

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:

L'attività di ricerca si inserisce nell'ambito del progetto europeo **"Ionic PROPulsion in Atmosphere" (IPROP)**, il cui obiettivo è favorire l'evoluzione dei sistemi di propulsione ionica *air-breathing*, superandone l'attuale fase sperimentale e valorizzandone le potenzialità attraverso il miglioramento delle prestazioni. In tale contesto, il progetto prevede la progettazione e la realizzazione di un dirigibile dimostrativo equipaggiato con un sistema di propulsione ionica. Il conseguimento di questo obiettivo richiede lo sviluppo di un sistema di elettronica di potenza dedicato, in grado di alimentare in modo efficiente i diversi propulsori installati a bordo del dirigibile.

L'attività del ricercatore comincerà con l'analisi dei requisiti funzionali dell'applicazione e proseguirà con la selezione del convertitore di potenza, sulla base dello studio comparativo delle principali soluzioni già condotto. Successivamente si procederà con la progettazione dettagliata del sistema e con la selezione dei componenti più appropriati. Una prima validazione sperimentale sarà effettuata mediante la realizzazione di un prototipo in scala ridotta, utile a verificarne il corretto funzionamento. Completata tale fase, sarà sviluppato e sottoposto a prove sperimentali il prototipo finale, progettato per operare ai livelli di tensione richiesti dall'applicazione.

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

The research activity is carried out within the framework of the European project **"Ionic PROPulsion in Atmosphere" (IPROP)**, whose objective is to advance air-breathing ionic propulsion systems beyond their current experimental stage by enhancing their performance and fully exploiting their potential. Within this context, the project aims to design and develop a demonstrator airship equipped with an ionic propulsion system. Achieving this objective requires the development of a dedicated power electronics system capable of efficiently supplying the various propulsion units installed on board the airship.

The researcher's activity will begin with the analysis of the application's functional requirements and will continue with the selection of the most suitable power converter, based on the comparative assessment of the main converter solutions that has already been carried out. Subsequently, the researcher will undertake the detailed design of the system and the selection of the most appropriate components. An initial experimental validation will be performed through the development of a laboratory-scale prototype to verify the correct operation of the proposed solution. Once this phase has been successfully completed, the final prototype, designed to operate at the voltage levels required by the application, will be developed and experimentally validated.

Piano delle attività

1. 1. Requisiti

In questa fase il ricercatore analizzerà i requisiti dell'applicazione, quali livelli di tensione, numero di propulsori, potenza richiesta e vincoli operativi. Particolare attenzione sarà rivolta al contenimento del peso del sistema e all'analisi dell'architettura convenzionale, costituita da un convertitore DC-AC, un trasformatore ad alta frequenza e un moltiplicatore di tensione.

2. Studio delle possibili topologie di convertitore

Successivamente, il ricercatore approfondirà le diverse topologie di convertitore già analizzate dal gruppo di ricerca, esaminandone le caratteristiche, i punti di forza, le limitazioni e il grado di compatibilità con i requisiti dell'applicazione. Sulla base delle valutazioni preliminari già svolte e tenendo conto delle specifiche definite nella fase precedente, saranno individuate le configurazioni maggiormente idonee da sviluppare nelle fasi successive.

3. Simulazione dell'elettronica di potenza

Le topologie selezionate saranno quindi implementate mediante modelli di simulazione utilizzando ambienti di sviluppo quali Simulink, PLECS o software equivalenti. Le simulazioni consentiranno di verificare la validità delle soluzioni individuate e di analizzarne le principali prestazioni, valutando parametri quali la tensione di uscita, il ripple di tensione, gli stress elettrici sui componenti, la risposta dinamica del sistema, la realizzabilità delle strategie di controllo e la conformità ai requisiti dell'applicazione.

4. Progettazione dell'elettronica di potenza

Successivamente verrà sviluppata la progettazione dettagliata del convertitore, comprendente la selezione dei dispositivi di potenza, dei gate driver, del trasformatore ad alta frequenza e dei componenti passivi. Saranno inoltre valutati gli aspetti termici, i limiti elettrici e gli ingombri complessivi del sistema.

5. Validazione sperimentale

Il sistema sarà validato attraverso prove sperimentali, inizialmente su un prototipo in scala ridotta realizzato presso il laboratorio SolarTronic. Completata questa fase, sarà sviluppato e collaudato il prototipo finale alle condizioni operative previste, verificandone il corretto funzionamento e la conformità alle specifiche di progetto.

Piano delle attività in inglese

1. *Application Requirements*

At this stage, the researcher will analyse the application requirements, including the required voltage levels, the number of propulsion thrusters, the total power demand, and the relevant operational constraints. Particular attention will be devoted to minimizing the overall system weight and to analysing the conventional system architecture, typically consisting of a DC–AC converter, a high-frequency transformer, and a voltage multiplier.

2. *Study of the Candidate Converter Topologies*

Subsequently, the researcher will further investigate the different converter topologies previously analysed by the research group, examining their characteristics, advantages, limitations, and compatibility with the application requirements. Building upon the preliminary assessments already carried out and considering the specifications defined in the previous phase, the most suitable configurations will be identified for further development.

3. *Power Electronics Simulation*

The selected converter topologies will then be implemented using simulation models developed in environments such as Simulink, PLECS, or equivalent software tools. These simulations will be employed to validate the proposed solutions and assess their performance by evaluating key parameters, including output voltage, voltage ripple, electrical stresses on the components, the dynamic response of the system, the feasibility of the control strategies, and overall compliance with the application requirements.

4. *Power Electronics Design*

The detailed design of the power converter will then be carried out, including the selection of the power semiconductor devices, gate drivers, high-frequency transformer, and passive components. Thermal aspects, electrical ratings, and the overall size and weight of the system will also be carefully evaluated.

5. *Experimental Validation*

The proposed solution will be experimentally validated through laboratory testing. Initially, a laboratory-scale prototype will be developed and tested at the SolarTronic laboratory. Upon successful completion of this phase, the final prototype will be built and experimentally validated under the target operating conditions, verifying its correct operation and compliance with the project specifications.