Laboratorio di Fluidodinamica delle Macchine
Impianto Prova Valvole di Sicurezza in Acqua

Campus Bovisa Sud - Via La Masa 34 - 20158 MILANO

Tel. 02 2399 86 12/25/31 Fax 02 2399 8627

e.mail: franco.marinoni@polimi.it

-
- Responsabile laboratorio: Prof. Vincenzo Dossena
- Responsabile Tecnico Prove in acqua: Ing. Franco Marinoni

	RTP	**R.T.P.**	**R.L.**
15/06/01	Ing. Franco Marinoni	Ing. Vincenzo Dossena	Prof. Ing. Carlo Osnaghi
Data	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1 SPECIFICHE TECNICHE IMPIANTO

PROVA VALVOLE DI SICUREZZA IN ACQUA 3

2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO PROVA VALVOLE DI SICUREZZA IN ACQUA 4

2.1 Dimensioni massime e minime degli orifizi dei campioni in prova 6

2.2 Rilievo dei parametri fluidodinamici che caratterizzano le valvole in prova 7

2.3 Problematiche relative alla caratterizzazione del funzionamento delle valvole di sicurezza operanti con liquidi 8

2.4 ALLEGATO 1 : schema impianto prova valvole di sicurezza in acqua 10

1 SPECIFICHE TECNICHE IMPIANTO PROVA VALVOLE DI SICUREZZA IN ACQUA

	Min.	max
Dimensioni valvole in prova	-	4" × 6"
Pressione massima di prova (barg)	0	10
Contropressione imposta/generata (barg)	0	7.5
Portata (Kg/s)	1	78

N. B. Per le dimensioni degli orifizi si veda il paragrafo 2.1

Grandezze rilevate: pressione di sfioro, pressione di richiusura, contropressione, coefficiente di efflusso, alzata otturatore.

2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO PROVA VALVOLE DI SICUREZZA IN ACQUA

Per la descrizione si fa riferimento allo schema rappresentativo allegato.

Fig. 2 - Sezione di prova delle valvole di sicurezza con installata una valvola (3") con pilota.

L'impianto di prova utilizza come fluido di lavoro acqua, a temperatura ambiente, ed è alimentato da due pompe in serie, rispettivamente azionate da un motore in c.c. (a giri variabili 0 – 1450 rpm) e da uno in a.c. (1450 rpm). La pompa a giri variabili [11] permette una variazione graduale della pressione nel serbatoio [7] che alimenta la valvola in prova [1] (d'ora in avanti chiamata valvola) mentre la pompa a regime di rotazione fisso [10] fornisce una pressione che è legata alla sua curva caratteristica - quindi alla portata fluente nella valvola [1] e nel by-pass [13].

La valvola [1] scarica in un collettore [14] tramite un tronchetto trasparente [4], da 6", dove è possibile visualizzare il flusso per controllare la pressione di sfioro. Il collettore [14] può essere mantenuto a pelo libero per permettere la visualizzazione del flusso (in particolare per rilevare la pressione di sfioro e la pressione di chiusura) nel tronchetto trasparente [4].

La valvola [1] non è direttamente installata sul serbatoio in pressione [7] ma su un tratto di tubazione verticale da 4" dove è situato il misuratore di portata [5].

Il serbatoio [7] di alimentazione della valvola [1] può funzionare con un cuscino d'aria in pressione per smorzare l'inevitabile caduta di pressione che, nei liquidi, è generata dalla brusca apertura della valvola [1].

Il collettore di scarico valvola [14] può funzionare sia a pelo libero che completamento pieno d'acqua.

Il serbatoio di regolazione della pressione dell'impianto [15] può essere pressurizzato con l'aria compressa di servizio per effettuare prove con scarico valvola in contro-pressione.

L'impianto è attualmente dotato di 4 diversi tronchetti (1", 1 ½" 2", 3") di raccordo per l'ingresso [2] e di 4 tronchetti (2", 2 ½" 3", 4") di raccordo per lo scarico [3] della valvola [1].

La temperatura dell'acqua dell'impianto è regolata tramite uno scambiatore di calore collegato ad una torre di raffreddamento.

2.1 Dimensioni massime e minime degli orifizi dei campioni in prova

Nelle seguenti considerazioni si è supposto che la valvola di sicurezza raggiunga la piena alzata con una sovra-pressione trascurabile rispetto alla pressione di sfioro.

In Fig. 3 è rappresentata la curva caratteristica delle due pompe in serie dell'impianto con la pompa a giri variabili che opera a 1130 rpm. Questa velocità di rotazione è quella richiesta per fornire alla valvola [1], con contropressione nulla, la pressione di sfioro di 9 barg.

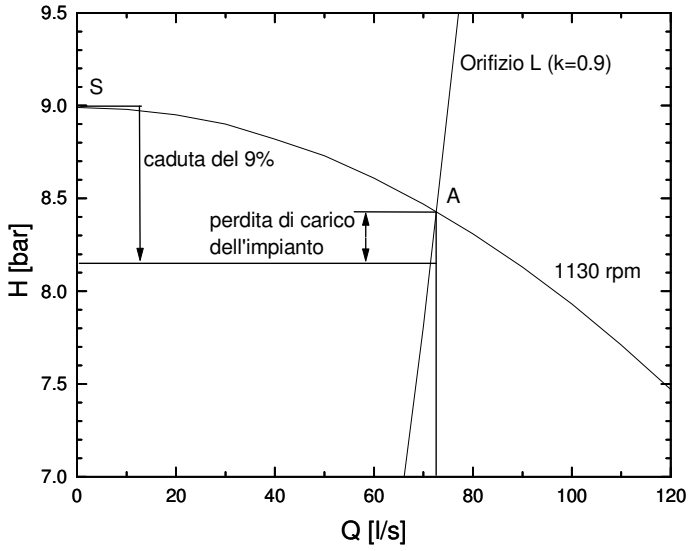

Fig. 3 – Punti di funzionamento dell'impianto con orifizio L

Operando con valvola di by-pass [13] chiusa, le condizioni di sfioro della valvola, senza contropressione, sono rappresentate dal punto S.

Se la valvola aprisse completamente con una minima sovra-pressione, il punto di funzionamento delle pompe si porterebbe nel punto A (Q = 72.6 l/s e H = 8.43) di intersezione della caratteristica delle pompe con quella dell'impianto (tubazioni + valvola). Quest'ultima, trascurando l'eventuale differenza di quota geodetica tra il livello di scarico valvola e il livello nel collettore [14], è definita dalla somma delle perdite di carico del circuito idraulico e della caduta di pressione a cavallo della valvola; si noti che quest'ultima in questo impianto di prova valvole, è largamente predominante sulla perdita di carico (Δp = 0.28 bar a Q = 72.6 l/s); la pressione in ingresso valvola (p_{in}) è comunque penalizzata dalle perdite di carico dell'impianto e risulta p_{in} = 8.43 - 0.28 = 8.15 barg con una conseguente caduta di pressione del 9% rispetto alla pressione di sfioro.

Si noti inoltre che se l'orifizio avesse un coefficiente di efflusso inferiore a quello ipotizzato (K = 0.9), la curva caratteristica dell'impianto risulterebbe più ripida con una conseguente minore caduta

di pressione.

Si noti ancora che con orifizi più piccoli la caratteristica dell'impianto risulterebbe più ripida mentre le perdite di carico risulterebbero inferiori con conseguente diminuzione della caduta di pressione.

Dalle considerazioni precedenti si deduce che la prova di orifizi maggiori con diametro maggiore di 50 mm potrebbero comportare delle cadute di pressioni eccessivamente elevate (se la valvola aprisse completamente con una minima sovra-pressione) che potrebbero interferire con la pressione di blow-down della valvola

Attualmente la dimensione minima degli orifizi è limitata dal campo di misura del misuratore di portata che permette di rilevare una portata minima di 4 l/s con una precisione dell'1% del valore indicato; le caratteristiche di questo strumento comportano una forte penalizzazione della precisione al di sotto di questa portata.

2.2 Rilievo dei parametri fluidodinamici che caratterizzano le valvole in prova

La portata fluente nella valvola viene rilevata con un misuratore di portata elettromagnetico [5] (accuratezza ± 0.5% del valore letto tra 7.8 e 78 l/s) inserito nella tubazione (4") di alimentazione della valvola.

La pressione totale di ingresso in valvola viene valutata dalla misura della pressione statica (trasduttore di pressione estensimetrico - accuratezza 0.09% FS) nella sezione A (a monte del trochetto 2) e dalla velocità del flusso nella tubazione, derivata dalla portata misurata.

La pressione statica di scarico dalla valvola (trasduttore di pressione estensimetrico - accuratezza 0.09% FS) viene misurata nella sezione B sul tronchetto di scarico [3].

L'alzata dell'otturatore viene misurata, tramite un trasduttore magnestrittivo (accuratezza 1% FS), nel coperchio, appositamente attrezzato, della valvola.

I segnali dei trasduttori vengono raccolti da un sistema acquisizione dati asservito ad un PC.

2.3 Problematiche relative alla caratterizzazione del funzionamento delle valvole di sicurezza operanti con liquidi

I fenomeni transitori negli impianti operanti con liquidi sono fortemente influenzati dall'elevata densità del fluido che comporta l'insorgere di notevoli forze d'inerzia.

Nel paragrafo 1.1.1 si è presa in considerazione la caduta di pressione, all'ingresso valvola, dovuta alla pendenza della caratteristica interna delle pompe. In questo paragrafo si prenderanno in considerazione le varazioni di pressioni conseguenti ai fenomeni instazionari.

Per valutare l'effetto di questi fenomeni, sull'impianto di prova valvole, si è eseguito un calcolo di prima approssimazione della caduta di pressione attraverso alla valvola, della portata da essa smaltita e della portata fornita dalle pompe, nel transitorio, supponendo che la valvola apra istantaneamente.

$$\Delta Q_{pompa} = \frac{\Delta p}{\rho}\frac{S}{L}\Delta t$$

dove:

$\Delta p = p_{pompa} - p_{serbatoio}$
S = sezione della tubazione (6")
L = lunghezza della tubazione (10 m)

La p_{pompa} risulta determinata dalla curva caratteristica delle due pompe in serie supponendo di non imporre alcuna variazione del regime di rotazione di entrambe.

In Fig. 2.3 si può notare che, all'apertura istantanea della valvola, la pressione nel serbatoio cade del 50% in meno di 0.03 s

È evidente che con questa caduta di pressione la valvola sarebbe costretta a richiudere provocando delle sovrappressioni nell'impianto che dipendono dalla rapidità di chiusura della valvola e che possono far insorgere fenomeni di colpo d'ariete.

Nella realtà la valvola non apre istantaneamente, come si è supposto per questo calcolo, e quindi la caduta di pressione risulta senz'altro più contenuta con minore rischio di colpi d'ariete.

Si ritiene necessario eseguire una serie di prove, con differenti dimensioni e caratteristiche delle

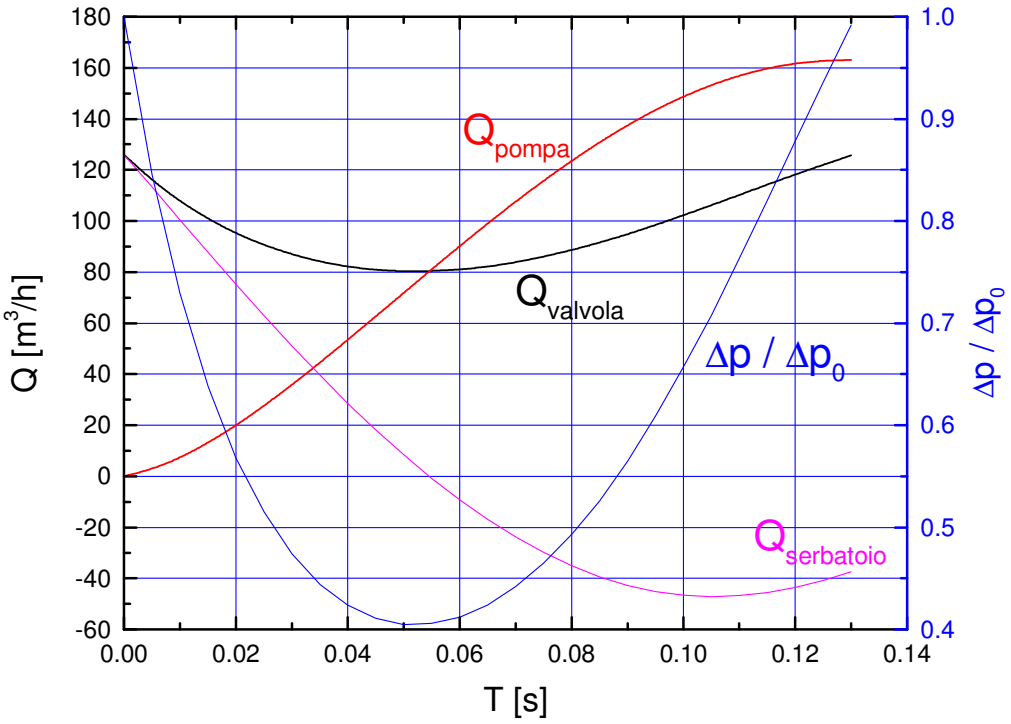

Fig. 2.3. Valori calcolati, in funzione del tempo, delle portate nei componenti dell'impianto e della variazione del Δp a cavallo della valvola

valvole, per analizzare, con trasduttori ad alta risposta in frequenza, l'eventuale insorgenza di fenomeni transitori pericolosi per l'impianto.

In Fig. 2.3 sono riportati i risultati di questo calcolo per una valvola con un orifizio da 32.515 mm con un Δp_0 iniziale a cavallo della valvola di 9.27 bar. Per effettuare questo calcolo si è supposto che all'istante iniziale, nel serbatoio in pressione [7], esistesse un piccolo volume d'aria di 1.4 dm^3; la portata $Q_{serbatoio}$ rappresenta quindi la portata che è in grado di fornire questo serbatoio in conseguenza dell'espansione di questo piccolo volume di aria; la $Q_{valvola}$ rappresenta la portata scaricata dalla valvola, che è generata dal Δp, e risulta pari alla somma della $Q_{serbatoio}$ e della Q_{pompa}. La variazione di quest'ultima è stata calcolata, supponendo la valvola di by-pass [13] chiusa, tenendo conto dell'inerzia dell'acqua contenuta nelle tubazioni. Questa variazione della portata è stata quindi calcolata dalla seguente relazione che lega la pressione allo scarico delle pompe (p_{pompa})con quella nel serbatoio in pressione ($p_{serbatoio}$).

2.4 ALLEGATO 1 : schema impianto prova valvole di sicurezza in acqua

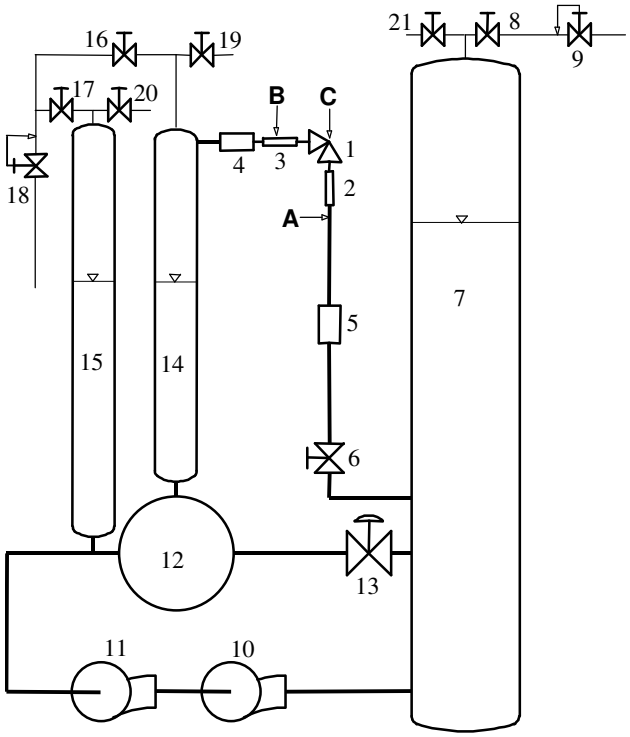

Fig. 1 – Schema dell'impianto prova valvole di sicurezza in acqua

1 - Valvola in prova
2 - Raccordo valvola in prova
3 - Raccordo valvola in prova
4 - Tronchetto trasparente in plexiglass
5 - Misuratore di portata
6 - Valvola di intercettazione
7 - Serbatoio in pressione
8 - Valvola di intercettazione aria compressa
9 - Riduttore di pressione
10 - Pompa a rpm costante
11 - Pompa a rpm variabile
12 - Collettore aspirazione pompe
13 - Valvola di by-pass
14 - Collettore scarico valvola in prova
15 - Serbatoio di regolazione pressione impianto
16, 17 - Valvole d'intercettazione aria di servizio
18 - Riduttore di pressione aria di servizio
19, 20, 21 – Valvole scarico aria in atmosfera
A, B - Sezioni di misura delle pressioni statiche
C - Misura d'alzata otturatore valvola in prova