

# Gépjárművek erőátvitele II.

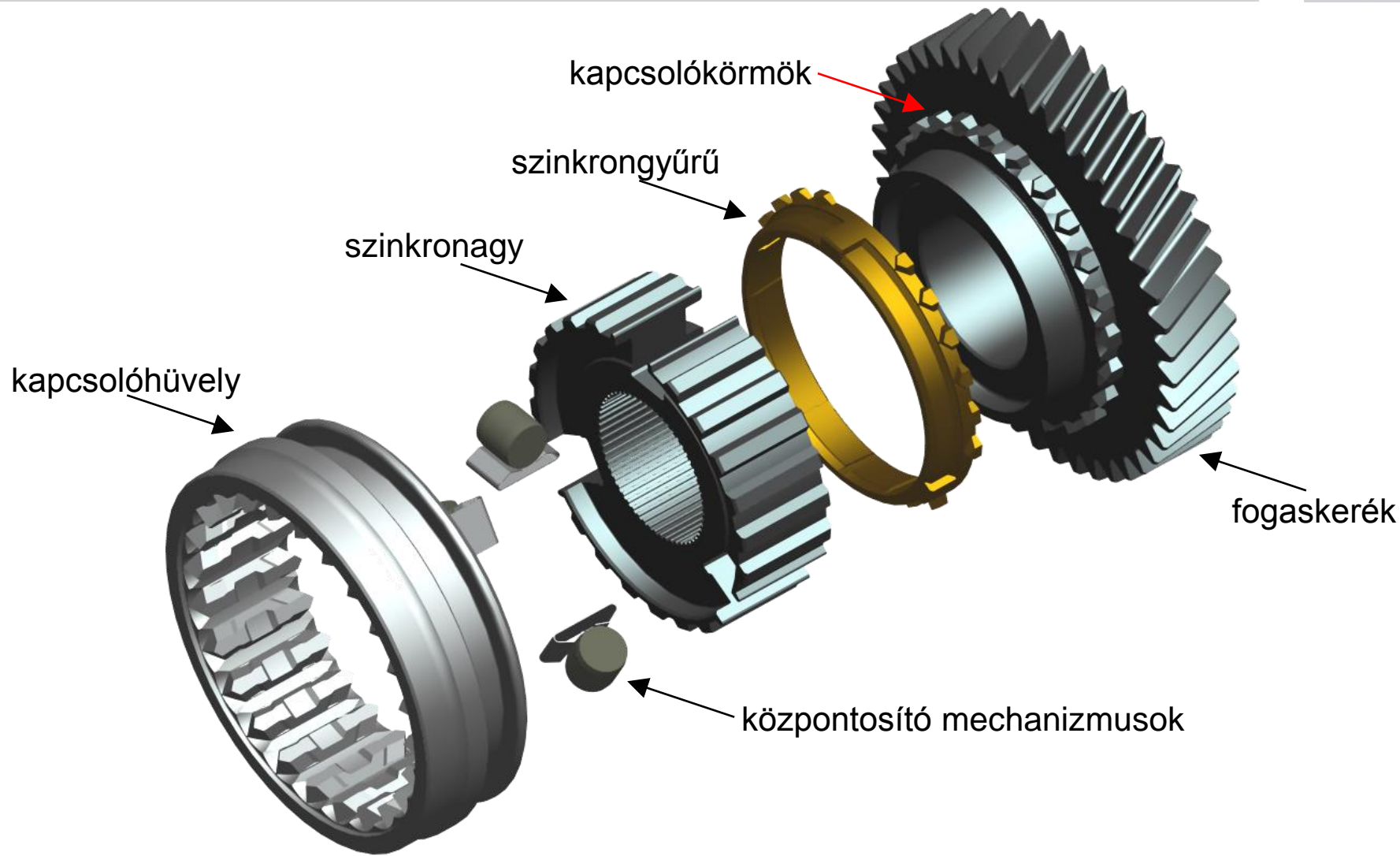
## Szinkronszerkezet modellezés

Dr. Bóka Gergely

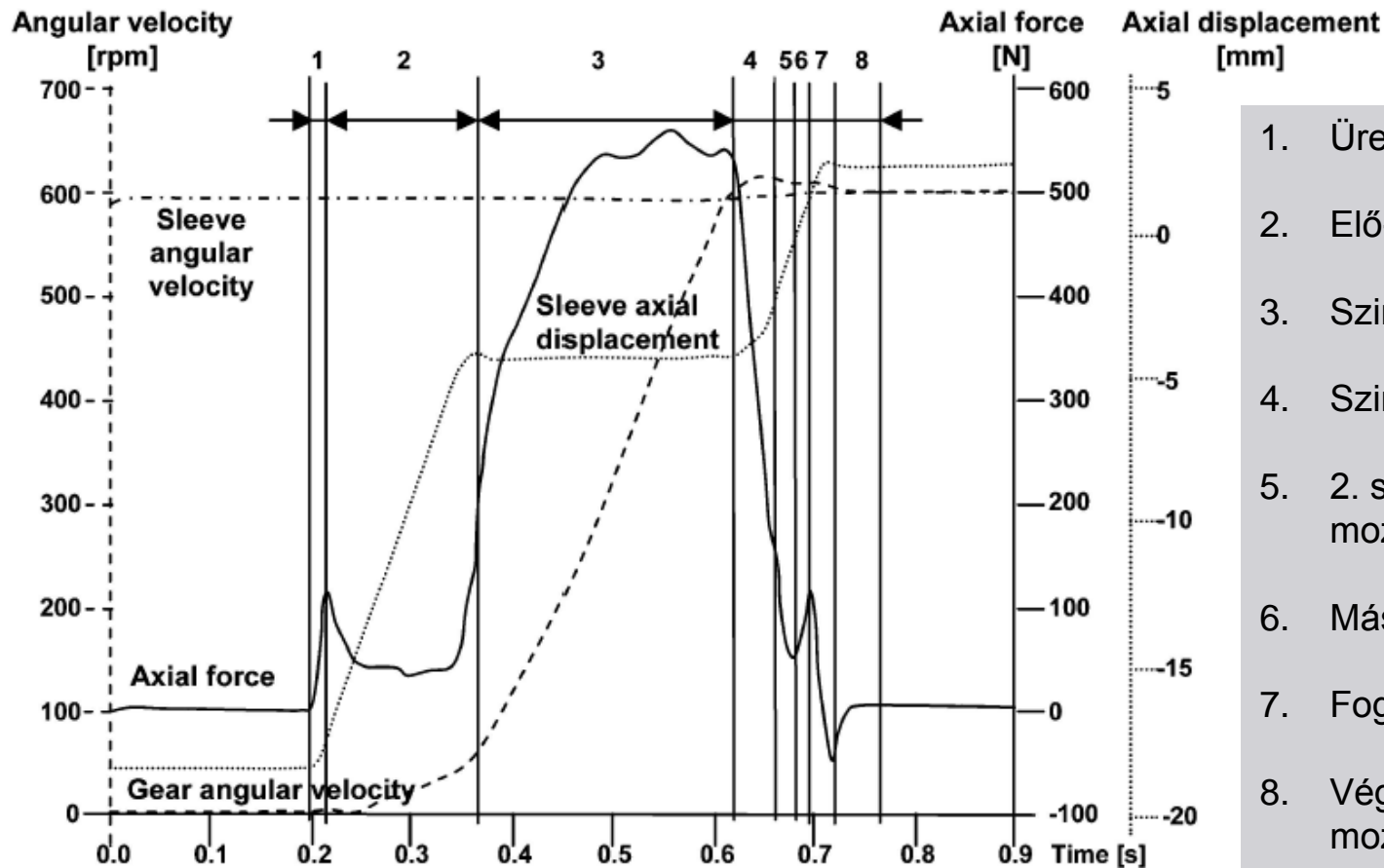


- **Szinkronszerkezetek felépítése, a szinkronizálási folyamat**
- Szinkronszerkezet méretezése
- Állapotgép-alapú szinkronszerkezet modell

## A kényszerszinkron-szerkezetek felépítése (Borg-Warner típus)



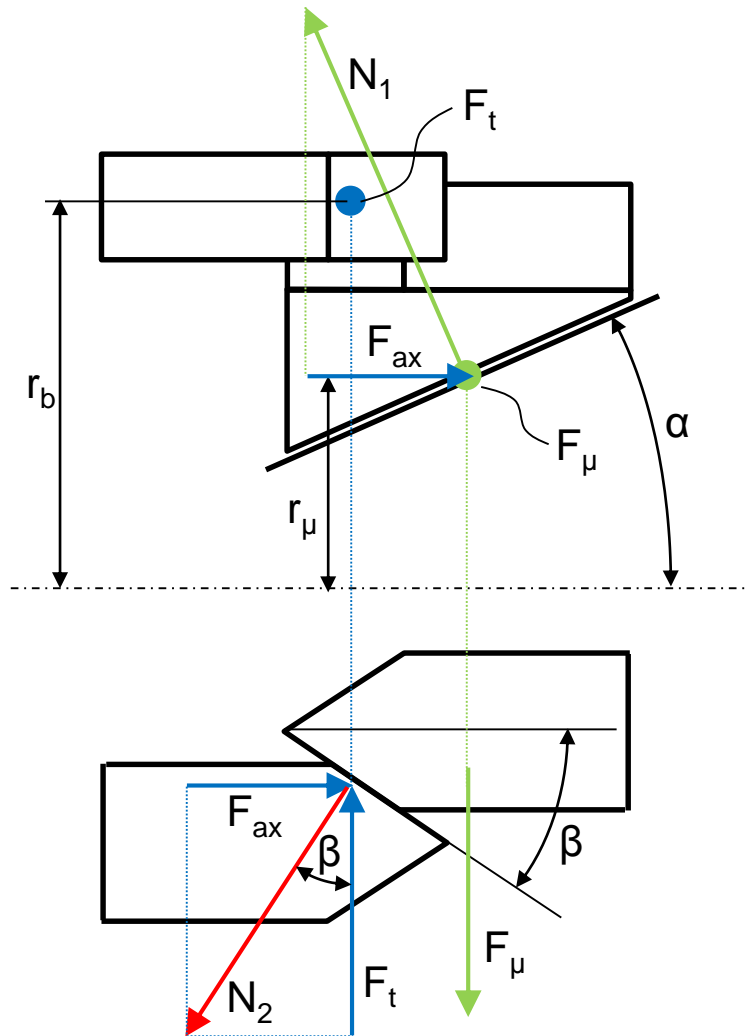
## A szinkronszerkezet kapcsolási folyamat szakaszai [1]



1. Üres állás
2. Elő-szinkronizálás
3. Szinkronizálás
4. Szinkrongyűrű elfordítás
5. 2. szabad tengelyirányú mozgás
6. Második ütközés
7. Fogaskerék elfordítás
8. Végző szabad tengelyirányú mozgás

- Szinkronszerkezetek felépítése, a szinkronizálási folyamat
- **Szinkronszerkezetek méretezése**
- Állapotgép-alapú szinkronszerkezet modell

## A reteszelő mechanizmus méretezése (közelítő)



A szinkronkúpon ébredő érintőirányú erő:

$$F_\mu = \mu N_1 = \mu \frac{F_{ax}}{\sin \alpha}$$

A kapcsolókörmökön a megcsúszás határhelyzetében:

$$\left. \begin{aligned} F_{ax} &= N_2 \sin \beta \\ F_t &= N_2 \cos \beta \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_t = \frac{F_{ax}}{\tan \beta}$$

A reteszelés feltétele:

$$\begin{aligned} M_\mu &> M_t \\ r_\mu F_\mu &> r_b F_t \\ r_\mu \mu \frac{F_{ax}}{\sin \alpha} &> r_b \frac{F_{ax}}{\tan \beta} \end{aligned}$$

$$\boxed{\tan \beta > \frac{r_b \sin \alpha}{r_\mu \mu}}$$

A reteszelés szempontjából a **tompább** köröm kedvezőbb, a kapcsolási folyamat további lefutása szempontjából pedig a hegyesebb. Jellemző értékek:

$\alpha \approx 6-8^\circ > \arctg(\mu)$ , az önzárás elkerülésére

$\beta \approx 46-64^\circ$ , a lehető legkisebb, ami még reteszeli

- Szinkronszerkezetek felépítése, a szinkronizálási folyamat
- Szinkronszerkezetek méretezése
- **Állapotgép-alapú szinkronszerkezet modell**

## Modell jellemzők és feltételezések

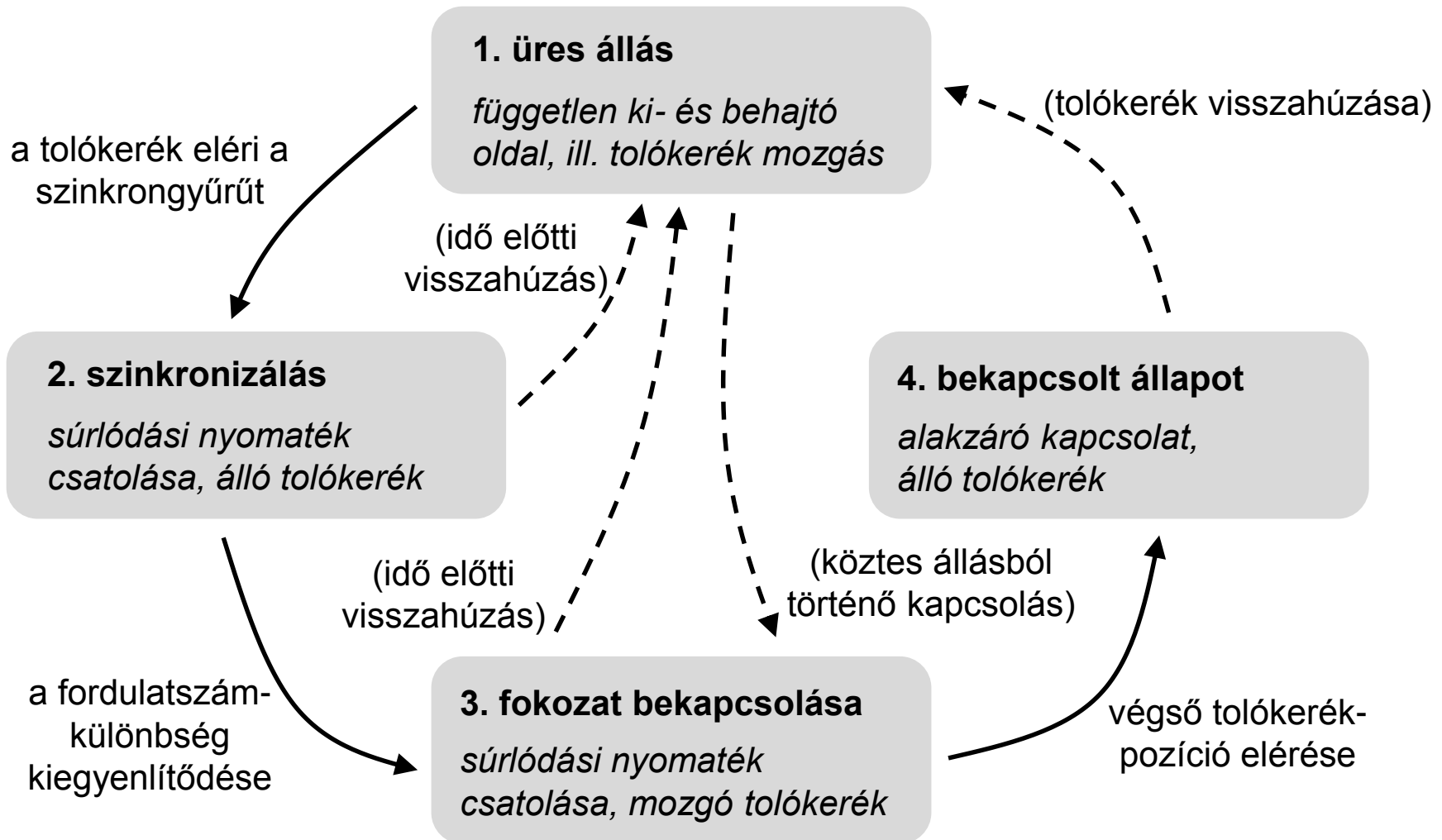
Modellezett rendszerelemek: behajtó oldali redukált inercia (forgás)  
kihajtó oldali redukált inercia (forgás)  
tolókerék (haladó mozgás)

Feltételezések: egyszerűsített, forgásszimmetrikus rendszerelemek  
a kapcsolási folyamatot négy fő részre osztjuk  
csak üresből történő kapcsolást modellezünk  
a súrlódási veszteségeket elhanyagoljuk

Modell bemenet: axiális kapcsolóerő

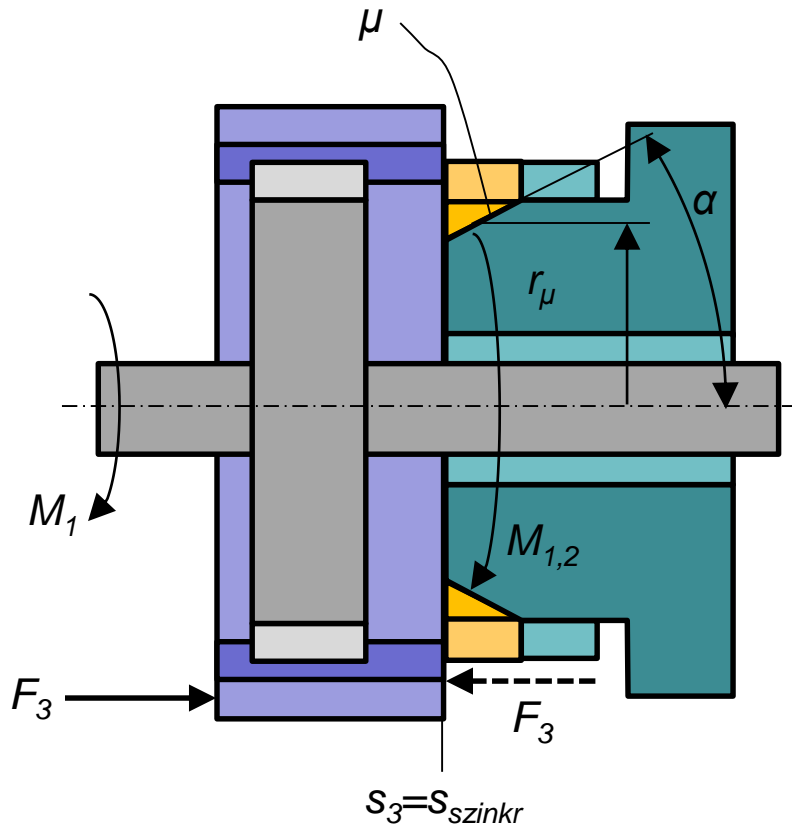


## A rendszerállapotok és állapot átmenetek meghatározása





## Mozgásegyenletek a 2. állapotban (szinkronizálás)



### Mozgásegyenletek

$$J_1 \ddot{\theta}_1 = M_{1,2}$$

$$(J_2 + m_j r_k^2) \ddot{\theta}_2 = -M_{1,2}$$

$$\ddot{s}_3 = 0$$

### Kiegészítő egyenletek

$$s_3 = s_{szinkr} = const.$$

$$M_{1,2} = \operatorname{sgn}(\dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_1) \frac{\mu r_\mu}{\sin \alpha} F_3$$

$$\operatorname{sgn}(u) \approx \frac{2}{1 + e^{-\sigma u}} - 1$$

## Mozgásegyenletek a 3. állapotban (fokozat bekapcsolása)

Mozgásegyenletek

$$J_1 \ddot{\theta}_1 = M_{1,2}$$

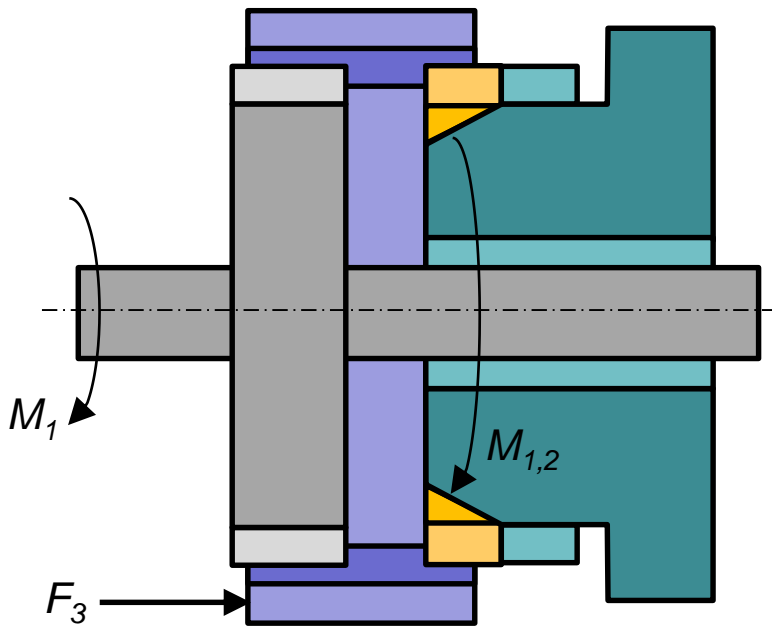
$$(J_2 + m_j r_k^2) \ddot{\theta}_2 = -M_{1,2}$$

$$m_3 \ddot{s}_3 = F_3$$

Kiegészítő egyenletek

$$M_{1,2} = \operatorname{sgn}(\dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_1) \frac{\mu r_\mu}{\sin \alpha} F_3$$

$$\operatorname{sgn}(u) \approx \frac{2}{1 + e^{-\sigma u}} - 1$$



## Mozgásegyenletek a 4. állapotban (bekapcsolt állapot)

### Mozgásegyenletek

$$J_1 \ddot{\theta}_1 = M_{1,2}$$

$$(J_2 + m_j r_k^2) \ddot{\theta}_2 = -M_{1,2}$$

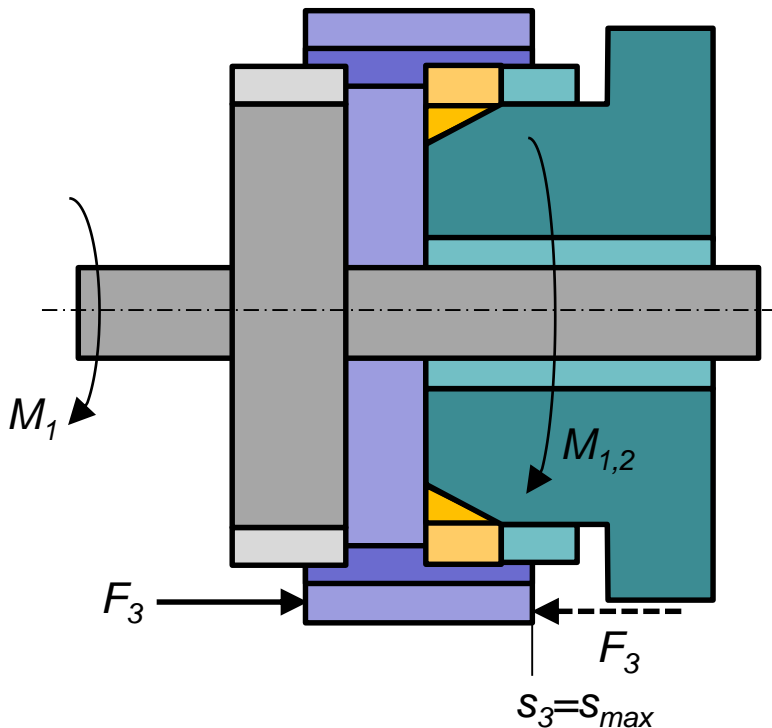
$$\ddot{s}_3 = 0$$

### Kiegészítő egyenletek

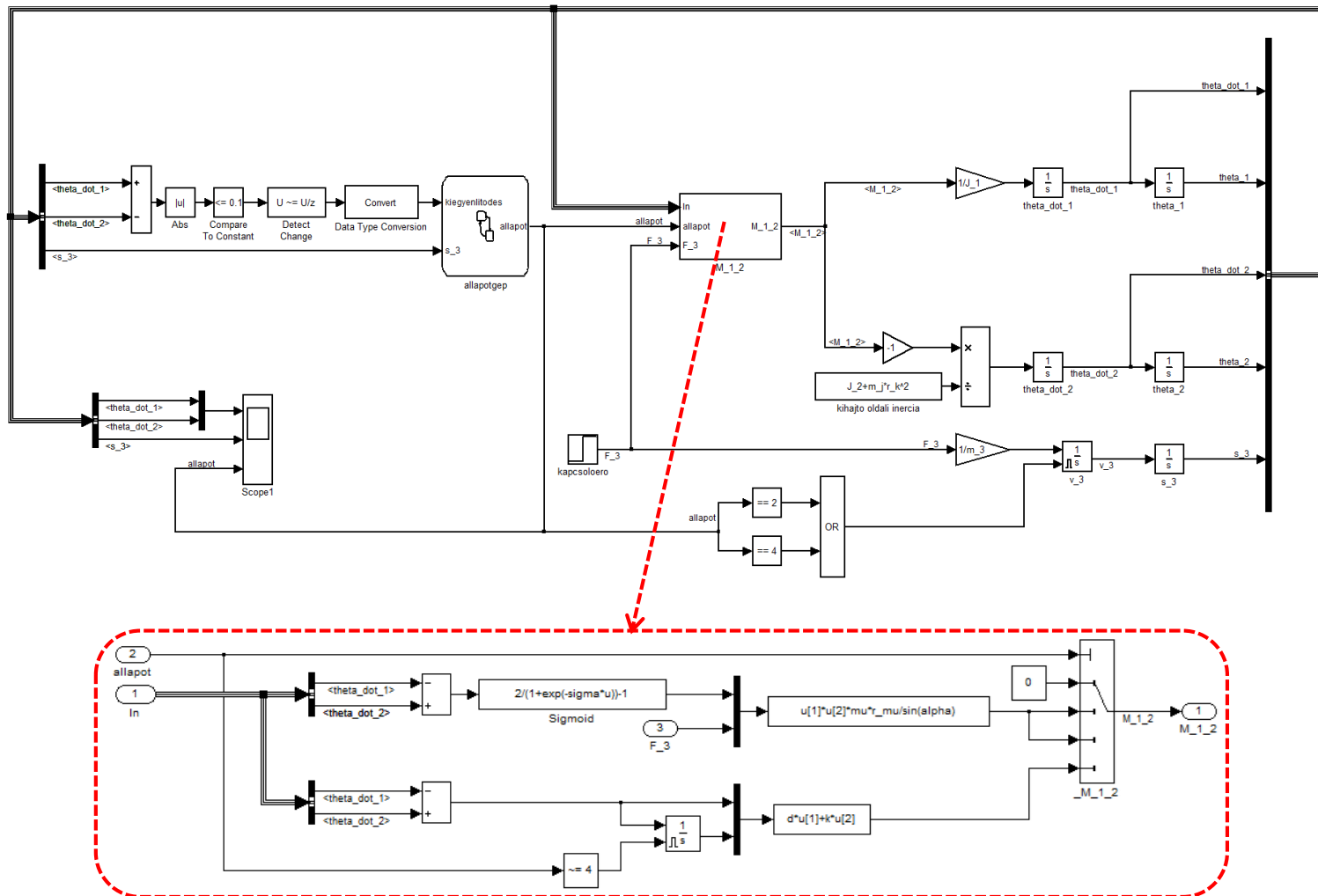
$$s_3 = s_{max} = const.$$

$$M_{1,2} = d(\dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_1) + k \underbrace{\int (\dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_1) dt}_{\text{deformáció}}$$

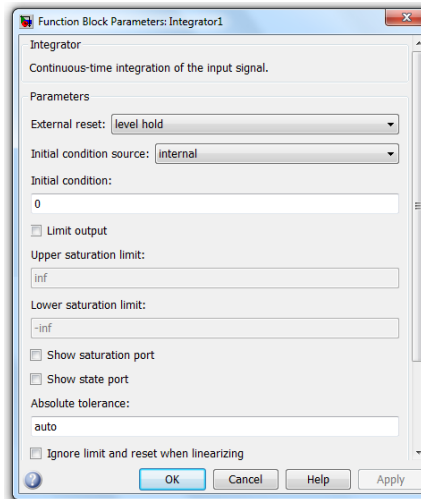
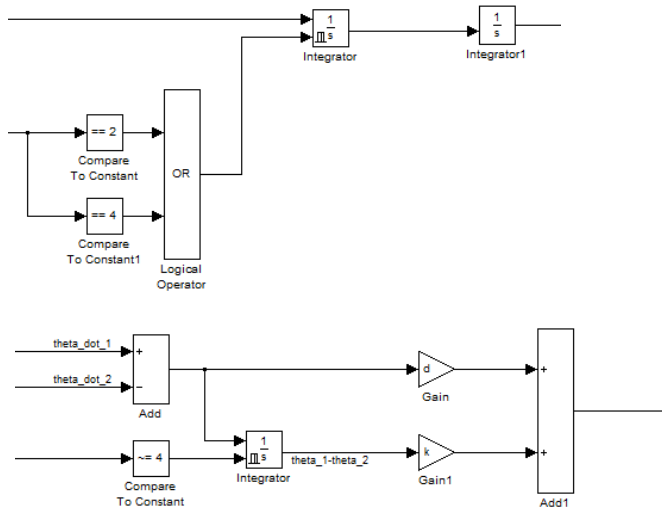
mentes helyzet  
az állapot  
kezdetén



## A modell implementálása MATLAB/Simulink környezetben

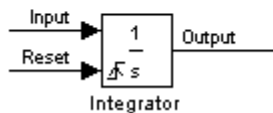


## Integrátorok újraindítása



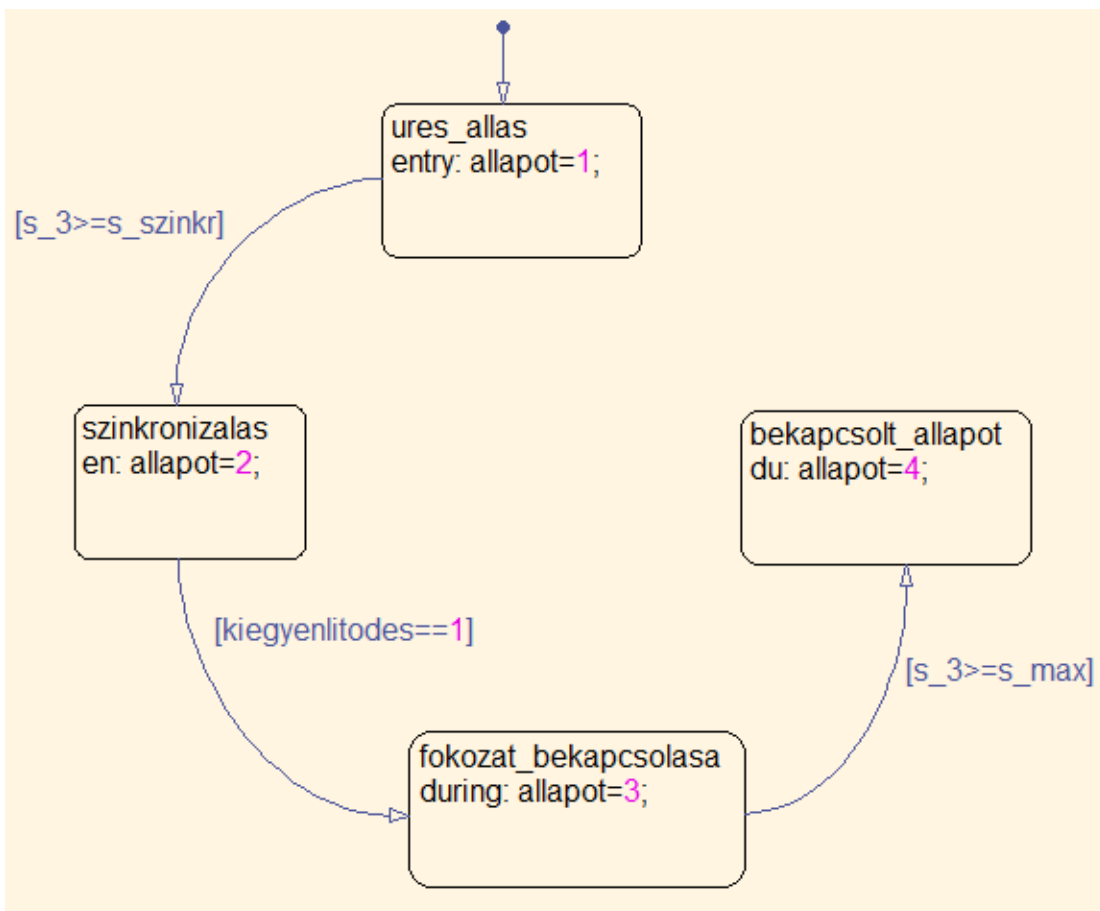
### Resetting the State

The block can reset its state to the specified initial condition based on an external signal. To cause the block to reset its state, select one of the **External reset** choices. A trigger port appears below the block's input port and indicates the trigger type.



- Select **rising** to reset the state when the reset signal rises from a zero to a positive value or from a negative to a positive value.
- Select **falling** to reset the state when the reset signal falls from a positive value to zero or from a positive to a negative value.
- Select **either** to reset the state when the reset signal changes from a zero to a nonzero value or changes sign.
- ➔ Select **level** to reset the state when the reset signal is nonzero at the current time step or changes from nonzero at the previous time step to zero at the current time step.
- ➔ Select **level hold** to reset the state when the reset signal is nonzero at the current time step.

## Az állapotgép implementálása



Contents of: szinkronszerkezet/allapotgep

Name	Scope	Port	Resolve	Signal	DataType
allapot	Output	1	<input type="checkbox"/>		double
kiegyenlitodes	Input	1			double
s_3	Input	2			double
s_szinkr	Parameter				double
s_max	Parameter				double



## Modell paraméterek

```
J_1=1;      % [kgm^2] behajtó oldali inercia
J_2=5;      % [kgm^2] kihajtó oldali inercia
m_j=1000; % [kg] járműtömeg
r_k=0.315; % [m] gördülési sugár
m_3=2;      % [kg] tolókerék tömeg

F_3=1000;   % [N] kapcsolóerő

s_szinkr=8e-3; % [m] szinkronizálási helyzet
s_max=15e-3;  % [m] max. bekapcsolt helyzet

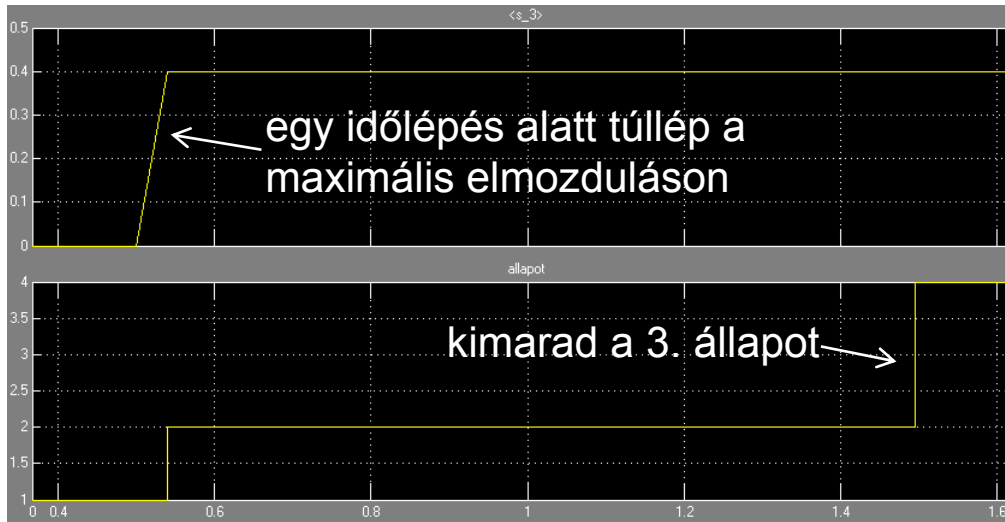
mu=0.1;     % [-] súrlódási tényező
r_mu=45e-3; % [m] súrlódási középsugár
alpha=8*pi/180; % [rad] szinkron félkúpszög

k=1e6; % [Nm/rad] kapcsolószerkezet merevség
d=1e3; % [Nms/rad] kapcsolószerkezet csillapítás

sigma=1000; % [-] sigmoid formatényező

theta_dot_1_0=1500*2*pi/60; % [rad/s] kezdeti behajtó oldali szögsebesség
theta_dot_2_0=1000*2*pi/60; % [rad/s] kezdeti kihajtó oldali szögsebesség
s_3_0=0;          % [m] kezdeti tolókerék pozíció
```

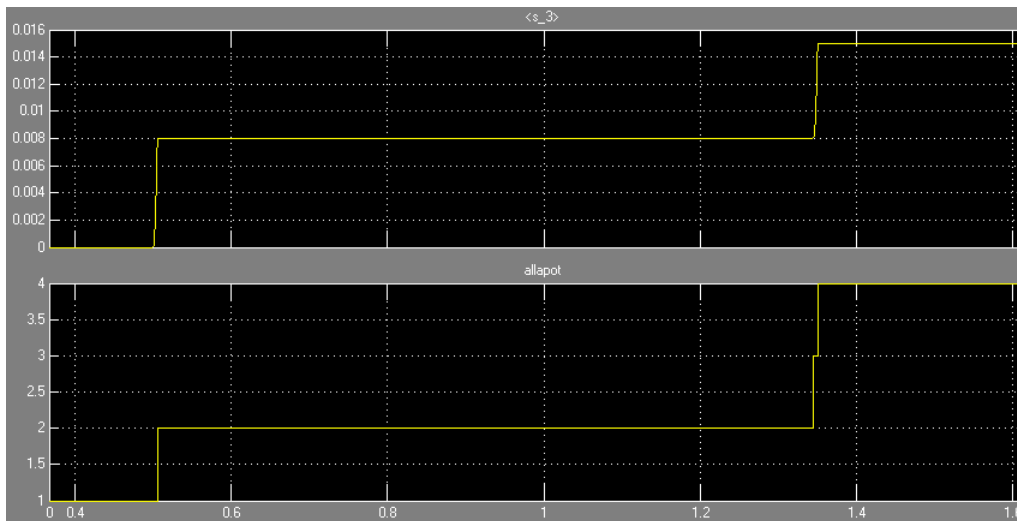
## Megoldó beállítások



Solver:

Relative tolerance:

Absolute tolerance:



Solver:

Relative tolerance:

Absolute tolerance:

Maximum order:

## Felhasznált irodalom

- [1] **Lovas, L., Play, D., Márialigeti, J. and Rigal, J.-F.** Mechanical behaviour simulation for synchromesh mechanism improvements, Proc. IMechE, Part D: J. Automobile Engineering, 2006, Vol. 220, pp. 919–945 (2006)