



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

| | | | |
|---|--|----------------------|------------------|
| DIPARTIMENTO | Ingegneria | | |
| ANNO ACCADEMICO OFFERTA | 2023/2024 | | |
| ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE | 2024/2025 | | |
| CORSO DILAUREA | INGEGNERIA ROBOTICA | | |
| INSEGNAMENTO | MECCANICA, MACCHINE E AZIONAMENTI ELETTRICI PER LA ROBOTICA C.I. | | |
| CODICE INSEGNAMENTO | 23077 | | |
| MODULI | Si | | |
| NUMERO DI MODULI | 2 | | |
| SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI | ING-IND/32, ING-IND/13 | | |
| DOCENTE RESPONSABILE | MICELI ROSARIO | Professore Ordinario | Univ. di PALERMO |
| ALTRI DOCENTI | MICELI ROSARIO | Professore Ordinario | Univ. di PALERMO |
| | CAMMALLERI MARCO | Professore Ordinario | Univ. di PALERMO |
| CFU | 12 | | |
| PROPEDEUTICITA' | | | |
| MUTUAZIONI | | | |
| ANNO DI CORSO | 2 | | |
| PERIODO DELLE LEZIONI | 2° semestre | | |
| MODALITA' DI FREQUENZA | Facoltativa | | |
| TIPO DI VALUTAZIONE | Voto in trentesimi | | |
| ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI | <p>CAMMALLERI MARCO</p> <p>Lunedì 11:00 18:00 lo studio del docente o a distanza tramite piattaforma MS-Teams. L'orario riportato e' puramente indicativo e subordinato alla effettiva disponibilita del docente ed ai suoi impegni istituzionali (lezioni, organi collegiali, etc..). Il giorno e l'orario effettivo vanno SEMPRE concordati prima tramite email o messaggio su MS-Teams.</p> <p>Martedì 09:00 18:00 lo studio del docente o a distanza tramite piattaforma MS-Teams. L'orario riportato e' puramente indicativo e subordinato alla effettiva disponibilita del docente ed ai suoi impegni istituzionali (lezioni, organi collegiali, etc..). Il giorno e l'orario effettivo vanno SEMPRE concordati prima tramite email o messaggio su MS-Teams.</p> <p>Mercoledì 09:00 18:00 lo studio del docente o a distanza tramite piattaforma MS-Teams. L'orario riportato e' puramente indicativo e subordinato alla effettiva disponibilita del docente ed ai suoi impegni istituzionali (lezioni, organi collegiali, etc..). Il giorno e l'orario effettivo vanno SEMPRE concordati prima tramite email o messaggio su MS-Teams.</p> <p>Giovedì 09:00 18:00 lo studio del docente o a distanza tramite piattaforma MS-Teams. L'orario riportato e' puramente indicativo e subordinato alla effettiva disponibilita del docente ed ai suoi impegni istituzionali (lezioni, organi collegiali, etc..). Il giorno e l'orario effettivo vanno SEMPRE concordati prima tramite email o messaggio su MS-Teams.</p> <p>Venerdì 09:00 13:00 lo studio del docente o a distanza tramite piattaforma MS-Teams. L'orario riportato e' puramente indicativo e subordinato alla effettiva disponibilita del docente ed ai suoi impegni istituzionali (lezioni, organi collegiali, etc..). Il giorno e l'orario effettivo vanno SEMPRE concordati prima tramite email o messaggio su MS-Teams.</p> <p>MICELI ROSARIO</p> <p>Lunedì 12:00 13:00 ufficio personale</p> <p>Martedì 15:00 18:00 studio terzo piano</p> <p>Venerdì 15:00 18:00 studio terzo piano</p> | | |

| | |
|--|--|
| PREREQUISITI | Conoscenze di base di matematica, fisica ed elettrotecnica |
| RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI | <p>Conoscenza e capacità di comprensione Le attività formative previste dall'insegnamento mirano a fornire allo studente gli strumenti metodologici necessari ad affrontare lo studio meccanico di un sistema robotico. Lo studente, inoltre, al termine del corso avrà acquisito conoscenze e capacità di comprensione dei vari aspetti legati all'uso, alla scelta e alla manutenzione delle macchine e degli azionamenti elettrici. Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere le problematiche relative alla meccanica, alle macchine e agli azionamenti elettrici presenti in qualsiasi sistema automatico o automatizzato. Le lezioni e le esercitazioni hanno lo scopo di sviluppare nello studente le connessioni causali tra l'analisi meccanica ed il funzionamento del meccanismo robotico. Per il raggiungimento di questi obiettivi il corso prevede lezioni frontali ed esercitazioni guidate.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione Lo studente acquisirà la capacità di riconoscere le caratteristiche principali e la struttura cinematica di sistema robotico e dimostrare di saper strutturare un'analisi cinematica e dinamica del sistema stesso. Lo studente al termine del corso sarà in grado di applicare le proprie conoscenze e la propria comprensione per identificare le maggiori problematiche legate alla meccanica, alle macchine e agli azionamenti elettrici, individuando connessioni anche con argomenti trattati in altri corsi.</p> <p>Autonomia di giudizio Lo studente acquisirà la capacità di svolgere autonomamente la modellazione cinematica, statica e dinamica di un meccanismo multi-corpo individuando la soluzione più adatta al contesto. Avrà, altresì, acquisito la capacità di raccogliere ed interpretare tutti i dati necessari all'individuazione ed all'analisi delle principali problematiche correlate alla meccanica, alle macchine e agli azionamenti elettrici, essendo continuamente stimolato durante il corso alla formazione di un autonomo giudizio sulle sopra menzionate problematiche. Per il raggiungimento di questi obiettivi il corso prevede lezioni frontali e discussione di casi studio.</p> <p>Abilità comunicative Lo studente acquisirà la capacità di predisporre una relazione tecnica di analisi nella quale siano riportate e discusse le assunzioni e i principali risultati. Lo studente avrà, inoltre, acquisito la capacità di comunicare con competenza, coerenza e proprietà di linguaggio sulle diverse tematiche e problematiche relative alla meccanica, alle macchine e agli azionamenti elettrici; sarà in grado di interloquire con professionisti di altri settori dell'ingegneria, evidenziando problemi e prospettando soluzioni.</p> <p>Capacità d'apprendimento Lo studente acquisirà la capacità di integrare le conoscenze con quelle relative ad altri insegnamenti del corso di studio e a fonti esterne per conseguire una preparazione di più ampio spettro nel settore della meccanica dei robot.</p> |
| VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO | <p>L'apprendimento viene valutato attraverso due prove orali che insistono sui due moduli del corso. Lo studente deve dimostrare di conoscere e sapere utilizzare la corretta metodologia per modellare e studiare il comportamento meccanico dei robot e i loro azionamenti elettrici. La valutazione finale sarà graduata secondo la seguente griglia di giudizi. Valutazione. Voto. Esito. Eccellente. 30-30 e lode. Ottima conoscenza degli argomenti, ottima proprietà di linguaggio, buona capacità analitica, lo studente è in grado di applicare in totale autonomia le conoscenze per risolvere i problemi proposti. Molto buono. 27-29. Buona padronanza degli argomenti, piena proprietà di linguaggio, lo studente è in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti con una discreta autonomia. Buono. 24-26. Conoscenza di base dei principali argomenti, discreta proprietà di linguaggio, con limitata capacità di applicare autonomamente le conoscenze alla soluzione dei problemi proposti. Soddisfacente. 21-23. Non ha piena padronanza degli argomenti principali dell'insegnamento ma ne possiede le conoscenze, limitata proprietà linguaggio, scarsa capacità di applicare le conoscenze acquisite. Sufficiente. 18-20. Minima conoscenza di base degli argomenti principali dell'insegnamento e del linguaggio tecnico, scarsissima capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite. Insufficiente. Non possiede una conoscenza accettabile dei contenuti degli argomenti trattati nell'insegnamento.</p> |
| ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA | Lezioni frontali, esercitazioni in aula. |

**MODULO
MECCANICA DEI ROBOT**

Prof. MARCO CAMMALLERI

TESTI CONSIGLIATI

*L. Sciavicco, B. Siciliano, Robotica Industriale, McGraw-Hill

*R. Giusti, A. Saura, V. L. di Giorgi Campedelli, Elementi di Meccanica dei Robot, Progetto Leonardo Bologna, Esculapio Editore

*John J. Craig Introduction to Robotics: Mechanics and Control, Pearson Education International.

| | |
|--|-----------------------------------|
| TIPO DI ATTIVITA' | B |
| AMBITO | 50285-Ingegneria dell'automazione |
| NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE | 96 |
| NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE | 54 |

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

L'insegnamento mira a fornire le basi in merito allo studio cinematico e dinamico dei manipolatori robotici, con particolare riferimento ai robot industriali.

PROGRAMMA

| ORE | Lezioni |
|------------|--|
| 6 | Introduzione alla robotica. Origine e storia dei robot, classificazione, configurazioni e caratteristiche, richiami di meccanica. |
| 10 | Manipolatore a due gradi di liberta'. Cinematica diretta ed inversa mediante approccio algebrico e con le matrici di rotazione. Statica. Problema dinamico diretto e inverso. |
| 4 | Rappresentazione e trasformazioni cinematiche |
| 13 | Cinematica dei manipolatori robotici a n GDL. Modello cinematico di un manipolatore. Convenzione di Denavit-Hartenberg. Equazioni cinematiche. Problema cinematico diretto ed inverso. Relazioni differenziali del moto. Jacobiano di un manipolatore. Determinazione analitica e numerica dello Jacobiano. Singolarità. Cinematica di velocità ed accelerazione. Generazione di traiettorie. |
| 10 | Dinamica dei manipolatori robotici. Formulazione di Eulero Lagrange. Formulazione di Newton. Problema dinamico diretto ed inverso. |
| ORE | Esercitazioni |
| 4 | Applicazioni sul problema diretto della cinematica dei manipolatori |
| 3 | Applicazioni sul problema inverso della cinematica dei manipolatori |
| 4 | Applicazioni sulla dinamica dei manipolatori |

MODULO
MACCHINE E AZIONAMENTI ELETTRICI PER LA ROBOTICA

Prof. ROSARIO MICELI

TESTI CONSIGLIATI

M. Kostenko, Piotrovsky, Electrical Machines (Vol. I e II), MIR Publishers, Moscow.
 S. Crepaz, Macchine Elettriche, CLUP, Milano. ISBN-10: 8872591015
 M. Perez de Vera, Macchine elettriche (Vol. I e II), Liguori, Napoli. ISBN:9788820705251
 M. Andriollo, G. Martinelli, A. Morini: "I Trasformatori. Esercizi con elementi di teoria + Macchine elettriche rotanti. Teoria ed esercizi". - Libreria Cortina.
 Leonhard W.: Control of Electrical Drives, Springer Verlag, 1996 ISBN-13: 978-3-642-97648-3
 B. K. Bose: Power Electronics and AC drives, Prentice - Hall, 1986 ISBN-10: 0136868827
 A. Bellini, G. Figalli: Il Motore asincrono negli azionamenti industriali, UNITOR 1990 ISBN: 8879990365

| | |
|--|-----------------------------------|
| TIPO DI ATTIVITA' | B |
| AMBITO | 50285-Ingegneria dell'automazione |
| NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE | 96 |
| NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE | 54 |

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

Il corso ha carattere essenzialmente applicativo ed affronta lo studio delle macchine e degli azionamenti elettrici con motori in corrente continua e alternata attualmente impiegati nel campo industriale ed in quello della trazione, privilegiando in modo particolare le problematiche connesse con il loro funzionamento.

Dopo lo studio delle macchine elettriche e la classificazione degli azionamenti elettrici in base al tipo di motore, di convertitore e di sistema di controllo, il corso 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 gli azionamenti con motori in corrente continua, gli azionamenti con motori in corrente alternata.

Gli obiettivi formativi consistono nel fornire agli allievi capacità adeguate:

- per scegliere ed assemblare i diversi componenti di un azionamento elettrico a c.c. e di un azionamento elettrico in c.a.;
- per collaudare e gestire gli azionamenti elettrici con motore a c.c. e con motore in c.a. per automazione industriale e per trazione.

Ulteriore obiettivo è quello di far acquisire la consapevolezza circa la necessità di operare uno studio continuo ed autonomo durante tutto l'arco della futura attività professionale, a causa della costante evoluzione normativa e legislativa e del progresso tecnico e tecnologico.

PROGRAMMA

| ORE | Lezioni |
|-----|---|
| 3 | Presentazione corso e concetti introduttivi. Strutture delle macchine elettriche, possibili configurazioni e materiali impiegati per la loro costruzione. Nozioni elementari sui materiali magnetici, conduttori e isolanti per le macchine elettriche. |
| 4 | Il trasformatore: strutture, tipologie e principio di funzionamento. Circuito equivalente del trasformatore. Diagrammi fasoriali e messa in parallelo dei trasformatori. |
| 4 | La macchina sincrona: strutture, tipologie e principio di funzionamento. Modelli matematici in regime sinusoidale, con struttura magnetica lineare e non lineare. Il motore sincrono. Stabilità dei motori e dei generatori sincroni. |
| 5 | Il motore asincrono: strutture, tipologie e principio di funzionamento. Modello matematico in regime sinusoidale. Problematiche di avviamento e stabilità dei motori ad induzione. |
| 3 | La macchina a corrente continua: strutture, tipologie e principio di funzionamento. |
| 1 | Schema a blocchi e componenti di un azionamento elettrico. |
| 1 | Caratterizzazione statica e dinamica del sistema motore – carico. |
| 5 | Azionamenti elettrici con motore a c. c. alimentato da convertitore. Esempi di schemi di controllo. |
| 4 | Azionamenti elettrici con motore asincrono alimentato da inverter (VSI, CSI, CRVSI). Esempi di schemi di controllo scalare. |
| 4 | Azionamenti con motore sincrono e inverter (VSI, CSI). Esempi di schemi di controllo scalare. |
| ORE | Esercitazioni |
| 12 | Esercitazioni numerico/pratiche sulle macchine elettriche oggetto del corso. |
| 8 | Esercitazioni numerico/pratiche con esempi di simulazione di alcuni azionamenti elettrici. |