

Compressori serie 134-XS e 134-S
Raffreddamento addizionale
(EA_11_03_I)

11	RAFFREDDAMENTO ADDIZIONALE	2
11.1	TEMPERATURE AMMISSIBILI ALLA MANDATA DEL COMPRESSORE	2
11.2	VALUTAZIONE DELLA POTENZA FRIGORIFERA ADDIZIONALE	3
11.3	INEIEZIONE DI LIQUIDO CON VALVOLA DI ESPANSIONE TERMOSTATICA	4
11.4	RAFFREDDAMENTO DELL'OLIO CON SCAMBIATORE DI CALORE	6

11 RAFFREDDAMENTO ADDIZIONALE

11.1 Temperature ammissibili alla mandata del compressore

Il valore della temperatura alla mandata è determinato dai seguenti fattori:

- ✓ potenza assorbita dal compressore ed eventuale condizione di carico parzializzato la quale determina un calo della capacità di raffreddamento del motore elettrico;
- ✓ rapporto di compressione operativo del compressore;
- ✓ surriscaldamento del fluido frigorigeno in aspirazione;
- ✓ caratteristiche del gas frigorigeno quali la capacità termica;
- ✓ caratteristiche dell'olio miscelato con il fluido frigorigeno.

Un valore eccessivo della temperatura alla mandata provoca:

- ✓ possibile carbonizzazione ed alterazione permanente dell'olio con riduzione della vita utile dello stesso;
- ✓ riduzione della viscosità cinematica con conseguente perdita della capacità di lubrificazione e calo dell'efficienza volumetrica del compressore;

Un eccessivo raffreddamento dell'olio può invece causare, oltre che ad elevate perdite di carico nel circuito oleodinamico, una eccessiva diluizione dello stesso da parte del refrigerante, la quale ha come conseguenze:

- ✓ l'alterazione del flusso lubrificante all'interno del compressore;
- ✓ la riduzione delle proprietà lubrificanti;
- ✓ il by-pass di fluido frigorigeno all'aspirazione (attraverso il circuito oleodinamico dell'olio) il quale ha subito il processo di compressione, ma non darà poi effetto frigorifero.

La massima temperatura ammissibile alla mandata è di **110 °C** mentre, a compressore fermo, la minima temperatura dell'olio per consentire l'avviamento è di **40°C**.

Qui di seguito si riporta il metodo di valutazione della potenza frigorifera addizionale da realizzare nel caso in cui sia richiesto il raffreddamento dell'olio e i metodi possibili per realizzarlo. Per quanto riguarda invece il riscaldamento dello stesso vedi paragrafo 2-6: 'Riscaldatore olio' del capitolo EA-02: 'Lubrificazione'.

11.2 Valutazione della potenza frigorifera addizionale

Quando la temperatura di scarico supera i 110 °C è necessario adottare un sistema di raffreddamento addizionale per i motivi precedentemente visti. La potenza frigorifera addizionale, necessaria per eseguire tale raffreddamento, può essere calcolata moltiplicando la portata di massa nell'evaporatore per la differenza tra l'entalpia di scarico senza raffreddamento addizionale e l'entalpia alla pressione di scarico e alla temperatura di 110°C (i valori di entalpia vanno letti sul diagramma di stato del refrigerante).

Nel calcolare la potenza di raffreddamento necessaria si raccomanda di considerare le condizioni operative più critiche (minima temperatura di evaporazione, massima temperatura di condensazione, massimo surriscaldamento).

Alternativamente tale calcolo può essere eseguito automaticamente con il programma di selezione Leonardo.

A seconda quindi del valore della potenza frigorifera addizionale da realizzare si distinguono due metodi per limitare la temperatura alla mandata del compressore:

- ✓ Raffreddamento con iniezione sui rotori di una portata di fluido refrigerante (liquido) spillata all'uscita del condensatore e successivamente laminata;
- ✓ Raffreddamento dell'olio in un circuito esterno al compressore mediante scambiatore di calore olio/aria, olio/acqua e olio/fluido refrigerante.

Nelle pagine seguenti si riportano i due metodi di raffreddamento suddetti.

11.3 Iniezione di liquido con valvola di espansione termostatica

Un sistema relativamente semplice ed economico di raffreddamento addizionale è l'iniezione sui rotori di fluido refrigerante (liquido saturo) a pressione intermedia, secondo lo schema di figura 11.A¹. L'iniezione avviene attraverso il foro dell'economizzatore e permette, vedi capitolo EA-10: 'Limiti di applicazione', l'estensione dei limiti di applicazione.

Quando la potenza frigorifera addizionale necessaria per il raffreddamento supera una certa percentuale della potenza frigorifera del compressore, l'utilizzo di tale metodo richiederebbe una quantità eccessiva di refrigerante la quale causerebbe la diluizione dell'olio con conseguente perdita delle sue proprietà lubrificanti, oltre che un sovraccarico eccessivo del motore. In tale circostanza quindi si raccomanda di ricorrere al raffreddamento dell'olio in un circuito esterno mediante scambiatore di calore, vedi paragrafo successivo.

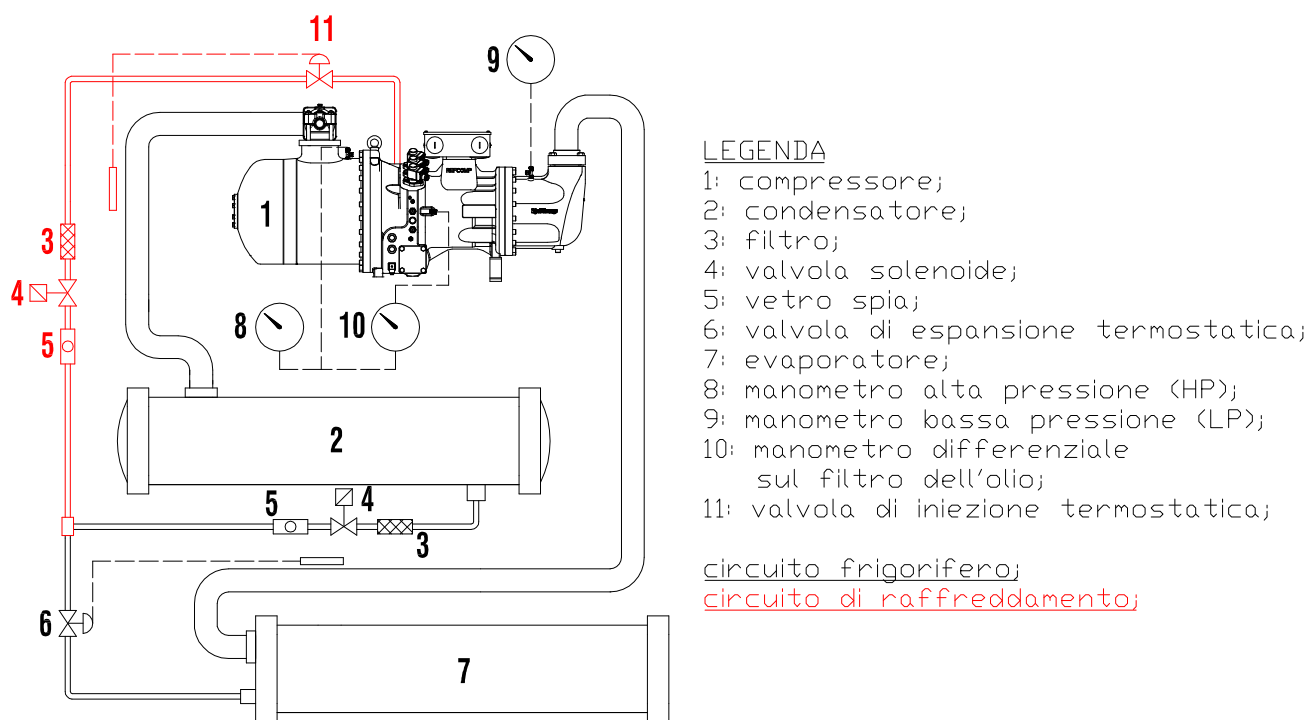


Figura 11. A: iniezione di fluido refrigerante (liquido saturo) con valvola ad espansione termostatica;

	<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ per un corretto dimensionamento della valvola termostatica secondo l'applicazione consultare il Vs. fornitore; ✓ è sconsigliato l'uso dell'iniezione del liquido quando la potenza frigorifera addizionale necessaria per il raffreddamento raggiunge valori intorno al 10% della potenza frigorifera del compressore; ✓ è sconsigliato l'uso dell'iniezione di liquido assieme al circuito ECONOMIZZATORE.
--	---

Per iniettare il refrigerante nel compressore occorre installare un dispositivo di laminazione che sarà costituito da una delle seguenti possibilità:

- ✓ da una valvola termostatica di espansione;
- ✓ da un ugello calibrato;
- ✓ da un tubo capillare;

¹ Questo è solo un disegno schematico; riferirsi al disegno dimensionale di ogni singolo compressore per identificare la reale posizione della porta di iniezione del liquido e degli attacchi di alta e bassa pressione.

Se si utilizza una valvola termostatica, è possibile eseguire la laminazione in modo più accurato. In questo caso la quantità di refrigerante iniettato varia in funzione della reale temperatura rilevata alla mandata dalla valvola stessa. Si raccomanda che le valvole termostatiche siano sensibili alla temperatura di scarico con set a 100÷110°C (i produttori Danfoss, Alco e Sporlan hanno disponibili tali prodotti).

Il bulbo della valvola deve essere posizionato sulla linea di scarico a circa 10-20 cm dal rubinetto di scarico, sarà isolato termicamente per non essere influenzato dalla temperatura esterna, il contatto con il tubo di mandata dovrà essere migliorato utilizzando una pasta conduttrice e fissato adeguatamente.

Assicurarsi di spillare sempre liquido saturo o sottoraffreddato.

Una volta costruito il circuito di iniezione occorre verificare che non si presentino vibrazioni pericolose nel tratto di tubo che va dalla valvola al punto di iniezione.

Per prevenire la migrazione di olio e proteggere i componenti da colpi di liquido-olio il condotto di iniezione deve essere inizialmente verticale a partire dal punto di iniezione, vedi figura 11.B¹.

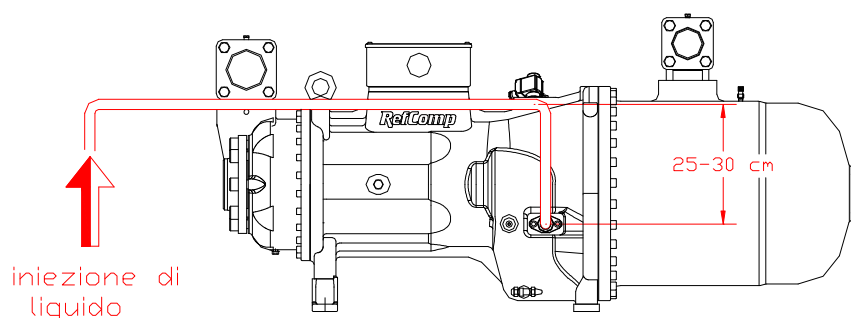


Figura 11. B: disposizione della linea di iniezione liquido;

Si raccomanda di non sovradimensionare la valvola per evitare l'iniezione di eccessive quantità di liquido. Per il dimensionamento occorre considerare la pressione di iniezione, intermedia fra la pressione di evaporazione e di condensazione, determinabile con il programma di selezione Leonardo.

Oltre al dispositivo di laminazione il circuito di iniezione deve essere corredato di una valvola solenoide, di un termostato (o dispositivo equivalente) posizionato sulla mandata, di un vetro spia e di un filtro con maglia fine (max 25 µm) per evitare l'iniezione di particelle metalliche che possono pregiudicare il corretto funzionamento e la durata del compressore.

Il termostato sulla mandata attiverà il circuito di iniezione quando la temperatura alla mandata supera il valore di 110 °C mentre lo disattiverà quando la temperatura alla mandata scende a 100-105 °C.

Il compressore dovrebbe essere dotato di raccordo di iniezione (accessorio speciale disponibile su richiesta); il diametro del condotto di iniezione viene determinato secondo la tabella B qui di seguito riportata.

134-XS/S	40	50	60	71	81	91	101	110	120	140	160	180	210	220	240	270	300
R-134a	16		22				28										

Tabella B: diametro condotto di iniezione liquido [mm];

¹ Questo è solo un disegno schematico; riferirsi al disegno dimensionale di ogni singolo compressore per identificare la reale posizione della porta di iniezione del liquido.

Per l'iniezione del liquido si devono utilizzare i seguenti kit in funzione del modello del compressore:

- compressori 134-XS-040/050/060/071/081/091/101: kit n° 303084

Componenti: raccordo iniezione del liquido	n° 517740
guarnizione in teflon	n° 592360
rondella in alluminio	n° 613840
raccordo diritto	n° 614120

- compressori 134-S-100/120/140/160/180/210/220/240/270/300: kit n° 303157

Componenti: attacco flangia	n° 511620
guarnizione in teflon	n° 591020
guarnizione flangia ovale rubinetto	n° 591030
attacco rotalock	n° 614370

11.4 Raffreddamento dell'olio con scambiatore di calore

Questo secondo metodo per il raffreddamento dell'olio permette, in confronto al precedente, un'ulteriore estensione dei limiti di applicazione del compressore (vedi capitolo EA-10: 'Limiti di applicazione') ed un più efficiente funzionamento dello stesso. Infatti con il raffreddamento si va a migliorare il rendimento volumetrico e isoentropico di compressione ed il coefficiente di effetto utile del ciclo frigorifero.

A tale scopo il compressore è provvisto di opportune connessioni di uscita e ingresso dell'olio per eseguire il circuito esterno di raffreddamento, vedi figura 11.C. Per la scelta del diametro dei tubi di tale circuito consultate la tabella C.

L'utilizzo di un circuito esterno al compressore, fa aumentare il fabbisogno di olio nel compressore. In questo caso la carica di olio nel compressore deve essere opportunamente aumentata in funzione del tipo di circuito di raffreddamento impiegato ed in particolare considerando:

$$\begin{aligned} \text{CARICA TOTALE OLIO} = & \text{CARICA COMPRESSORE} \\ & + \text{CARICA SCAMBIATORE DI CALORE} \\ & + \text{VOLUME TUBI OLIO} \\ & +1\% \text{ CARICA REFRIGERANTE} \end{aligned}$$

Per collegare il raffreddatore dell'olio, occorre modificare il circuito interno della lubrificazione intervenendo su alcune parti del compressore, come è indicato nella successiva figura 11-C. Per conoscere la carica del compressore vedi EA-02: 'Lubrificazione')

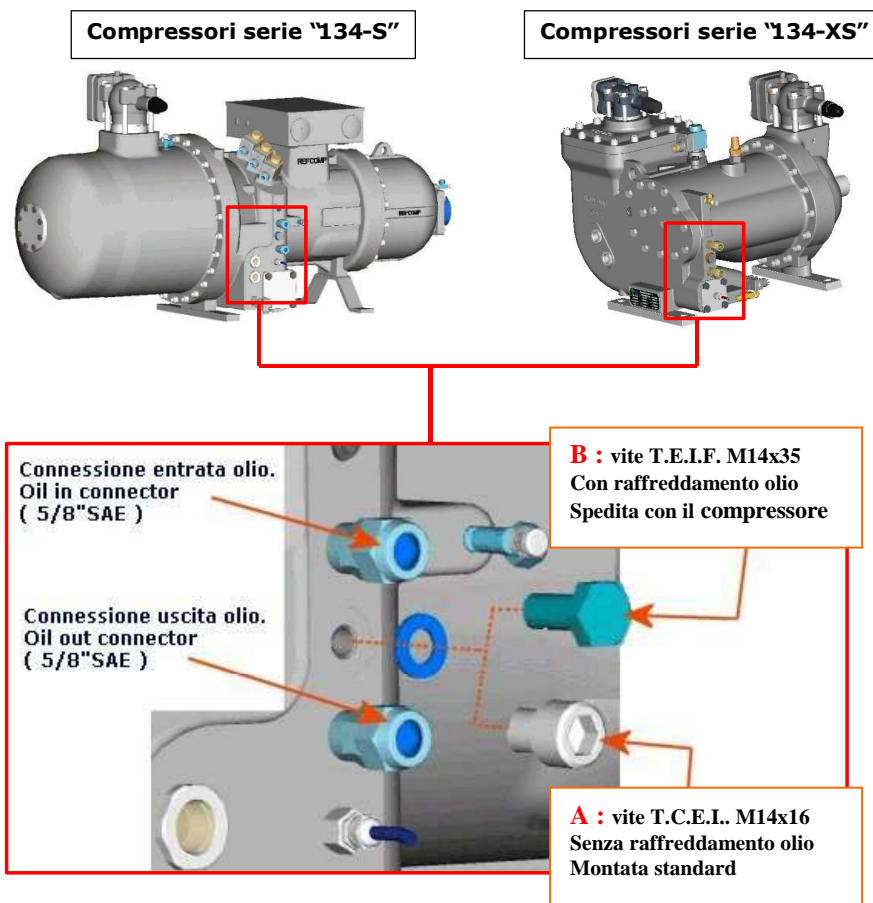


Figura 11. C: posizione connessioni ingresso/uscita dell'olio per connessione al circuito di raffreddamento;

Nella figura 11-C è mostrata la parte interessata alla modifica. Il compressore è spedito, nella versione standard, con la vite A:T.C.E.I M14x16 montata sul compressore; in questa configurazione il compressore lavora senza il raffreddatore dell'olio. La vite B: T.E.I.F M14x35 è spedita con il compressore, non è montata e si trova nella scatola morsettiera.

Per inserire il raffreddatore dell'olio occorre sostituire la vite A con la vite B.

	<p>Attenzione: la perdita di carico nel circuito esterno di raffreddamento dell'olio non deve superare 0,5 bar.</p>
--	--

134-XS/S	40	50	60	71	81	91	101	110	120	140	160	180	210	220	240	270	300
R-134a	16																

Tabella C: diametro condotto ingresso-uscita olio [mm];

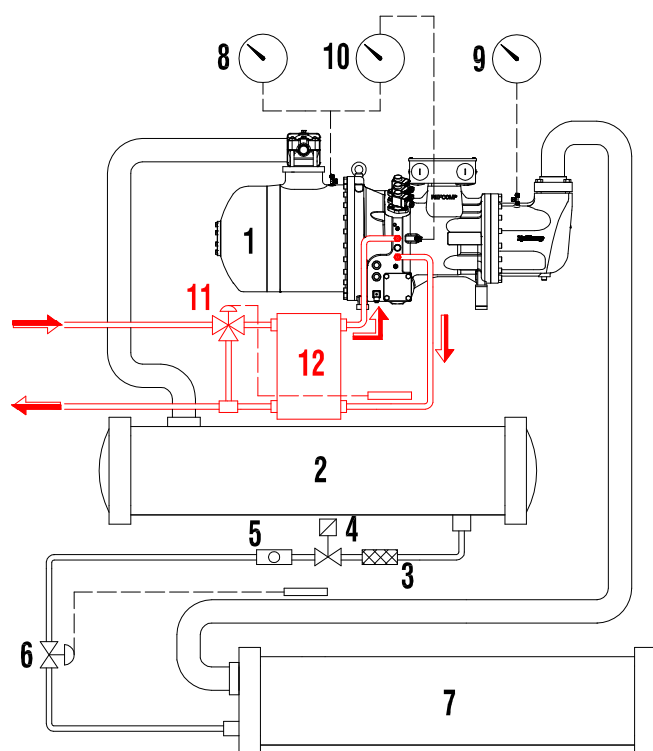
• Raffreddamento ad aria

Il raffreddatore d'olio (batteria alettata) deve essere installato il più vicino possibile al compressore in modo tale che la perdita di carico nel circuito non superi i 0,5 bar in condizioni normali. Il sistema di raffreddamento con ventilatori deve essere comandato da un sensore di temperatura posizionato sulla linea di mandata del compressore, con set a **110°C**, ed il controllo può essere con logica ON-OFF oppure a velocità variabile.

Per assicurare un rapido riscaldamento dell'olio durante l'avviamento (al fine di ridurre le elevate perdite di carico con olio freddo) si raccomanda di riscaldare il raffreddatore durante le soste, oppure di by-passare il raffreddatore tramite una valvola modulante a 3 vie, fino a che la temperatura alla mandata non raggiunge **100°C**. Questo si raccomanda specialmente quando la temperatura del raffreddatore, durante le soste, può scendere sotto i 40 °C, o quando il volume di olio nel raffreddatore e nei tubi supera i 25 dm³.

• Raffreddamento ad acqua

Lo scambiatore di calore olio-acqua può essere alimentato con acqua di condensazione o acqua refrigerata. L'alimentazione d'acqua può essere modulata da una valvola termostatica a due vie con sensore sulla tubazione di mandata al compressore (set a 110°C) oppure, in alternativa, si può utilizzare una valvola modulante a tre vie, vedi figura 11-D¹, con sensore di temperatura posizionato sulla tubazione dell'olio in uscita dal compressore.



LEGENDA

- 1: compressore;
- 2: condensatore;
- 3: filtro;
- 4: valvola solenoide;
- 5: vetro spia;
- 6: valvola di espansione termostatica;
- 7: evaporatore;
- 8: manometro alta pressione (HP);
- 9: manometro bassa pressione (LP);
- 10: manometro differenziale sul filtro dell'olio;
- 11: valvola a tre vie termostatica;
- 12: scambiatore di calore olio/acqua;

circuito frigorifero;

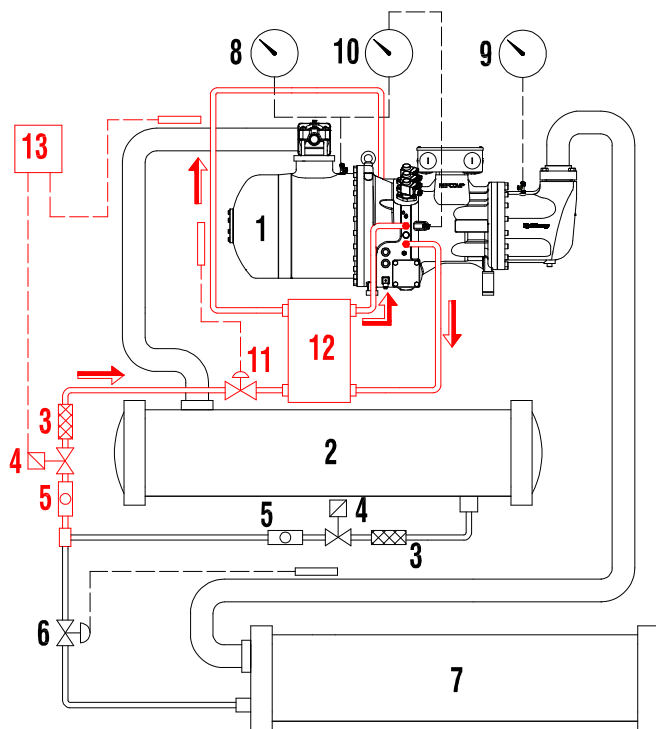
circuito di raffreddamento dell'olio;

Figura 11-D: raffreddamento olio con scambiatore olio/acqua;

¹ Questo è solo un disegno schematico; riferirsi al disegno dimensionale di ogni singolo compressore per le posizioni degli attacchi di pressione e dei rubinetti di ingresso e uscita dell'olio.

• Raffreddamento con fluido refrigerante

Nella figura 11-E¹ è indicato lo schema di un circuito frigorifero nel quale il raffreddamento dell'olio è realizzato per mezzo del refrigerante. Una valvola di espansione regola il flusso di refrigerante che raffredda l'olio attraverso uno scambiatore di calore. Lo scambiatore olio-refrigerante deve essere adatto alle elevate differenze di temperatura tra i due fluidi operanti.



LEGENDA

- 1: compressore;
- 2: condensatore;
- 3: filtro;
- 4: valvola solenoide;
- 5: vetro spia;
- 6: valvola di espansione termostatica;
- 7: evaporatore;
- 8: manometro alta pressione (HP);
- 9: manometro bassa pressione (LP);
- 10: manometro differenziale sul filtro dell'olio;
- 11: valvola termostatica raffreddamento dell'olio;
- 12: scambiatore di calore olio/fluido refrigerante;
- 13: termostato;

circuito frigorifero;

circuito di raffreddamento dell'olio;

Fig.11-E: raffreddamento olio con scambiatore olio/fluido refrigerante;

Consultare RefComp per ulteriori informazioni su tale metodo di raffreddamento dell'olio.

¹ Questo è solo un disegno schematico; riferirsi al disegno dimensionale di ogni singolo compressore per identificare la reale posizione della porta di iniezione del liquido, delle prese di pressione e dei rubinetti di ingresso e uscita dell'olio.