

## Il dimensionamento delle tubazioni di un circuito frigorifero - Parte II: linee di aspirazione e mandata

Questa seconda parte descrive la procedura di dimensionamento delle linee di aspirazione e mandata così come suggerito dall'ASHRAE Handbook (2006). Queste linee sono più critiche rispetto a quelle del liquido dal punto di vista costruttivo e di dimensionamento. Inoltre, le linee di aspirazione sono ancor più critiche rispetto a quelle di mandata. Le linee del refrigerante dovrebbero essere dimensionate per garantire la minima perdita di carico durante il funzionamento a pieno carico e il ritorno dell'olio nelle condizioni di minimo carico, e dovrebbero anche prevenire il deflusso dell'olio da un evaporatore attivo ad uno inattivo.

Come evidenziato nella prima parte, la perdita di carico nella linea di aspirazione riduce la capacità frigorifera del sistema perché forza il compressore ad operare ad una più bassa pressione di aspirazione per mantenere la desiderata temperatura di evaporazione. Le linee di aspirazione e mandata sono normalmente dimensionate per avere una perdita di carico tradotta in termini di variazione di temperatura di saturazione non superiore a circa 1 K.

Per una determinata portata di refrigerante e una fissata variazione di temperatura per unità di lunghezza, le linee di mandata sono più piccole rispetto a quelle di aspirazione perché la densità vapore è più elevata e la variazione di temperatura per una determinata perdita di carico è minore. Pertanto, la variazione di temperatura per unità di lunghezza delle linee di aspirazione è maggiore rispetto a quelle di mandata. Le tabelle suggerite da ASHRAE Handbook (2006) per i refrigeranti alogenati sono basate su variazioni di temperatura di 0.02 K/m per le linee di mandata e su 0.04 K/m per quelle di aspirazione. Nel caso di ammoniaca, la variazione di temperatura per unità di lunghezza è comunemente metà di quella dei refrigeranti alogenati.

Le tabelle riportano i valori raccomandati dei diametri nominali dei condotti per un determinato refrigerante e applicazione, in funzione della capacità frigorifera.

Nominal Line OD, mm	Suction Lines ( $Dt = 0.04$ K/m)					Discharge Lines ( $Dt = 0.02$ K/m, $Dp = 538$ Pa/m)		
	Saturated Suction Temperature, °C					Saturated Suction Temperature, °C		
	-10	-5	0	5	10			
Corresponding $Dp$ , Pa/m					-10	0	10	
	318	368	425	487	555			
<b>TYPE L COPPER LINE</b>								
12	0.62	0.76	0.92	1.11	1.33	1.69	1.77	1.84
15	1.18	1.45	1.76	2.12	2.54	3.23	3.37	3.51
18	2.06	2.52	3.60	3.69	4.42	5.61	5.85	6.09
22	3.64	4.45	5.40	6.50	7.77	9.87	10.30	10.70
28	7.19	8.80	10.70	12.80	15.30	19.50	20.30	21.10
35	13.20	16.10	19.50	23.50	28.10	35.60	37.20	38.70
42	21.90	26.80	32.40	39.00	46.50	59.00	61.60	64.10
54	43.60	53.20	64.40	77.30	92.20	117.00	122.00	127.00
67	77.70	94.60	115.00	138.00	164.00	208.00	217.00	226.00
79	120.00	147.00	177.00	213.00	253.00	321.00	335.00	349.00
105	257.00	313.00	379.00	454.00	541.00	686.00	715.00	744.00

Figure Figura 1: Capacità frigorifera in [kW] delle linee di aspirazione, mandata e del liquido per R134a (Impianto monostadio o stadio di alta).

Line Size Type L Copper, OD, mm	Suction Lines (Dt = 0.04 K/m)						Discharge Lines (Dt = 0.02 K/m, Dp = 74.90)					
	Saturated Suction Temperature, °C						Saturated Suction Temperature, °C					
	-50	-40	-30	-20	-5	5	-50	-40	-30	-20	-5	5
	Corresponding Δp, Pa/m						Corresponding Δp, Pa/m					
	218.6	317.2	443.3	599.1	894.2	1137.6	1172.1	1172.1	1172.1	1172.1	1172.1	1172.1
12	0.32	0.52	0.80	1.20	2.05	2.83	3.47	3.60	3.73	3.84	4.00	4.07
15	0.61	0.99	1.54	2.29	3.90	5.37	6.60	6.85	7.09	7.31	7.60	7.75
18	1.06	1.72	2.68	3.98	6.76	9.30	11.43	11.87	12.29	12.67	13.16	13.42
22	1.87	3.04	4.72	7.00	11.89	16.32	20.04	20.81	21.54	22.20	23.08	23.53
28	3.72	6.03	9.32	13.82	23.43	32.11	39.44	40.95	42.39	43.70	45.42	46.31
35	6.84	11.07	17.11	25.33	42.82	58.75	72.05	74.82	77.46	79.84	82.98	84.62
42	11.39	18.39	28.38	42.00	70.89	97.02	119.01	123.57	127.93	131.87	137.06	139.76
54	22.70	36.61	56.35	83.26	140.29	191.84	235.35	244.38	253.00	260.80	271.06	276.39
67	40.48	65.21	100.35	147.94	249.16	340.33	417.58	433.60	448.89	462.73	480.93	490.40
79	62.89	101.10	155.22	229.02	384.65	525.59	643.78	668.47	692.05	713.37	741.44	756.03
105	134.69	216.27	331.96	488.64	820.20	1119.32	1371.21	1423.81	1474.02	1519.45	1579.22	1610.30
130	240.18	384.82	590.29	866.21	1452.34	1978.69	2424.14	2517.13	2605.89	2686.20	2791.88	2846.83
156	390.21	625.92	957.07	1405.29	2352.81	3206.57	3928.86	4079.57	4223.44	4353.60	4524.87	4613.92
206	800.39	1280.57	1956.28	2868.65	4796.70	6532.82	7995.81	8302.53	8595.32	8860.22	9208.77	9390.02
257	1427.49	2276.75	3480.75	5095.42	8506.22	11575.35	14185.59	14729.76	15249.20	15719.17	16337.55	16659.10

Figura 2: Capacità frigorifera in [kW] delle linee di aspirazione, mandata e del liquido per R410A (Impianto monostadio o stadio di alta).

I dati elencati si riferiscono ad un ciclo frigorifero che opera tra 40 °C di condensazione senza sottoraffreddamento, tali valori possono essere applicati anche a sistemi con piccoli sottoraffreddamenti, fino a 5 K senza introdurre errori apprezzabili. Le figure precedenti riportano due esempi di tabelle proposte da ASHRAE Handbook (2006) per tubi in rame; simili tabelle sono proposte anche per tubi in acciaio.

Per differenti temperature di condensazione, i valori di capacità frigorifera riportati nelle tabelle devono essere moltiplicati utilizzando dei fattori di correzione che dipendono dal fluido considerato. I valori riportati nella seguente tabella fanno riferimento alle tabelle di Figure 1 e 2.

Temperatura di condensazione	R134a		R410A	
	Linea di aspirazione	Linea di mandata	Linea di aspirazione	Linea di mandata
20	1.239	0.682	1.238	0.657
30	1.120	0.856	1.122	0.866
40	1.000	1.000	1.000	1.000
50	0.888	1.110	0.867	1.117

La procedura di dimensionamento può essere riassunta come segue: dalle precedenti tabelle si ottiene il diametro nominale raccomandato in funzione della potenza frigorifera e per il refrigerante considerato (40 °C di temperatura di condensazione). Successivamente, si calcola la lunghezza totale equivalente data dalla somma della lunghezza dei condotti e delle lunghezze equivalenti dei raccordi, che possono essere ottenuti da tabelle simili a quella riportata in Figura 3.

Nominal Pipe or Tube Size, mm	Smooth Bend Elbows						Smooth Bend Tees			
	90° Std <sup>a</sup>	90° Long-Radius <sup>b</sup>	90° Street <sup>a</sup>	45° Std <sup>a</sup>	45° Street <sup>a</sup>	180° Std <sup>a</sup>	Flow Through Branch	Straight-Through Flow		
	No Reduction	Reduced 1/4	Reduced 1/2							
10	0.4	0.3	0.7	0.2	0.3	0.7	0.8	0.3	0.4	0.4
15	0.5	0.3	0.8	0.2	0.4	0.8	0.9	0.3	0.4	0.5
20	0.6	0.4	1.0	0.3	0.5	1.0	1.2	0.4	0.6	0.6
25	0.8	0.5	1.2	0.4	0.6	1.2	1.5	0.5	0.7	0.8
32	1.0	0.7	1.7	0.5	0.9	1.7	2.1	0.7	0.9	1.0
40	1.2	0.8	1.9	0.6	1.0	1.9	2.4	0.8	1.1	1.2
50	1.5	1.0	2.5	0.8	1.4	2.5	3.0	1.0	1.4	1.5
65	1.8	1.2	3.0	1.0	1.6	3.0	3.7	1.2	1.7	1.8
80	2.3	1.5	3.7	1.2	2.0	3.7	4.6	1.5	2.1	2.3
90	2.7	1.8	4.6	1.4	2.2	4.6	5.5	1.8	2.4	2.7
100	3.0	2.0	5.2	1.6	2.6	5.2	6.4	2.0	2.7	3.0
125	4.0	2.5	6.4	2.0	3.4	6.4	7.6	2.5	3.7	4.0

Figura 3: Perdite di carico per raccordi espresse in metri equivalenti di condotto.

Una volta che la lunghezza equivalente  $L_e$  è nota, la totale variazione di temperatura  $\Delta T$  può essere calcolata utilizzando la seguente relazione:

$$\Delta T = L_e \cdot \left(\frac{\Delta T}{L}\right)_{Table} \cdot \left(\frac{P_0}{P_{0,Table}}\right)^{1.8}$$

dove  $\left(\frac{\Delta T}{L}\right)_{Table}$  è la variazione di temperatura per unità di lunghezza di progetto,  $P_0$  è la capacità frigorifera, e  $P_{0,Table}$  è la capacità frigorifera riportata in tabella. Se tale valore è inferiore a 1 K, la linea è dimensionata, altrimenti dovrebbe essere utilizzato un condotto di diametro maggiore.

I seguenti esempi permettono di chiarire la procedura di dimensionamento. Determinare le linee di un impianto frigorifero di potenza 130 kW operante a R410A tra le temperature di evaporazione di 5 °C e di condensazione di 40 °C. La linea di aspirazione consiste di  $L_t=15$  m di condotti con 8 gomiti ad ampio raggio mentre quella di scarico presenta 15 m di condotto e 10 gomiti standard. Dimensionare le stesse linee per 50 °C di temperatura di condensazione.

**Aspirazione** Dalla Figura 2, la potenza frigorifera di 191.84 kW prodotta dal fluido che fluisce in un condotto di diametro 54 mm presenta  $0.04 \text{ K m}^{-1}$ .

Quindi, dalla Figura 3, un gomito ad ampio raggio da 50 mm presenta una lunghezza equivalente di  $L_f=1.0$  m. La totale lunghezza equivalente può essere facilmente calcolata:

$$L_e = L_t + L_f \cdot n = 15 + 1.0 \cdot 8 = 23.0 \text{ m},$$

utilizzando la precedente equazione, la variazione di temperatura nella linea di aspirazione è:

$$\Delta T = L_e \cdot \left(\frac{\Delta T}{L}\right)_{Table} \cdot \left(\frac{P_0}{P_{0,Table}}\right)^{1.8} = 23.0 \cdot 0.04 \cdot \left(\frac{130}{191.84}\right)^{1.8} = 0.46 \text{ K (accettabile)}.$$

Ricalcolando per il condotto di dimensioni minori, 42 mm, la lunghezza equivalente del gomito diventa  $L_f=0.8$  m e la totale lunghezza equivalente sarà  $L_e=21.4$  m. La variazione di temperatura ad esso associata diventa 1.45 K, che è maggiore ad 1 K. Pertanto si raccomanda l'utilizzo del condotto da 54 mm.

**Scarico** Dalla Figura 2, la potenza frigorifera di 139.76 kW prodotta dal fluido che fluisce in un condotto di diametro 42 mm presenta  $0.02 \text{ K m}^{-1}$ ; dalla Figura 3, un gomito standard da 40 mm presenta una lunghezza equivalente pari a  $L_f=1.2$  m. La lunghezza totale equivalente è  $L_e=27$  m. La variazione di temperatura associata è 0.47 K, che è minore a 1 K.

Se la temperatura di condensazione diventa 50 °C, i valori elencati nelle Figure 1 e 2 devono essere moltiplicati con i fattori di correzione riportati in precedenza.

**Aspirazione** Il fattore di correzione è 0.867, quindi per un condotto da 54 mm che a 40 °C ha una capacità frigorifera di 191.84 kW, a 50 °C presenta:

$$P_{0,50^\circ\text{C}} = P_{0,40^\circ\text{C}} \cdot 0.867 = 191.84 \cdot 0.867 = 166.32 \text{ kW},$$

Questa capacità è ancora maggiore a 130 kW, quindi il condotto da 54 mm può essere selezionato, la variazione di temperatura associata alla lunghezza equivalente  $L_e=23.0$  m è 0.59 K (accettabile).

**Scarico** Il fattore di correzione per la linea di scarico è 1.117; quindi, la precedente potenza frigorifera 139.76 kW associata al condotto da 42 mm diventa 156.11 kW che con una lunghezza equivalente di  $L_e=27$  m, comporta una variazione di temperatura di 0.39 K (accettabile).

---

### *Bibliografia*

*ASHRAE Handbook, Refrigeration, 2006.*

### *Argomenti correlati*

- *Il dimensionamento delle tubazioni di un circuito frigorifero - Parte I: principi generali e linee del liquido*
- *Il dimensionamento delle tubazioni di un circuito frigorifero - Parte III: la gestione dell'olio*
- *La progettazione del più semplice e affidabile elemento di laminazione: il tubo capillare*

### **UNILAB SRL**

Via Nino Bixio 6 -35131 - PADOVA (ITALY)

Ph. +39 49 8763311 - Fax +39 49 8750196

[www.unilab.eu](http://www.unilab.eu)

[info@unilab.eu](mailto:info@unilab.eu)

[customercare@unilab.eu](mailto:customercare@unilab.eu)