

ESERCITAZIONE 3

a) Completare il dimensionamento dell'impianto tenendo conto delle specifiche.

Si sceglie come pressione presente nel martinetto un valore tipico per un impianto:

$$P_{MARTINETTO} = 150 \text{ bar}$$

Da tale valore di pressione è possibile ottenere il diametro del martinetto. La forza massima che il martinetto deve contrastare è il peso della massa più la reazione della molla alla massima contrazione:

$$F_{MAX} = Mg + ck \cong 39620 \text{ N}$$

Per cui l'area della sezione del martinetto sarà ricavabile come:

$$A = \frac{F_{MAX}}{P_{MARTINETTO}} \cong 26.4 \text{ cm}^2$$

da cui si ricava il diametro del martinetto:

$$d_{MARTINETTO} = 2\sqrt{\frac{A_{MARTINETTO}}{\pi}} \cong 5.8 \text{ cm}$$

Essendo poi stabilito che il martinetto deve essere in grado di estendersi per una corsa c di 0.8 m completamente in 10 s, si ricava la portata della pompa:

$$Q = \frac{cA_{MARTINETTO}}{\Delta t} \cong 211.2 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Si procede ora alla scelta dei tubi, per i tratti 1-2, 3-4 e 5-6. Innanzitutto si valuta la perdita di carico nel distributore; dalla tabella con una interpolazione lineare si ottiene:

$$\Delta p_{DISTRIBUTORE} \cong \left(2.05 + \frac{4.61 - 2.05}{240 - 160} (211.2 - 160) \right) \text{ bar} \cong 3.68 \text{ bar}$$

Per la scelta del tubo si considerano insieme i tratti 3-4 e 5-6, che danno una lunghezza complessiva di 2 m. La legge delle perdite di carico è:

$$\Delta p = \frac{1}{2} \lambda \rho v^2 \frac{L}{D} = 8\lambda \rho \frac{Q^2 L}{\pi^2 D^5}$$

dove $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$ e $\lambda = 0.03$.

Come criterio di dimensionamento si sceglie di imporre che le perdite di carico distribuite siano all'incirca inferiori rispetto a quelle nel distributore:

$$8\lambda \rho \frac{Q^2 (L_{3-4} + L_{5-6})}{\pi^2 D^5} < 3 \text{ bar} \Rightarrow D > \sqrt[5]{8\lambda \rho \frac{Q^2 (L_{3-4} + L_{5-6})}{\pi^2 3 \text{ bar}}} \cong 5.7 \text{ mm}$$

Si sceglie quindi di prendere il tubo di diametro appena superiore fra quelli disponibili (anche per il tratto 1-2):

$$d_{1-2} = d_{3-4} = d_{5-6} = 10 \text{ mm}$$

A questo punto è possibile ricavare la pressione che dovrà esserci all'uscita della pompa:

$$P_{POMPA} = P_{MARTINETTO} + \Delta p_{5-6} + \Delta p_{DISTRIBUTORE} + \Delta p_{3-4} = 150 \text{ bar} + 0.138 \text{ bar} + 3.68 \text{ bar} + 0.0461 \text{ bar} \cong 154 \text{ bar}$$

Su questa pressione si regola la valvola, per un valore maggiore del 30%:

$$P_{TARATURA VALVOLA} = 200 \text{ bar}$$

E' ora possibile il dimensionamento della pompa; la potenza sarà (tralasciando le perdite di carico nel tratto 1-2):

$$P_I = \frac{Q(p_{POMPA} - 1 \text{ bar})}{\eta_v} \cong 3.37 \text{ kW}$$

Anche la cilindrata si ricava immediatamente:

$$V = \frac{Q}{n\eta_v} \cong 4.40 \text{ cm}^3$$

Per il tratto di ritorno si procede immaginando che la portata sia costante e che la forza esercitata dalla massa e molla assuma un valore costante pari ad un valore medio (pistone a metà corsa):

$$p = \frac{Mg + \frac{1}{2}ck}{A_{MARTINETTO}} \cong 112.2 \text{ bar}$$

per ottenere uno svuotamento con tempo maggiore a 10 s si pone la portata in uscita pari a circa 0.8 la portata che si ha in ingresso quando il martinetto sale:

$$Q_{USCITA} = 0.8Q \cong 170 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Dato che le perdite nella strozzatura sono proporzionali alla velocità al quadrato, conviene scegliere un tubo più piccolo (5 mm) per il tratto di scarico:

$$d_{7-8} = 5 \text{ mm}$$

La perdita di carico nel tubo sarà:

$$\Delta p = 8\lambda\rho \frac{Q^2 L_{7-8}}{\pi^2 D^5} \cong 4.8 \text{ bar}$$

nel distributore invece (sempre interpolando):

$$\Delta p_{DISTRIBUTORE USCITA} \cong \left(2.05 + \frac{4.61 - 2.05}{240 - 160} (170 - 160) \right) \text{ bar} \cong 2.4 \text{ bar}$$

Quindi si dovrà aggiungere una strozzatura in grado di dare una perdita di carico pari a (tralasciando la perdita nel tratto 5-6 che sarà trascurabile):

$$\Delta p_{STROZZATURA} \cong (112.2 - 4.8 - 2.4 - 1) \text{ bar} \cong 104 \text{ bar}$$

La velocità nel tubo sarà:

$$v_{7-8} = \frac{4Q_{USCITA}}{\pi d_{7-8}^2} \cong 8.66 \text{ m/s}$$

Dalla formula delle perdite di carico nella strozzatura si ha:

$$\Delta p_{STROZZATURA} = \frac{1}{2} k_s \rho v^2 \Rightarrow k_s = \frac{2\Delta p_{STROZZATURA}}{\rho v^2} \cong 326$$

Dalla tabella si vede come una sola strozzatura non sia sufficiente; se ne useranno dunque due con un rapporto fra le aree pari a 0.1:

$$2 \times \text{strozzature} \frac{A_s}{A_t} = 0.1$$

b) determinare le pressioni nei punti significativi (2, 3, 4, 5, 6 e 7) dell'impianto per le tre posizioni della valvola distributrice.

Posizione 1 (martinetto in salita)

$$p_2 = 1 \text{ bar} - 8\lambda\rho \frac{Q^2 L_{1-2}}{\pi^2 D^5} \cong 0.91 \text{ bar}$$

$$p_3 \cong 154 \text{ bar}$$

$$p_4 = p_3 - 8\lambda\rho \frac{Q^2 L_{3-4}}{\pi^2 D^5} \cong 153.86 \text{ bar}$$

$$p_5 = p_4 - \Delta p_{\text{DISTRIBUTORE}} \cong 150.18 \text{ bar}$$

$$p_6 = p_5 - 8\lambda\rho \frac{Q^2 L_{5-6}}{\pi^2 D^5} \cong 150.13 \text{ bar}$$

$$p_7 \cong 1 \text{ bar}$$

Posizione 2 (martinetto fermo e pompa spenta)

$$p_2 \cong 1 \text{ bar}$$

$$p_3 \cong 1 \text{ bar}$$

$$p_4 \cong 1 \text{ bar}$$

$$p_6 = \frac{Mg + kx}{A_{\text{MARTINETTO}}}; \text{ nel caso di pistone a met\`a corsa: } p_6 \cong 112.2 \text{ bar}$$

$$p_5 = p_6$$

$$p_7 \cong 1 \text{ bar}$$

Posizione 3 (martinetto in discesa e pompa spenta)

$$p_2 \cong 1 \text{ bar}$$

$$p_3 \cong 1 \text{ bar}$$

$$p_4 \cong 1 \text{ bar}$$

$$p_6 = \frac{Mg + kx}{A_{\text{MARTINETTO}}}; \text{ nel caso di pistone a met\`a corsa: } p_6 \cong 112.2 \text{ bar}$$

$$p_5 = p_6 - 8\lambda\rho \frac{Q^2 L_{5-6}}{\pi^2 D^5}; \text{ nel caso di pistone a met\`a corsa: } p_5 \cong 112.2 \text{ bar} \text{ (le perdite sono trascurabili)}$$

e ci\`o conferma l'ipotesi fatta in precedenza)

$$p_7 = p_5 - \Delta p_{\text{DISTRIBUTORE}} \cong 109.8 \text{ bar}$$