



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## SISTEMI ELETTRICI PER L'ENERGIA

### MASSIMO CERAOLO

Anno accademico 2023/24  
CdS INGEGNERIA DELL'ENERGIA  
Codice 972II  
CFU 6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
SISTEMI ELETTRICI PER L'ENERGIA	ING-IND/33	LEZIONI	60	MASSIMO CERAOLO CLAUDIO SCARPELLI

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Conoscenze di base sui sistemi elettrici per l'energia volte a comprenderne la struttura, la modellazione, l'analisi a regime e in transitorio incluso il calcolo delle correnti di corto circuito.  
Modalità di regolazione di tensione e frequenza.  
Elementi di base per la progettazione di sistemi elettrici per l'energia in bassa tensione.  
Principali caratteristiche dei veicoli elettrici stradali a propulsione elettrica e le modalità di ricarica delle loro batterie da rete

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Momenti di discussione in aula  
Esercizi numerici

##### *Capacità*

Capacità di trasformare sistemi trifasi anche contenenti trasformatori in modelli equivalenti alla sequenza diretta, anche in per unità.  
Capacità di effettuare calcoli di Power Flow sfruttando sistemi di calcolo automatico  
Capacità di determinare le principali caratteristiche di impianti elettrici in bassa tensione (linee elettriche, protezioni)  
Capacità di discussione sulla regolazione della tensione e della frequenza dei sistemi elettrici

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Momenti di discussione in aula  
Esercizi numerici

##### *Comportamenti*

Il principale comportamento che si ritiene di fornire è lo sforzo di analisi critica in generale, e di fronte alle tematiche culturali del corso.

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Atteggiamento critico di fronte a domande aperte.

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

E' previsto che gli studenti possiedano conoscenze di base di elettromagnetismo e elettrotecnica, in particolare circuiti elettrici in corrente al continua e alternata, monofasi e trifasi, e macchine elettriche (sincrona, asincrona, trasformatore).

##### *Indicazioni metodologiche*

Le lezioni frontali di svolgono spesso con l'uso della lavagna, fisica o virtuale (proiezione di immagini contenenti testo e disegni realizzati a mano su tavoletta grafica). Questo in quanto il docente ritiene più produttivo che lo studente veda crescere il contenuto di una spiegazione mentre viene sviluppato alla lavagna, piuttosto che vederlo proiettato come prodotto finito.  
In molti casi verrà fatto uso di slides, le quali saranno frequentemente integrate da spiegazioni e approfondimenti direttamente sviluppati alla lavagna (fisica o virtuale).  
Per quanto riguarda le esercitazioni, in alcuni casi (ad es. il power flow) il docente fornirà strumenti di calcolo automatico che gli allievi



## UNIVERSITÀ DI PISA

utilizzeranno; in altri (p. es. determinazione della sezione di una linea in bt), il docente fornirà tabelle, e che verranno usate dagli allievi per il calcolo manuale

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### 1 Introduzione

Introduzione al Sistema elettrico per l'energia: struttura e funzioni, descrizione matriciale, uso della trasformata di Fortescue in condizioni simmetriche e dissimmetriche

#### 2 Componenti

Descrizione matematica del funzionamento di componenti non inclusi nei prerequisiti:

- le linee di trasmissione dell'energia elettrica
- trasformatori (complementi)
- i sistemi di accumulo elettrochimico nel Sistema Elettrico per l'Energia

#### 3 Funzionamento a regime

Analisi del funzionamento a regime del Sistema elettrico per l'energia:

- flussi di potenza su n-bipolo e doppio bipolo;
- regolazione della tensione e della frequenza

#### 4 Funzionamento perturbato

- il funzionamento dell'alternatore sincrono in transitorio e in corto circuito
- corti circuiti sulla rete simmetrici e dissimmetrici
- dinamica elettromeccanica

#### 5 Elementi di progettazione elettrica in bassa tensione

#### 6 Veicoli a propulsione elettrica

Elementi fondamentali dei veicoli a propulsione elettrica a batteria, incluse le problematiche collegate alla ricarica dalla rete.

### Bibliografia e materiale didattico

- M. Ceraolo and D. Poli: Fundamentals of Electric Power Engineering, Wiley/IEEE ISBN-13: 978-1118679692
- altra documentazione personalmente fornita dai docenti.

La documentazione fornita dai docenti è in parte in lingua italiana, in parte in inglese. Su richiesta degli studenti si potrà fornire documentazione integralmente in lingua inglese.

### Indicazioni per non frequentanti

Si raccomanda vivamente la frequenza soprattutto in quanto lo studio individuale è poco adatto all'acquisizione delle competenze operative. Eventuali studenti che non intendessero frequentare attivamente dovranno prendere contatti con il docente per ricevere istruzioni su come prepararsi all'esame finale.

### Modalità d'esame

L'esame finale è composto da una prova orale della durata di circa 30 minuti.

Prima di tale prova sarà possibile che allo studente sia richiesto di svolgere un semplice esercizio numerico della durata massima di 20 minuti.

Su richiesta dello studente l'esame si potrà svolgere in lingua inglese.

*Ultimo aggiornamento 26/09/2023 11:27*