

## IMPIANTI COMBINATI

*E' noto che la possibilità di trasformare energia termica in energia meccanica (lavoro) e quindi in energia elettrica è legata alla realizzazione di un ciclo termodinamico che a fronte di uno scambio di calore fra due sorgenti a differente temperatura consente di convertire una aliquota dell'energia fornita ad alta temperatura in energia meccanica.*

*Il rapporto fra il lavoro prodotto e l'energia termica introdotta è proprio il rendimento del ciclo termodinamico.*

*Per poter ottenere un elevata efficienza del ciclo termodinamica e dunque un buon rendimento di conversione dell'energia termica in lavoro è necessario massimizzare il rapporto fra la temperatura media di adduzione e quella di sottrazione di energia termica al ciclo.*

*Gli impianti motori termici attualmente utilizzati per la produzione di energia elettrica sono limitati per quanto riguarda l'una o l'altra di queste temperature:*

- per gli impianti a vapore nonostante si abbiano nelle camere di combustione delle caldaie temperature superiori ai 1500°C, motivi tecnologici, economici e di sicurezza limitano le temperatura massime del vapore a circa 550°C con una temperatura media di adduzione del calore alquanto più bassa, mentre la temperatura minima è vincolata a quella delle condizioni ambiente e/o dalla disponibilità di ingenti quantitativi di fluido freddo (mare, fiumi) e mediamente non scende al disotto dei 35°C.*
- per gli impianti a combustione interna (motori alternativi, turbogas) sia le temperature medie di adduzione che di cessione dell'energia termica sono molto più elevate di quelle degli impianti a vapore, ma il rapporto fra la temperatura media di adduzione di calore quella di cessione resta pressoché invariato.*

*Viene di conseguenza l'idea di combinare il ciclo termodinamico di impianti a combustione interna (Ciclo Joule per i turbogas, Cicli Otto o Diesel per i motori alternativi) sfruttando in tal modo le alte temperature in camera di combustione (adduzione del calore) degli impianti a combustione interna ed utilizzando poi*

l'energia termica dei gas scaricati da questi ultimi, ad alta temperatura e pressione atmosferica, quale energia in ingresso di un ciclo a vapore.

In tal modo si realizza una combinazione di cicli per la quale la temperatura media di adduzione di vapore risulta quella caratteristica degli impianti a combustione interna, mentre la temperatura di cessione è quella caratteristica degli impianti a vapore, molto prossima a quella ambiente. Ciò consente di far crescere il rapporto fra le due temperature e dunque il rendimento di conversione dell'energia termica in lavoro.

### **Tipologie di impianti combinati gas/vapore**

Gli impianti combinati gas/vapore attualmente più diffusi per installazioni fisse sono gli impianti formati da turbogas con turbovapore in cascata. Tali impianti sono anche in via di diffusione per alcune applicazioni di trasporto marittimo.

Risultano presenti installazioni anche se in numero minore di motori alternativi a c.i. accoppiati a turbovapore relativamente ad applicazione per impianti di generazione di taglia molto minore di quelli utilizzando turbogas.

Tali impianti siano essi con turbogas o con motore alternativo sono classificati come *Unfired Cycle* se la caldaia per la produzione di vapore sfrutta esclusivamente l'energia termica posseduta dai gas esausti in uscita dalla turbina o dal motore alternativo oppure *Exhaust Fired Cycle* se i gas esausti vengono utilizzati come comburente nei bruciatori della caldaia per la produzione di vapore.

Nel primo caso la potenza elettrica della sezione a gas è ampiamente superiore a quella a vapore, mentre nel secondo caso le due possono equivalersi o essere addirittura maggiore quella della sezione vapore a seconda delle scelte impiantistiche effettuate.

#### *Unfired Cycle*

Negli impianti *Unfired Cycle* i gas caldi scaricati dalla turbina o dal motore alternativo, destinati alla generazione di energia elettrica, provvedono alla produzione di vapore da far espandere in una turbina a condensazione per la generazione di ulteriore energia elettrica.

*Gli impianti Unfired Cycle con turbogas sono di gran lunga più diffusi di quelli con motore alternativo in quanto la disponibilità di energia termica ad alta temperatura per la produzione di vapore è molto maggiore, rendendo economicamente più conveniente il ricorso a tale ciclo compensando i costi aggiuntivi con un buon rendimento complessivo di produzione di energia elettrica (sino al 56%). In tali impianti l'energia elettrica si ottiene per 2/3 dal turbogas e per 1/3 dal turbovapore.*

*Gli impianti Unfired Cycle basati su motori alternativi sono anch'essi caratterizzati da rendimenti complessivi altrettanto elevati (anche 54%), ma l'energia elettrica che si ottiene deriva per oltre il 90% dal motore alternativo, già di per sé prodotta con rendimento alquanto elevato.*

*Tali caratteristiche rendono nella maggioranza dei casi economicamente ingiustificata la spesa e la complicazione impiantistica a fronte di un marginale incremento del rendimento globale di produzione dell'energia elettrica.*

*In generale gli impianti combinati del tipo Unfired sono caratterizzati da una scarsa flessibilità non garantendo, in special modo quelli con turbogas, rendimenti accettabili a carichi anche solo del 10-15% inferiori rispetto a quello nominale.*

#### *Exhaust Fired Cycle*

*In questa seconda tipologia di impianti i gas caldi provenienti dai gruppi di generazione elettrica, siano essi con turbogas o con motore alternativo, vengono utilizzati per una post-combustione nei bruciatori di un generatore di vapore quale comburente, vista la presenza ancora rilevante di ossigeno (circa 12% per i motori alternativi, fra il 16 ed il 18% per i turbogas).*

*In tal caso si incrementa l'aliquota di energia prodotta con il vapore, raggiungendosi in alcuni impianti l'equivalenza fra le energie prodotte con i due generatori.*

*Gli impianti Fired sono caratterizzati da una maggiore flessibilità progettuale e di esercizio essendo possibile modulare l'apporto di energia termica in postcombustione senza compromettere eccessivamente la funzionalità ed il rendimento globale dell'impianto.*

Essi però sono caratterizzati da rendimenti globali di produzione energia mediamente più bassi di quelli del tipo Unfired utilizzando l'energia primaria del combustibile in misura maggiore nel ciclo a vapore caratterizzato da temperature medie di adduzione del calore più basse rispetto ai cicli dell'impianto con turbogas o con motore alternativo.

### **Vantaggi degli impianti combinati rispetto alle centrali termiche convenzionali**

#### *Risparmio energetico*

*Gli impianti combinati possono raggiungere rendimenti di produzione di energia elettrica di molto superiore al 50%, di gran lunga più elevati di quelli di qualsiasi centrale semplicemente basata su un ciclo a vapore o a gas.*

#### *Affidabilità*

*Gli impianti combinati non ricorrono a tecnologie innovative che possono coinvolgere rischi tecnici, ma si basano sulla combinazione di cicli e di macchine dalle tecnologie oramai più che consolidate.*

#### *Emissioni in atmosfera*

*Gli impianti combinati utilizzano, quale fonte primaria di energia, per lo più gas metano la cui combustione in tali impianti non produce emissioni di polveri, composti solforati (responsabili delle piogge acide) ed emissioni molto contenute di CO ed NOx rispetto agli impianti convenzionali.*

*Inoltre gli elevati rendimenti di produzione di energia elettrica riducono le emissioni specifiche di CO<sub>2</sub> in atmosfera.*