

Riassunto

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è stato effettuare una Multidisciplinary Design Optimisation (MDO) sulla traiettoria e le performances di un motore ibrido per missioni SSTO in orbita bassa. Il metodo di MDO consente un'ottimizzazione trasversale a tutte le discipline coinvolte, consentendo il raggiungimento di un ottimo che sia tale per il sistema, tenendo conto delle interazioni tra i singoli sottosistemi e le loro criticità.

Nel caso considerato, si è accoppiata l'ottimizzazione delle performance del motore con l'ottimizzazione di traiettoria, prendendo come riferimento una traiettoria ascensionale *access to space* in orbita bassa.

Per la modellizzazione del motore ci si è serviti di HyPro, un modello medium-fidelity sviluppato presso l'Università di Strathclyde utilizzato per design e analisi di configurazioni propulsive. HyPro ha una struttura modulare e si avvale delle equazioni della fluidodinamica per modellare le varie configurazioni di un motore ibrido: ejector ramjet, ramjet e scramjet per il volo in atmosfera, rocket per l'ultima fase di ascensione.

Data la complessità del software, non è stato possibile utilizzare lo stesso all'interno del processo di ottimizzazione. I costi computazionali, infatti, sarebbero stati troppo elevati e innecessari.

Si è dunque sfruttato HyPro per costruire dei database specifici per ogni configurazione di motore: in tali database, gli input erano dei valori significativi di quota, Mach e delle aree sensibili caratteristiche di ogni motore. Tali aree sono le sezioni del tubo di flusso in corrispondenza dei nodi che collegano i moduli della struttura di HyPro. Da uno studio sul calcolo di spinta e portata nel modello è emerso che di queste dodici aree solo alcune influenzano significativamente l'output, e variano da motore a motore.

Una volta costruiti i database, è stato possibile creare dei Modelli Surrogati, vale a dire delle reti neurali allenate e validate sui dati raccolti, testate poi per verificarne la capacità rappresentativa rispetto agli output di HyPro.

Il processo di ottimizzazione multidisciplinare ha come obiettivo principale l'ottimizzazione del propulsore dato il profilo di missione. Un loop interno risolve il problema di controllo ottimo e ottimizza la traiettoria, il loop esterno modifica la dimensione delle aree del tubo di flusso e, di conseguenza, le performance e il peso del motore. Si avrà in output una configurazione del sistema propulsivo tale da garantire il payload massimo per un dato profilo di missione.

Per gli ingombri e l'aerodinamica si è fatto riferimento al veicolo di lancio CFASTT-1, molto simile al più recente Skylon.

Per il profilo di missione si è considerata una tipica missione di lancio per orbita bassa con base di lancio in equatore e punto di arrivo in orbita equatoriale.