

## Micro-cogenerazione con Motore Stirling

### La Micro-cogenerazione

L'attuale scenario italiano in merito all'approvvigionamento energetico degli edifici, è costituito da una rete alimentata da unità di produzioni centralizzate quali possono essere le grandi centrali di generazione elettrica o di cogenerazione. Questa modalità di fornitura risente però di accertate percentuali di perdite lungo la rete di trasmissione e nelle conversioni dell'energia da una forma all'altra.

Un possibile sviluppo, con conseguente miglioramento in termini di vantaggi energetici e prestazioni ambientali, è quello che porterebbe ad una generazione distribuita mediante l'installazione di micro-cogeneratori in aziende artigianali, condomini, abitazioni mono-familiari e dovunque sia richiesta la concomitanza di fonti di calore ed elettricità.

I sistemi micro-cogenerativi, che già di per se consentono indici di risparmio significativi rispetto alla generazione separata delle due forme energetiche, se attuati con motori a cicli ad alta efficienza, alimentati magari, da fonti rinnovabili possono incidere notevolmente sulla riduzione globale delle emissioni da gas serra.

Lo sviluppo tecnologico dell'ultimo decennio, ha rivolto la sua attenzione proprio a tale settore potendo puntare sulle capacità dei motori Stirling.

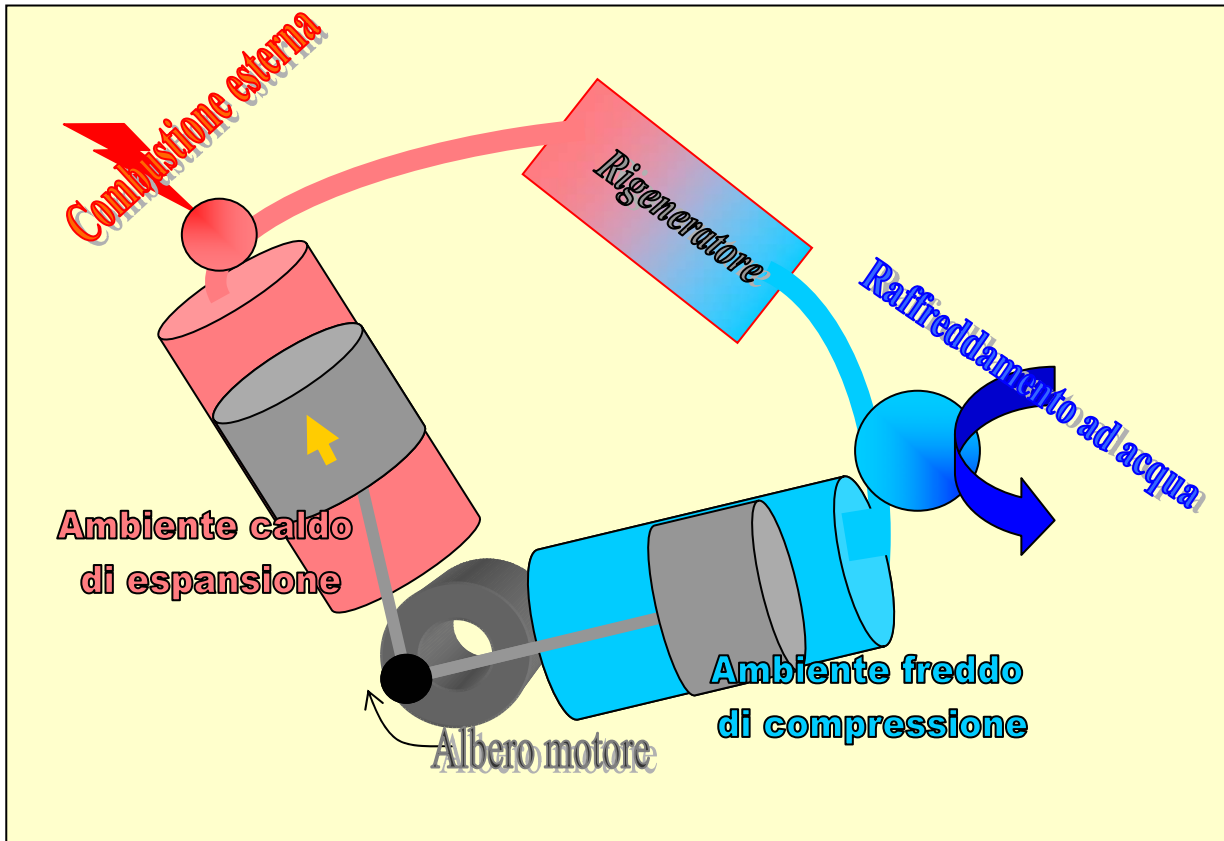
### Motori Stirling

Lo **Stirling** è un motore a combustione esterna, e funziona a ciclo chiuso utilizzando un gas come fluido termodinamico (solitamente aria, azoto oppure elio nelle versioni ad alto rendimento). Il ciclo di funzionamento prevede il movimento dei pistoni in seguito all'espansione e alla contrazione del gas che scorre alternativamente da un ambiente regolato da un termostato caldo ad uno con termostato freddo dopo essere passato da un rigeneratore di calore.

Lo scambiatore caldo rappresenta la sorgente ad alta temperatura del ciclo che essendo esterna è svincolata dalla macchina e può quindi essere di qualsiasi tipo. Il rigeneratore assorbe e restituisce alternativamente calore al fluido di lavoro. Lo scambiatore freddo che costituisce la sorgente a bassa temperatura, è uno scambiatore a flusso incrociato a fascio tubiero in cui i tubi sono lambiti esternamente dall'acqua di raffreddamento, mentre all'interno dei tubi fluisce il fluido di lavoro.

Il moto del fluido che evolve è regolato non dalla presenza di valvole, bensì dalle variazioni dei volumi relativi che compongono lo spazio di lavoro offerto al fluido stesso e queste variazioni vengono prodotte dal moto degli stantuffi.

La versione semplificata più usata vede i due ambienti disposti a V con uno sfasamento dei pistoni collegati all'albero motore di 90 gradi.



**Figura 1. Rappresentazione schematica del Motore Stirling**

In funzione delle posizioni assunte dagli stantuffi si individuano quattro fasi:

1. Il fluido caldo nel cilindro verticale, che rappresenta l'ambiente ad alta temperatura, dopo aver attraversato il rigeneratore, viene trasferito al cilindro orizzontale che è raffreddato con un ciclo ad acqua.
2. A questo punto il gas freddo si contrae e viene compresso, con un lavoro  $L_c$ .
3. Il movimento riporta il gas nel cilindro verticale. Per effetto del riscaldamento sia del rigeneratore che della superficie con temperatura regolata dalla combustione esterna, il fluido subisce un'espansione con conseguente produzione di lavoro  $L_e$ .
4. Il collegamento del pistone verticale all'albero motore induce un movimento di espansione nel cilindro orizzontale che richiama il gas caldo e riparte il ciclo dalla fase 1.

La somma del lavoro ottenuto durante la fase di espansione del gas caldo e di espansione successiva, è maggiore del lavoro di compressione e delle perdite di energia dovute all'attrito.

---

*Schede descrittive progetti di ricerca e tecnologie innovative*

---

### **Vantaggi**

Per l'assenza di valvole e avendo il 50% di parti in movimento in meno rispetto ad un tipico motore a combustione interna, il motore Stirling ha una struttura molto semplice con una vita utile compresa tra 40000 e 60000 ore di funzionamento. La combustione isolata, rispetto alla lubrificazione degli organi in movimento, non rende necessari grandi lavori di manutenzione e non richiede alcun cambio d'olio.

La tipica semplicità costruttiva degli Stirling li distingue, per la silenziosità (<65 dBA) e per la possibilità di raggiungere rendimenti vicini a quello teorico dei cicli termodinamici, ma sono molto apprezzabili un punto di vista ambientale; l'aspetto più interessante è dettato infatti, dalla capacità di funzionare con una vasta gamma di combustibili anche con basse temperature di fiamma.

Ad oggi l'alimentazione più utilizzata per la facilità di reperibilità e per il costo è sicuramente il gas naturale le cui emissioni specifiche globali sono nettamente inferiori a quelle delle grandi centrali. La possibilità di temperature più basse in una camera di combustione esterna e le pressioni dell'ordine di una atmosfera spostano le reazioni di sintesi degli NO<sub>x</sub> verso sinistra diminuendone le concentrazioni finali nei fumi.

Si ottiene così un vantaggio di riduzione della CO<sub>2</sub> emessa, dettato dalla maggiore efficienza energetica della cogenerazione ed uno dovuto alla riduzione specifica degli altri gas ad effetto serra per le diverse conduzioni della combustione abbassando oltre agli ossi di azoto anche le concentrazioni di monossido di carbonio.

Altro aspetto da tenere in considerazione e che contribuirà a favorire la proliferazione di tali apparecchiature è la possibilità di un effettivo ritorno economico.

Avere un sistema cogenerativo autonomo offre l'opportunità di prodursi energia elettrica in modo autosufficiente svincolandosi dalla rete di distribuzione con tariffe sempre in aumento, ed eventualmente l'occasione di diventare parti attive del sistema, essendo in grado fornirne gli eccessi rispetto al proprio fabbisogno.

Gli studi e le sperimentazioni effettuate dal Politecnico di Milano parlano della possibilità di risparmi dell'ordine di 350 euro/anno per gli impianti mono-familiari e le case costruttrici dichiarano un tempo di 3-4 anni per il ritorno dell'investimento. Se si sfruttano anche gli incentivi energetici, i numeri sono ancora più stimolanti.

### **Applicazioni e fornitori**

Le migliori applicazioni dei motori Stirling sono da riscontrare laddove l'energia elettrica e quella termica generate possono essere utilizzate contemporaneamente almeno per 3.500 ore l'anno. Per una famiglia occorre una potenza di circa 1 kW elettrico, una di circa 5 kW in un condominio o per una piccola azienda artigianale e >30 kW elettrici in edifici più grandi del settore civile.

I modelli più piccoli mono-familiari hanno le dimensioni delle comuni lavatrici ed una rumorosità paragonabile alle moderne lavatrici. Si mostrano pertanto particolarmente adatte ad essere installate in cucina, o nei ripostigli.

La società inglese Whispertch ne propone un modello capace di produrre 1200 W elettrici a 220-240 V e contemporaneamente 7000-12000 W termici.

**Schede descrittive progetti di ricerca e tecnologie innovative**

Modelli più grandi per usi condominiali o per piccole aziende possono invece essere forniti dalla ditta tedesca SOLO Kleinmotoren GmbH che vanta anche una vasta gamma di altre sperimentazioni con i motori Stirling.

Il modello SOLO- Stirling 161 ad elio ha le seguenti caratteristiche tecniche:

<b>Dimensioni:</b>	
Lunghezza x larghezza x altezza	1280 mm x 700 mm x 980 mm
Peso	460 kg
<b>Potenza:</b>	
Potenza elettrica	2-7,5 kW
Potenza termica	8- 22 kW
<b>Alimentazione:</b>	
Gas metano	1,2-4 m <sup>3</sup> /h
<b>Performance:</b>	10 kWh/m <sup>3</sup> di metano

Per potenze superiori dell'ordine dei 30-50 kW più indicate al settore industriale le soluzioni commerciali sono fornite dalla americana STM-power che fornisce centraline con tecnologia Stirling adattate ad un'ampia gamma di combustibili.

**Possibili sviluppi futuri**

La peculiarità di avere la combustione esterna consente ai motori Stirling di poter sfruttare anche molte fonti energetiche rinnovabili; la società SOLO sta, infatti, conducendo delle sperimentazioni molto interessanti supportate dall'Unione Europea (Project Eurodish).

L'obiettivo è quello di voler sfruttare l'energia solare con la tecnologia Stirling, convogliando le radiazioni nel punto focale di una parabola di specchi. La tecnologia è già operativa, ma si stanno studiando modalità per ridurre i costi di investimento a 5000euro/kW, e per avere produzioni con potenza elettrica paria 10kW. Gli impianti pilota sono in Spagna e in Turchia con specchi di 25 metri quadrati di superficie. Negli USA un'altra ricerca è rivolta ad ottenere potenze ancora superiori con superfici di 46 metri quadri.

Altre sperimentazioni della SOLO sono inoltre incentrate all'utilizzo della produzione di calore da biomassa in forma di pellets oppure da caldaie alimentate dalla combustione dei rifiuti.

Raffaele Cristallino

Guido Croce

Ervet Spa- Emilia Romagna Valorizzazione Economica del Territorio

**Riferimenti:**

<http://www.forumenergia.net/pagni.asp>

<http://www.stirling-engine.de/engl/index.html>

<http://www.miniwatt.it/mwtecnologie/Micro-cogeneratori.pdf>

<http://www.whispergen.com>

<http://www.microgen.com>