

4.2. Problema

Ti viene dato l'incarico di dimensionare una **valvola a globo** per le seguenti condizioni:

fluido: acqua

portata nominale: $\dot{V} = 1.249$ galUK/s

diametro nominale della linea: DN = 40 mm

pressione a monte della valvola: $P_1 = 2.5$ atm

pressione a valle della valvola: $P_2 = 1.4$ atm

tensione di vapore: $P_v = 0.7$ psi

coefficiente del rapporto della pressione critica per i liquidi: $F_F = 0.956$

1. Calcolare il **coefficiente di efflusso** C_v per le condizioni di cui sopra

È disponibile una valvola Burkert 2010 in ghisa, montaggio flangiato, con caratteristica intrinseca sia equipercentuale sia lineare, *rangeability* $r = 50$. con i dati del costruttore di cui sotto:

DN mm	K_v $m^3 (H_2O) / h \text{ bar}^{1/2}$
15	4.0
20	7.0
25	12.0
32	19.0
40	31.0
50	47.0

La conversione tra il **coefficiente di portata** K_v ed il **coefficiente di efflusso** C_v è la seguente:

$$C_v = 1.16 K_v$$

2. **Dimensionare la valvola** per il problema in esame, scegliendo quella con il DN più opportuno,
3. Effettuare la **verifica di cavitazione** secondo la normativa IEC
4. Determinare i punti salienti della **caratteristica di efflusso**
5. Calcolare quale valore della pressione P_1 consentirebbe l'adozione di una valvola (tra quelle in tabella) con il DN più piccolo di 1 taglia

Si vuole prendere in considerazione l'uso della **stessa valvola** per **tetracloruro di carbonio**, avente $\rho_f = 98.886$ lb/ft³.

6. Come cambia il C_v ? La valvola selezionata al punto 2 va ancora bene? Perché?

The pink painted variables are DATA

The blu painted text is COMMENT

PROBLEM DATA

$$\text{fluid: water} \left\{ \begin{array}{l} \rho_w := 1000 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \text{ density} \\ G_f := \frac{\rho_w}{1000 \cdot \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} \text{ specific density} \quad \rightarrow \quad G_f = 1 \end{array} \right.$$

$$P_1 := 2.5 \cdot \text{atm} \quad \text{upstream absolute pressure} \quad \rightarrow \quad P_1 = 36.74 \text{ psi}$$

$$P_2 := 1.4 \cdot \text{atm} \quad \text{downstream pressure} \quad \rightarrow \quad P_2 = 20.574 \text{ psi}$$

$$V_{\text{punto}} := 1.249 \text{ galUK} \cdot \text{s}^{-1} \quad \rightarrow \quad V_{\text{punto}} = 89.999 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \quad \text{volume flow rate}$$

$$P_v := 0.7 \cdot \text{psi} \quad \rightarrow \quad P_v = 0.048 \text{ atm}$$

$$F_F := 0.956$$

OTHER DATA

$$F_L := 0.9 \quad \text{ISA S.75.01 norm, Annex D: Globe Valve}$$

$$K_C := 0.8 F_L^2 \quad K_C = 0.648$$

$$r := 50 \quad \text{intrinsic characteristics: a) } =\% \text{ b) linear}$$

NEW DEFINITIONS

$$\text{bar} \equiv 10^5 \text{ Pa} \quad \text{global definition of a new unit (pressure) in MathCad}$$

$$\text{conversion_factor} := 1.16 \cdot \frac{(\text{gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})}{(\text{m}^3 \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{bar}^{-0.5})}$$

$$\text{DN} := \begin{pmatrix} 15 \\ 20 \\ 25 \\ 32 \\ 40 \\ 50 \end{pmatrix} \text{ mm} \quad K_{vn} := \begin{pmatrix} 4 \\ 7 \\ 12 \\ 19 \\ 31 \\ 47 \end{pmatrix} \frac{\text{m}^3}{\text{hr} \cdot \text{bar}^{\frac{1}{2}}} \quad C_{vn} := \text{conversion_factor} \cdot K_v \quad \rightarrow \quad C_{vn} = \begin{pmatrix} 4.64 \\ 8.12 \\ 13.92 \\ 22.04 \\ 35.96 \\ 54.52 \end{pmatrix} \text{ gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

DESIGN CALCULATIONS**1) C_v CALCULATION**

$$P_1 - P_2 = 16.166 \text{ psi}$$

$$C_v := \frac{V_{\text{punto}}}{\sqrt{\frac{P_1 - P_2}{G_f}}} \quad C_v = 22.384 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad \text{Valve Flow Coefficient}$$

2) VALVE SIZING

VALVOLA CON CARATTERISTICA =% $\phi(h) := r^{h-1}$

Per DN = 32 mm

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.309 \quad C_{vn_4} = 22.04 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_4} \cdot \phi_{0.7} = 6.816 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v(0.7) = \phi(0.7)C_{vn} < C_v$; NON VA BENE!

Per DN = 40 mm

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.309 \quad C_{vn_5} = 35.96 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_5} \cdot \phi_{0.7} = 11.121 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v(0.7) = \phi(0.7)C_{vn} < C_v$; NON VA BENE!

VALVOLA CON CARATTERISTICA LINEARE $\phi(h) := h + \frac{(1-h)}{r}$

Per DN = 32 mm

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.706 \quad C_{vn_4} = 22.04 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_4} \cdot \phi_{0.7} = 15.56 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v(0.7) = \phi(0.7)C_{vn} < C_v$; NON VA BENE!

Per DN = 40 mm

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.706 \quad C_{vn_5} = 35.96 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_5} \cdot \phi_{0.7} = 25.388 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v(0.7) = \phi(0.7)C_{vn} > C_v$; OK!!

3) CHECK FOR NO CAVITATION (IEC norm) $\rightarrow (\Delta P - \Delta P_{\max}) < 0$

$$\Delta P := P_1 - P_2 \quad \Delta P = 16.166 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{\max} := F_L^2 (P_1 - F_F \cdot P_v) \quad \Delta P_{\max} = 29.217 \text{ psi}$$

$$\Delta P - \Delta P_{\max} = -13.052 \text{ psi}$$

4) ACTUAL FLOW CHARACTERISTICSCONDIZIONI DI PROVA PER LA RAPPRESENTAZIONE DELLA CURVA

- flusso turbolento;
- il fluido che attraversa la valvola é newtoniano;
- $P_1 = \text{costante}$, $P_2 = \text{decescente}$;
- $h = \text{costante}$

PUNTI SALIENTI DELLA CAR. DI EFFLUSSO

$$C_{vn_5} = 35.96 \frac{\text{gal}}{\text{min} \cdot \text{psi}^{0.5}} \quad \text{VALVOLA CON CARATTERISTICA LINEARE}$$

Per valutare i punti salienti della *caratteristica di efflusso* per $h = 1$ si determinano le seguenti grandezze:

$$\Delta P_c := K_c (P_1 - P_v)$$

$$\Delta P_c = 23.354 \text{ psi}$$

$$\sqrt{\Delta P_c} = 4.833 \sqrt{\text{psi}}$$

$$V_{\text{punto}_c} := C_{vn_5} \sqrt{\frac{\Delta P_c}{G_f}} \quad V_{\text{punto}_c} = 173.78 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

$$\Delta P_{\max} := F_L^2 (P_1 - F_F \cdot P_v)$$

$$\Delta P_{\max} = 29.217 \text{ psi}$$

$$\sqrt{\Delta P_{\max}} = 5.405 \sqrt{\text{psi}}$$

$$V_{\text{punto}_{\max}} := C_{vn_5} \sqrt{\frac{\Delta P_{\max}}{G_f}} \quad V_{\text{punto}_{\max}} = 194.375 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

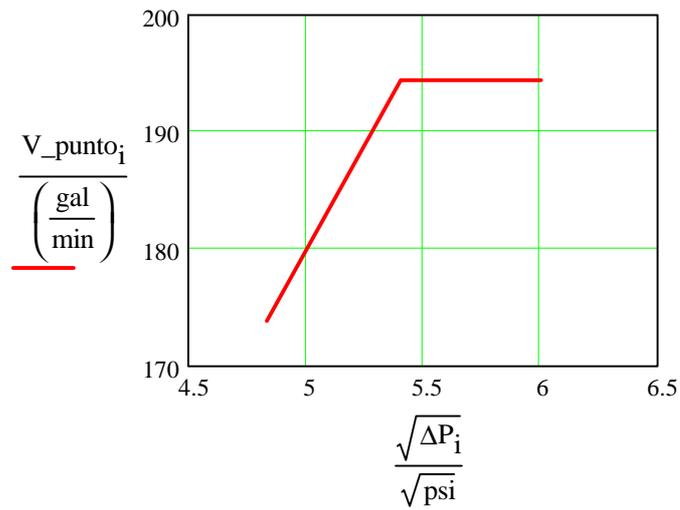
$$\Delta P_f := P_1 - P_v$$

$$\Delta P_f = 36.04 \text{ psi}$$

$$\sqrt{\Delta P_f} = 6.003 \sqrt{\text{psi}}$$

Scrivendo i vettori dei punti salienti della caratteristica di efflusso, possiamo rappresentare gli asintoti della funzione.

$$V_{\text{punto}_i} := \begin{pmatrix} V_{\text{punto}_c} \\ V_{\text{punto}_{\max}} \\ V_{\text{punto}_{\max}} \end{pmatrix} \quad \Delta P_i := \begin{pmatrix} \Delta P_c \\ \Delta P_{\max} \\ \Delta P_f \end{pmatrix}$$



5) NEW C_v CALCULATION

$$C_{v_new} := C_{vn_4} \cdot \phi_{0.7}$$

$\Rightarrow C_{v_new} = 15.56 \text{ gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$ Valve Flow Coefficient corresponding to DN = 32 mm, linear characteristics

$$P_{1_new} := P_2 + G_f \left(\frac{V_punto}{C_{v_new}} \right)^2$$

$\Rightarrow P_{1_new} = 3.676 \text{ atm}$

6) C_v CALCULATIONS for Carbon tetrachloride

fluid: Carbon tetrachloride

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_f := 98.886 \cdot \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \quad \text{density} \\ G_f := \frac{\rho_f}{1000 \cdot \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} \quad \text{specific density} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \Rightarrow \rho_f = 1.584 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \Rightarrow G_f = 1.584 \end{array}$$

$$C_v := \frac{V_punto}{\sqrt{\frac{P_1 - P_2}{G_f}}}$$

$C_v = 28.172 \text{ gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$ Valve Flow Coefficient

Per DN = 40 mm

$$C_{vn_5} \cdot \phi_{0.7} = 25.388 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

$$C_{vn_5} \cdot \phi_{0.7} - C_v = -2.784 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v(0.7) = \phi(0.7)C_{vn} < C_v$;

La stessa valvola NON VA BENE anche per il tetracloruro di carbonio.