

Analisi energetica ed economica di un impianto di refrigerazione che utilizza aeroevaporatori e aereorefrigeranti della serie industriale LHS con sbrinamento a “glicole caldo”

Introduzione

Il presente studio ha lo scopo di valutare la convenienza economica di un impianto di refrigerazione che utilizza aeroevaporatori ad espansione diretta in bassa temperatura BT e aereorefrigeranti in normale temperatura NT con sistemi di sbrinamento a glicole etilenico caldo.

Il glicole etilenico riscaldato recuperando una parte del calore di condensazione (desurriscaldamento) durante il funzionamento del ciclo frigorifero, per poi venir inviato – in circuiti dedicati - agli apparecchi posti nelle celle durante la fase di sbrinamento.

In questo modo, l'energia dedicata allo sbrinamento è praticamente gratuita (a parte l'energia utilizzata per far circolare il glicole), a differenza di un normale sistema di sbrinamento a resistenze elettriche.

Il confronto tra i due sistemi di sbrinamento sopra citati è il motivo di questa memoria.

Descrizione dell'impianto

L'impianto di refrigerazione di circa 600 KW frigoriferi (costo totale impianto??) consta di n°23 apparecchi della nuova serie industriale LHS aventi circuiti dedicati alla refrigerazione e circuiti dedicati allo sbrinamento a glicole caldo, di cui n°6 in bassa temperatura (temperatura cella -25°C) e n°17 in temperatura normale (temperatura cella +2°C).

Gli apparecchi in bassa temperatura funzionano con ciclo ad espansione diretta a $DT1=6^{\circ}C$, quindi temperatura alla aspirazione dei compressori pari a $-31^{\circ}C$, mentre gli apparecchi con glicole freddo (prodotto da Chiller) funzionano a $DT1=5^{\circ}C$. Il Chiller opera ad una temperatura di espansione di $-8^{\circ}C$.

In tali condizioni si è valutato il COP dei due sistemi di refrigerazione, in bassa temperatura $COP=1,04$, mentre in normale temperatura (Chiller) $COP=2,4$ (temperatura di condensazione $40^{\circ}C$).

Il circuito di produzione del glicole caldo è composto di uno scambiatore di calore tra il gas di mandata dei compressori e il glicole contenuto nel serbatoio di accumulo e di una pompa di circolazione sempre attiva (pompa P1).

I circuiti di sbrinamento sono divisi in due parti :

- uno per gli apparecchi in NT dove viene prelevato il glicole caldo dal serbatoio e fatto circolare durante lo sbrinamento da una pompa P2
- un'altro per gli apparecchi in BT dove è interposto uno scambiatore di calore tra glicole caldo contenuto nel serbatoio e il glicole circolante negli aeroevaporatori con concentrazione superiore; la circolazione è consentita da due pompe (P2 e P3).

Lo sbrinamento viene eseguito ogni 12 ore su n°3 apparecchi per volta in BT e ogni 6 ore su n°4 apparecchi per volta in NT.

Analisi energetica ed economica

Come enunciato in precedenza, il confronto energetico ed economico viene eseguito tra apparecchi aventi sistema di sbrinamento a glicole caldo ed identici apparecchi aventi un sistema di sbrinamento tradizionale elettrico; questo confronto viene eseguito per ogni tipologia di apparecchio installato (n° 5 tipi di modelli – v. Tabella 1).

Il confronto energetico viene eseguito calcolando l'energia utile asportata dalla cella frigorifera, cioè viene sottratta all'energia frigorifera asportata dall'apparecchio, l'energia immessa dai ventilatori e quella immessa durante lo sbrinamento (pari all'energia elettrica consumata durante lo sbrinamento moltiplicata per (1-redimento di sbrinamento)).

Il confronto economico passa attraverso il COP, calcolando infine il costo annuale di esercizio, ipotizzando un costo dell'energia elettrica pari a 0,10 €/kWh.

La differenza di costo di esercizio a pari energia utile prodotta delle due configurazioni, ci permette di calcolare il risparmio annuo di ogni tipologia di apparecchio (delta costo per energia utile prodotta), che moltiplicato per il numero di apparecchi dello stesso modello, ci fornisce il risparmio annuo totale (circa 69000 €/anno).

Per la configurazione con sbrinamento a glicole caldo, occorre sottrarre al risparmio annuo totale le spese di funzionamento delle pompe di circolazione (P1, P2 e P3); tale valore è di circa 2200 €/anno.

L'investimento iniziale sostenuto per la costruzione dell'impianto per sbrinamento a glicole (serbatoio di stoccaggio, pompe di circolazione, linee, valvole, ecc.) e un maggiore costo degli aeroevaporatori/aereorefrigeranti, dovuto al fatto che ci sono circuitazioni aggiuntive, si aggira attorno ai 50000 €

In ultima analisi, si può calcolare il tempo di recupero dell'investimento PBT, pari a circa **8 mesi**.

Conclusioni

Il rendimento di sbrinamento a glicole caldo, rispetto a quello elettrico, è superiore di circa il 50% (60% vs. 40%); il che significa, minore tempi di sbrinamento (a pari potenza immessa e a pari carico di brina) e minore energia dispersa in cella, la quale dovrà essere asportata successivamente dall'aeroscambiatore.

Il risparmio monetario annuo totale (69000 €/anno) può essere tradotto in risparmio di energia elettrica (690000 kWh/anno); e quindi, in una riduzione di emissione di anidride carbonica in ambiente, stimabile (in caso di centrale termoelettrica a gas naturale 630 g_{CO2}/kWh) a 440 tonnellate all'anno.

L'analisi eseguita dimostra che in questo impianto industriale di medie dimensioni si possono recuperare gli investimenti in tempi molto ristretti (8 mesi), adottando una tecnologia relativamente complessa e sostenendo investimenti iniziali relativamente onerosi.

Purtroppo è mentalità comune valutare la convenienza degli investimenti solo sui costi iniziali, trascurando la fondamentale voce dei costi di esercizio, per tutta la vita dell'impianto (nel nostro settore circa 10 anni e più!).

Confronto tecnico-energetico tra sbrinamento elettrico e a glicole caldo

Confronto energetico		LU-VE		LU-VE		LU-VE		LU-VE		LU-VE		LU-VE		LU-VE		
		A	Delta	Glycol defrosting	A	Delta	Glycol defrosting	A	Delta	Glycol defrosting	A	Delta	Glycol defrosting	A	Delta	Glycol defrosting
Modelli		LS64H7510E12	Delta	LS64H7404GC10	LS50H5906E10	Delta	LS50H5906GC10	LS50H5922E10	Delta	LS50H5922GC10	LS45H5324E7	Delta	LS50H5922GC10	LS45H5312E7	Delta	LS45H5312GC7
potenza frigo R507A	W	35380	0,93	32900	9760	0,92	8980	31280	0,92	28840	20840	0,92	19175	12800	0,92	11775
DT1	°C	6		6	5		5	5		5	5		5	5		5
tempo funzionamento	h	12,0		12,0	6,0		6,0	6,0		6,0	6,0		6,0	6,0		6,0
Fattore utilizzo	---	0,6		0,6	0,6		0,6	0,6		0,6	0,6		0,6	0,6		0,6
energia frigo	Wh	234367	0,93	217939	31974	0,92	29418	104489	0,92	96338	64913	0,92	59727	39870	0,92	36677
pot vent	W	5200		5200	1560		1560	3120		3120	2550		2550	1530		1530
energia vent	Wh	37523	1,00	37523	5616	1,00	5616	11195	1,00	11195	9104	1,00	9104	5462	1,00	5462
potenza resist	W	52610		52610	14110		14110	48120		48120	26090		26090	16010		16010
energia resist	Wh	21946	0,60	13168	6053	0,44	2663	19060	0,44	8386	12424	0,44	5467	7624	0,44	3355
tempo sbrin	h	0,42		0,25	0,43		0,19	0,40		0,17	0,48		0,21	0,48		0,21
rendim sbrin	%	0,30		0,48	0,31		0,50	0,27		0,44	0,37		0,60	0,37		0,60
energia utile a ciclo	Wh	181389		173576	22180		22480	79405		80454	47967		48433	29595		29871
cicli giorno		1,9		2,0	3,7		3,9	3,8		3,9	3,7		3,9	3,7		3,9
energia utile giornaliera	Wh	349839		339322	82802		87178	298885		313749	179143		188713	110529		116388
energia utile annuale	kWh	127691	0,97	123852	30223	1,05	31820	109093	1,05	114518	65387	1,05	68880	40343	1,05	42482
Temperatura evaporazione iniziale	°C	-35,0		-35,0	-8,0		-8,0	-8,0		-8,0	-8,0		-8,0	-8,0		-8,0
Temperatura evaporazione finale	°C	-36,0		-36,0	-8,9		-8,9	-8,7		-8,7	-9,3		-9,3	-9,3		-9,3
Temperatura evaporazione media	°C	-35,5		-35,5	-8,5		-8,5	-8,3		-8,3	-8,6		-8,6	-8,6		-8,6
Temperatura condensazione	°C	40,0		40,0	40,0		40,0	40,0		40,0	40,0		40,0	40,0		40,0
Confronto economico																
COP		1,05		1,05	2,42		2,42	2,43		2,43	2,41		2,41	2,41		2,41
Consumo elettrico a ciclo	kWh	296,4	0,85	250,7	26,6	0,69	18,3	78,9	0,67	52,7	51,8	0,67	34,8	31,6	0,67	21,3
costo energia	€/kWh	0,10		0,10	0,10		0,10	0,10		0,10	0,10		0,10	0,10		0,10
costo esercizio a ciclo	€/ciclo	29,6		25,1	2,7		1,8	7,9		5,3	5,2		3,5	3,2		2,1
tempo ciclo	h	12,4		12,3	6,4		6,2	6,4		6,2	6,4		6,2	6,4		6,2
cicli anno		704,0		713,5	1362,6		1415,5	1373,9		1423,4	1363,2		1422,2	1363,2		1422,2
costo esercizio annuale	€/anno	20863	0,86	17886	3623	0,72	2591	10846	0,69	7508	7055	0,70	4953	4314	0,70	3023
costo esercizio/energia utile	€/kWh	0,163	0,884	0,144	0,120	0,679	0,081	0,099	0,659	0,066	0,108	0,666	0,072	0,107	0,665	0,071

		Calcolo Pay Back Time (B vs. A)	
Prezzo	€		
Delta prezzo	€	0	
Risparmio	€/kWh	0,019	
Energia utile di Pay back	kWh	0	
Numero cicli di Pay back		0	
Pay back time	h	0	
	anni	0,00	
Risparmio annuo	€/anno	2350	6

		Calcolo Pay Back Time (B vs. A)	
		0	
		0,038	
		0	
		0	
		0	
		0,00	
		1224	1

		Calcolo Pay Back Time (B vs. A)	
		0	
		0,034	
		0	
		0	
		0	
		0,00	
		3877	12

		Calcolo Pay Back Time (B vs. A)	
		0	
		0,036	
		0	
		0	
		0	
		0,00	
		2479	1

		Calcolo Pay Back Time (B vs. A)	
		0	
		0,036	
		0	
		0	
		0	
		0,00	
		1520	3

Risparmio
€/anno 68887

Potenza elettrica pompa 1	W	---		2100
Potenza elettrica pompa 2	W	---		2100
Potenza elettrica pompa 3	W	---		1600
energia pompa P1	kWh/anno		18396	
costo sbrinamento anno P1	€/anno		1840	
energia pompe P2-P3 sbrin BT	kWh/anno		661	
energia pompe P2 sbrin NT	kWh/anno		561	
costo sbrinamento anno P2-P3	€/anno		66	2

			2100	
			56	0,25

			2100	
			52	3

			2100	
			63	0,25

			2100	
			63	0,75

Spesa defrosting
€/anno 2205

tonn CO2/anno	289	59212		5140		195415		10411		19149	
---------------	-----	-------	--	------	--	--------	--	-------	--	-------	--

Investimento
€ 50000

Pay Back Time
anni 0,7

Tabella 1