

Impianti di potenza basati su cicli Joule – Brayton elioassistiti

Fabio Armanasco, Andrea Rossetti

R&D Engineer

Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A.

In questo articolo si presentano alcuni dei risultati dell'attività di RSE nell'ambito dei sistemi di generazione elettrica a fonte solare per via termodinamica tratti dal rapporto 2012 "Solar dish: tenute innovative per motori Stirling e studio per l'integrazione con cicli Brayton".

È stata condotta una ricerca bibliografica **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.-Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** per conoscere lo stato dell'arte relativo agli impianti di potenza, basati su cicli Joule-Brayton, in parte o completamente alimentati da energia solare e le modalità con cui è possibile accoppiare i collettori solari con una tecnologia consolidata per la produzione di potenza.

La ricerca bibliografica ha evidenziato numerosi studi (relativi sia ad impianti sperimentali esistenti che a simulazioni numeriche) riguardanti l'impiego del solare termodinamico a concentrazione nell'ambito degli impianti a ciclo Rankine a vapor d'acqua **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.-Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** In queste analisi la potenza termica ricavata dalla fonte solare viene utilizzata per l'alimentazione di impianti funzionanti sulla base del ciclo Rankine: il ricevitore solare è posto subito dopo la pompa, con lo scopo di scaldare l'acqua e quindi generare vapore per alimentare la turbina. Oppure viene anche contemplato l'impiego dei ricevitori solari nella sezione a vapore di cicli combinati **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.:** il riscaldamento del vapore nella caldaia a recupero viene effettuata grazie alla potenza termica ricavata dalla fonte solare.

Impianto sperimentale installato presso Almeria (Spagna)

Nell'ambito del progetto SOLGATE, finanziato dall'Unione Europea, è stato costruito presso la piattaforma solare di Almeria il prototipo di un impianto di potenza, operante secondo un ciclo Joule-Brayton, in cui un ricevitore solare volumetrico dell'Agenzia Aerospaziale Tedesca è stato integrato con una turbina a gas di derivazione aeronautica **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** In Figura 1 è riportato lo schema d'impianto e una rappresentazione tridimensionale del collettore solare. Il progetto mirava a realizzare una campagna sperimentale per verificare l'applicabilità del sistema ibrido e la possibilità di accoppiare un ricevitore solare con una tradizionale microturbina a gas. Particolare attenzione è stata posta all'influenza che le perdite di carico, dovute all'inserimento dei ricevitori solari, hanno sulle prestazioni dell'impianto. Il termine di confronto è costituito dal medesimo impianto dotato di un combustore convenzionale.

L'impianto, funzionante in ciclo aperto, è composto da quattro elementi principali in serie tra loro:

- compressore;
- ricevitore solare;
- combustore;
- turbina.

Come è possibile osservare dallo schema d'impianto (Figura 1) non è stato installato un combustore in parallelo con i ricevitori solari allo scopo di garantire il funzionamento continuativo anche in assenza di irraggiamento solare. Il motivo è legato alle finalità puramente sperimentali dell'impianto, ovviamente risulterebbe essenziale in applicazioni industriali.

Compressore e turbina sono componenti standard privi di particolari peculiarità o modifiche e le loro caratteristiche sono elencate di seguito.

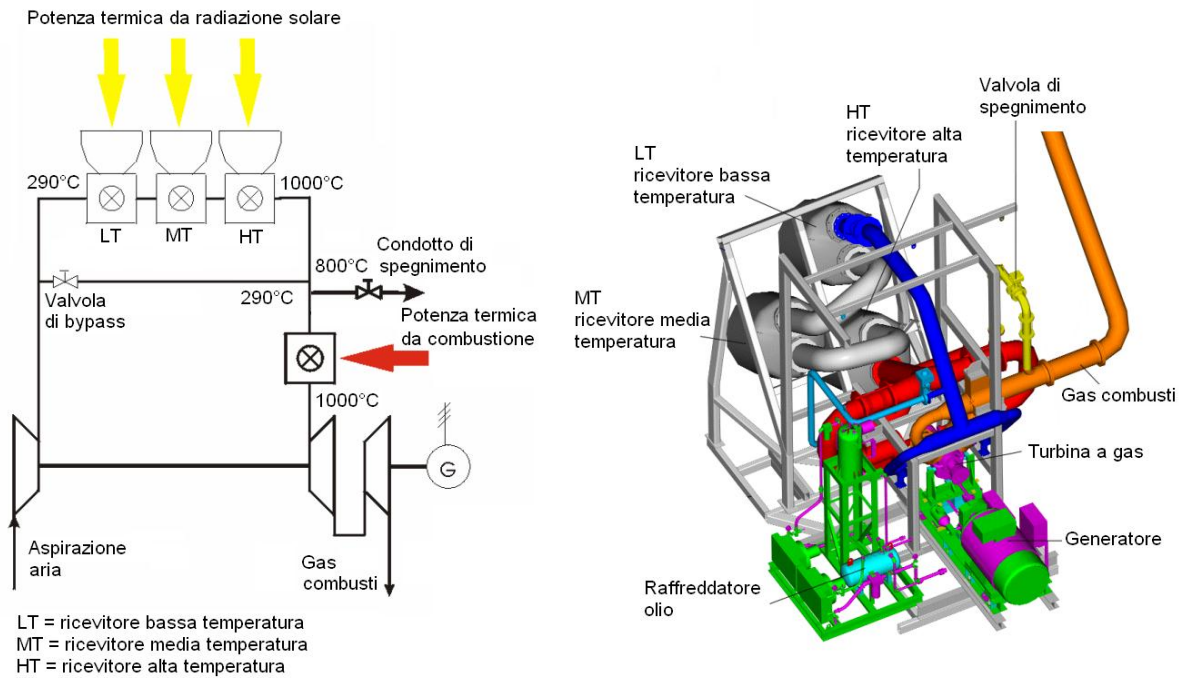


Figura 1 - Integrazione di ricevitori solari in un ciclo Joule-Brayton, impianto sperimentale di Almeria

Compressore:

- macchina centrifuga;
- rapporto di compressione 6,5;
- temperatura di uscita dell'aria 290°C;
- rendimento 85%;
- note: componente standard privo di particolari peculiarità.

Turbina:

- macchina a doppio stadio centrifuga;
- potenza nominale 240 kW;
- temperatura di ingresso in turbina 1000°C;
- note: componente standard che ha subito solo lievi modifiche per salvaguardare i cuscinetti, sono state realizzate apposite tenute per evitare il contatto con l'aria calda e sono state aggiunte due valvole di by-pass per il raffreddamento ad aria.

Il combustore installato è quello tradizionalmente accoppiato alla turbina al quale sono state apportate delle modifiche per essere alimentato con aria a 800°C. Occorre osservare che rispetto alle condizioni di normale funzionamento, in cui l'aria in ingresso è a 290°C, la portata volumetrica in ingresso nella nuova condizione operativa (temperatura aria in ingresso 800°C) è significativamente superiore.

Per permettere il corretto funzionamento del combustore è stato necessario:

1. sostituire i tubi originali che portavano l'aria al combustore con altri di diametro maggiore;
2. installare un nuovo iniettore adatto alle nuove condizioni;
3. realizzare i componenti a diretto contatto con il fluido con una lega a base di nichel per sopportare il cemento termico.

Il ricevitore solare, per considerazioni di carattere economico, è composto da tre moduli connessi in serie che lavorano in condizioni diverse e riscaldano una portata d'aria di 1.4 kg/s da 290°C a 800°C.

Il modulo che opera a bassa temperatura (LT), è stato modificato per avere un componente semplice, economico, di elevata efficienza e che non necessiti manutenzione frequente. La configurazione definitiva, i cui dettagli relativi alle fasi di sviluppo sono riportati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, consiste in 16 tubi connessi in parallelo e disposti concentricamente, ognuno di lunghezza pari a 2,3 m e aventi diametro di 28 mm. Per incrementare l'assorbività della superficie

captante i tubi sono stati rivestiti con un'apposita vernice nera resistente alle alte temperature. L'incremento di temperatura nominale è pari a 200 °C. Il modulo che lavora a medie temperature (MT) è un tradizionale ricevitore volumetrico pressurizzato. La radiazione concentrata entra nel ricevitore secondario, la cui configurazione è realizzata in modo da impedire le riflessioni verso l'esterno. Quindi la radiazione entra nella finestra di quarzo a forma di calotta e incide sul materiale assorbitore che cede potenza termica alla corrente di aria in pressione che lo percorre. Quest'ultima entra da un condotto posteriore e lambisce prima le pareti esterne, poi la superficie interna della finestra di quarzo, ed in fine passa attraverso l'assorbitore ed esce dal condotto posteriore. Il modulo che lavora ad alte temperature (HT) è stato sviluppato partendo da esperienze precedenti dei partner del progetto con i ricevitori volumetrici pressurizzati, in grado di lavorare fino a temperature di 800°C. Al fine di raggiungere la temperatura massima richiesta di 1000°C, sono state necessarie modifiche all'assorbitore, in particolare, per garantire la resistenza alle alte temperature, al posto di un materiale metallico, è stato adottato un materiale ceramico.

La sperimentazione condotta sull'impianto prevedeva due obiettivi distinti: valutare il funzionamento in condizioni nominali e verificare la possibilità di raggiungere la temperatura in ingresso in turbina con l'uso dei soli ricevitori solari.