

TECNICHE DI SOFT COMPUTING PER IL MODELLAMENTO E LA GESTIONE DI POWER-TRAIN IBRIDI IN VEICOLI ULEV

*Antonello Rizzi, Maurizio Paschero, Antonio Matessich,
Guido Del Vescovo, Fabio Massimo Frattale Mascioli*

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Elettronica e Telecomunicazioni
Via Eudossiana 18, 00184 Roma

Tra le varie attività di ricerca e trasferimento tecnologico nei laboratori del Polo per la Mobilità Sostenibile della Regione Lazio, presso la sede di Cisterna di Latina, sono stati sviluppati due progetti di grande interesse scientifico ed applicativo. Si tratta della progettazione di due veicoli ULEV (Ultra Low Emission Vehicle), entrambi di tipo PHEV (Parallel Hybrid Electric Vehicle) finalizzati allo studio, sviluppo e test di strategie di controllo dei flussi energetici in power-train di tipo ibrido, ossia dotati di un motore a combustione interna (ICE) e di una macchina elettrica reversibile (EM) avente la duplice funzione di fornire coppia aggiuntiva alle ruote del veicolo e di realizzare il recupero di energia nelle fasi di decelerazione.

Il primo veicolo è una vettura sportiva a quattro ruote motrici ad alte prestazioni chiamata P538H (Fig. 1a). Gli elementi principali costituenti il power-train, insieme ai dispositivi elettronici di monitoraggio e controllo, sono riportati nello schema in Fig. 1b. L'ICE è un Alfa Romeo 2.2 JTS capace di erogare 185 HP e 225 Nm a 4500 rpm ed è connesso meccanicamente all'assale posteriore, mentre l'EM è un motore asincrono brushless da 22kW nominali e 45kW di picco, connesso all'assale anteriore. Il pacco batterie (Energy Storage System - ESS) è costituito da 60 celle Kokam ai polimeri di litio, per un totale di 6,88 kWh. L'ESS è controllato da un BMS (Battery Management System) per evitare danni dovuti a tensioni di esercizio fuori range, eccesso di corrente in ricarica e l'instaurarsi di temperature troppo elevate. Il GPX-21 è un sistema embedded provvisto di schermo LCD touch-screen che costituisce la strumentazione virtuale di bordo. La centralina di controllo del power-train (PTM – Power Train Manager) è un sistema rugged CompactRIO, prodotto dalla National Instruments e dotato di espansioni per ingressi ed uscite digitali ed analogiche. Un CarPC, provvisto di un secondo monitor LCD, ha il compito di visualizzare i dati pertinenti l'ESS forniti dal BMS. La PTM comunica con i vari elementi del sistema tramite CAN bus. Comandi dedicati analogici e digitali sono invece previsti per interfacciare la PTM con l'inverter del motore elettrico e con i comandi di guida (acceleratore e freno).



Fig. 1a. Il prototipo P538H

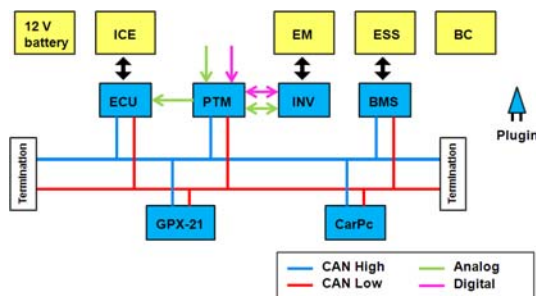


Fig. 1b. Schema di interconnessione del power-train sulla P538H

Il secondo veicolo è un fuoristrada 4x4, derivato da un Land Rover Defender 110 TD5 (Fig. 2a); si tratta di un veicolo destinato ad usi nell'ambito di zone protette, parchi ed interventi di

protezione civile. Il power-train è costituito da un motore TD5 turbodiesel da 2,5 litri, capace di erogare una potenza di 122 HP a 4850 rpm, mentre il motore elettrico è un brushless da 40 kW nominali ed 80 kW di picco, raffreddato ad acqua. L'ESS è costituito da 18 Batterie al piombo-gel da 55 Ah. La PTM è una Diamond Helios HLV800-256AV, basata su un processore Vortex86DX a 800MHz, su cui è installato un kernel Linux 2.6. La PTM comunica tramite CAN bus con le altre componenti del power-train e con un dispositivo GPX21 per il monitoraggio ed il controllo dei sottosistemi installati. Il veicolo è stato predisposto per accogliere le modifiche necessarie all'ibridizzazione. Tutto il power-train ed i sistemi elettronici di monitoraggio e controllo sono stati replicati su un "muletto" (Fig. 2b), ossia su una struttura portante che replica il telaio del Defender, la postazione di guida, il cruscotto strumentazione ed il sistema originale di alimentazione dei servizi. Sull'albero di trasmissione del muletto è stato calettato ed equilibrato un Volano di 200 kg complessivi, costituito da due dischi di 100 kg l'uno, per poter studiare il processo di ricarica del pacco batterie tramite il motore-generatore. L'albero di trasmissione in uscita dal riduttore è stato calettato con giunto cardanico su di un banco freno ad acqua. Tale muletto è stato concepito per sintetizzare e validare opportuni modelli degli elementi del power-train (ICE, EM, ESS) e per sviluppare l'algoritmo di controllo implementato sulla PTM.



Fig. 2a. Il prototipo Land Rover Defender 110 Td5



Fig. 2b. Particolare del "muletto"

Dal momento che un power-train ibrido è assimilabile ad una micro-grid, ossia ad un sistema complesso non lineare, per la gestione dei flussi energetici è stato adottato un approccio basato su FIS (Fuzzy Inference Systems), tecnica riconosciuta come particolarmente adeguata per la sintesi di controllori efficaci ed adatti ad una implementazione real-time. Per tale ragione, sulla PTM della P538H è stato implementato un controllore fuzzy sviluppato direttamente nell'ambiente LabView National Instruments. I risultati di tale attività di sviluppo sono riportati in [1]. Per quanto concerne il Defender, sulla centralina Helios è stato implementato un FIS direttamente in C++, facendo ampio uso della libreria SPARE (<http://sourceforge.net/p/libspare/home/>), interamente progettata e sviluppata nel laboratorio "Sistemi Intelligenti" di Cisterna di Latina. Per quanto riguarda la sintesi di modelli di celle ai polimeri di litio e gli algoritmi per la stima della SOC (State of Charge), un primo contributo basato sull'uso di algoritmi genetici è descritto in [2].

[1] G. Del Vescovo, L. Livi, A. Rizzi, and F. M. Frattale Mascioli, "Implementation of a fuzzy control system for a parallel hybrid vehicle powertrain on CompactRio", to appear in *Proc. of the 4th IEEE ICCSIT 2011*, Chengdu, China, June 10-12th, 2011.

[2] M. Paschero, V. Di Giacomo, G. Del Vescovo, A. Rizzi, F. M. Frattale Mascioli, "Estimation of Lithium Polymer cell characteristic parameters through genetic algorithms", *Proc. of the 19th IEEE ICEM*, ISBN: 978-1-4244-4175-4, Rome, Italy, 6th - 8th September 2010.