


SCOPO

Registrazione e analisi del diagramma pressione-entalpia di una pompa di calore a compressione

FUNZIONI

- Dimostrazione del funzionamento di una pompa di calore elettrica a compressione.
- Analisi quantitativa del corrispondente ciclo.
- Registrazione e analisi del diagramma pressione-entalpia.

RIASSUNTO

Una pompa di calore elettrica a compressione è costituita da un compressore con motore di azionamento, un condensatore, una valvola di espansione e un evaporatore. Il suo funzionamento si basa su un ciclo con transizione di fase che fa passare il mezzo di lavoro nella pompa e che, idealmente, può essere suddiviso nelle seguenti quattro fasi: compressione, condensazione, espansione con strozzamento ed evaporazione. L'efficienza teorica del ciclo idealizzato si calcola dalle entalpie specifiche rilevate nel diagramma di Mollier h_1 , h_2 e h_3 . Se sono state determinate le entalpie h_2 e h_3 del ciclo idealizzato, nonché la quantità di acqua condotta ΔQ_2 al serbatoio di acqua calda per intervallo di tempo Δt , è possibile valutare la corrente di massa del mezzo di lavoro.

APPARECCHI NECESSARI

Numero	Apparecchio	Cat. n°
1	Pompa di calore D (230 V, 50/60 Hz)	1000820 o
	Pompa di calore D (115 V, 50/60 Hz)	1000819
2	Sensore di temperatura Pt100 a morsetto	1009922
1	3B NETlog™ (230 V, 50/60 Hz)	1000540 o
	3B NETlog™ (115 V, 50/60 Hz)	1000539
Ulteriormente consigliato		
1	3B NETlab™	1000544

BASI GENERALI

Una pompa di calore elettrica a compressione è costituita da un compressore con motore di azionamento, un condensatore, una valvola di espansione e un evaporatore. Il suo funzionamento si basa su un ciclo con transizione di fase che fa passare il mezzo di lavoro nella pompa e che, idealmente, può essere suddiviso nelle seguenti quattro fasi: compressione, condensazione, espansione con strozzamento ed evaporazione.

2

Per la compressione, il mezzo di lavoro gassoso viene aspirato dal compressore, compresso senza variazione di entropia ($s_1 = s_2$) da p_1 a p_2 e surriscaldato, vedere Fig. 1 e Fig. 2. La temperatura sale pertanto da T_1 a T_2 . Per unità di massa si compie il lavoro meccanico di compressione $\Delta w = h_2 - h_1$. Nel condensatore, il mezzo di lavoro si raffredda e condensa. Il calore liberato (somma di quello dovuto alla variazione di temperatura e del calore di condensazione) è pari per unità di massa a $\Delta q_2 = h_2 - h_3$. Riscalda il serbatoio circostante.

Il mezzo condensato giunge alla valvola di espansione dove, mediante strozzamento (cioè senza lavoro meccanico), si ritrova in un ambiente con pressione inferiore e si espande. Anche la temperatura diminuisce poiché è necessario compiere un certo lavoro contro le forze molecolari di attrazione presenti nel mezzo (effetto Joule-Thomson). L'entalpia resta costante ($h_4 = h_3$).

Nell'evaporatore, con l'assorbimento di calore, il mezzo di lavoro evapora completamente. Ciò causa il raffreddamento del serbatoio circostante. Per unità di massa, il calore assorbito è pari a $\Delta q_1 = h_1 - h_4$.

Per rappresentare il ciclo di una pompa di calore a compressione si utilizza spesso il diagramma di Mollier del mezzo di lavoro. Vi è riportata la pressione p raffrontata all'entalpia specifica h del mezzo di lavoro (l'entalpia è una misura che esprime il contenuto termico del mezzo, in genere aumenta all'aumentare della pressione e della percentuale di gas).

Sono indicate le isoterme ($T = \text{cost.}$) e le isoentropiche ($S = \text{cost.}$), così come la percentuale relativa di massa della fase liquida del mezzo di lavoro. A sinistra della cosiddetta linea di ebollizione, il mezzo di lavoro è completamente condensato. A destra della cosiddetta linea di condensazione, il mezzo di lavoro è presente sotto forma di vapore surriscaldato e, fra le due linee, in forma di miscela liquido-gas. Le due linee si toccano nel punto critico.

Per la rappresentazione nel diagramma di Mollier, il ciclo idealizzato sopra descritto può essere determinato misurando le pressioni p_1 e p_2 dietro e davanti la valvola di espansione e la temperatura T_1 davanti al compressore e T_3 davanti alla valvola di espansione.

Nell'esperimento, i componenti sono montati su una pedana e collegati mediante un tubo di rame a formare un sistema chiuso. La disposizione razionale consente una lettura immediata del ciclo termodinamico della pompa di calore. L'evaporatore e il condensatore sono tubi di rame a spirale immersi in due diversi contenitori riempiti con acqua che fungono da serbatoi per la determinazione del calore assorbito o rilasciato. Due grandi manometri indicano i rapporti di pressione del refrigerante nei due scambiatori di calore. Due termometri analogici consentono la misurazione della temperatura nei due contenitori. Per la misurazione delle temperature nei tubi di rame davanti al compressore e alla valvola di espansione vengono impiegati sensori di temperatura con morsetto di misurazione adeguato. L'efficienza teorica del ciclo idealizzato si calcola dalle entalpie rilevate nel diagramma di Mollier h_1 , h_2 e h_3 :

$$(1) \quad \eta_{th} = \frac{\Delta q_2}{\Delta w} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

Una volta determinate le entalpie h_2 e h_3 del ciclo idealizzato, nonché la quantità di acqua condotta ΔQ_2 al serbatoio di acqua calda per intervallo di tempo Δt , è possibile valutare la corrente di massa del mezzo di lavoro.

$$(2) \quad \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_2}{\Delta t} \cdot \frac{1}{h_2 - h_3}$$

ANALISI

T_1 e p_1 determinano il punto 1 nel diagramma di Mollier. Il punto d'intersezione delle isoentropiche con l'orizzontale $p_2 = \text{cost.}$ determina il Punto 2. Il punto d'intersezione dell'orizzontale con la linea di ebollizione determina il Punto 3 e la perpendicolare sull'orizzontale $p_4 = \text{cost.}$ il Punto 4.

La misurazione supplementare della temperatura T_3 fornisce una panoramica allargata dei processi in corso nella pompa di calore: T_3 non coincide con la temperatura rilevata sulla scala termica del manometro corrispondente. Tale scala termica è basata sulla curva della pressione di vapore del mezzo di lavoro. Dalla misurazione emerge dunque che il mezzo di lavoro davanti alla valvola di espansione non è una miscela di liquido e gas, bensì è completamente liquido.

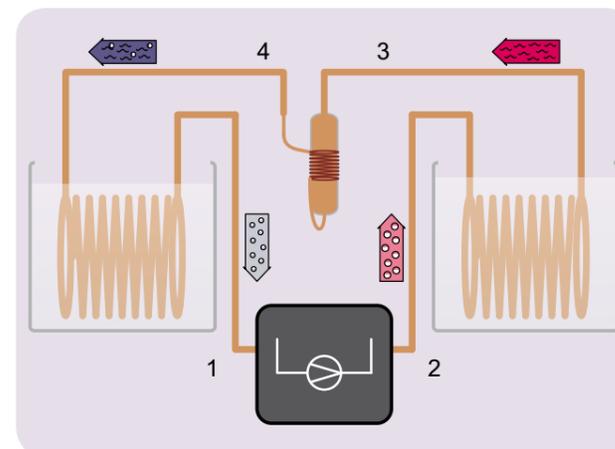


Fig. 1: Rappresentazione schematica della pompa di calore con compressore (1, 2), condensatore (2, 3), valvola di espansione (3, 4) ed evaporatore (4, 1)

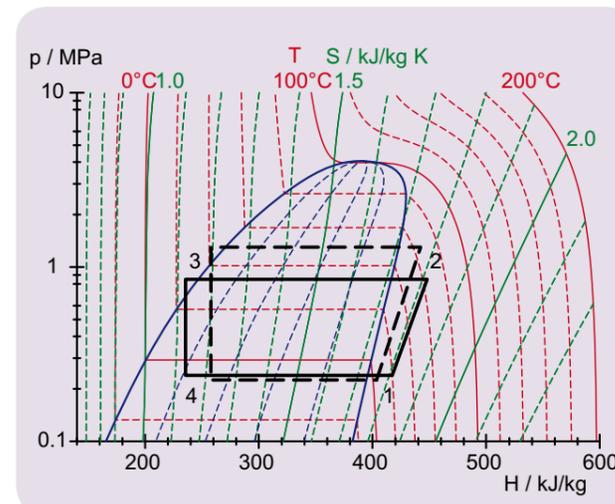


Fig. 2: Rappresentazione del ciclo idealizzato della pompa di calore nel diagramma di Mollier