

Autobus ibridi

ing. Andrea Debernardi
Polinomia srl

giugno 2002

1. Premessa

L'impiego di autobus a trazione ibrida – tipicamente diesel-elettrica – si sta oggi rapidamente diffondendo anche nelle città italiane. Sulla base delle esperienze in corso sembrano tale opzione tecnologica, che presenta chiari caratteri «di transizione» fra la trazione termica e le tecnologie innovative (in particolare le celle a combustibile), sembra presentare notevoli vantaggi, riuscendo ad accomunare un sensibile miglioramento delle prestazioni energetiche ed ambientali a livelli di affidabilità più che soddisfacenti. Per questi motivi, essa è stata indicata dal nuovo Piano Generale dei Trasporti e della Logistica fra le tecnologie di maggiore interesse nel medio periodo [1]. Per quanto attiene più specificamente gli autobus, la trazione ibrida sembra oggi uscire definitivamente dalla fase prototipale per presentarsi sul mercato in forma consolidata ed accessibile.

2. Aspetti tecnologici

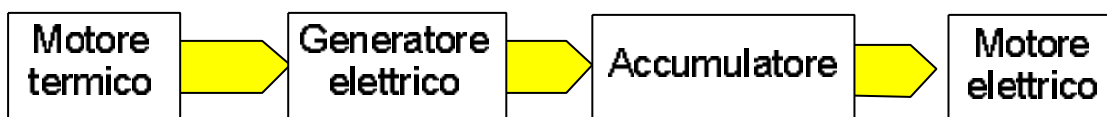
L'aspetto essenziale delle motorizzazioni ibride è data dalla compresenza di un motore a combustione interna e di uno elettrico. Il motore a combustione interna, generalmente diesel, aziona un generatore elettrico trifase, che a sua volta alimenta il motore elettrico di trazione.

Fra gli autobus ibridi è possibile distinguere due grandi categorie:

- gli autobus diesel-elettrici «tradizionali»;
- gli autobus ibridi propriamente detti.

Negli autobus diesel-elettrici «tradizionali», il generatore è direttamente collegato al motore elettrico di trazione, che in questo caso è un motore asincrono trifase. La regolazione della velocità avviene agendo sul motore termico, che lavora a regime variabile come su un veicolo diesel tradizionale. La sostituzione della trasmissione meccanica con il sistema elettrico consente comunque sensibili vantaggi in termini di elasticità di marcia (grazie alla notevole e costante erogazione di coppia dei motori elettrici), ed anche di comfort per i passeggeri. Essa determina vantaggi anche in termini di manutenzione, grazie alla maggiore semplicità della catena cinematica.

Negli autobus ibridi in senso stretto, l'energia elettrica prodotta dal generatore non viene inviata direttamente ai motori di trazione, bensì viene immagazzinata in una serie di accumulatori. La velocità si regola in questo caso agendo sul circuito elettrico, di modo che il motore termico può funzionare a regime costante (in alcuni casi secondo 3 o 4 stadi di funzionamento a regime costante), mentre i picchi di potenza sono assorbiti utilizzando l'accumulatore.



Ciò consente di ridurre la cilindrata e la potenza del motore a combustione interna (sino al 50÷75%); inoltre la presenza degli accumulatori rende possibile un parziale recupero di energia in frenata, nonché la marcia totalmente elettrica in ambiti particolarmente sensibili.

Tra gli autobus ibridi è uso distinguere gli «ibridi serie», caratterizzati dalla trasformazione di tutta l'energia termica prodotta in energia elettrica, e gli «ibridi parallelo», in cui resta possibile il diretto azionamento delle ruote da parte del propulsore termico.

Un aspetto di particolare rilievo è costituito dalla logica di accensione e spegnimento del motore a combustione interna. Infatti, queste operazioni non possono essere effettuate dal conducente, ma debbono essere automatizzate attraverso l'impiego di dispositivi elettronici di controllo, capaci di ottimizzare i cicli di caricamento dell'accumulatore. In particolare, questo va sempre mantenuto carico (almeno al 20%), ma nel contempo non deve mai risultare sovraccarico, pena il rapido decadimento delle sue caratteristiche. Dunque, occorrerà bilanciare i cicli di accensione e spegnimento del motore termico, ed inoltre risulta necessario provvedere ad un livellamento periodico (equalizzazione) delle batterie durante il ricovero in rimessa [2].

Il rapporto fra la potenza del gruppo motore termico/generatore e quella del motore elettrico di trazione rappresenta un fondamentale parametro tecnico, denominato grado di ibridazione. La scelta del grado di ibridazione dipende dal servizio svolto, dalle caratteristiche del percorso e dalla lunghezza della parte che si desidera servire in marcia elettrica con generatore spento. Ovviamente, il motore termico deve essere dimensionato sulla potenza media giornaliera richiesta; e pertanto il grado di ibridazione potrà essere più ridotto nel caso di servizi caratterizzati da regimi di marcia molto variabili.

Al momento sono in corso sperimentazioni volte a sostituire i motori termici diesel, normalmente adottati, con motori a metano od a GPL, od anche con turbine a gas.

Un ultimo dato tecnico da sottolineare è che la motorizzazione ibrida anticipa in larga misura la tecnica che si prevede verrà adottata per le celle a combustibile (anche in questo caso si potranno avere sia fuel cell di potenza, direttamente accoppiate ai motori di trazione, che fuel cell ibride, collegate ad accumulatori). L'adozione di autobus ibridi consente dunque di anticipare alcuni elementi di una soluzione ritenuta molto promettente per il futuro, ma ancora lontana dall'uscire dalla stadio prototipale.

3. Esperienze

A tutt'oggi nelle città italiane risultano circolare un centinaio di autobus diesel-elettrici tradizionali, mentre una recente rilevazione ha identificato 135 autobus ibridi in 26 città, e precisamente Aosta, Biella, Bologna, Campobasso, Chieti, Civitavecchia, Como, Ferrara, Genova, Lucca, Mantova, Padova, Palermo, Parma, Pescara, Pisa, Pordenone, Prato, Reggio Emilia, Roma, Savona, Spoleto, Terni, Trento, Vercelli, Verona.

A Brescia è in corso una sperimentazione con due veicoli ibridi, alimentati da turbine a gas.

4. Prestazioni energetiche ed ambientali

Gli autobus diesel elettrici consentono certamente una riduzione dei consumi energetici, ottenuta grazie alla maggiore efficienza della trasmissione elettrica. Vi sono invece dubbi sull'effettivo miglioramento delle emissioni inquinanti rispetto ad un diesel tradizionale: infatti la potenza installata è identica e, a parità di percorso e di condizioni di traffico, anche le variazioni di regime del propulsore non mutano.

Decisamente più promettenti appaiono le prospettive dei bus ibridi, avvantaggiati dalle minori potenze installate, dal regime costante del motore termico, e dalla possibilità di recuperare l'energia in frenata. Le esperienze condotte a Genova (programma *Thermie*) [4] ed a Trento [5] evidenziano una riduzione dei consumi dell'ordine del 15%, a fronte di un potenziale del 30% circa [1], mentre le emissioni sembrerebbero ridursi del 65% rispetto ad un veicolo dotato di motore termico euro 3.

In particolare, la sperimentazione condotta a Trento ha dato buoni risultati in termini di affidabilità; le prestazioni energetiche dei mezzi ibridi non sono risultate sostanzialmente differenti da quelle del resto del parco, ma ciò si è verificato in presenza di una sostanziale disparità tra le moderne motorizzazioni diesel dei mezzi termici in uso e quella dei mezzi ibridi. Dunque, è possibile affermare che a parità di rendimento del motore termico la trazione ibrida si trova in netto vantaggio [5].

Secondo altre sperimentazioni, la riduzione delle emissioni inquinanti, ottenibile adottando mezzi a trazione ibrida, è la seguente [2]:

Inquinante	var. %
HC	-87%
CO	-88%
NOx	-60%
particolato	-79%

Diverse esperienze hanno evidenziato che la scelta del grado di ibridazione può facilmente diventare critica: è noto il caso di un'azienda di trasporti che ha dovuto interrompere la sperimentazione dei suoi mezzi ibridi perché il percorso in salita per raggiungere il deposito richiedeva potenze tali da fare esaurire le batterie del mezzo.

5. Costi

La tabella seguente riporta i prezzi di listino degli autobus ibridi attualmente commercializzati in Italia [5]

PREZZI DI LISTINO DEI BUS IBRIDI COMMERCIALIZZATI IN ITALIA						
Marca	Modello	Lungh. mm	Prezzo (000 euro)			incred. %
			diesel	metano	ibrido	
Autodromo	Alè	7.570	175,6		317,6	81%
BredaMenarini	M240 NU	10.790	237,0	293,0	439,0	85%
BredaMenarini	M240 LU	11.960	240,0	296,0	445,0	85%
Evobus	Cito O 520*	8.085			185,9	=
Evobus	Cito O 520*	8.908			191,2	=
Evobus	Cito O 520*	9.585			195,4	=
EPT	Horus	7.400			300,0	=
Tecnobus	Gulliver U520 HY	5.300			153,9	=

* modelli diesel-elettrici

Come si osserva, gli autobus diesel-elettrici presentano costi vicini a quelli degli autobus dotati di motore diesel: i sovrapprezzi appaiono dell'ordine del 5÷7%, risultando facilmente riassorbibili da una produzione su più vasta scala.

Decisamente più importante – dell'ordine dell'80% - risulta l'aggravio di spesa per l'acquisto di un mezzo ibrido dotato di accumulatori.

L'entità di tale sovrapprezzo è certamente connessa alla produzione in piccola serie; pertanto essa è destinata a diminuire mano a mano che le vendite di questi mezzi aumenteranno, come del resto evidenziato dal mercato delle autovetture. A tale proposito, si prevede che nei prossimi 7÷8 anni i

costi degli autobus ibridi possano abbattersi del 30% circa (con il che il sovrapprezzo diventerebbe pari al 25% rispetto ad un autobus normale). Del resto, secondo recenti notizie di stampa, il nuovo modello ibrido della Honda Civic verrà commercializzato con un sovrapprezzo del 15% circa sul corrispondente modello a benzina [6].

Riferimenti bibliografici

- [1] Ministero dei Trasporti e della Navigazione, Ministero dei Lavori Pubblici, Ministero dell'Ambiente, *Piano Generale dei Trasporti e della Logistica*; quaderno n.4, "Politiche per l'innovazione tecnologica"; Roma, luglio 1999.
- [2] C.Carnevali, R.Genova, M.Mazzucchelli, A.Sasso; "Il ruolo dei veicoli elettrici ed ibridi per il trasporto individuale e collettivo: tecnica ed ambito di utilizzo"; Centro Interuniversitario di Ricerca sui Trasporti", Genova.
- [3] Tuttotrasporti passeggeri, n.239, aprile 2002
- [4] Tuttotrasporti passeggeri, n.217, aprile 2000
- [5] Tuttotrasporti Passeggeri, n.241, giugno 2002.
- [6] La Repubblica Auto, lunedì 22 giugno 2002