



ID contributo: 127

Tipo: **Presentazione orale**

Studio e sviluppo di una monoposto ibrida da competizione: progettazione e strategia di controllo

mercoledì 3 settembre 2025 12:30 (15 minuti)

La progettazione di veicoli di piccole dimensioni con powerunit ibride rappresenta una sfida complessa, in cui è fondamentale ottimizzare lo spazio disponibile, garantendo al contempo prestazioni e conformità ai vincoli normativi. Questo studio propone una metodologia per l'ibridizzazione di una monoposto da competizione, partendo dall'analisi dei volumi disponibili e dallo sviluppo di un'architettura powertrain compatta ed efficiente. Lo scopo di tale metodologia è quello di trovare una soluzione di compromesso, visto l'esiguo spazio disponibile in tali veicoli ed i numerosi componenti che costituiscono una powerunit ibrida, già in fase preliminare del progetto. Tali problematiche sono particolarmente rilevanti in una monoposto Formula SAE, che quindi è stata scelta come caso studio per definire e validare la metodologia proposta.

Il veicolo di riferimento è una monoposto di Formula SAE, inizialmente equipaggiata con un motore a combustione interna da 708 cm³. Il processo di ibridizzazione ha portato alla sostituzione del motore con una powerunit ibrida parallela in configurazione P0, composta da un motore monocilindrico da 480 cm³ e un motore elettrico da 30 kW. In particolare, il nuovo propulsore è stato progettato specificamente per questa applicazione sulla base del motore bicilindrico della Ducati 959 Superquadro, scelto per le sue prestazioni e per sfruttare il layout dell'architettura a V di 90°. Infatti, la testata di uno dei cilindri è stata sostituita da un motore elettrico custom, appositamente progettato per integrarsi perfettamente con il motore a combustione. Il motore elettrico è direttamente collegato all'albero motore tramite la catena di distribuzione originale, sfruttando sistemi di trasmissione già esistenti. Analogamente, il sistema di raffreddamento del motore elettrico è stato integrato con quello del motore termico, senza la necessità di circuiti di raffreddamento separati.

La progettazione della powerunit ha richiesto un'accurata analisi degli spazi disponibili all'interno del telaio della monoposto. Il volume utile è stato determinato tenendo conto delle geometrie del telaio, delle sospensioni, dell'abitacolo e delle limitazioni regolamentari, definendo un Available Limit Volume (ALV) entro cui i componenti della powerunit dovevano essere alloggiati. L'analisi ha evidenziato che il motore a combustione interna originale occupava circa il 30% del volume disponibile, suggerendo la possibilità di integrare il nuovo sistema ibrido senza alterare in modo significativo l'architettura della vettura.

Una fase importante della progettazione è stato lo sviluppo del pacco batterie. È stato realizzato un accumulatore che conta 270 celle cilindriche (18650) agli ioni di litio Sony VTC6, ottimizzato per sfruttare al meglio lo spazio disponibile e garantire un'adeguata distribuzione del peso. Il pacco batterie è stato posizionato nello spazio originariamente destinato al serbatoio del carburante, adattandosi perfettamente alle geometrie esistenti e contribuendo a mantenere il baricentro della vettura il più basso possibile. Per garantire sicurezza e affidabilità, il pacco batterie è stato alloggiato in un involucro in materiale composito di fibra di carbonio e kevlar, assicurando resistenza meccanica, isolamento elettrico e protezione dagli impatti.

Un aspetto chiave del progetto è stata l'ottimizzazione della strategia di controllo per la gestione della powerunit. Da un'analisi della letteratura sono stati identificati diversi modelli matematici che descrivono il funzionamento dei sistemi ibridi. In particolare, ci si è concentrati sul metodo numerico del Dynamic Programming (DP), basato sul principio di Bellman. Questo metodo è impiegato per risolvere problemi in cui è necessario prendere decisioni a più livelli, fornendo soluzioni ottimali indipendentemente dalla complessità del problema. Tuttavia, il Dynamic Programming è un metodo implementabile solo in ambiente di simulazione, poiché richiede preventivamente informazioni sull'intero campo di ottimizzazione. Tale metodo, pur essendo non implementabile in tempo reale a causa della necessità di dati a priori, è stato utilizzato per generare mappe di gestione dell'energia ottimizzate, migliorando la ripartizione della coppia tra il motore termico e quello elettrico in diverse condizioni operative. Queste mappe sono state poi integrate nella centralina del veicolo, permettendo una strategia di gestione dell'energia pre-calcolata che garantisce prestazioni ottimali su un dato circuito, anche se non adattabile dinamicamente in tempo reale alle variazioni delle condizioni di guida.

La metodologia sviluppata ha portato alla realizzazione di un powertrain ibrido compatto, conforme ai regolamenti di Formula Student UK e capace di mantenere le prestazioni del veicolo a combustione originale. I risultati sperimentali hanno confermato l'efficacia della progettazione, ottenendo buone prestazioni e un miglior sfruttamento dell'energia disponibile.

Autore principale: MANGERUGA, Valerio (Università degli studi di Modena e Reggio Emilia)

Coautore: CUSATI, Dario (Università degli studi di Modena e Reggio Emilia); GIACOPINI, Matteo (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari")

Relatore: MANGERUGA, Valerio (Università degli studi di Modena e Reggio Emilia)

Classifica Sessioni: Automotive

Classificazione della track: Automotive