



## UNIVERSITÀ DI PISA

## PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTROMECCANICI

## ANTONINO MUSOLINO

Academic year	2022/23
Course	INGEGNERIA ELETTRICA
Code	965II
Credits	6

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTROMECCANICI	ING-IND/32	LEZIONI	60	ANTONINO MUSOLINO

## Obiettivi di apprendimento

*Conoscenze*

Lo studente che ha completato il corso sarà in grado di dimostrare una buona conoscenza della modellazione avanzata e della progettazione assistita da calcolatore dei dispositivi di conversione elettromeccanica. In particolare, dimostrerà una solida conoscenza delle principali problematiche legate alla progettazione dei dispositivi elettromeccanici in generale.

*Modalità di verifica delle conoscenze*

Lo studente sarà valutato sulla sua capacità di discutere i principali contenuti del corso utilizzando la terminologia appropriata.

*Capacità*

Lo studente che ha completato il corso sarà in grado di analizzare quantitativamente il funzionamento di sistemi elettromeccanici e di affrontarne la progettazione. Lo studente sarà inoltre in grado di utilizzare strumenti numerici basati sul metodo degli elementi finiti per l'analisi della distribuzione delle principali grandezze elettromagnetiche (campi, correnti, forze, etc.) in tali dispositivi.

*Modalità di verifica delle capacità*

Per la verifica delle capacità acquisite dallo studente è previsto lo svolgimento di un esame finale (anche in forma di discussione di un progetto) per evidenziare le capacità di analisi acquisite.

*Comportamenti*

Si ritiene che lo studente possa acquisire la necessaria sensibilità per affrontare le problematiche relative alla progettazione assistita da calcolatore dei principali sistemi elettromeccanici.

*Modalità di verifica dei comportamenti*

La verifica dei comportamenti verrà effettuata nel corso dello svolgimento dell'esame finale e nel corso di esercitazioni pratiche.

*Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Le conoscenze di base necessarie al proficuo svolgimento delle attività dell'insegnamento derivano dai corsi di Analisi Matematica, Fisica generale e conoscenze di base dell'ingegneria elettrica (Teoria dei circuiti, Macchine elettriche).

*Indicazioni metodologiche*

Il corso viene svolto con lezioni frontali a carattere teorico ed applicativo con lo svolgimento di esercitazioni numeriche che consisteranno nella costruzione dei modelli numerici delle principali macchine elettriche. Le lezioni verranno svolte nella modalità mista (in presenza e in streaming). Sono previste tre ore di ricevimento alla settimana.

La frequenza è consigliata.

*Programma (contenuti dell'insegnamento)*

Richiamo dei principali concetti di elettromagnetismo. Utilizzo dei potenziali. Energia associata ai campi elettromagnetici. Determinazione delle forze nei dispositivi elettromeccanici. La forza di Lorentz, il tensore degli sforzi di Maxwell. Il teorema dei lavori virtuali.



## UNIVERSITÀ DI PISA

Introduzione alle formulazioni numeriche delle equazioni dell'elettromagnetismo. Formulazioni deboli. Funzionali definiti su campi e potenziali. Il metoro degli elementi finiti.

Soluzioni proiettive: metodo di Galerkin, metodo dei residui pesati. Funzioni scalari interpolanti del primo ordine su elementi triangolari e tetraedici. Cenni alle funzioni di ordine superiore. Cenni alle funzioni interpolanti (del primo ordine) di tipo vettoriale (edge elements). Analisi di un codice per la soluzione di problemi di campo magnetico statico in un dominio bidimensionale.

Formulazioni FEM per l'analisi di sistemi contenenti materiali non lineari (ferromagnetici).

Esempi di applicazione di codici commerciali agli elementi finiti alla modellazione delle macchine elettriche: trasformatore monofase, sistemi di trasmissione e ricezione per "wireless power transfer", generatore sincrono, macchine a riluttanza variabile, motori a magneti permanenti, motori a induzione.

### Bibliografia e materiale didattico

Nicola Bianchi, Electrical Machine Analysis Using Finite Elements, Taylor & Francis.

Peter Silvester & Ronald Ferrari, Finite Elements for Electrical Engineers, Cambridge University Press.

### Modalità d'esame

L'esame è composto da una prova orale che comprendente la discussione dei risultati ottenuti dalla modellazione FEM di un dispositivo assegnato (progetto).

### Altri riferimenti web

Le lezioni si svolgeranno in presenza e su piattaforma TEAMS al link:

[https://teams.microsoft.com/j/channel/19%3aoG38G9sH03yl-0RrJnNbim-Y\\_q7kL4bY3y6-onCY49Q1%40thread.tacv2/General?groupId=40ed770c-3942-4fd5-8998-31bddf88edf7&tenantId=c7456b31-a220-47f5-be52-473828670aa1](https://teams.microsoft.com/j/channel/19%3aoG38G9sH03yl-0RrJnNbim-Y_q7kL4bY3y6-onCY49Q1%40thread.tacv2/General?groupId=40ed770c-3942-4fd5-8998-31bddf88edf7&tenantId=c7456b31-a220-47f5-be52-473828670aa1)

*Ultimo aggiornamento 28/09/2022 01:42*