

## ESERCITAZIONE 5

a) Analizzare l'effetto sul dimensionamento dell'accumulatore e del martinetto delle variazioni di pressione minima utile nell'accumulatore.

Se si dimensionasse il martinetto senza tenere conto della necessità che esso funzioni anche con il solo accumulatore, allora si dovrebbe sceglierne il diametro basandosi sulla pressione di esercizio di 160 bar. Tuttavia, se è l'accumulatore a dover spingere il martinetto si deve tenere conto del fatto che la pressione dell'accumulatore scenderà gradualmente da 160 bar. La pressione alla fine dovrà essere in grado di contrastare la forza massima resistente sul martinetto.

$$F_{MAX} \cong 39000 \text{ N}$$

La relazione che lega il volume dell'accumulatore con il volume di olio da erogare e le altre variabili è:

$$V = V_{OLIO} \frac{\frac{p_m}{p_p}}{1 - \left(\frac{p_m}{p_M}\right)^{\frac{1}{n}}}$$

dove

$V$  è il volume dell'accumulatore

$V_{OLIO}$  è il volume di olio da erogare (il volume del martinetto)

$p_m$  è la pressione minima necessaria per muovere il martinetto

$p_M = 160$  bar (pressione iniziale dell'accumulatore)

$p_p$  è la pressione di precarico dell'accumulatore

$n = 1.15$  (indice della politropica)

Un criterio per ridurre il volume dell'accumulatore è quello di lasciarci entrare solo la quantità di olio necessaria per muovere il martinetto. Ciò significa che la pressione a fine corsa del martinetto sarà vicina alla pressione di precarico:

$$p_m = p_p$$

In realtà non saranno proprio uguali a causa del fatto che tra la carica e la scarica il gas viene raffreddato e quindi perde energia, per cui:

$$p_m < p_p$$

tuttavia l'approssimazione è utile per il dimensionamento e comunque il serbatoio verrà sovradimensionato. Si verificherà questa ipotesi in seguito.

Inoltre, il volume di olio sarà dato da:

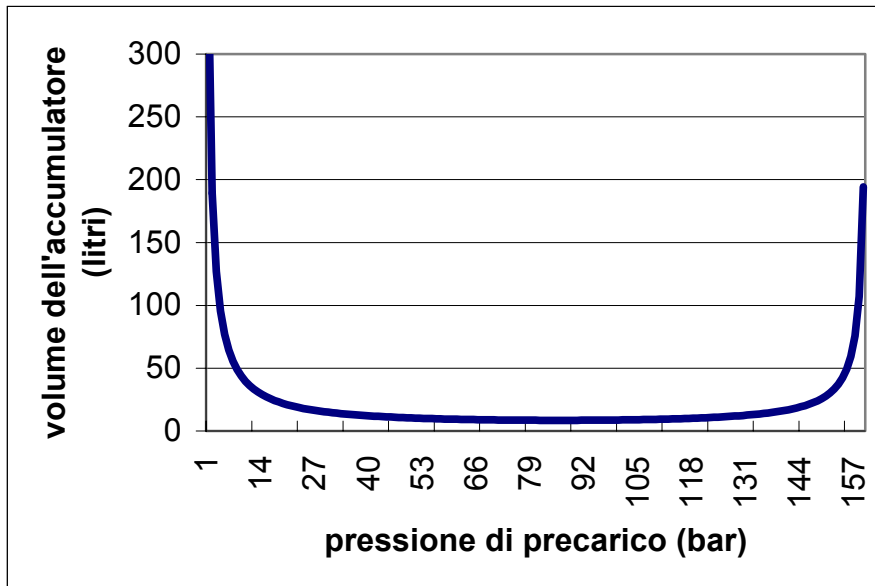
$$V_{OLIO} = c \frac{F_{MAX}}{p_m} = c \frac{F_{MAX}}{p_p}$$

dove  $c$  è la corsa del pistone.

La formula del volume dell'accumulatore diventa dunque (maggiorando di un 20% per tenere conto delle perdite di carico nei tubi):

$$V = 1.2 \frac{c F_{MAX}}{p_p \left(1 - \left(\frac{p_p}{p_M}\right)^{\frac{1}{n}}\right)}$$

Tale funzione ha come grafico:



Si rileva dalla tabella dei valori che il minimo si ha per  $p_p = 86$  bar a cui corrisponde un volume dell'accumulatore  $V = 8.51 \text{ l} = 8.51 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ .

Per il martinetto si trova (sovradimensionando di un 10% per tenere conto delle perdite di carico):

$$A = 1.1 \frac{F_{MAX}}{P_p} \cong 4.988 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$d = 2 \sqrt{\frac{A}{\pi}} \cong 7.97 \text{ cm}$$

b) calcolare la temperatura alla quale si porta il gas nell'accumulatore durante il suo caricamento e durante il suo impiego in emergenza nell'ipotesi di una temperatura ambiente di  $20^\circ\text{C}$  e di comportamento politropico nelle fasi di carica e scarica con coefficiente di 1.15.

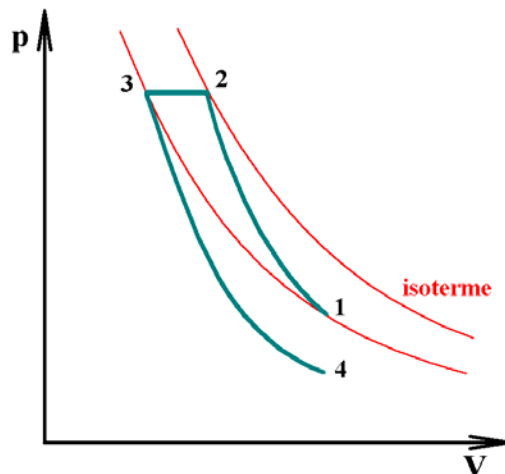
La trasformazione politropica è definita come:

$$pV^n = \text{cost}$$

Inserendo l'equazione di stato si ottiene:

$$p^{\frac{1-n}{n}} T = \text{cost}$$

Il "ciclo" di funzionamento dell'accumulatore sarà schematizzabile come:



Il punto 1 è il punto di partenza, con accumulatore alla pressione di precarico e temperatura ambiente. Da qui si passa in 2 tramite la politropica (caricamento dell'accumulatore); tenendo conto che la pressione in 2 è la pressione di esercizio dell'impianto, si ricava:

$$T_2 = T_1 \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \cong 317.9 \text{ K} \cong 44.7 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Dal punto 2 al 3 avviene un raffreddamento a pressione costante, e la temperatura ritorna a quella iniziale. In situazioni di emergenza l'accumulatore si svuota e si arriva al punto 4 tramite la stessa politropica. Si ricava:

$$T_4 = T_3 \left( \frac{v_3}{v_4} \right)^{n-1} = T_3 \left( \frac{v_3}{v_1} \right)^{n-1}.$$

Si può stimare il rapporto tra i volumi specifici ricordando che il punto 1 e 3 sono alla stessa temperatura:

$$\frac{p_1 v_1}{v_1} = \frac{p_3}{v_1} = \frac{p_1}{p_3} = \frac{p_1}{p_2}$$

da cui:

$$T_4 \cong 267.1 \text{ K} \cong -6.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

Entrambe le temperature (sia quella in fase di carica, sia quella in fase di scarica) hanno valori accettabili.

Si può in ultimo ricavare la pressione a fine corsa e confrontarla con la pressione di precarico (86 bar):

$$p_4 = p_1 \frac{T_4}{T_1} \cong 78 \text{ bar}$$