

**Problema 4.2. del 18.11.04**

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

diametro nominale della linea:  $DN = 65 \text{ mm}$

fluido: fenolo, con densità  $\rho_f = 66.923 \text{ lb/ft}^3$

pressione a monte della valvola:  $P_1 = 2.382 \text{ atm}$

pressione a valle della valvola:  $P_2 = 1.361 \text{ atm}$

portata nominale:  $\dot{m} = 67.7 \text{ lb/s}$

tensione di vapore:  $P_v = 10 \text{ torr}$

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

Hai a disposizione la scelta di una **valvola a farfalla** GIBSON con la seguente tabella del  $C_v$  in funzione dell'angolo di apertura  $\theta$  (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	1069	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. Scegliere la valvola con il DN più opportuno.
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. Effettuare la **verifica di cavitazione** della valvola secondo la normativa IEC
7. Calcola il nuovo valore della pressione  $P_1$  per cui la valvola scelta, a parità di  $P_2$  e  $\dot{m}$ , andrebbe in cavitazione secondo la normativa IEC

Si vuole prendere in considerazione l'uso della **stessa valvola** per **esano**, avente densità  $\rho_f = 40.878 \text{ lb/ft}^3$ :

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

## PROBLEM DATA

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

$$\text{fluid: Phenol} \quad \rho_f := 66.923 \cdot \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \quad \rho_f = 1.072 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_{v\_f} := 10 \cdot \text{torr} \quad P_{v\_f} = 0.193 \text{ psi}$$

$$G_f := \frac{\rho_f}{\rho_w} \quad G_f = 1.072 \quad \text{specific density}$$

$$P_1 := 2.382 \text{ atm} \quad \text{upstream absolute pressure} \quad P_1 = 35.006 \text{ psi}$$

$$P_2 := 1.361 \text{ atm} \quad \text{downstream pressure} \quad P_2 = 20.001 \text{ psi}$$

$$\Delta P := P_1 - P_2 \quad \Delta P = 15.005 \text{ psi}$$

$$m_{\text{punto}} := 67.7 \frac{\text{lb}}{\text{s}}$$

$$V_{\text{punto}} := \frac{m_{\text{punto}}}{\rho_f} \quad V_{\text{punto}} = 454.042 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \quad \text{volume flow rate}$$

## OTHER DATA

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

$$K_C := 0.6 F_L^2 \quad K_C = 0.277 \quad \text{vedi Magnani pag. 26}$$

**1. - 2. DESIGN CALCULATIONS**

$$C_v := \frac{V_{\text{punto}}}{\sqrt{\frac{P_1 - P_2}{G_f}}} \quad C_v = 121.362 \text{ gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad \text{Valve Flow Coefficient}$$

Trattandosi di una VALV. ROTATIVA, decidiamo di scegliere  $C_v^*$  in corrispondenza dell'angolo di apertura che corrisponde al 70% dell'angolo di max apertura ( $90^\circ$ ), ossia

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

Quindi nella Tabella dei  $C_v$  l'angolo a cui valutare  $C_v^*$  è quello più vicino a  $63^\circ$ , cioè  $65^\circ$

**Per valvola con DN = 40/50**

Il  $C_v^*$  in corrispondenza dell'angolo di apertura di  $65^\circ$  è di gran lunga inferiore a quello calcolato nelle condizioni di progetto.

Se pure considerassimo  $C_{vn}$  sarebbe ancora minore del  $C_v$  calcolato nelle condizioni di progetto.

La scelta di una valvola con questo DN è improponibile !

**Per valvola con DN = 65**

$$C_{v\_star} := 121 \cdot (\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})$$

risulta:  $C_v^*$  minore del  $C_v$  SOLO PER LE CIFRE DECIMALI

Se avessimo deciso di scegliere  $C_v^*$  in corrispondenza dell'angolo di apertura di  $70^\circ$ :

$$C_{v\_star} := 161 \cdot (\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})$$

avremmo trovato  $C_v^*$  maggiore del  $C_v$ .

Dunque, in considerazione di ciò ed anche del risultato per l'angolo di  $65^\circ$ , scegliamo questo diametro **DN=65**.

Per "eccesso di zelo", pur essendo DN=80 mm **maggiore** di DN linea, determiniamo  $C_v^*$  e vediamo cosa succede per DN=80 mm:

**Per valvola con DN = 80**

**angolo di  $65^\circ$**

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

risulta:  $C_v^* \gg C_v$ , tale scelta non è consigliabile per l'eccessivo sovradimensionamento.

### 3. - 4. Caratteristica intrinseca

$$C_{vn} := 257 \cdot \text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

#### PREPARAZIONE DEI DATI PER IL DIAGRAMMA DELLA CARATTERISTICA INSTALLATA

##### NOTE SULL'USO DI MathCad

$$i := 0..15$$

← This is Mathcad's range variable operator.

NB: Notice that when you type the semicolon character [;], it displays on the screen as two dots (■..■) surrounded by placeholders.

$$\theta_0 := 15 \text{deg} \quad \theta_{i+1} := \theta_i + 5 \text{deg}$$

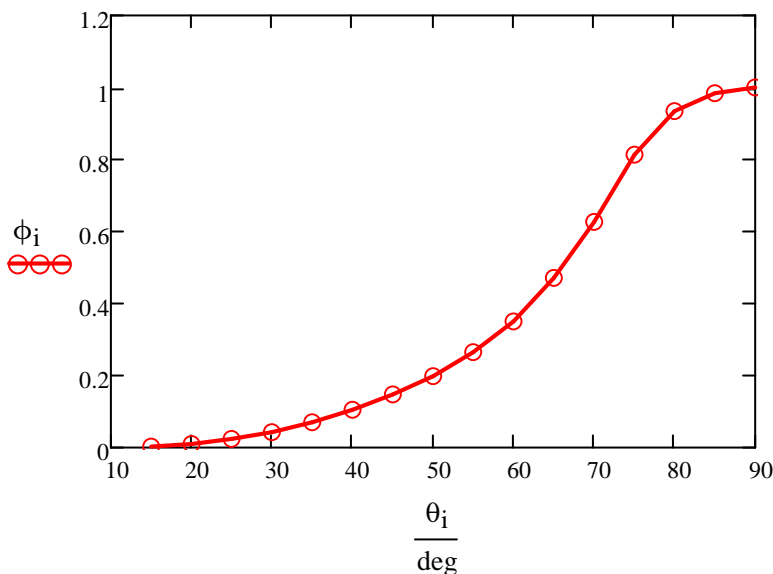
$$C_{vv} := \begin{pmatrix} 0.6 \\ 2.5 \\ 6.1 \\ 11 \\ 18 \\ 27 \\ 38 \\ 51 \\ 68 \\ 90 \\ 121 \\ 161 \\ 209 \\ 240 \\ 253 \\ 257 \end{pmatrix} \cdot \text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

← This is a Mathcad's column vector.

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

	0
0	2.335·10 <sup>-3</sup>
1	9.728·10 <sup>-3</sup>
2	0.024
3	0.043
4	0.07
5	0.105
6	0.148
7	0.198
8	0.265
9	0.35
10	0.471
11	0.626
12	0.813
13	0.934
14	0.984
15	1

Range variables in Mathcad are always displayed in a table ⇒



← This is the diagram (dimensional and non-dimensional).

NB: Notice that it is obtained in Mathcad by simply typing the vector i-component on the axes, respectively.

La caratteristica risulta mista: quadratica nella prima tratta, a chiusura rapida nella tratta finale

## 5. Valutazione della rangeability

Dalla scelta della valvola da tabella:

Per un'apertura di 15° risulta:

$$C_{v\text{Min}} := 0.6 \cdot (\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})$$

Dunque risulta:

$$r := \frac{C_{v\text{n}}}{C_{v\text{Min}}} \quad r = 428.333$$

## 6. CHECK FOR NO CAVITATION (IEC 60534 norm) $\rightarrow (\Delta P - \Delta P_{\text{max}}) < 0$

$$\Delta P_{\text{max}} := F_L^2 (P_1 - F_F \cdot P_{v\_f}) \quad \Delta P_{\text{max}} = 16.101 \text{ psi}$$

$$\Delta P - \Delta P_{\text{max}} = -1.097 \text{ psi} \quad \text{NB: non c'è CAVITAZIONE}$$

## 7. Valutazione della PRESSIONE $P_1$ per cui la valvola si porta in condizioni di CAVITAZIONE

$$\Delta P = \Delta P_{\text{max}}$$

$$P_1 - P_2 = F_L^2 (P_1 - F_F \cdot P_{v\_f})$$

$$P_1 (1 - F_L^2) = (P_2 - F_L^2 \cdot P_{v\_f})$$

$$P_1 := \frac{P_2 - F_L^2 \cdot P_{v\_f}}{1 - F_L^2} \quad P_1 = 37.038 \text{ psi} \quad P_1 = 2.52 \text{ atm}$$

**8. DESIGN FOR HEXANE**

fluid: Hexane

$$\rho_f := 40.878 \cdot \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \quad \rho_f = 654.803 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_1 := 35.006 \text{ psi}$$

$$G_f := \frac{\rho_f}{\rho_w}$$

$$G_f = 0.655 \quad \text{specific density}$$

$$V_{\text{punto}} := \frac{m_{\text{punto}}}{\rho_f}$$

$$V_{\text{punto}} = 743.331 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \quad \text{volume flow rate}$$

$$C_w := \frac{V_{\text{punto}}}{\sqrt{\frac{P_1 - P_2}{G_f}}}$$

$$C_v = 155.282 \text{ gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

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 = 65

$$C_{w\_star} := 121 \cdot (\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})$$

risulta:  $C_v^* < C_v$

Se però scegliamo  $C_v^*$  in corrispondenza dell'angolo di apertura di 70°:

$$C_{w\_star} := 161 \cdot (\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5})$$

risulta:  $C_v^* > C_v$ ,

dunque la scelta di questo diametro rispetta la regola del 70%.