

Progetto di Ricerca e Piano delle Attività

Elettronica di Potenza per la propulsione ionica

Power Electronics for Ionic Propulsion

Progetto di ricerca correlato all'incarico di ricerca:

Questa attività rientra nel progetto europeo “Ionic PROPulsion in atmosphere” (IPROP), che mira a portare i sistemi propulsivi ionici “air-breathing” oltre la fase pionieristica, esplorandone le potenzialità e migliorandone le prestazioni. L’obiettivo è progettare e realizzare un modello di dirigibile (un dimostratore tecnologico) dotato di propulsione ionica. Per raggiungere questo obiettivo, è necessario progettare e sviluppare l’elettronica di potenza idonea ad alimentare i diversi propulsori installati a bordo del dirigibile.

Il ricercatore inizierà analizzando i principali requisiti dell’applicazione, per poi procedere con lo studio e la valutazione delle diverse topologie di convertitori, al fine di individuare la soluzione più appropriata. Dovrà poi essere effettuate la progettazione del sistema e la scelta dei componenti. Successivamente, verrà realizzato un prototipo in scala ridotta per verificarne il corretto funzionamento. Infine, sarà sviluppato e testato il prototipo finale, operante ai livelli di tensione richiesti.

Progetto di ricerca correlato all'incarico di ricerca in inglese:

This activity is part of the “Ionic PROPulsion in atmosphere” IPROP European project, which aims to advance ionic air-breathing propulsive systems beyond the pioneering stage by exploring their capabilities and enhancing their performance. The goal is to design and build an airship model (a technological demonstrator) equipped with ionic propulsion. To achieve this, suitable power electronics must be designed and developed to supply the different propulsion thrusters installed on the airship.

The researcher will begin by analysing the main constraints of the application, followed by the study and evaluation of different converter topologies in order to identify the most appropriate solution. Then, the design and selection of the components must be carried out. Subsequently, a laboratory down-scaled prototype will be built to verify proper functionality. Finally, the final setup, operating at the required voltage levels, must be developed, built and tested.

Piano delle attività

1. *Requisiti*

In questa fase iniziale, il ricercatore raccoglierà tutti i requisiti definiti dall'applicazione, tra cui i livelli di tensione, il numero di propulsori, la potenza totale richiesta e altri vincoli operativi. Particolare attenzione sarà dedicata al peso finale, poiché rappresenta un parametro critico per le prestazioni complessive del sistema. Inoltre, il ricercatore studierà l'architettura convenzionale tipicamente adottata per questo tipo di sistemi, che generalmente consiste in un convertitore DC–AC, un trasformatore ad alta frequenza e un moltiplicatore di tensione.

2. *Studio delle possibili topologie di convertitore*

Il ricercatore studierà le diverse topologie di convertitori per ciascuna parte del sistema e ne valuterà i vantaggi, le limitazioni e la compatibilità con i vincoli dell'applicazione. Sulla base di questa analisi e in accordo con i requisiti precedentemente definiti, saranno identificate e selezionate le topologie più promettenti.

3. *Simulazione dell'elettronica di potenza*

Le topologie selezionate dovranno quindi essere modellate e simulate in ambienti quali Simulink, PLECS o similari. Queste simulazioni saranno utilizzate per validare le soluzioni proposte e valutarne le principali caratteristiche, tra cui la tensione di uscita, il ripple di tensione, gli stress di corrente, il comportamento dinamico, la fattibilità del controllo e la compatibilità complessiva con i requisiti dell'applicazione.

4. *Progettazione dell'elettronica di potenza*

In questa fase deve essere effettuata la progettazione dettagliata del sistema. Una volta selezionate e simulate le topologie di convertitore scelte, si passerà alla progettazione di ogni singolo stadio mediante la scelta degli interruttori e gate driver da utilizzare, del trasformatore ad alta frequenza, dei condensatori e dei diodi. Particolare attenzione dovrà essere dedicata alle prestazioni termiche, ai valori nominali di tensione e corrente, e alle dimensioni e al peso complessivi, al fine di garantire la conformità ai vincoli dell'applicazione.

5. *Validazione sperimentale*

Una volta completata la progettazione, il prototipo dovrà essere validato mediante test in laboratorio. Inizialmente, potrà essere assemblato e valutato un setup in scala ridotta presso il laboratorio SolarTronic, al fine di verificare il corretto funzionamento della topologia selezionata, valutare le strategie di controllo e individuare eventuali criticità a livelli di tensione e potenza inferiori. Superata questa fase di validazione, il prototipo finale, operante a livelli di tensione e potenza richiesti, dovrà essere sviluppato, assemblato e validato. Questa fase includerà prove funzionali e la valutazione complessiva delle prestazioni, per garantire il soddisfacimento delle specifiche di progetto.

Piano delle attività in inglese

1. *Application Requirements*

At this initial stage, the researcher will collect all the requirements defined by the application, including voltage levels, number of thrusters, total power demand, and other operational constraints. Particular attention will be devoted to the final weight of the power electronics unit, as this represents a critical parameter for the overall system performance. In addition, the researcher will study the conventional architecture typically adopted for this type of system, which generally consists of a DC–AC converter, a high-frequency transformer, and a voltage multiplier.

2. *Study of the possible converter topologies*

The researcher will study the different converter topologies for each stage of the system and evaluate their advantages, limitations, and compatibility with the application constraints. Based on this analysis and according to the requirements previously defined, the most suitable topologies will be identified and selected.

3. *Power Electronics Simulation*

The selected topologies must then be modelled and simulated in environments such as Simulink, PLECS or similar. These simulations will be used to validate the proposed solutions and to evaluate their main characteristics, including output voltage, voltage ripple, current stress, dynamic behavior, control feasibility, and overall compatibility with the application requirements.

4. *Power Electronics Design*

At this stage, the detailed design of the system must be carried out. Once the converter topologies have been selected and simulated, each stage must be defined by selecting the semiconductor switches, gate drivers, high-frequency transformer, capacitors, and diodes. Particular attention should be devoted to thermal performance, voltage and current ratings, and overall size and weight, in order to ensure compliance with the application constraints.

5. *Experimental Validation*

Once the design is completed, the prototype must be validated through laboratory testing. Initially, a down-scaled setup can be assembled and evaluated in the SolarTronic laboratory to verify the correct operation of the selected topology, assess control strategies, and identify any potential issues at lower voltage and power levels. Once validated, the final setup, operating at the required voltages and power levels, must be developed, assembled, and thoroughly tested. This phase will include functional tests and overall performance assessment to ensure that the system meets the project specifications.