

Università degli Studi di Trieste

Dottorato di ricerca in
Tecnologie chimiche ed energetiche

Sviluppo di sistemi di generazione elettrica a basso impatto ambientale basati su celle a combustibile

Dottorando
Tutor:

Nicola Zuliani
Prof. Rodolfo Taccani

Campo di indagine

Nelle celle a combustibile è possibile convertire l'energia chimica del combustibile direttamente in energia elettrica, eliminando così il passaggio attraverso il processo di combustione, che è causa di una perdita molto consistente di efficienza ed è fonte principale degli inquinanti gassosi.

Con le celle a combustibile è quindi possibile realizzare dei generatori elettrici con le seguenti caratteristiche:

- impatto ambientale locale bassissimo o nullo;
- elevate efficienze anche per sistemi di bassa potenza;
- bassissima rumorosità;
- elevata affidabilità.

Obiettivi:

Gli obiettivi del dottorato sono:

- Sviluppo della conoscenza e delle caratteristiche della micro-cogenerazione basata su celle a combustibile e delle possibili integrazioni con fonti energetiche rinnovabili.
- Sviluppo di un modello di simulazione di processo di un generatore basato su celle a combustibile polimeriche.
- Progettazione e sviluppo dei componenti necessari alla realizzazione di uno stack.
- Sviluppo di un sistema automatico di acquisizione ed elaborazione dati sperimentali per la caratterizzazione funzionale di stack.
- Caratterizzazione funzionale e confronto di diverse tipologie di celle/configurazioni dello stack.

Risultati attesi:

Tra i principali risultati attesi vi è la definizione di un modello di simulazione di processo che consenta di prevedere le prestazioni di sistemi micro-cogenerativi basati su celle a combustibile. Accanto all'attività di tipo teorico/numerico vi sarà una di tipo progettuale/sperimentale volta alla validazione dei modelli di simulazione sviluppati.

Sintesi attività svolta

Primo anno: 2009

L'attività si è focalizzata nello sviluppo di un modello energetico che riproduce un sistema di cogenerazione basato su celle a combustibile ad elettrolita polimerico ad alta temperatura. Il sistema è composto da un'unità di *steam reforming* che può essere alimentata con diversi combustibili quali GPL e metano. Il calore necessario è fornito da un bruciatore esterno che può riutilizzare il combustibile in esubero della cella. Il bilancio energetico del sistema è effettuato mediante l'utilizzo del software commerciale Aspen® Plus: i componenti quali bruciatore, ventilatore e i reattori chimici sono simulati utilizzando i moduli disponibili

nella libreria del software, mentre le prestazioni della cella sono calcolate tramite un modello zero dimensionale semi empirico implementato in Fortran ed integrato nella simulazione di processo (Figura 1).

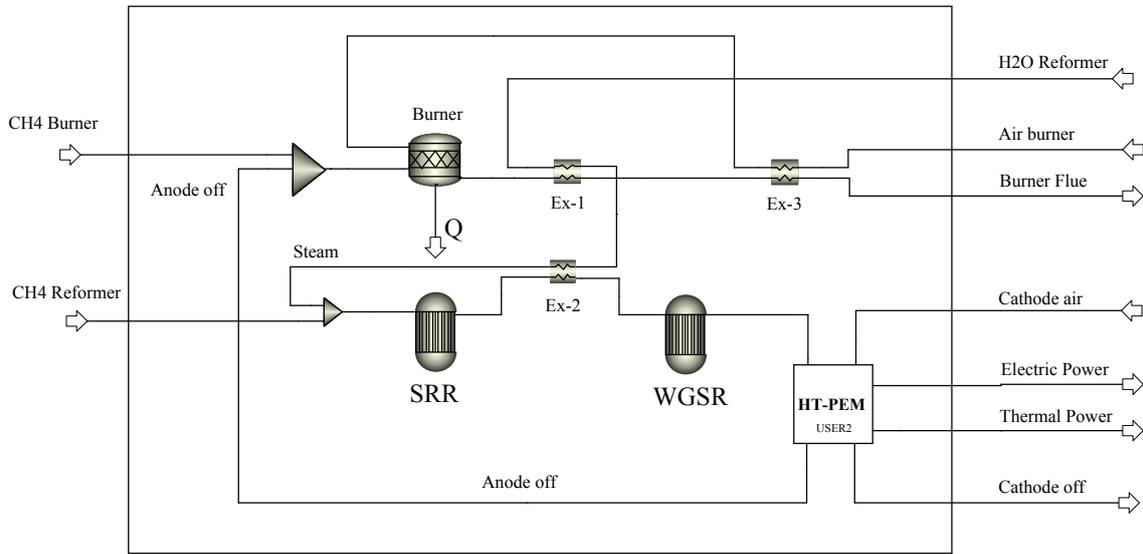


Figura 1. Flow sheet del modello di simulazione dell'impianto. Legenda: SRR=Steam Reformer Reactor; Ex-1, Ex-2=Scambiatori rigenerativi; WGSR=Water Gas Shift Reactor; Ex-3=Scambiatore recuperativo.

Il modello di simulazione consente di analizzare le prestazioni del sistema al variare delle condizioni operative e dell'assetto dell'impianto. In particolare è possibile valutare l'influenza della temperatura, della pressione e della composizione dei reagenti.

Utilizzando un dettagliato modello elettrochimico della cella è anche possibile valutare l'influenza del CO nel combustibile sulle prestazioni della cella.

Il modello di cella è validato sulla base dei dati disponibili in letteratura e dai test compiuti in laboratorio dagli autori, mentre il modello dell'unità di *fuel processing* è validato basandosi sui dati forniti dal produttore di un'unità di *steam reforming* le cui caratteristiche sono comparabili con quelle del modello. La simulazione permette di seguire un'analisi preliminare dell'efficienza del sistema e di stabilire le differenze di prestazioni con sistemi simili basati su celle ad elettrolita polimerico a bassa temperatura.

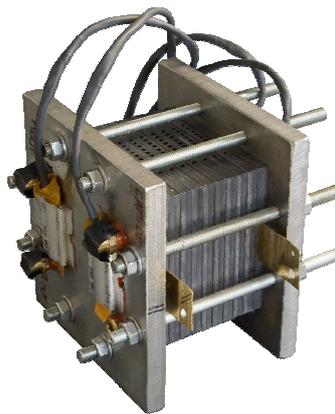


Figura 2. Esempio di stack da 10 celle a combustibile realizzato presso il laboratorio del Dipartimento di Ingegneria Meccanica dell'Università degli Studi di Trieste.

L'attività di sperimentazione e raccolta dati ha compreso la caratterizzazione di varie monocelle e stack (Figura 2) e uno studio sull'influenza delle geometrie dei piatti bipolarari sulle prestazioni della monocella (Figura 3 e Figura 4). Quest'analisi ha permesso la definizione preliminare delle geometrie per la realizzazione di uno stack ad alta temperatura dalla potenza di circa 1 kW .

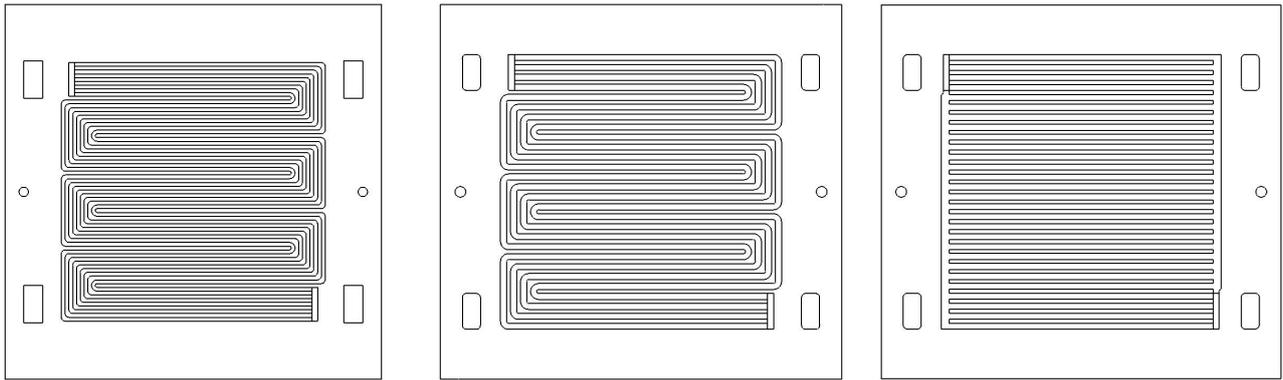


Figura 3. Diverse tipologie di piatti bipolari realizzati in laboratorio.

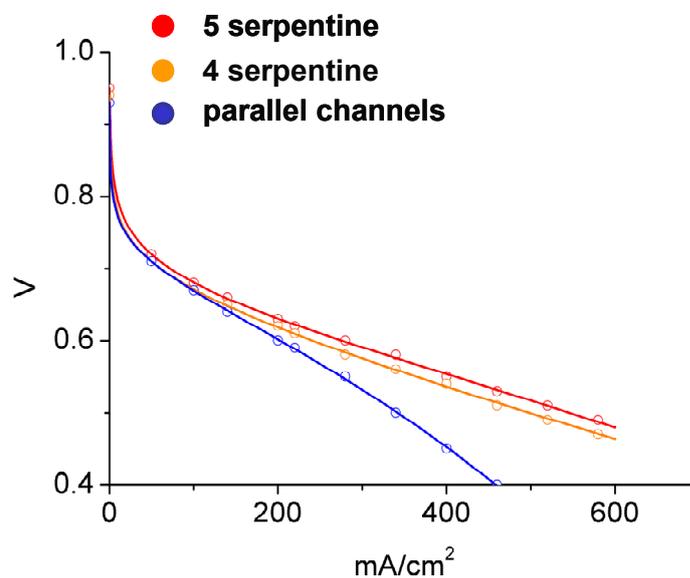


Figura 4. Curve di polarizzazione relative a monocelle con geometrie dei piatti bipolari differenti.

Presentazioni a congressi

- “Simulation model of a high temperature PEM fuel cell based cogeneration system” Nicola Zuliani, Rodolfo Taccani ; ECOS 2010: 23rd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems; June 14-17 2010, Lausanne, Switzerland
- “Performance analysis of a ht pem fuel cell” Rodolfo Taccani, Robert Radu, Nicola Zuliani, Aleksandar Damnjanovic; Proceedings of the 3rd European Fuel Cell technology & Applications EFC09 December 15-18, 2009, Rome, Italy
- “Design and experimental characterization of a high temperature pem fuel cell stack” Rodolfo Taccani, Robert Radu, Nicola Zuliani, Aleksandar Damnjanovic; Proceedings of the 3rd European Fuel Cell technology & Applications EFC09 December 15-18, 2009, Rome, Italy