

VII.6 DIMENSIONAMENTO DI UNA VALVOLA DI BY-PASS

Si vuole dimensionare una valvola di *by-pass* per una pompa di circolazione di un circuito chiuso, come mostrato in figura. La valvola deve essere in grado di ricircolare la portata di acqua a 20°C, in caso di chiusura della valvola di intercettazione posta sulla mandata della pompa e mancato arresto della stessa, limitando la massima pressione del circuito al valore ammesso per le tubazioni e le flange utilizzate (PN16). Tramite il controllo della valvola di *by-pass* si vuole anche regolare con precisione la portata circolante fino al 70% della portata nominale. La pressione nell'accumulatore, posto immediatamente a monte della valvola è 6 bar. La pompa centrifuga ha una curva caratteristica che può essere rappresentata analiticamente dall'equazione:

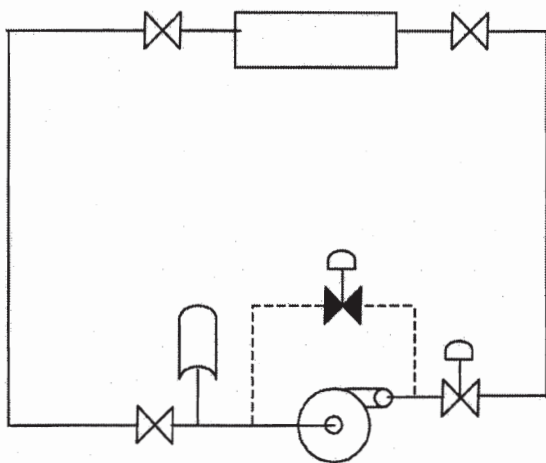


Fig. 1

$$\Delta H_p = -3.043 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 0.024 \cdot Q + 12.0$$

Con Q in m^3/h e ΔH_p in bar.

La curva caratteristica del circuito è la seguente:

$$\Delta p_c = 3.5 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$$

Con Q in m^3/h e ΔP_{ir} in bar.

Il circuito di *by-pass* della pompa può essere considerato caratterizzato dalle sole cadute di pressione della valvola da dimensionare.

Si intende usare una valvola del tipo intermedio fra lineare ed equipercentuale, il cui coefficiente di efflusso può essere ottenuto dalla tabella 1.

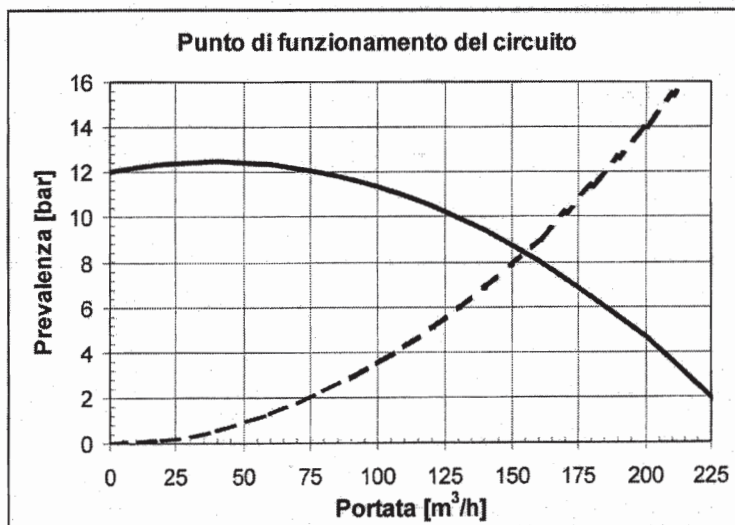


Fig. 2

Il punto di funzionamento del circuito con la valvola di *by-pass* chiusa, si ottiene dall'intersezione delle curve della pompa e del circuito (fig.2). Risolvendo analiticamente l'equazione ottenuta eguagliando le due funzioni analitiche, si ha:

$$Q = 155 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta H_p = 8.41 \text{ bar}$$

Tab. 1 - Coefficienti di efflusso della valvola

Body Size	Trim Size	Flow Coefficient (Kv)									
		Valve Opening - Percent of Total Travel									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1"	1"	1.01	1.98	3.30	5.75	9.43	13.15	15.31	16.69	17.47	17.73
1.5"	1"	1.01	1.98	3.71	6.70	11.42	16.52	21.80	26.38	29.50	31.14
	1.5"	2.71	5.24	8.37	15.31	24.91	34.60	40.83	44.63	46.71	47.40
2"	1"	1.01	1.98	3.71	6.70	11.42	16.95	22.23	27.25	30.36	32.09
	1.5"	4.35	6.63	8.24	11.16	15.92	21.54	29.06	38.06	46.19	51.47
	2"	4.33	9.52	17.56	29.24	42.30	53.11	58.13	60.12	61.24	61.93
3"	1"	1.01	1.98	3.71	6.70	11.42	16.95	22.23	27.25	30.36	32.09
	1.5"	4.35	6.63	8.24	11.16	15.92	22.66	30.79	39.96	49.31	56.31
	2"	4.33	8.52	14.36	26.47	40.83	54.41	66.61	76.81	83.39	87.37
	3"	5.32	12.89	23.96	45.41	69.46	89.96	102.07	107.26	110.72	111.59
4"	1"	1.01	1.98	3.71	6.70	11.42	16.95	22.23	27.25	30.36	32.09
	1.5"	4.35	6.63	8.24	11.16	15.92	22.66	32.78	43.77	53.72	58.30
	2"	5.36	9.95	18.08	32.09	45.93	60.81	71.02	80.70	89.96	95.15
	3"	12.80	25.09	38.15	51.12	69.72	96.02	116.78	130.62	143.59	148.78
	4"	7.28	18.68	33.13	61.85	98.61	128.02	153.11	169.54	179.06	182.52
6"	2"	5.36	9.95	18.08	32.09	45.93	60.81	71.02	80.70	89.96	95.15
	3"	12.80	25.09	38.15	58.13	83.56	108.99	134.08	156.57	168.68	181.65
	4"	13.32	27.07	49.74	87.37	125.43	164.35	202.41	235.28	254.31	273.34
	6"	17.13	34.69	66.35	110.72	166.08	217.98	269.88	304.48	326.97	346.00
8"	4"	13.32	27.07	57.61	101.21	145.32	190.30	234.42	272.48	294.10	316.59
	6"	23.18	46.88	86.24	151.38	217.98	284.59	351.19	407.42	441.15	474.02
	8"	31.40	65.05	119.37	209.33	324.38	451.53	554.47	625.40	674.70	696.33

Il punto a più alta pressione del circuito è in corrispondenza della mandata della pompa, dove si ha una pressione pari a quella dell'accumulatore più la prevalenza fornita. Nel caso di chiusura della valvola di intercettazione sulla mandata, tale pressione deve essere inferiore al limite dettato dalle caratteristiche delle tubazioni e delle flange (PN16). Si assume una pressione massima di 15 bar per cui, essendo la pressione nell'accumulatore pari a 6 bar, la prevalenza della pompa non dovrà essere maggiore di $\Delta H_0 = 9$ bar. Dalla curva caratteristica della pompa centrifuga, a tale prevalenza corrisponde una portata $Q_0 = 146.2$ m³/h. Poichè alla chiusura della valvola di intercettazione la valvola di by-pass verrà automaticamente aperta, ed essendo la caduta di pressione attraverso tale valvola coincidente con la prevalenza della pompa in tali condizioni, il K_v della valvola dovrà essere almeno pari a:

$$K_v = Q_0 \cdot \sqrt{\frac{\rho^*}{\Delta p_0}} = 146.2 \cdot \sqrt{\frac{1}{9}} = 48.73$$

Dalla tabella 1 si può vedere che una valvola da 3", con una corsa dello stelo di 1.5" è in grado di soddisfare la richiesta con un grado di apertura (alzata dello stelo) inferiore al 90%. Dovendo progettare il sistema di ricircolazione, anche la linea di by-pass verrà scelta da 3", potendo così porre $F_p = 1$.

Bisogna ora verificare che la valvola scelta sia in grado di consentire una regolazione della portata circolante fino al 70% della portata nominale.

La regolazione della portata tramite by-pass (fig. 3) non è ottimale in confronto ad una regolazione effettuata variando la caratteristica esterna del circuito, in quanto si dissipa una maggiore quantità di energia. Essa viene utilizzata in questo caso al fine di evitare l'installazione di un'altra valvola di regolazione.

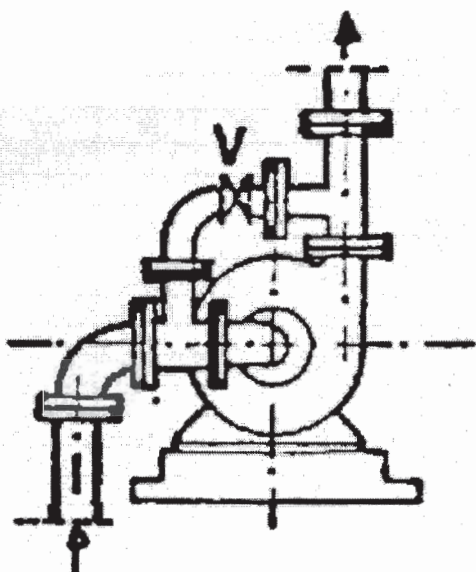


Fig. 3

Dalla fig. 4 si può notare che, se la portata nel circuito diventa pari al 70% di quella nominale (passando da $Q = 155$ a $Q' = 108.5 \text{ m}^3/\text{h}$), le perdite di carico nel circuito corrispondono a **4.12 bar** (punto B in fig. 4).

La pompa dunque fornirà questa prevalenza e la portata elaborata sarà pari a **205.1 m³/h** (punto C in fig. 4).

La differenza fra la portata elaborata dalla pompa e quella nel circuito dovrà attraversare la valvola di bypass:

$$Q'' = 205.1 - 108.5 = 96.6 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (punto D in fig. 4)}$$

Il K_V richiesto alla valvola sarà dunque pari a:

$$K_V = Q'' \cdot \sqrt{\frac{\rho^*}{\Delta p''}} = 96.6 \cdot \sqrt{\frac{1}{4.12}} = 47.59$$

Quindi si otterrà nel circuito una portata pari al 70% di quella nominale aprendo la valvola con una alzata dello stelo prossima anche in questo caso all'87%.

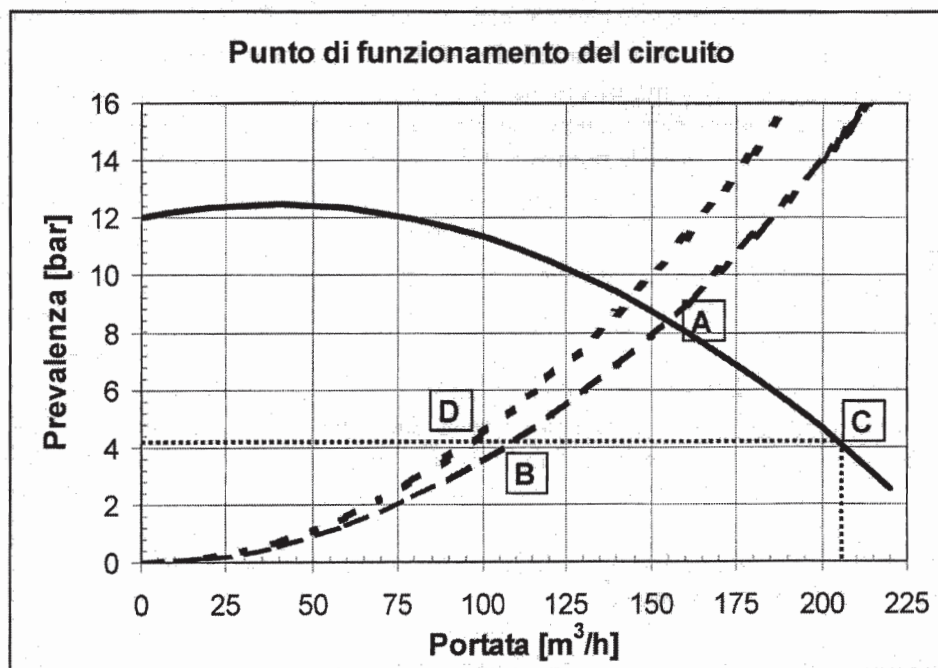


Fig. 4

Ciò consentirà una regolazione abbastanza fine della portata nel circuito fra il 70% ed il 100% del valore nominale, in quanto la valvola ha un ampio intervallo di regolazione. Supponendo che l'apertura minima in grado di controllare la portata corrisponda al 10% di alzata dello stelo, dalla tabella 1 si vede che a tale valore corrisponde un K_V di 4.53.

Si vuole quindi valutare quale portata circola nel circuito in tali condizioni.

La condizione da imporre è che la prevalenza della pompa e le cadute di pressione nel circuito e nella valvola siano uguali per una portata nel circuito Q_c e nella pompa Q_p , tali che la portata nella valvola sia pari alla loro differenza.

Quindi $\Delta H_p = \Delta p_c = \Delta p_v$:

$$\Delta H_p = A \cdot Q_p^2 + B \cdot Q_p + C \quad (A=3.043 \cdot 10^{-4}, B=0.024, C=12) \quad (1)$$

$$\Delta p_c = D \cdot Q_c^2 \quad (D=3.5 \cdot 10^{-4}) \quad (2)$$

$$\Delta p_v = \frac{(Q_p - Q_c)^2}{K_V^2} \quad (3)$$

Uguagliando la (2) e la (3):

$$Q_p^2 - 2 \cdot Q_p \cdot Q_c + (1 - K_V^2 \cdot D) \cdot Q_c^2 = 0$$

$$Q_p = Q_c + \sqrt{Q_c^2 - Q_c^2 \cdot (1 - K_V^2 \cdot D)} = Q_c \cdot (1 + K_V \cdot \sqrt{D}) \quad (4)$$

Il segno positivo è giustificato dal fatto che deve essere $Q_p > Q_c$.

Sostituendo la (4) nella (1) ed eguagliando la (1) e la (2):

$$\left[A \cdot (1 + K_V \cdot \sqrt{D})^2 - D \right] \cdot Q_c^2 + B \cdot (1 + K_V \cdot \sqrt{D}) \cdot Q_c + C = 0$$

da cui si può ricavare Q_c :

$$Q_c = \frac{-F \pm \sqrt{F^2 - 4 \cdot E \cdot C}}{2 \cdot E}$$

in cui:

$$E = A \cdot (1 + K_V \cdot \sqrt{D})^2 - D = 3.043 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 4.53 \cdot \sqrt{3.5 \cdot 10^{-4}})^2 - 3.5 \cdot 10^{-4} = 7.0806 \cdot 10^{-4}$$

$$F = B \cdot (1 + K_V \cdot \sqrt{D}) = 0.024 \cdot (1 + 4.53 \cdot \sqrt{3.5 \cdot 10^{-4}}) = 0.026$$

e si ottiene $Q_c = 149.83 \text{ m}^3/\text{h}$ (96.7% della portata nominale, punto A in fig. 5).

Sostituendo nella (4):

$Q_p = 162.53 \text{ m}^3/\text{h}$ (punto B in fig. 5)

Ed infine:

$Q_v = 12.7 \text{ m}^3/\text{h}$. (punto C in fig. 5)

Per una prevalenza della pompa di 7.86 bar.

Dunque la valvola di regolazione è in grado di controllare la portata nel circuito fra il 70% ed il 96.7% della portata nominale entro l'intervallo operativo ottimale del 10-90% dell'alzata dello stelo.

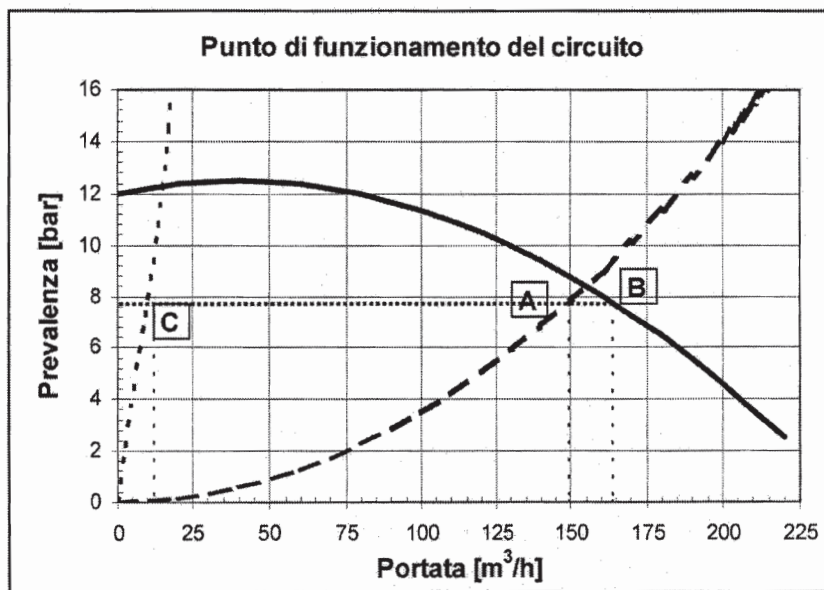


Fig. 5