

**TESI DI LAUREA
IN
INGEGNERIA AEROSPAZIALE
INDIRIZZO SPAZIALE**

**STUDIO DI UN NEUTRALIZZATORE PER UN MOTORE
AD EFFETTO HALL DA 5 kW**

Carlo Aringhieri

Anno Accademico 2002-2003

T140





**Università degli Studi di Pisa
Facoltà di Ingegneria**

**Tesi di Laurea in Ingegneria Aerospaziale
Indirizzo Spaziale**

**STUDIO DI UN NEUTRALIZZATORE PER UN MOTORE
AD EFFETTO HALL DA 5 kW**

Candidato

Carlo Aringhieri

Relatori

Prof. M. Andrenucci

Prof. F. Paganucci

Ing. P. Rossetti

Anno Accademico 2002-2003

SOMMARIO

La propulsione elettrica, nell'arco degli ultimi dieci anni, si è affermata nel campo delle applicazioni spaziali come valida alternativa alla propulsione chimica. In particolare, i propulsori ad effetto Hall hanno raggiunto un posto di rilievo grazie alla attività di ricerca e sviluppo svolta dapprima nell'ex Unione Sovietica, poi negli Stati Uniti ed in Europa, mentre la quantità di potenza a bordo dei satelliti, disponibile per l'utilizzo di un sistema propulsivo elettrico è andata crescendo costantemente.

Il presente lavoro di tesi descrive lo studio teorico-numerico di un catodo neutralizzatore per un motore ad effetto Hall da 5 kW, recentemente progettato, realizzato e provato al Centrosazio, e le fasi di progettazione che hanno portato al suo dimensionamento.

Dopo una breve parte introduttiva sul principio di funzionamento di un motore ad effetto Hall, nella prima parte la tesi sintetizza i risultati principali di precedenti studi teorico-sperimentali, alcuni dei quali condotti al Centrosazio, sul catodo cavo che è alla base del funzionamento del neutralizzatore. In particolare è stata analizzata l'influenza della zona dell'orifizio terminale (*orificed hollow cathode*) sulle caratteristiche della scarica e del plasma uscente dal neutralizzatore.

Sulla base di questi studi è stato quindi realizzato un modello fisico-matematico della zona dell'orifizio, descritto nella seconda parte della tesi, i cui risultati sono stati confrontati con dati sperimentali reperibili in letteratura.

Infine la tesi ripercorre il processo di dimensionamento del neutralizzatore per il motore ad effetto Hall di Centrosazio, operante ad una corrente nominale di 20 Ampere. Sono state analizzate configurazioni diverse in termini di materiali e di tecnologie di produzione, ambedue aventi un forte impatto sui costi e sulle prestazioni, in termini di vita operativa. L'analisi termica sia della fase transitoria durante l'accensione che di quella stazionaria ha rappresentato lo strumento principale per la definizione del disegno finale del neutralizzatore.

ABSTRACT

During the last decade electric propulsion became an effective alternative to chemical propulsion in the field of space applications. Particularly Hall Effect Thruster achieved importance thanks to the activity of research and development that took place first in the former USSR and then in the USA and Europe, while on-board power available for the propulsion system, has constantly increased.

The present work deals with a theoretical-numerical study on the neutralizer for an Hall Effect Thruster and with the design of a first neutralizer prototype for the 5 kW HET recently developed at Centropazio..

After a brief introduction on the working principle of Hall Effect Thruster, in the first part of the thesis there are summarized all the main results of previous theoretical-experimental studies on hollow cathode, some of them made at Centropazio. In particular the influence of the orifice on the characteristics of discharge and of the plasma outcoming from the neutralizer has been analysed.

The second part of the thesis describes the physical-matemathical model of the orifice region developed on the basis of the studies mentioned above; its results were compared with experimental data found in literature.

In the end the thesis shows the design of the neutralizer for the Hall Effect Thruster of Centropazio working at a nominal current of 20 A. Different configurations in terms of material and production technology have been analysed, both dramatically impacting the costs and the performances, especially lifetime. Thermal analysis was the main instrument for the settlement of the final neutraliser design.

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare il Prof. Mariano Andrenucci per i suoi insegnamenti e per avermi dato l'opportunità di svolgere questo lavoro nell'ambito della ricerca aerospaziale.

Un ringraziamento particolare va all'Ing. Paola Rossetti per la sua disponibilità e i suoi preziosi consigli, al Prof. Fabrizio Paganucci e a tutti gli amici del Centrosazio, in particolare a Mirko.

Desidero ringraziare in maniera particolare Alessandro, Matteo, Raffaele e Ilario, che hanno condiviso con me questi anni di studio e che si sono dimostrati compagni stupendi ma soprattutto amici sinceri.

Infine il ringraziamento più grande va ai miei genitori ed alle mie sorelle che mi hanno sempre sostenuto ed appoggiato incondizionatamente e mi hanno permesso di raggiungere questo importante obiettivo, a Tatiana per essermi stata sempre vicina, anche nei momenti più difficili, e a tutti i familiari che hanno sempre dimostrato la loro stima nei miei confronti.

Pisa, Settembre 2003