

ABS

Antilock Braking System

- Anni 20 Primo brevetto di sistema di antibloccaggio delle ruote
- 1978 Prime vetture equipaggiate con ABS (Bosch)
- 2002 ABS obbligatorio sulle auto di nuova immatricolazione

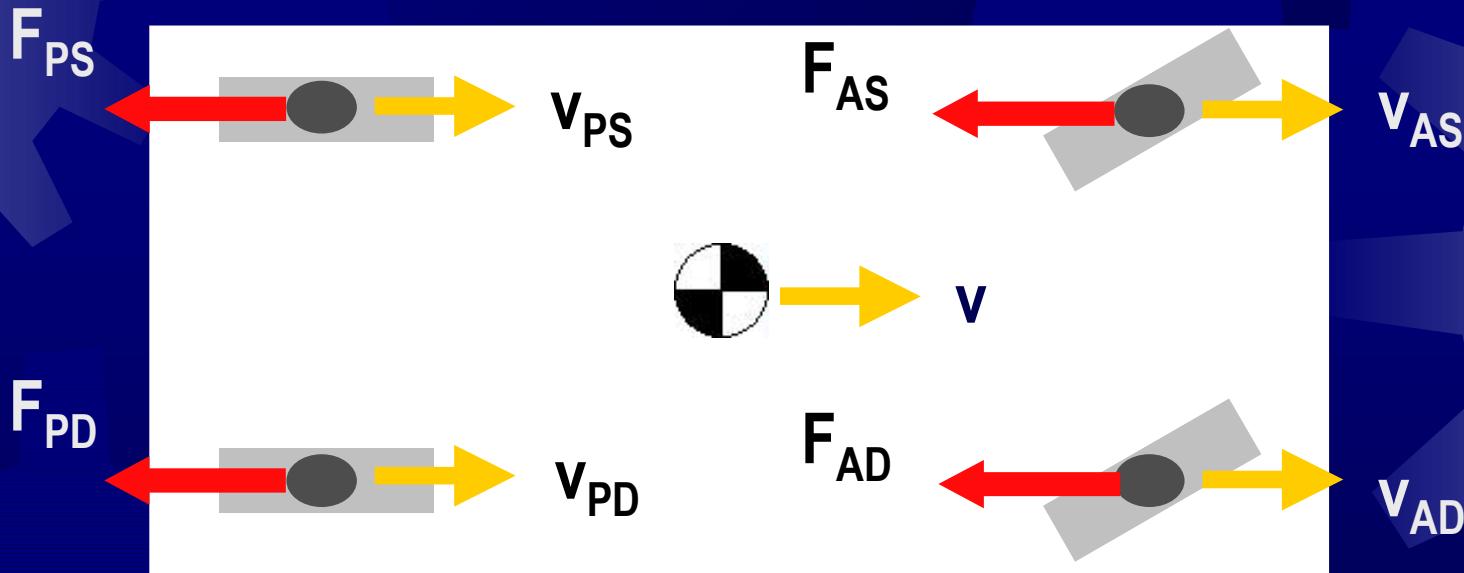
ABS

ASR

VDC

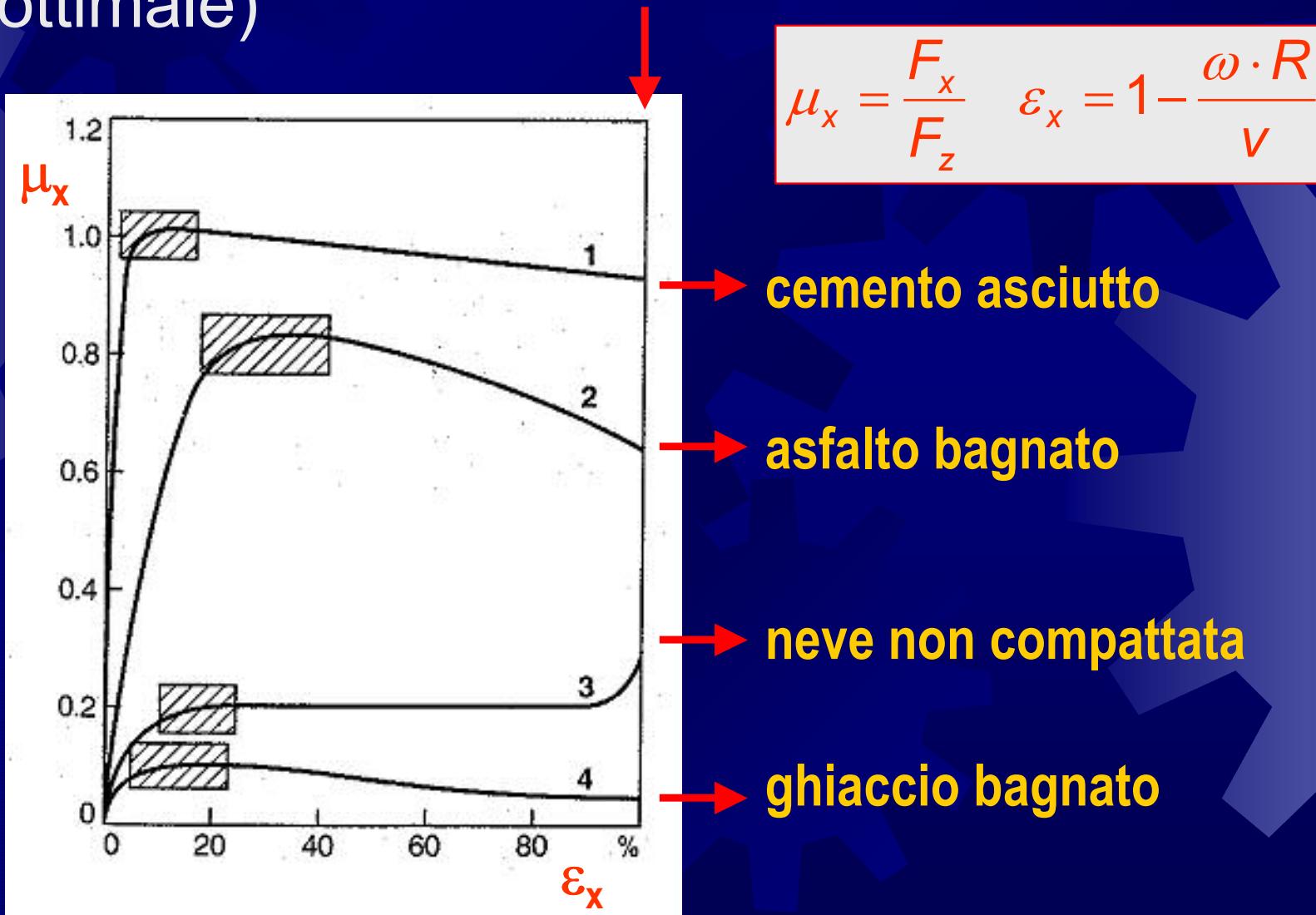
Bloccaggio delle ruote

- ★ Impossibilità di sterzare il veicolo (evitare un ostacolo, ...)



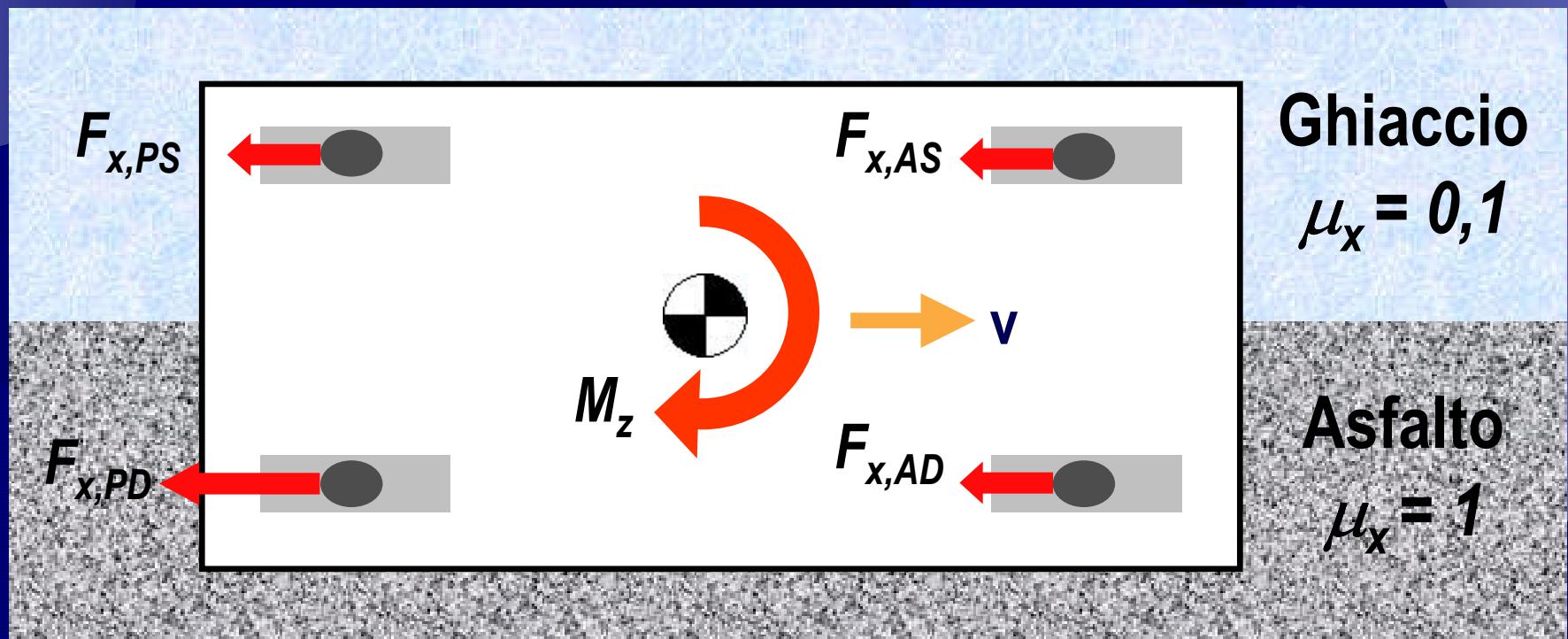
Bloccaggio delle ruote

- ★ Aumento dello spazio di arresto nella maggioranza dei casi (forza di contatto non ottimale)



Requisiti

- ★ Garantire la direzionalità (possibilità di sterzare) del veicolo indipendentemente l'intensità della frenata e dalla velocità del veicolo
- ★ Ritardare la formazione del momento di imbardata nelle condizioni di *μ -split*



Requisiti

- ✿ Ottimizzare l'efficienza della frenata, prediligendo però la possibilità di sterzare il veicolo rispetto alla riduzione dello spazio di arresto
- ✿ Adattarsi rapidamente alle variazioni di aderenza (ad es. asfalto asciutto con tratti ghiacciati)
- ✿ Garantire la direzionalità e una decelerazione ottimale del veicolo nel caso di superfici sconnesse
- ✿ Garantire la direzionalità e la stabilità del veicolo nel caso di frenata in curva (velocità sufficientemente inferiori a quella limite)

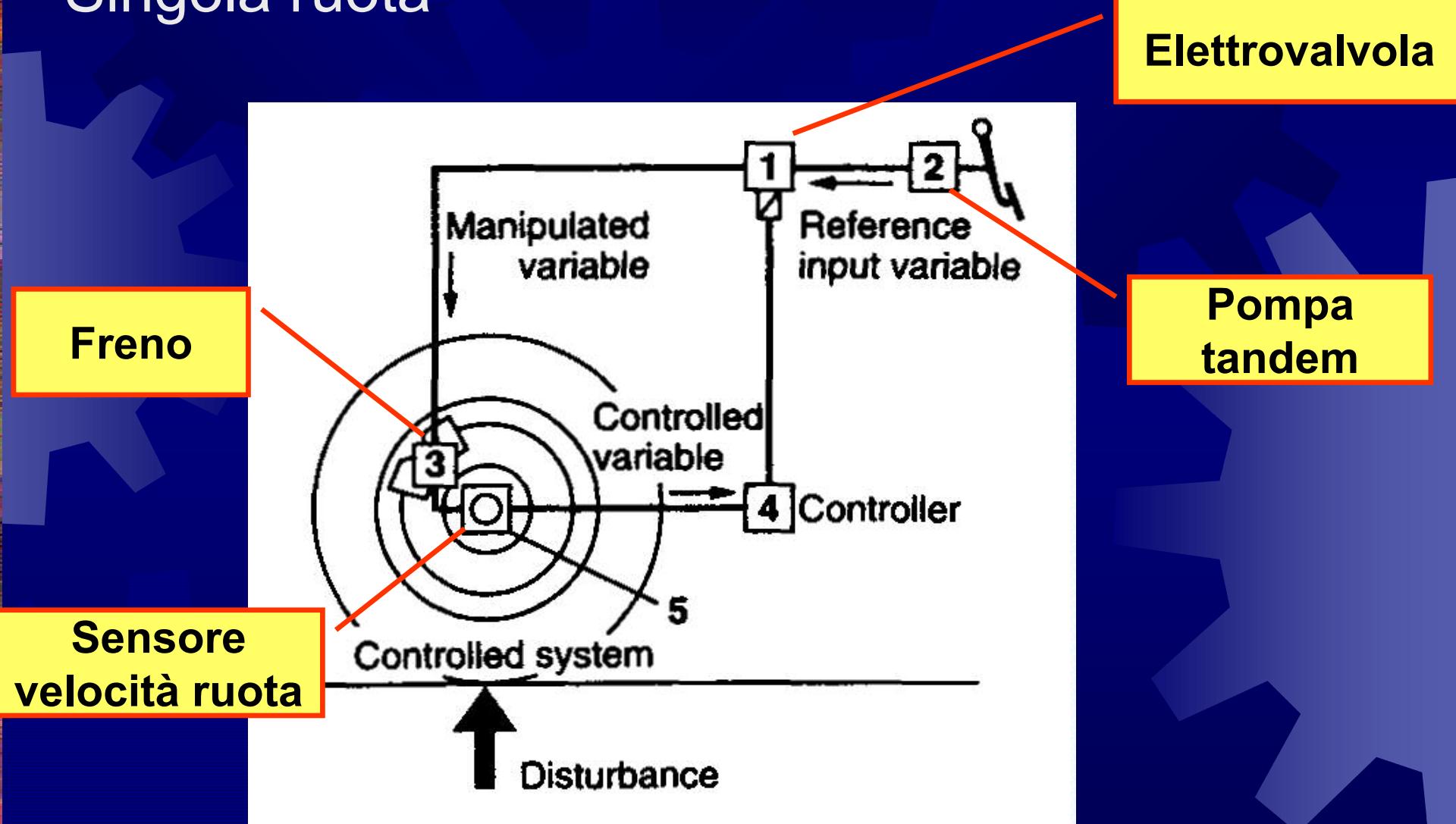


Requisiti

- ✿ Riconoscere e rispondere al fenomeno dell'**aquaplaning**
- ✿ Adattarsi all'**isteresi del freno** e all'influenza dell'inerzia del motore (dipendente dal rapporto di marcia)
- ✿ Evitare che il veicolo **beccheggi** o altri fenomeni di risonanza
- ✿ Disattivarsi in caso di **malfunzionamento**

Circuito di controllo ABS

Singola ruota



Sensore velocità periferica ruota

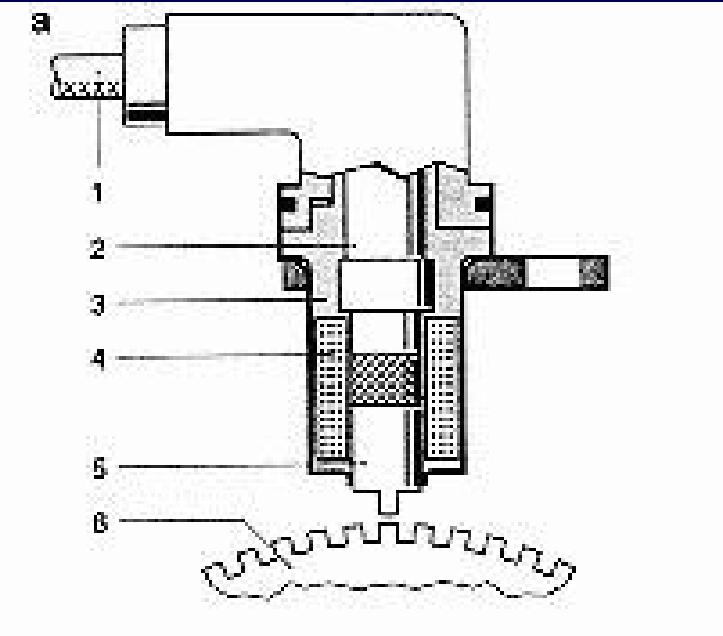
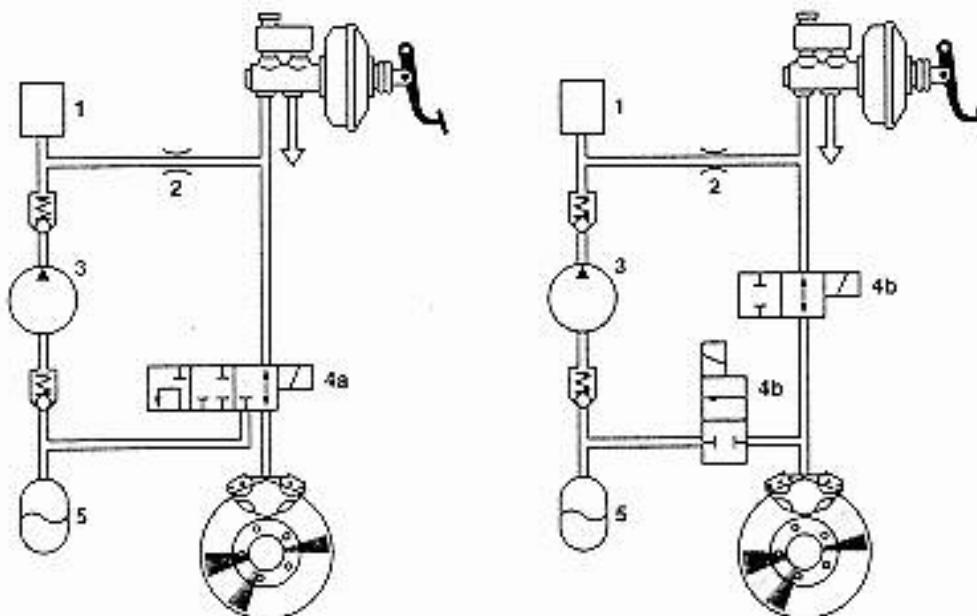


Fig.15: ABS systems: A comparison

a) ABS2, b) ABS5.

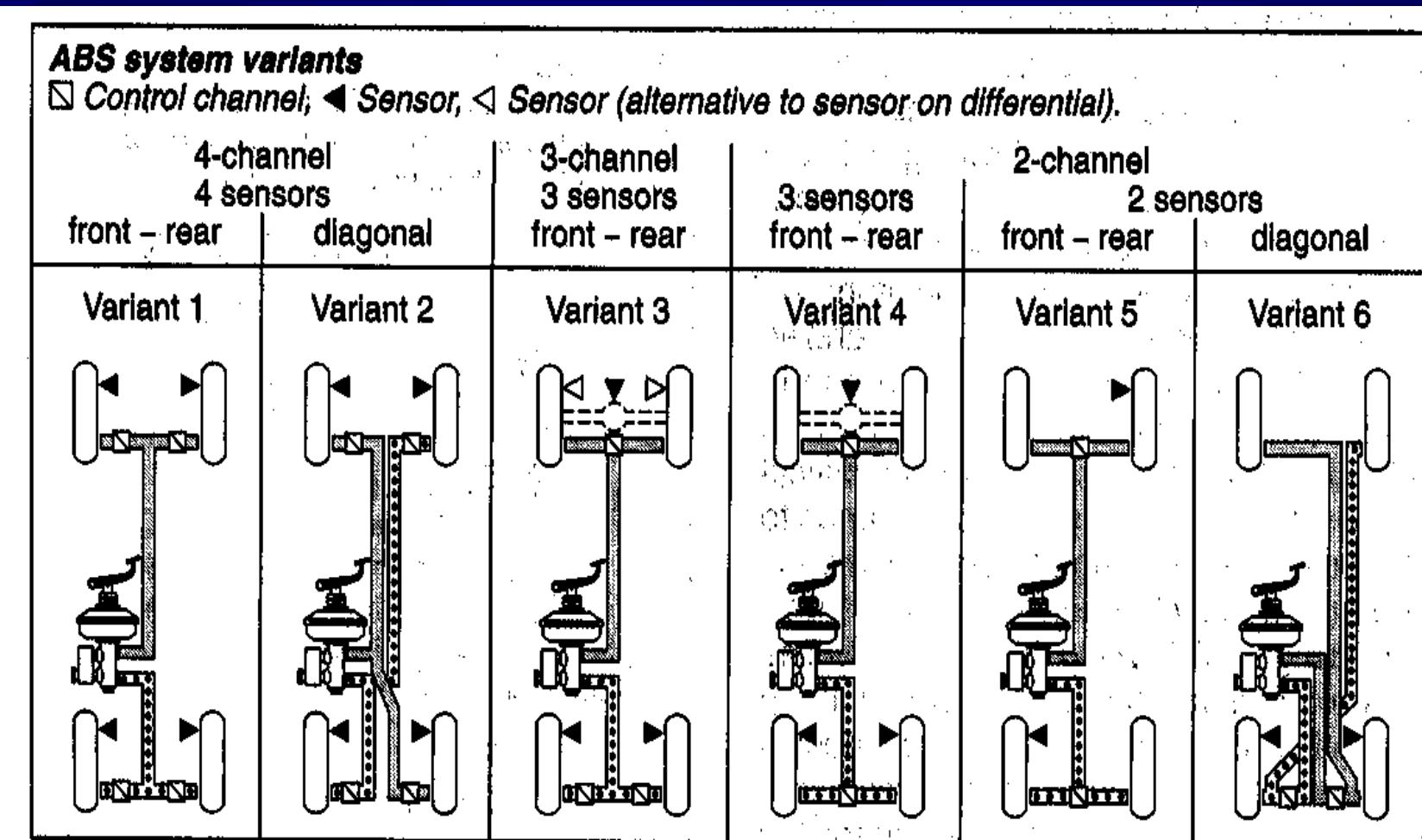
1 Damper chamber, 2 Throttle, 3 Return pump, 4a 3/3 valve, 4b 2/2 valves, 5 Accumulator chamber.



Modulatore della pressione

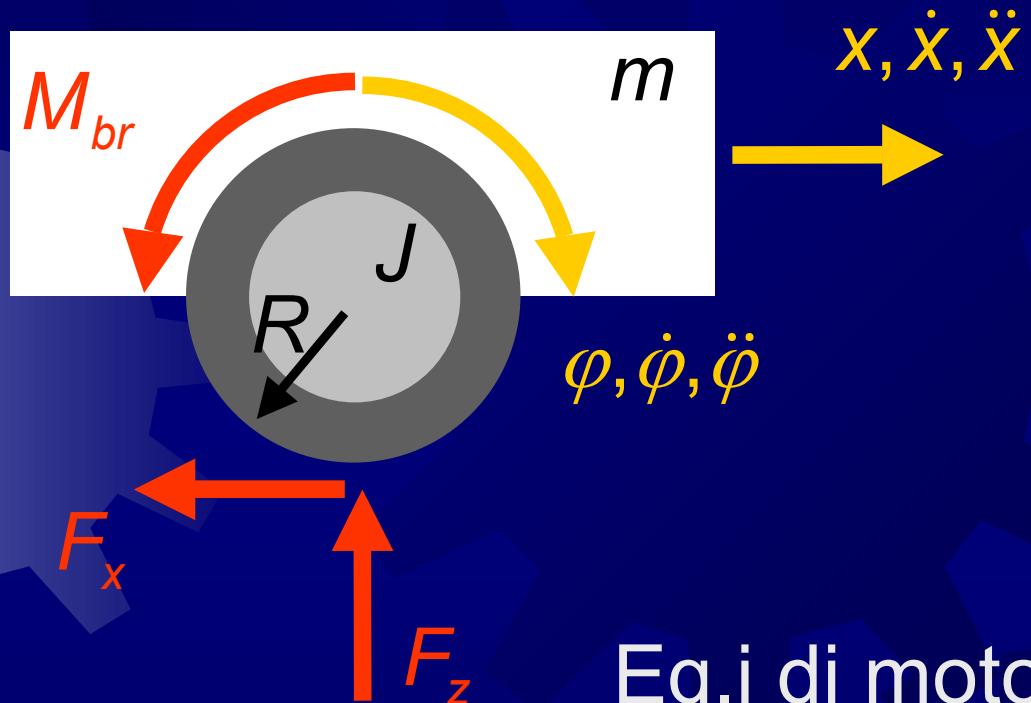
Varianti ABS

- ★ Ruote posteriori: principio *select low*
- ★ Ruote anteriori: controllo indipendente



Dinamica ruota frenata

Modello ¼ di veicolo



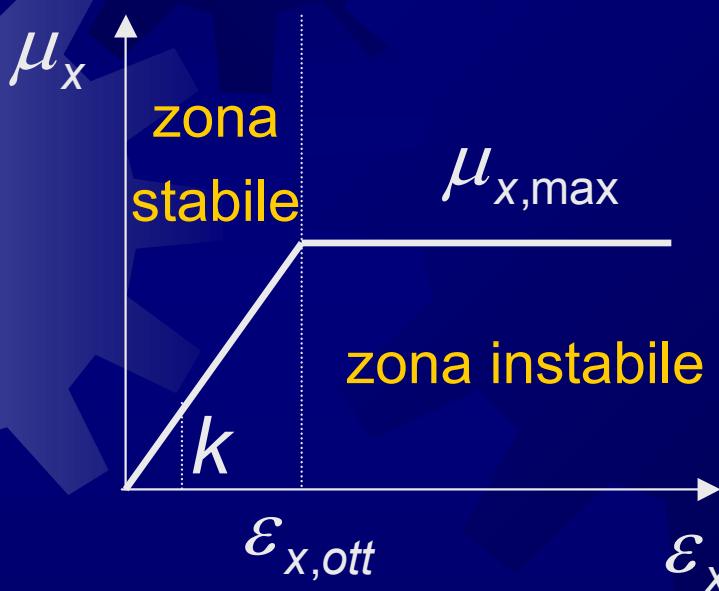
Eq.i di moto (2 g.d.l.)

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -F_x \\ J\ddot{\varphi} = F_x R - M_{br} \end{cases} \quad F_x = \mu_x F_z = \mu_x mg$$

Dinamica ruota frenata

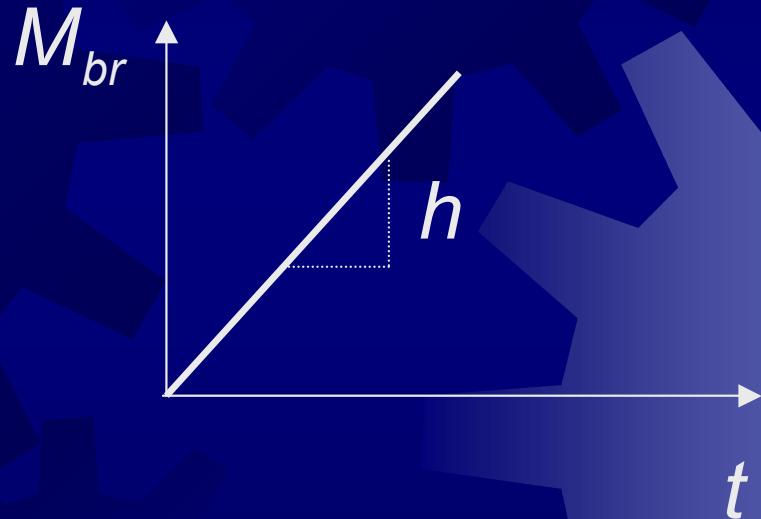
Ulteriori semplificazioni

Forza di contatto



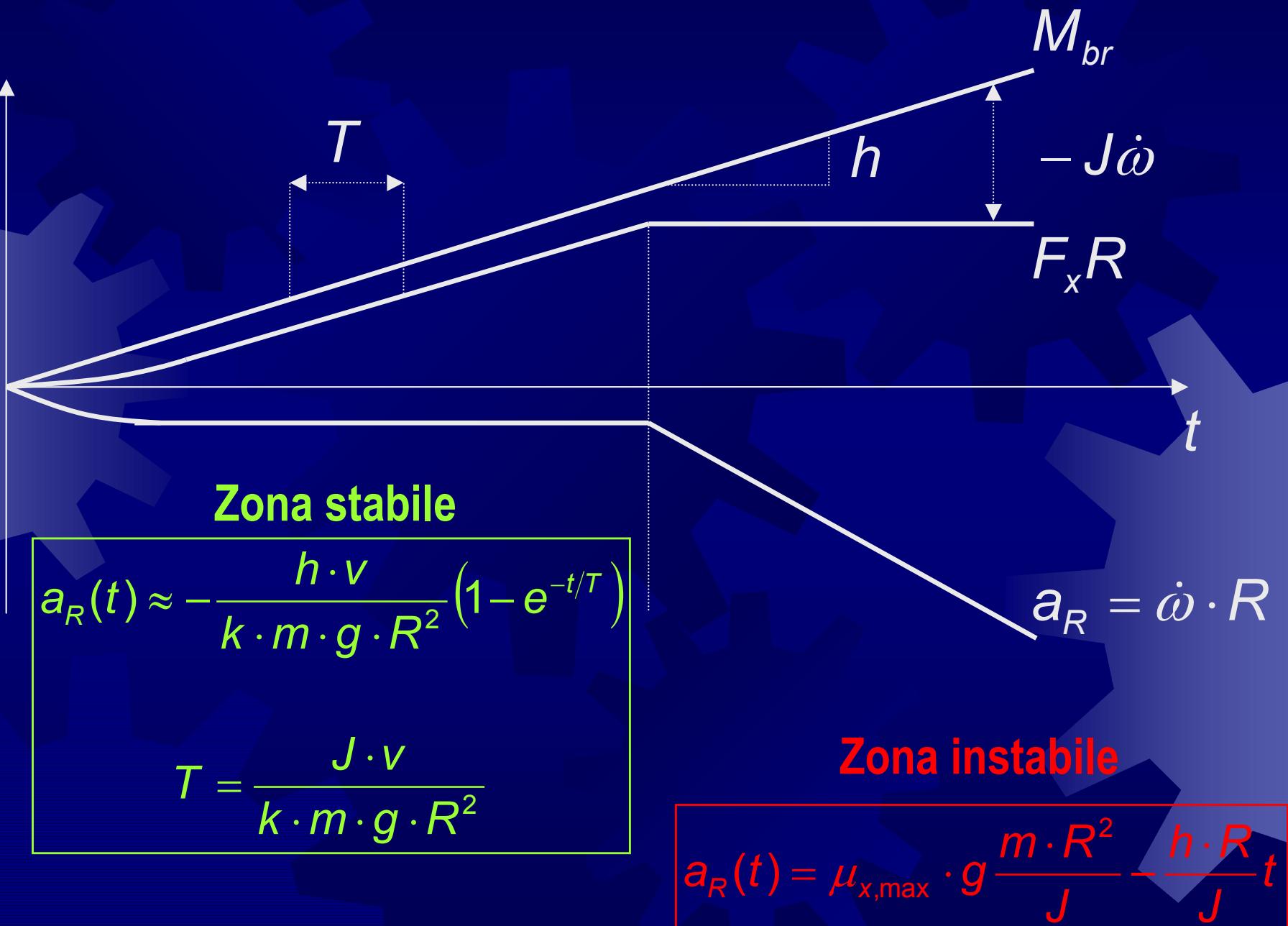
$$\begin{cases} \mu_x = k \cdot \varepsilon_x & \varepsilon_x \leq \varepsilon_{x,ott} \\ \mu_x = \mu_{x,max} & \varepsilon_x \geq \varepsilon_{x,ott} \end{cases}$$

Coppia frenante

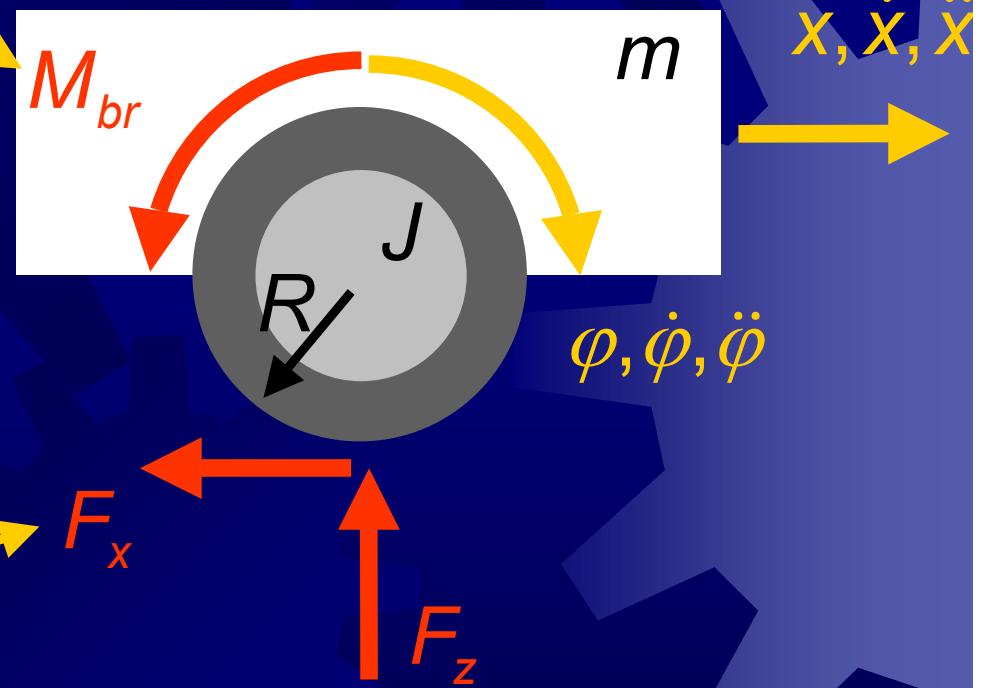
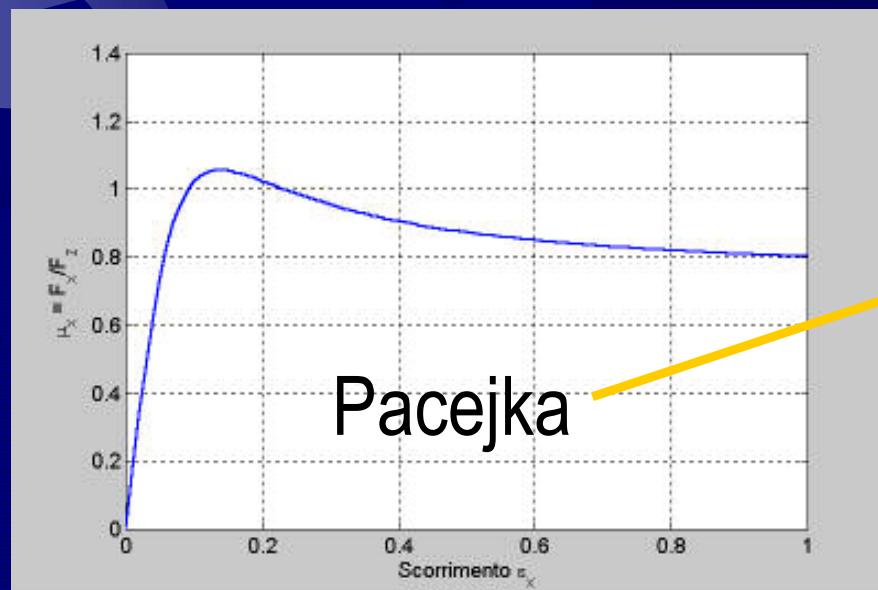
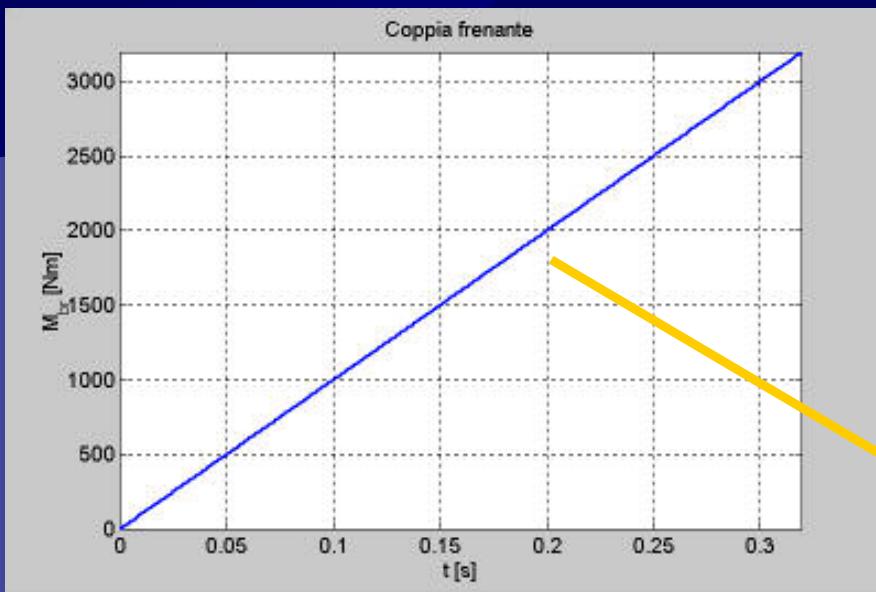


$$M_{br} = h \cdot t$$

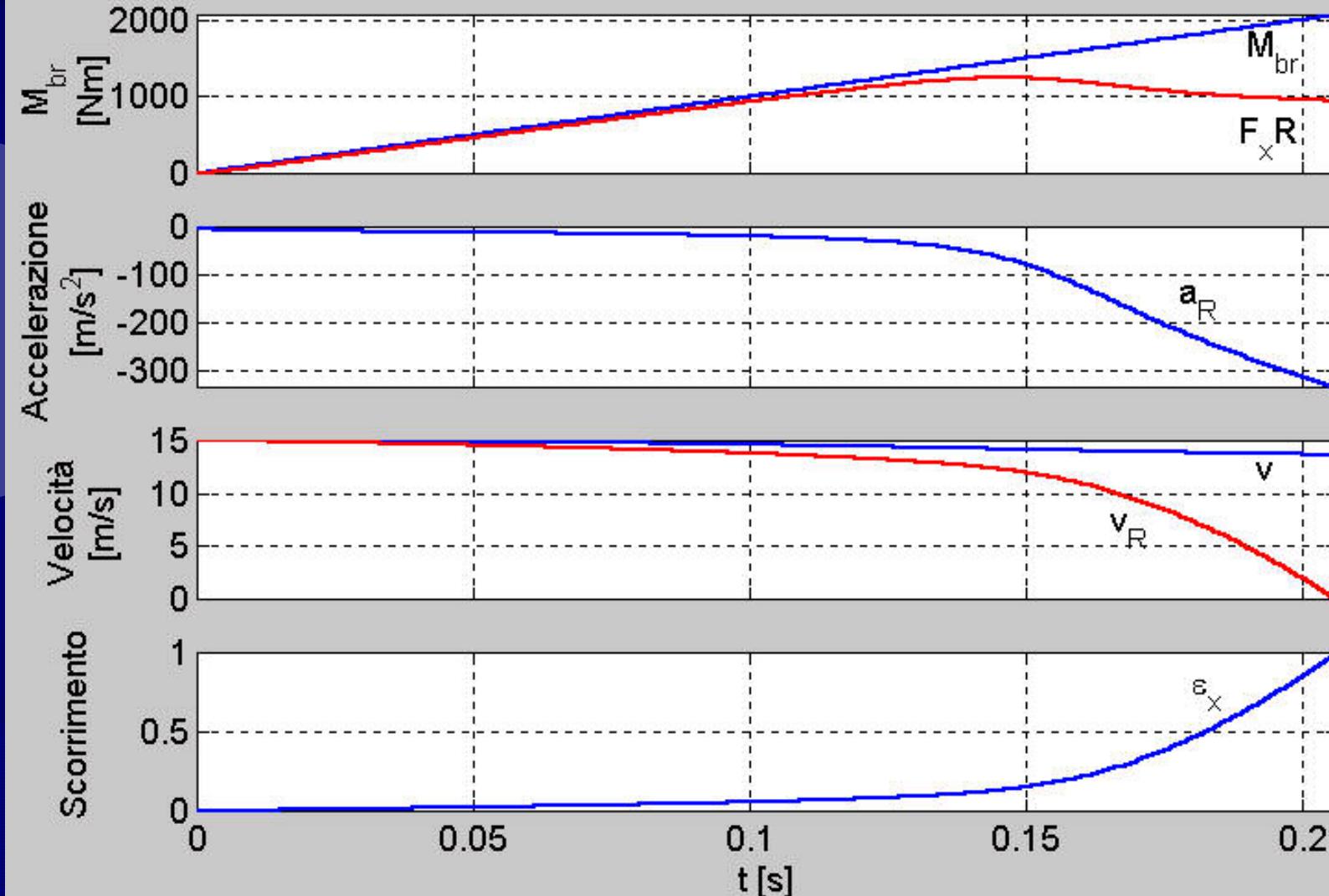
Dinamica ruota frenata



Dinamica ruota frenata

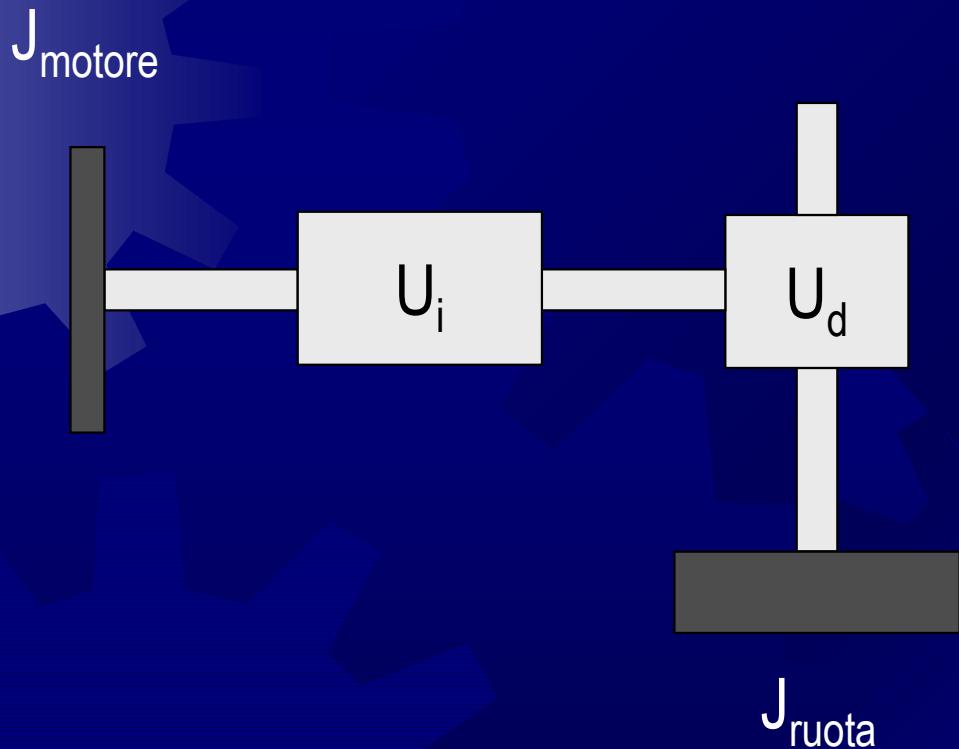


Dinamica ruota frenata



Dinamica ruota frenata

- ★ Influenza del rapporto di marcia (ruote motrici)



$$J \approx J_{motore} (U_i U_d)^2 + J_{ruota}$$

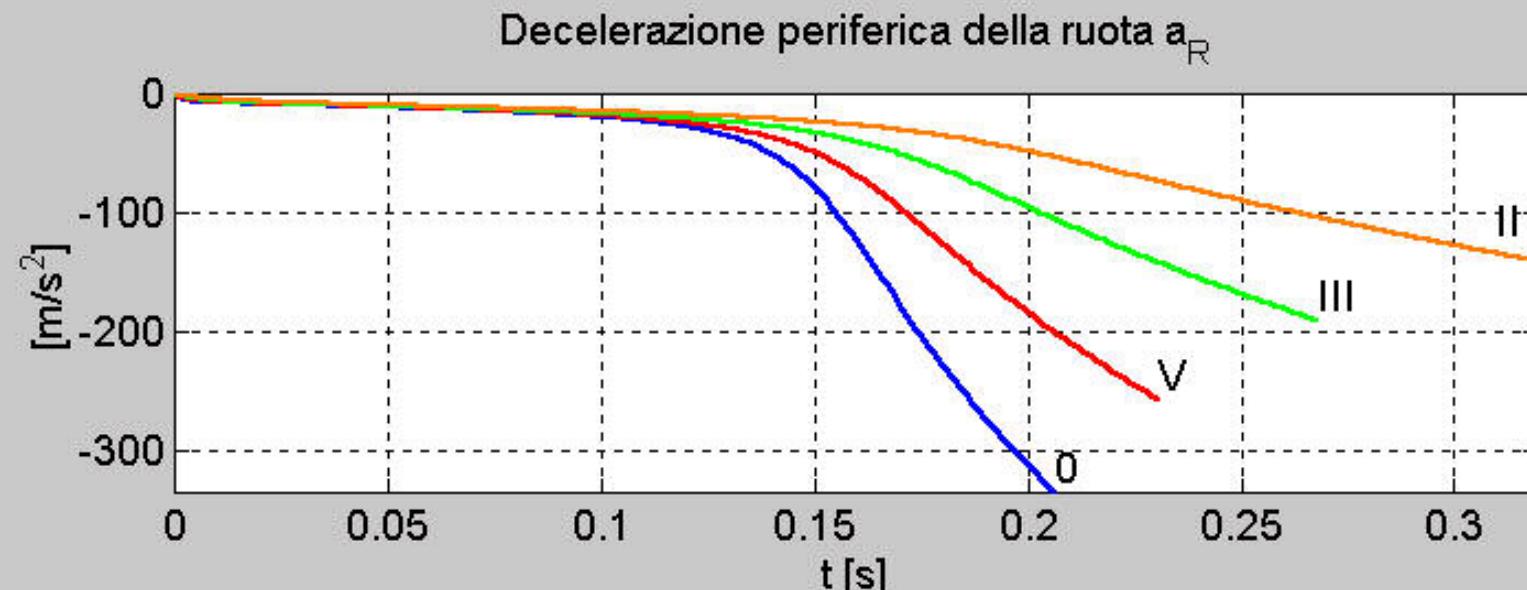
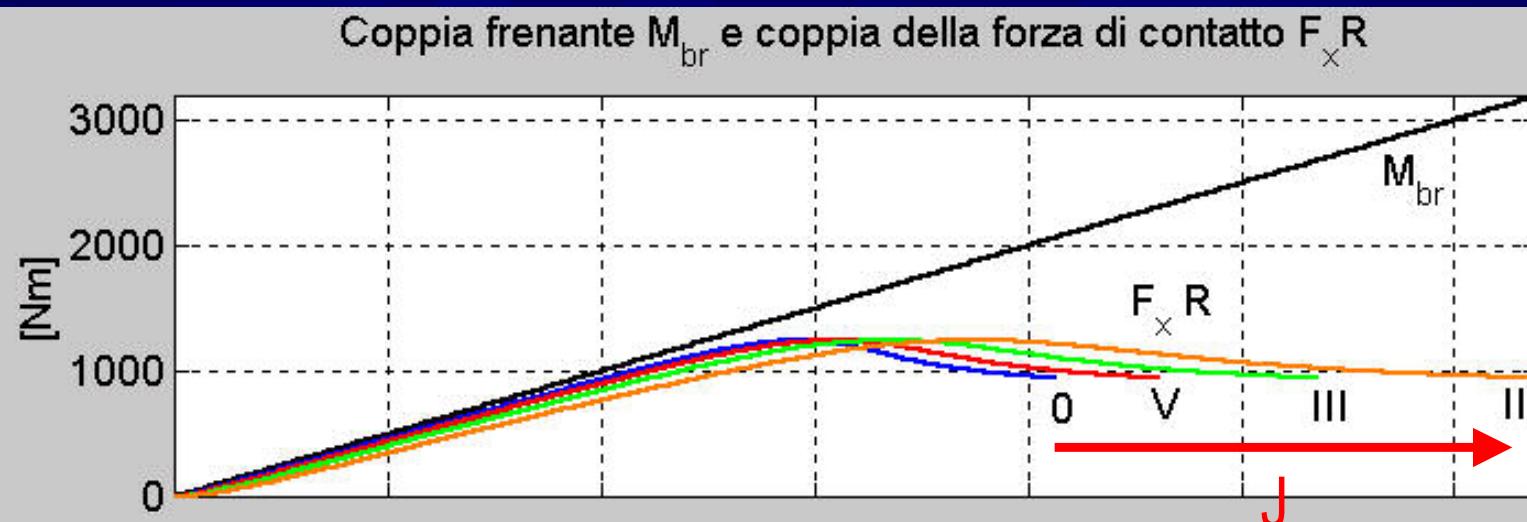
$$U_i U_d = \frac{\omega_m}{\omega_r}$$

$$\begin{aligned} U_I &= 3.50 \\ U_{II} &= 2.12 \\ U_{III} &= 1.43 \\ U_{IV} &= 1.03 \\ U_V &= 0.84 \end{aligned}$$

↑ J

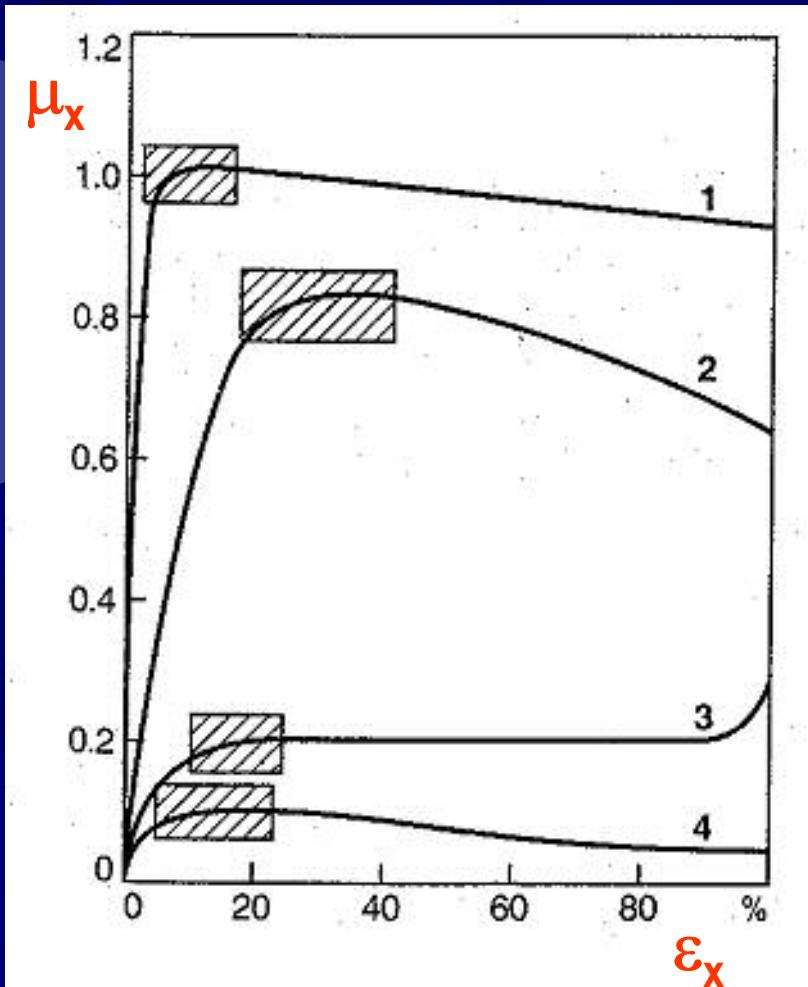
Dinamica ruota frenata

★ Influenza del rapporto di marcia



Scelta variabili controllate

★ Scorrimento



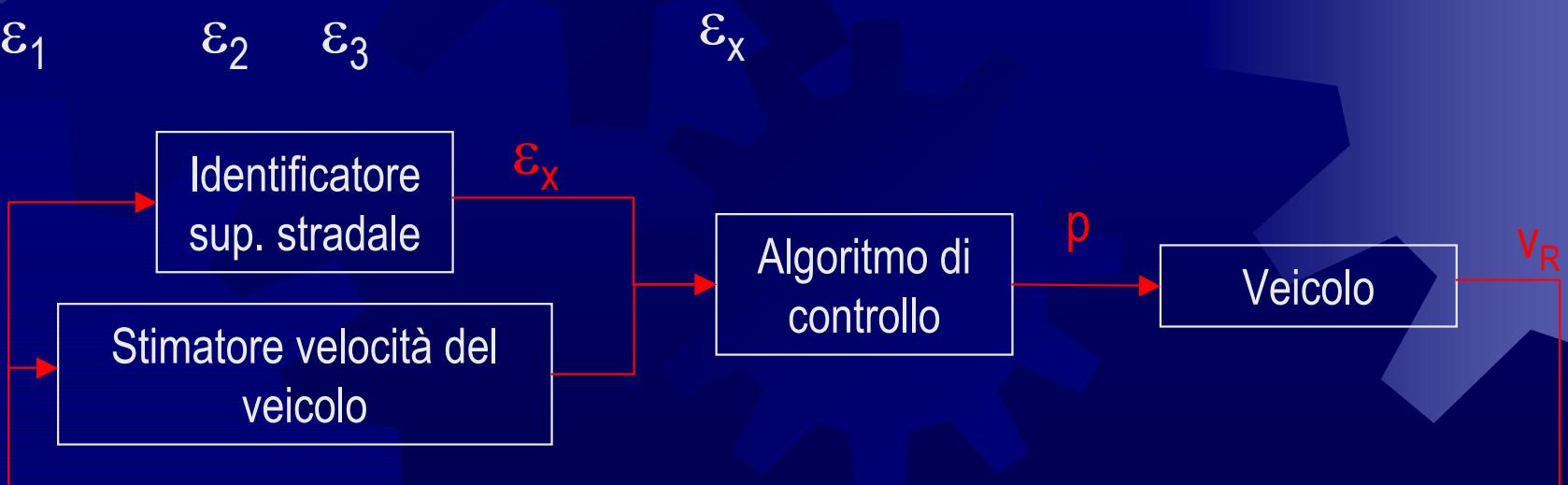
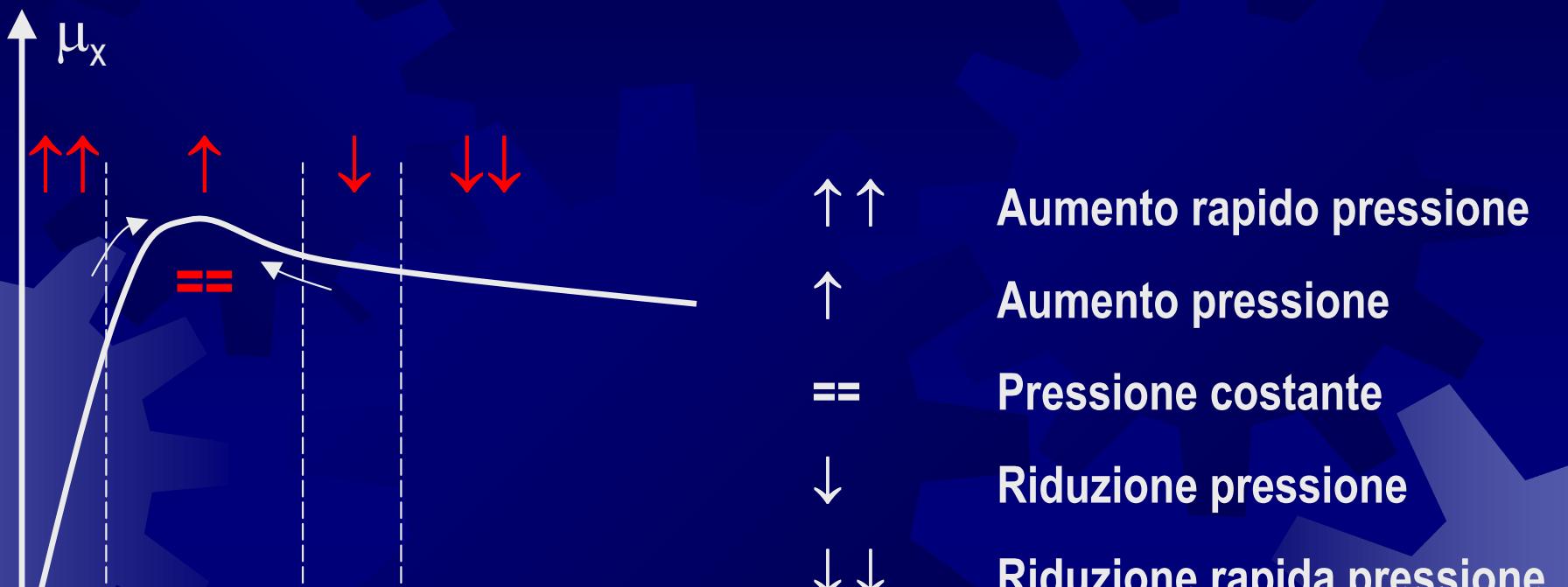
- Come misurare la velocità del veicolo?

Algoritmo stimatore della velocità del veicolo

- Quale scorrimento ottimale?

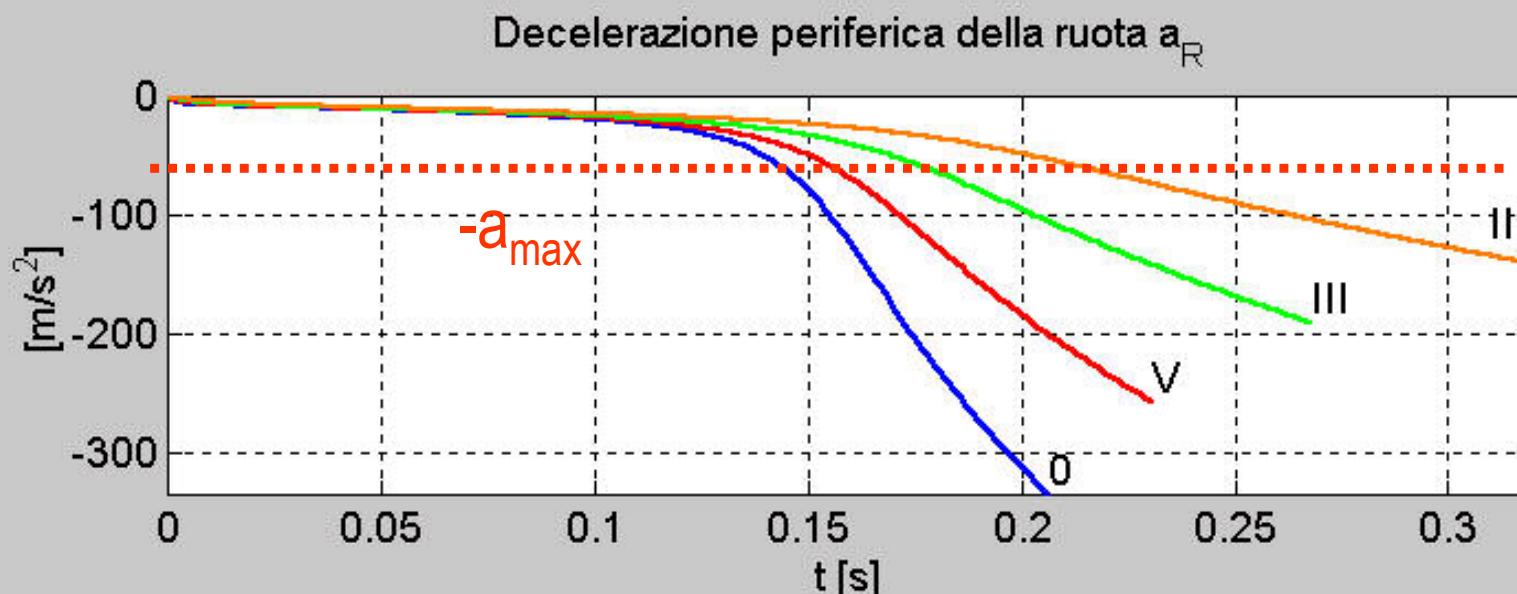
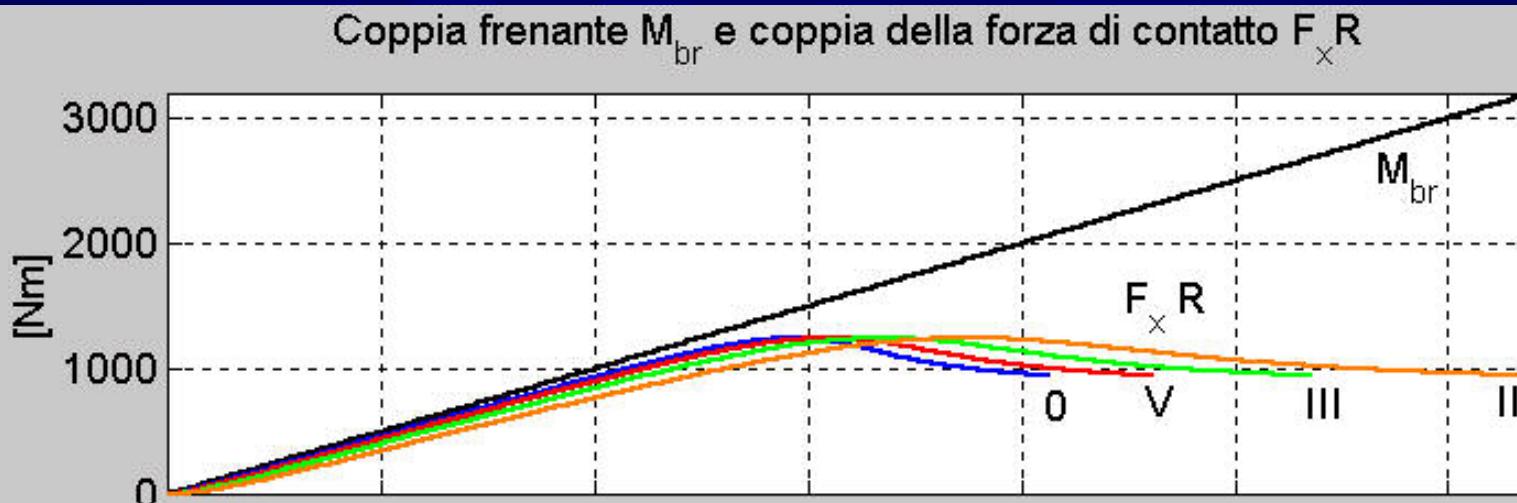
Algoritmo identificatore della superficie stradale

Esempio di controllore basato sullo scorrimento



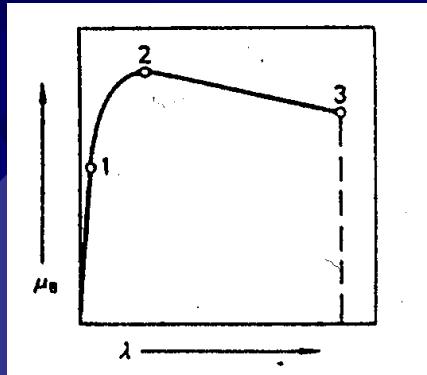
Scelta variabili controllate

- Decelerazione periferica della ruota



Scelta variabili controllate

Decelerazione periferica della ruota



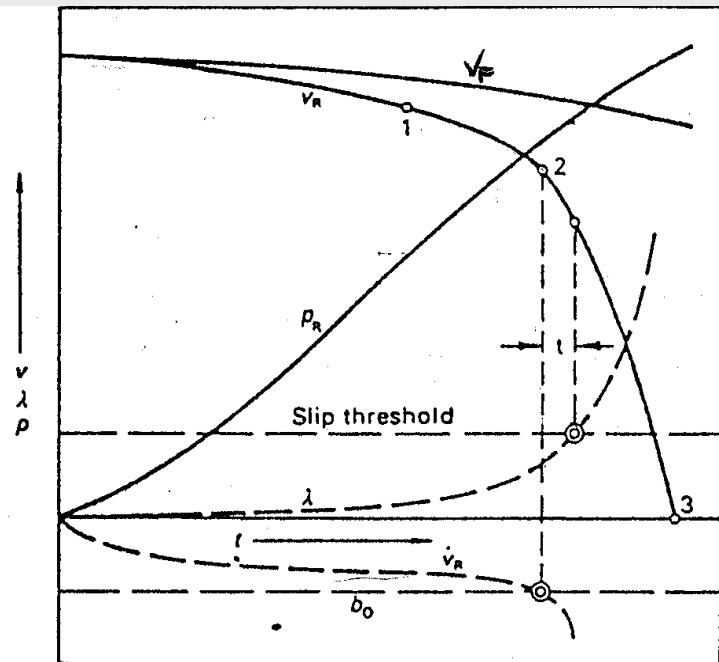
Zona stabile

$$a_R(t) \approx -\frac{h \cdot v}{k \cdot m \cdot g \cdot R^2} (1 - e^{-t/T})$$

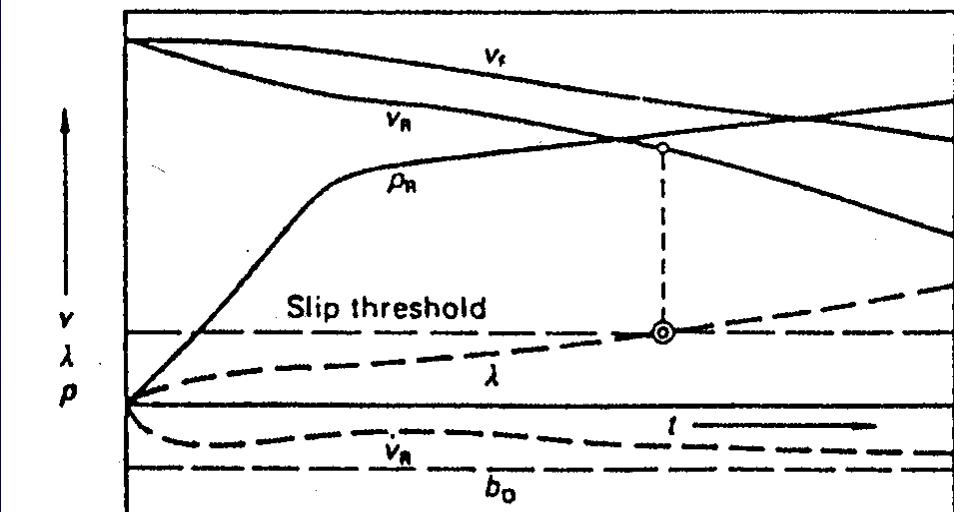
Zona instabile

$$a_R(t) = \mu_{x,\max} \cdot g \frac{m \cdot R^2}{J} - \frac{h \cdot R}{J} t$$

Incremento di pressione (h) elevato
Ruota con basso momento di inerzia (J)



Incremento di pressione (h) basso
Ruota con elevato momento di inerzia (J)



Logica di controllo Bosch

★ Variabili controllate

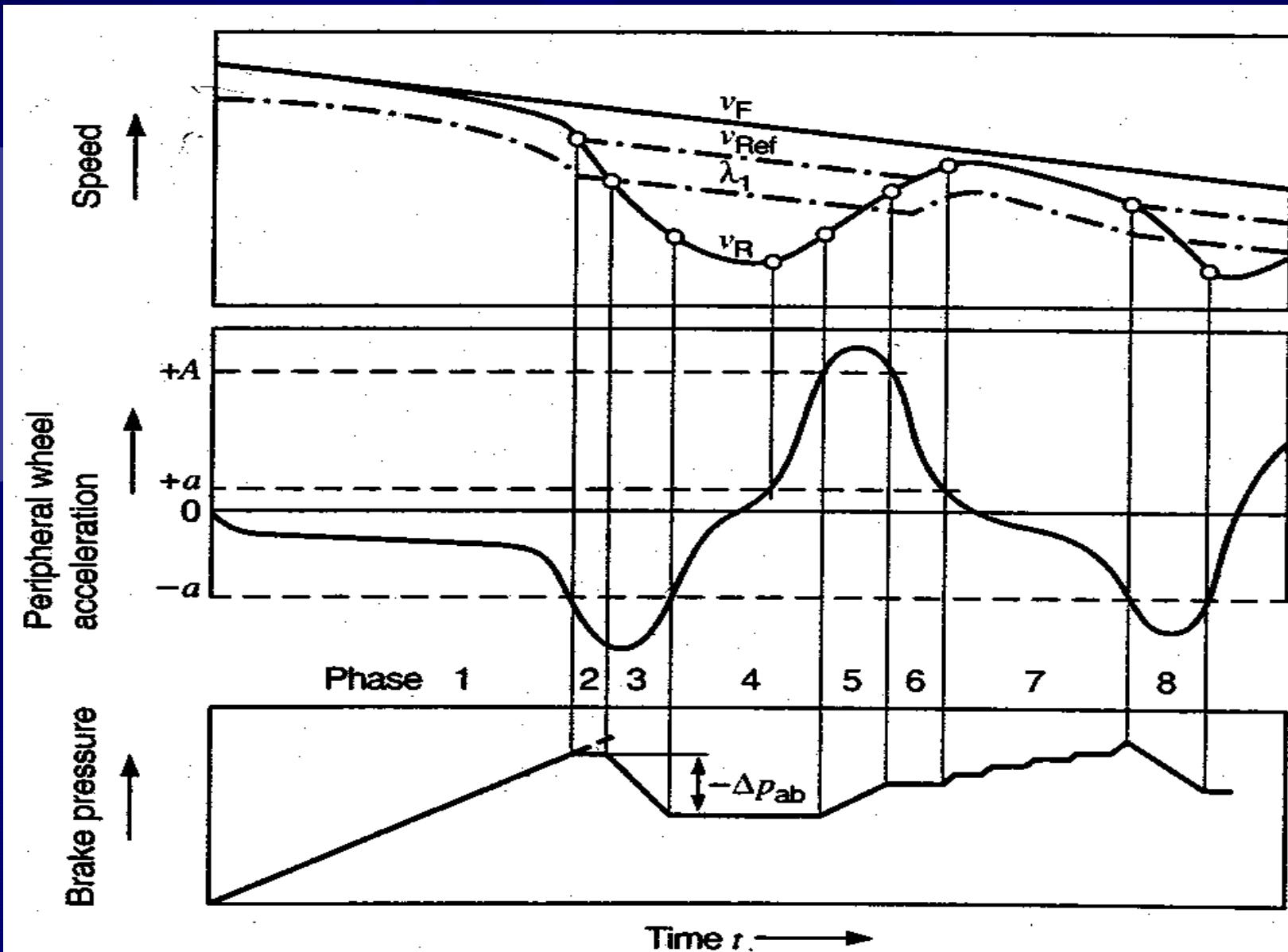
- Decelerazione/Accelerazione periferica della ruota
- Scorrimento (stimato)

★ Algoritmo

- Alta aderenza
- Bassa aderenza
- μ -split

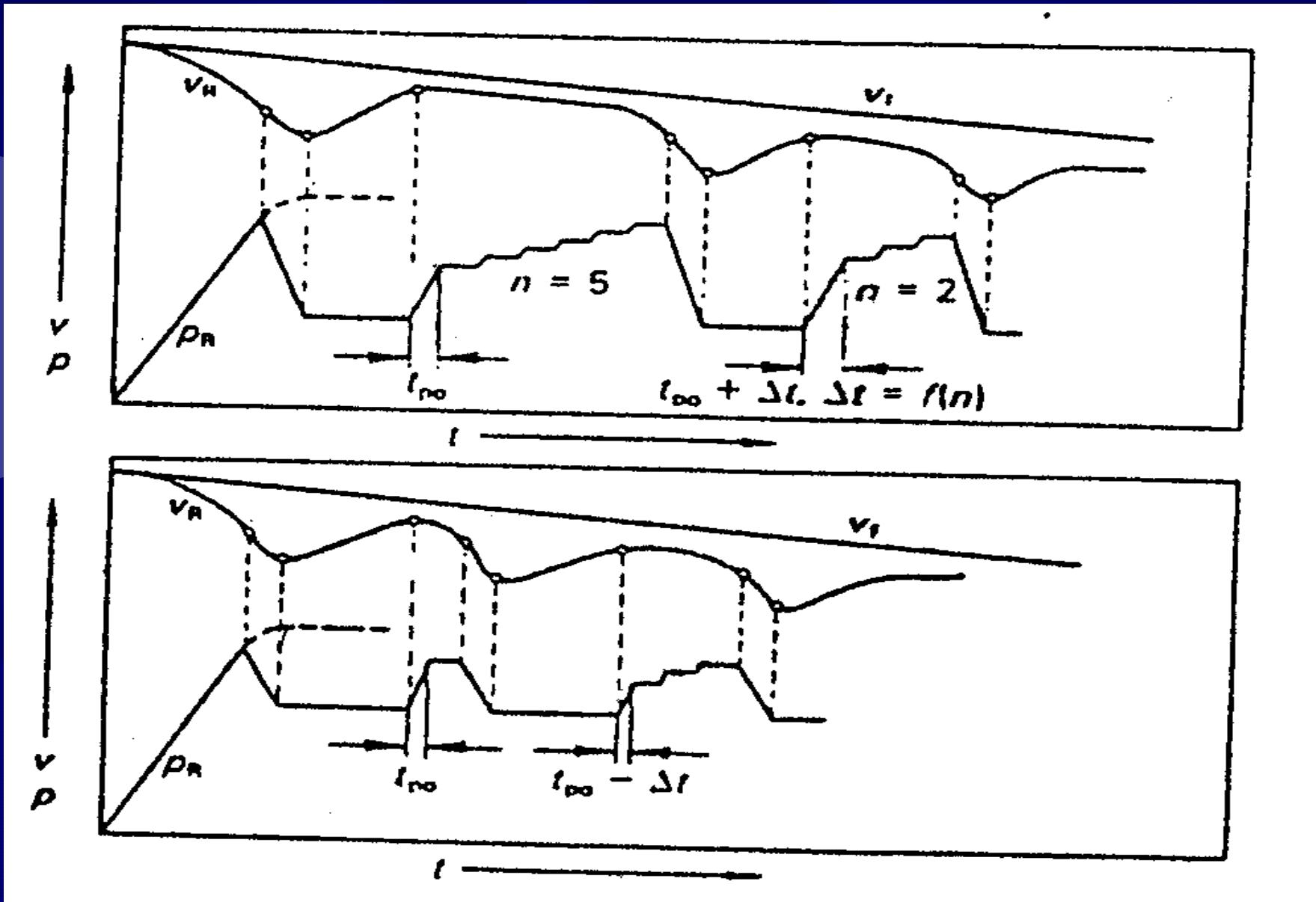
Logica di controllo Bosch

Ciclo di controllo in caso di **elevata aderenza**



Logica di controllo Bosch

Autoadattività (cicli successivi al primo)



Logica di controllo Bosch

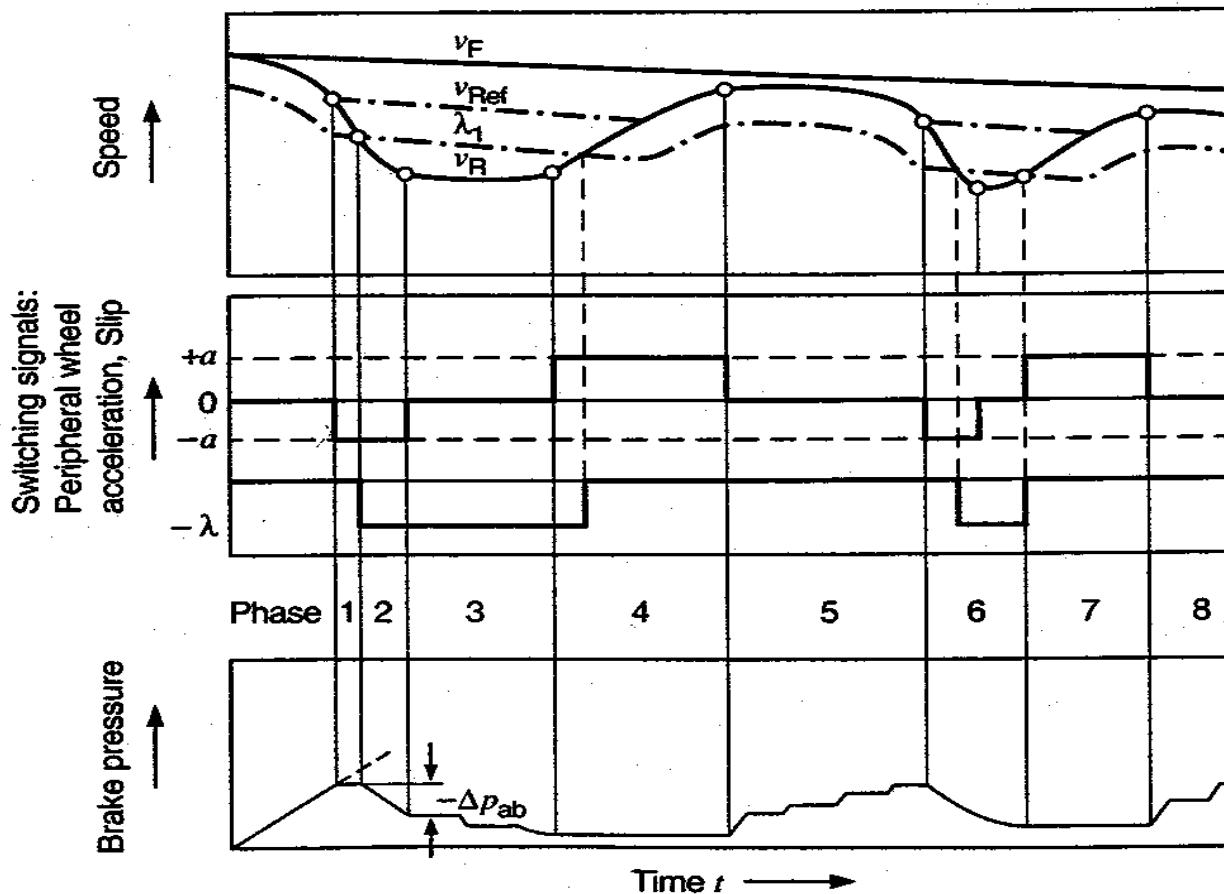
Ciclo di controllo in caso di bassa aderenza

Fig. 8: Braking control for low braking-force coefficients

v_F Vehicle speed, v_{Ref} Reference speed, v_R Peripheral wheel speed,

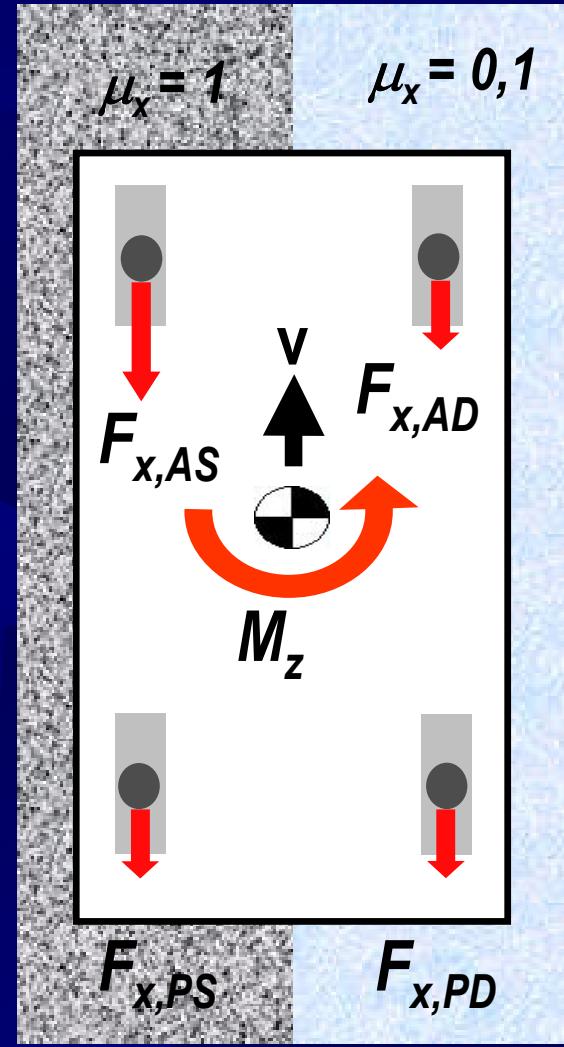
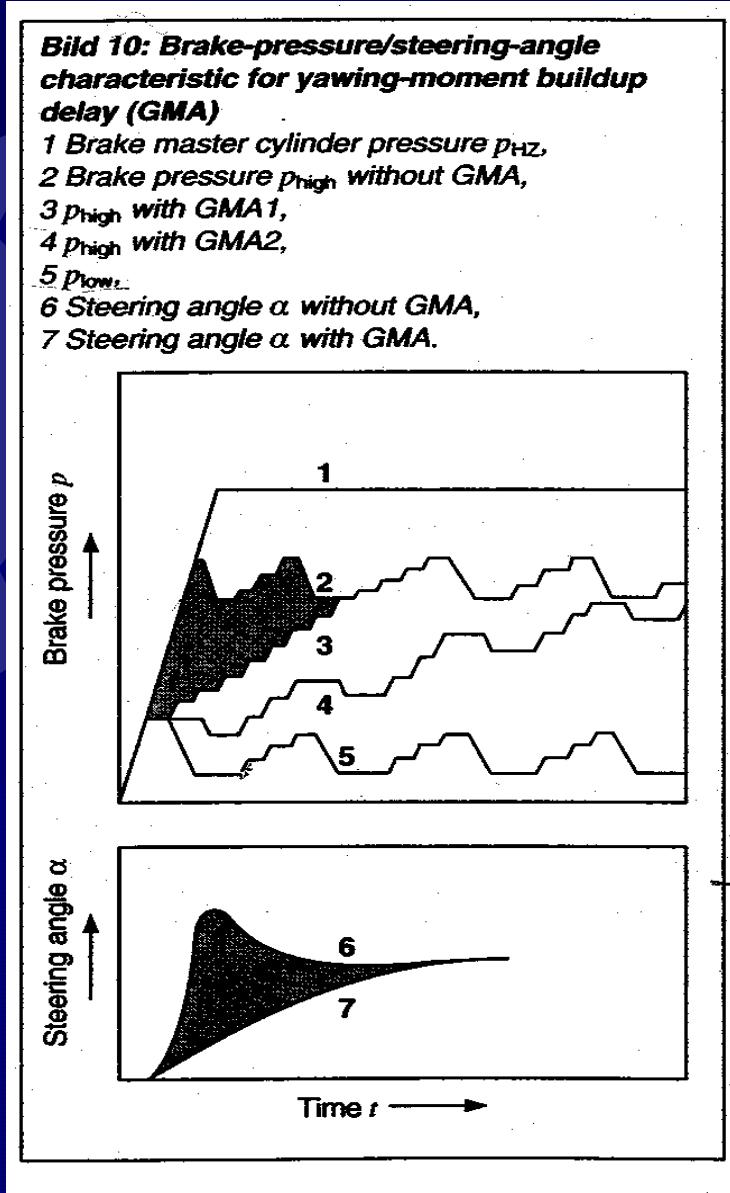
λ_1 Slip switching threshold,

Switching signals: $+a$ Threshold of peripheral wheel acceleration, $-a$ Threshold of peripheral wheel deceleration, $-\lambda$ Slip, $-\Delta p_{ab}$ Brake-pressure decrease.



Logica di controllo Bosch

μ -split: algoritmo di ritardo della coppia di imbardata



Logica di controllo Bosch

Parametri del controllore

- ✿ soglie di decelerazione/accelerazione periferica
 - ✿ - a
 - ✿ + a
 - ✿ + A
- ✿ parametri per il calcolo della velocità di riferimento
 - ✿ - a_{ref} gradiente fisso di estrapolazione (?)
- ✿ parametri per il calcolo segnale λ_1
 - ✿ ε_{x1} soglia di scorrimento (?)
- ✿ parametri Fase 4
 - ✿ T_{41} durata massima mantenimento pressione
 - ✿ T_{42} durata breve riduzione pressione
- ✿ parametri Fase 7
 - ✿ T_s durata degli aumenti a gradino della pressione
 - ✿ D_c rapporto aumento / mantenimento del gradino

Modello Simulink

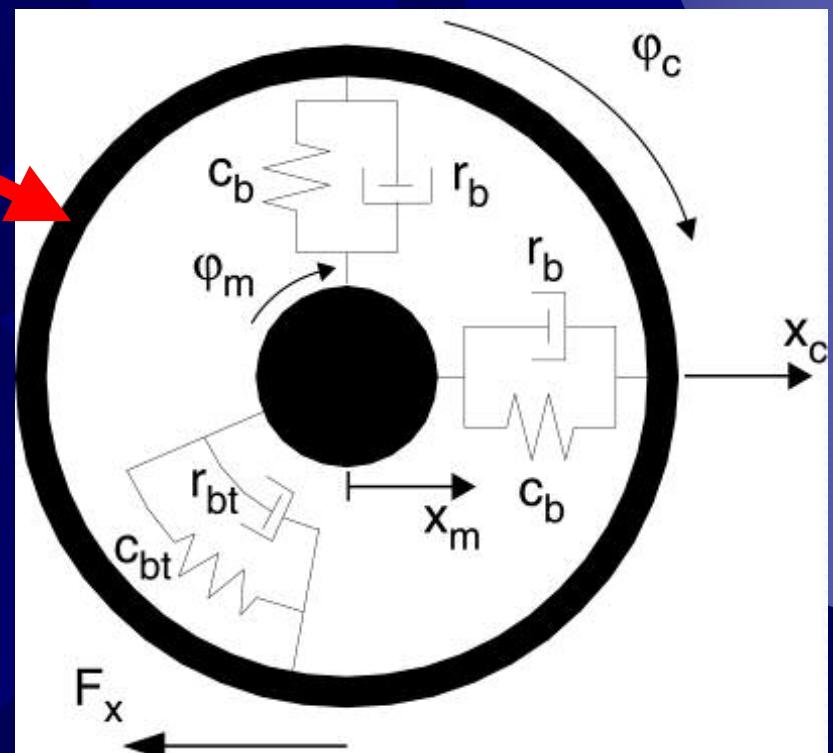
- Modello $\frac{1}{4}$ di veicolo con trasferimento di carico



$$F_z = F_{z0} + \Delta F_z(\ddot{x})$$

4 g. d. l.
 $x_v (= x_m), x_c, \varphi_c, \varphi_m$

- Modello ad anello rigido

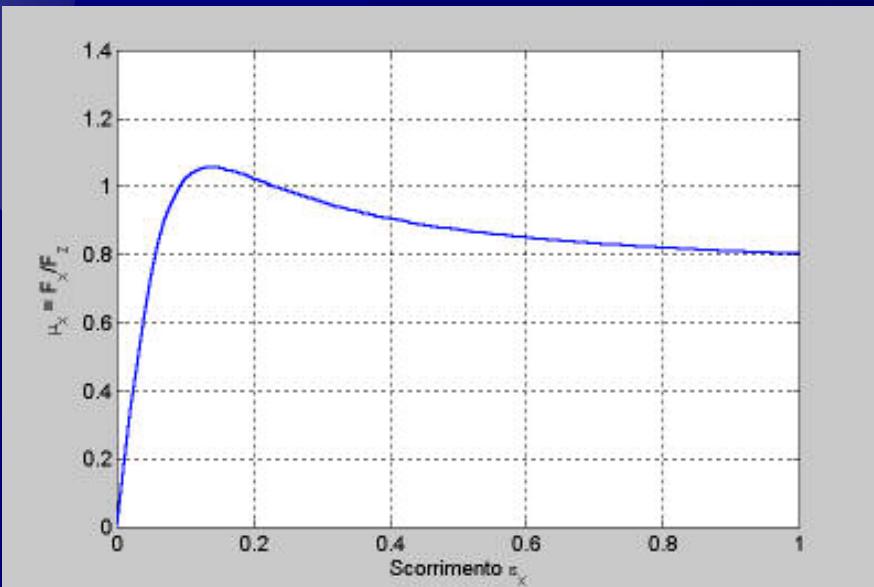


Modello Simulink

★ Formula di Pacejka con rilassamento

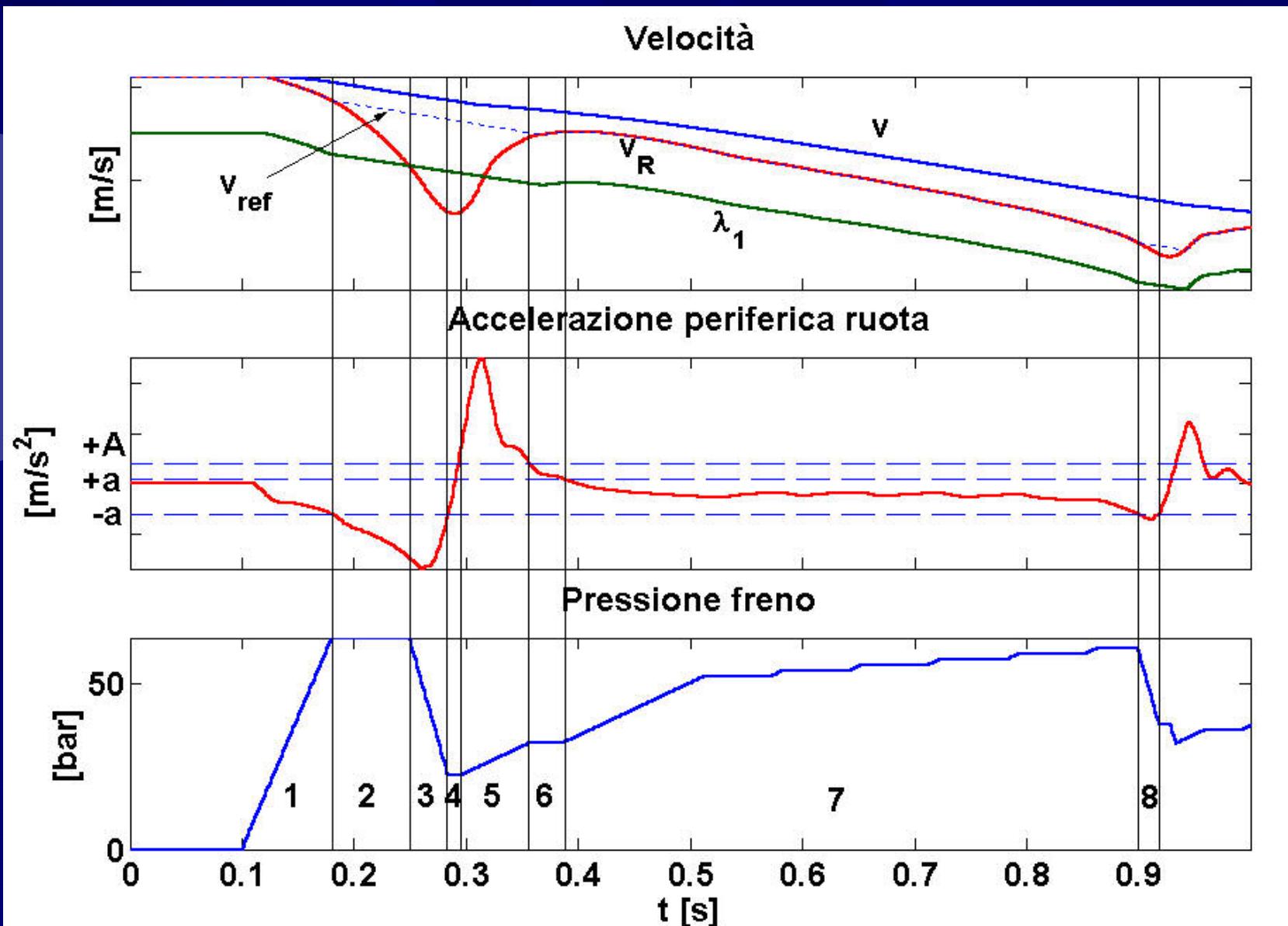
$$F_{x0} = D_x \sin \{C_x \arctan [B_x \cdot \varepsilon_x - E_x (B_x \cdot \varepsilon_x - \arctan (B_x \cdot \varepsilon_x))]\}$$

$$\sigma \dot{F}_x + \dot{x}_c F_x = \dot{x}_c F_{x0}(\varepsilon_x)$$



Modello Simulink

- Algoritmo di controllo (logica Bosch)



Modello Simulink

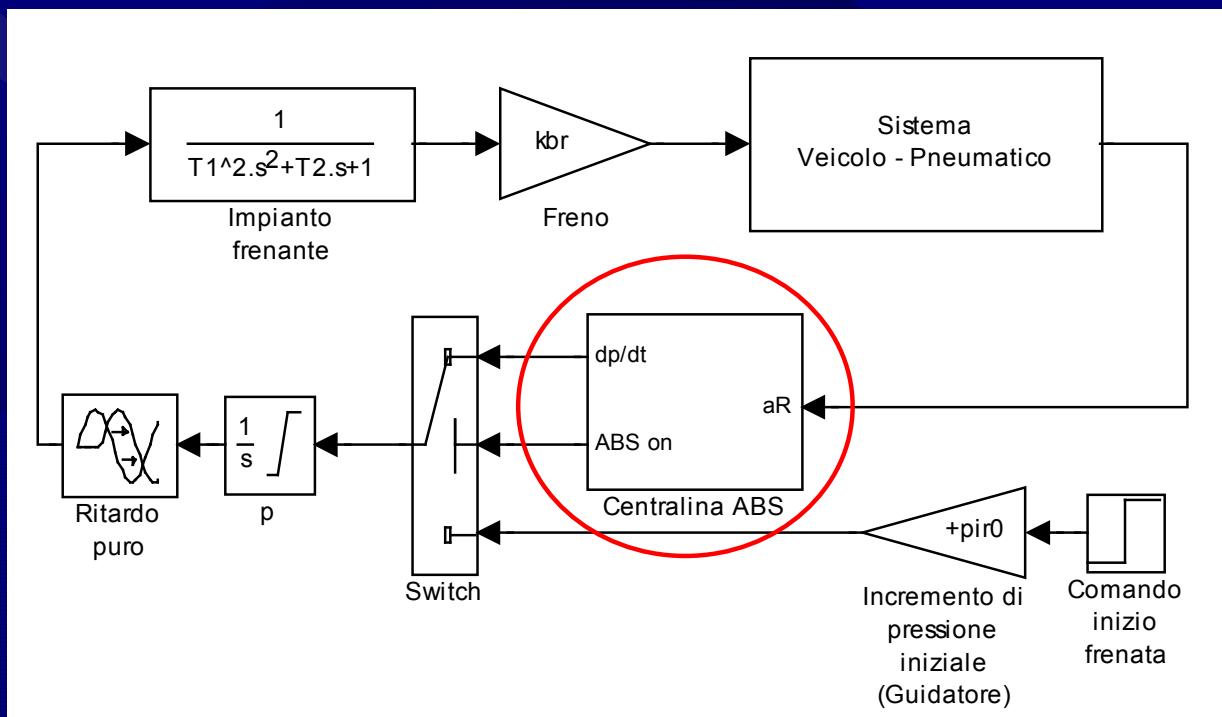
★ ABS

- ingresso: decelerazione periferica della ruota

$$a_R = \dot{\omega}R$$

- uscita: derivata temporale pressione impianto frenante \dot{p}

- ritardo puro: somma dei tempi morti di elaborazione τ_0



Modello Simulink

- ## ★ Impianto frenante

$$\tau_1^2 \ddot{p}_{br} + \tau_2 \dot{p}_{br} + p_{br} = p_{ABS}$$

- # ★ Freno

 - relazione lineare coppia-pressione

$$M_{br} = k_{br} p_{br}$$

