

Cambio PowerShift

e

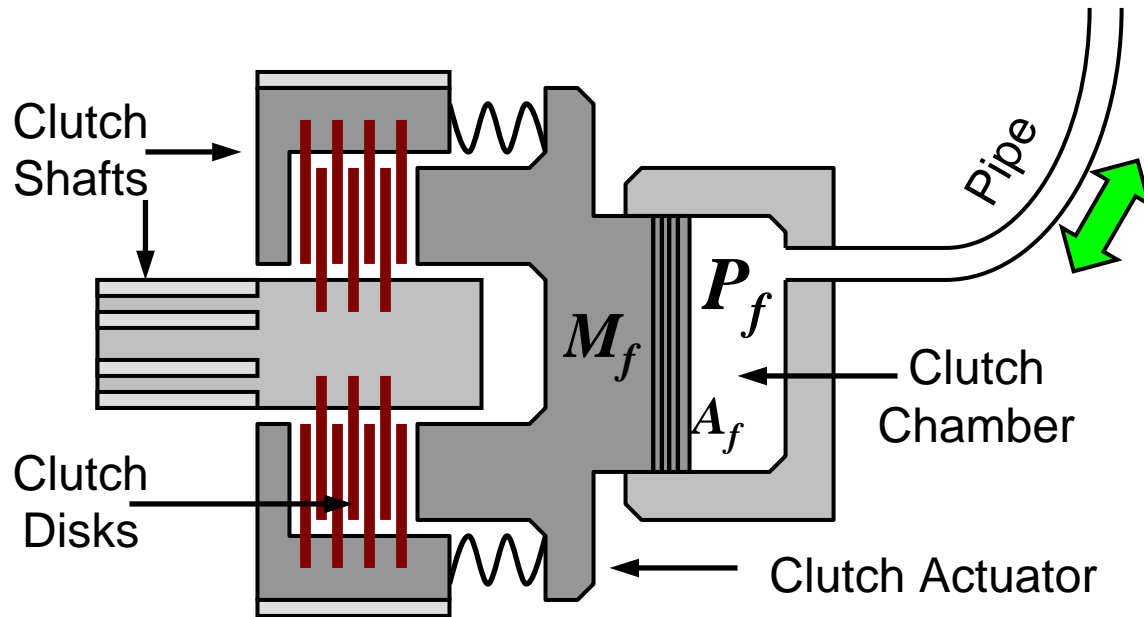
Controllo Frizioni in Bagno d'Olio

Frizioni in Bagno d'Olio (1)

Le frizioni multidisco in bagno d'olio sono utilizzate in applicazioni che richiedono elevate coppie ed elevata durata:

- sistemi di cambio marcia "power shift" dove il cambio marcia avviene con continuità di coppia (trattori);
- sistemi di controllo elettronico del differenziale.

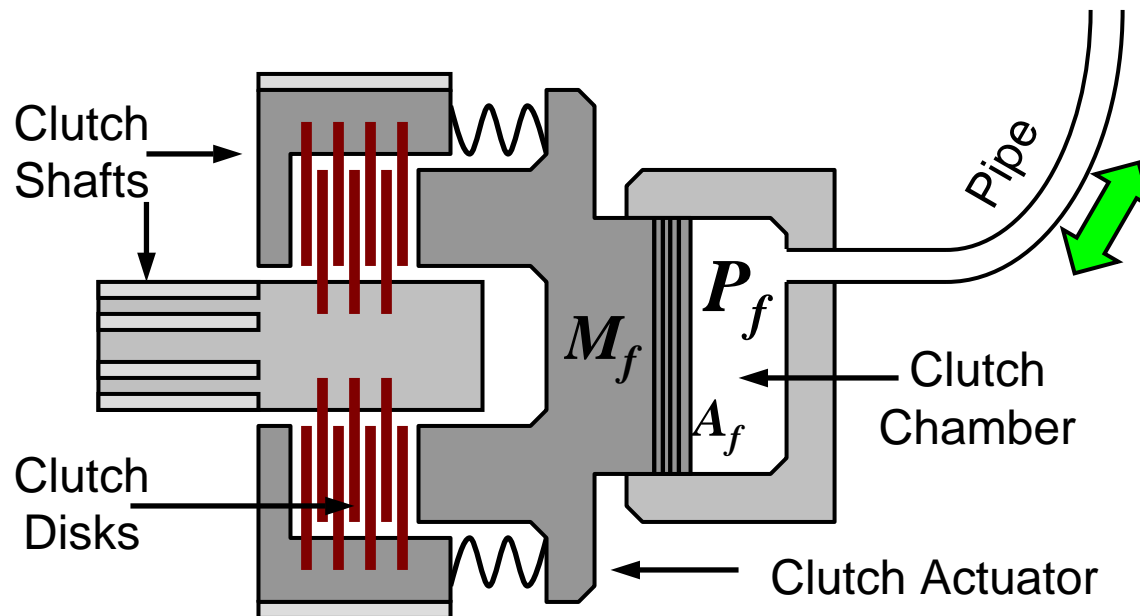
Quando la frizione trasmette coppia, un flusso d'olio raffredda i dischi permettendo lo slittamento anche per lunghi periodi senza compromettere i dischi, a differenza delle frizioni a secco.



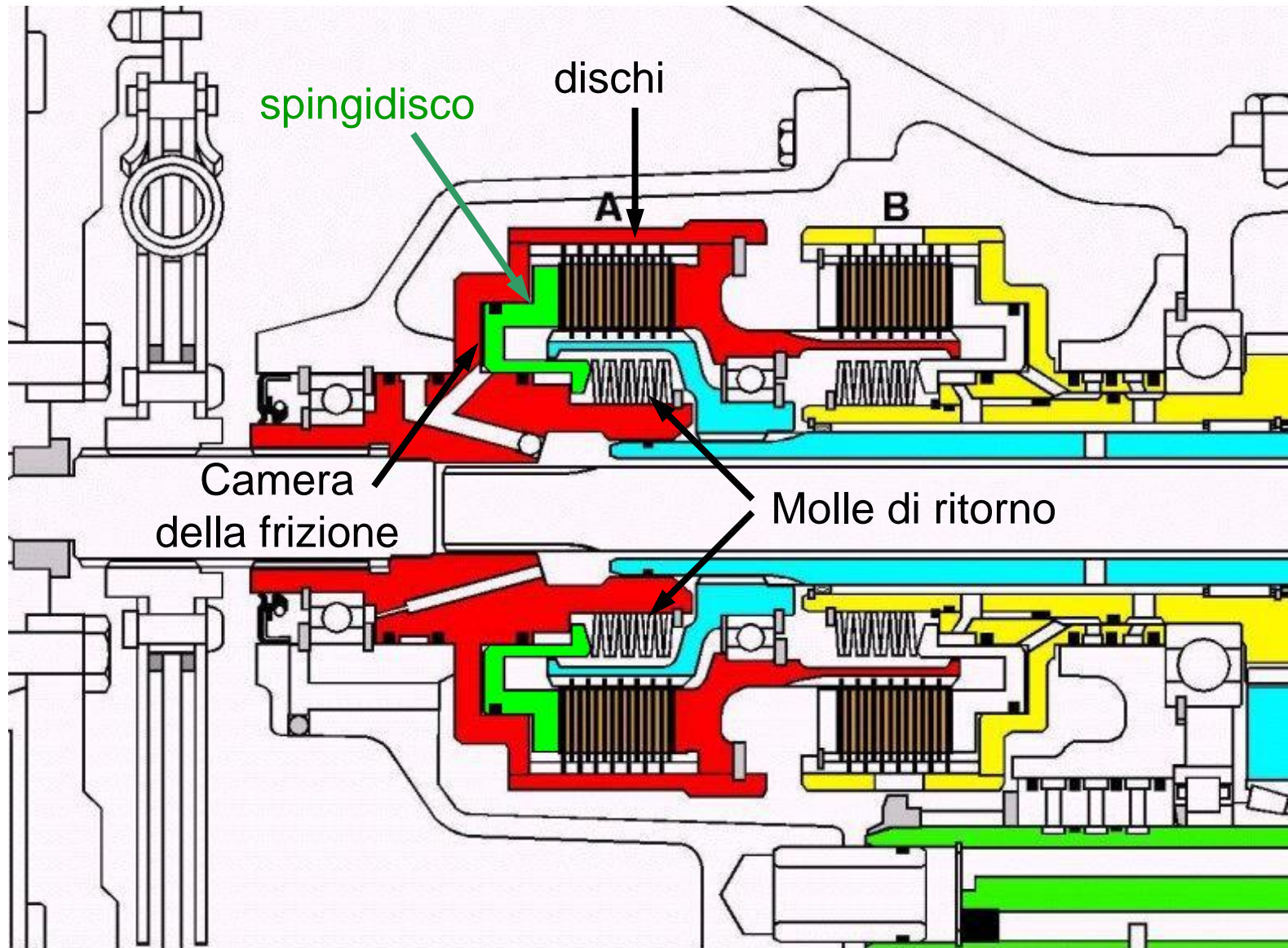
Frizioni in Bagno d'Olio (2)

Tipicamente lo spingidisco delle frizioni in bagno d'olio è controllato direttamente da un circuito idraulico con alcuni vantaggi:

- la pressione dell'olio nella camera della frizione determina direttamente la forza sui dischi e quindi la coppia trasmessa;
- le tenute idrauliche possono non essere ermetiche perchè l'olio perso va a lubrificare i dischi e viene recuperato; minori attriti coulombiani e di primo distacco;
- il controllo della pressione nella camera della frizione è quasi equivalente a controllare direttamente la coppia trasmessa.

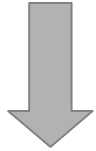


Cambio a controllo elettronico PowerShift



Trasmissione PowerShift (3)

3 frizioni innestate

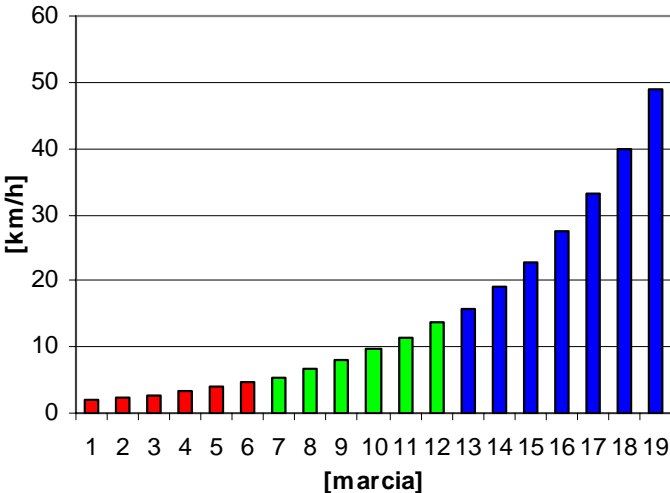


rapporto inserito

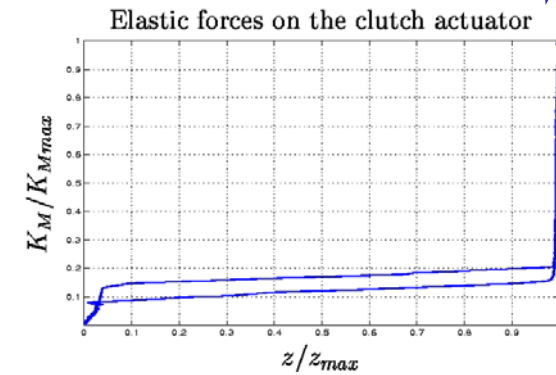
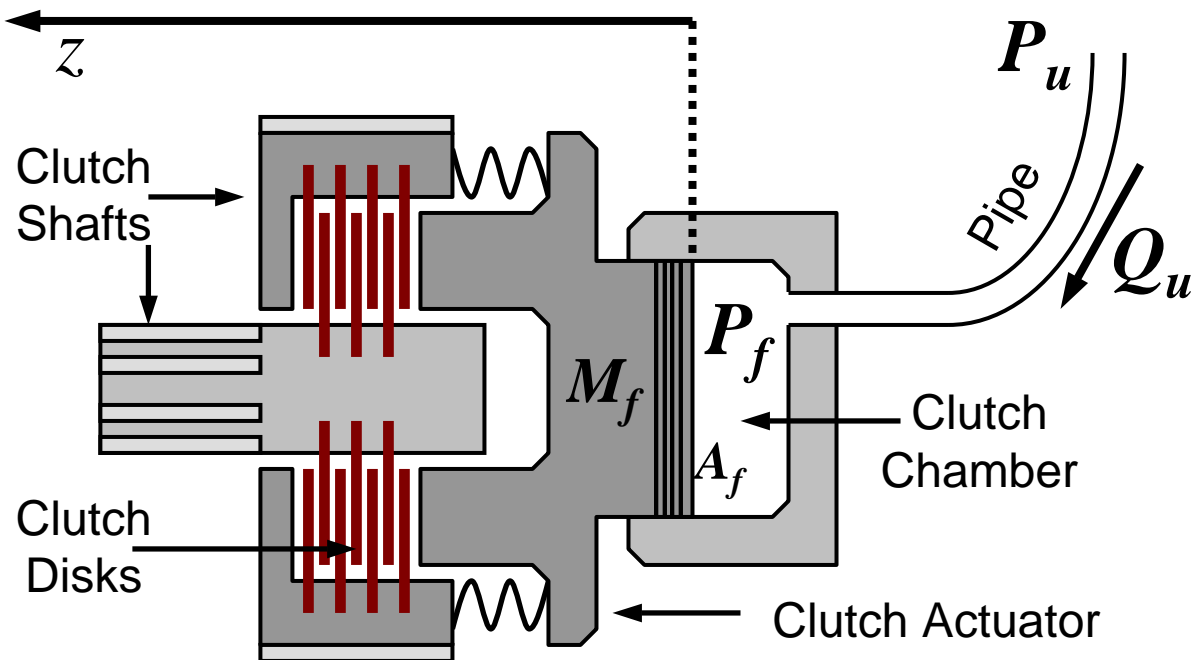
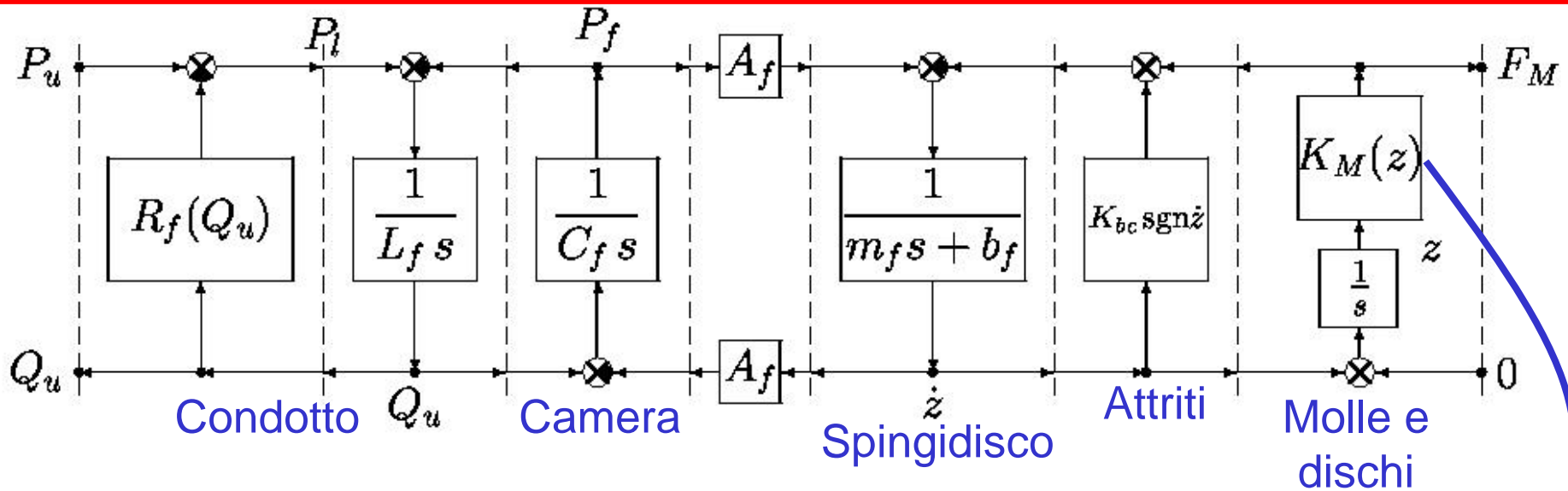
Gamma	Marcia	Frizione_A	Frizione_B	Frizione_C	Frizione_D	Frizione_E	Frizione Lenta	Frizione Media	Frizione Veloce	Frizione R. Marcia
Lenta	1	Red		Green			Cyan			
	2		Blue	Green						
	3	Red			Yellow					
	4		Blue							
	5	Red				Orange				
	6		Blue							
Media	7	Red		Green				Cyan		
	8		Blue	Green						
	9	Red			Yellow					
	10		Blue							
	11	Red				Orange				
	12		Blue							
Veloce	13	Red		Green					Orange	
	14		Blue	Green						
	15	Red			Yellow					
	16		Blue							
	17	Red				Orange				
	18		Blue							
Retro	1	Red		Green						Pink
	2		Blue	Green						Pink
	3	Red			Yellow					Pink
	4		Blue							Pink
	5	Red				Orange				Pink
	6		Blue							Pink

Modalità cambio marcia:

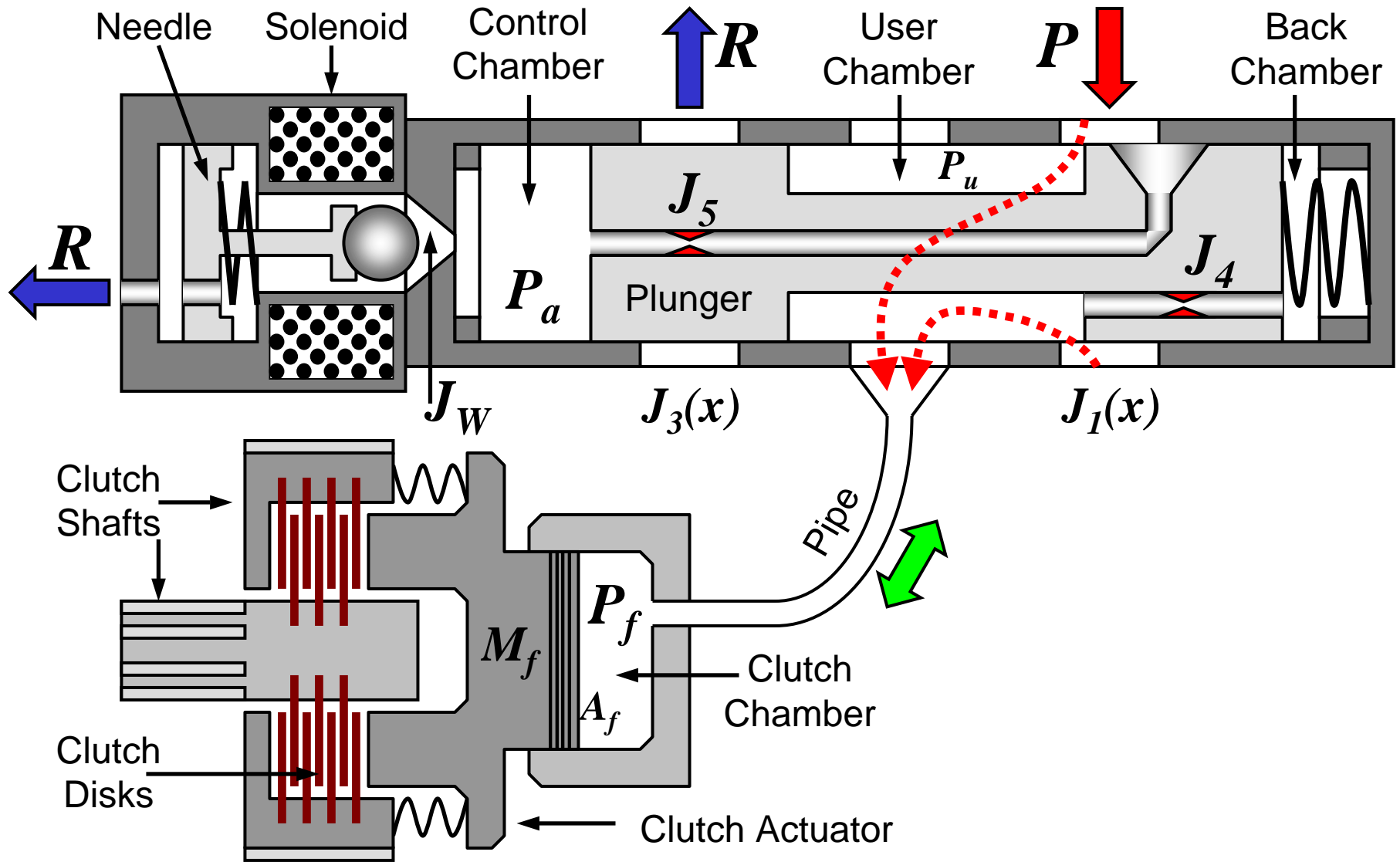
- Single swap (passaggio 1^a - 2^a marcia)
- Double swap (passaggio 2^a - 3^a marcia)
- Triple swap (passaggio 6^a - 7^a marcia)



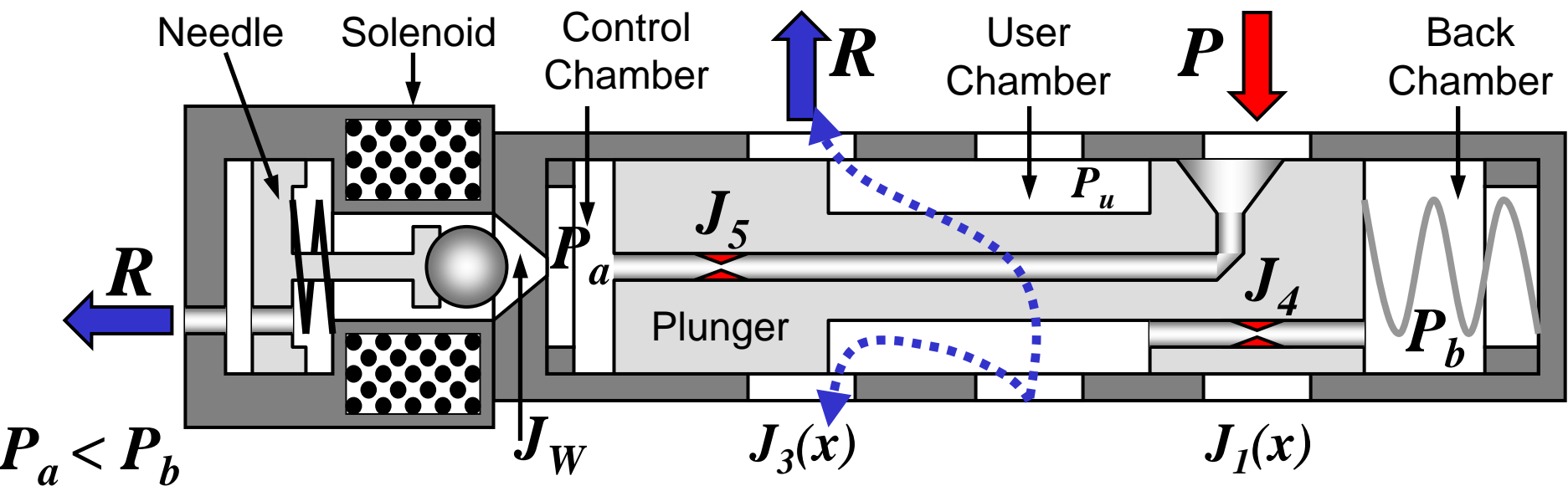
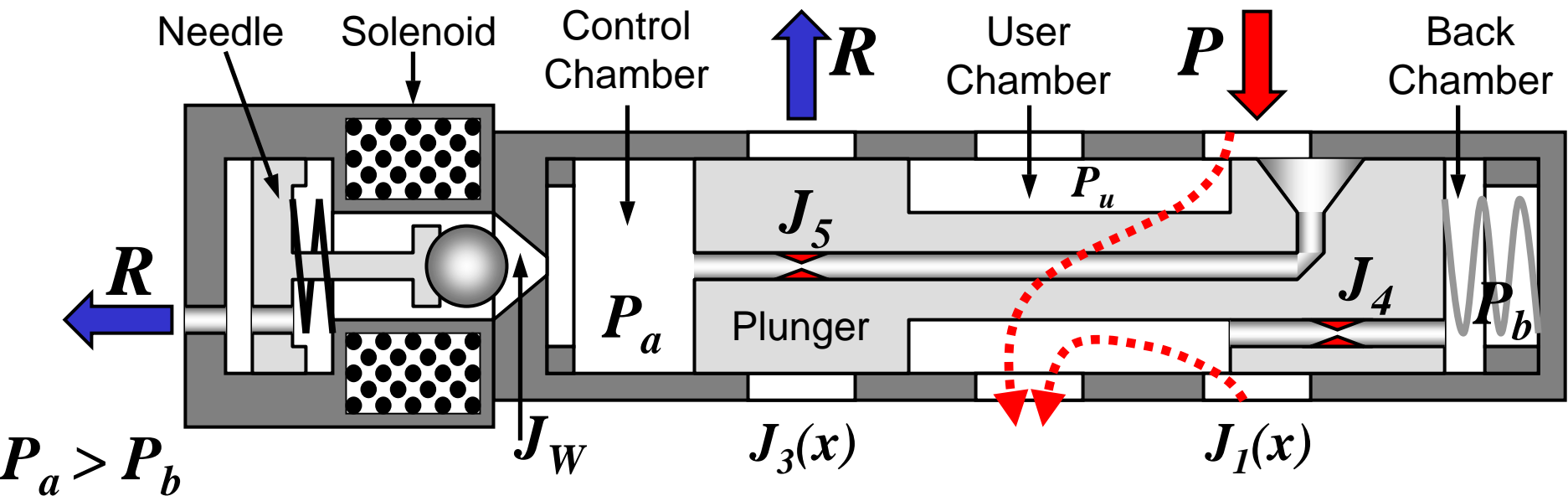
Modello POG frizione in bagno d'olio



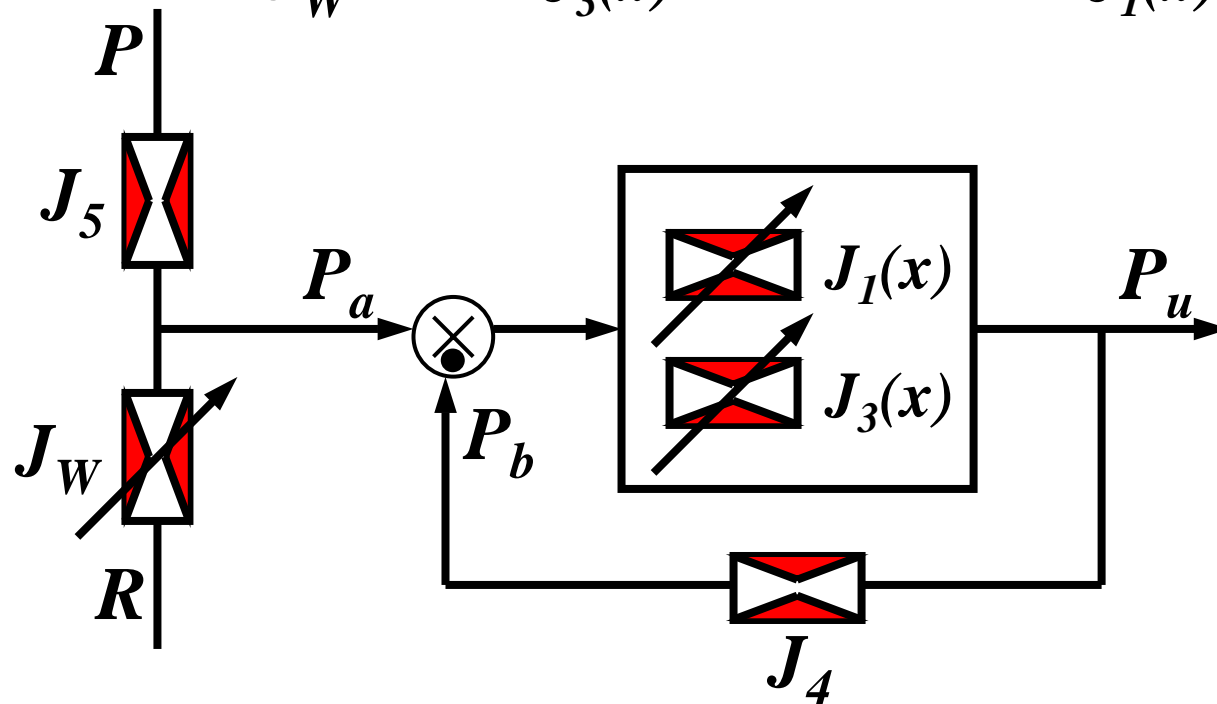
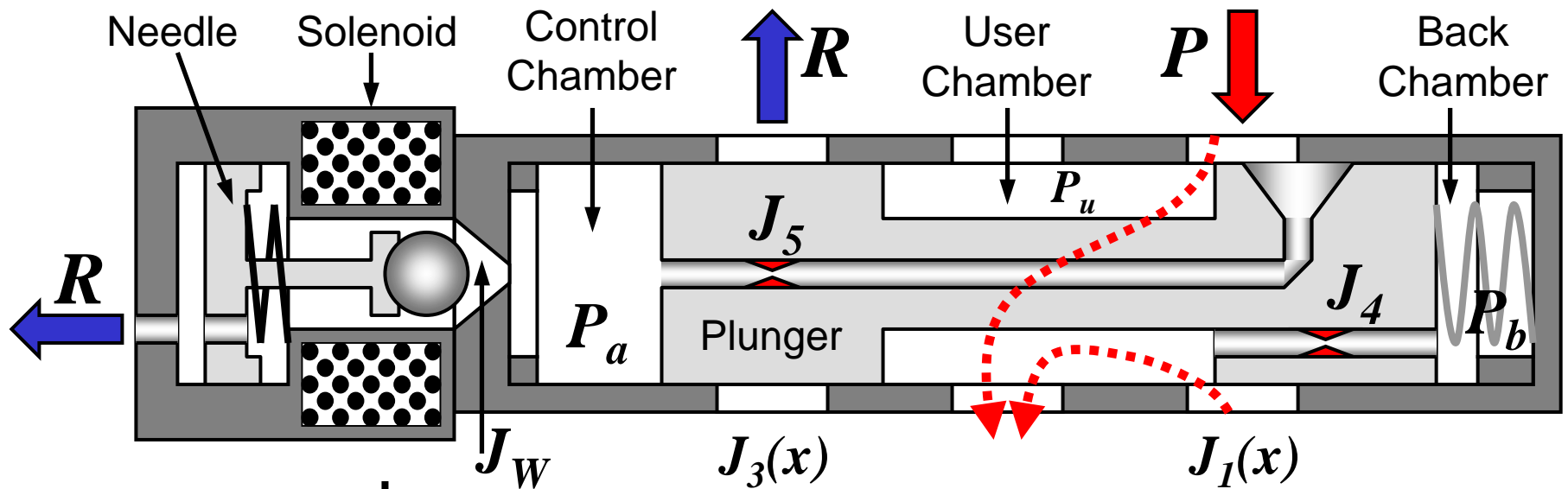
Valvola corrente-pressione



Valvola corrente-pressione



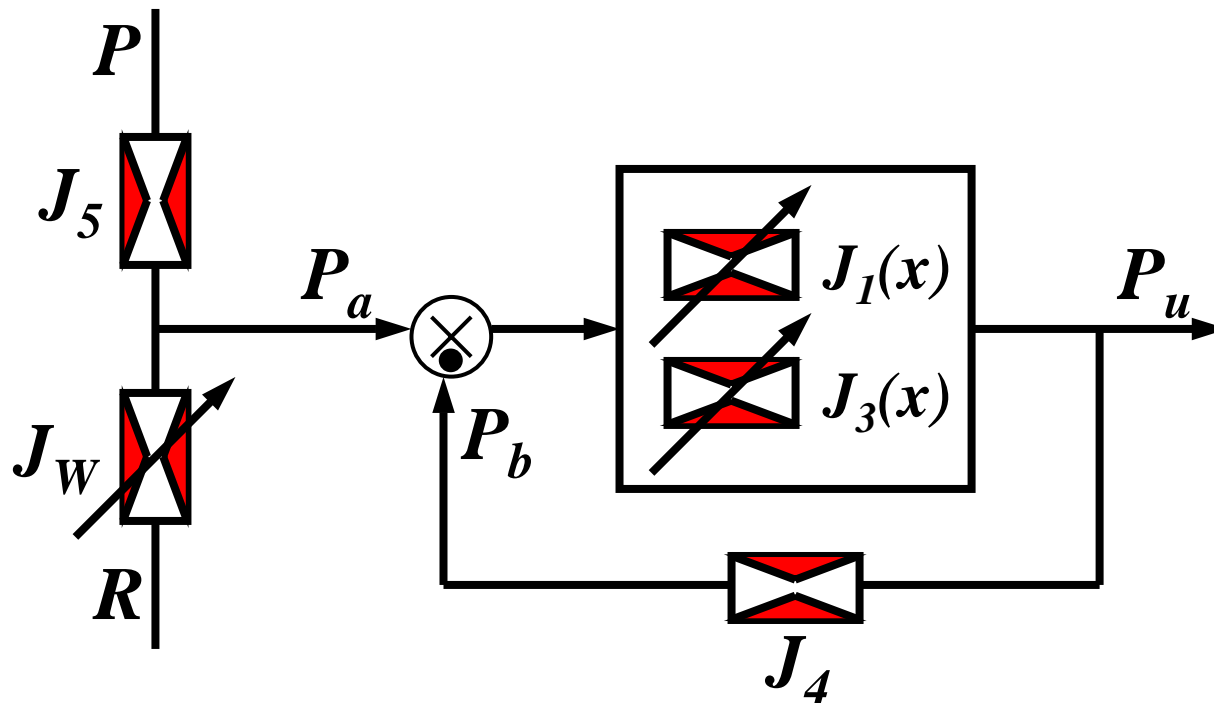
Valvola corrente-pressione



Valvola corrente-pressione

Le valvole corrente-pressione sono dei sistemi idraulici retroazionati:

- la pressione P_a rappresenta il riferimento di pressione e si modifica tramite la corrente di controllo;
- la pressione P_u di uscita è la variabile controllata;
- la pressione P_b rappresenta la misura della variabile di uscita, quindi chiude l'anello per la retroazione.



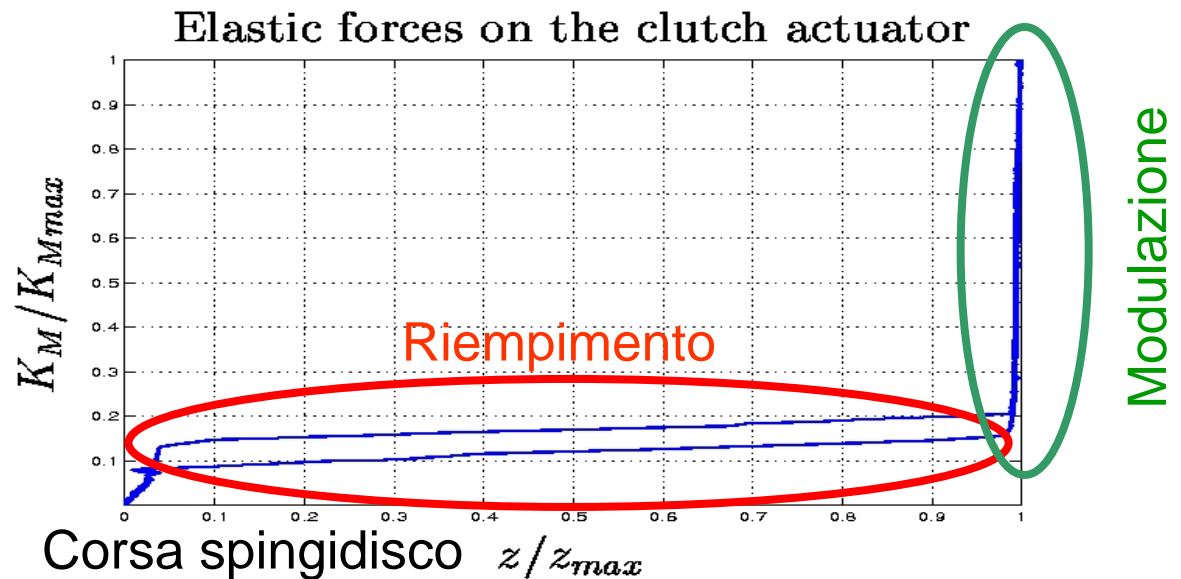
Regioni di funzionamento

Le forze elastiche sullo spingidisco sono date dalla somma di:

- forza esercitata dalle molle di ritorno che garantiscono il distacco dei dischi dallo spingidisco quando la frizione è disinnestata;
- forza esercitata sui dischi che determina la coppia trasmessa.

Si distinguono quindi due regioni di lavoro:

- regione di riempimento: lo spingidisco comprime le molle di ritorno e non è a contatto con i dischi, nessuna coppia trasmessa. IL movimento dello spingidisco riempie o svuota la camera.
- regione di modulazione della coppia: lo spingidisco è a contatto con i dischi e si trasmette coppia. Gli spostamenti dello spingidisco sono trascurabili.

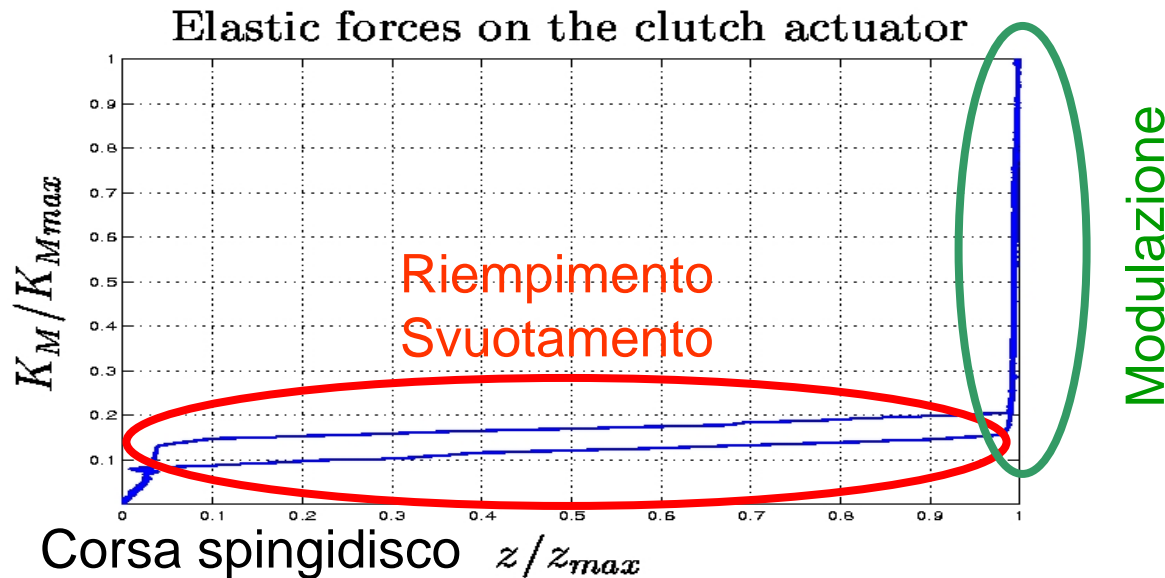


Fasi di controllo (1)

Fase di riempimento: lo spingidisco comprime le molle di ritorno fino ad arrivare a contatto con i dischi. Non si trasmette nessuna coppia e pertanto si tratta di un tempo morto da ridurre il più possibile. Precede l'innesto della frizione.

Fase di modulazione della coppia: tramite il controllo della pressione si modula la coppia trasmessa dalla frizione.

Fase di svuotamento: lo spingidisco si distacca dai dischi e torna nella posizione di riposo. Non è una fase critica.

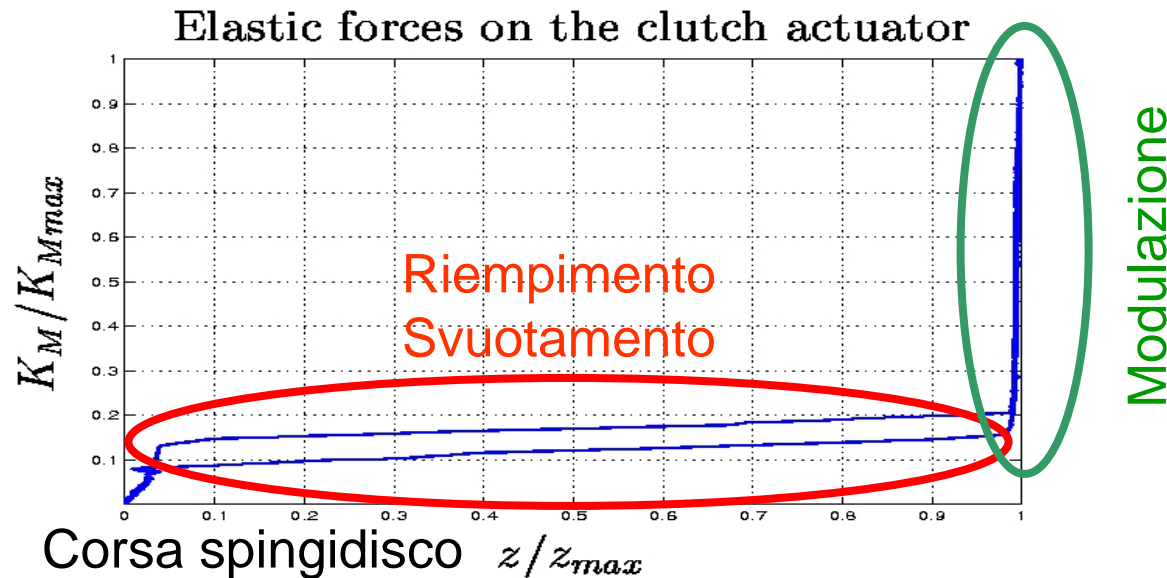


Fasi di controllo (2)

Durante le fasi di riempimento e di svuotamento le dinamiche del sistema sono prevalentemente condizionate dalle portate di olio dovute al movimento dello spingidischi.

Durante la fase di modulazione lo spingidischi è praticamente fermo e le dinamiche prevalenti sono quelle idrauliche.

Questi due comportamenti molto diversi richiedono di sviluppare due tipi di controllori distinti.



Per ragioni costruttive non è possibile installare un sensore per rilevare la posizione dello spingidischi.

Se non è disponibile un sensore di pressione per la camera della frizione (o sul condotto di alimentazione), il controllo può avvenire soltanto in catena aperta sfruttando la conoscenza (solo a priori!) della caratteristica corrente-pressione della valvola di controllo.

Un sensore di pressione permette di misurare la caratteristica corrente-pressione della valvola di controllo con elevata precisione anche durante la vita del dispositivo.

Un sensore di pressione permette un controllo più raffinato sia nella fase di riempimento, sia nella fase di modulazione.

Il sensore di pressione rappresenta un costo aggiuntivo...

Controllo nella fase di riempimento (1)

La fase di riempimento deve essere più veloce possibile.

Lo riempimento più veloce si ottiene aprendo completamente la valvola e chiudendola appena in tempo prima del contatto con i dischi.

Occorre evitare un impatto significativo tra lo spingidischi e i dischi al termine della fase di riempimento perchè si trasmetterebbe una coppia indesiderata.

Senza il sensore di pressione le correnti di controllo della valvola devono essere stabilite a priori con i conseguenti problemi di mantenimento delle prestazioni nel tempo.

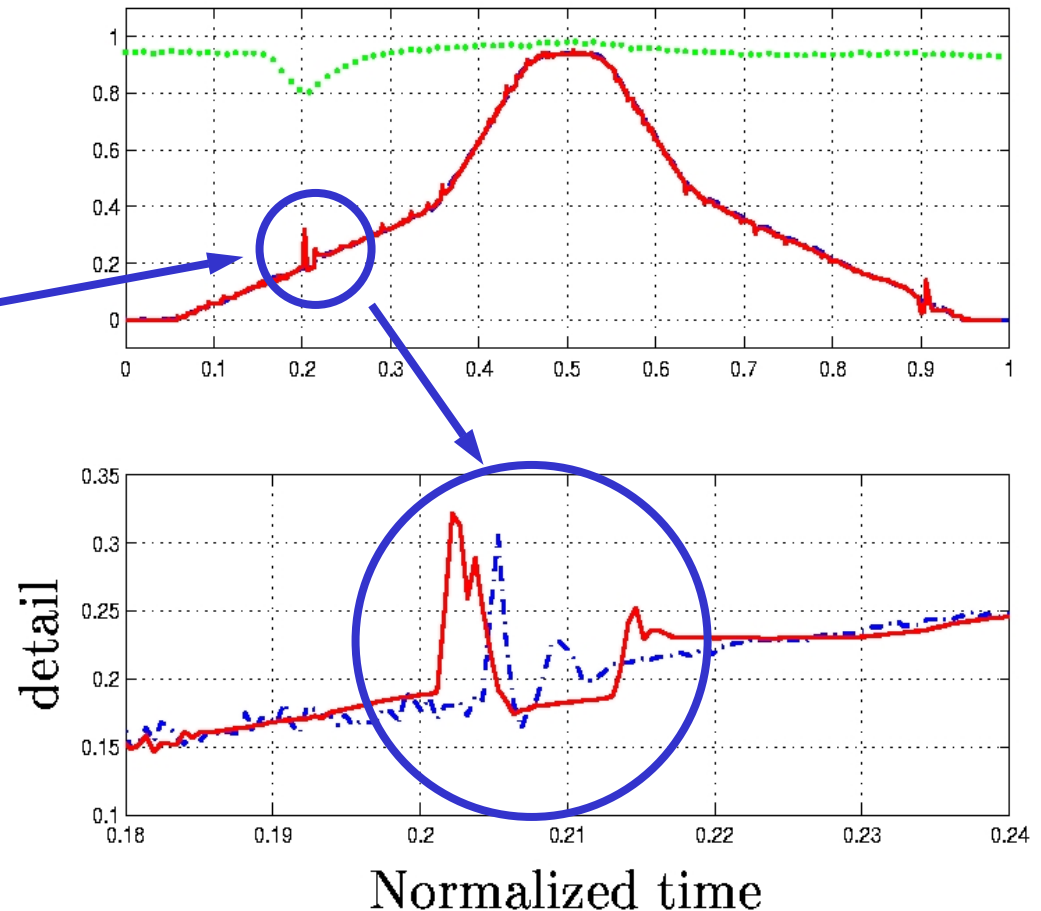
Con il sensore di pressione si può implementare un controllo più preciso della fase di riempimento.

Controllo nella fase di riempimento (2)

IL controllo con sensore di pressione nella fase di riempimento si basa sul una proprietà dinamica del sistema:

quando lo spingidisco tocca i dischi al termine dello riempimento (anche in misure molto lente) si rileva un picco nella pressione P_f nella camera della frizione.

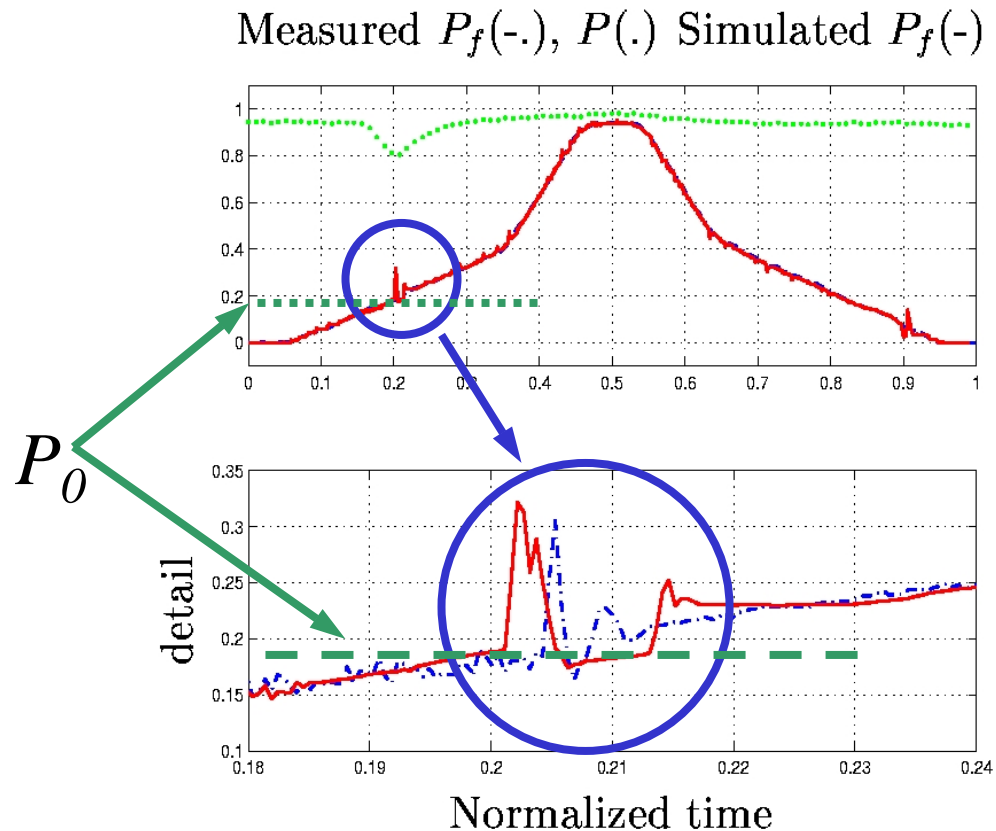
Measured $P_f(-)$, $P(.)$ Simulated $P_f(-)$



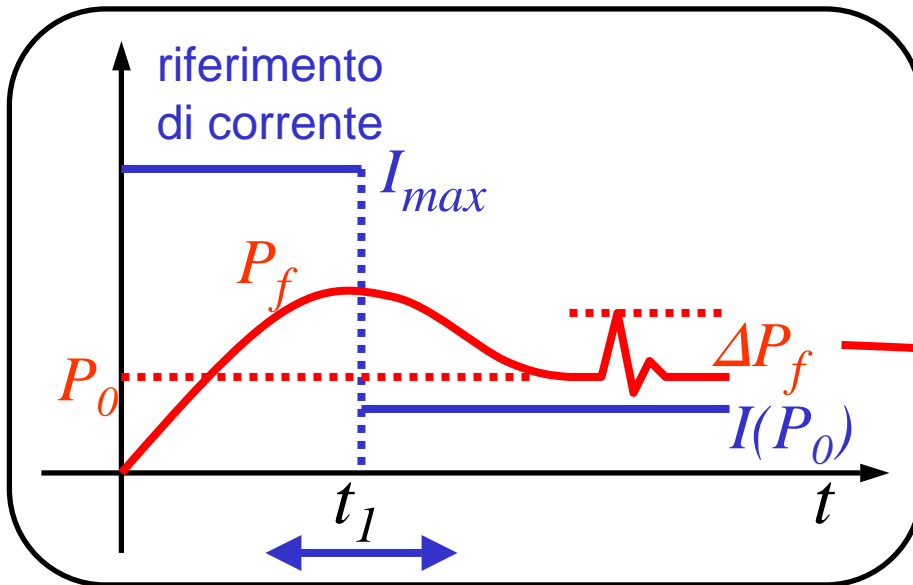
Controllo nella fase di riempimento (2)

IL picco di pressione al termine della fase di riempimento fornisce due importanti informazioni:

- 1) la pressione minima P_0 necessaria per vincere le forze di ritorno e portare lo spingidisco a ridosso dei dischi senza trasmettere una coppia significativa;
- 2) l'ampiezza del picco indica l'intensità dell'impatto.



Controllo nella fase di riempimento (3)



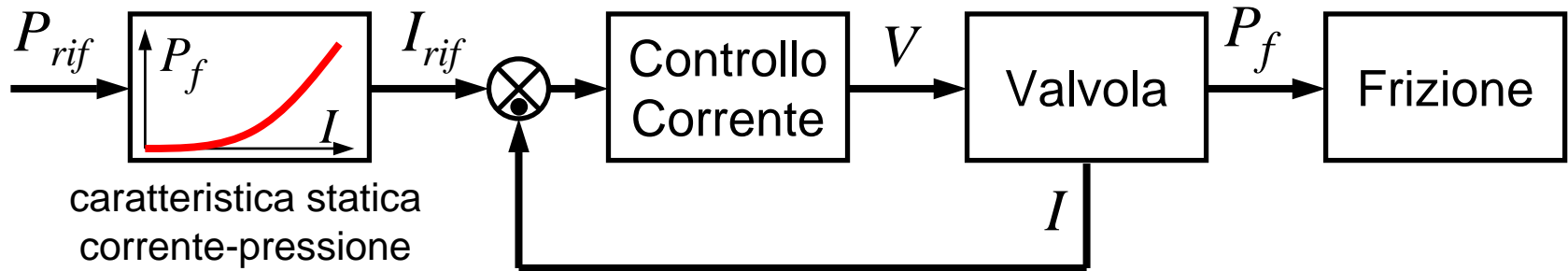
Fase di riempimento in catena aperta: si apre al massimo la valvola per un tempo t_1 e poi si "chiude" chiedendo una pressione pari a P_0

Fase di retroazione (aggiornamento)

Rilevamento picco di pressione ΔP_f

- 1) aggiornamento P_0 ;
- 2) aggiornamento t_1 :
riduzione se ΔP_f alto
aumento se ΔP_f basso.

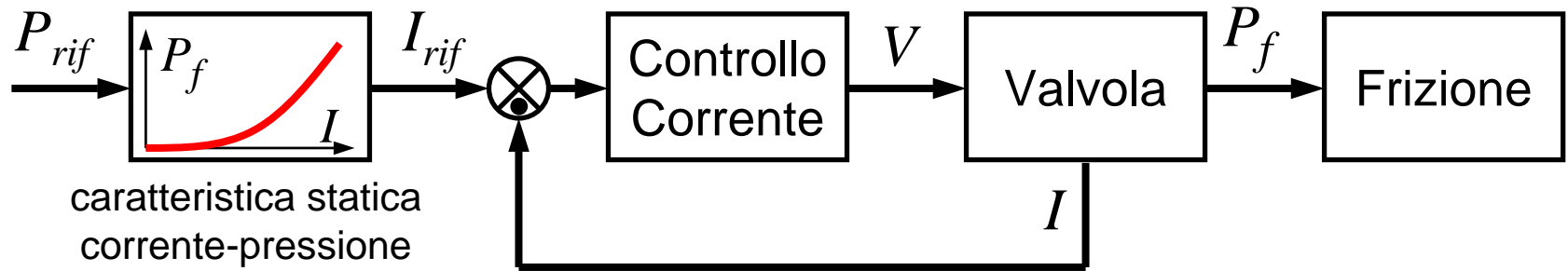
Controllo in catena aperta: si usa la caratteristica statica tra corrente e pressione della valvola per definire la corrente di controllo.



Tutti gli errori sulla conoscenza della caratteristica statica della valvola si ripercuotono in errori di inseguimento della pressione.

Un sensore di pressione per misurare P_f permette una conoscenza più accurata della caratteristica statica.

Controllo nella fase di modulazione (2)



Inseguire correttamente il riferimento di pressione significa trasmettere la coppia stabilita a progetto.

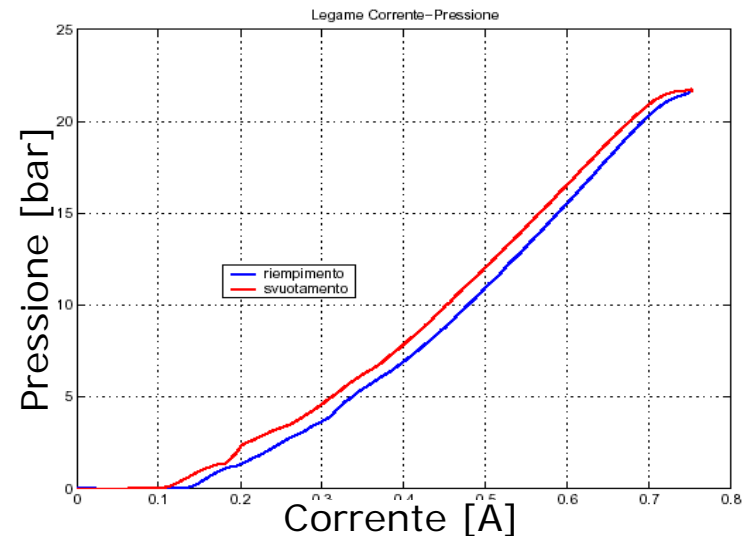
Il sensore di pressione permette di aggiornare la caratteristica statica della valvola durante la vita della macchina

Vengono compensati gli scostamenti dalla curva nominale

Caratteristica statica precisa

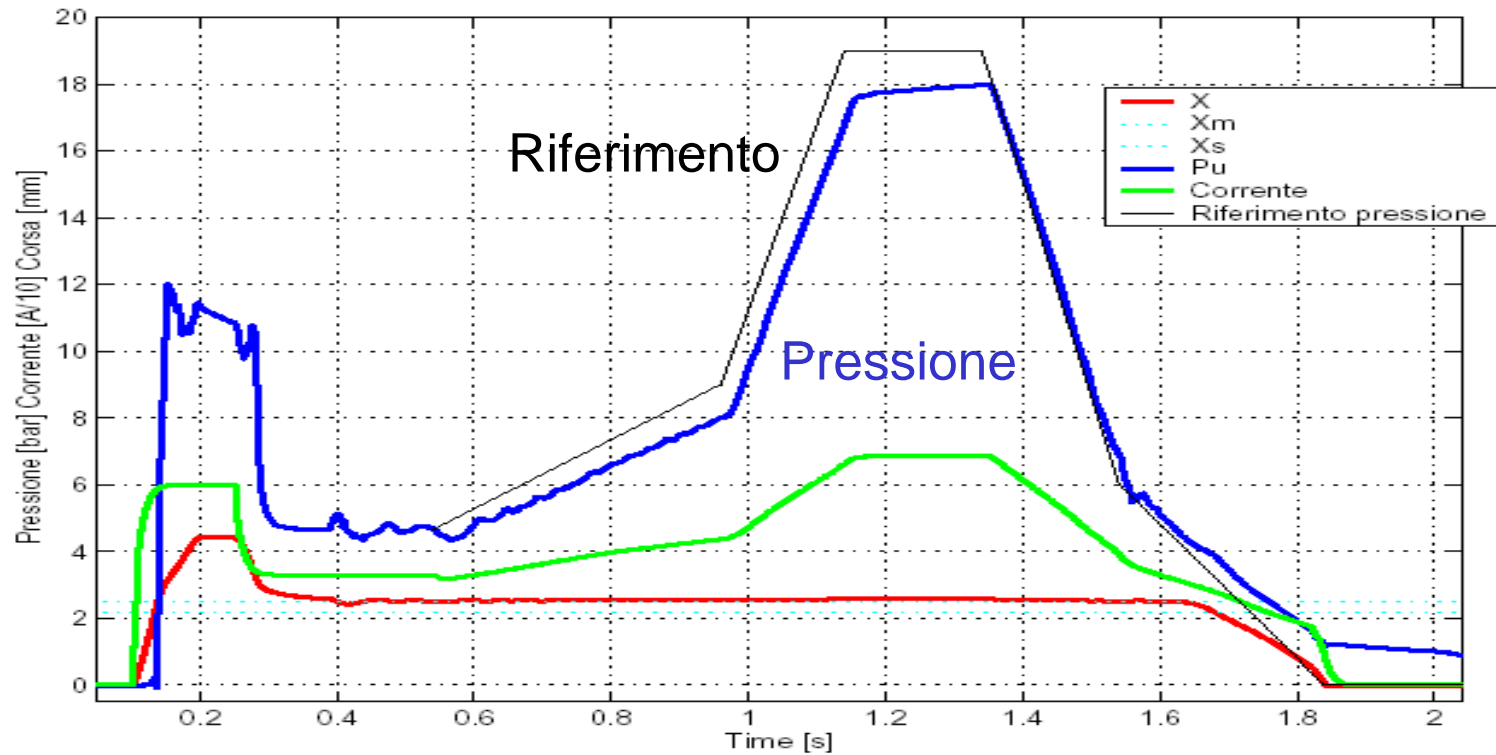


buona azione feed forward

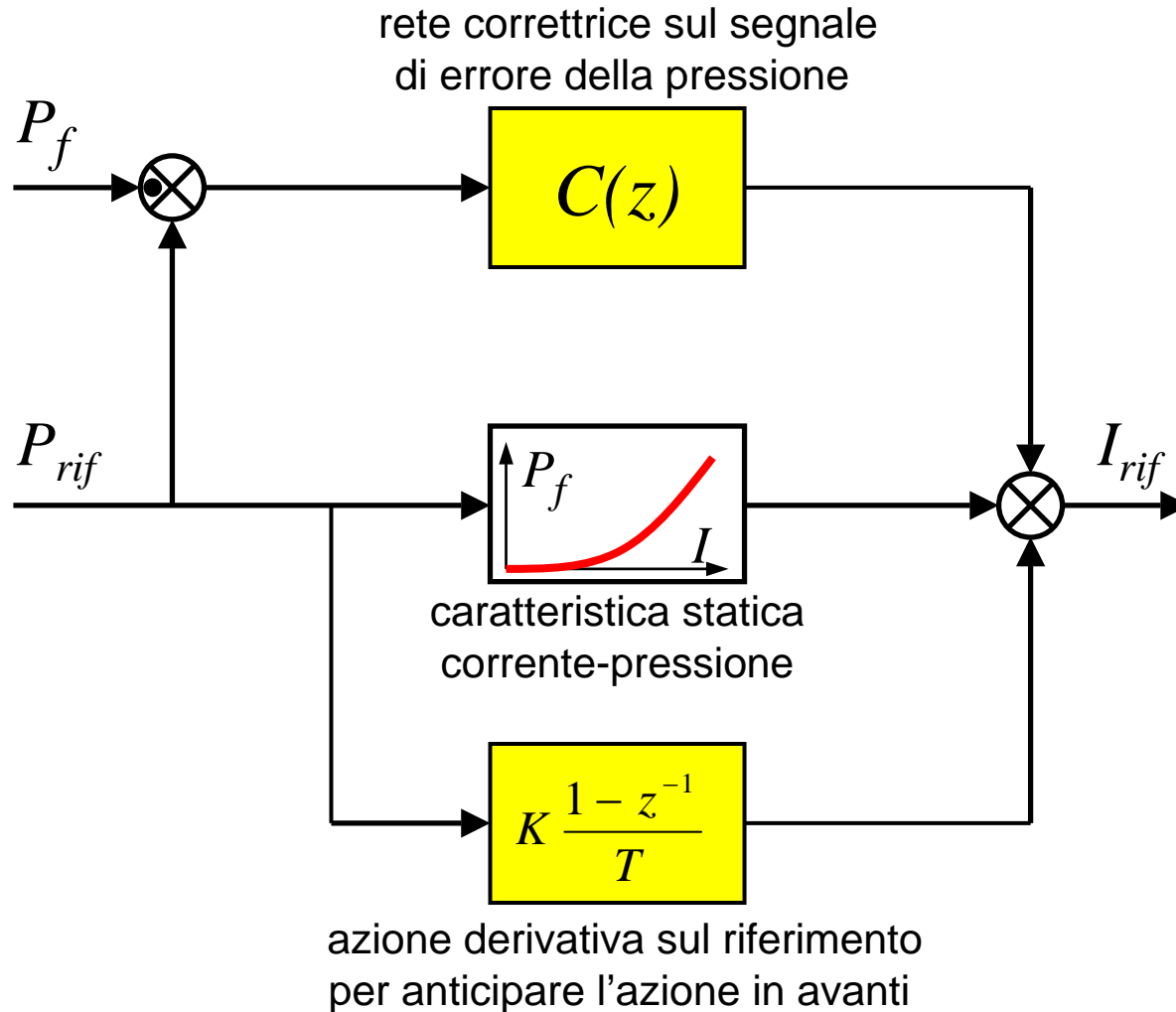


Problemi di inseguimento con sola azione in avanti:

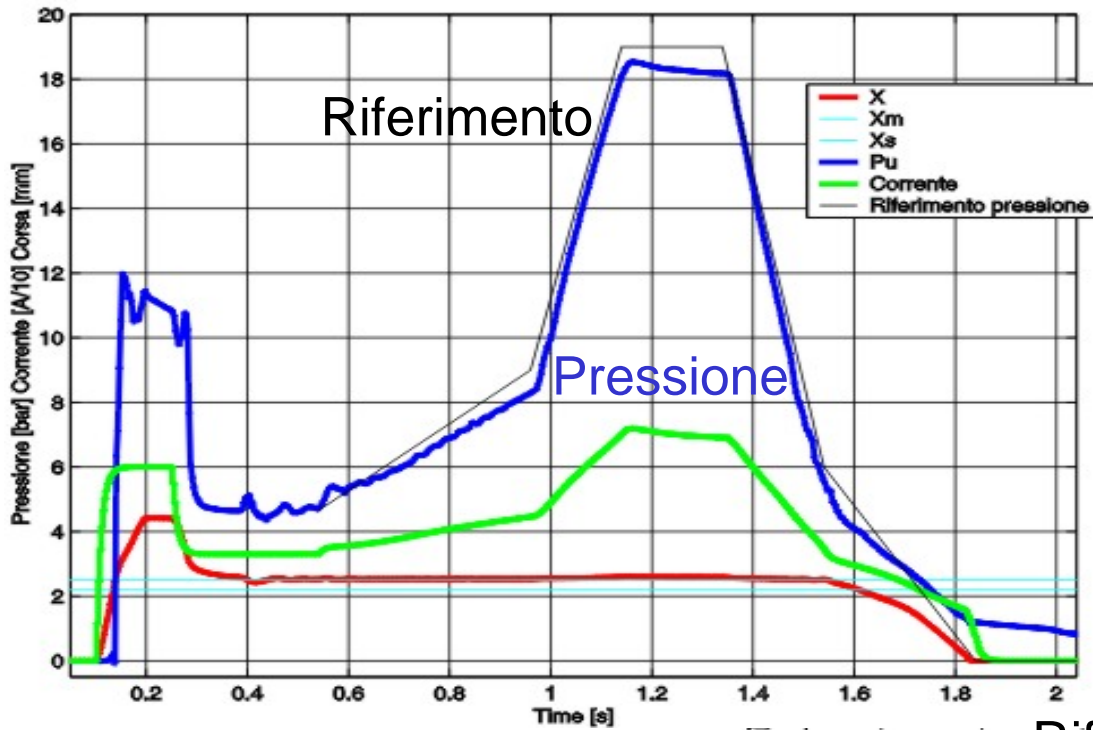
- Pressione sempre in ritardo rispetto al riferimento



Azioni di controllo aggiunte:

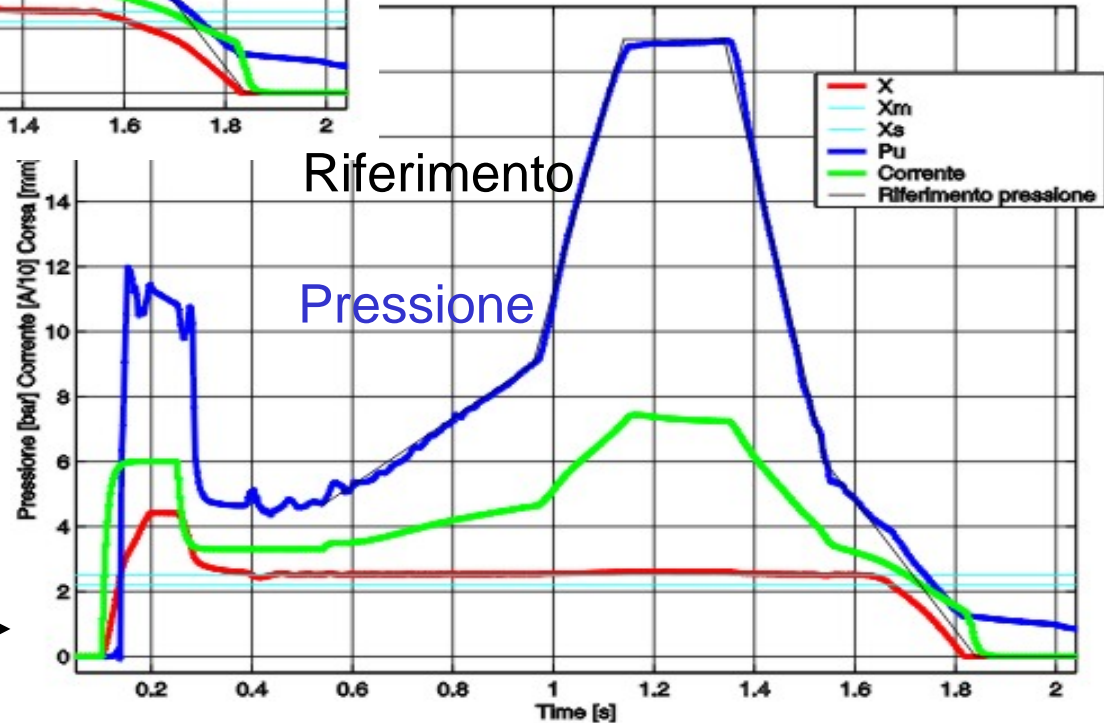


Controllo nella fase di modulazione (5)

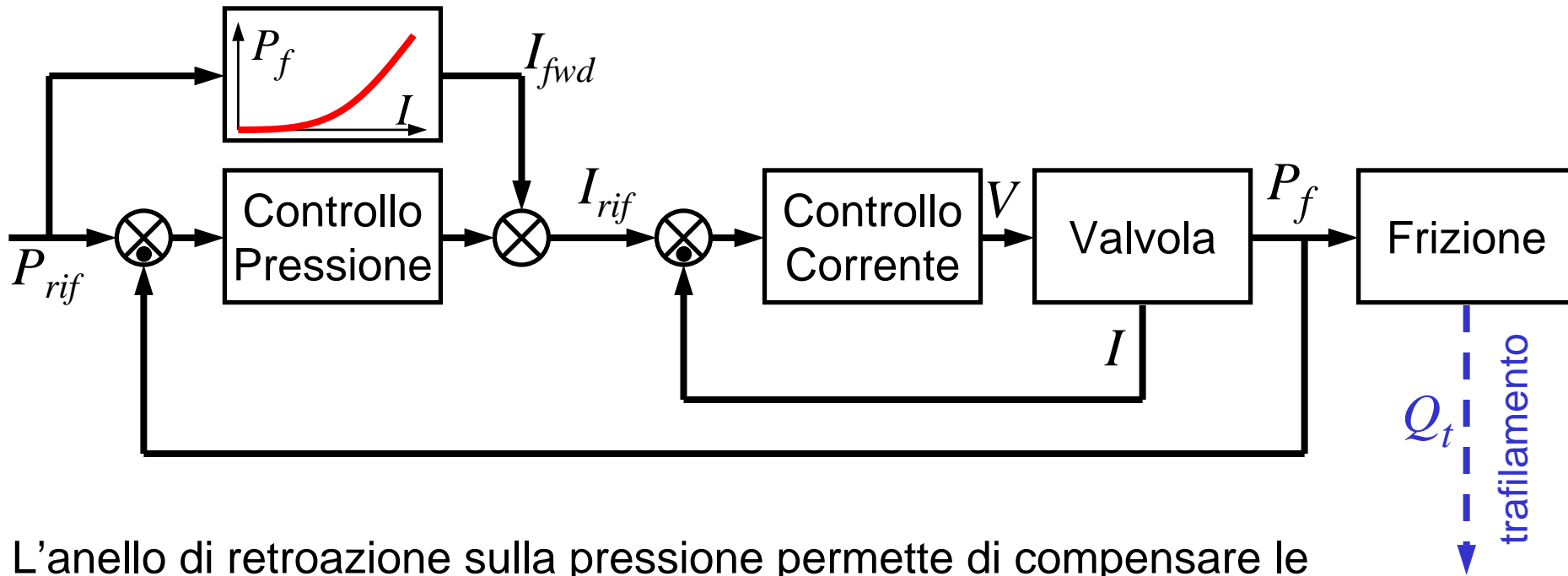


con azione in avanti
e
con azione derivativa sul riferimento
per anticipare l'azione in avanti

con azione in avanti
e
con azione derivativa sul riferimento
per anticipare l'azione in avanti
e
con rete correttiva sul segnale
di errore della pressione



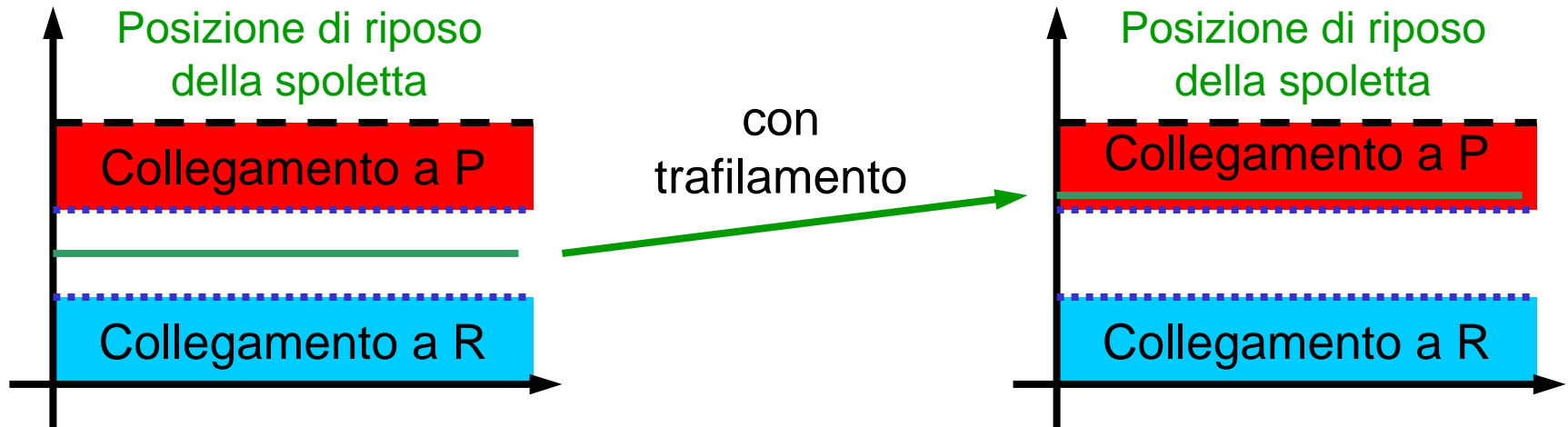
Controllo nella fase di modulazione (6)



L'anello di retroazione sulla pressione permette di compensare le imprecisioni sull'azione in avanti e altri errori dovuti a variazioni parametriche del sistema (attriti, usura,...), si ottengono quindi minori errori di inseguimento del riferimento.

Un trafileamento Q_t nella camera della frizione permette di aumentare il guadagno del controllore di pressione e quindi di diminuire gli errori di inseguimento. IL trafileamento permette infatti di compensare parzialmente gli effetti negativi della zona morta della valvola.

Controllo nella fase di modulazione (7)



Senza trafileamento la posizione a riposo della spoletta è dentro la zona morta.

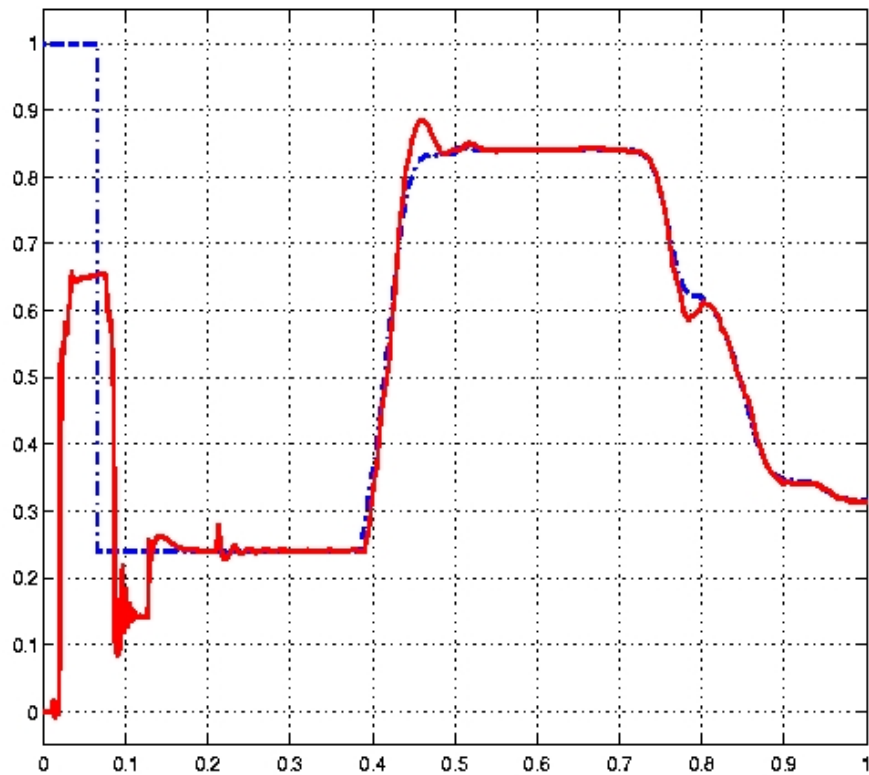
Esiste quindi un tempo morto per regolare la pressione dovuto alla spoletta che deve spostarsi da una parte all'altra della zona morta.

Con il trafileamento la posizione a riposo della spoletta è fuori dalla zona morta (collegata a P). Piccoli spostamenti della spoletta permettono di regolare la pressione senza dover attraversare la zona morta.

Il controllo è quindi più pronto.

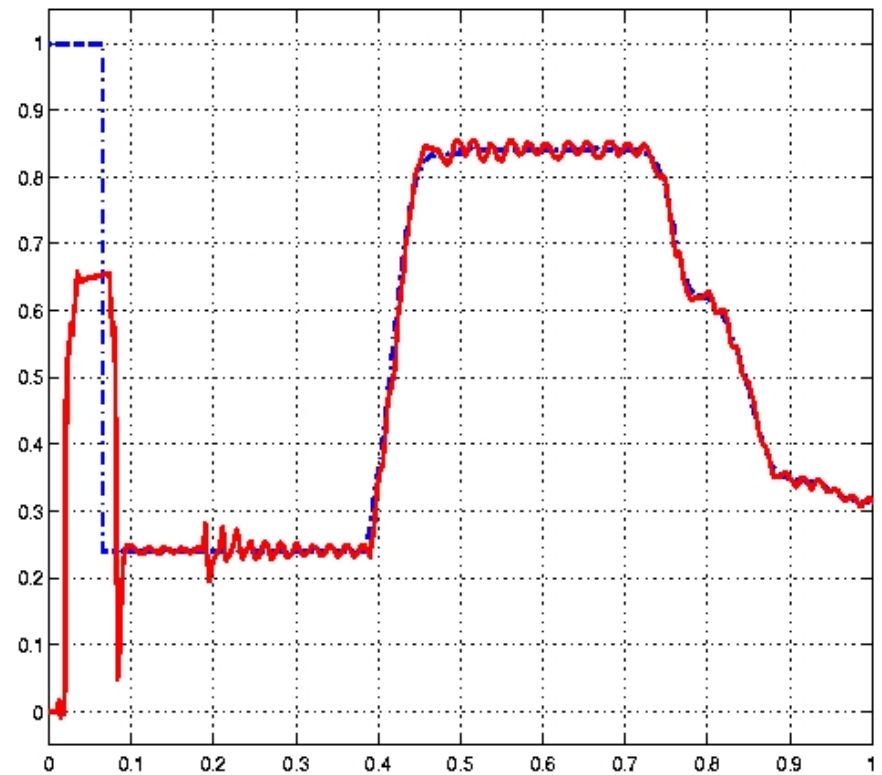
Risultati di alcune simulazioni
con diverse leggi di controllo

PI controller $P_f(-)$, $P_{fr}(-)$

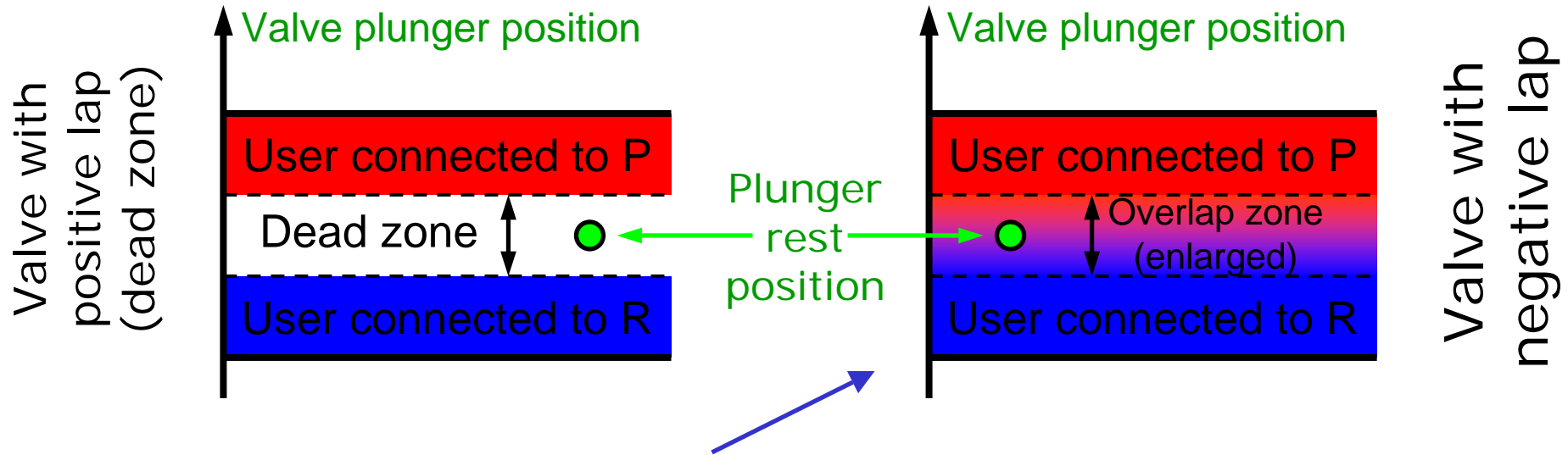


Normalized time

PI sliding controller $P_f(-)$, $P_{fr}(-)$



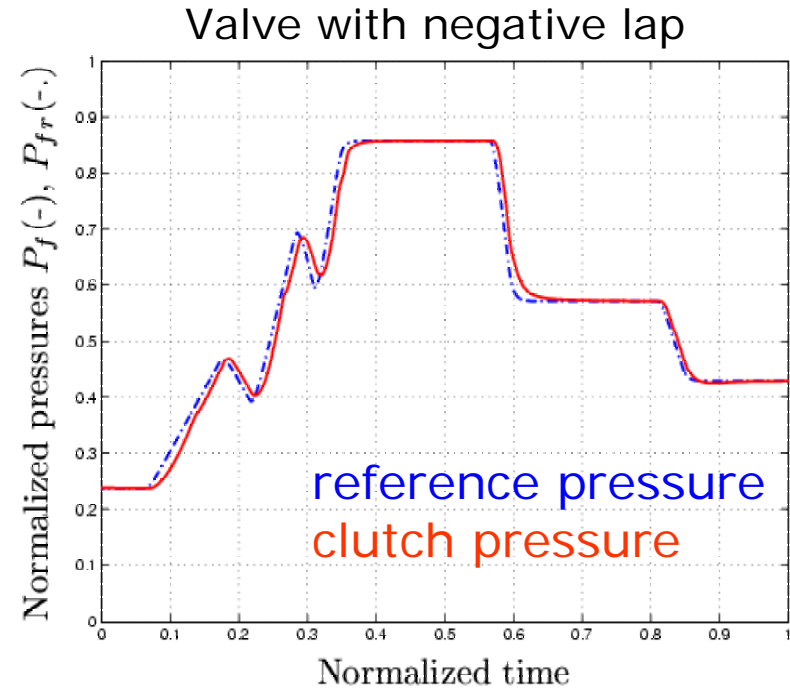
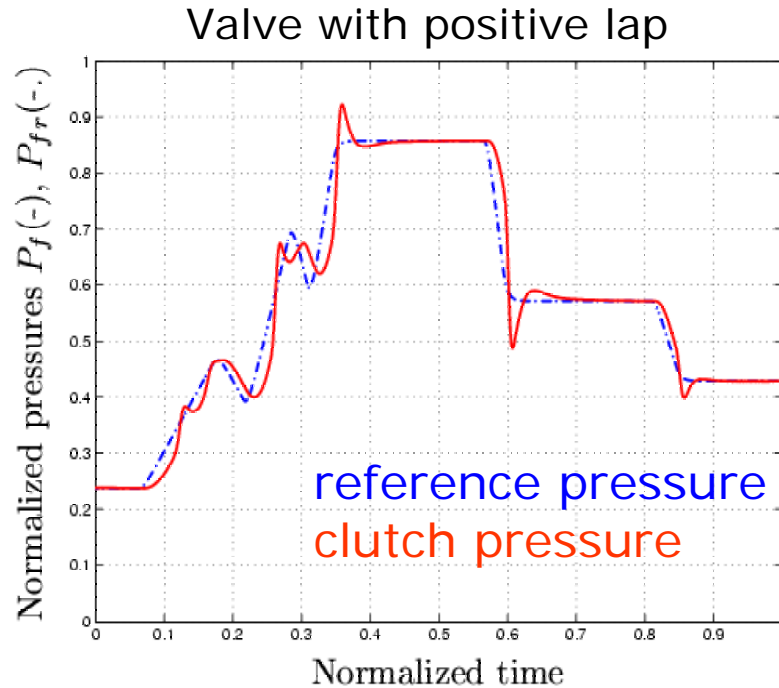
Normalized time



Using a valve with a negative lap:

- the high intrinsic gain is reduced;
 - the dead zone disappears;
 - the system behaviour does not change when the clutch is fully engaged or disengaged;
 - the negative lap causes negligible power losses during the torque control phase.
- } The system is "more controllable"

Controllo nella fase di modulazione (10)



Comparison with PID controllers: the system without the proposed modification is affected by overshoots and/or long settling times. These problems are not shown using the valve with negative lap.