

# Valvole di massima pressione pilotate e ad azione diretta

SECONDO DIVERSE TESTIMONIANZE DI TECNICI, LE VALVOLE DI MASSIMA PRESSIONE PILOTATE, IN ALCUNE CONFIGURAZIONI E NEL CASO DI IMPROVVISI PICCHI DI PRESSIONE, SONO PIÙ RAPIDE AD INTERVENIRE DI QUELLE AD AZIONE DIRETTA. VEDIAMO DI DARE UNA SPIEGAZIONE DEL FENOMENO STUDIANDO PER VIA PURAMENTE NUMERICA IL FUNZIONAMENTO DI UNA DI ESSE. CON IL PROPOSITO DI APPROFONDIRE IN UN FUTURO PROSSIMO TALE STUDIO MEDIANTE PROGRAMMI QUALI AMESIM, METTENDO IN CONTO ANCHE LE INERZIE E LE RISPOSTE DINAMICHE DI UNA VALVOLA CAMPIONE.

**A**nalizziamo prima di tutto il funzionamento di una valvola di massima ad azione diretta quale la valvola a cartuccia CD di fig.1 (produttore ditta Diplomatic Motion Solutions - Parabigo), supposto che essa sia tarata per iniziare la sua apertura a 350 bar nell'utilizzo quale valvola antiurto di un motore idraulico. Si precisa che in questa funzione sarebbero più consigliabili le valvole di massima differenziali, cioè quelle che accettano pressione sul fianco e scaricano frontalmente, perché a pari dimensioni della sede hanno una luce di passaggio più grande ed una molla meno rigida (si tratta però di un puro esempio di confronto e comunque anche per esse valgono gli stessi ragionamenti). In caso di un improvviso picco di pressione dovuto ad urto esterno che arresti bruscamente la rotazione del motore, si genera, prima ancora di un flusso vero e proprio di portata in cerca di sfogo tramite la valvola di massima, un'onda di pressione che nell'olio minerale si muove mediamente a 1700 m/s. Perciò, per evitare che la pressione nel circuito superi di molto il valore della taratura nominale di 350 bar, per limitare cioè il cosiddetto colpo d'ariete, la valvola di massima dovrebbe reagire aprendosi in

tempi brevissimi, dell'ordine di alcuni millesimi di secondo. Ciò però le è inibito perché essa, causa la precarica della molla, non inizia ad aprirsi se non dopo i 350 bar, inoltre perché quando la luce di passaggio si apre questa è relativamente piccola introducendo notevoli perdite di carico di attraversamento, ed infine perché la massa del cono più pistoncino di smorzamento, più in parte quella della molla, ne rallenta la risposta con la sua inerzia. In fig.2 si riporta la sede di alloggiamento della valvola CR Diplomatic evidenziando come, nonostante un diametro della sede di tenuta 17,5 mm, foro di adduzione da 13-16 mm e scarico 8,5 mm, la portata dichiarata non superi i 50 lpm.

## La valvola pilotata a cartuccia

Passiamo ora ad analizzare la valvola pilotata a cartuccia PRK10 Diplomatic di fig.3 e la sua sede di alloggiamento SAE-10 di fig.4. Si nota come il diametro di tenuta 15,875 mm sia addirittura più piccolo di quello della CR, che i fori di adduzione e scarico non siano molto più grandi, che la profondità della sede sia addirittura inferiore e tuttavia essa è accreditata di una portata massi-

ma di 100-120 litri/minuto. Con riferimento alla fig.3 ciò si spiega facilmente perché la cartuccia che mette in scarico la portata ha un diametro di 10 mm contro i 6,5 mm dello spigolo di tenuta della CR. Premettiamo che tutte le quote che saranno citate per le valvole sono dedotte in scala ed ammettono perciò una certa tolleranza.

La cartuccia quindi della PRK scorre su un diametro di 10 mm e, come analoghe valvole di altri costruttori, utilizza un accoppiamento cilindrico e non a sede, come invece si fa negli elementi idrologici. Ciò ne semplifica la costruzione e riduce i costi in quanto non è necessario un particolare indurimento della sede di tenuta e del corpo valvola e vi è un diametro in meno da lavorare. Il fatto tuttavia che il ricoprimento positivo fra spola e sede, evidenziato in rosso in fig.3, sia di c.a 1 mm inficerebbe l'effetto antiurto secondo l'ipotesi proposta nel presente articolo.

Ci permettiamo allora di ridisegnare la stessa valvola in fig.5 con ricoprimento nullo e tenuta a sede, laddove appena la spola si muova si apre una luce anulare di diametro 10 mm, mentre nella versione industrializzata ciò avviene solo dopo che la spola si sia spostata di 1 mm circa. Con

la approssimazione anticipata, la camera alle spalle della cartuccia ha un volume di  $1060 \text{ mm}^3$  mentre la molla in essa contenuta occupa  $104 \text{ mm}^3$ , il volume residuo a disposizione del fluido è perciò di  $956 \text{ mm}^3$ .

Non ci è possibile con gli strumenti di calcolo a disposizione tener conto per ora degli effetti di ritardo apertura dovuti della massa inerziale della cartuccia e di metà molla, che reputiamo tuttavia abbastanza trascurabili rispetto all'avanzamento di un fronte di pressione che ipotizziamo qui di 350 bar (anche se si tratta evidentemente di una forzatura perché il valore del picco di pressione dipende dall'entità del colpo d'ariete) e che impatta sulla sezione di diametro 10 mm con una velocità di 1700 m/s esprimente una forza risultante di 2,75 kN.

Le ipotesi dello scrivente relative alla sequenza di intervento della valvola pilotata di fig.5, si suppone tarata per inizio apertura a 350 bar, sono dunque le seguenti: La pressione del circuito è inizialmente molto bassa e vicina allo zero perché l'ipotetico motore gira quasi senza carico. L'onda di pressione a 350 bar dovuta al colpo d'ariete conseguente all'arresto pressoché istantaneo della rotazione del motore arriva a velocità di 1700 m/s ad impattare sulla sezione frontale della cartuccia di diametro 10 mm e superficie  $0,7854 \text{ cm}^2$ . Ne consegue una spinta di 2,748 kN.

## L'azione dell'onda di pressione

L'azione dell'onda di pressione è così rapida che la cartuccia tende a muoversi prima che la camera posteriore lato molla possa essere pressurizzata tramite aggiunta di fluido mediante il foro calibrato frontale di diametro 0,6-0,8 mm. Non c'è tempo pertanto perché avvenga la sequenza normale di apertura secondo la quale la camera posteriore va in pressione grazie al foro calibrato per addizione di olio che comprimendo il fluido già presente lo porta a 350 bar, man-

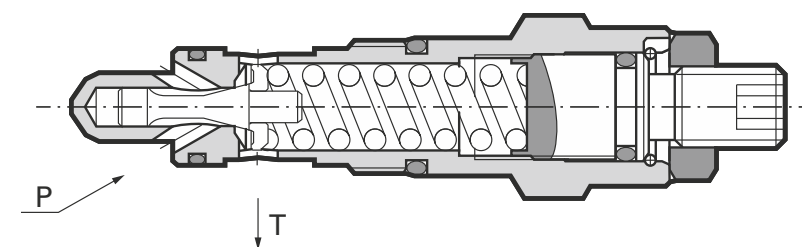


Fig.1 - Valvola di massima diretta CR.

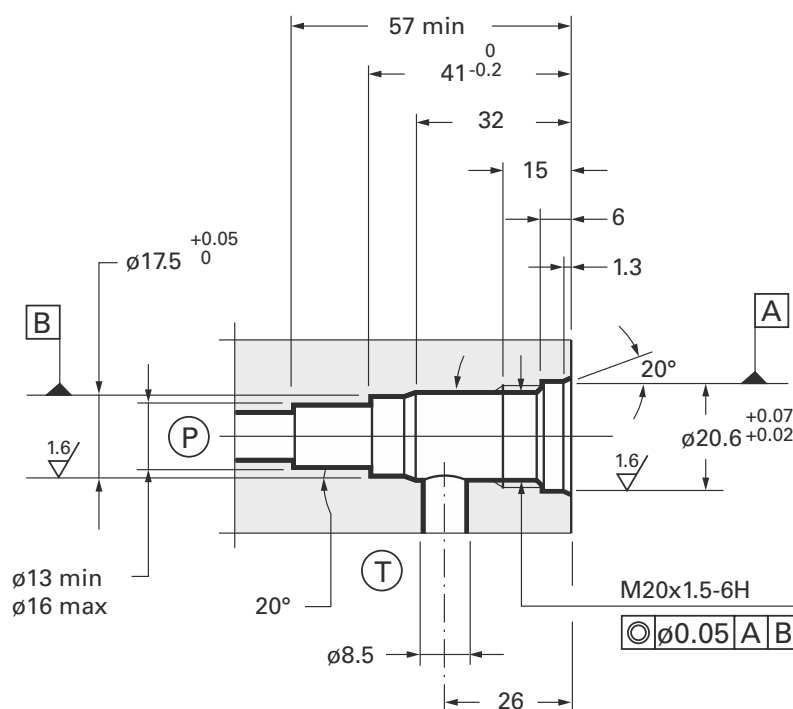


Fig.2 - Sede della valvola CR

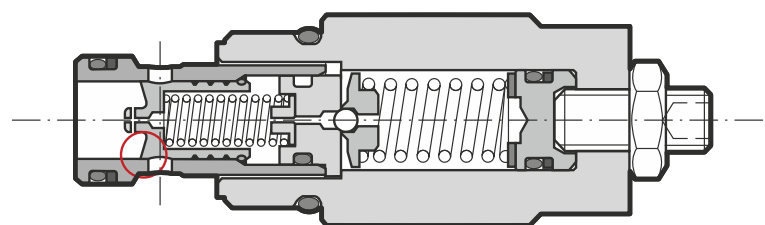


Fig.3 - Valvola di massima pilotata PRK10.

tenendo pertanto la cartuccia chiusa per differenza di spinte sulla medesima, sommandosi posteriormente all'azione della pressione la spinta di alcuni bar equivalenti dovuta alla molla, finché non intervenga aprendosi lo stadio pilota, tarato come ipotizzato a 350 bar, permettendo anche alla cartuccia principale di aprirsi a scarico.

Si ipotizza invece che la spinta di 2,748 kN con la sua rapidità pressurizzi la camera posteriore per comprimibilità del fluido in essa contenuto aprendo almeno parzialmente

la cartuccia verso scarico e che solo dopo, entrando in azione lo stadio pilota, si completi la sua apertura totale.

Si immagina inoltre che fra la fase di "pre-apertura" e quella di apertura completa vi possano essere oscillazioni smorzate della cartuccia principale. Per verificare la possibilità di tale comportamento si calcola la riduzione di volume del fluido nella camera posteriore per un gradiente di pressione da 0 a 350 bar prescindendo come detto dalla inerzia dovute alle masse e dalla spinta della

Fig.4 - Sede SAE-10 della valvola PRK.

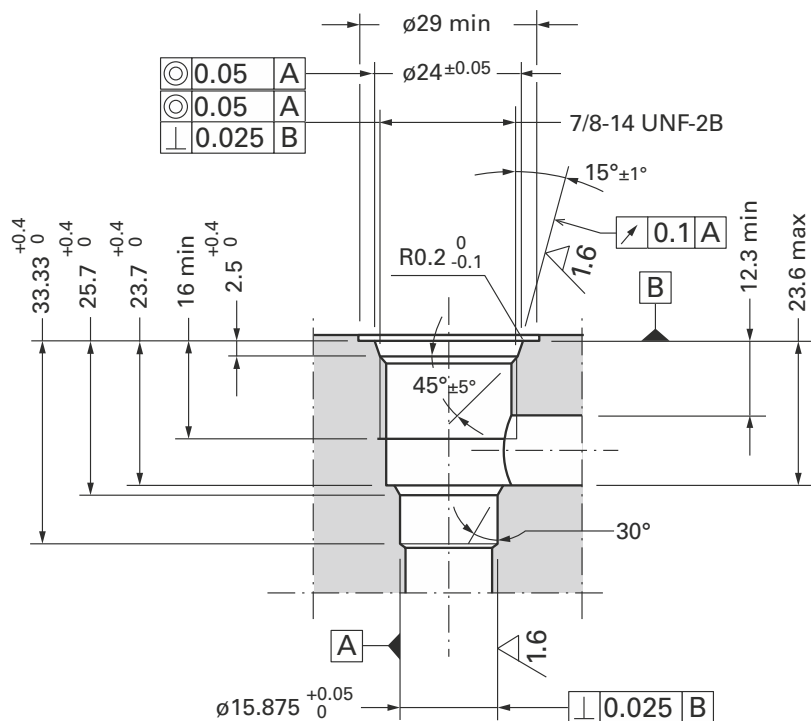


Fig.5 - Valvola PRK con profilo di tenuta modificato.

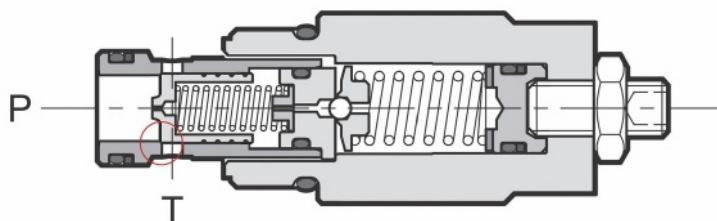
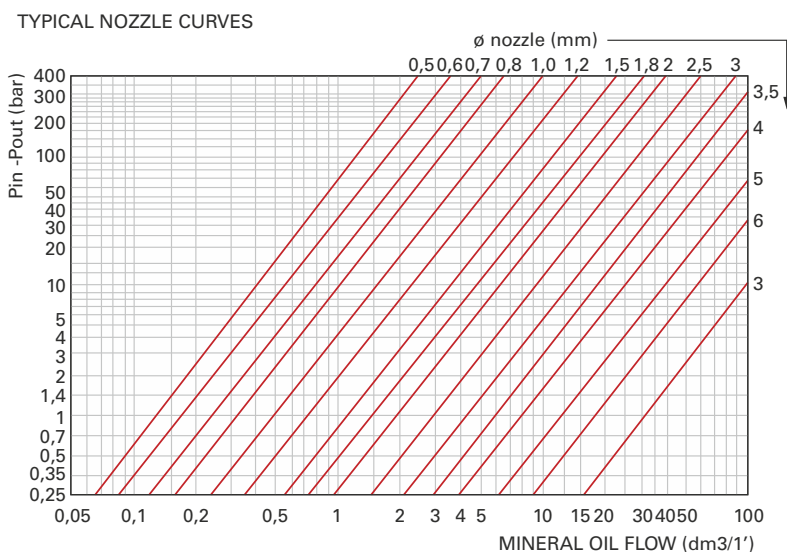


Fig.6 - Perdite di carico nei fori calibrati in parete sottile.



molla, quest'ultima percentualmente trascurabile. La comprimibilità di un olio idraulico è legata alla seguente formula, espressa in unità di misura omogenee:  
 $\Delta V = \beta \cdot V \cdot \Delta P$

dove il coefficiente di comprimibilità  $\beta$ , per valori di P attorno ai 300 bar, vale  $0,7 \cdot 10^{-9}$ . In pratica si dice che il volume V si riduce di uno 0,7 % ogni 100 bar di aumento di pressione. In realtà il fluido a pressioni

di 100-200 bar è più comprimibile di uno 0,7 %. Risulta comunque, assumendo cautelativamente il valore più elevato di rigidità del fluido:

$$\Delta V = 0.7/100 \cdot 956 \text{ mm}^3 \cdot 350/100 = 23,5 \text{ mm}^3$$

Dividendo tale riduzione di volume per la sezione della cartuccia, pari a  $78,54 \text{ mm}^2$ , risulta una pre-apertura, chiamiamola un saltello,  $\Delta L = 0,3 \text{ mm}$ . Si apre allora verso scarico una luce anulare di sezione  $A = \pi \cdot 10 \cdot 0,3 = 9,43 \text{ mm}^2$  che equivale a quella di un foro calibrato di diametro 3,5 mm. Come risulta dalla fig.6, sotto una differenza di pressione di 350 bar un tale foro sarebbe in grado di portare a scarico oltre 100 litri/minuto. Poiché tuttavia in una luce anulare il coefficiente di efflusso è normalmente più basso (c.a 0,5 contro 0,62) che in una luce circolare, tale portata risulterà circa  $Q = 100 \cdot 0,5 / 0,62 = 80$  litri/minuto.

© RIPRODUZIONE RISERVATA

## IN CONCLUSIONE

Si è ipotizzato che una valvola di massima pressione pilotata, il cui corpo principale sia una cartuccia con tenuta a sede, possa reagire ad un fronte di pressione aprendosi con velocità maggiore di una valvola a comando diretto che abbia un alloggiamento dimensionalmente simile. Si ritiene che questo fenomeno, se verificato, dipenda dalla comprimibilità del fluido nella camera posteriore della cartuccia, là dove è presente la molla. Basandosi sulla geometria di una valvola PRK10 Duplomatic, leggermente modificata dallo scrivente per creare una tenuta a sede anziché a spool, si è potuto calcolare in primissima approssimazione come la cartuccia si sollevi di 0,3 mm per un urto di pressione di 350 bar prima ancora che il suo stadio pilota intervenga, permettendo così di "tagliare" il picco di pressione con una portata istantanea a scarico di oltre 80 litri/minuto.