



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI) PLASMI E FUSIONE TERMONUCLEARE

SSD: ELETTRONICA (ING-IND/31)

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA ELETTRICA (M60)
ANNO ACCADEMICO 2022/2023

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: ALBANESE RAFFAELE
TELEFONO:
EMAIL: raffaele.albanese@unina.it

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

INSEGNAMENTO INTEGRATO: NON PERTINENTE
MODULO: NON PERTINENTE
CANALE: FG A-Z
ANNO DI CORSO: II
PERIODO DI SVOLGIMENTO: SEMESTRE I
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

E' opportuna una buona preparazione fisico-matematica e la conoscenza degli argomenti di base di elettrotecnica, teoria dei sistemi, controlli automatici ed analisi numerica.

OBIETTIVI FORMATIVI

I recenti sviluppi della ricerca sulla fusione a confinamento magnetico, che vede diversi dispositivi sperimentali pronti per entrare in funzione, in avanzato stato di costruzione o in fase di progettazione, porta ad un aumento significativo della richiesta del numero di esperti in ingegneria della fusione nei prossimi anni.

La prima parte di questo corso specialistico è focalizzata sugli elementi di base della fisica dei plasmi e sugli aspetti progettuali delle macchine per la fusione controllata, con particolare riferimento agli aspetti elettromagnetici, magnetoidrodinamici e di controllo.

La seconda parte del corso si prefigge l'obiettivo di fornire agli studenti i concetti base per l'applicazione di metodologie di ottimizzazione e controllo magnetico al progetto dello scenario in un tokamak e al controllo in retroazione della forma, della corrente e della posizione di un plasma. Le lezioni teoriche sono accompagnate da esempi numerici applicativi sui principali tokamak di riferimento a livello internazionale.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

I dispositivi per la fusione nucleare sono tra le macchine più complesse mai concepite dal genere umano, dato il coinvolgimento di tutti i campi della scienza e dell'ingegneria.

La prima parte del corso si propone di fornire agli studenti le conoscenze di base della fusione nucleare, della fisica del plasma e della magnetoidrodinamica, concentrandosi sulla modellazione del plasma ai fini del controllo magnetico e sui principali aspetti da considerare nella progettazione di un dispositivo di tipo tokamak.

La seconda parte del corso si prefigge l'obiettivo di fornire agli studenti i concetti base per l'applicazione di metodologie di ottimizzazione e controllo magnetico al progetto dello scenario in un tokamak e al controllo in retroazione della forma, della corrente e della posizione di un plasma.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di utilizzare concretamente le conoscenze acquisite, dando prova di saperle applicare nella impostazione della soluzione di un problema di analisi, di ottimizzazione, di controllo o di progetto.

PROGRAMMA-SYLLABUS

PRIMA PARTE

1.1 Introduzione

Obiettivi della fusione termonucleare controllata.

1.2 Fusione termonucleare controllata

Principali reazioni di fusione nucleare. Bilancio energetico di un plasma termonucleare: il criterio di Lawson. Principio di funzionamento delle principali macchine a confinamento magnetico. Macchine a struttura lineare e toroidale. Classificazione delle macchine toroidali: il Tokamak, l'RFP. Prospettive della fusione nel quadro del problema energetico. .

1.3 Il Tokamak

I componenti fondamentali: prima parete; limiter; sistema elettromagnetico toroidale e poloidale; sistemi di riscaldamento addizionale; sistemi di diagnostica, acquisizione dati, identificazione, stabilizzazione e controllo. Esperimenti in corso e in via di progetto. Il progetto del sistema elettromagnetico. Il progetto del sistema di controllo.

1.4 Il modello MHD

Richiami di Elettromagnetismo, Termodinamica e Fluidodinamica. Moto di una particella carica. Il modello MHD ideale: condizioni al contorno, leggi di conservazione locali e globali, conservazione del flusso. Equilibrio: il teorema del viriale. Configurazioni monodimensionali e bidimensionali; il caso toroidale: l'equazione di Grad-Shafranov. Il problema dell'equilibrio MHD: caso diretto e caso inverso. Stabilità: le condizioni di stabilità: il principio dell'energia; classificazione delle instabilità.

Modello linearizzato della risposta di plasma ai fini del controllo.

SECONDA PARTE

2.1 Problemi inversi e ottimizzazione

Richiami sui problemi di ottimizzazione. Condizioni analitiche del 1° e 2° ordine per problemi non vincolati. Cenni agli algoritmi di ricerca numerica dell'ottimo. Esempi di applicazione dell'ottimizzazione di un pattern di correnti nei circuiti di controllo di un tokamak per ottenere un campo di trasformatore. Esempi di applicazione alla stima della funzione di trasferimento di un particolare canale ingresso-uscita per il controllo magnetico di un tokamak. Problemi di ottimizzazione vincolata con vincoli di uguaglianza. Condizioni analitiche. Problemi quadratici con vincoli lineari. Metodi numerici per problemi vincolati. Esempio del controllo ottimo a ciclo aperto della tensione di alimentazione di un circuito attivo per l'inseguimento di un profilo di campo o di flusso. Impostazione del problema generale di ottimizzazione delle correnti di scenario in un Tokamak. Il problema dell'ottimizzazione della fase di Breakdown. Controllo predittivo basato sul modello nel tempo discreto. Esempio applicativo.

2.2 Controllo in feedback

Il problema del controllo magnetico in feedback. Applicazioni di tecniche di controllo classico. Esempio del controllo della corrente di plasma e della stabilizzazione verticale. Cenni al controllo ottimo in catena chiusa. Principio del massimo e teoria di Hamilton-Jacobi-Bellmann. Controllo ottimo lineare quadratico. Filtro di Kalman e controllo LQG. Controllo robusto H-infinito. Applicazioni del controllo ottimo al controllo delle correnti e della forma del plasma in un tokamak.

2.3 Identificazione

Problemi di stima dell'equilibrio e di ricostruzione delle grandezze magnetiche di interesse per il controllo. Il filtro di Kalman nel tempo discreto. Esempio di applicazione alla stima delle correnti indotte nei conduttori passivi a partire dalle misure magnetiche.

MATERIALE DIDATTICO

Materiale didattico

Materiale didattico reso disponibile sul sito www.elettrotecnica.it o su MS Teams.

Testi di consultazione

F.F.Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Plenum Press, New York, 2nd ed., 1984, vol.1.

J. Wesson, Tokamaks, Clarendon Press - Oxford, 3rd ed., 2004.

J.P. Freidberg, Plasma Physics and Fusion Energy, Cambridge University Press, 2007.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO-MODULO

Lezioni frontali (85% circa), esercitazioni e laboratorio informatico con uso di software scritto in MATLAB® (15% circa)

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame



Scritto



Orale



Discussione di elaborato progettuale

- ☒ Altro: Tre domande orali sulla prima parte. Discussione di un elaborato sviluppato sugli argomenti della seconda parte

In caso di prova scritta i quesiti sono

- ☐ A risposta multipla
- ☐ A risposta libera
- ☐ Esercizi numerici

b) Modalità di valutazione