

4.2. Problema

Ti è richiesto il dimensionamento di una **valvola a farfalla** per le seguenti condizioni:

diametro nominale della linea: $DN = 100 \text{ mm}$

fluido: **toluene**, con densità $\rho_f = 53.832 \text{ lb/ft}^3$

pressione a monte della valvola: $P_1 = 2.25 \text{ atm}$

pressione a valle della valvola: $P_2 = 1.25 \text{ atm}$

portata nominale: $\dot{m} = 178 \text{ lb/s}$

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

tensione di vapore data dalla seguente tabella:

T, K	280	285	290	295	300	310	320	330
P_v , mm Hg (torr)	10.30	13.85	18.38	24.11	31.28	51.09	80.41	122.46

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

Hai a disposizione la scelta di una **valvola a farfalla** GIBSON con la seguente tabella del C_v in funzione dell'angolo di apertura θ (per ogni DN in colonna):

Valori	40/50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	68	85	106	151	206	270
10°	-	-	-	-	-	-	-	21	49	123	161	199	246	354	482	629
15°	0,2	0,6	1,8	2,4	4,2	5,6	14	80	188	228	299	369	457	658	900	1168
20°	0,9	2,5	5,2	9,5	15	83	110	156	280	315	412	511	630	907	1234	2010
25°	3,0	6,1	12	22	38	61	125	225	354	457	597	740	914	1314	1789	2735
30°	6,1	11	21	39	69	112	211	310	381	661	863	1059	1320	1899	2585	5080
35°	9,9	18	33	60	105	166	303	433	521	890	1162	1440	1778	2560	3484	6254
40°	15	27	49	88	148	228	405	591	742	1184	1547	1916	2366	3407	4638	9700
45°	21	38	68	121	199	303	528	774	987	1552	2028	2512	3102	4466	6079	11581
50°	29	51	91	159	262	394	679	988	1252	2008	2620	3248	4010	5774	7860	15000
55°	39	68	119	207	338	505	863	1247	1571	2548	3318	4123	5090	7329	9976	17765
60°	53	90	156	269	434	641	1085	1591	2059	3225	4202	5218	6442	9277	12627	22200
65°	72	121	209	357	565	820	1364	2065	2807	3983	5196	6445	7957	11457	15595	26077
70°	92	161	283	487	768	1097	1788	2715	3744	5195	6775	8412	10377	14944	20341	34500
75°	109	209	381	662	1059	1507	2425	3625	4935	6964	9084	11269	13912	20032	27267	39546
80°	115	240	457	815	1303	1861	3043	4768	6831	9301	12142	15048	18578	26752	36413	47560
85°	115	253	502	906	1457	2008	3642	4890	8230	10280	13408	16632	20533	29568	40246	52566
90°	116	257	508	925	1492	2168	3838	5010	9233	10792	14082	17840	22024	31715	43166	56381

2. Scegli la valvola con il DN più opportuno per le condizioni di progetto di cui sopra.
3. Disegna la **caratteristica intrinseca** della valvola scelta
4. Di che tipo è la **caratteristica intrinseca**?
5. Suggestisci quale potrebbe essere la *rangeability* per la valvola scelta.
6. Effettua la **verifica di cavitazione** della valvola secondo la normativa IEC per $T=280 \text{ K}$
7. Calcola la nuova temperatura operativa $T^* > 280 \text{ K}$ per cui la valvola scelta andrebbe in **cavitazione** secondo la normativa IEC

Si vuole prendere in considerazione l'uso della **stessa valvola** per **disolfuro di carbonio**, avente densità $\rho_f = 1261 \text{ kg/m}^3$:

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

Introduction

The pink painted variables are DATA The blu painted text is COMMENT

The yellow-highlighted text explains RESULTS

PROBLEM DATA

$$\rho_w := 1000 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad \text{WATER density}$$

$$\text{fluid: toluene} \quad \rho_f := 53.832 \cdot \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \quad \rho_f = 862.306 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_{v_f} := 10.3 \cdot \text{torr} \quad P_{v_f} = 0.199 \text{ psi}$$

$$G_f := \frac{\rho_f}{\rho_w} \quad G_f = 0.862 \quad \text{specific density}$$

$$P_1 := 2.25 \text{ atm} \quad \text{upstream absolute pressure} \quad P_1 = 33.066 \text{ psi}$$

$$P_2 := 1.25 \text{ atm} \quad \text{downstream pressure} \quad P_2 = 18.37 \text{ psi}$$

$$\Delta P := P_1 - P_2 \quad \Delta P = 14.696 \text{ psi}$$

$$m_{\text{punto}} := 178 \frac{\text{lb}}{\text{s}}$$

$$V_{\text{punto}} := \frac{m_{\text{punto}}}{\rho_f} \quad V_{\text{punto}} = 1.484 \times 10^3 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \quad \text{volume flow rate}$$

OTHER DATA

$$F_F := 0.956 \quad F_L := 0.68 \quad \text{dalla norma "ISA 75.01 - Annex D"} \\ \text{--> Butterfly Valve - 60 degree aligned}$$

$$K_c := 0.7 F_L^2 \quad K_c = 0.324 \quad \text{vedi Magnani pag. 26}$$

1. - 2. DESIGN CALCULATIONS

$$C_v := \frac{V_{\text{punto}}}{\sqrt{\frac{P_1 - P_2}{G_f}}} \quad C_v = 359.496 \text{ gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad \text{Valve Flow Coefficient}$$

Trattandosi di una VALV. ROTATIVA, decidiamo di scegliere C_v^* in corrispondenza dell'angolo di apertura che corrisponde al 70% di 90°, essendo:

$$90\text{deg} \cdot \frac{70}{100} = 63 \text{ deg}$$

Quindi nella Tabella dei C_v l'angolo a cui valutare C_v^* è 65°

Per valvola con DN = 80

angolo di 65°

$$C_{v_star} := 209 \cdot (\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})$$

risulta: $C_v^* \ll C_v$, tale scelta non è consigliabile

Per valvola con DN = 80

angolo di 70°

$$C_{v_star} := 283 \cdot (\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})$$

risulta: $C_v^* \ll C_v$, tale scelta non è consigliabile

Per valvola con DN = 100

angolo di 65°

$$C_{v_star} := 357 \cdot (\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})$$

risulta: C_v^* minore del C_v SOLO DI POCO

Allora proviamo a scegliere C_v^* in corrispondenza dell'angolo di apertura di 70°:

Per valvola con DN = 100

angolo di 70°

$$C_{v_star} := 487 \cdot (\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})$$

risulta: C_v^* maggiore del C_v .

Dunque, in considerazione di ciò ed anche del risultato per l'angolo di 65°, si sceglie questo diametro.

3. - 4. Intrinsic Characteristics

$$i := 0..15$$

$$\theta_0 := 15\text{deg}$$

$$\theta_{i+1} := \theta_i + 5\text{deg}$$

dati di appoggio
per i calcoli

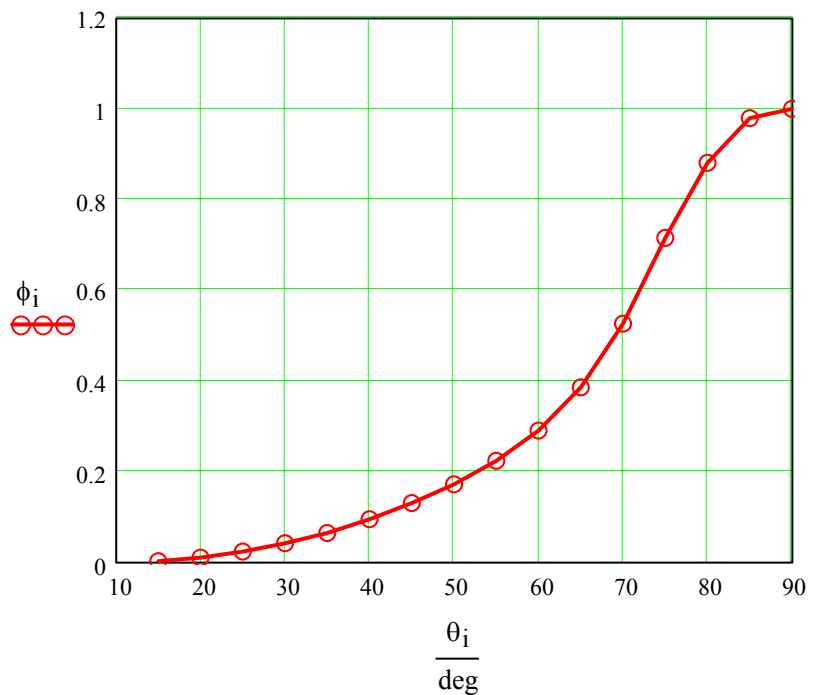
$$C_v := \begin{pmatrix} 2.4 \\ 9.5 \\ 22 \\ 39 \\ 60 \\ 88 \\ 121 \\ 159 \\ 207 \\ 269 \\ 357 \\ 487 \\ 662 \\ 815 \\ 906 \\ 925 \end{pmatrix} \cdot \text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

$$C_{vn} := C_{v_{15}}$$

$$C_{vn} = 925 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

$$\phi := \frac{C_v}{C_{vn}}$$

	0
0	$2.595 \cdot 10^{-3}$
1	0.01
2	0.024
3	0.042
4	0.065
5	0.095
6	0.131
7	0.172
8	0.224
9	0.291
10	0.386
11	0.526
12	0.716
13	0.881
14	0.979
15	1



La Caratteristica risulta **quadratica** nella prima tratta, **a chiusura rapida** nella tratta finale

5. VALVE Rangeability

Dalla scelta della valvola da tabella:

Per un'apertura di 15° risulta:

$$C_{vMin} := 2.4 \cdot (\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})$$

Dunque risulta:

$$r := \frac{C_{vn}}{C_{vMin}} \quad r = 385.417$$

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

$$\Delta P_{max} := F_L^2 (P_1 - F_F \cdot P_{v_f}) \quad \Delta P_{max} = 15.202 \text{ psi}$$

$$\Delta P - \Delta P_{max} = -0.506 \text{ psi} \quad \text{NB: non c'è CAVITAZIONE}$$

7. Valutazione della TEMPERATURA per cui la valvola si porta in condizioni di CAVITAZIONE

$$P_v := \begin{pmatrix} 10.3 \\ 13.85 \\ 18.38 \\ 24.11 \\ 31.28 \\ 51.09 \\ 80.41 \\ 122.46 \end{pmatrix} \text{ torr} \quad T := \begin{pmatrix} 280 \\ 285 \\ 290 \\ 295 \\ 300 \\ 310 \\ 320 \\ 330 \end{pmatrix} \text{ K} \quad \Delta P_{max} := F_L^2 (P_1 - F_F \cdot P_v) \quad \Delta P - \Delta P_{max} = \begin{pmatrix} -0.506 \\ -0.475 \\ -0.437 \\ -0.388 \\ -0.326 \\ -0.157 \\ 0.094 \\ 0.453 \end{pmatrix} \text{ psi}$$

La valvola si porta in condizioni di CAVITAZIONE ad una temperatura tra 310 e 320 K, dove $(\Delta P - \Delta P_{max})$ cambia segno

8. DESIGN FOR ANOTHER LIQUID

fluid: Carbon disulfide

$$\rho_f := 1261 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G_f := \frac{\rho_f}{\rho_w} \quad \text{specific density} \quad G_f = 1.261$$

NB: è necessario ricalcolare la portata volumetrica a causa del nuovo valore di densità !

$$V_{\text{punto}} := \frac{m_{\text{punto}}}{\rho_f} \quad V_{\text{punto}} = 1.015 \times 10^3 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \quad \text{volume flow rate}$$

$$C_v := \frac{V_{\text{punto}}}{\sqrt{\frac{P_1 - P_2}{G_f}}} \quad C_v = 297.281 \text{ gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

Per la ns. valvola con DN = 100
angolo di 65°

$$C_{v_star} := 357 \cdot (\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})$$

risulta: $C_{v^*} > C_v$,

dunque la ns. valvola con questo diametro rispetta pienamente la regola del 70% e VA ANCORA BENE.
Viceversa:

Per valvola con DN = 80
angolo di 65°

$$C_{v_star} := 209 \cdot (\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})$$

risulta: $C_{v^*} \ll C_v$, tale scelta non é consigliabile

Per valvola con DN = 80
angolo di 70°

$$C_{v_star} := 283 \cdot (\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})$$

risulta: $C_{v^*} < C_v$, tale scelta non é consigliabile