



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Dottorato di Ricerca in Ingegneria Meccanica

XIII Ciclo N.S. (2011-2014)

*“Experimental and numerical characterization of heating
domestic appliances for energetic efficiency improvement”*

Il Candidato

Ing. Antongiulio Mauro

Il Tutor

Ch.mo Prof. Ciro Aprea

Il Coordinatore

Ch.mo Prof. Vincenzo Sergi

Il Co-tutor

Ing. Angelo Maiorino

Abstract

Ogni anno nella sola Unione europea sono vendute circa 5 milioni di caldaie per riscaldamento domestico, poiché quest'ultimo costituisce più del 20% di tutta l'energia consumata in UE, strategie per il risparmio energetico in questo campo risultano di grande interesse.

In ambito europeo, i requisiti di rendimento di sistemi per il riscaldamento domestico stanno diventando sempre più severi: inseguendo l'obiettivo della riduzione dei consumi di energia, le direttive europee 2005/32 / CE sulla progettazione ecocompatibile dei prodotti energivori e 2009/125/CE relativa ai prodotti connessi all'energia, obbligano l'etichettatura di caldaie e scaldacqua in classi di efficienza. Inoltre, la politica dell'Unione europea prevede di eliminare progressivamente gli apparecchi a basso rendimento dal mercato europeo. Il regolamento "Erp", che entrerà in vigore dal 26 settembre 2015, stabilisce un limite minimo di rendimento tale per cui i prodotti meno efficienti sono destinati ad essere esclusi dal mercato UE. Di conseguenza, i produttori di caldaie devono affrontare investimenti significativi in termini di sviluppo del prodotto orientato all'incremento dell'efficienza e alla mappatura dei prodotti secondo le richieste normative. Misure robuste diventano strettamente necessarie per stabilire la corretta etichettatura energetica dei prodotti e non generare conflitti con gli organi di vigilanza.

Nel presente lavoro di tesi di dottorato, svolto presso Ariston Thermo Group nel centro di Ricerca di Osimo (AN), sono state eseguite attività modellistico-sperimentali relativamente agli apparecchi per il riscaldamento domestico finalizzate all'incremento dell'efficienza dei prodotti.

Dapprima è stata effettuata un'analisi completa dei flussi di energia all'interno di caldaie domestiche alimentate a gas, confrontando diversi metodi per la misura dell'efficienza anche dal punto di vista delle incertezze di misura. Il problema del bilancio energetico della caldaia è stato analizzato attraverso un innovativo approccio statistico, per poi effettuare un'analisi del rischio di dichiarazioni d'efficienza non conformi, connesso all'incertezza di misura.

Sono state confrontate diverse metodologie per la misura

dell'isolamento termico di scaldacqua con accumulo e caldaie, è stato realizzato un banco prova automatizzato per la misura della potenza termica dispersa ed i risultati sono stati confrontati con misure termografiche.

E' stata condotta un'analisi sperimentale al fine di identificare la massima efficienza raggiungibile da una caldaia standard evitando la condensazione, al fine di verificare la possibile conformità all'Erp. L'analisi ha mostrato un risultato borderline che non esclude completamente la possibilità di caldaie non a condensazione *Erp-compliant*.

Inoltre, poiché la modulazione di una caldaia può essere un parametro importante per ridurre il consumo di combustibile e la massima modulazione attualmente disponibile sul mercato è uguale a 10, è stata studiata la possibile convenienza energetica di adottare modulazioni superiori.

Un' alto rapporto di modulazione infatti, potrebbe migliorare l'efficienza riducendo la frequenza di accensioni della caldaia e le perdite per ciclaggio, aumentando nel contempo il periodo di funzionamento della caldaia e il consumo elettrico. Una caldaia a condensazione da 22kW è stata modificata per raggiungere rapporti modulazioni maggiori di 10 e caratterizzata sperimentalmente dal punto di vista di rendimento e consumi. E' stato poi realizzato un modello di consumo annuo basata sul metodo bin: attraverso questo modello il comportamento sul campo di una caldaia *ultramodulante* è stato simulato per differenti località climatiche, edifici ed impianti.

I risultati mostrano rilevante potenziale di risparmio energetico nonché una conseguente riduzione dell'impatto ambientale che meritano di essere approfonditi. Il risparmio di energia e la riduzione di emissioni di CO₂ risulta compreso tra l'8% per i climi più freddi e il 38% per i climi più miti ed edifici a richieste termiche minori; i risparmi potrebbero essere ulteriormente migliorati in alcuni casi particolari, con l'aggiunta di una resistenza elettrica. L'analisi mostra che con l'uso di una caldaia *ultramodulante*, aumenta il consumo elettrico dovuto al tempo di funzionamento più elevata, ma ciò ha solo una debole incidenza sul risparmio totale di energia primaria.

A partire dai risultati del modello è stata identificata una relazione che collega il risparmio di energia primaria derivante dall'ultramodulazione alla località climatica e alle perdite di calore specifiche dell'edificio.

Ulteriori sviluppi saranno l'approfondire aspetti tecnico-realizzativi di una caldaia ultramodulante nonché effettuare un monitoraggio prolungato sia sul campo che in laboratorio.