

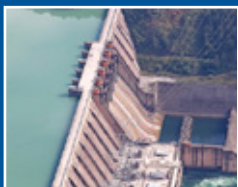
Anno XXXV - NUMERO 2
Marzo-Aprile 2023



*i*MPIANTISTICA

italiana

Organo ufficiale dell'Associazione Nazionale di Impiantistica Industriale ANIMP



NUOVE RISORSE

Energia idroelettrica e transizione: le opportunità per la filiera impiantistica

ECONOMIA CIRCOLARE

Soluzioni tecnologiche per trasformare scarti e rifiuti in bioenergie

INDUSTRIA & SICUREZZA

"ESG in action": il modello sociale aziendale per uno sviluppo sostenibile



IMPIANTISTICA ITALIANA ANNO XXXV - NUMERO 2 Marzo-Aprile 2023
Poste Italiane Spa - Spedizione in abbonamento postale - D.L. 355/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 1, DCB Milano



i Focus

Energia e Oil&Gas

Tecnologia ORC per lo sfruttamento di cascami termici

Exergy ha sviluppato una famiglia di moduli ORC impiegando la tecnologia proprietaria della ROT (Radial Outflow Turbine) per il recupero di cascami nell'industria a bassa temperatura

Silvio Meletti, Project Engineer
Exergy International srl

Gli sfidanti obiettivi europei di decarbonizzazione del settore energetico e la crescente urgenza di raggiungere maggiore indipendenza energetica nell'Unione Europea, è motore per la ricerca e lo sviluppo in vari settori, di tecnologie capaci di ridurre l'impatto ambientale derivante dallo sfruttamento e dalla dipendenza dalle fonti fossili.

“La mitigazione del surriscaldamento globale passa anche dall'efficientamento energetico del settore industriale, uno tra i principali responsabili dell'emissione in atmosfera di gas a effetto serra come la CO₂”

Nei settori industriali più energivori, quali per esempio quello agricolo, petrolchimico, ma anche cementifici, vetrerie e fonderie, l'utilizzo di energie alternative come il recupero del calore di

scarto altrimenti disperso in ambiente, permette sia un risparmio di natura economica sia una riduzione dell'impronta carbonica. Per questo, soprattutto nei Paesi ad alta industrializzazione, si sta assistendo a un progressivo interesse nello sfruttamento non solo delle più nobili sorgenti di calore (termodinamicamente parlando, quelle caratterizzate da un alto contenuto energetico e da una alta temperatura), ma anche di quei flussi a più bassa temperatura e minor contenuto entalpico, che per natura avrebbero una minor efficienza di conversione. Tali flussi necessitano di soluzioni che possano essere economicamente sostenibili con un contenuto investimento iniziale.

Una possibile soluzione tecnologica è l'impiego dei sistemi ORC (Ciclo Rankine Organico) che, seppur basandosi sul tradizionale ciclo Rankine, ampiamente utilizzato anche nelle convenzionali centrali a vapore di grande taglia, utilizza, all'interno del suo ciclo, un fluido o miscele di fluidi organici di varia natura. Grazie a questa peculiarità, la scelta del fluido utilizzato permette lo sfruttamento di risorse termiche di diverse caratteristiche termodinamiche.

Progetto R&D “Smart ORC” di Exergy

Per fronteggiare le necessità tecnico-economiche di sistemi ORC adatti al recupero di cascami termici a basse temperature, Exergy, in collaborazione con Regione Lombardia e Unione Europea, ha partecipato con esito positivo al Bando “Tech Fast Lombardia” del POR FESR (Programma Operativo Regionale del Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale 2014-

“La tecnologia ORC (Organic Rankine Cycle), una tra le varie applicazioni per la decarbonizzazione nell'industria, permette la produzione di energia elettrica attraverso il recupero del calore di scarto dei processi produttivi che altrimenti verrebbe disperso in ambiente”

2020) cofinanziato con il FESR, presentando il progetto "SMART ORC". Il progetto Exergy ha riguardato lo sviluppo di una famiglia di sistemi "mini" (di potenza inferiore ai 1'000 kW) e "micro" (di potenza inferiore ai 100 kW) ORC modulari, ad altissima efficienza, mutuando tecnologie proprietarie dell'azienda. Grazie al coinvolgimento e alla collaborazione con il Politecnico di Milano e con le realtà locali per la progettazione di dettaglio e la realizzazione dei componenti di impianto più critici, si potrà favorire la crescita di un ecosistema per lo sviluppo di ulteriori sistemi ORC e turbomacchine ad alta efficienza, di piccola taglia, siano esse turbine o compressori. La produzione di energia elettrica attraverso un impianto ORC rientra nella più vasta categoria della generazione distribuita, ovvero la produzione di energia elettrica da unità di autoproduzione di piccole dimensioni disperse o localizzate in più punti del territorio e allacciate alla rete elettrica nazionale di distribuzione. Diversamente dalla più tradizionale produzione centralizzata di energia, ossia concentrata in poche grandi centrali allacciate alla rete di trasmissione, l'efficienza della produzione di energia elettrica decentralizzata è dipendente e influenzata dall'evoluzione delle reti intelligenti di trasporto di tipo Smart-grid e dalla capacità di realizzare impianti di produzione con efficienze paragonabili agli impianti di grossa taglia. Prendendo in considerazione la concomitanza tra la produzione del calore di recupero in ingresso al ciclo con i consumi propri del sito produttivo, gli impianti ORC hanno la flessibilità di poter immettere e vendere in rete, auto-consumare o immagazzinare l'energia prodotta con opportuni sistemi di accumulo elettrico o termico.

Exergy ha sviluppato una famiglia di moduli ORC impiegando la tecnologia proprietaria della ROT (Radial Outflow Turbine) per il recupero di cascami a bassa temperatura

Nell'attuale scenario dei piccoli sistemi ORC vengono adottate turbine volumetriche, per esempio a vite o a palette, o piccole turbine radiali centripete. Entrambe queste tipologie sono caratterizzate da efficienze isentropiche più basse di quelle misurate su impianti di grande potenza, equipaggiati per esempio con turbine radiali outflow. Se le macchine volumetriche hanno efficienze di picco tipicamente più basse delle turbomacchine, attestandosi a valori del 60-75% circa (*isentropic total to static*) le turbine radiali centripete sono penalizzate dalla difficoltà di dover smaltire tutto il salto entalpico in un unico stadio e, conseguentemente, risentono di una limitazione dell'efficienza. L'adozione della turbina radiale outflow (ROT), tecnologia coperta

da brevetti Exergy, presenta una molteplicità di vantaggi:

- Combinazione concorde tra espansione del fluido e aumento della sezione di passaggio;
- Gruppo meccanico progettato per essere facilmente estraibile e ridurre i tempi di manutenzione, senza la necessità di svuotare l'impianto;
- Allungamento della vita utile dei cuscinetti dovuto a vibrazioni molto contenute;
- Minori trafilamenti e attriti del rotore;
- Maggior libertà di scelta sia dei livelli pressione sia del gradiente di pressione degli stadi, limitando la formazione di vortici e riducendo le perdite fluidodinamiche.

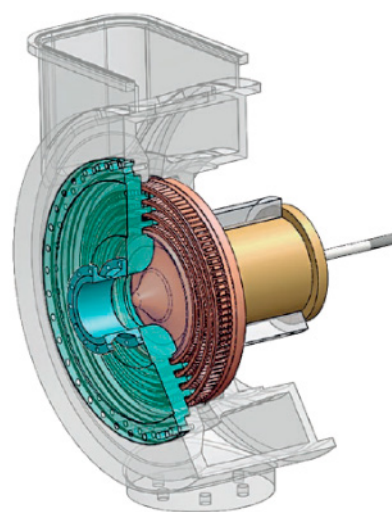


Figura 1 – sezione 3D della Turbina Radiale Outflow

Il risultato è una turbina più efficiente e affidabile con bassi livelli di vibrazioni e meno rumorosa. La gamma di taglie di potenza elettrica lorda dei moduli ORC standard che vengono investigati e sviluppati nel progetto Exergy è stata selezionata in modo da soddisfare un ampio spettro di possibili sorgenti di calore disponibili nel mondo industriale: 80-160-210-450-600-850 kWe, elaborando il refrigerante R1233zd(E) come fluido di lavoro. Per tali potenze, infatti, una soluzione modulare, compatta e standardizzata permette da un lato una più rapida installazione, cantierizzazione e una riduzione dei relativi costi di impianto, dall'altro con la selezione di uno specifico fluido di lavoro, permette alte prestazioni nel rispetto dei requisiti necessari di sicurezza, non infiammabilità e di basso impatto ambientale.

Le ridotte portate massiche e volumetriche risultanti, notevolmente inferiori a quelle di impianti di taglia medio grande hanno reso necessarie delle modifiche per la turbina ROT, il componente a più alto contenuto tecnologico tra quelli dimensionati. E' stata quindi effettuata una scalatura della macchina a dimensioni inferiori, e a velocità di rotazioni superiori alla turbina ROT di riferi-



Figura 2 – Riduttore di giri progettato da Exergy nel progetto TechFast



Figura 3 – Bilanciatura del rotore

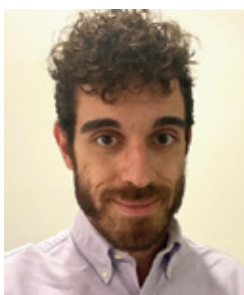
mento, per poterne mantenere le alte prestazioni. L'elevata velocità di rotazione necessaria ha portato allo sviluppo di metodologie specifiche per la modellazione e calcolo di rotori "veloci", così come alla realizzazione di sistemi di riduzione delle vibrazioni noti come SFD (*Squeeze Film Dampers* o Smorzatore a film d'olio), tipicamente usati nell'industria aeronautica su motori commerciali e militari per stabilizzare rotori operanti ad alte velocità di rotazione. L'estrema utilità dei sistemi SFD risiede nel suo effetto smorzante sulla macchina. La camera d'olio in pressione, creata nel componente, e il suo ancoraggio fis-

so ai cuscinetti, permettono infatti una notevole e ulteriore riduzione delle vibrazioni, causate anche dall'azione destabilizzante dei labirinti di tenuta del rotore, previsti per contenere il fluido durante la sua espansione.

In aggiunta alle problematiche rotordinamiche è stata necessaria l'adozione di un riduttore di giri per l'accoppiamento meccanico al generatore elettrico. Se l'efficienza della palettatura della turbomacchina è funzione della velocità di rotazione della stessa, tipicamente il generatore ha una velocità di rotazione determinata dal numero di poli di cui è costituita e dalla frequenza del-

la rete elettrica a cui è allacciato. Una macchina operatrice “lenta” è preferibile rispetto a quelle “veloci” a causa delle perdite di rendimento sulla macchina stessa e sul convertitore di frequenza (inverter) necessario ad alte frequenze. Con l’ottica di limitare le perdite di trasmissione tra turbina e generatore è stato selezionato e realizzato un riduttore di tipo epicicloidale a denti dritti, sette satelliti, e a basso fattore di servizio, completamente integrato nella macchina. A se-

guito dei promettenti risultati ottenuti al banco prova, attraverso questo progetto R&D Exergy ha acquisito il know-how necessario per proporre sul mercato, con un’ottica di continuo miglioramento, la famiglia di moduli ORC e lo sviluppo di turbomacchine di piccola taglia, inserendosi perfettamente nelle politiche UE e contribuendo al raggiungimento degli obiettivi SDGs 2030 delle Nazioni Unite.



Silvio Meletti

Appassionato alla tematica delle energie rinnovabili e alla tecnologia ORC, che ha potuto approfondire durante il suo percorso di studi culminati con la laurea magistrale in Energy Engineering - Power Generation conseguita presso il Politecnico di Milano, ricopre in Exergy il ruolo di Project and Process Engineer per la gestione, coordinamento e progettazione degli impianti a Ciclo Rankine Organico.

ORC technology: Exergy R&D developments on standard modules for the exploitation of low-temperature heat waste in the industrial sector

The mitigation of the global warming also comes through energy efficiency in the industrial sector, a major contributor to the emission of greenhouse gases such as CO₂ into the atmosphere. Organic Rankine Cycle (ORC) technology, among other applications employed for decarbonization in industrial sector, enables the production of electricity through the recovery of waste heat from production processes that would otherwise be lost to the environment. Of these, the most thermodynamically difficult to exploit are those heats at medium to low temperatures. Exergy has developed a family of ORC modules employing its proprietary technology i.e., the ROT (Radial Outflow Turbine) to exploit low grade temperature heat sources.