



## CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

### 8.1. Conclusioni

L'analisi svolta nel presente lavoro ha riguardato uno studio preliminare di un propulsore ad effetto Hall con canali multipli e coassiali e ha permesso la conoscenza delle prime problematiche legate a questa classe di propulsori.

Nella prima parte di questa tesi si è analizzato il motore di riferimento adottato e i processi di scalatura con i quali creare i nuovi canali di accelerazione. La scelta si è indirizzata sulla scalatura lineare che permette di scalare il diametro medio del canale di accelerazione di riferimento e quindi di creare un canale coassiale le cui caratteristiche principali (lunghezza e larghezza) sono uguali a quello di riferimento. La particolarità della scalatura lineare è quella di mantenere inalterati tutti i parametri di campo.

Dall'analisi del motore di riferimento sono stati estrapolati tutti i dati concernenti il circuito magnetico, utilizzati poi nell'analisi successiva.

Definiti il propulsore di riferimento e la legge di scalatura, si è passati all'analisi magnetica agli elementi finiti. Per tale analisi è stato creato un file batch che rendesse automatica la ricerca della soluzione al problema magnetostatico imposto. Il problema è caratterizzato da vincoli geometrici e vincoli prestazionali oltre che dalla configurazione geometrica scelta. Da tale analisi si è trovata la configurazione geometrica e le intensità di corrente elettrica che devono circolare nelle bobine. Infine si è notato che la soluzione a numero di canali dispari con la presenza di una bobina esterna presenta dei valori della forza magnetomotrice più bassi rispetto alla

configurazione a canali pari senza circuito esterno. Questo fatto è dovuto a ragioni di simmetria.

Trovata la configurazione che soddisfa i requisiti imposti nell'analisi magnetica e definito il numero dei canali, si è passati all'analisi termica preliminare con lo scopo di verificare l'andamento delle temperature nel propulsore e, se necessario, di adottare misure che le diminuissero.

Sono stati analizzati due possibili scenari: nel primo si è ipotizzato che le interazioni fra i canali siano deleterie per il buon funzionamento del propulsore il quale dovrà smaltire per irraggiamento una potenza termica prodotta dai fenomeni dissipativi causati pari al 60% della potenza nominale; nel secondo scenario invece si è imposto che le interazioni producano effetti dissipativi trascurabili. In questo modo la potenza termica totale che il motore deve smaltire è uguale alla somma delle potenze termiche generate, per effetto delle interazioni con la parete, dai tre canali pensati montati su di un propulsore monocanale.

In questo ultimo caso i carichi termici sulle pareti dei canali di accelerazione e sugli anodi sono stati estrapolati dalle leggi di scalatura, mentre quelli generati dalle bobine sono stati direttamente trovati dai valori delle intensità di corrente circolante in esse.

Le due analisi termiche preliminari ci hanno dato un intervallo di temperature massime, che le varie parti del motore possono raggiungere e confrontandole con i vincoli imposti (legati alla natura tecnologica dei materiali utilizzati) ci hanno portato a concludere che, per avere delle temperature soddisfacenti all'interno del propulsore, dobbiamo dotarlo di uno schermo di alluminio ad alta emissività e dobbiamo dotare il propulsore di un sistema di refrigerazione. Infatti lo schermo riesce sia a smaltire più calore mediante irraggiamento verso l'esterno e in più si comporta da schermo per la bobina esterna, mentre il sistema di smaltimento del calore ci abbassa le temperature presenti nella bobina più interna.

Per ognuno dei due scenari si è fatta la simulazione in ambiente spaziale ( $T=3K$ ) e in ambiente terrestre (camera di prova vista come un corpo nero a  $T=300K$ ) per le configurazioni senza sistema di refrigerazione, con apparato di smaltimento calore posto sulla base e posto vicino ai canali di accelerazione.

Successivamente è stato fatto il dimensionamento di base del propulsore. Le problematiche prese in considerazione sono state la facilità e l'indipendenza dei

## *Capitolo 8 – Conclusioni e sviluppi futuri*

singoli canali nel montaggio/smontaggio, il centraggio dei singoli pezzi rispetto alla base, il recupero dei giochi assiali a causa della differente dilatazione termica dei materiali, il sistema di tenuta del gas e il posizionamento dell'apparato di raffreddamento.

Il primo punto è stato risolto pensando la base come una piastra su cui vengono fissati mediante collegamenti filettati tutti gli altri pezzi. Il centraggio viene fatto sulla base con la creazione di spallamenti.

Il recupero dei giochi assiali è stato realizzato con un accoppiamento elastico tra la base e il canale di accelerazione. Come elemento elastico è stata scelta una molla a tazza di tipo Belleville scanalata la cui particolarità è quella di avere un basso coefficiente di rigidità elastica a compressione. Infine la tenuta è stata fatta mediante un anello O-ring alle estremità posteriori dei canali di accelerazione. Infine, per l'apparato di smaltimento del calore è stata scelta la configurazione sulla base.

La scelta di queste soluzioni realizzative ha comportato una sensibile variazione della configurazione uscita dalle analisi precedenti. Per ciò è stato necessario compiere delle nuove analisi termiche e magnetiche sulla configurazione finale. Da tali analisi si è osservato una notevole diminuzione delle forze magnetomotrici necessarie a soddisfare la soluzione e una buona diminuzione delle temperature all'interno del motore. Tuttavia nel caso peggiore dell'analisi termica è necessario ancora l'apparato di refrigerazione.

### **8.2. Sviluppi futuri**

Nel presente lavoro non si è tenuto conto della progettazione delle interfacce sia elettrica che gassosa. Si dovranno quindi dimensionare i condotti di adduzione del gas come le spine elettriche.

Inoltre dovrà essere progettato, l'apparato di raffreddamento del propulsore.

Infine dovrà essere progettata l'interfaccia di collegamento tra la camera di prova e la base del propulsore e le apparecchiature di misura.

A conclusione di ciò si potrà passare alla realizzazione fisica del propulsore e ai test di prova. Dalle prove si potrà osservare lo scostamento tra i valori misurati negli esperimenti e quelli attesi dalle leggi di scalatura e le possibili interazioni prodotte dalla presenza di più canali di accelerazione. Sarà interessante notare le temperature reali presenti sul motore testato e vedere a quale dei due scenari si avvicina la soluzione reale.

Se le prestazioni predette fossero in buon accordo con quelle misurate, allora sarebbe possibile utilizzare leggi di scalatura più complesse al fine di migliorare i rendimenti e quindi di diminuire gli ingombri e i pesi.