



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2023/2024
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2023/2024
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	INGEGNERIA ELETTRICA
INSEGNAMENTO	ELECTRICAL DRIVES
TIPO DI ATTIVITA'	B
AMBITO	50363-Ingegneria elettrica
CODICE INSEGNAMENTO	22265
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-IND/32
DOCENTE RESPONSABILE	MICELI ROSARIO Professore Ordinario Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	
CFU	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	96
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	54
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	1
PERIODO DELLE LEZIONI	2° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	MICELI ROSARIO Lunedì 12:00 13:00 ufficio personale Martedì 15:00 18:00 studio terzo piano Venerdì 15:00 18:00 studio terzo piano

PREREQUISITI	Lo studente, oltre a consolidate conoscenze di base riguardanti la matematica, la fisica e l'elettrotecnica, deve possedere adeguate conoscenze e capacità di applicare tali conoscenze con riguardo: al funzionamento in regime stazionario delle macchine elettriche rotanti, ai componenti e sistemi elettronici di potenza, al funzionamento dei diversi tipi di controllori, alle tecniche di controllo a catena aperta e a catena chiusa, ai trasduttori e alle tecniche di misura.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	<p>Conoscenza e capacità di comprensione Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze e metodologie per affrontare e risolvere in maniera originale problematiche riguardanti lo studio e lo sviluppo dei principali azionamenti elettrici e dei convertitori elettronici di potenza in essi utilizzati. In particolare lo studente sarà in grado di analizzare, attraverso modellizzazioni matematiche, simulazioni al computer e verifiche sperimentali, il comportamento di tali sistemi, sia in regime stazionario che dinamico. Per conseguire questo obiettivo durante il corso vengono sviluppate lezioni frontali, discussione di casi studio, esercitazioni numeriche guidate e di laboratorio. La verifica di questi obiettivi è prevista all'interno della prova orale.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione Lo studente avrà acquisito capacità di applicare conoscenza e comprensione e metodologie che gli consentano di analizzare e risolvere problemi tipici della progettazione, sviluppo e messa a punto attraverso simulazioni numeriche di azionamenti elettrici e dei convertitori elettronici di potenza in essi impiegati. Per il raggiungimento di questo obiettivo durante il corso vengono svolte lezioni frontali, esercitazioni in aula e di laboratorio guidate, sia guidate che autonome, discussione di casi studio, uso di software specialistici, utilizzo di cataloghi commerciali. La verifica di questi obiettivi è prevista all'interno della prova orale.</p> <p>Autonomia di giudizio Lo studente sarà in grado di interpretare correttamente e autonomamente i problemi posti dagli utilizzatori di azionamenti elettrici, saprà esprimere giudizi sul loro corretto funzionamento e saprà selezionare le specifiche necessarie per la scelta dell'azionamento più adeguato, sia dal punto di vista tecnico che economico, alle esigenze del committente. Inoltre, lo studente avrà acquisito metodologie di analisi proprie dello sviluppo e messa a punto di sistemi elettrici complessi, quali gli azionamenti elettrici e i convertitori elettronici di potenza, che gli consentiranno di affrontare problemi non strutturati e prendere decisioni in situazioni di incertezza. Per il raggiungimento di questo obiettivo nello svolgimento delle esercitazioni di laboratorio lo studente è chiamato a fare delle scelte autonome. In particolare, il corso prevede lezioni frontali, discussione di casi studio, esercitazioni in aula e in laboratorio guidate, esercitazioni autonome, uso di software specialistici, sviluppo di un piccolo progetto. La verifica di questi obiettivi è prevista all'interno della prova orale, anche mediante discussione dell'elaborato progettuale e delle esercitazioni svolte durante il corso presentati da ciascun allievo in sede di esame.</p> <p>Abilità comunicative Lo studente sarà in grado di comunicare con competenza e proprietà di linguaggio, anche in contesti altamente specializzati, problematiche complesse riguardanti lo studio e lo sviluppo dei principali azionamenti elettrici e dei convertitori elettronici di potenza in essi utilizzati e di offrire soluzioni. Tale abilità sarà esercitata attraverso la discussione in laboratorio tra studenti e con il docente sulle esercitazioni che vengono sviluppate. Per il raggiungimento di questi obiettivi il corso prevede lezioni frontali, discussione di casi studio. La verifica di questi obiettivi è prevista all'interno della prova orale.</p> <p>Capacità d'apprendimento Lo studente sarà in grado di apprendere in modo autonomo ulteriori conoscenze sugli azionamenti elettrici e sui convertitori elettronici di potenza. Egli sarà in grado di approfondire tematiche complesse quali quelle connesse allo sviluppo e messa a punto di nuove ed originali strategie di controllo. Tale capacità sarà sviluppata proponendo allo studente di ampliare le conoscenze via via acquisite facendo ricorso in modo autonomo a fonti teoriche e d'informazione, diverse dagli ausili didattici forniti, quali testi, normative, leggi, siti web, articoli scientifici, etc.. Per il raggiungimento di questi obiettivi il corso prevede lezioni frontali ed applicazioni numeriche. Il raggiungimento di tali obiettivi sarà verificato durante la prova orale.</p>
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	L'esame consiste in una prova orale obbligatoria. La valutazione dell'esame complessivo è espressa in trentesimi. Nella prova orale lo studente dovrà rispondere ad un minimo di 3 domande poste oralmente sugli argomenti del programma del modulo svolto nel semestre.

	<p>Le prove di valutazione dell'apprendimento si prefiggono l'obiettivo di valutare il grado di acquisizione della conoscenza e comprensione degli argomenti trattati e delle capacità di applicazione delle conoscenze acquisite per l'analisi e la soluzione dei problemi relativi a casi concreti, di orientarsi e formulare giudizi, di esposizione e argomentazione con chiarezza e proprietà di linguaggio, di rielaborazione delle conoscenze acquisite e di collegamento multidisciplinare, di intraprendere studi successivi o affrontare l'attività professionale in modo autonomo. La soglia della sufficienza (18/30) sarà raggiunta quando lo studente mostri di conoscere e comprendere gli argomenti almeno nelle linee generali e di possedere sufficienti competenze applicative in ordine alla risoluzione di casi concreti e chiarezza di esposizione e argomentazione tale da consentire la trasmissione delle sue conoscenze all'esaminatore. Al di sotto di tale soglia, l'esito dell'esame sarà insufficiente. La valutazione può aumentare, fino al massimo di 30/30 e lode, in funzione delle capacità argomentative ed espositive (più che sufficienti, discrete, buone, più che buone, eccellenti) con cui l'esaminando interagisce con l'esaminatore e del grado di conoscenze e capacità applicative (più che sufficienti, discrete, buone, più che buone, eccellenti) della disciplina oggetto di verifica mostrate dall'esaminando durante le prove di esame. Nel dettaglio:</p> <p>28-30 e lode Piena padronanza dei contenuti; assenza di errori; correzione di imprecisioni o integrazione delle risposte in autonomia; corretta e rigorosa impostazione dei problemi; soluzioni complete, corrette ed efficaci; elementi di originalità; efficace rielaborazione delle conoscenze, autonomia e coerenza nell'orientarsi o esprimere giudizi in contesti disciplinari/interdisciplinari; ottima chiarezza espositiva, argomentazioni articolate; piena proprietà di linguaggio.</p> <p>24-27 Buona padronanza dei contenuti; pochi lievi errori/omissioni, correzioni/integrazioni parzialmente guidate; buona impostazione dei problemi, soluzioni sostanzialmente corrette; buona coerenza nel collegare i concetti e nell'orientarsi in ambiti disciplinari o ad essi correlati; buona chiarezza nell'esposizione, corretta proprietà di linguaggio.</p> <p>18-23 Sufficiente conoscenza dei contenuti, accettabile approccio ai problemi, soluzioni complessivamente adeguate; limitata autonomia, errori/omissioni non gravi; coerenza nell'orientarsi e collegare i concetti in ambito disciplinare, sebbene in modo incerto e guidato; sufficiente proprietà di linguaggio, esposizione accettabile.</p> <p>Inferiore a 18 Risultati di apprendimento non sufficienti</p>
OBIETTIVI FORMATIVI	<p>Il corso ha carattere essenzialmente applicativo ed affronta lo studio degli azionamenti elettrici e dei relativi convertitori di potenza attualmente impiegati sia nell'industria sia nella trazione, privilegiando in modo particolare le problematiche connesse con il loro funzionamento. In particolare, dopo una parte iniziale riguardante la modellistica delle macchine elettriche rotanti, i vettori spaziali e una classificazione degli azionamenti elettrici in base al tipo di motore, di convertitore e di sistema di controllo, il modulo tratta delle caratteristiche statiche dei carichi applicati al motore, delle modalità di accoppiamento motore-carico, delle equazioni del moto, delle condizioni di stabilità, della regolazione della velocità, del funzionamento sui quattro quadranti del piano coppia-velocità, della regolazione ad anello aperto e chiuso, del controllo di corrente e di coppia, di velocità e di posizione. Vengono quindi trattati i convertitori per azionamenti con motori in corrente alternata e gli azionamenti con motori in corrente alternata, sia asincroni che sincroni. Gli obiettivi formativi consistono nel fornire agli allievi capacità adeguate per:</p> <ul style="list-style-type: none"> - scegliere ed assemblare i diversi componenti di un azionamento elettrico in c.a; - collaudare e gestire gli azionamenti elettrici con motore in c.a.. - affrontare e risolvere in maniera originale, attraverso modellizzazioni matematiche e simulazioni al computer, problematiche riguardanti lo studio e lo sviluppo dei principali azionamenti elettrici e dei convertitori elettronici di potenza in essi utilizzati, con particolare riferimento agli inverter a tensione impressa; - simulare al computer strategie di controllo per azionamenti elettrici a velocità variabile.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	<p>Il Corso prevede le seguenti attività didattiche: lezioni frontali, esercitazioni in aula, esercitazioni in laboratorio.</p> <p>Le suddette attività sono organizzate in modo da agevolare il raggiungimento degli obiettivi formativi e dei risultati di apprendimento attesi, riportati negli appositi quadri della presente scheda.</p> <p>Durante tali esercitazioni ciascuno studente viene guidato:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ad analizzare, attraverso modellizzazioni matematiche, simulazioni al

	calcolatore e verifiche sperimentali, il comportamento dei principali azionamenti elettrici e dei convertitori elettronici di potenza in essi utilizzati, sia in regime stazionario che dinamico; - ad acquisire capacita' di applicare metodologie che gli consentono di analizzare e risolvere problemi tipici della progettazione, sviluppo e messa a punto di tali sistemi, operando anche scelte autonome.
TESTI CONSIGLIATI	1) Presentazioni utilizzate dal docente in formato digitale; 2) Dispense del corso in formato digitale; 3) Leonhard W.: Control of Electrical Drives, Springer Verlag, 1996; ISBN-13: 978-3-642-97648-3, e-TSBN-13: 978-3-642-97646-9, DOT: 10.1007/978-3-642-97646-9; 4) N. Mohan, T. Undeland, W. Robbins "Power Electronics" Ed. John Wiley and Sons, NY 1999. ISBN-13:978-88-203-3428-4.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
4	Introduzione al corso. La macchina elettrica primitiva e il suo modello circuitale. Modelli dinamici della macchina.
6	Modelli dinamici del motore asincrono: modello in grandezze di fase, modello riferito ad un sistema di assi ortogonali solidali con lo statore, modello riferito ad un sistema di assi ortogonali solidali con il campo rotante.
4	Modelli dinamici del motore sincrono
2	Schema a blocchi e componenti di un azionamento elettrico
4	Caratterizzazione statica e dinamica del sistema motore - carico
12	Convertitori per azionamenti con motori in c.a.: regolatore di tensione, struttura e funzionamento dei convertitori dc/ac a tensione impressa, vettori spaziali di tensione che possono essere generati da un inverter trifase, tecniche di modulazione per inverter PWM (modulazione sinusoidale analogica, sincrona e asincrona, il duty cycle nella PWM, PWM digitale), convertitori dc/ac a corrente impressa, inverter CRPWM.
6	Azionamenti con motore asincrono: regolazione della velocita' del motore asincrono, analisi del comportamento degli azionamenti con motore asincrono e inverter (VSI, CSI, CRVSI) con esempi di schemi di controllo scalare, controllo vettoriale del motore asincrono.
6	Azionamenti con motore sincrono: regolazione della velocita' del motore sincrono, schemi di controllo scalare del motore sincrono, cenni sul controllo vettoriale del motore sincrono.
ORE	Esercitazioni
10	Esercitazioni in aula sugli azionamenti a c.a. con esempi di simulazione in simulink.