
Antilock Braking Sistem (ABS)

Sistema di controllo della frenata

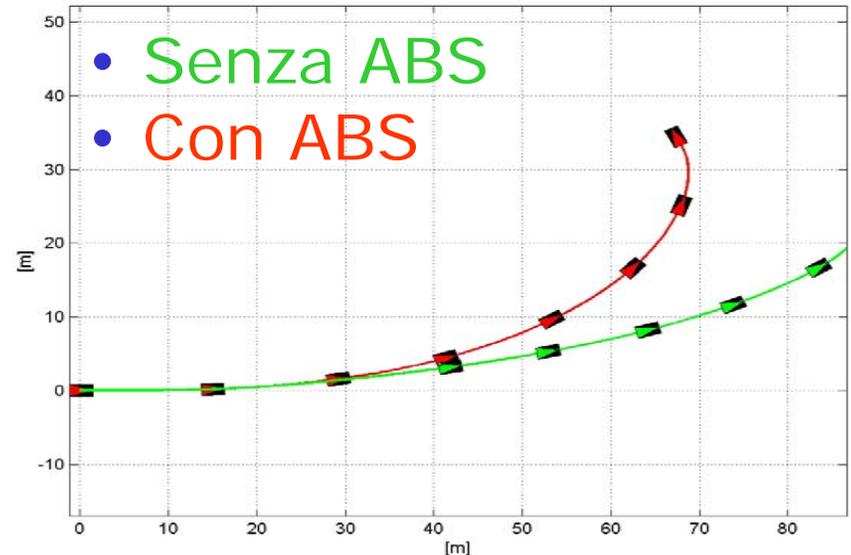
Motivazioni



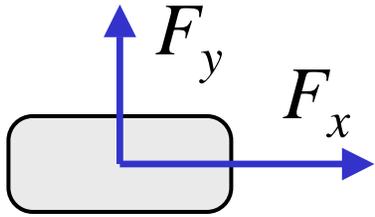
Evitando il bloccaggio delle ruote:

- si riduce lo spazio di arresto
- e soprattutto
- si mantiene la capacità di controllare la traiettoria del veicolo con lo sterzo

Simulazione frenata in curva



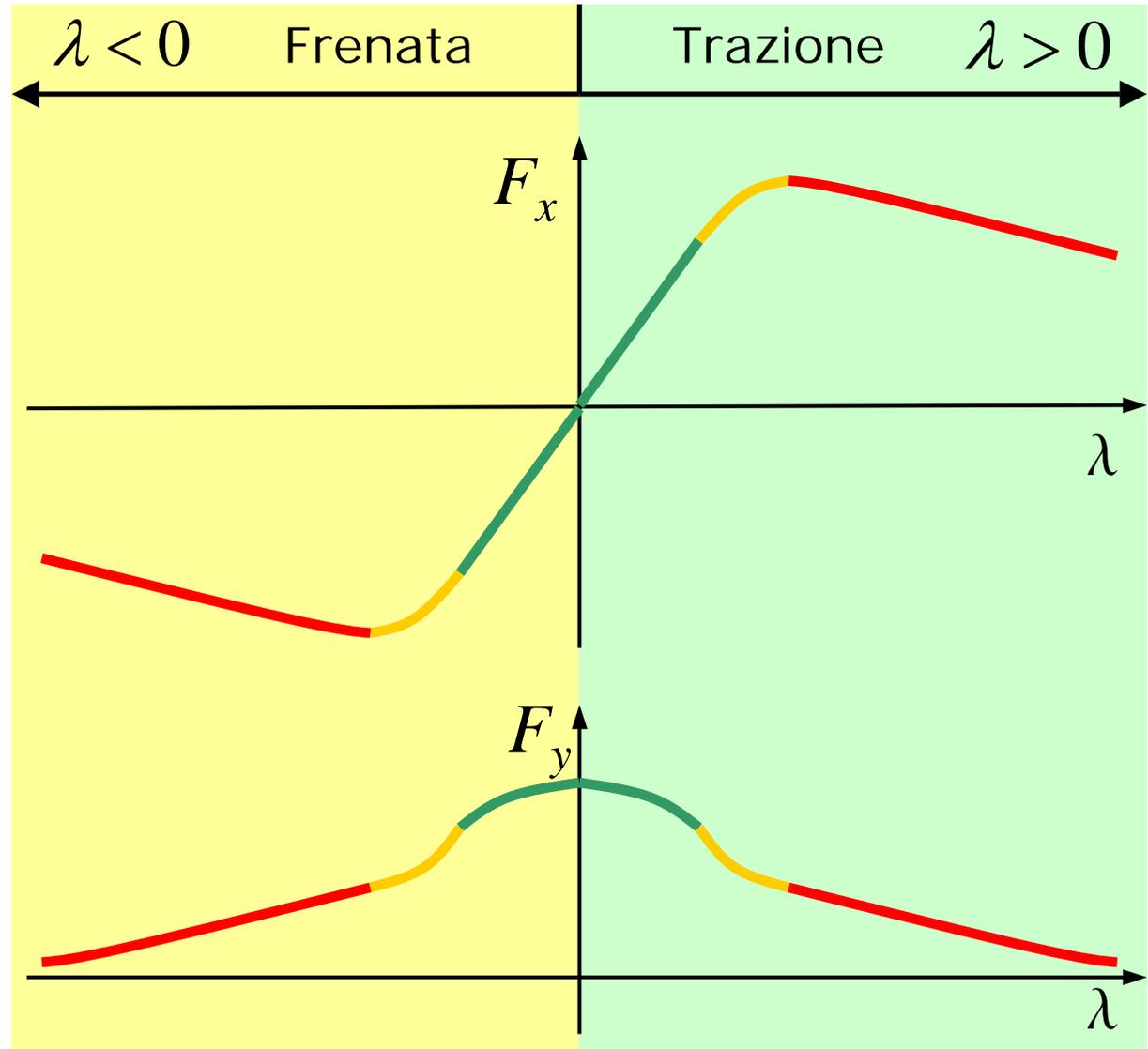
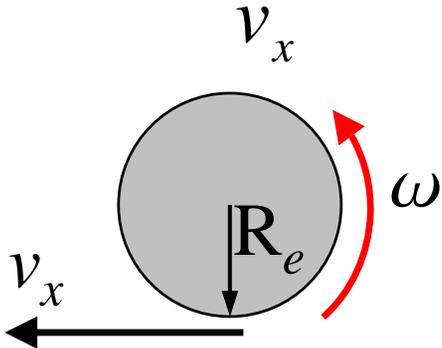
Richiami sulle caratteristiche degli pneumatici



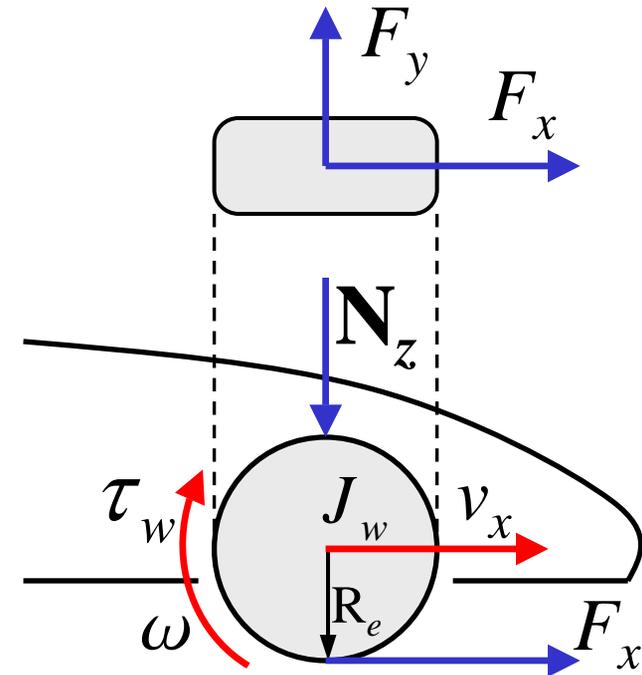
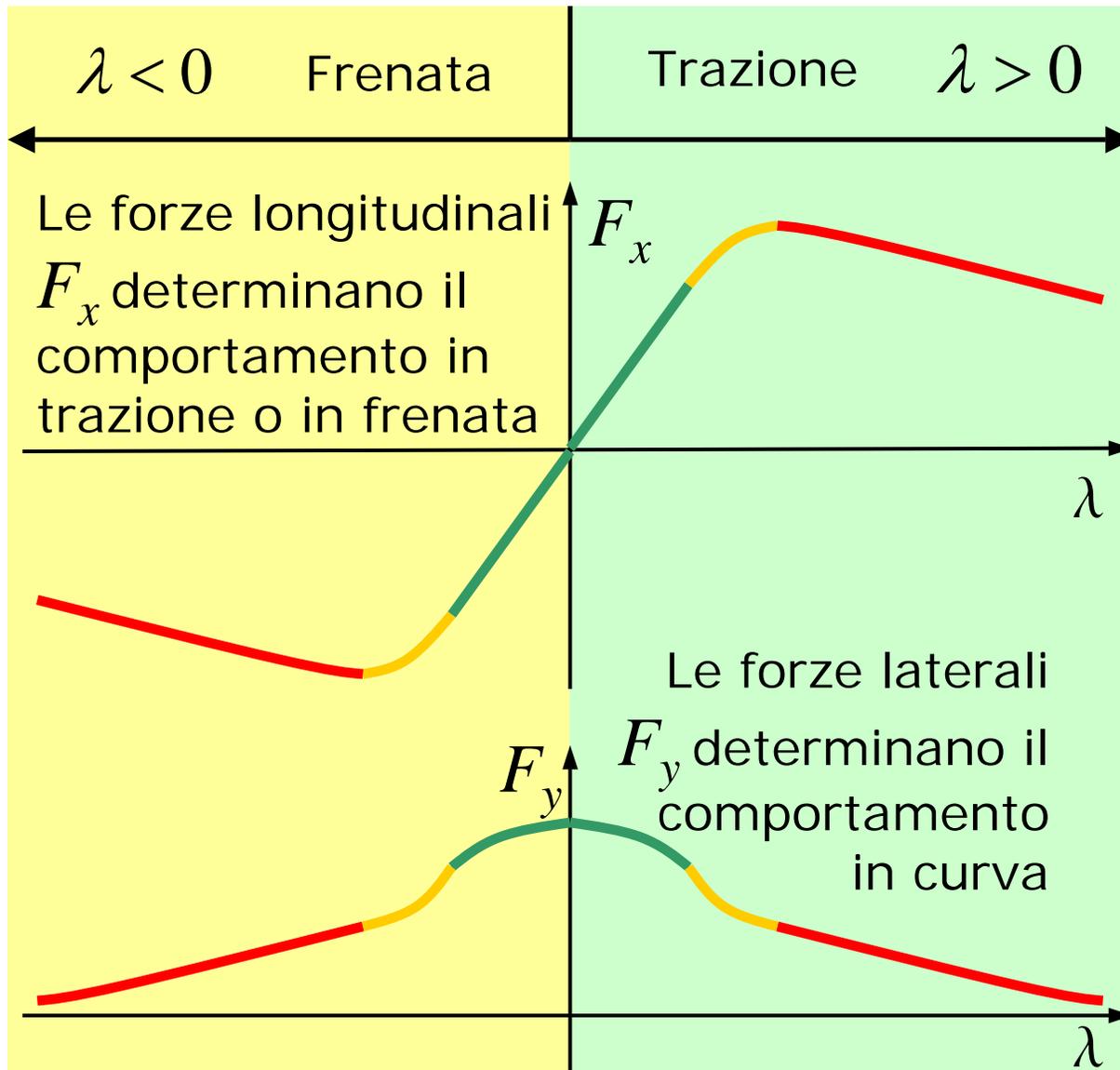
Le forze esercitate dal pneumatico dipendono dallo scorrimento λ

Scorrimento:

$$\lambda = \frac{\omega R_e - v_x}{v_x}$$

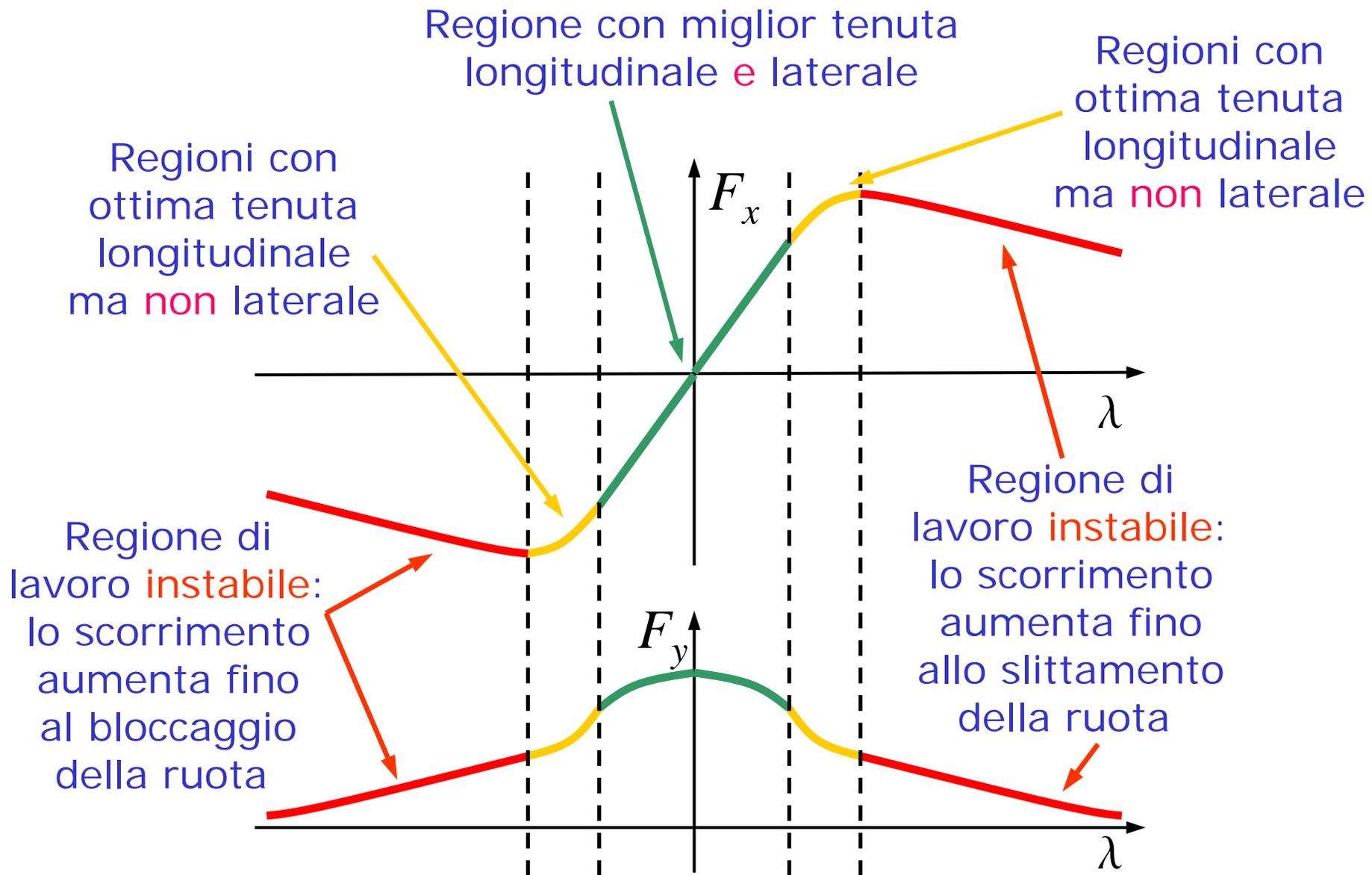


Richiami sulle caratteristiche degli pneumatici



A partità di scorrimento le forze laterali e le forze longitudinali aumentano con il carico verticale N_z

Richiami sulle caratteristiche degli pneumatici



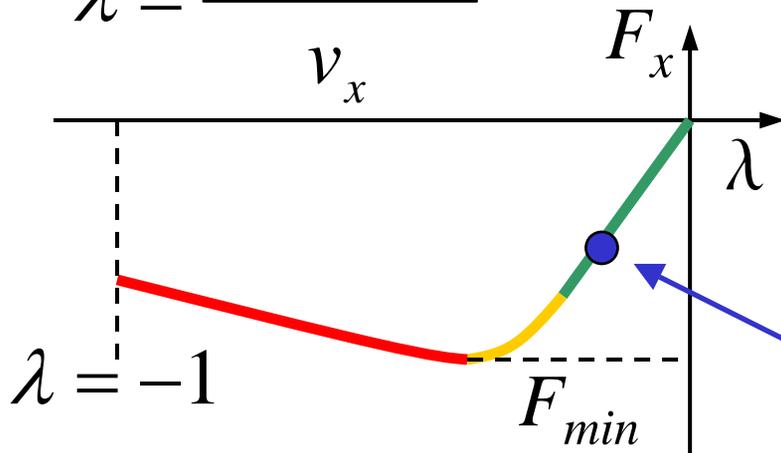
Frenata in condizioni normali

L'equazione che governa la dinamica della ruota è:

$$J_w \dot{\omega} = \tau_w - F_x(\lambda) R_e$$

dove:

$$\lambda = \frac{\omega R_e - v_x}{v_x}$$

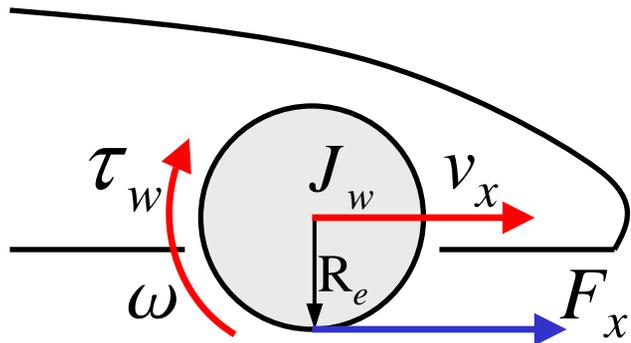


In frenata λ , τ_w e F_x sono negativi. Applicando una coppia frenante, la velocità ω della ruota diminuisce. Se $\tau_w > F_{min} R_e$ esiste un valore di scorrimento λ tale che:

$$F_x(\lambda) R_e \cong \tau_w \Rightarrow \dot{\omega} \cong 0$$

Lo scorrimento si assesta quindi al valore che garantisce $\tau_w = F_x R_e$ e la velocità ω della ruota si adatta di conseguenza.

Il punto di lavoro è stabile.



A cosa è dovuto il bloccaggio della ruota?

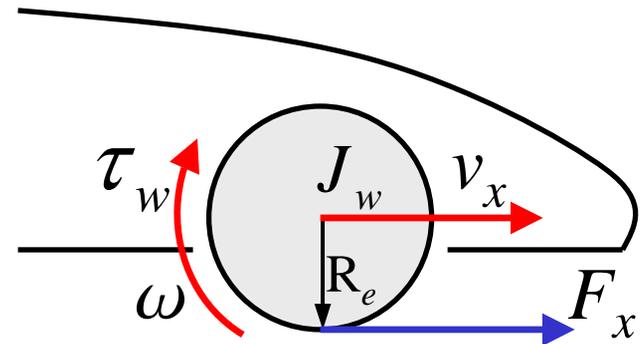
In frenata λ , τ_w e F_x sono negativi. Applicando una coppia frenante, la velocità ω della ruota diminuisce. Se $\tau_w < F_{min} R_e$ non esiste nessun valore di scorrimento λ tale che:

$$F_x(\lambda)R_e = \tau_w$$

La coppia τ_w prevale sulla forza F_x che il pneumatico riesce a trasmettere a terra:

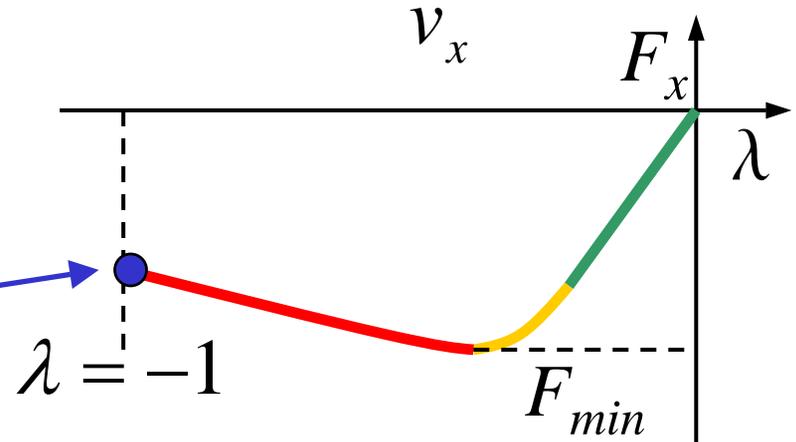
$$0 > F_x(\lambda)R_e > \tau_w \Rightarrow \dot{\omega} < 0$$

La velocità angolare diminuisce inesorabilmente fino a zero e lo scorrimento λ risulta -1 . Non esistono quindi punti di lavoro stabili e la ruota si blocca.



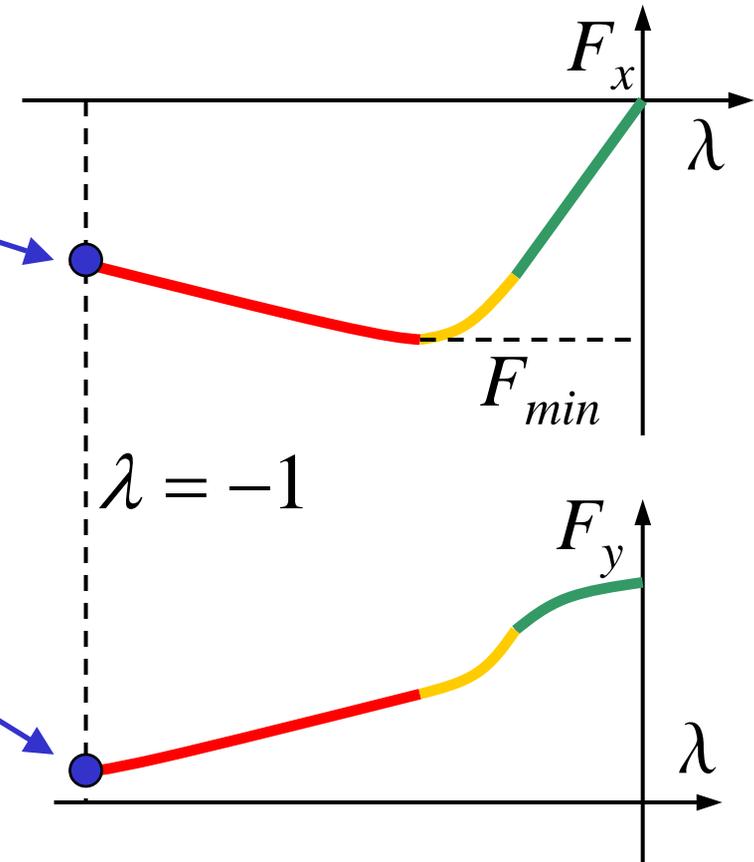
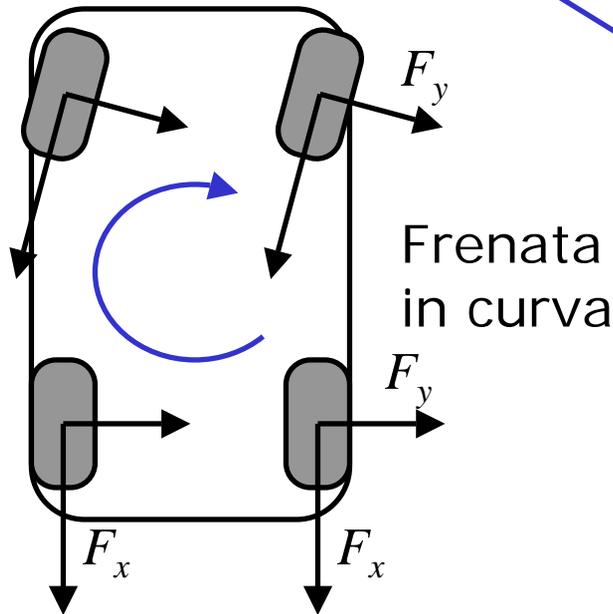
$$J_w \dot{\omega} = \tau_w - F_x(\lambda)R_e$$

$$\lambda = \frac{\omega R_e - v_x}{v_x}$$

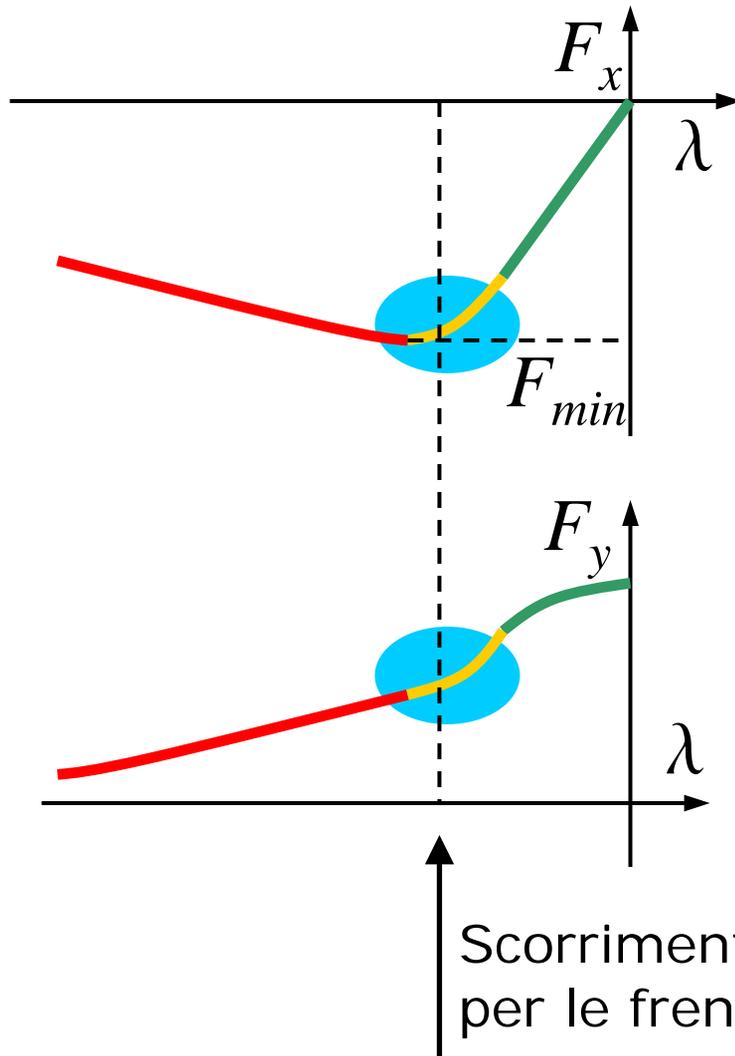


Perchè si perde la capacità di controllo della dinamica laterale?

Quando la ruota si blocca lo scorrimento λ risulta -1 . Per questo valore di λ le forze laterali F_y che il pneumatico riesce ad esercitare risultano molto basse, quindi poco influenti sulla dinamica laterale.



Principio di funzionamento dell'ABS



ABS

Agendo sull'impianto frenante nel caso di frenate al limite impone valori di scorrimento nella regione intorno al massimo valore di F_x .

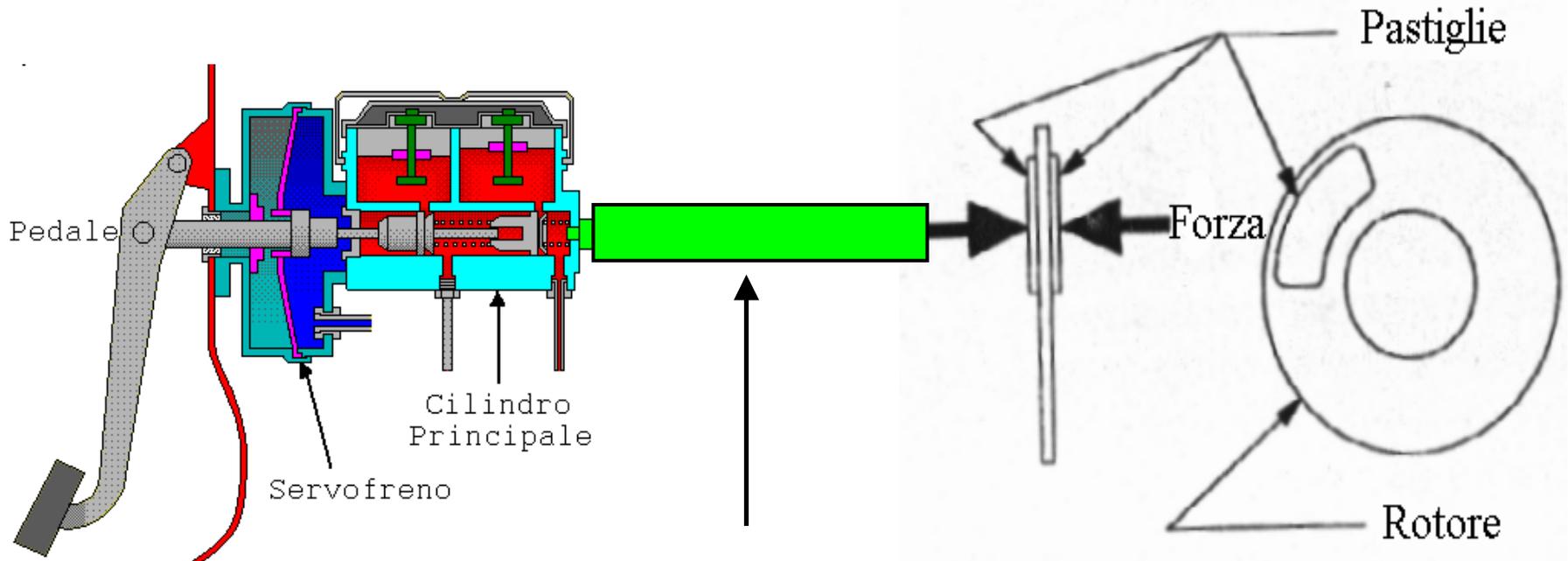
Garantisce quindi ottimi spazi di arresto longitudinali e una buona guidabilità in curva.

Scorrimento ottimale per le frenate al limite.

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 esempio asfalto asciutto con tratti bagnati).
- Garantire la direzionalità e una decelerazione ottimale del veicolo anche in caso di superfici sconnesse.
- Garantire la direzionalità e la stabilità del veicolo nel caso di frenata in curva.
- Riconoscere e rispondere al fenomeno dell'aquaplaning.
- Adattarsi all'isteresi del freno e all'influenza del freno motore.
- Evitare fenomeni di risonanza (come beccheggio,...).
- Disattivarsi in caso di malfunzionamento.

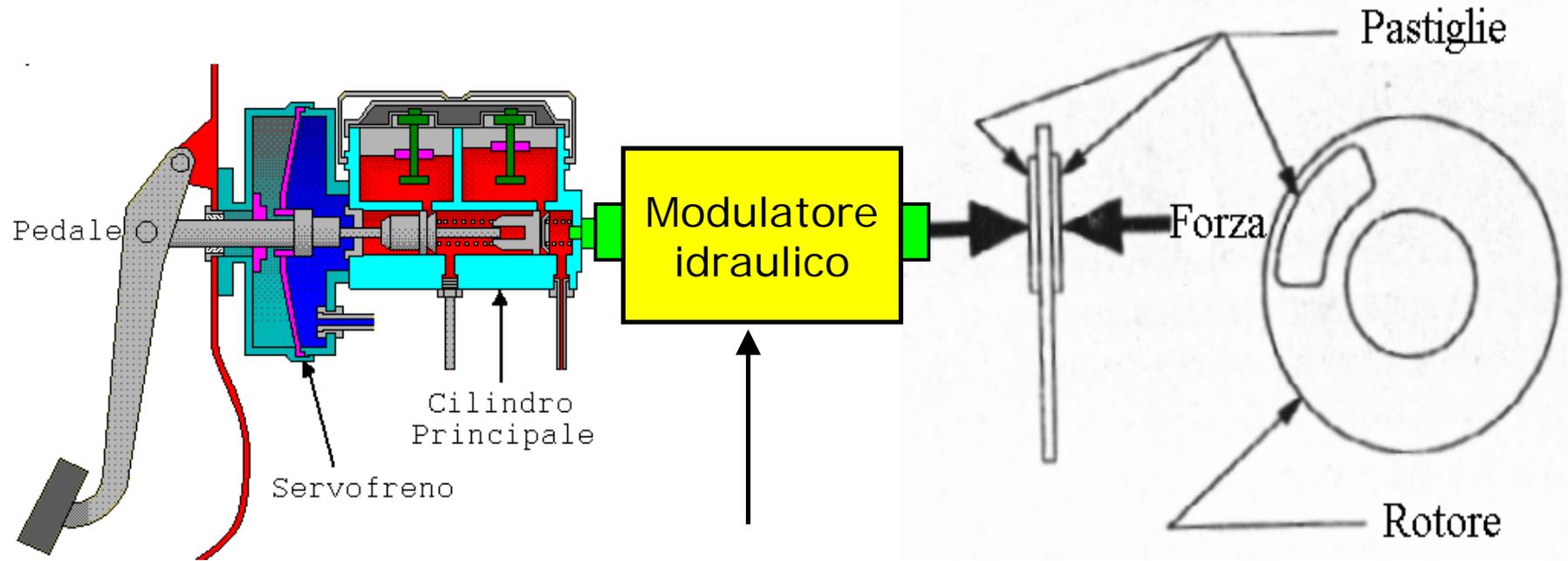
Sistema frenante tradizionale



Nel sistema frenante convenzionale c'è un collegamento diretto tra il pedale del freno e i condotti di olio verso le pastiglie dei freni.

La pressione nel circuito idraulico dei freni è approssimativamente proporzionale alla coppia frenante agente sulla ruota.

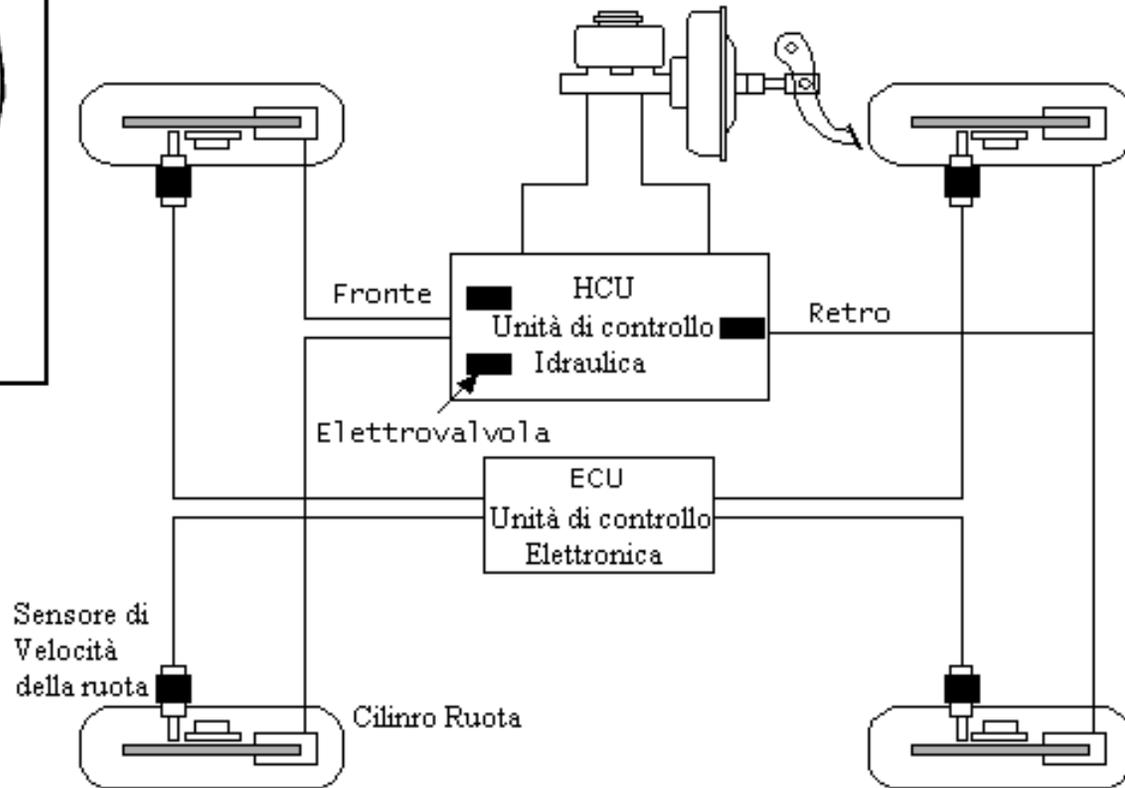
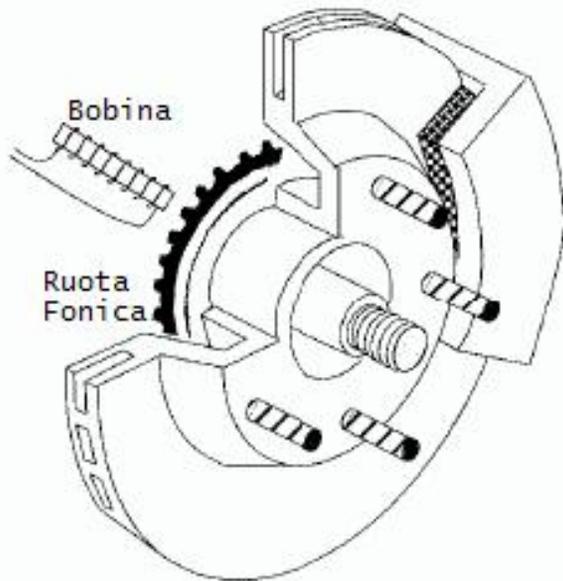
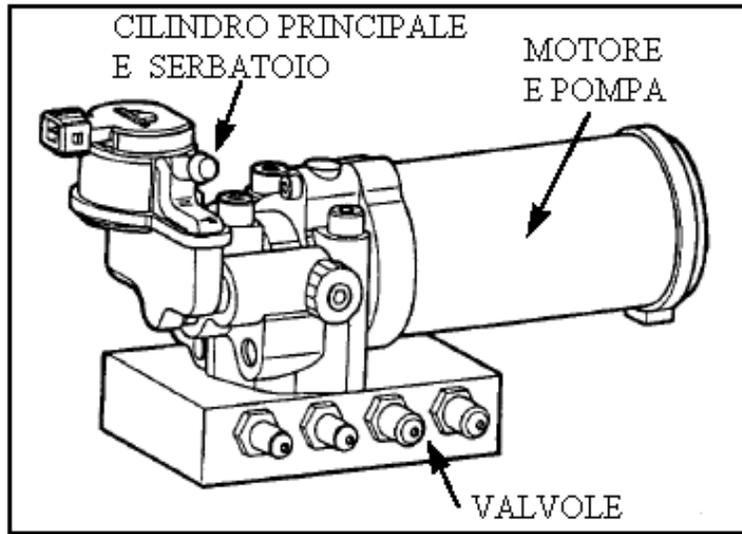
Sistema frenante con ABS



Nel sistema frenante con ABS il collegamento diretto tra il pedale del freno e i condotti di olio è affiancato da un modulatore della pressione idraulica.

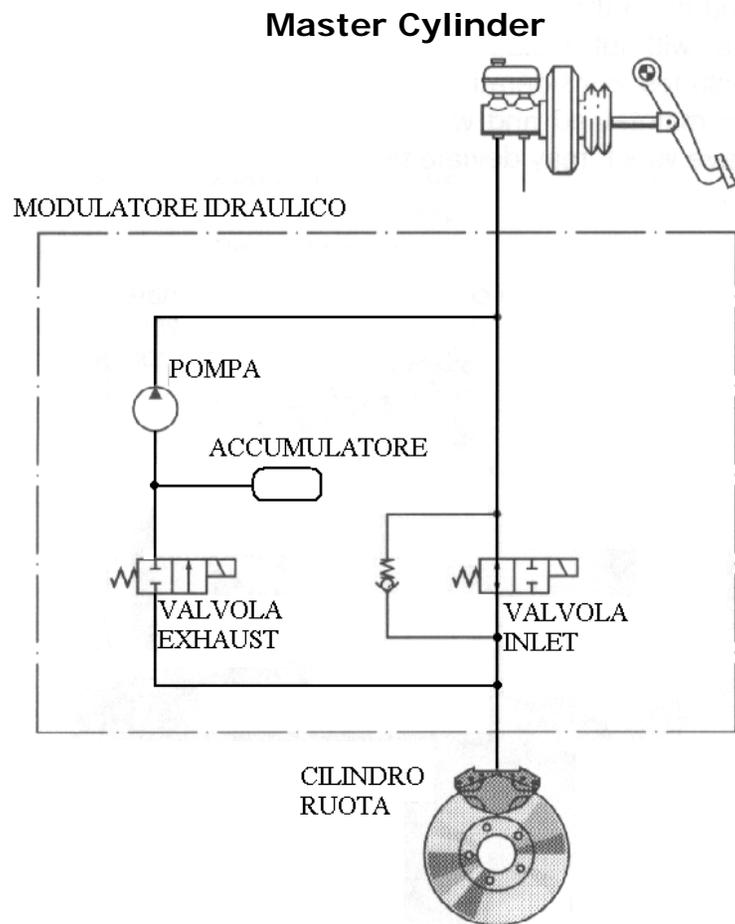
Lo scopo del modulatore idraulico è di ridurre e/o regolare la pressione nel circuito idraulico dei freni in modo da far lavorare il pneumatico nella regione di scorrimento ideale in occasione delle frenate al limite.

Dispositivi del sistema ABS



Schema del modulatore idraulico del sistema ABS

Lo scopo del modulatore idraulico è di ridurre e/o regolare la pressione nel circuito idraulico dei freni in modo da far lavorare il pneumatico nella regione di scorrimento ideale. Esso è costituito da:



Valvola inlet:

permette di isolare il cilindro principale dal cilindro ruota in modo da mantenere o ridurre la pressione sulle pastiglie.

Valvola exhaust:

permette di ridurre la pressione sulle pastiglie. Scarica olio verso il serbatoio o accumulatore.

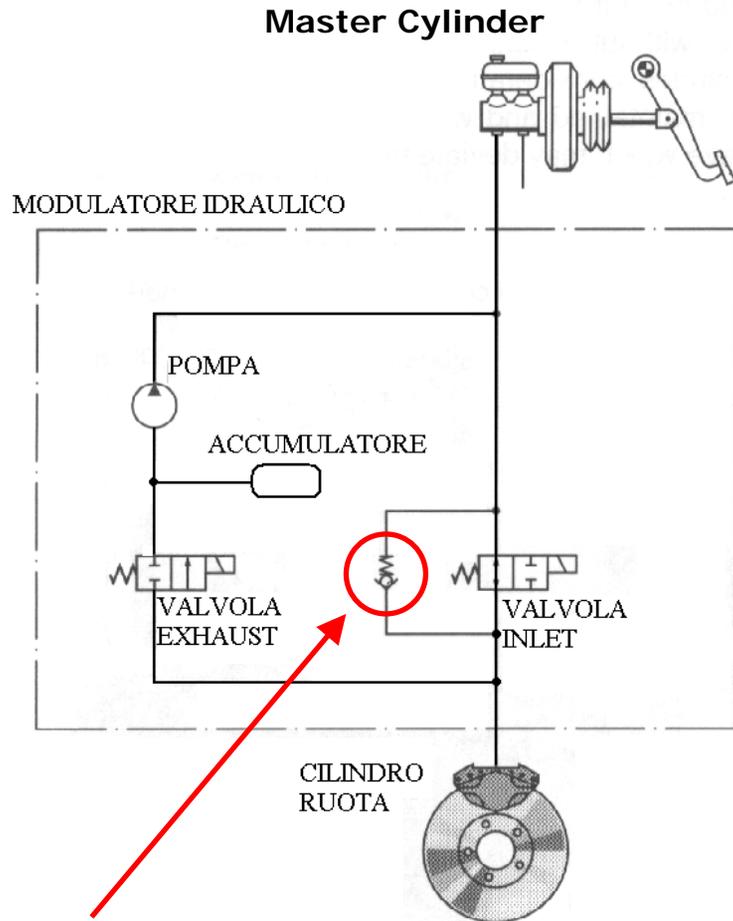
Pompa:

permette di aumentare la pressione sulle pastiglie. Preleva olio dall'accumulatore.

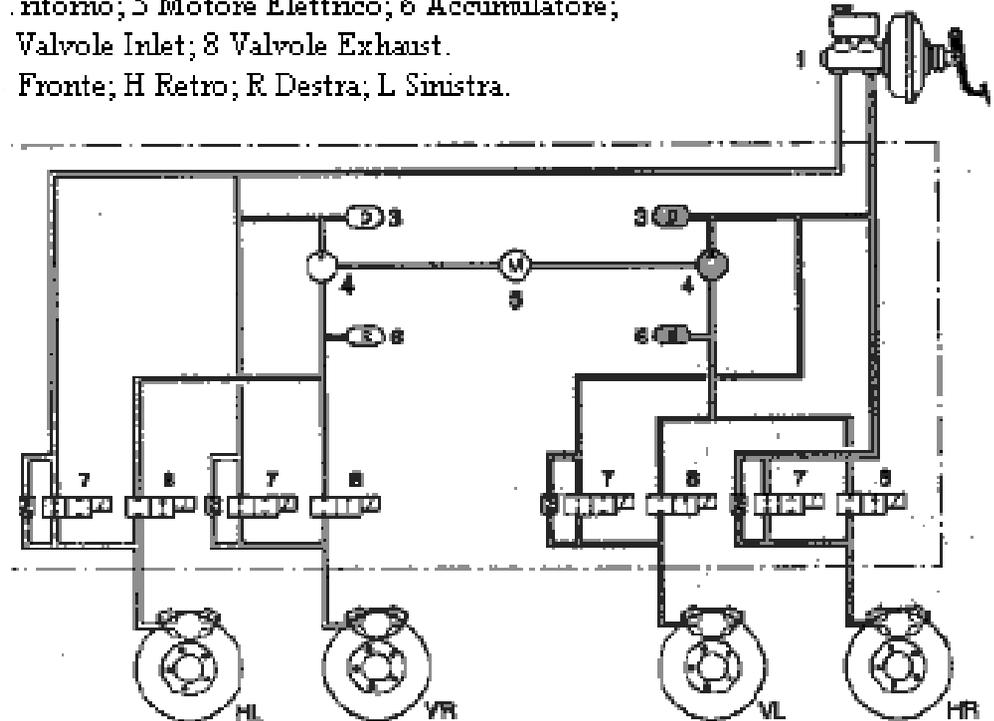
Serbatoio o Accumulatore:

Riserva di olio per il circuito idraulico.

Schema del modulatore idraulico del sistema ABS 5 (Bosch)



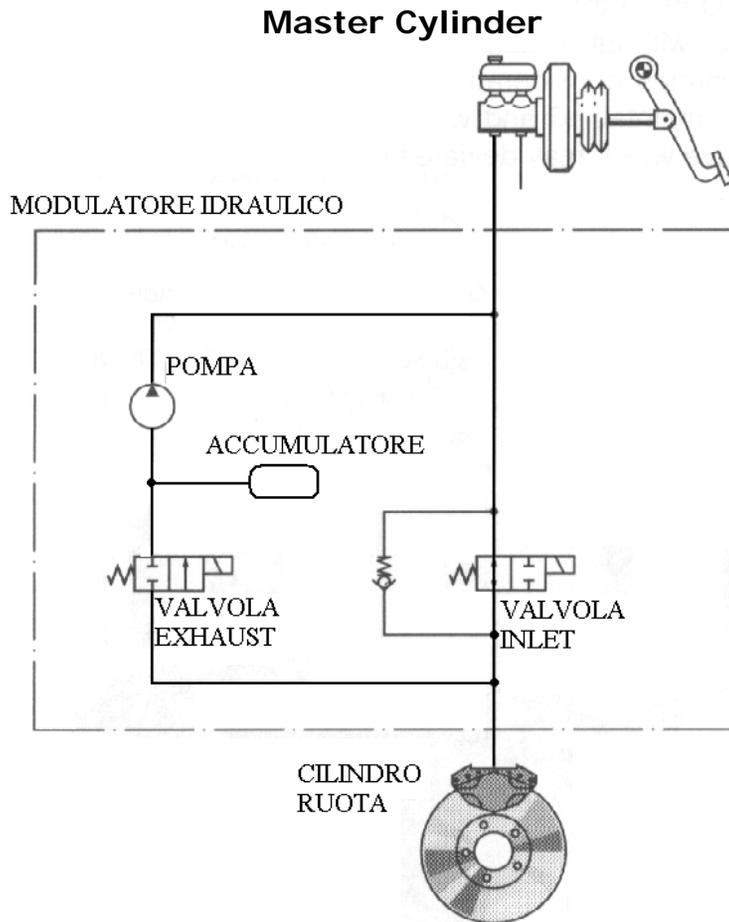
Cilindro Freni principale; 2 Modulatore Idraulico; 3 Camera Damper; 4 Pompa ritorno; 5 Motore Elettrico; 6 Accumulatore; Valvole Inlet; 8 Valvole Exhaust. Fronte; H Retro; R Destra; L Sinistra.



Per ottenere un rapido decremento della pressione sui freni al momento del rilascio del pedale si utilizza una valvola di non ritorno in parallelo alla valvola INLET.

Per considerazioni di sicurezza e di consumo energetico, la valvola INLET è normalmente APERTA, la valvola EXHAUST è normalmente CHIUSA.

Azioni di controllo sui dispositivi ABS

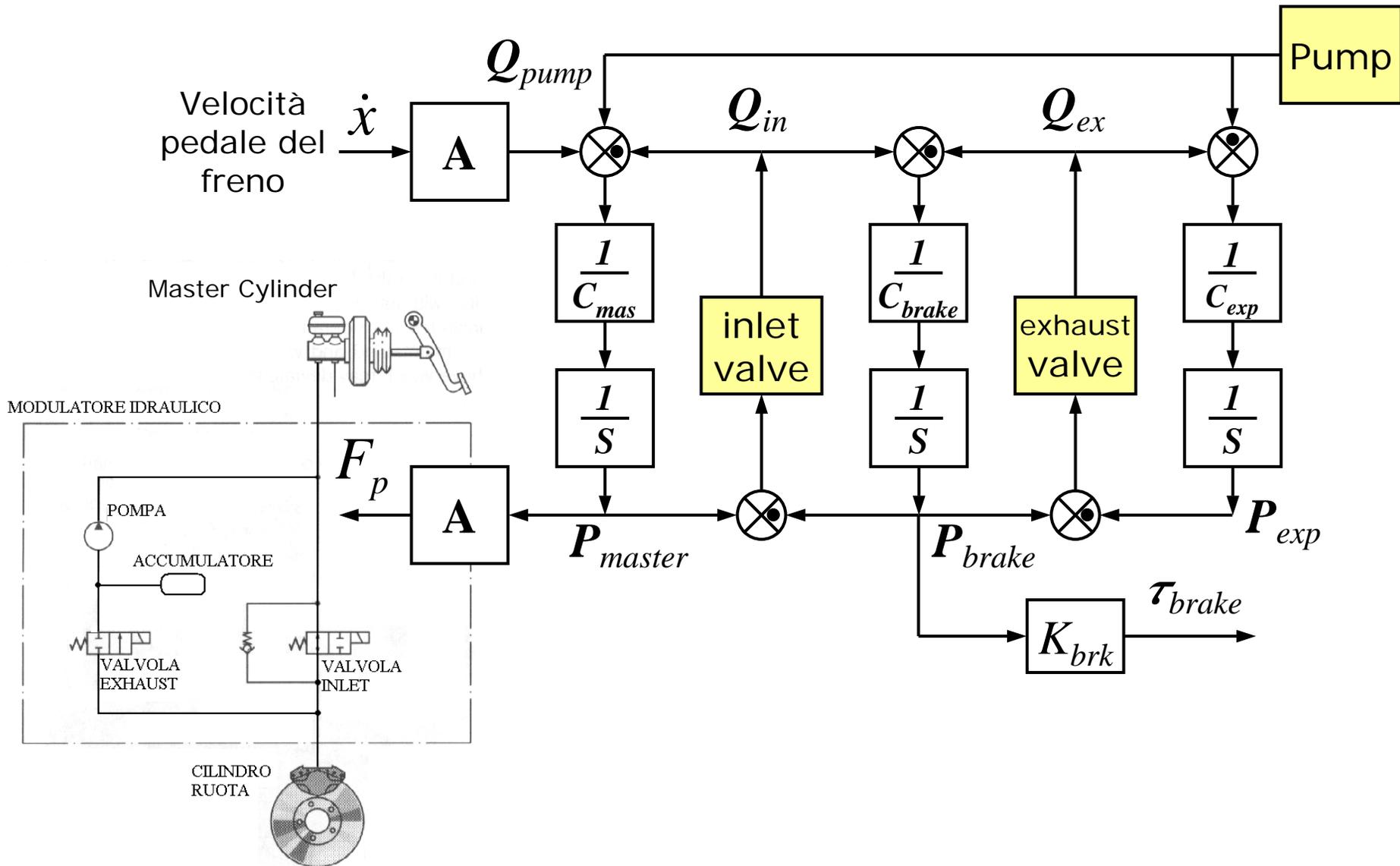


Valvola inlet: aperta / chiusa

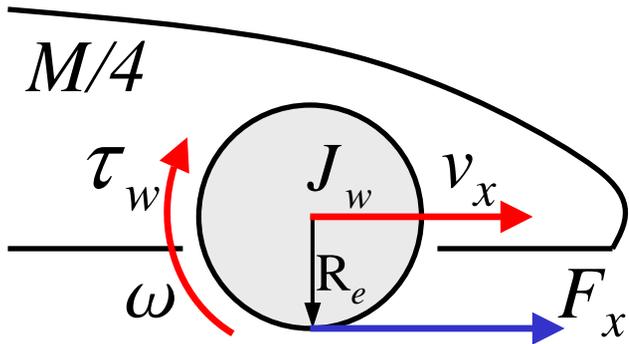
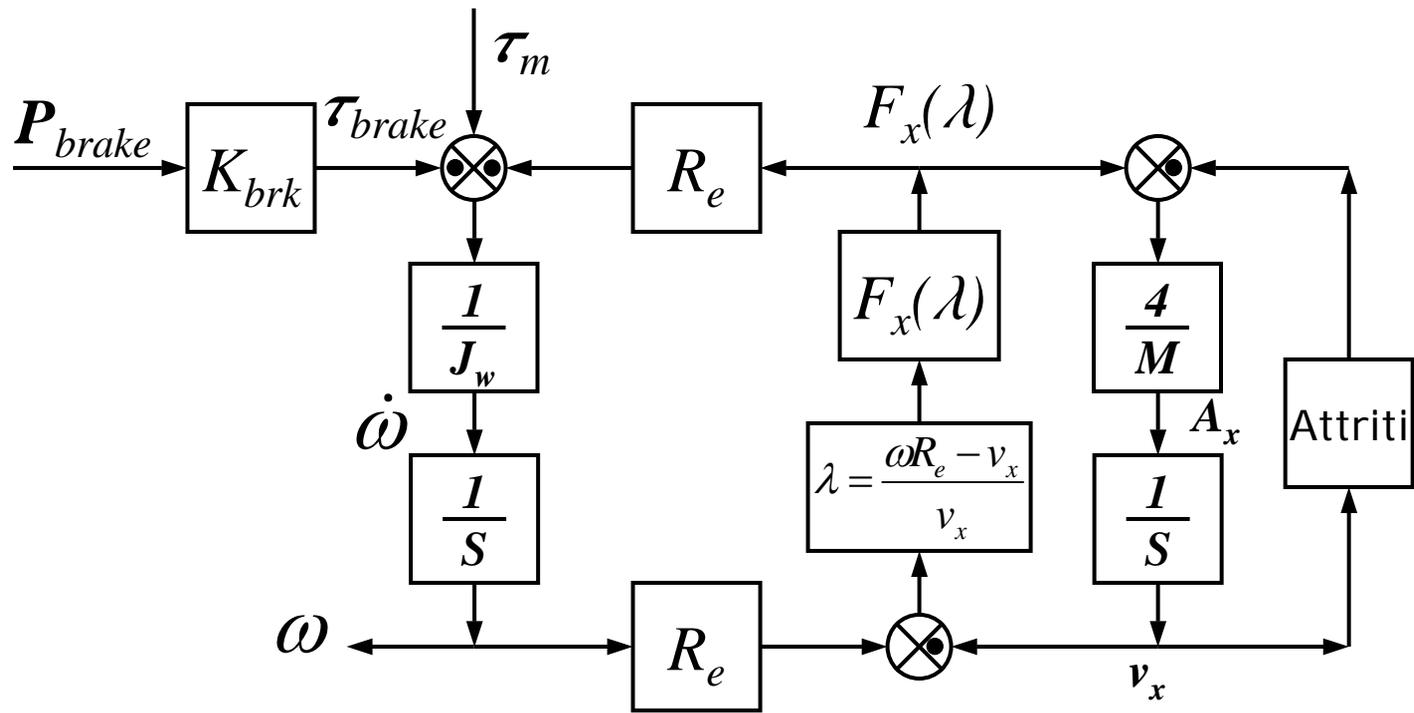
Valvola exhaust: aperta / chiusa

Pompa: on / off

Modello di un sistema frenante con ABS



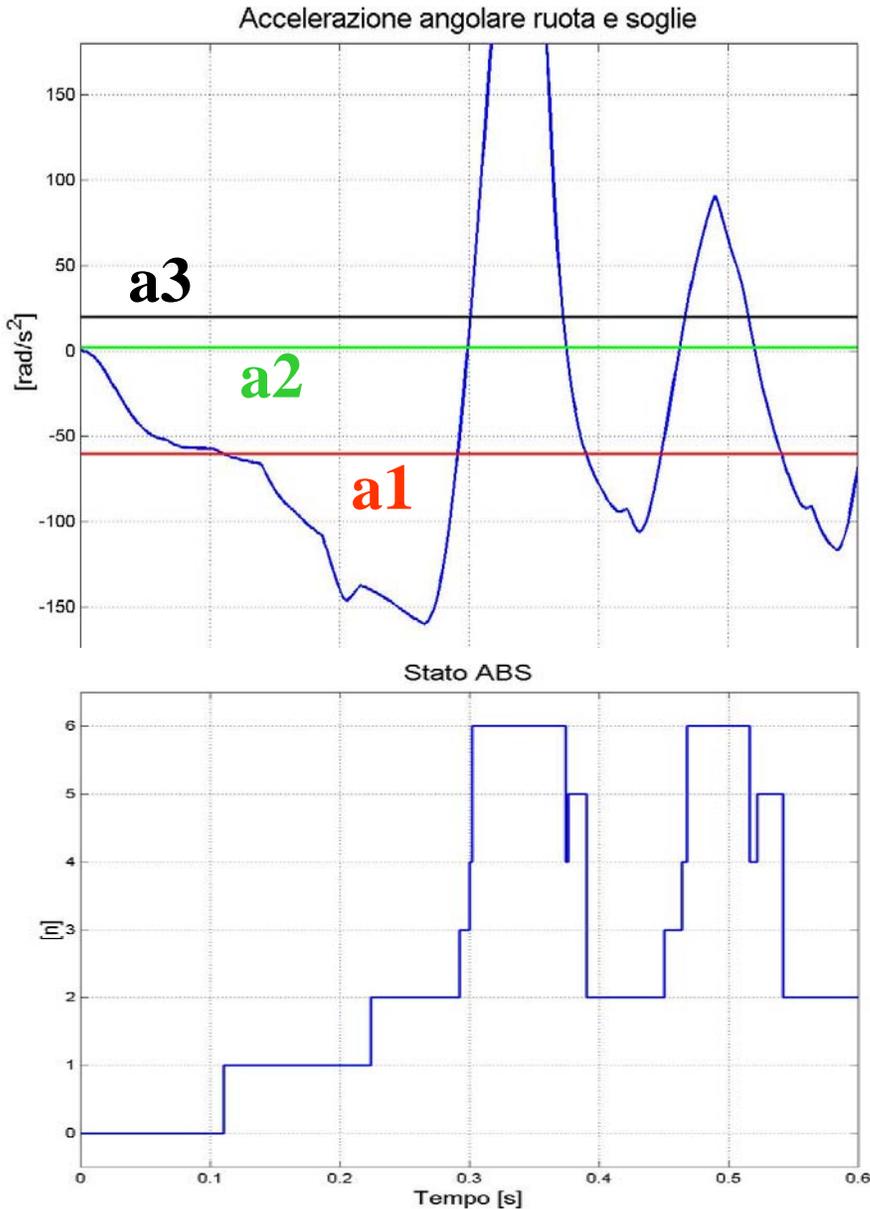
Modello dinamico della ruota e del ¼ veicolo



Problemi di Controllo

- Non è possibile (economicamente) misurare le forze che il pneumatico trasmette a terra, quindi la grandezza principale che si vuole controllare non è misurabile.
- Lo scorrimento non è misurabile. Infatti la velocità dell'auto si ricava tramite quella delle ruote le quali però sono soggette allo scorrimento che si vuole misurare... Si può stimare lo scorrimento determinando la velocità dell'auto tramite accelerometri.
- Anche stimando lo scorrimento non si conosce il valore di scorrimento ottimale perchè dipende dallo stato del fondo stradale (asciutto, bagnato, ghiaccio, neve,...).
- Non è disponibile un sensore di pressione. La forza sulle pastiglie dei freni non è dunque controllabile con una retroazione.
- La grandezza misurabile fondamentale nella strategia di controllo dell'ABS è la velocità delle ruote. Altre grandezze (come lo scorrimento) sono stimate mediante algoritmi tipicamente euristici.

Strategia a STATI basata sull'accelerazione delle ruote

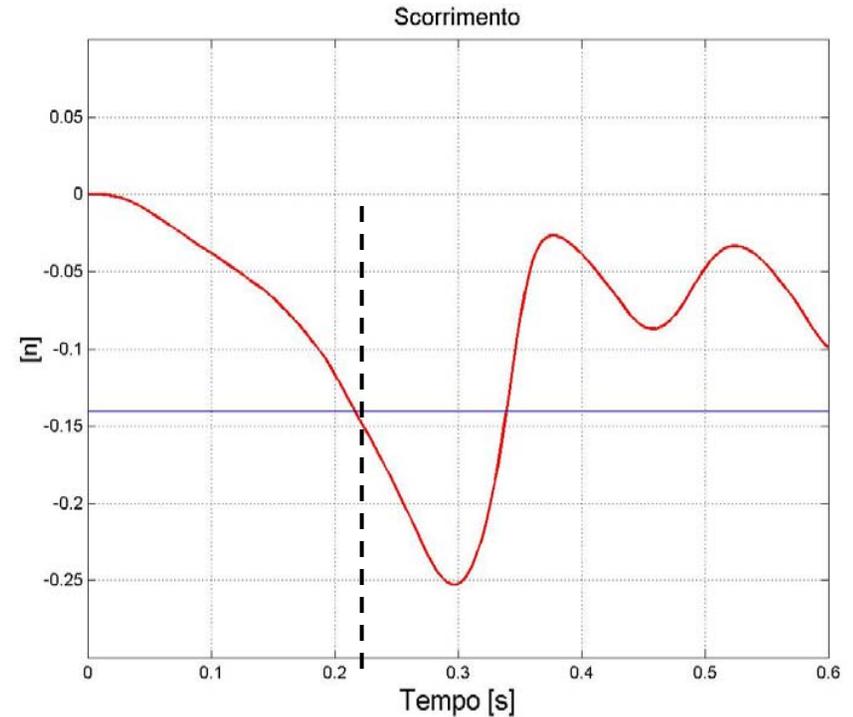
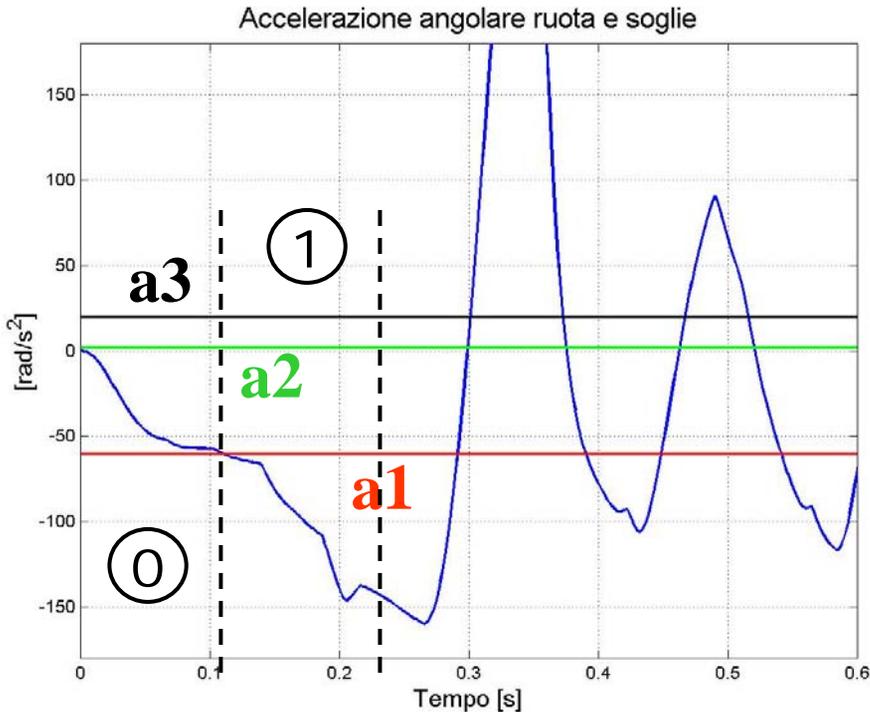


Strategia di base per ABS

- SOGLIA a3
- SOGLIA a2
- SOGLIA a1
- Accelerazione Angolare Ruota

- Confrontando l'accelerazione angolare della ruota con 3 soglie predefinite si stabilisce uno STATO del "sistema ruota".
- Ad ogni stato corrisponde una azione di controllo sulle 2 valvole e sulla pompa.

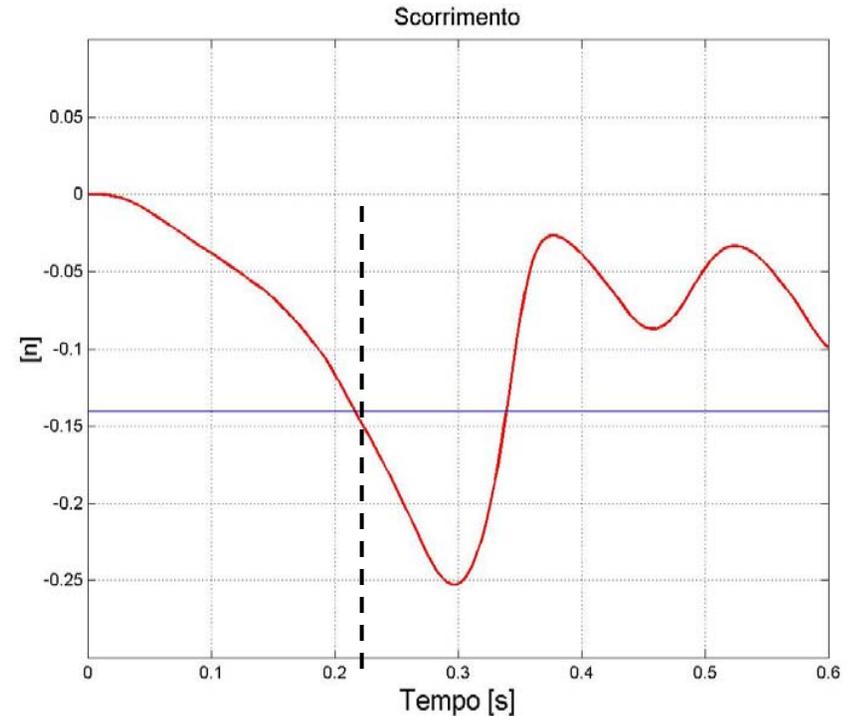
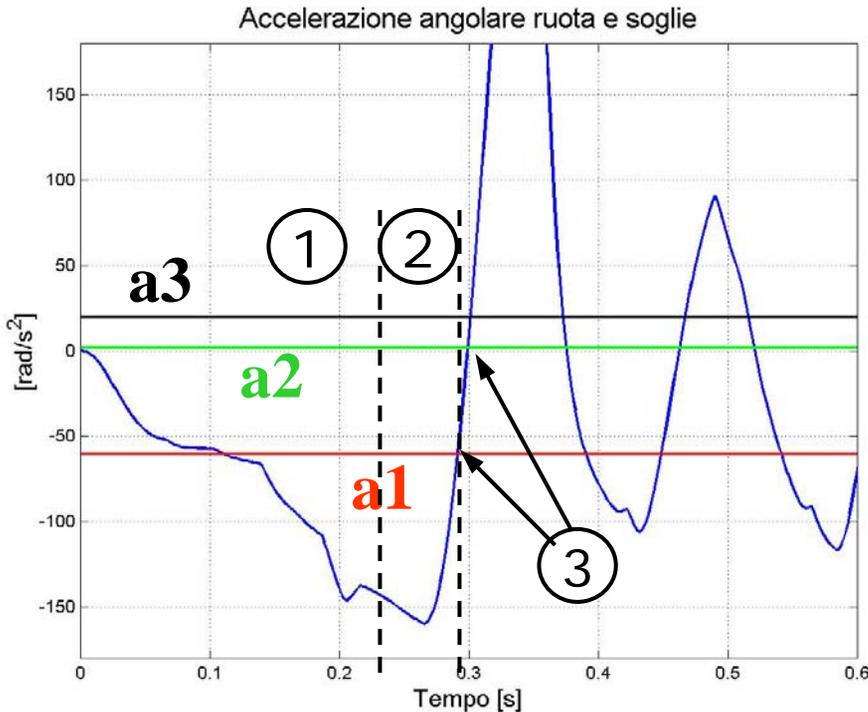
Strategia a STATI basata sull'accelerazione delle ruote



Stato 0: (Valvola Inlet=APERTA, Valvola exhaust=CHIUSA, Pompa=OFF)
Frenata in condizioni normali, l'ABS non entra in funzione.

Stato 1: (Valvola Inlet=CHIUSA, Valvola exhaust=CHIUSA, Pompa=OFF)
L'accelerazione della ruota è scesa sotto la soglia **a1**. Le valvole vengono chiuse per mantenere la pressione nel circuito idraulico. Si osserva la stima dello scorrimento.

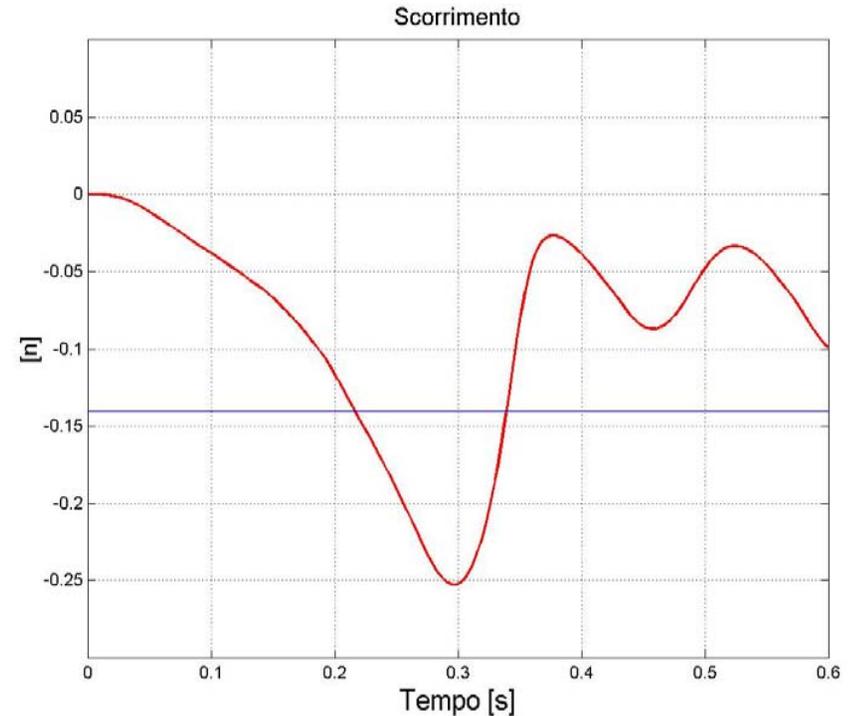
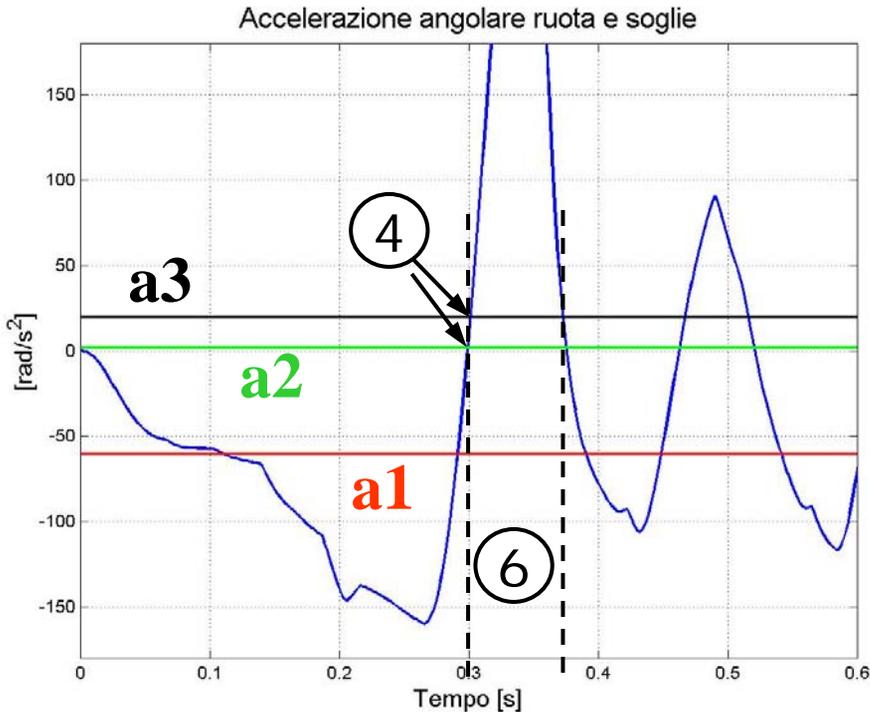
Strategia a STATI basata sull'accelerazione delle ruote



Stato 2: (Valvola Inlet= CHIUSA, Valvola exhaust=APERTA, Pompa=OFF)
Lo scorrimento stimato è sceso sotto la soglia impostata (0.15).
L'ABS entra effettivamente in funzione riducendo la pressione sui freni per lavorare nell'intorno dello scorrimento ottimale.

Stato 3: (Valvola Inlet=CHIUSA, Valvola exhaust=CHIUSA, Pompa=OFF)
L'accelerazione della ruota è salita sopra la soglia $a1$. Le valvole vengono chiuse per mantenere la pressione nel circuito idraulico.

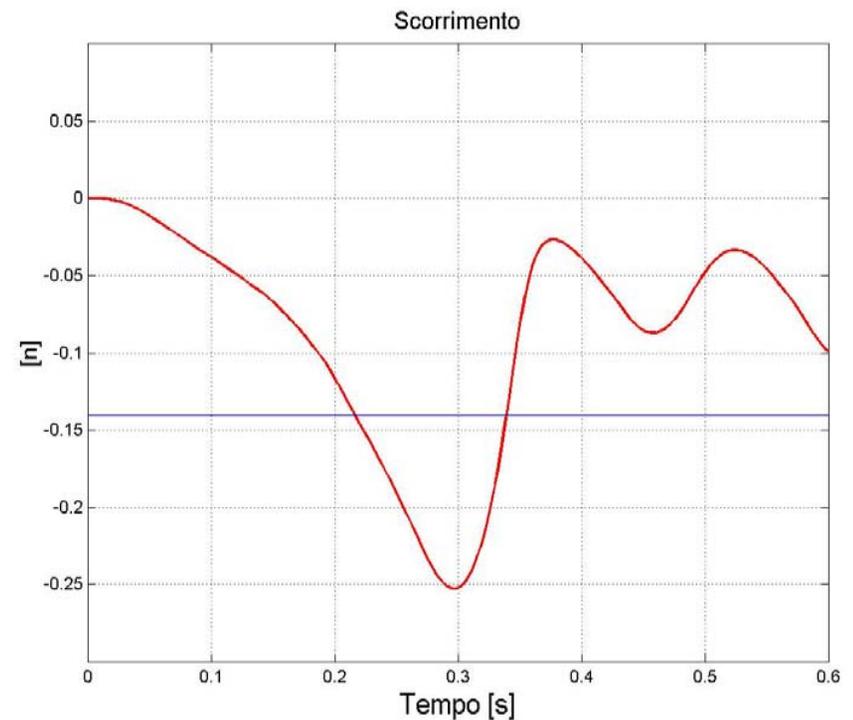
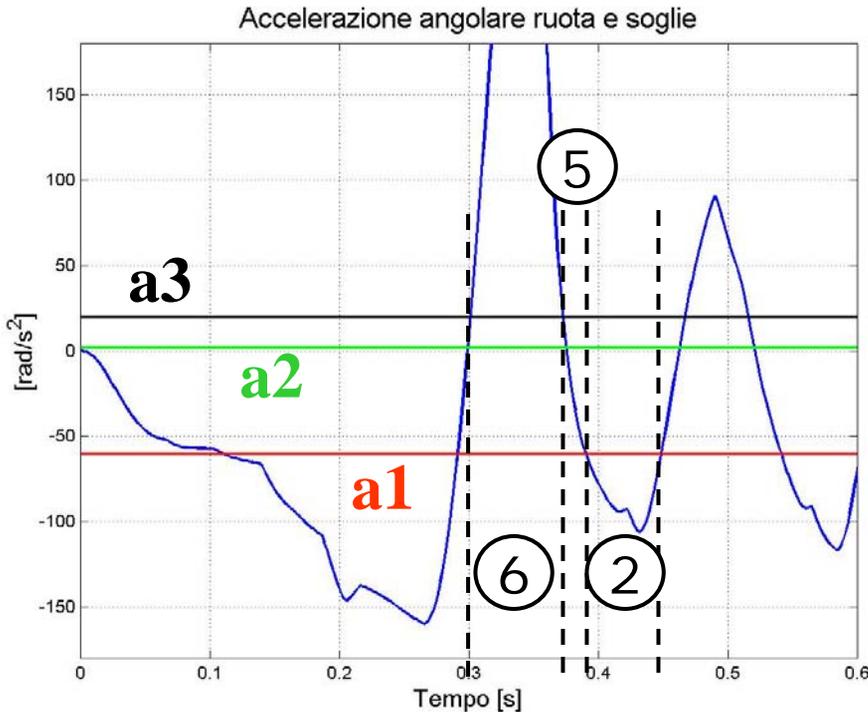
Strategia a STATI basata sull'accelerazione delle ruote



Stato 4: (Valvola Inlet= CHIUSA, Valvola exhaust=APERTA, Pompa=OFF)
L'accelerazione della ruota è salita sopra la soglia **a2**. Le valvole rimangono chiuse per mantenere la pressione nel circuito idraulico.

Stato 6: (Valvola Inlet=APERTA, Valvola exhaust=CHIUSA, Pompa=ON)
L'accelerazione della ruota è salita sopra la soglia **a3**. La decelerazione della ruota è troppo bassa (la ruota accelera!) quindi si attiva la pompa e si azionano le valvole per aumentare la pressione sui freni.

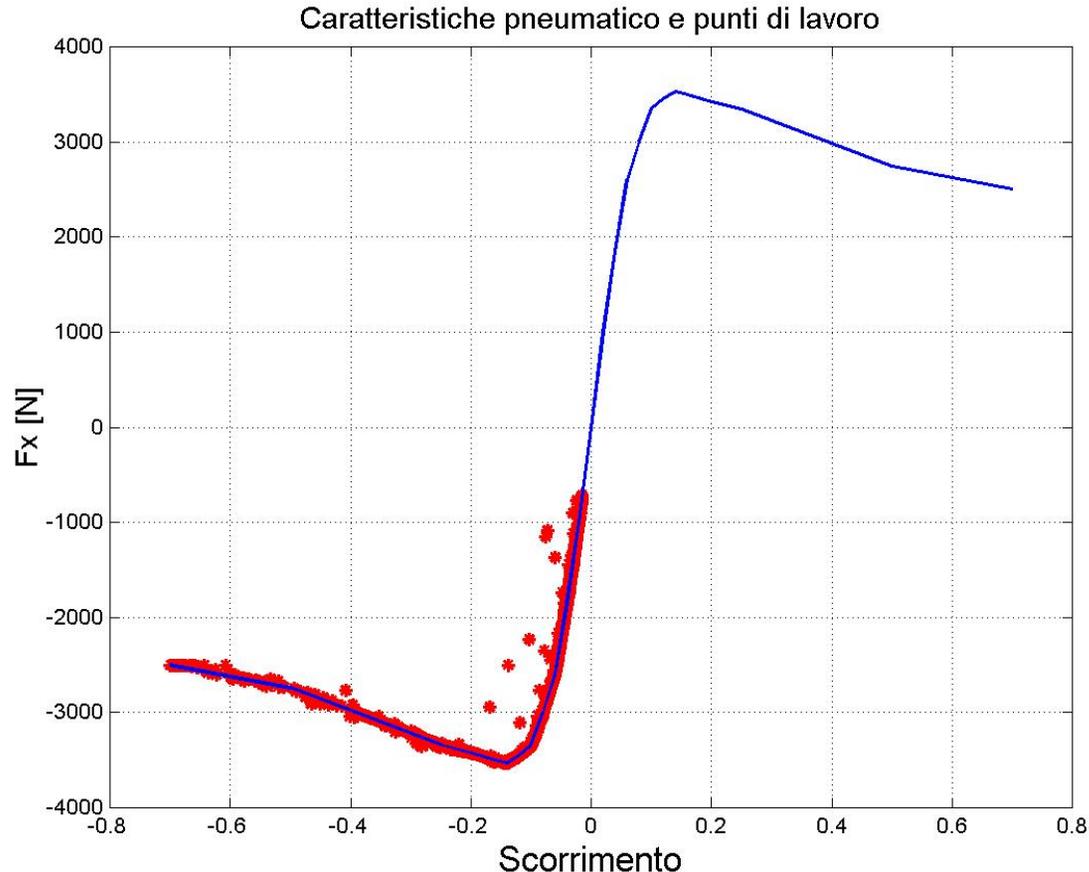
Strategia a STATI basata sull'accelerazione delle ruote



Stato 5: (Valvola Inlet= APERTA 50%, V. exhaust=CHIUSA, Pompa=ON)
L'accelerazione della ruota è scesa sotto la soglia a_3 . La pressione nel circuito idraulico viene fatta aumentare gradualmente.

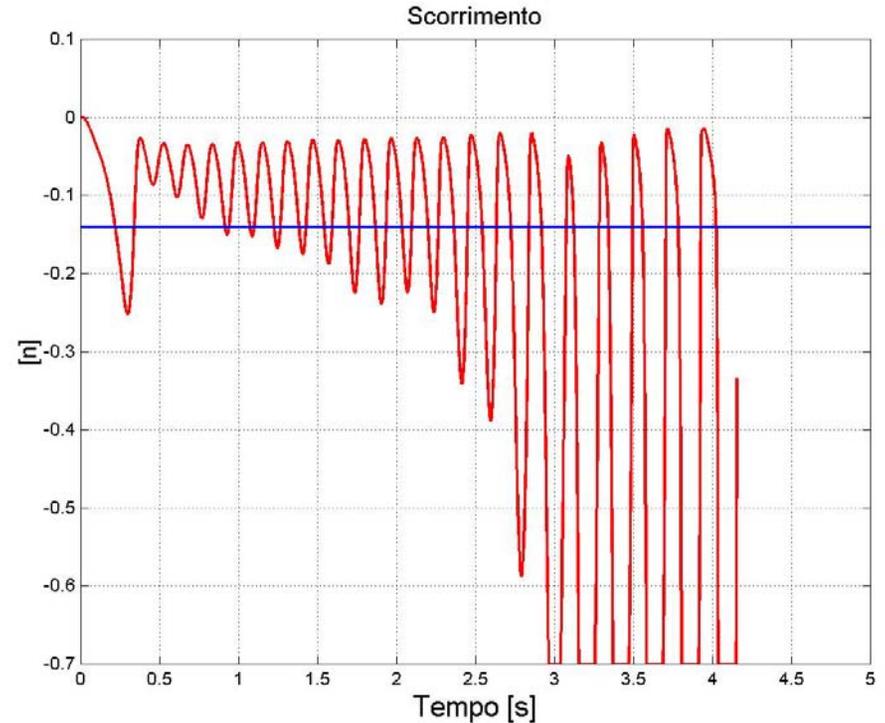
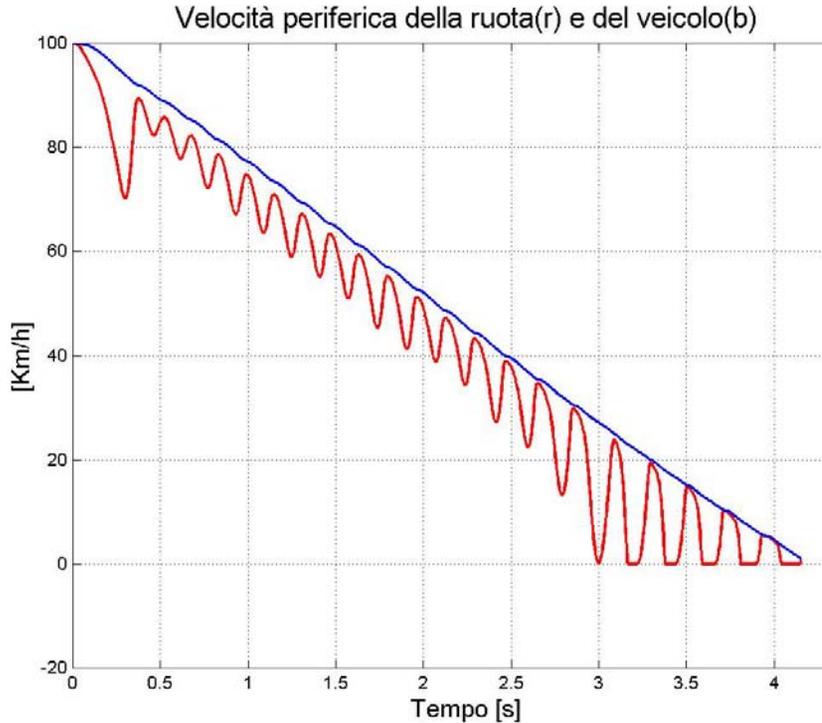
Stato 2: (Valvola Inlet= CHIUSA, Valvola exhaust=APERTA, Pompa=OFF)
L'accelerazione della ruota è scesa ancora sotto la soglia a_1 . Il ciclo 2-3-4-6-5-2-... ricomincia da capo.

Strategia a STATI basata sull'accelerazione delle ruote



- L'effetto complessivo della strategia è quello di mantenere lo scorrimento della ruota intorno al valore ottimale.
- Le soglie di accelerazione sono stabilite in modo euristico, cambiando le valvole o i tempi di risposta le prestazioni possono cambiare notevolmente.

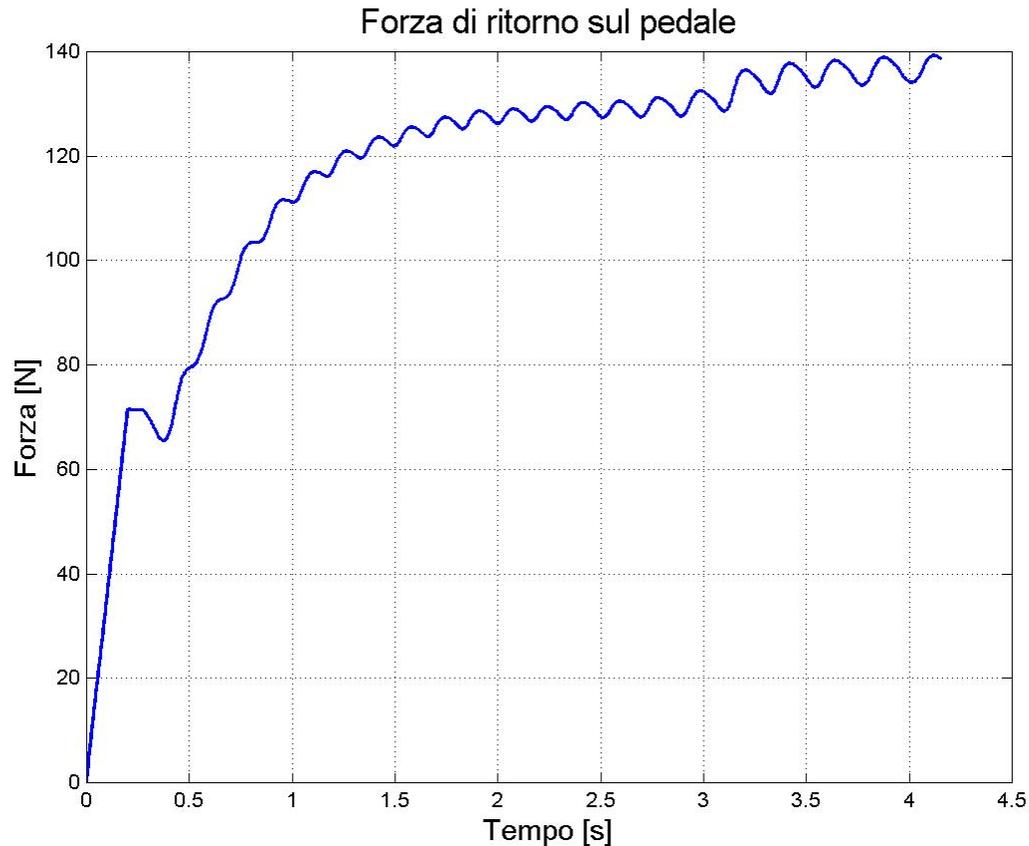
Strategia a STATI basata sull'accelerazione delle ruote



L'effetto complessivo della strategia è quello di mantenere lo scorrimento della ruota intorno al valore ottimale.

Le oscillazioni sulla velocità della ruota sono dovute alle dinamiche idrauliche e ai tempi di risposta delle valvole e della pompa.

Strategia a STATI basata sull'accelerazione delle ruote



La sensazione del guidatore è quella di un indurimento del pedale del freno accompagnato da una leggera vibrazione.