



INDUSTRIAL ELECTRICAL DRIVES

Anno immatricolazione	2017/2018
Anno offerta	2018/2019
Normativa	DM270
Dipartimento	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
Corso di studio	INGEGNERIA ELETTRICA
Curriculum	Energetica
Anno di corso	2°
Periodo didattico	Annualità Singola (01/10/2018 - 14/06/2019)
Crediti	12
Lingua insegnamento	
Prerequisiti	Integrazione di semplici equazioni differenziali; Scomposizione in armoniche di una forma d'onda periodica; Uso di diagrammi vettoriali; Cenni sul funzionamento a regime delle macchine elettriche, sulle valvole di potenza a semiconduttore e sui convertitori statici.
Obiettivi formativi	<p>Il corso è costituito da 2 moduli, dei quali l'uno è mutuato dai primi 9cfu di Industrial Drives for Industry Applications, mentre il secondo (3 cfu) tratta dei sistemi ad aria compressa.</p> <p>Electrical Drives for Industrial Applications (9 cfu)- Vengono presentati gli aspetti relativi al comportamento in regime statico e dinamico delle macchine elettriche, in particolare macchine a induzione e motori brushless, alimentate da convertitori statici, all'operazione degli inverter a frequenza variabile, agli schemi regolazione con controllo di coppia e di velocità. Nel corso delle lezioni vengono sottolineati gli aspetti legati al risparmio energetico e si accenna alle applicazioni con carichi fluidodinamici.</p> <p>Energy Efficiency in Compressed Air Systems (3 cfu)-</p>
Programma e contenuti	L'insegnamento è seguito dagli studenti delle LM in Ingegneria Elettrica, percorso Energetica.

Di seguito vengono elencati sommariamente per ciascuno dei due moduli gli argomenti presentati a lezione.

Electrical Drives for Industrial Applications (9cfu, nota: gli argomenti sono presentati per macrotemi e non in ordine cronologico) -

Equazione di equilibrio meccanico: coppie e inerzie riflesse, caratteristiche statiche dei carichi e degli attuatori, stabilità del punto di lavoro, jerk, rapporto ottimo di trasmissione, accoppiamento elastico motore-carico, regioni a coppia e potenza costante.

Azionamenti con motore a induzione alimentati da inverter
Equazioni del motore valide in regime comunque variabile: esempi di simulazione; cambio del sistema di riferimento e trasformazioni di Park; rappresentazione vettoriale di grandezze trifasi; Orientamento di Campo (Controllo Vettoriale): principio operativo, controllo diretto e indiretto; funzionamento in deflussaggio.

Inverter trifase: configurazioni attive e nulle, modulazione con l'utilizzo di vettori di tensione (Space Vector Modulation); esagono limite, scelta della sequenza delle configurazioni; distorsione della tensione dovuta ai tempi morti; tensione di modo comune.

Regolazione e dinamica degli azionamenti elettrici

Caratteristiche e modelli delle macchine in regime comunque variabile, funzioni di trasferimento, stabilità del funzionamento; regolazione ad anello aperto e chiuso, controllo di corrente: sistemi di riferimento fisso e rotante, controllo ad isteresi e con regolatori PI, disaccoppiamento nel controllo delle componenti di corrente, controllo predittivo. Regolazione di velocità e di posizione negli azionamenti; schemi di regolazione in cascata e cenni ad altri metodi di controllo. Azionamenti con macchine in corrente continua alimentate da raddrizzatore e da chopper.

Macchine Brushless

Motori sincroni a magneti permanenti sul rotore (brushless): cenni costruttivi, tipi di magneti e loro disposizione, forze elettromotrici indotte ad andamento trapezio e sinusoidale; macchine isotrope e anisotrope; espressione della coppia e cogging; circuiti di comando e schemi di regolazione; caratteristiche di coppia degli azionamenti con macchine brushless. Operazione in indebolimento di campo: definizione dei principali metodi di controllo (MTPA, MTPV) e luoghi geometrici (coppia, limite di tensione e di corrente, ecc.)

Energy Efficiency in Compressed Air Systems (3cfu) -

Metodi didattici

Electrical Drives for Industrial Applications (9cfu)-

Lezioni (ore/anno in aula): 52

Esercitazioni (ore/anno in aula): 28

Attività pratiche /Seminari (ore/anno in aula): 4

Energy Efficiency in Compressed Air Systems (3cfu) -

Testi di riferimento

Electrical Drives for Industrial Applications (9cfu)

Di seguito sono indicati alcuni testi di carattere generale sugli azionamenti elettrici; altro materiale (fotocopie lucidi, appunti, articoli, cataloghi e simili), normalmente sotto forma di link ad indirizzi sul Web, verrà fornito dal docente nel corso delle lezioni. Vedi piattaforma KIRO.

Legnani, Tiboni, Adamini. Meccanica degli Azionamenti vol. 1 - Azionamenti Elettrici. Progetto Leonardo, Bologna, 2002.

W. Leonhard. Control of Electrical Drives. Springer Verlag, 1998.

Bimal K. Bose. Power Electronics and Variable Frequency Drives. Technology and Applications. IEEE Press, 1997.

Mohan, Undeland, Robbins. Elettronica di potenza. Convertitori e applicazioni. Hoepli, Milano, 2005.

Murphy, Turnbull. A.C. current control. Pergamon Press, 1988.

L. Bonometti. Convertitori di potenza e servomotori brushless. UTET 2001.

Energy Efficiency in Compressed Air Systems (3cfu) -

Modalità verifica apprendimento

Le modalità di verifica sono distinte per i due moduli del corso; il voto finale è dato dalla media pesata delle valutazioni di ciascun modulo.

Electrical Drives for Industrial Applications (9cfu)-

L'esame consiste in un colloquio orale sugli argomenti del corso, che può comprendere un esercizio scritto sui contenuti di base delle lezioni. L'esito di eventuali relazioni su argomenti specifici concordati col docente durante il corso, così come la valutazione dell'interesse manifestato dagli allievi durante le lezioni, concorrerà alla proposta del voto finale.

Energy Efficiency in Compressed Air Systems (3cfu) -

L'insegnamento è suddiviso

504723 - **ELECTRICAL DRIVES FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS**

508303 - **ENERGY EFFICIENCY IN COMPRESSED AIR SYSTEMS**



ELECTRICAL DRIVES FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS

Anno immatricolazione	2017/2018
Anno offerta	2018/2019
Normativa	DM270
SSD	ING-IND/32 (CONVERTITORI, MACCHINE E AZIONAMENTI ELETTRICI)
Dipartimento	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
Corso di studio	INGEGNERIA ELETTRICA
Curriculum	Energetica
Anno di corso	2°
Periodo didattico	Primo Semestre (01/10/2018 - 18/01/2019)
Crediti	9
Ore	80 ore di attività frontale
Lingua insegnamento	English
Tipo esame	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
Docente	BASSI EZIO (titolare) - 12 CFU
Prerequisiti	Principles of electrical engineering and mechanics, analysis of periodic waveforms, vector diagrams, basic elements of electrical machines and power electronics.
Obiettivi formativi	The first half of this course reviews the basic concepts concerning functional characteristics, design and applications of electrical variable speed drives at steady state, with a few hints on their control and transient behavior. In the second part are addressed items concerning the dynamical behavior of electrical drives: various regulation schemes are introduced, principally with induction and brushless motors, with different solutions as to the controlled variables and the regulation algorithms.
Programma e contenuti	This course is attended by the 2nd year students of the Laurea

Magistrale degree in Ingegneria Elettrica-curriculum Sistemi Elettrici.
Industrial Automation Engineering and Computer Engineering
(Embedded Systems).

In the following are resumed the main topics of this course (the list is not in chronological order, but grouped according to the argument).

Dynamic Mechanical equation: reflected torque and inertias, torque/speed load and actuators curves, stability of an operating point, jerk, optimal transmission ratio, motor-load elastic coupling, constant torque/power operating regions.

Inverter-fed Induction machine

Dynamic model of the IM and instantaneous torque; different reference system and transformation matrices; vector representation of three-phase variables; Field Oriented Control: direct and indirect implementation, reconstruction of flux and torque variables, field weakening operation.

Doubly Fed Induction Machine: rotor current limit and torque control.

Direct Torque Control: selection of the inverter configuration & modulation strategies; Direct Self Control: hexagonal stator flux path.

A.C. current control

Control of the currents of a three-phase system (i.e. motor) in different reference systems (abc, $\alpha\beta$, dq); PI regulators; Hysteresis regulators; predictive control; compensation of dq coupling terms.

Control of an Induction machine fed from Current Source Inverter.

Space Vector PWM and a.c. current control

Inverter configurations, voltage reference and basic principles of the method, limit voltage exagon and overmodulation, optimal sequence of inverter states, switching frequency and current ripple; effect of dead-times and common mode voltage.

Active Front-End Converter: block diagram and basic operation.

Open- and closed-loop control; current control on different reference frames with linear (PI) and hystereisi regulators, voltage saturation, decoupled current control.

Electrical Drives with dc machines fed from SCR rectifiers and choppers; voltage and current waveforms, continuous and discontinuous operation, transfer functions, steady-state and dynamic behavior.

Brushless Drives

Use of Permanent magnets, different types of rotor design and rotor saliency, elctromagnetic force induced on the stator windings (d.c. and a.c. BL), effect of saliency on torque; cogging; regulation schemes; steady-state operation and geometrical loci in the field-weakening region.

BL with prapezoidal cemf: current waveforms and torque ripple.

Practical class (hours/year in lecture theatre): 48

Practicals / Workshops / Seminars (hours/year in lecture theatre): 4

Testi di riferimento

In the following a list of textbooks related to ED is presented. Additional material (notes, links, papers and so on) will be given during lectures. Please refer to KIRO Portal.

Legnani, Tiboni, Adamini. Meccanica degli Azionamenti vol. 1 - Azionamenti Elettrici. Progetto Leonardo, Bologna, 2002.

W. Leonhard. Control of Electrical Drives. Springer Verlag, 1998.

Bimal K. Bose. Power Electronics and Variable Frequency Drives. Technology and Applications. IEEE Press, 1997.

Mohan, Undeland, Robbins. Elettronica di potenza. Convertitori e applicazioni. Hoepli, Milano, 2005.

Murphy, Turnbull. A.C. current control. Pergamon Press, 1988.

L. Bonometti. Convertitori di potenza e servomotori brushless. UTET 2001.

Modalità verifica apprendimento

Oral exam during which the students can be required to solve a simple written exercise on the very basic contents of the course. A written report on specific topics could be required; the interest displayed during the lectures can contribute to the evaluation.

Altre informazioni

Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile

[Gli obiettivi](#)



ENERGY EFFICIENCY IN COMPRESSED AIR SYSTEMS

Anno immatricolazione	2017/2018
Anno offerta	2018/2019
Normativa	DM270
SSD	ING-IND/32 (CONVERTITORI, MACCHINE E AZIONAMENTI ELETTRICI)
Dipartimento	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
Corso di studio	INGEGNERIA ELETTRICA
Curriculum	Energetica
Anno di corso	2°
Periodo didattico	Secondo Semestre (06/03/2019 - 14/06/2019)
Crediti	3
Ore	22 ore di attività frontale
Lingua insegnamento	INGLESE
Tipo esame	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
Docente	ANGLANI NORMA - 3 CFU
Prerequisiti	Agli studenti di questo corso è richiesto il possesso di un'adeguata preparazione iniziale in merito alle seguenti conoscenze: energetica elettrica, chimica, fisica tecnica, controlli, macchine, azionamenti elettrici
Obiettivi formativi	Il corso mira ad approfondire aspetti legati al risparmio energetico con applicazioni per carichi fluidodinamici.
Programma e contenuti	Applicazioni di azionamenti nell'ambito del servizio aria compressa . Richiamo alla conoscenza di base su macchine a fluido (compressori); Introduzione ai CAS; configurazioni e problemi di efficienza energetica di questi sistemi. Modellizzazione e cenno ai controlli. Confronti energetici tra sistemi a velocità fissa e variabile.

Metodi didattici	<p>Lezioni (ore/anno in aula): 22 Esercitazioni (ore/anno in aula): 0 Attività pratiche /Seminari (ore/anno in aula): 0</p>
Testi di riferimento	<p>Il materiale è messo a disposizione su KIRO</p>
Modalità verifica apprendimento	<p>L'esame consiste in un colloquio orale sugli argomenti del corso, che può comprendere un esercizio scritto sui contenuti di base delle lezioni. Verrà verificata la conoscenza dei parametri di funzionamento del compressore GA30 presente presso il LABAC</p>
Altre informazioni	
Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile	<p>Gli obiettivi</p>