

Un'applicazione dei supercondensatori nella realizzazione dei veicoli ibridi

L'articolo che segue presenta i risultati ottenuti dalla sperimentazione del prototipo di un veicolo ibrido dotato di un sistema di accumulo dell'energia basato su ultracondensatori

Ing. Leone Martellucci
Professore del Dipartimento di Ingegneria Nucleare
e Conversioni di Energia
Università "La Sapienza"
Roma

Il progetto MAGICA II (un acronimo derivato dai nomi dei suoi progettisti, MARtellucci, GIuffrida e CAputo), trae origine da una proposta del Professor Carmelo Caputo dell'Università "La Sapienza" di Roma che portò, nel 1998, alla realizzazione di un primo prototipo di veicolo con propulsione ibrida di tipo parallelo dotato di sistema di accumulo a batterie. Prendendo spunto da questa esperienza, il gruppo di ricerca dell'Area Macchine del Dipartimento di Ingegneria Nucleare e Conversioni di Energia (DINCE) dell'Università "La Sapienza" ha sviluppato un nuovo progetto che si è concretizzato nell'estate 2004 con la realizzazione di un nuovo veicolo ibrido parallelo con supercondensatori. Il veicolo è denominato con la sigla HU 245, che deriva dall'acronimo inglese Hybrid Ultracap.

La cifra 245 deriva dalla cilindrata (2,4 litri) e dal numero di cilindri (5 in linea) del motore ad accensione spontanea adottato. Il prototipo è stato sviluppato nell'arco di due anni (2003-2004) e ha fornito alcuni dati interessanti durante la sua sperimentazione, dimostrando la fattibilità di un sistema di propulsione ibrida privo di batterie.

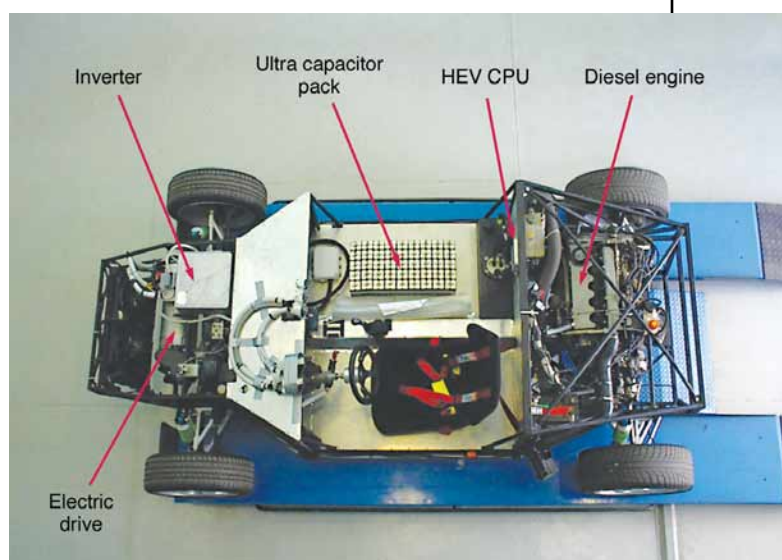


Fig. 1 - Aspetto esterno del prototipo HU 245

Caratteristiche del veicolo ibrido

Il prototipo HU 245 è stato progettato dal Dipartimento di Ingegneria Nucleare e per la Conversione dell'Energia dell'Università di Roma "La Sapienza", realizzato e collaudato in collaborazione con ENEA (Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente). È caratterizzato da una impostazione meccanica ispirata al primo progetto MAGICA. Si tratta di una vettura a 2 posti con un telaio a traliccio in acciaio, pennellato in alluminio e con carrozzeria in materiale composito (Fiber Reinforced Plastic) e dotata di un motore termico ad accensione spontanea montato in posizione centrale posteriore trasversale con cambio manuale e trazione posteriore.

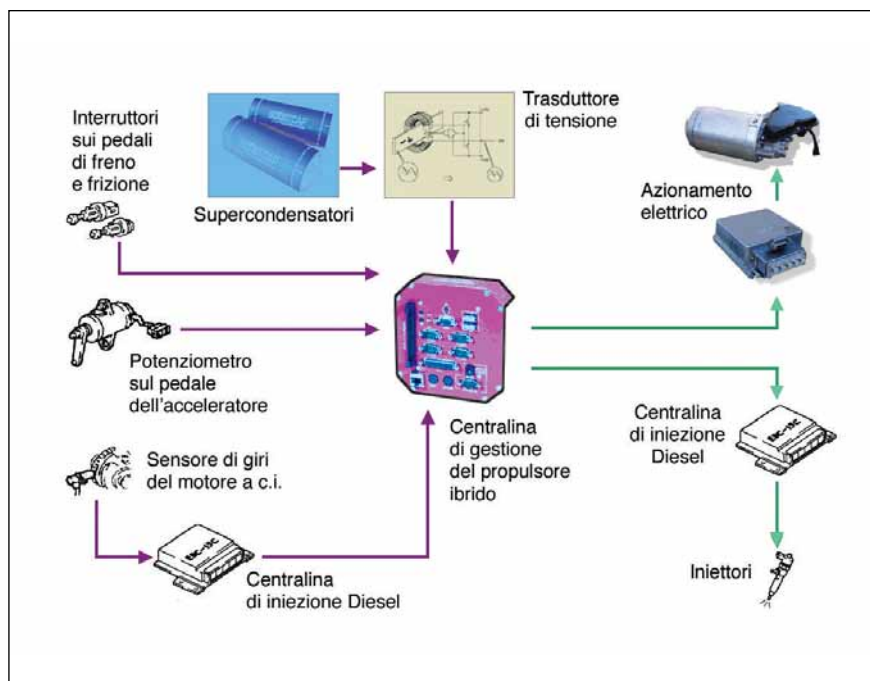


Fig. 2 - Schema semplificato dei collegamenti della centralina di gestione del propulsore ibrido

L'azionamento elettrico è dato da un motore elettrico asincrono trifase situato sull'asse frontale in posizione trasversale, ed è dotato di un differenziale con rapporto di riduzione fisso. La trazione elettrica avviene sulle ruote anteriori realizzando così una trazione a quattro ruote motrici. Il sistema di propulsione è pensato per operare sempre in modalità ibrido parallelo, mentre la trazione esclusivamente termica è prevista solo in caso di emergenza. Il sistema di propulsione ibrido è completato da un pacco di supercondensatori che alimentano l'azionamento elettrico. In figura 1 è mostrato il telaio completo privo di carrozzeria; qui sono visibili il motore termico e quello elettrico, mentre il sistema di accumulo a supercondensatori è provvisoriamente montato sul pianale per le prime fasi di collaudo. È stato installato in un secondo momento in un vano appositamente previsto in posizione centrale, sotto ai sedili, in modo da lasciare lo spazio per il secondo sedile.

Il motore a combustione interna è derivato dal motore 2,4 JTD ALFA ROMEO in configurazione unijet (purtroppo non la più moderna unità multijet), mentre l'azionamento elettrico è stato fornito da ANSALDO Electric Driver. Il sistema di accumulo è composto da una stringa in serie di 110 celle, per un peso complessivo di circa 60 kg (compresi i contenitori),

una tensione totale di 275 V e una capacità di 11 Farad. La stringa è dotata di un sistema di bilanciamento della carica. Il sistema di gestione del propulsore ibrido è stato pensato per ottimizzare i consumi e le prestazioni. Preliminarmente è stato creato un modello di simulazione del veicolo ed è stato simulato su un ciclo di guida urbano reale acquisito sperimentalmente su una tratta prestabilita nell'area urbana di Roma e in orari di traffico elevato.

Il sistema di gestione della propulsione ibrida

Il sistema di propulsione ibrido parallelo del veicolo HU 245 è gestito attraverso una centralina di tipo PC/104 cui è delegato il compito di gestire il carico richiesto in base alle esigenze di guida. Il modulo PC/104 è basato su un'architettura

TABELLA 1 - ALCUNE SPECIFICHE DEL MOTORE TERMICO AD ACCENSIONE SPONTANEA

Cilindrata	2.387 cm³
Potenza massima	129 kW @ 4200 rpm
Coppia massima	385 Nm @ 1800 rpm

TABELLA 2 - CARATTERISTICHE DELL'AZIONAMENTO ELETTRICO

Potenza (nominale/picco)	15 / 30 kW
Massimo regime di rotazione	12.000 rpm
Coppia di picco (0-2200 rpm)	130 Nm
Inverter Voltage Range	140 - 300 V

TABELLA 3 - SPECIFICHE DELLE CELLE DI SUPERCONDENSATORI

Capacità nominale	1200 F
Tensione nominale	2.3 V
Potenza specifica	3.7 kW/kg
Energia specifica	2.2 Wh/kg
Peso	400 g

HARDWARE

VEICOLI IBRIDI



Fig. 3 - Il veicolo HU 245 completo di carrozzeria e impianto luci



CPU (Central Processing Unit) 486 a 100 MHz che pilota anche la scheda di acquisizione dati. La scheda è dotata di 16 ingressi analogici e 16 ingressi digitali, ed è in grado di acquisire i segnali dei sensori montati a bordo del veicolo e di utilizzarli per la gestione del sistema. La centralina provvede ad acquisire i segnali di velocità del veicolo, tensione del sistema di accumulo, posizione dei pedali di frizione, freno e acceleratore, la velocità di rotazione del motore a combustione interna, l'intensità di corrente sul bus di potenza e il consumo di combustibile.

Il segnale di velocità del veicolo è derivato dall'encoder differenziale di cui è dotato il motore elettrico. Esso fornisce un segnale in formato digitale TTL la cui frequenza è proporzionale alla velocità di rotazione del motore elettrico. Lo stato di carica degli ultracondensatori è direttamente proporzionale alla tensione complessiva del pacco, diversamente da quanto accade con accumulatori elettrochimici. Un trasduttore di tensione ad effetto Hall invia alla centralina PC/104 l'informazione relativa al voltaggio del pacco di supercondensatori.

Per garantire la corretta acquisizione dei segnali è stato inoltre realizzato un modulo esterno di condizionamento che provvede ad adeguare le gran-

AAEON®
Computing Platform Service Partner

Time for

E-Hospital Appliance

The Trusted Medical Platform Provider

ONYX-217

ONYX

**Medical Display Terminal
17" 300 nits LCD with Smart
Interface**

- Integrated RFID Security and Smart Card Reader
- Total Telemedicine Solution
- 802.11g Wireless Antenna (Optional)
- Integrated DVD/CD ROM Solution
- Bluetooth (Optional)



ONYX-219

ONYX

**Medical Display
Terminal 19" 400 nits LCD
with Smart Interface**

- Integrated RFID Security and Smart Card Reader
- Total Telemedicine Solution
- 802.11g Wireless Antenna (Optional)
- Integrated DVD/CD ROM Solution
- Bluetooth (Optional)



ONYX-6910

ONYX

Advanced Medical Mini PC

- Fanless Design Intel® Pentium® M (up to 2.0GHz)/ Celeron® M Processor
- 1 PCI (Optional 2nd PCI)/ 2 PCMCIA Slots
- Wide Range DC or AC Power Input
- Ethernet/ 4 COM/ 4 USB/ Audio/ Parallel/ CF/ D
- Anti-vibration and Anti-shock
- IEEE-1394 (Optional)

Launch Q2 -2006



AAEON Europe Netherlands

Science Park Eindhoven 5080
5692 EA Son, Netherlands
Tel: +31-(0)40-267-8450
Fax: +31-(0)40-267-8451
Email: saleseurope@aaeon.com
URL: www.aaeon.com

dezze elettriche in ingresso alle specifiche della centralina PC/104.

Sulla base delle informazioni acquisite in tempo reale, la centralina provvede a elaborare i segnali e a inviare il segnale di carico richiesto alla centralina di iniezione del motore Diesel e all'inverter dell'azionamento elettrico. Il modulo PC/104 controlla la frenatura rigenerativa consentita dall'azionamento elettrico, indispensabile per la ricarica del sistema di accumulo. Non è prevista infatti la ricarica da rete.

Per implementare il software di gestione a bordo della centralina PC/104 sono stati usati i tool di prototipazione rapida e di controllo in tempo reale offerti dall'ambiente di sviluppo MATLAB-SIMULINK. La scelta è stata dettata dal basso costo di una centralina tipo PC/104 rispetto ad altre soluzioni più specifiche, e dal fatto che anche la simulazione è stata effettuata in ambiente SIMULINK. Ciò ha consentito di ridurre notevolmente i tempi di sviluppo del software di gestione senza penalizzare la rapidità di esecuzione del programma stesso. In un veicolo ibrido parallelo, entrambi i propulsori, termico ed elettrico, provvedono contemporaneamente e in parallelo alla trazione del veicolo. La logica di gestione implementata nella centralina si occupa di scegliere in tempo reale la proporzione di impiego dei due motori cercando di ottimizzare l'efficienza energetica e le prestazioni; il tutto in modo trasparente per il guidatore che potrà adottare la sua tecnica di guida abituale.

I supercondensatori si differenziano dalle batterie tradizionali per la loro capacità di sopportare scariche complete (fino a 0 V) senza subire alcun tipo di danno, mentre occorre evitare che la loro tensione superi i livelli massimi specificati dai costruttori: 2,7 V per la singola cella, quindi i 300 V per la stringa realizzata sul veicolo. La logica di gestione ha quindi il compito di controllare che la tensione non superi il valore massimo consentito durante la frenatura rigenerativa. Per l'azionamento ANSALDO la tensione minima di funzionamento è di 140 V, al di sotto dei quali l'inverter non è più in grado di alimentare correttamente il motore elettrico e non può attivare la frenatura a recupero. La logica di gestione deve impedire che la tensione del pacco supercondensatori scenda al di sotto dei 140 V, al fine di impedire che l'azionamento elettrico entri in protezione per basso voltaggio di alimentazione.

Le prove sperimentali e l'analisi dei dati acquisiti

Dal marzo 2004 la HU 245 è oggetto di test e collaudi sperimentali presso il Centro Ricerche ENEA della Casaccia, che ha messo a disposizione le attrezzature e il supporto del

TABELLA 5 - PRESTAZIONI DINAMICHE DEL PROTOTIPO HU 245

	HU 245	Alfa 156 2.4 JTD
Velocità massima (km/h)	220	225
0-100 km/h (s)	6.3	8.3
0-1000 m (s)	24.9	29.1
Potenza massima (kW)	129+30	129
Coppia massima (Nm)	385+150	385
Massa totale (kg)	900	1385

Gruppo Veicoli Elettrici e Ibridi. I collaudi sono stati realizzati su un banco a rulli dei laboratori ENEA: hanno consentito di verificare l'efficienza meccanica del telaio e le caratterizzazioni dinamiche del motore a combustione interna e dell'azionamento elettrico. È stato inoltre possibile verificare l'efficacia del software di gestione. Purtroppo il banco a rulli del Centro Ricerche ENEA prevede due sole ruote motrici e quindi non è stato possibile utilizzarlo per provare il sistema ibrido di propulsione nel suo complesso.

Una volta completata la fase di collaudi preliminari è stata pianificata una campagna di prove, tutt'ora in corso, finalizzata alla messa a punto del sistema di propulsione ibrida.

Le prove sono state svolte su un circuito appositamente predisposto presso il Centro Ricerche ENEA della Casaccia. Il ciclo di prova si snoda su un percorso di 1530 m prevalentemente pianeggianti; la velocità massima è di circa 90 km/h, la velocità media è 46 km/h e il tempo di percorrenza è pari a 120 s. Si sta procedendo a installare un misuratore di portata di combustibile sul circuito di alimentazione del gasolio, e si prevede di dotare la HU 245 di targa prova per poter effettuare prove in grado di fornire indicazioni ancor più precise sull'efficienza del sistema realizzato.

L'articolo è una sintesi degli atti del 60° Congresso Nazionale dell'Associazione Termotecnica Italiana (ATI) che si è tenuto a Roma dal 13 al 15 settembre 2005

Dipartimento di Ingegneria Nucleare e Conversioni di Energia (DINCE) dell'Università "La Sapienza" di Roma
www.din.uniroma1.it

Sistemi Avanzati Elettronici

readerservice.it n. 51