



Riccardo Zarbo^(a), Valentina Marsili^(a), Stefano Alvisi^(a), Marco Franchini^(a)

CARATTERIZZAZIONE DEL COMPORTAMENTO DI UNA PRV A FUSO IN REGIME DI BASSE PORTATE

CHARACTERISATION OF THE BEHAVIOUR OF A PISTON ACTUATED PRV IN LOW FLOW REGIMES

ASPETTI CHIAVE

- **Analisi in laboratorio di una PRV a fusso**
- **Le analisi hanno evidenziato diversi campi di comportamento della PRV per diversi valori di portata**
- **Per portate medio basse si evidenzia la difficoltà a mantenere il set-point e l'instaurarsi di instabilità**

1. INTRODUZIONE

Nella gestione delle reti di distribuzione idrica viene spesso fatto uso di valvole riduttrici di pressione (PRVs) al fine di controllare la pressione in ingresso al distretto idrico servito, mantenendola attorno a un valore di settaggio imposto consentendo così di contenere le perdite idriche nel sistema stesso. Tra le diverse tipologie di valvole riduttrici di pressione le più comuni sono quelle a membrana, in cui l'organo di regolazione della pressione opera in direzione trasversale a quella del flusso; un'altra tipologia, ancorché meno frequentemente utilizzata, di valvole di regolazione di pressione è quella delle valvole a fusso, in cui l'organo di regolazione opera in direzione parallela al flusso. Il pilota che regola il meccanismo di controllo della pressione a valle può essere meccanico oppure controllato elettronicamente in remoto, anche in modalità real-time. In letteratura le valvole riduttrici di pressione a membrana sono state trattate ampiamente, dalla modellazione del dispositivo in accoppiamento all'eventuale apparato elettronico di controllo (e.g. 1), all'ottimizzazione del loro posizionamento nelle reti e del loro valore di settaggio (e.g. 2). L'efficacia dell'uso delle PRV nella riduzione delle perdite è comprovata in diversi studi (e.g. 3). A oggi però il comportamento fisico delle PRV è stato investigato da un numero limitato di lavori. Adottando una valvola riduttrice di pressione a membrana, Meniconi et al. (4) ne hanno caratterizzato il comportamento tramite prove in laboratorio sia in condizioni stazionarie che in moto vario dimostrando la versatilità del dispositivo quale efficace strumento per la gestione delle pressioni. Altri lavori evidenziano per contro l'emergere di problemi relativi a comportamenti singolari di tali dispositivi non ancora bene compresi. Recenti studi hanno ad esempio riscontrato l'emergere di instabilità nelle PRV a membrana controllate elettronicamente in regime di basse portate (1, 5, 6) È significativo osservare come tutti questi lavori facciano riferimento a PRV a membrana. A differenza di tali studi, in questa memoria si caratterizza il funzionamento di una PRV a fusso con pilota meccanico, sottoposta a regimi di basse portate tramite prove di laboratorio. Nel seguito si forniscono le principali caratteristiche della valvola di riduzione di pressione a fusso e le prove effettuate. I risultati ottenuti sono analizzati e infine si forniscono le considerazioni conclusive.

2. LA PRV A FUSO E LE PROVE DI LABORATORIO

La PRV a fusso è composta da un corpo valvola principale in materiale plastico e da un gruppo di controllo indipendente costituito da un pilota e un selettore a tre posizioni del tipo C-valves commercializzata da Saisanket Ltd (7). Il pilota a tre vie controlla la valvola e non presenta un sistema di controllo manuale della velocità di aggiustamento del fusso in quanto il funzionamento del dispositivo si basa su una tecnologia proprietaria, "Linear Flow Linear Control (LFLC)". Operativamente, la PRV analizzata ha un diametro DN 50 mm. Il campo di lavoro della valvola è compreso fra 0 e 25 bar e fra 0 e 80 m³/h e la tolleranza rispetto al valore di settaggio della pressione di valle è di $\pm 0,5$ m. Il comportamento della valvola è stato investigato con prove in laboratorio utilizzando il sistema il cui schema è riportato in *Figura 1*. Il sistema idraulico è alimentato da una pompa centrifuga che in condizioni di massimo rendimento immette una portata in rete di circa 1 L/s con una prevalenza di 52 m. La condotta di mandata è costituita da una condotta in polietilene di diametro 63 mm (PN 16) e lunghezza di circa 10 m, lungo la quale sono installati la PRV a fusso, due punti di misura della pressione, a monte e a valle della valvola, e un

^(a)Università degli Studi di Ferrara, Ferrara, Italia.

misuratore di portata elettromagnetico (rispettivamente punti H, G e S in Fig. 1). La condotta di mandata è collegata ad una maglia in polietilene di diametro 40 mm (PN 10) avente una lunghezza complessiva di circa 100 m, caratterizzata dalla presenza di tre punti di scarico/uscita della portata controllati ciascuno da una valvola e indicati con le lettere A, B e C (Fig. 1). Il grado di apertura delle tre valvole di controllo posizionate nei punti A, B e C consente di regolare la portata uscente dal sistema verso il serbatoio e di conseguenza la portata in transito nel sistema stesso. In particolare in corrispondenza del punto di manovra A, è installata un'elettrovalvola con apertura modulabile controllata in remoto mentre le valvole di scarico dei punti B e C sono controllate manualmente. Durante l'esecuzione delle prove sperimentali è stata monitorata la portata circolante all'interno del circuito e la pressione ad una frequenza di 100 Hz a monte e a valle della PRV, rispettivamente nei punti H e G, e in corrispondenza del punto di manovra A.

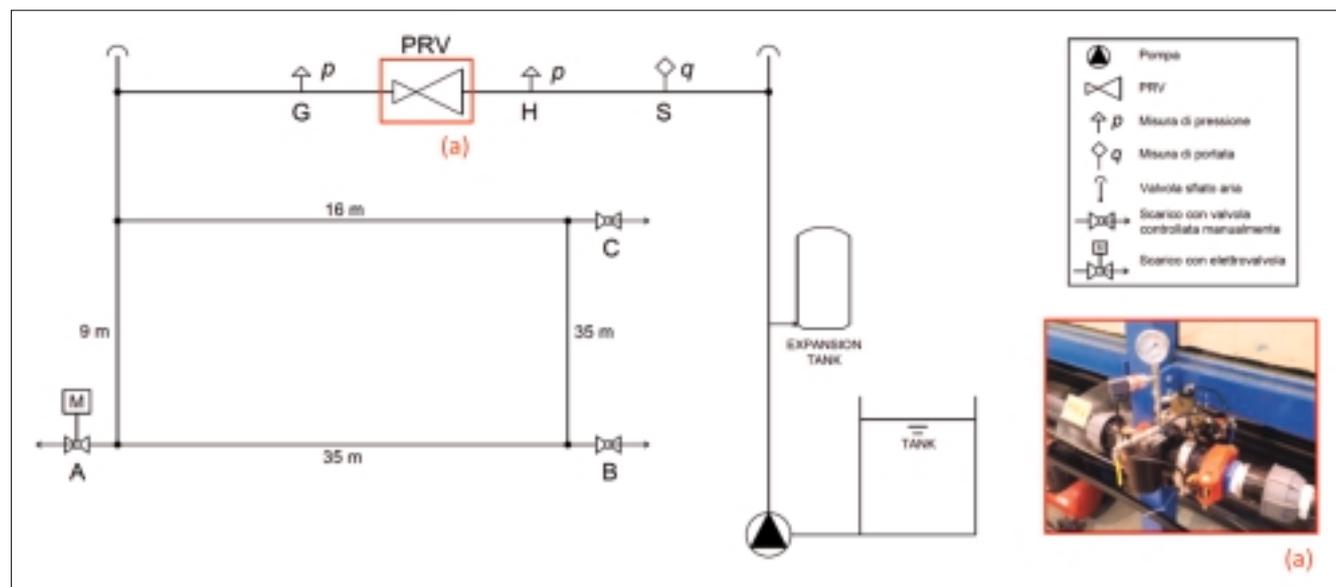


Figura 1 - Schema del sistema idraulico messo a punto nel Laboratorio di Idraulica dell'Università di Ferrara.

La caratterizzazione della PRV a fuso è avvenuta attraverso una serie di prove finalizzate a verificare la capacità del dispositivo di mantenere il valore di set-point imposto a valle a fronte di diversi valori di portata. Il valore di set-point è posto pari a 2.4 bar e il comportamento della PRV è stato investigato a fronte di una brusca variazione ΔQ di portata transitante nel sistema pari a 0.5 L/s a partire da diversi valori di portata iniziale Q_{in} . In particolare sono stati considerati 9 valori di portata iniziale Q_{in} compresi tra 1.4 L/s e 0.6 L/s, con passo di 0.1 L/s, e corrispondenti valori di portata finale Q_{fin} compresi tra 0.9 L/s e 0.1 L/s. Al fine di valutare la variabilità del comportamento della PRV a fronte delle medesime condizioni al contorno, ogni prova è stata ripetuta cinque volte, e per ogni prova il campionamento delle pressioni e delle portate è stato effettuato per una durata di 6 minuti, 1 minuto prima e 5 minuti successivi alla manovra di chiusura del punto B e quindi della riduzione della portata circolante.

3. ANALISI DEI RISULTATI

Dall'analisi delle prove, si è osservato che in condizioni di portata finale Q_{fin} defluente all'interno del sistema superiore a 0.7 L/s la PRV a fuso presenta un corretto comportamento. A titolo di esempio si riportano in Figura 2a i risultati della prova per $Q_{fin} = 0.8$ L/s. Si osserva infatti come a termine dalla manovra di riduzione della portata, il carico di pressione a valle della PRV presenta alcune marcate oscillazioni dovute alla manovra stessa e successivamente tende a stabilizzarsi intorno al valore di set-point imposto.

Prove effettuate considerando valori finali della portata leggermente inferiori, compresi tra 0.6 L/s e 0.3 L/s, evidenziano un comportamento anomalo della PRV la quale tende in alcuni casi a stabilizzarsi rapidamente sul valore di set-point ma in altri a raggiungere il valore del set-point in tempi estremamente lunghi, maggiori del tempo di campionamento pari a 6 minuti, oppure a stabilizzarsi attorno a valori minori che distano circa 0.4 bar dal valore di settaggio prefissato: a titolo di esempio si riportano in Figura 2b i risultati ottenuti nel caso di $Q_{fin} = 0.5$ L/s. La tendenza a stabilizzarsi attorno a due valori di set-point può essere interpretata alla luce del lavoro proposto da Dempster & Alshaiikh (8). Gli autori infatti, studiando il comportamento delle valvole di sicurezza in ambito industriale a fronte di prefissate condizioni di portata, evidenziano che il loro comportamento è influenzato dall'interazione tra la forza agente sul disco e la forza elastica della molla per la quale sono individuate due diverse condizioni di equilibrio. Alla luce di questa analisi, il comportamento della PRV a fuso, per portate inferiori a 0.7 L/s, potrebbe essere influenzato dal funzionamento della valvola pilota che, analogamente alla valvola di

sicurezza analizzata nel lavoro di Dempster & Alshaikh (8), sembra presentare due punti di equilibrio distinti che portano la PRV a stabilizzarsi a diversi valori di pressione.

La difficoltà della PRV a garantire il valore di set-point a valle si accentua nelle due prove caratterizzate da una portata finale Q_{fin} minore o uguale a 0.2 L/s. I risultati relativi al caso di $Q_{fin} = 0.2$ L/s sono riportati a titolo di esempio in *Figura 2c*. Si può infatti osservare come in questo caso a seguito della variazione di portata ΔQ si generi un'instabilità nel sistema e l'andamento della pressione a valle della PRV inizia ad oscillare attorno a un valore medio (minore del valore di set-point) con un'ampiezza di 0.5 bar e con una frequenza di circa 0.5 Hz.

4. CONCLUSIONE

Il presente lavoro ha investigato alcuni comportamenti di una PRV a fuso attraverso prove di laboratorio. Le analisi hanno evidenziato come il comportamento della PRV si diversifichi al decrescere della portata caratterizzante la specifica prova. In particolare, si possono distinguere tre campi di comportamento caratteristici, ovvero un primo campo per portate superiori a 0.7 L/s in cui la PRV presenta un funzionamento corretto, mantenendo la pressione a valle attorno al valore di settaggio e mostrando tempi variabili di stabilizzazione del fuso; per portate di fine prova comprese fra 0.7 L/s e 0.2 L/s, si evidenziano delle criticità nel comportamento della PRV che tende a fallire nel mantenimento del valore di set-point imposto, settandosi intorno a valori minori o riscontrando dei tempi di stabilizzazione estremamente lunghi al fine di raggiungere il valore di settaggio. Questo comportamento può essere riconducibile a una difficoltà intrinseca della valvola pilota a trovare un'univoca configurazione di equilibrio. Infine per portate di fine prova minori di 0.2 L/s, si osserva una condizione di instabilità persistente.

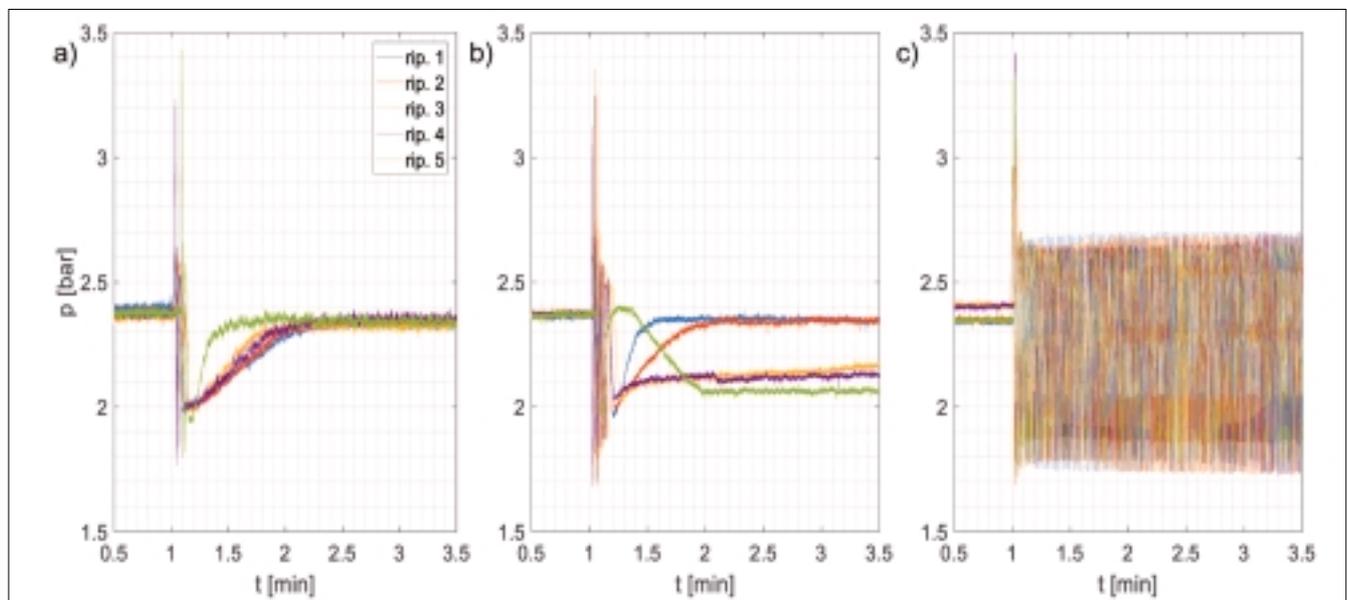


Figura 2 - Andamento delle pressioni campionate nella sezione di valle (punto G) della PRV a fuso durante le prove caratterizzate da a) $Q_{fin} = 0.8$ L/s, b) $Q_{fin} = 0.5$ L/s e c) $Q_{fin} = 0.2$ L/s, ciascuna ripetuta cinque volte.

BIBLIOGRAFIA

1. Janus T., Ulanicki B., 2017. Hydraulic Modelling for Pressure Reducing Valve Controller Design Addressing Disturbance Rejection and Stability Properties. *Procedia Engineering*, 186, 635-642.
2. Giugni M., Fontana N., Ranucci A., 2014. Optimal Location of PRVs and Turbines in Water Distribution Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 140(9), 06014004.
3. Fontana N., Giugni M., Glielmo L., Marini G., Verrilli F., 2018. Real-Time Control of a PRV in Water Distribution Networks for Pressure Regulation: Theoretical Framework and Laboratory Experiments. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 144(1), 04017075.
4. Meniconi S., Brunone B., Mazzetti E., Laucelli D. B., Borta G., 2017. Hydraulic characterization and transient response of pressure reducing valves: laboratory experiments. *Journal of Hydroinformatics*, 19(6), 798-810.
5. Ulanicki B., Skworcow P., 2014. "Why PRVs Tends to Oscillate at Low Flows. *Procedia Engineering*, 89, 378-385.
6. Changklom J., Stoianov I., 2017. Fault Detection and Diagnosis for Pressure Control Valves in Water Supply Networks. *CCWI2017*, Sheffield, UK, 5-7 September, F143.
7. Saisanketvalves, 2019. Available on line at <https://www.saisanketvalves.com> (accessed 24 April 2019).
8. Dempster W., Alshaikh M., 2015. An Investigation of the Two Phase Flow and Force Characteristics of a Safety Valve. *Procedia Engineering*, 130, 77-86.