

Davide  
Mariani



## I recuperi di calore in ambito industriale

Esperto Gestione  
Energia certificato  
SECEM ai sensi  
della norma UNI CEI  
11339:2009  
CSE srl

Il recupero di calore rappresenta una delle maggiori possibilità di applicazione della pratica dell'efficienza energetica sia nel settore industriale sia nel settore civile.

Compressori frigoriferi, motori endotermici e compressori d'aria sono tutti esempi di macchine operatrici a grande sviluppo di calore nel settore industriale. Nei motori endotermici l'olio lubrificante provvede anche al raffreddamento della macchina, ma deve essere a sua volta raffreddato smaltendo il calore accumulato, così come l'acqua di raffreddamento della testata. Impianti industriali richiedono il mantenimento di prefissate temperature, per assicurare qualità produttive richiedono un'attenta termoregolazione del processo.

Spesso la possibilità di riutilizzo del calore ancora disponibile dalla trasformazione dell'energia elettrica e termica in altra forma, risulta sottovalutata e non pienamente sfruttata. Tutti i settori industriali, dal siderurgico, cementiero, petrolchimico, chimico, farmaceutico, vetro, cartario, alimentare e di power generation fino al settore terziario sono potenzialmente idonei allo sviluppo di sistemi di recupero di calore.

Il vincolo maggiore legato alla possibilità di sfruttamento di tale risorsa è legato al livello di temperatura disponibile e dalla distanza dai possibili utilizzatori.

Il recupero di calore inoltre risulta spesso incentivabile con il meccanismo dei titoli di efficienza energetica che solitamente, caso abbastanza unico, consente di realizzare l'in-

tervento a costo zero, ovvero l'incentivo ottenibile nei 5 anni previsti, spesso raggiunge o supera il valore dell'investimento necessario per la realizzazione dell'intervento stesso, lasciando all'investitore l'intero importo del risparmio energetico come ricavo netto derivante dall'intervento.

L'energia termica recuperata viene solitamente sfruttata in sistemi di riscaldamento ambienti lavorativi e civili, produzione acqua calda sanitaria, preriscaldamento di prodotti destinati ad ulteriori trasformazioni in processi produttivi oltre al preriscaldamento o produzione di fluidi di servizio (dal vapore all'acqua calda).

Il recupero di calore in alcuni casi viene sfruttato, in assenza di utenze termiche alimentabili, per la produzione di energia elettrica grazie all'utilizzo dei cicli ORG (Organic Rankine Cycle).

In generale tale intervento, pur essendo di semplice identificazione, porta spesso con se necessità di approfondimenti tecnici anche molto complessi in quanto può provocare modifiche all'impianto su cui viene sviluppato, ad esempio introducendo perdite di carico aggiuntive nel caso di inserimento di scambiatori di recupero portate di aria o di fumi, modifica dei profili di temperatura nei forni di cottura e di essiccamento. Superata quindi la fase di identificazione della sorgente di calore recuperabile, occorre far sviluppare da tecnici esperti in collaborazione ai conoscitori del processo su cui si interviene (anche se margine) la fatti-

bilità tecnica ed il progetto esecutivo dell'intervento.

### Esempi di impianti

La centrale aria compressa, presente (nel settore industriale) in ogni sito produttivo, rappresenta una delle maggiori aree in cui è possibile implementare un sistema di recupero calore. A differenza di altri impianti, tale recupero non può essere reimpiegato sull'impianto stesso ma deve essere destinato ad altre utenze e solitamente viene sfruttato per il riscaldamento invernale degli ambienti produttivi adiacenti alla centrale nel caso di compressori raffreddati ad aria. Per le macchine raffreddate ad acqua è possibile utilizzare l'acqua di raffreddamento come fluido da destinare alle utenze termiche.

Nel suo funzionamento il compressore aria genera oltre alla compressione dell'aria soprattutto calore (circa 80-90% dell'energia immessa, a seconda delle configurazioni) che viene asportato attraverso dei sistemi di raffreddamento ad aria o ad acqua.

Il calore asportato dalla macchina viene solitamente non sfruttato e quindi è perso, mentre potrebbe essere recuperato pienamente, per riscaldare ambienti tramite aria calda, con compressori ad aria, o per produrre acqua calda fino a 90°C, con compressori oil free raffreddati ad acqua, ad integrazione di caldaie, per impianti di riscaldamento o per produzione acqua sanitaria.

Infatti, del 100% dell'energia in ingresso circa il 2% viene perso per dissipazione termica del compressore nell'ambiente e circa il 6% resta sotto forma di calore nell'aria compressa. Il restante 94% dell'energia in ingresso rappresenta la quantità di calore che può essere recuperata. In particolare il 72% è la parte ottenibile dal raffreddamento del gruppo di compressione attraverso il fluido di raffreddamento.

La canalizzazione dell'aria di raffreddamento compressori per il riscaldamento degli ambienti di lavoro adiacenti alla sala compres-

sori è una soluzione già applicata e consente di recuperare la massima parte di energia termica generata. Tuttavia possono presentarsi limiti legati al layout alle distanze delle sale compressori dai luoghi in cui l'aria calda può essere sfruttata con conseguente costo elevato di una eventuale diffusione tramite canali. Nell'industria alimentare gli impianti su cui è possibile operare per attuare recuperi di calore sono principalmente i forni di cottura ed essiccamento. I principali interventi effettuati prevedono l'installazione di scambiatori aria/acqua (solitamente fumi caldi espulsi dalle cappe di estrazione) con circolazione forzata in circuito chiuso di acqua calda da destinare a preriscaldamento aria comburente, riscaldamento ambienti, preriscaldamento prodotti. Meno frequentemente, se il layout di impianto lo consente, lo scambio può essere aria/aria con preriscaldamento aria comburente. Tale soluzione presenta spesso come svantaggio una minor possibilità di regolazione a fronte di un minor consumo energetico (eliminazione delle pompe di circolazione sul circuito recupero).

Nella valutazione di risparmio occorre considerare anche i maggiori consumi elettrici dovuti alle maggiori perdite di carico introdotte ed alla circolazione del fluido sul circuito di recupero.

Nel settore tessile, ad esempio, il recupero di calore da macchine quali rameuse è ormai una tecnologia consolidata e consente di preriscaldare acqua calda da destinarsi ai processi di lavaggio.

Nei settori ad alta intensità energetica (vetro, siderurgico, metallurgico...) il recupero di calore su forni fusori spesso è destinato alla produzione di vapore tramite evaporatori che sfruttano il calore presente nei fumi esausti dei forni stessi.

Negli altri settori industriali, il recupero termico si realizza su livelli di temperatura idonei alla sola produzione di calore a media e bassa temperatura (non superiore a 70-80°C).

In alcuni casi, risulta possibile, con pompe di calore ad elevata resa, ri-

qualificare recuperi di calore a bassa temperatura (es. 40°C) ad energia termica a temperatura di circa 20°K più elevata a fronte di una spesa energetica sotto forma di energia elettrica. Tale sistema viene utilizzato soprattutto nell'industria alimentare ed in particolare nel lattiero caseario. Nel caso in cui non sia necessario calore, l'energia termica, a fronte di un maggior costo di investimento e di una minor resa in termini di energia primaria, può essere sfruttata per la produzione di energia frigorifera mediante impianti ad assorbimento a patto di avere disponibili temperature superiori a 80°C nel fluido di alimento e produrre fluido refrigerato a temperature non inferiori a 7°C. A tale soluzione si giunge solo in mancanza di altre possibilità di sfruttamento del calore recuperato.

#### Requisiti necessari

Gli aspetti che favoriscono lo sfruttamento dei sistemi di recupero di calore nel settore industriale sono principalmente: la facilità di installazione dei sistemi, basso impatto sul processo produttivo su cui si poggiano, vicinanza dell'impianto generatore di calore con l'impianto che lo sfrutta, elevato numero di ore di funzionamento (favorito in processi continui), elevato livello di temperatura del fluido riscaldato.

Gli impianti accessori necessari per l'ottimizzazione dei recuperi di calore descritti sono solitamente destinati alla regolazione di temperature e portate in modo da soddisfare due principi: alimentare l'utenza ed asportare calore dalla fonte di recupero al fine di massimizzare la quantità di calore trasferita ed evitare sovratemperature all'impianto da raffreddare. Solitamente i sistemi di recupero devono poter essere bypassati in caso di emergenza o di necessità, riportando di fatto l'impianto nell'assetto originario.

Gli accessori sono accumulatori (acqua calda), pompe di circolazione e ventilatori di spinta od estrazione gestiti preferibilmente tramite inverter, eventuali dissipatori di emergenza, sistema di termoregolazione, si-

curezze di impianto. Gli accessori introducono spesso quindi dei consumi energetici (elettrici) non presenti nell'assetto originario ma di intensità solitamente inferiore di un ordine di grandezza rispetto all'energia recuperata.

Requisiti necessari alla contabilizzazione e monitoraggio dell'efficienza dell'intervento realizzato, anche ai fini di sistemi di gestione energia e di consuntivazione dei risparmi conseguiti per accedere agli incentivi previsti, sono l'installazione di sistemi di misura adeguati del quantitativo di energia recuperata. I misuratori devono consentire di rilevare portate e temperature, storicizzandole su sistemi di archiviazione tali da permettere la ricostruzione dell'energia risparmiata in termini di energia primaria considerando i rendimenti medi di produzione di calore tramite sistemi tradizionali (es. in centrale termica). La misurazione dell'energia recuperata, risulta più semplice da rilevare nel caso di fluidi intermedi (a circuito chiuso) rispetto al caso di flussi di aria calda. Tale minore complessità risulta contrapposta ad una maggiore complessità di impianto e di conseguenza di maggior costo in caso di presenza di un fluido intermedio.

Il costo del complesso di misurazione deve essere considerato nell'investimento di impianto in quanto indispensabile per un corretto esercizio del sistema.

#### Cenni normativi

Le nuove linee guida approvate dall'AEEG in materia di incentivazione degli interventi di efficienza energetica tramite Titoli di Efficienza Energetica migliorano le performance economiche.

Infatti, l'applicazione del coefficiente di durabilità  $\tau$  pari a 3,36, sulla base di un'assunzione di vita utile di impianto di 20 anni a fronte di un periodo di incentivazione di 5, consente di ottenere benefici elevati concentrati nei primi 5 anni di vita a vantaggio della redditività e del minor tempo di ritorno dell'investimento.