



**Richiesta per borsa di studio da attivare ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021**

Il sottoscritto Stefano Bifaretti qualifica Professore Associato afferente al Dipartimento di Ingegneria Industriale Interno 320 4307312 e-mail stefano.bifaretti@uniroma2.it

**CHIEDE**

l'attivazione di una borsa di studio di dottorato ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021. A tal fine comunica quanto segue:

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo: Ingegneria Industriale

Area per la quale si presenta la richiesta (selezionare solo una delle due):

Innovazione

Green

Tipologia di cofinanziamento (pari ad euro 8000 una tantum):

Nome dell'Ente finanziatore pubblico o privato: ENEA

Persona di Riferimento: Ing. Simone Mannori. Tel. 06 9400 5383 / Cell. 366 32 85 699

Email simone.mannori@enea.it

Fondi di ricerca dipartimentali

Progetto di Ricerca (massimo 10.000 battute complessive spazi inclusi) che comprenda

**Descrizione del Progetto:**

I sistemi di accumulo ibridi costituiti da batterie e super-condensatori rappresentano una soluzione attraente per diverse applicazioni che coinvolgono la transizione energetica quali, ad esempio, i veicoli elettrici, la generazione di energia da fusione nucleare e le micro-reti elettriche (Microgrids). Tali applicazioni, pur appartenendo ad ambiti assai differenti e caratterizzate da condizioni operative non direttamente comparabili, richiedono la gestione di elevate potenze di picco, che influenza notevolmente il dimensionamento, l'efficienza e la durata in vita del sistema di accumulo.

La progettazione di un sistema di accumulo ibrido con l'obiettivo di ottimizzare le prestazioni energetiche, ridurre pesi ed ingombri e prolungare la sua vita utile rappresenta, tuttavia, una sfida ancora aperta. Le maggiori criticità nella progettazione sono da imputare non solo alla complessità di manifattura dei singoli accumulatori, ma anche alla loro interazione con i carichi variabili ed al significativo degrado delle loro prestazioni al passare del tempo.

Le moderne batterie sono organizzate in moduli, a loro volta costituiti da centinaia/migliaia di celle opportunamente configurate in serie/parallelo in modo da soddisfare le specifiche elettriche e le prestazioni energetiche desiderate. In maniera simile vengono costruiti i moduli di super-condensatori.



La metodologia di analisi e progettazione di sistema che si intende utilizzare è denominata “model based design” e basata sullo sviluppo di modelli (con vari gradi di accuratezza) di sistemi dinamici complessi.

I parametri dei modelli necessari all’uso del “model-based design”, quando non disponibili direttamente o quando sia necessaria un’accuratezza superiore a quella dei dati disponibili, verranno ricavati attraverso l’elaborazione dei dati sperimentali prodotti da sistemi di prova/misura sviluppati all’interno di questo lavoro. Tali modelli vengono utilizzati sia nell’analisi previsionale sia nell’ottimizzazione dei parametri di progetto. Sia l’analisi delle prestazioni che i metodi di ottimizzazione richiedono la conoscenza di strumenti di simulazione sofisticati come Matlab/Simulink.

I modelli devono tener conto di fenomeni multi-fisici su diverse scale temporali. Ad esempio, con riferimento ai veicoli elettrici, i modelli degli accumulatori devono poter interagire con i modelli del “powertrain” (motore, trasmissione e ruote), a sua volta determinati dalle specifiche del veicolo e dalle modalità di guida. Tecniche di controllo classiche (controllo ottimo a variabili di stato) saranno integrate con algoritmi d’intelligenza artificiale sia per la previsione/ottimizzazione delle prestazioni che per la previsione/analisi dei guasti.

Oltre alle note applicazioni nei veicoli e nei sistemi di accumulo domestico ed industriale, le batterie ad alte prestazioni sono un elemento chiave per i generatori di energia a fusione nucleare. Le macchine attualmente in costruzione (es. ITER), incluse macchine sperimentali come il DTT (<https://www.dtt-project.it/>) e PROTO-SPHERA (<https://www.afs.enea.it/project/protosphera/>) hanno elevati assorbimenti impulsivi di energia elettrica per tempi relativamente brevi (minuti). Tali richieste transitorie di energia possono essere soddisfatte realizzando sistemi di alimentazione “ibridi” basati su opportune combinazioni di batterie e super-condensatori. In tale modo è possibile, allo stesso tempo, ridurre in maniera significativa (di almeno un fattore cento) la potenza elettrica impegnata ed i relativi costi di costruzione e mantenimento degli impianti elettrici di potenza.

Oltre al supporto interno di ENEA (già coinvolta nella ricerca su questi temi) ci avvarremo della collaborazione di Sensichips (<https://sensichips.com/>) con la quale ENEA ha già diverse collaborazioni attive (progetto EU H2020 3BELIEVE, ENEA Proof Of Concept, etc.).

I criteri di progetto messi a punto in questo lavoro di dottorato verranno verificati sia tramite sistemi HIL (Hardware In the Loop) e SIL (System In the Loop), sia su setup sperimentali (es. alimentazioni dell’esperimento PROTO-SPHERA, batterie sviluppate all’interno del progetto 3BELIEVE).

Si esplorerà, inoltre, la possibilità di impiego del modello elettrico real-time, sviluppato su piattaforma HIL, in ottica di realizzare un “gemello digitale” o “digital-twin”. Tale possibilità consentirà di monitorare in tempo reale lo stato di salute del sistema di accumulo e stimare la sua durata in vita residua in modo tale che, sulla base di questa, si possa organizzare un’opportuna strategia di manutenzione predittiva.

Obiettivi formativi:

- apprendere conoscenze approfondite su tecniche di progettazione di tipo “model-based”;
- realizzare modelli matematici di sistemi complessi;
- sviluppare di sensibilità e di modalità operative dei progetti ingegneristici ad elevata complessità;



- acquisire esperienza presso un istituto di ricerca di comprovata fama internazionale, capofila di progetti di ricerca ad elevata complessità.

Attività previste:

Nel primo anno dell'attività sarà necessario approfondire ed ampliare le conoscenze acquisite durante gli studi universitari. In particolare, si dovranno sviluppare modelli elettrici equivalenti degli accumulatori ed acquisire competenze sul model based design, controllo ottimo, metodologie di identificazione dei parametri ed algoritmi di intelligenza artificiale.

Nel secondo anno si procederà alla definizione di un modello di sistema più complesso (accumulatori e carico) prendendo in considerazione, come scenario di riferimento, uno degli alimentatori impiegati nell'esperimento PROTO-SPHERA oppure nel progetto 3BELIEVE. Si procederà alla progettazione di un sistema di accumulo in scala, alla definizione del materiale necessario per la sua costruzione e del suo modello real-time su piattaforma HIL. Si prevede la scrittura di un lavoro scientifico da presentare a una conferenza internazionale del settore (ad esempio IEEE- Energy Conversion Conference and Exposition, ECCE USA).

Nel terzo anno si prevede lo svolgimento del periodo di nove mesi presso i laboratori di ENEA sede di Frascati (RM) durante il quale verrà svolte le attività sperimentali su impianti esistenti ed in fase di sviluppo. Verranno quindi validate le metodologie di progettazione attraverso il confronto dei risultati sperimentali con quelli ottenuti mediante simulazione dei modelli equivalenti. Verranno testati, inoltre, gli algoritmi di intelligenza artificiale per la previsione/analisi dei guasti. Si prevede la scrittura di almeno un lavoro scientifico da pubblicare su rivista internazionale (es. IEEE Transactions on Industry Applications).

Attinenza del progetto all'area indicata:

L'attività del progetto si focalizza sullo sviluppo di tecniche di progettazione innovative per sistemi di accumulo impiegati in diversi ambiti quali, ad esempio, i veicoli elettrici, la generazione di energia da fusione nucleare e batterie per veicoli elettrici ed ibridi.

Il progetto, pertanto, contribuisce allo sviluppo di attività orientate allo sviluppo sostenibile e alla transizione energetica.

L'ottimizzazione dei sistemi di accumulo permette, a parità di specifiche elettriche, la riduzione dei pesi e degli ingombri dei sistemi di accumulo, nonché l'aumento del tempo di vita utile. Tali prerogative, considerando il largo impiego che nei prossimi anni avranno i sistemi di accumulo ibridi, avranno un impatto ambientale significativamente ridotto e contribuiranno positivamente allo sviluppo sostenibile del Paese.

Il progetto, pertanto, è pienamente coerente con le traiettorie definite nella SNSI e nel PNR.

Risultati attesi:

- Sviluppo di metodologie di progettazione che ottimizzino le prestazioni di sistemi di accumulo ibrido, in particolar modo per le applicazioni relative alle alimentazioni per impianti sperimentali per la fusione nucleare e per veicoli elettrici ed ibridi ad alte prestazioni;



- Verifica di tali metodi di progettazione attraverso sistemi di co-simulazione real-time HIL-SIL e attraverso prove sperimentali su impianti reali.

Azienda pubblica o privata coinvolta nazionale o straniera in cui si prevede di far svolgere il periodo obbligatorio da 6 a 12 mesi previsto dal Decreto Ministeriale:

ENEA

**Firma**

*Stefano Bifulchi*