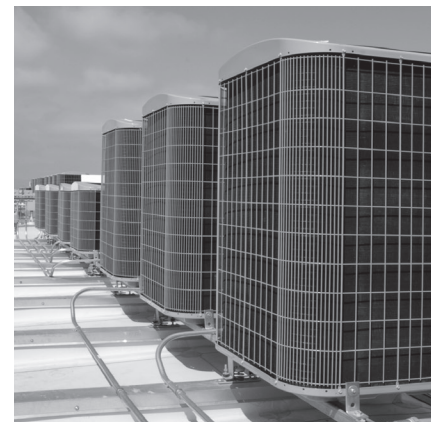


Utilizzo di P-T Analysis come strumento di assistenza

I produttori di refrigeranti, controlli e altri fornitori distribuiscono centinaia di migliaia di tabelle pressione-temperatura agli operatori del settore ogni anno. In effetti è raro trovare un tecnico dell'assistenza che non consulti una scheda o un'applicazione pressione-temperatura quasi subito.

Nonostante l'ampia disponibilità e l'apparente riferimento alla relazione pressione-temperatura, un numero molto ridotto di tecnici dell'assistenza utilizza l'analisi P-T in modo corretto per individuare problemi che richiedono assistenza.

Lo scopo di questo articolo è dimostrare l'uso corretto della relazione pressione-temperatura e illustrare come può essere utilizzata per analizzare in modo completo un sistema di refrigerazione o climatizzazione.



Funzioni di P-T Card/ ChillMaster P-T Chart

- Refrigeranti 134a, 404A, 407A, 507, 744 - CO2
- Istruzioni per determinare il surriscaldamento
- Analisi sistematica
- Dimensione tascabile
- App mobile per Android o ios



ENGINEERING YOUR SUCCESS.

Refrigerante in tre forme

Prima di descrivere in dettaglio l'uso corretto della scheda/applicazione P-T, rivediamo brevemente le caratteristiche del sistema di refrigerazione ed esaminiamo esattamente come applicare la relazione pressione-temperatura.

In un sistema di refrigerazione il refrigerante può essere presente in una delle seguenti forme:

1. Liquido
2. Vapore
3. Miscela di liquido e vapore

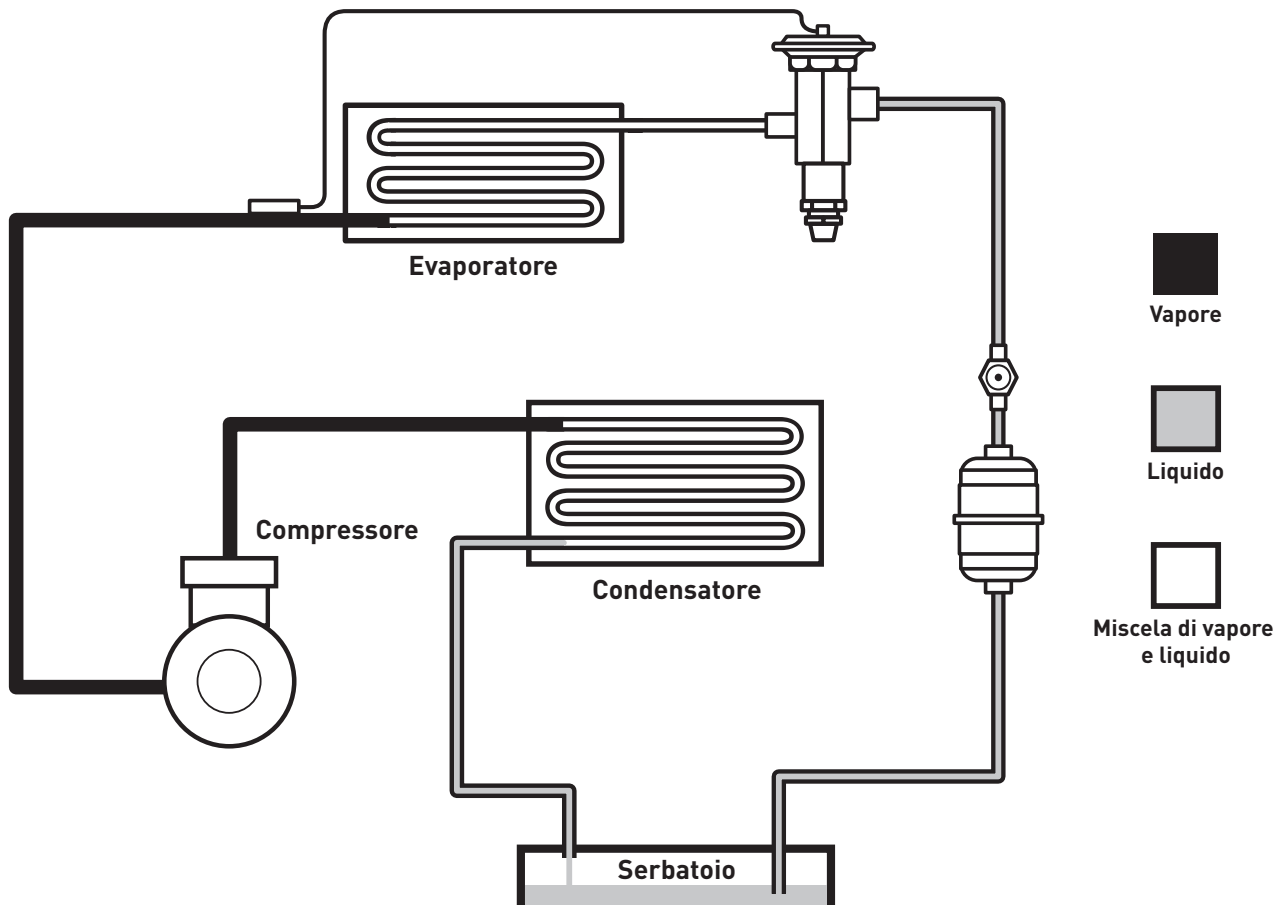
La Figura 1 mostra lo stato in cui si presenta il refrigerante in diversi punti di un sistema di refrigerazione con funzionamento normale.

Si noti che il lato alto contiene refrigerante in tutte le tre condizioni sopra elencate. La linea di mandata contiene solo vapore. Il condensatore in cui il vapore si condensa in liquido contiene una miscela di liquido e vapore. La linea tra il condensatore e il serbatoio in genere contiene solo liquido, sebbene sia normale per questa linea contenere anche del vapore mescolato a liquido. Poiché il serbatoio raggiunge un certo livello di liquido a un determinato punto, una miscela di liquido e vapore sarà presente sulla superficie del livello del liquido. La linea del liquido dal serbatoio alla valvola di espansione termostatica

dovrebbe contenere solo liquido. Un indicatore a vista liquido o in vetro è spesso installato nella linea del liquido per aiutare a stabilire se il refrigerante liquido è completamente privo di vapore.

Il lato basso del sistema in genere contiene refrigerante in solo due delle tre forme elencate in precedenza. Ovvero, il lato basso conterrà solo vapore nella linea di aspirazione e una miscela di liquido e vapore dall'uscita della valvola di espansione termostatica quasi fino all'uscita dell'evaporatore.

La Figura 1



Stato del fluido refrigerante in un sistema di refrigerazione con funzionamento normale

Quando il refrigerante è “saturato”

È importante ricordare che la relazione pressione-temperatura come illustrato dalla scheda/applicazione P-T è valida soltanto in presenza di una miscela di refrigerante e vapore liquido.

Pertanto, vi sono solo tre punti nel sistema di refrigerazione con funzionamento normale in cui la relazione P-T può essere stabilita con certezza: l'evaporatore, il condensatore e il serbatoio, ovvero i punti in

cui è nota la presenza di una miscela di liquido e vapore refrigerante. La condizione in cui liquido e vapore refrigerante coesistono è definita “saturata”.

Ciò significa che se siamo in grado di determinare la pressione in uno qualsiasi di questi punti, è possibile stabilire facilmente la temperatura di “saturazione”, semplicemente individuando la pressione su una scheda/applicazione P-T e

leggendo la temperatura corrispondente. Viceversa, se siamo in grado di misurare con precisione la temperatura in questi tre punti, possiamo determinare anche la pressione di “saturazione” a partire dalla relazione P-T, trovando la pressione corrispondente alla temperatura misurata.

Nei punti del sistema in cui

In caso di surriscaldamento o sottoraffreddamento

è presente solo vapore, la temperatura corrente sarà al di sopra della temperatura di saturazione. In questo caso, la differenza tra la temperatura misurata e la temperatura di saturazione nel punto in questione rappresenta la misura del surriscaldamento. La temperatura del vapore potrebbe essere pari alla temperatura di saturazione, ma in realtà, è sempre superiore. Se queste temperature fossero identiche

la misura del surriscaldamento sarebbe pari a zero.

Nel caso in cui sia noto che vi sia solo liquido presente, come ad esempio nella linea del liquido, la temperatura misurata sarà più o meno al di sotto della temperatura di saturazione. In questo caso, la differenza tra la temperatura misurata e la

temperatura di saturazione è la misura del subraffreddamento del liquido. Anche in questo caso, è possibile trovare che la temperatura corrente misurata è equivalente alla temperatura di saturazione, nel qual caso il sottoraffreddamento sarà indicato pari a zero.

La Figura 2 mostra alcune misurazioni di pressione-temperatura

Analisi delle condizioni del refrigerante

correnti in un sistema con funzionamento normale utilizzando un refrigerante R-134a. La figura può dare una visione migliore della condizione del refrigerante nei diversi punti. La temperatura misurata all'ingresso dell'evaporatore è pari a $-7,2\text{ °C}$ (19 °F). Un manometro installato in questo punto indica una pressione di 18 psig; 18 psig sulla scheda P-T indica una temperatura di $-7,2\text{ °C}$ (19 °F). Si può anche dire che il surriscaldamento e il subraffreddamento sono entrambi pari a zero. Pertanto, il refrigerante è al punto di saturazione o, in altre parole, al punto di ebollizione. Possiamo aspettarci questa condizione poiché, quando liquido e vapore refrigerante sono entrambi presenti, la relazione P-T sarà vera.

Un manometro installato sulla linea di aspirazione misura 16 psig. Se una miscela di liquido e vapore è

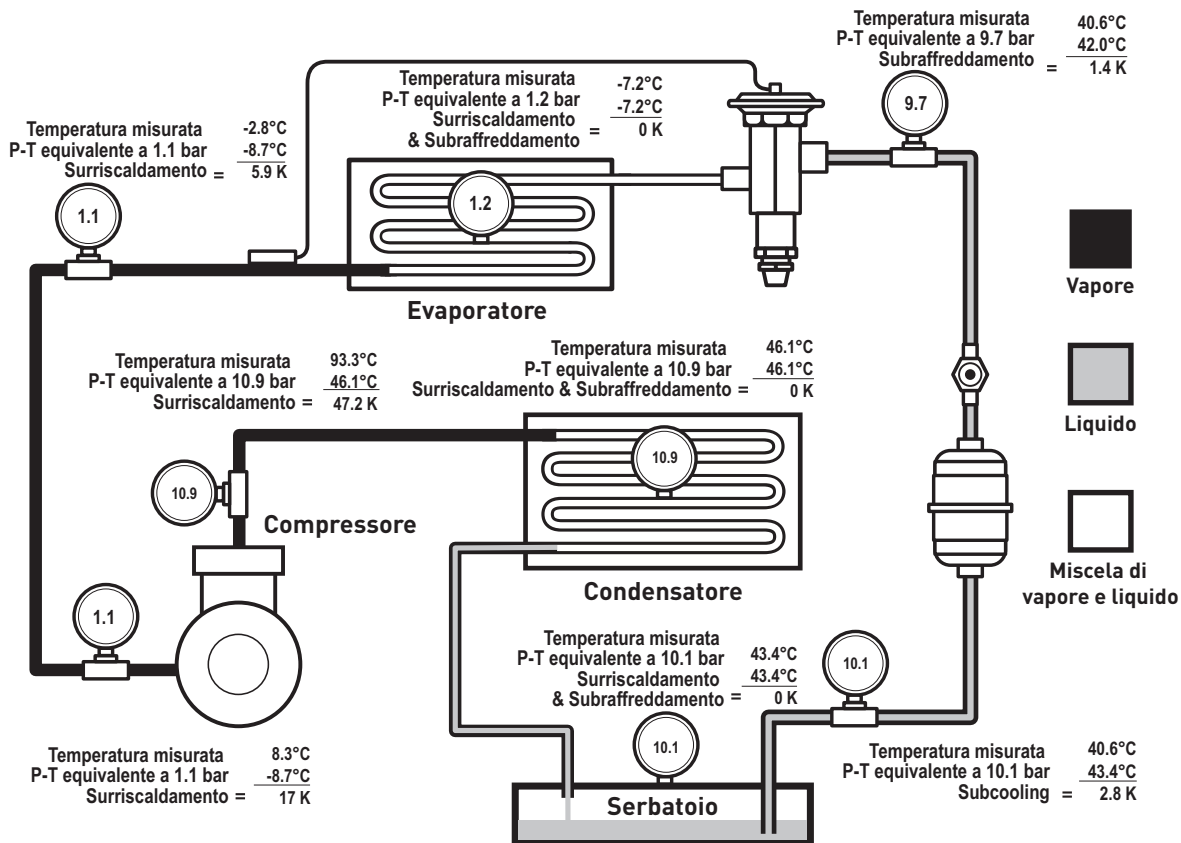
presente in questo punto, la temperatura misurata dovrebbe essere pari alla temperatura di saturazione, ovvero $-8,9\text{ °C}$ (16 °F). Tuttavia, la temperatura corrente misurata in questo caso è pari a $-2,8\text{ °C}$ (27 °F). L'entità del surriscaldamento nel vapore è pari alla differenza tra la temperatura misurata di $-2,8\text{ °C}$ (27 °F) e la temperatura di saturazione (in base alla tabella P-T) di $-8,7\text{ °C}$ (17 °F). Pertanto, il surriscaldamento è pari a 10 °F ($5,4\text{ K}$).

Se viene misurata una pressione di 16 psig all'ingresso del compressore con una temperatura misurata pari a $8,3\text{ °C}$ (47 °F), il surriscaldamento in questo caso sarà pari a $-0,7\text{ °C}$ (31 °F), calcolato sottraendo la temperatura di saturazione corrispondente a 16 psig, ossia -9 °C (16 °F), dalla temperatura misurata di $8,3\text{ °C}$ (47 °F).

Passiamo ora a esaminare il manometro installato a metà del condensatore che rileva una pressione di 158 psig. In base alla scheda/applicazione P-T la temperatura di saturazione sarà pari a 46 °C (115 °F). Questa è la temperatura che saremmo in grado di misurare posizionando una termocoppia nel refrigerante nel punto di trasformazione da vapore a liquido. In questo punto, non c'è differenza tra la temperatura misurata e la temperatura di saturazione. Si può anche dire che il surriscaldamento e il sottoraffreddamento sono entrambi pari a zero. Pertanto, il refrigerante è saturato, ovvero al punto di ebollizione.

Nel nostro esempio misuriamo inoltre una pressione di 158 psig alla linea di mandata del compressore. La temperatura misurata qui

La Figura 2 – °C



è pari a 93 °C (200 °F). Calcolando il surriscaldamento nello stesso modo utilizzato per la linea di aspirazione (differenza tra la temperatura misurata e la temperatura di saturazione), viene rilevato un surriscaldamento pari a 30 °C (85 °F).

Quando un sistema utilizza un serbatoio per liquido, non può verificarsi alcun subraffreddamento sulla superficie del liquido nel serbatoio. Ciò è dovuto al fatto che quando refrigerante liquido e vapore coesistono, devono obbedire alla relazione P-T oppure il refrigerante deve essere saturato. Nel nostro esempio, la pressione misurata nel serbatoio è pari a 146 psig; il refrigerante sulla superficie del livello del liquido nel serbatoio deve perciò essere pari a 43 °C (110 °F).

Una volta formata una colonna solida di liquido, è possibile provocare il subraffreddamento del refrigerante abbassandone la temperatura tramite l'uso di scambiatori di calore con linea di aspirazione, sottoraffreddatori o tramite le temperature ambiente inferiori intorno alla linea.

Naturalmente, è importante mantenere un certo grado di subraffreddamento del liquido per evitare la formazione di flash gas nella linea del liquido e il loro ingresso nella valvola di espansione termostatica.

Tramite l'utilizzo di una scheda P-T, dovremmo essere in grado di determinare la condizione del refrigerante in qualsiasi punto del sistema misurando sia la pressione che la temperatura e osservando le seguenti regole:

A. Liquido e vapore sono entrambi presenti quando la temperatura misurata corrisponde alla relazione P-T (teoricamente è possibile avere "100% di liquido saturato" o "100% di vapore saturato" in queste condizioni, ma in pratica in un sistema funzionante, si presuppone che una certa quantità di liquido e il vapore sia presente allo stesso tempo in tali condizioni).

B. È presente del vapore surriscaldato quando la temperatura misurata è al di sopra della temperatura di saturazione corrispondente alla relazione P-T. L'entità del surriscaldamento è indicata dalla differenza.

C. È presente del liquido subraffreddato quando la temperatura misurata è al di sotto della temperatura di saturazione corrispondente alla relazione P-T. L'entità del subraffreddamento è rappresentata dalla differenza.

Nella figura abbiamo collocato i manometri in punti del sistema in cui la loro applicazione non sempre è possibile in un'installazione reale. Per questo motivo, spesso è necessario procedere per deduzioni e

Limitazioni pratiche al posizionamento del manometro

inferenze quando si opera con un sistema reale.

Ad esempio, in genere ipotizzeremmo che la pressione di 158 psig letta sul manometro installato sulla linea di mandata del compressore corrisponda anche alla pressione esistente nel condensatore. Ovvero, presumiamo che non vi sia alcuna perdita di pressione tra la mandata del compressore e il condensatore. In base a questi presupposti, calcoliamo una temperatura di condensazione pari a 46 °C (115 °F). Se si sospetta la presenza di una linea di mandata sottodimensionata o di altri restringimenti, non possiamo formulare questa ipotesi e potrebbero essere necessari altri rubinetti di pressione per individuare l'area problematica.

È inoltre prassi comune presupporre che la pressione misurata alla valvola di servizio di aspirazione del compressore corrisponda alla stessa pressione esistente all'uscita dell'evaporatore al bulbo della valvola di espansione. Questo è vero soprattutto in sistemi ad

accoppiamento chiuso in cui è stato verificato che la linea di aspirazione presenta dimensioni corrette. In base a questo assunto, possiamo determinare il surriscaldamento della valvola di espansione senza installare un rubinetto di pressione aggiuntivo sul bulbo. Tuttavia, per eliminare qualsiasi dubbio in merito all'entità della caduta di pressione nella linea di aspirazione e per una misurazione assolutamente precisa del surriscaldamento, è necessario installare un manometro nella linea di aspirazione sul bulbo.

Prestare attenzione a considerare un ragionevole margine di tolleranza per le cadute di pressione all'interno del sistema. È possibile rilevare cadute eccessive di pressione applicando i principi della relazione P-T. Ad esempio nella Figura 2, con i manometri installati solo in corrispondenza dell'aspirazione e della mandata del compressore e con la lettura indicata, una caduta di pressione significativa attraverso l'evaporatore verrebbe indicata da un'alta temperatura pari ad esempio a 10 °C (50 °F) misurata all'ingresso

dell'evaporatore che corrisponderebbe a una pressione in quel punto di circa 45 psig. Questo significherebbe che c'è una caduta di pressione di 29 psi dall'ingresso dell'evaporatore all'ingresso del compressore (45 meno 16). Mentre questa caduta sarebbe considerata eccessiva in un evaporatore a singolo circuito, occorre ricordare che in evaporatori a circuiti multipli si verifica una caduta di pressione attraverso il gruppo distributore del refrigerante. Una caduta di pressione attraverso il gruppo distributore di R-134a potrebbe essere più o meno pari a 25 psi. Ciò significa che con l'uso di un distributore di refrigerante, una temperatura misurata tra l'uscita della valvola di espansione termostatica e l'ingresso del distributore di circa 10 °C (50 °F) non risulterebbe anomala nel sistema illustrato in Figura 2.

Conoscendo la relazione pressione-temperatura, l'applicazione/scheda P-T, ampiamente diffusa, si rivela uno strumento prezioso. Una

Verifica dei gas non condensabili

L'uso corretto della relazione P-T può essere utile per rilevare la presenza di aria o di altri gas non condensabili nel sistema. Questi gas indesiderati si accumuleranno nel condensatore e aggiungeranno la propria pressione a quella prodotta dal refrigerante, determinando una pressione totale più elevata.

Pertanto, se questa condizione si verifica, la relazione P-T verrà distorta al punto che la temperatura effettiva nel condensatore risulterà inferiore a quella indicata nella tabella P-T.

Ipotizzando un condensatore ad aria fredda, la relazione tra la

temperatura dell'aria in uscita e la temperatura effettiva del refrigerante (nel condensatore) è inferiore rispetto a un sistema equivalente senza gas non condensabili. Ciò è causato dall'interferenza dei gas non condensabili con la superficie condensante, che riduce l'efficienza del condensatore.

Riepilogo

Conoscendo la relazione pressione-temperatura, l'applicazione/scheda P-T, ampiamente diffusa, si rivela uno strumento prezioso. Una scheda/applicazione P-T, insieme

a manometri e termometri di precisione, consente di determinare in qualsiasi punto del sistema se il refrigerante è saturato, subraffreddato o surriscaldato. Tutto ciò

è molto importante per individuare correttamente i problemi del sistema.

Verificate la vostra conoscenza della relazione P-T

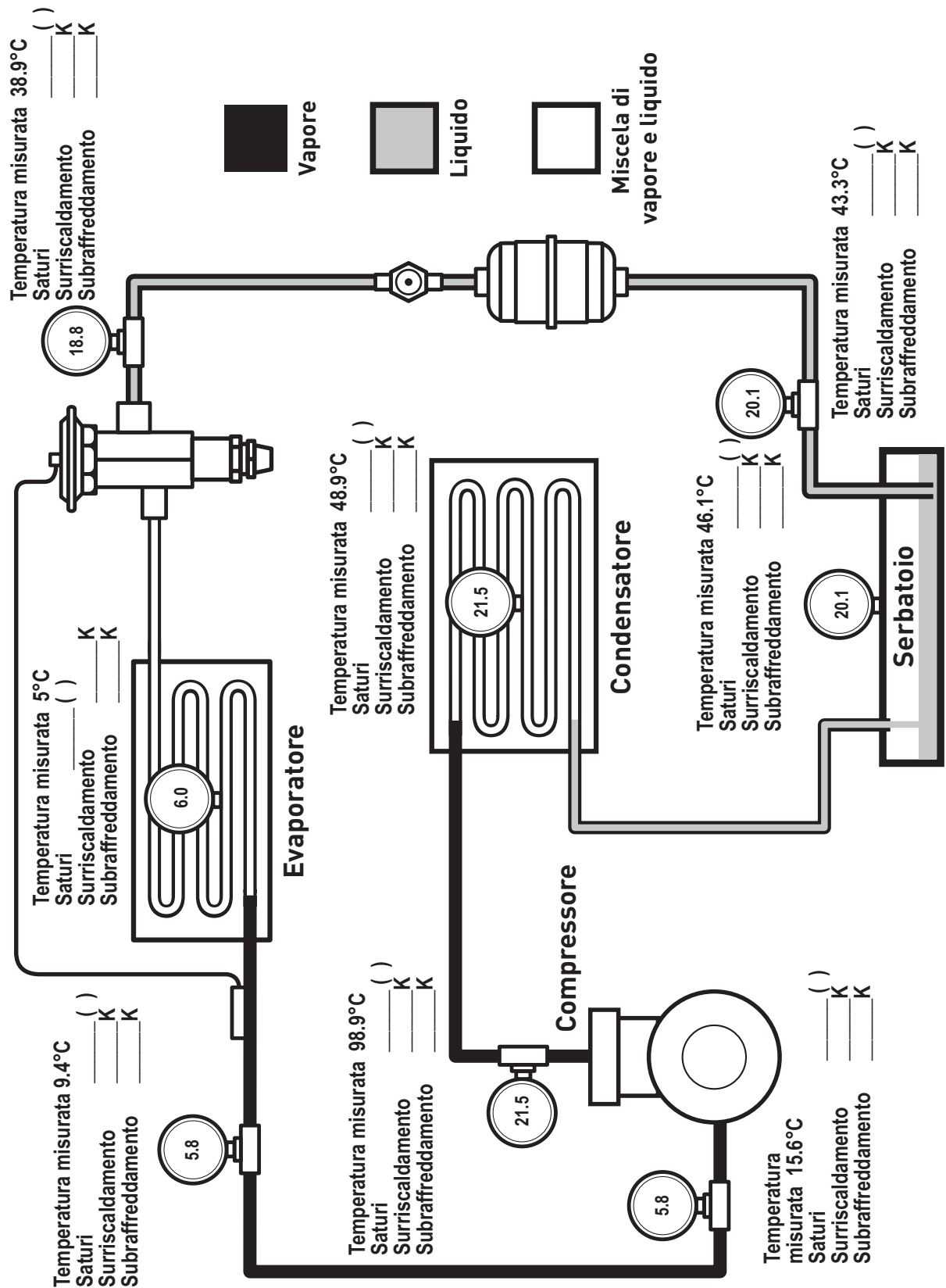
La Figura 3 è un esercizio per verificare la conoscenza e l'utilizzo della relazione P-T. Vengono mostrate pressione e temperatura in diversi punti del sistema. Selezionate la casella che indica la condizione del refrigerante in ciascun punto. In caso di vapore surriscaldato e liquido subraffreddato, indicate la temperatura nello spazio bianco.

Vacuum-Inches of Mercury Bold Italic Figures										SPORLAN TEMPERATURE PRESSURE CHART - at sea level										Pressure-Pounds Per Square Inch Gauge			
TEMPERATURE		REFRIGERANT (SPORLAN CODE)					TEMPERATURE		REFRIGERANT (SPORLAN CODE)					TEMPERATURE		REFRIGERANT (SPORLAN CODE)							
(°F)	(°C)	134a (J)	404A (S)	407A (V)	507 (P)	744 - CO ₂	(°F)	(°C)	134a (J)	404A (S)	407A (V)	507 (P)	744 - CO ₂	(°F)	(°C)	134a (J)	404A (S)	407A (V)	507 (P)	744 - CO ₂			
-60	-51.1	21.8	7.3	14.2	5.8	79.9	12	-11.1	13.1	45.4	34.0	48.1	357.4	42	5.6	37.0	88.8	72.9	92.8	569.3			
-55	-48.3	20.3	3.9	11.5	2.2	91.1	13	-10.6	13.8	46.6	35.0	49.3	363.4	43	6.1	38.0	90.6	74.5	94.6	577.6			
-50	-45.6	18.7	0.1	8.6	0.9	103.4	14	-10.0	14.4	47.8	36.1	50.5	369.5	44	6.7	39.0	92.4	76.1	96.5	586.0			
-45	-42.8	16.9	2.0	5.3	3.0	116.6	15	-9.4	15.0	49.0	37.2	51.8	375.6	45	7.2	40.1	94.2	77.8	98.3	594.5			
-40	-40.0	14.8	4.3	1.6	5.4	131.0	16	-8.9	15.7	50.2	38.2	53.0	381.8	46	7.8	41.1	96.0	79.5	100.2	603.1			
-35	-37.2	12.5	6.8	1.3	8.1	146.5	17	-8.3	16.4	51.5	39.3	54.3	388.0	47	8.3	42.2	97.9	81.2	102.1	611.7			
-30	-34.4	9.8	9.6	3.5	11.0	163.1	18	-7.8	17.0	52.7	40.4	55.6	394.3	48	8.9	43.2	99.8	82.9	104.1	620.5			
-25	-31.7	6.9	12.7	6.1	14.1	181.0	19	-7.2	17.7	54.0	41.6	56.9	400.7	49	9.4	44.3	101.7	84.6	106.0	629.3			
-20	-28.9	3.7	16.0	8.8	17.6	200.2	20	-6.7	18.4	55.3	42.7	58.3	407.2	50	10.0	45.4	103.6	86.4	108.0	638.3			
-18	-27.8	2.3	17.4	10.0	19.1	208.3	21	-6.1	19.1	56.6	43.9	59.6	413.8	55	12.8	51.2	115.3	115.2	118.3	684.4			
-16	-26.7	0.8	18.9	11.2	20.6	216.5	22	-5.6	19.9	58.0	45.1	61.0	420.4	60	15.6	57.4	126.0	126.0	129.2	733.1			
-14	-25.6	0.4	20.4	12.5	22.2	225.0	23	-5.0	20.6	59.3	46.3	62.4	427.1	65	18.3	64.0	137.3	137.4	140.7	784.2			
-12	-24.4	1.1	22.0	13.9	23.8	233.8	24	-4.4	21.3	60.7	47.5	63.8	433.8	70	21.1	71.1	149.3	149.6	153.0	838.1			
-10	-23.3	1.9	23.6	15.2	25.5	242.7	25	-3.9	22.1	62.1	48.7	65.3	440.7	75	23.9	78.7	162.0	162.5	165.9	894.9			
-8	-22.2	2.8	25.3	16.7	27.3	251.9	26	-3.3	22.9	63.5	50.0	66.7	447.6	80	26.7	86.7	175.4	176.1	179.6	954.9			
-6	-21.1	3.6	27.0	18.1	29.1	261.3	27	-2.8	23.7	64.9	51.3	68.2	454.6	85	29.4	95.2	189.5	190.5	194.1	1018			
-4	-20.0	4.6	28.8	19.7	30.9	271.0	28	-2.2	24.5	66.4	52.6	69.7	461.7	90	32.2	104.3	204.5	205.7	209.3	**			
-2	-18.9	5.5	30.7	21.3	32.8	280.9	29	-1.7	25.3	67.8	53.9	71.2	468.8	95	35.0	113.9	220.2	221.8	225.4	**			
0	-17.8	6.5	32.6	22.9	34.8	291.0	30	-1.1	26.1	69.3	55.2	72.7	476.1	100	37.8	124.2	236.8	238.7	242.3	**			
1	-17.2	7.0	33.6	23.7	35.8	296.2	31	-0.6	26.9	70.8	56.6	74.3	483.4	105	40.6	135.0	254.2	256.5	260.1	**			
2	-16.7	7.5	34.6	24.6	36.9	301.5	32	0.0	27.8	72.4	58.0	75.9	490.8	110	43.3	146.4	272.5	275.2	278.8	**			
3	-16.1	8.0	35.6	25.5	37.9	306.8	33	0.6	28.6	73.9	59.4	77.5	498.3	115	46.1	158.4	291.8	294.9	298.5	**			
4	-15.6	8.5	36.6	26.4	39.0	312.1	34	1.1	29.5	75.5	60.8	79.1	505.8	120	48.9	171.2	312.1	315.6	319.2	**			
5	-15.0	9.1	37.7	27.3	40.1	317.6	35	1.7	30.4	77.1	62.2	80.7	513.4	125	51.7	184.6	333.3	337.3	340.9	**			
6	-14.4	9.6	38.7	28.2	41.1	323.1	36	2.2	31.3	78.7	63.7	82.4	521.2	130	54.4	198.7	355.6	360.1	363.8	**			
7	-13.9	10.2	39.8	29.1	42.3	328.6	37	2.8	32.2	80.3	65.2	84.1	529.0	135	57.2	213.6	379.1	384.0	387.8	**			
8	-13.3	10.8	40.9	30.1	43.4	334.2	38	3.3	33.1	82.0	66.7	85.8	536.9	140	60.0	229.2	403.7	409.0	413.0	**			
9	-12.8	11.3	42.0	31.0	44.5	339.9	39	3.9	34.1	83.7	68.2	87.5	544.8	145	62.8	245.7	429.6	435.2	439.5	**			
10	-12.2	11.9	43.1	32.0	45.7	345.7	40	4.4	35.0	85.4	69.7	89.2	552.9	150	65.6	262.9	456.8	462.6	467.4	**			
11	-11.7	12.5	44.3	33.0	46.9	351.5	41	5.0	36.0	87.1	71.3	91.0	561.0	155	68.3	281.0	485.5	491.3	497.0	**			

To determine subcooling for R-404A and R-407A, use BUBBLE POINT values (Temperatures above 50°F — Gray Background); to determine superheat for R-404A and R-407A, use DEW POINT values (Temperatures 50°F and below).
 ** = exceeds critical temperature

Form 1C

La Figura 3 - °C



R-404A

AVVERTENZA - RESPONSABILITÀ DELL'UTENTE

Eventuali anomalie, scelte inadeguate o usi impropri dei prodotti qui descritti o degli articoli correlati possono causare infortuni, anche mortali e danni materiali.

- Il presente documento e le altre informazioni divulgate da Parker Hannifin Corporation, dalle sue consociate e dai distributori autorizzati forniscono opzioni su sistemi o prodotti che devono essere ulteriormente analizzate da utenti con competenze tecniche adeguate.
- L'utente, attraverso processi di analisi e verifica, si assume la responsabilità esclusiva per la scelta finale del sistema e dei componenti e per garantire che vengano soddisfatti tutti i requisiti dell'applicazione in merito a prestazioni, resistenza, manutenzione, sicurezza e avvertenze. L'utente ha l'obbligo di analizzare tutti gli aspetti dell'applicazione, attenersi agli standard di settore applicabili e seguire le informazioni sul prodotto incluse nel catalogo dei prodotti aggiornato e in qualsiasi altro materiale fornito da Parker o dalle sue consociate o dai distributori autorizzati.
- Nella misura in cui Parker o le sue consociate o i distributori autorizzati forniscono soluzioni in base alle informazioni o alle specifiche indicate dall'utente, l'utente ha la responsabilità di verificare che tali informazioni e specifiche siano appropriate e sufficienti per tutte le applicazioni e gli usi ragionevolmente prevedibili delle soluzioni fornite.

OFFERTA DI VENDITA

Gli articoli riportati nel presente documento sono con la presente messi in vendita da Parker Hannifin Corporation, attraverso le filiali o distributori autorizzati. La presente offerta e la sua accettazione sono gestite dalle forniture riportate in dettaglio su "Offerta di Vendita" disponibile in www.parker.com.

Parker Hannifin Ltd
Instrumentation Group
Refrigeration and Air Conditioning Europe
Cortonwood Drive, Brampton
Barnsley S73 0UF - Regno Unito
Tel +44 (0) 1226 273400
raccustomerservice@parker.com

