

Hybrid Electric Vehicle Powertrain Design
Marco Cammalleri
Università di Palermo

L'attività di ricerca riguarda la progettazione, la modellistica ed il dimensionamento delle powertrain destinate principalmente a veicoli elettrici ibridi. In tale ambito presentano interessanti caratteristiche e prestazioni, le trasmissioni del tipo power Split CVT, specie in virtù della loro capacità di consentire una migliore cooperazione dei propulsori. La progettazione di tali trasmissioni può tuttavia essere molto insidiosa a causa del notevole numero di opzioni possibili e della complessità costruttiva. In letteratura si trovano svariati metodi per il loro studio; molti di essi sono indirizzati all'analisi di particolari problematiche o di specifiche soluzioni costruttive, mancando quindi di generalità. Tra l'altro, proprio la selezione del layout è fondamentale e qualunque scelta aprioristica, a volte dettata solo dalla pratica, potrebbe portare a soluzioni sub-ottimali, nonostante il tempo e le risorse impegnate. Di converso, molti dei metodi di progettazione di validità generale richiedono una profonda conoscenza delle teorie matematiche alla loro base (ad es. teoria dei grafi), e coinvolgono una grande quantità di variabili accoppiate senza un significato fisico diretto, rendendo difficoltosa l'interpretazione di risultati intermedi. Inoltre, seguendo per lo più un approccio di tipo esplorativo, necessitano di un notevole sforzo computazionale, poiché una eventuale ottimizzazione è possibile solo mediante estese simulazioni numeriche.

In questo contesto, l'obiettivo generale della nostra ricerca è mettere a punto una modellistica che sia sì di carattere generale, ed unificata per progetto, analisi e controllo, ma che sia rivolta principalmente all'ingegnere e quindi caratterizzata anche da facilità di utilizzo e di interpretazione di variabili e risultati.

Abbiamo già sviluppato una procedura per la progettazione preliminare di trasmissioni power-split per HEV che, senza ricorrere a nessuna decisione arbitraria aprioristica, conduce ad un concept costruttivo finale, guidando le scelte dell'ingegnere tra le molteplici soluzioni possibili con uno o due rotismi planetari e fino a sei rotismi ordinari [1]. Il processo di progettazione è modulare, consente di acquisire consapevolezza del funzionamento della trasmissione per fasi successive e di ottimizzare l'efficienza dei dispositivi principali senza interferenze reciproche, seguendo uno specifico ordine di priorità. In particolare, due soli parametri sono sufficienti non solo a caratterizzare la trasmissione dal punto di vista cinematico, ma anche a stimare l'afflusso di potenza nel sottosistema elettrico, permettendone un dimensionamento di massima ancor prima di aver definito layout di montaggio e rapporti costruttivi dei rotismi epicicloidali. Questi ultimi, al contrario, verranno suggeriti dal metodo stesso solo nello step successivo, nei termini atti a garantire a tali dispositivi la fattibilità costruttiva e una condizione di sincronismo interna all'intervallo di funzionamento. Il layout, da definirsi in uno step successivo, sarà piuttosto una conseguenza di tale scelta, concorrendo, solo alla fine, alla definizione dei rotismi ordinari strettamente necessari.

Viceversa, l'identificazione dei suddetti parametri funzionali, noti che siano schema e parametri costruttivi, permette altresì l'analisi immediata dei flussi di potenza, delle coppie e dell'efficienza di una qualsivoglia trasmissione esistente [2]. Grazie al metodo sviluppato, è possibile modellare con un approccio unificato trasmissioni compound, shunt e multimodali mediante l'implementazione di un numero estremo ridotto di equazioni, evitando così di ricorrere ad enormi formulari o modelli di natura diversa che studiano casi specifici. Esso consente anche di verificare con immediatezza possibili semplificazioni costruttive, proponendo trasmissioni funzionalmente equivalenti a quella esistente, ma con differenti layout e rapporti costruttivi dei componenti.

Sebbene gli strumenti per una stima delle perdite di potenza fossero già stati forniti in lavori precedenti, un approccio diverso e più diretto, ancorché altrettanto generale, è stato sviluppato ed integrato nel metodo, in modo tale da affinarne ulteriormente i risultati [3].

L'integrazione nel metodo delle caratteristiche inerziali, nonché l'introduzione di criteri generali di controllo e ottimizzazione, le cui prime applicazioni peraltro sono già state presentate in [4], rappresentano poi gli aspetti sui quali si concentrerà maggiormente la nostra attenzione nei prossimi mesi.

Riferimenti bibliografici

- [1] M. Cammalleri, D. Rotella, Functional design of power-split CVTs: an uncoupled hierarchical optimized model, *Mech. Mach. Theory* 116 (2017) 294–309.
- [2] D. Rotella, M. Cammalleri, Direct analysis of power-split CVTs: A unified method, *Mech. Mach. Theory* 121 (2018) 116–127.
- [3] D. Rotella, M. Cammalleri, Power losses in power-split CVTs: a fast black-box approximate method, accepted for publication in *Mech. Mach. Theory* (2018).
- [4] D. Rotella, M. Cammalleri, D. Qin, X. Zhou, A simple method for the design of Hybrid Electric Power-Split CVTs: a case study, *IFIT2018, 2th International Conference of IFToMM ITALY*, November 29-30, 2018, Cassino, Italy.