

UNIVERSITY OF SALERNO



DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

*Ph.D. Course in Industrial Engineering
Curriculum in Mechanical Engineering - XXXIII
Cycle*

Applications of Artificial Neural Network models to Energetic and Propulsion Systems

Supervisor

*Prof. Cesare Pianese
Prof. Ivan Arsie*

Ph.D. student

Augusto Tortora

Scientific Referees

*Prof. Alessandra Perna – University of Cassino and
southern Lazio
Prof. Andrea Unich - University of Campania “Luigi
Vanvitelli”*

Ph.D. Course Coordinator

Prof. Francesco Donsì

Abstract

Il presente lavoro di ricerca è incentrato sull'applicazione di modelli alle reti neurali artificiali (ANN) per il calcolo delle prestazioni, dei consumi, dell'efficienza e delle emissioni, nel caso di due diversi sistemi energetici:

Motore Diesel, nel settore Automotive e Caldaia equipaggiata con motore Stirling, che costituisce un sistema di Microgenerazione, in applicazioni di edilizia residenziale.

Queste due tecnologie, nei rispettivi contesti applicativi, contribuiscono all'inquinamento delle aree urbane, a causa delle loro emissioni nocive per la salute umana. Vi è quindi la necessità di ridurre le emissioni, in contrasto con le aspettative dei clienti, che richiedono prodotti con prestazioni sempre più elevate e consumi inferiori.

Spetta quindi a designer e produttori trovare il giusto compromesso, utilizzando la ricerca tecnologica e la modellazione.

La modellazione risulta essere un valido strumento nello sviluppo e nella gestione dei sistemi energetici, in quanto consente di ridurre al minimo le prove sperimentali e permette di prevedere il comportamento di tali tipologie di sistemi.

Tra i modelli presenti in letteratura sono state implementate Reti Neurali Artificiali di tipo Feed-Forward, che hanno una struttura funzionale continua, tempi di calcolo ridotti e sono adatte come funzioni obiettivo in algoritmi di ottimizzazione.

Nel caso del motore diesel, vengono sviluppati modelli alle reti neurali artificiali per dedurre una previsione del consumo specifico di carburante, della pressione media indicata (IMEP), delle emissioni di NOX e di particolato solido. L'addestramento delle Reti Neurali Artificiali è stato effettuato sulla base di dataset sperimentali, rappresentativi dell'intero piano operativo, derivanti da campagne sperimentali condotte precedentemente al presente lavoro di ricerca.

I modelli ottenuti mostrano buona continuità e generalizzabilità, con coefficienti di correlazione compresi tra 0,97 e 0,99, e sono adatti per essere implementati nella centralina controllo motore.

Nel caso del sistema di microcogenerazione, i modelli di Rete Neurale Artificiale sono stati concepiti come parte di un software integrato per la telegestione dell'intero impianto.

Tali modelli, inseriti all'interno di un software integrato, riescono a simulare efficacemente il comportamento del sistema caldaia e ad ottimizzare parametri come la quantità di combustibile e il tasso di carico per ottenere le prestazioni desiderate, in termini di efficienza ed emissioni di CO₂.

I vantaggi derivanti dall'implementazione del software integrato per la gestione del cogeneratore portano a risparmi energetici fino al 40% attraverso l'utilizzo e la teleregolazione di valvole termostatiche elettroniche; una riduzione dallo 0,3% al 2,0% del consumo specifico di metano in caldaia e una riduzione dal 10% al 20% delle emissioni inquinanti.

Abstract

This research work is focused on the application of Artificial Neural Network (ANN) models for the calculation of performance and emissions in two different energy systems:

Diesel engine, in the Automotive sector and Boiler equipped with a Stirling engine, which constitutes a Micro-cogeneration system, in residential building applications.

These two technologies in their respective application contexts, contribute to the pollution of urban areas, due to their harmful emissions for human health. There is therefore a need to reduce emissions, which is in contrast with customer expectations, which require products with ever higher performance and lower consumption.

It is therefore up to designers and manufacturers to find the right trade-off, using technological research and modeling.

Modeling turns out to be a valid tool in the development and management of energy systems, as it allows to minimize the experimental tests and allows to predict the behavior of such systems.

Among the models in the literature, Artificial Neural Networks of the Feed-Forward type have been implemented, which have a continuous functional structure, reduced calculation times and are suitable as objective functions in optimization algorithms.

In the case of the diesel engine, Artificial Neural Network models are developed to infer a prediction of specific fuel consumption, Mean Indicated Pressure (IMEP), NOX and soot emissions. The training of the ANNs was carried out on the basis of experimental datasets, representative of the entire operational plan, deriving from experimental campaigns conducted prior to the present research work.

The obtained models show good continuity and generalizability, with correlation coefficients between 0.97 and 0.99, and are suitable to be implemented in the engine control unit.

In the case of the micro-cogeneration system, the Artificial Neural Network models were conceived as part of an integrated software for the remote management of the entire plant.

The ANN model can effectively simulate the behavior of the boiler system and optimize parameters such as fuel quantity and load rate to achieve the desired performance, in terms of efficiency and CO₂ emissions.

The advantages gained from the implementation of the integrated software for the management of the cogenerator lead to energy savings of up to 40% through the use and remote regulation of electronic thermostatic valves; a reduction from 0.3% to 2.0% of the specific consumption of methane in the boiler and a reduction from 10% to 20% of polluting emissions.

