1/60) valósítható meg, mint a fogaskerékes hajtóművekkel
- hatásfokuk meglehetősen rossz,
- gyártási pontosságuk nehezen valósítható meg
- beépítési helyigényük nagy.

### **Bolygóművek:**

- felépítésük bonyolult,
- beépítési helyigényük nagy,
- hátrányaik azonosak a fogaskerék hajtóművekével.

## Mozgásátalakítók

**Forgó mozgásból ➡ forgó mozgást**

### **Hullámhajtómű 1.**

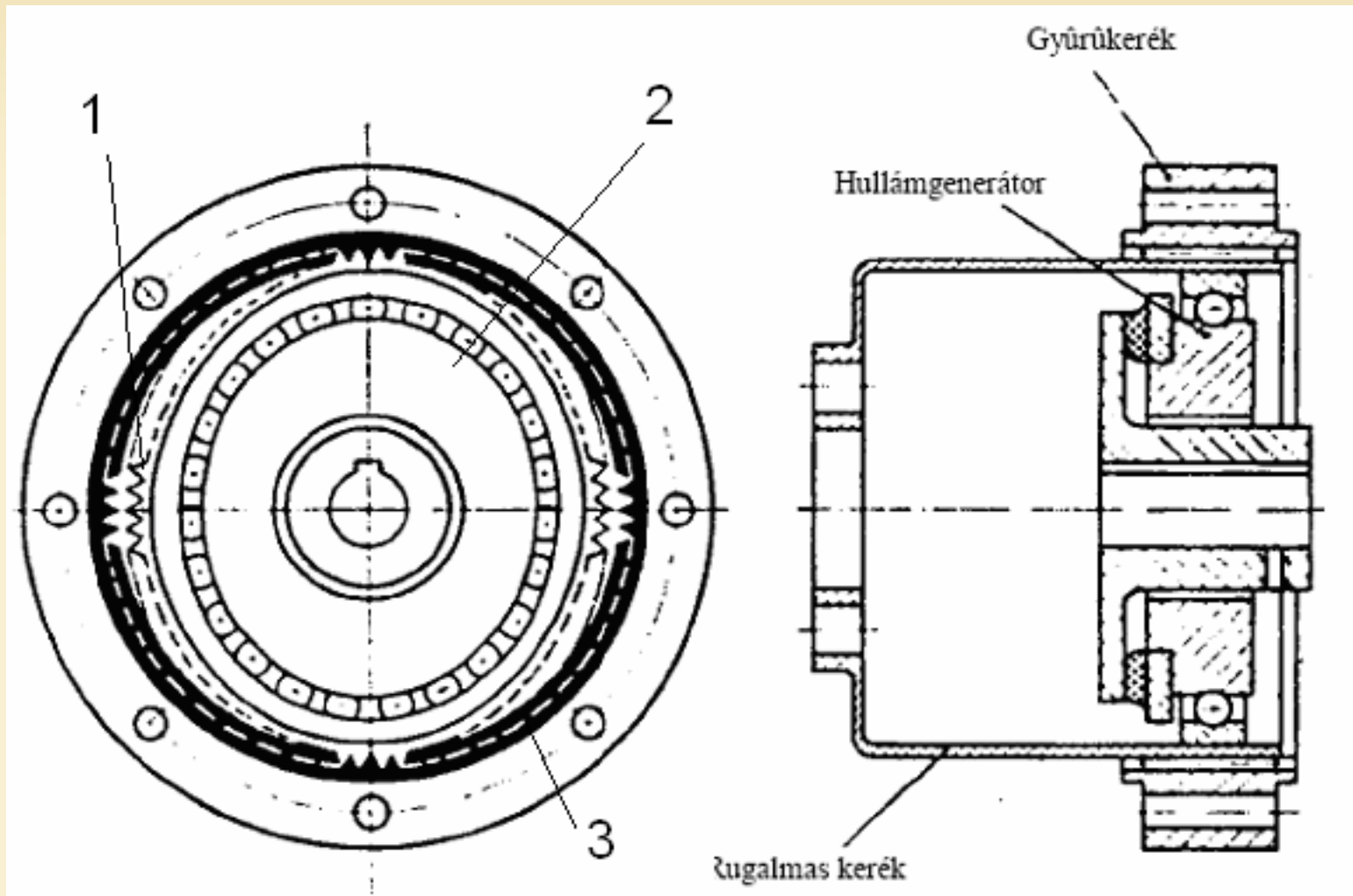
- A robotkarok mozgatásánál igény, hogy kis tömegű, nagy fordulatszámú motorral mozgassunk kis fordulatszámú (szögsebességű) robotkart, nagy nyomatékkal.
- Ez egy igen nagy áttételű hajtóművel megoldható lenne, de nagy méretű, nehéz fogaskerekék nem tehető egy robotkarra.
- A hullámhajtómű (harmonic drive) úgy valósít meg nagy áttételt, hogy tömege, mérete sokkal kisebb marad, mint egy fogaskerékpárnak vagy -pároknak.



# Hullámhajtómű 1. Ipari robotok hajtása

Kis befoglaló méretű, nagy áttételű (nagy nyomatékot előállító) hajtóművek, melyek fejlesztése a holdjárművek tervezése során valósult meg. Egy fokozatban megvalósítható áttétel igen nagy (~100-200). Hatásfoka jó, de túlterhelésre érzékeny.

C. W. Musser 1955-ben szabadalmaztatta. Egymásba helyezett, kis kerület különbséggel rendelkező elemek között, az egyik rugalmas alakváltozásával, alakkal záró (pl. fogazott hullámhajtóművek), vagy erővel záró (dörzs hullámhajtóművek) kapcsolatot hoznak létre: az elemek egymáson legördülésük közben, fordulatonként, kerület különbségüknek megfelelő szöggel fordulnak el egymáshoz képest.



**A hullámhajtómű felépítése**



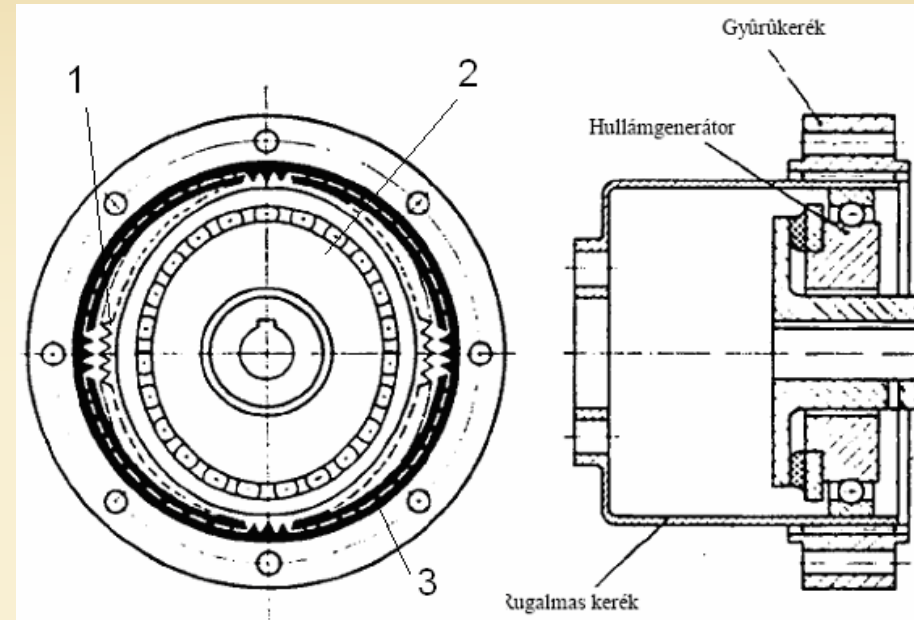
## A hullámhajtómű működési elve (1):

A hullámhajtómű három fő alkatrésze:

- ❖ a hullámgenerátor (2),
- ❖ a hullámkerék (1) és
- ❖ a gyűrűkerék (3).

## A működés:

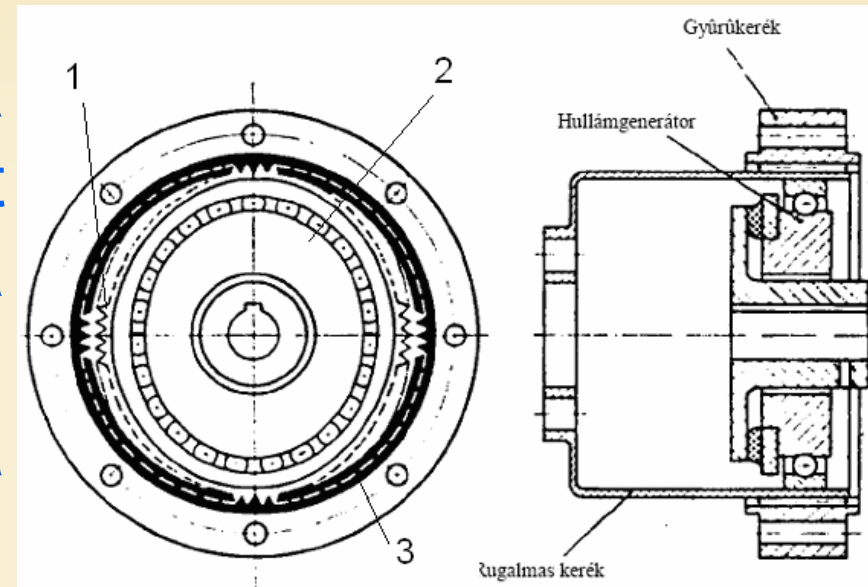
A hullámgenerátort tekintjük egy ovális acéltengelynek, a hullámkereket egy gumiból készült külsőfogazású keréknek, a gyűrűkereket, pedig egy fixen rögzített acél belsőfogazású keréknek, melynek fogszáma esetünkben kettővel nagyobb, mint a hullámkeréké. A hajtómű bemenete a hullámgenerátor.



## A hullámhajtómű működési elve (2):

A hullámgenerátort forgatva az a hullámkerék fogait sorba „belepréseli” a gyűrűkerék fogai közé. Mivel a hullámkerék fogszáma kisebb, mint a gyűrűkeréké, nyilvánvaló, hogy a hullám-

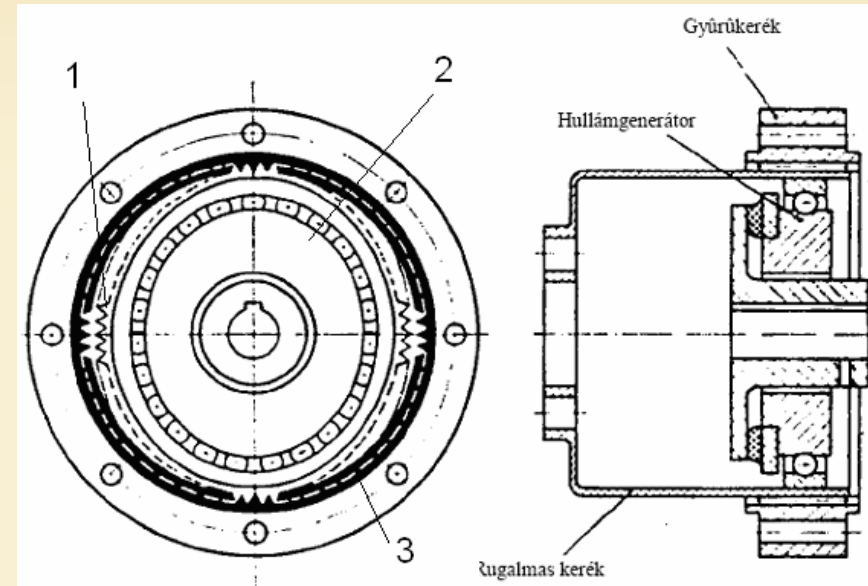
generátor egyszeri körbefordulásának eredményeképpen a hullámkerék annyi fognyit fordul el, amennyivel kevesebb a hullámkerék fogszáma a gyűrűkeréknél.



## A hullámhajtómű működési elve (3):

A hajtás kimenete a hullámkerék. Megállapítható, hogy a be- és kimenet forgásiránya ellentétes, az áttétel pedig a hullámkerék fogszámának és a fogszámkülönbségnek a függvénye.

A harmonikus hajtással a gyakorlatban maximum 1:200 áttételt szokás megvalósítani, határ a kimenő nyomaték, ami már itt is nagy, és erősen igénybe veszi a hullámkerék anyagát.



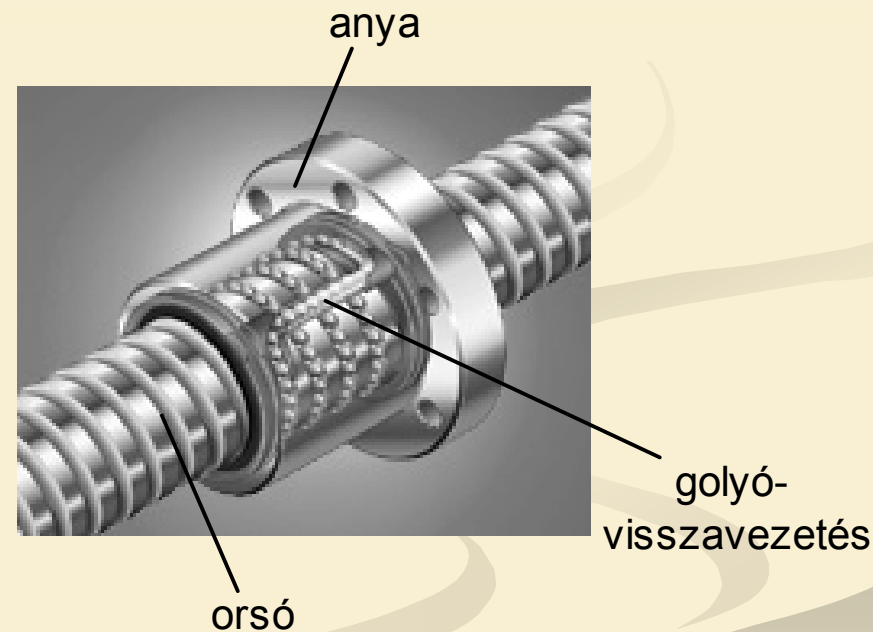
## Forgó mozgásból lineáris mozgás

**Működési elvüket tekintve:**

- ❖ golyósorsós,
- ❖ fogasléces,
- ❖ Fogazott szíjas hajtások.

**Megvalósítási lehetőségei:**

- ❖ Golyósorsó – anya
- ❖ Fogaskerék – fogasléc
- ❖ Szalag



# Mozgásátalakítók Ipari robotok hajtása

## Lineáris mozgásból forgó mozgás

Cél: a mozgás jellegének megváltoztatása

Szokásos megoldásai:

- Fogasléc – fogaskerék
- Szalaghajtómű
- Lánc hajtás
- Forgattyús mechanizmus

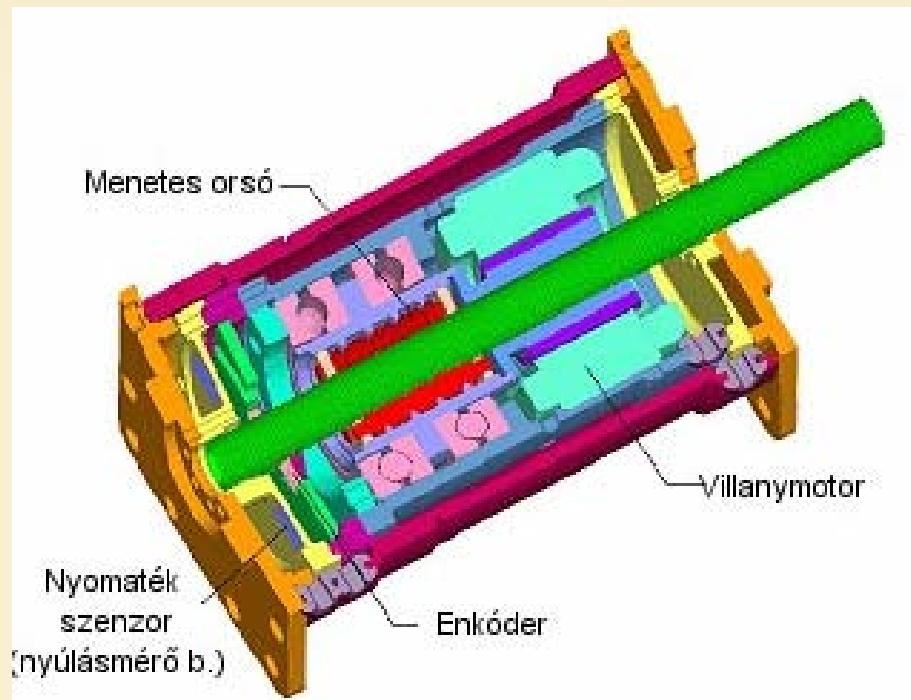
Ezekre a hajtóművekre az a jellemző, hogy nincs komolyabb teljesítményátvitel.

# Ipari robotok hajtása

## Lineáris hajtás (példa)

Az ábrán egy menetes orsós mechanikával és villamos motorral egybeépített lineáris hajtás látható.

A hajtás kinyúlása 100 mm, az enkódere 10 bites (1024 lépés), tehát a felbontás kb. 0.1 mm. Mivel egy ilyen hajtással 1000N rúderőt ki lehet fejteni, igen jó a tömeg-teljesítmény arány. Az egész szerkezet csak 700 gramm.



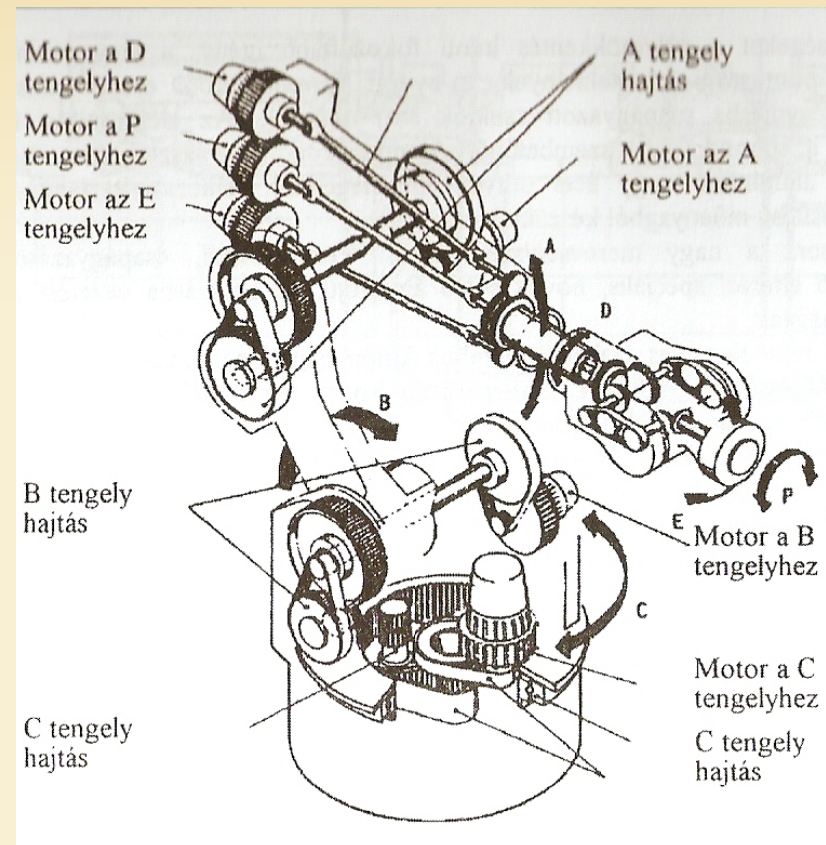


# Ipari robotok hajtása (példa)

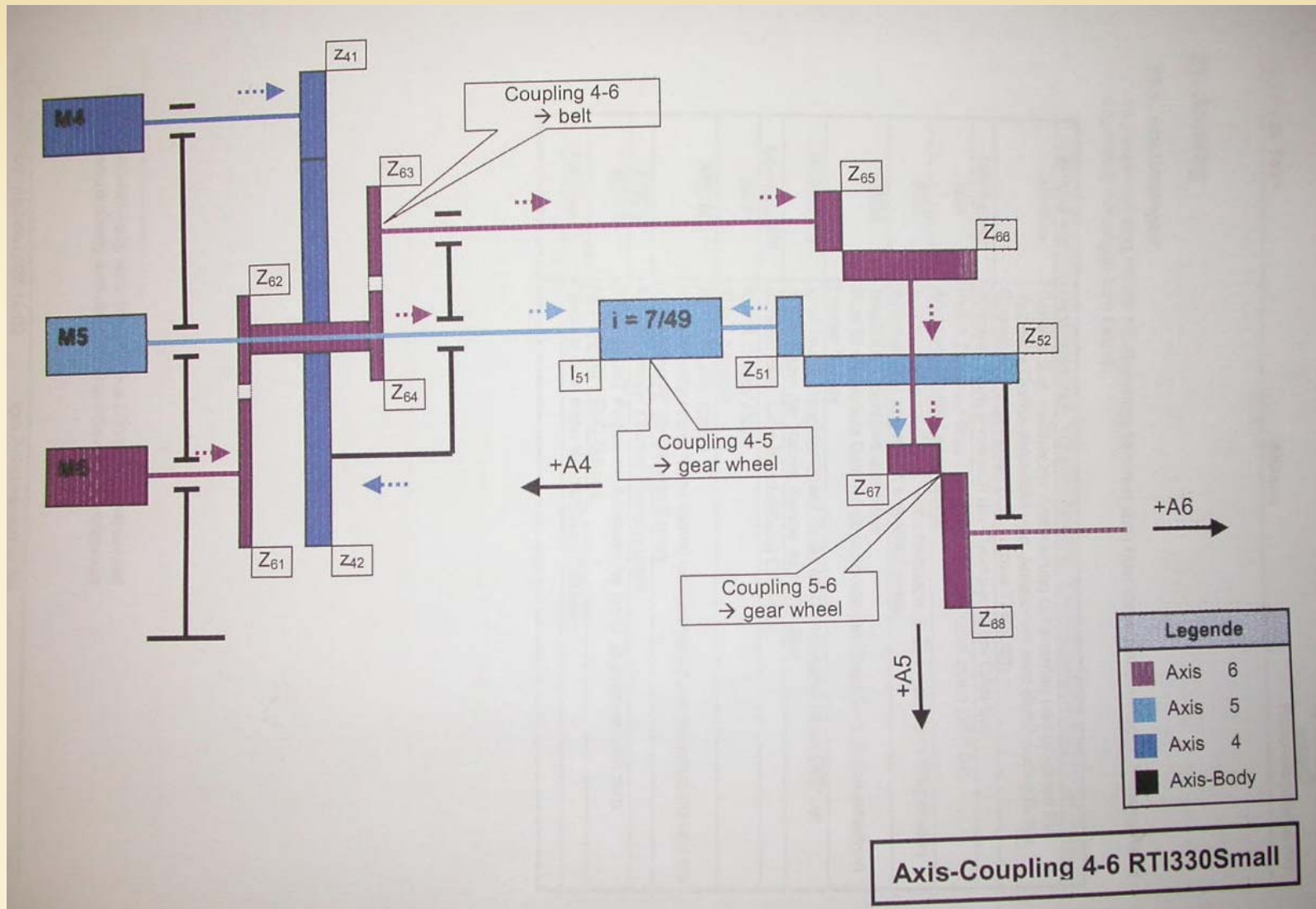
## Ábrán KUKA 6 tengelyű robotjának hajtáselemei

- ❖ Minden mozgástengelyt egyenáramú (DC) tárcsamotor hajt
- ❖ beépített állandó mágneses biztonsági fékekkel van ellátva.
- ❖ A mozgás során ellenmágneses tér szünetelteti a fékhatást.
- ❖ A motorok fordulatszámát fogazott műanyag szíj hajtással, fogaskerék áttételekkel és hullámhajtóművekkel redukálják és ezzel a nyomatékot növelik.

Megjegyzés: Az ábrán a hullámhajtómű és az effektor nem látható.




# Ipari robotok hajtása



Igm KUKA robot 4-es, 5-ös, 6-os tengelyének hajtáslánca



**Köszönöm a figyelmet!**

The background features several light-colored, wavy lines that flow from the bottom right towards the center, creating a sense of movement and depth.