



UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2020/2021

INDUSTRIAL ELECTRICAL DRIVES

Anno immatricolazione	2019/2020
Anno offerta	2020/2021
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 (28/09/2020 - 14/06/2021)
Crediti	12
Lingua insegnamento	Inglese
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 Energy Efficiency in Compressed Air Systems (3 cfu) tratta della gestione efficiente degli impianti 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.

Per il programma e i contenuti, consultare quelli dei 2 moduli da cui il corso è costituito:
i) Energy Efficiency in Compressed Air Systems (codice M 508303); ii) Electrical Drives for Industrial Applications (codice M 504723).

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

Per i testi e il materiale didattico (appunti, link ecc.), consultare quelli dei 2 moduli da cui il corso è costituito:
i) Energy Efficiency in Compressed Air Systems (codice M 508303); ii) Electrical Drives for Industrial Applications (codice M 504723).

Modalità verifica apprendimento

Le modalità di verifica sono distinte per i due moduli del corso ai quali si rimanda.

Il voto finale è dato dalla media pesata delle valutazioni di ciascun modulo.

L'insegnamento è suddiviso

504723 - **ELECTRICAL DRIVES FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS**

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



UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2020/2021

ELECTRICAL DRIVES FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS

Anno immatricolazione	2019/2020
Anno offerta	2020/2021
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 (28/09/2020 - 22/01/2021)
Crediti	9
Ore	80 ore di attività frontale
Lingua insegnamento	INGLESE
Tipo esame	ORALE
Docente	BASSI EZIO (titolare) - 12 CFU
Prerequisiti	Integrazione di semplici equazioni differenziali, scomposizione in armoniche di una forma d'onda periodica, diagrammi vettoriali, cenni sul funzionamento a regime delle macchine elettriche, sulle valvole di potenza a semiconduttore e sui convertitori statici.
Obiettivi formativi	Il corso mira ad approfondire i concetti relativi al comportamento in regime statico e dinamico delle macchine elettriche, in particolare macchine in corrente continua, a induzione e brushless, alimentate da convertitori statici, all'operazione degli inverter a frequenza variabile, dei raddrizzatori e chopper, agli schemi regolazione con controllo di coppia e di velocità.
Programma e contenuti	L'insegnamento è seguito dagli studenti delle LM in Ingegneria Elettrica-percorso Sistemi Elettrici, in Industrial Automation Engineering

e in Computer Engineering (Embedded Systems).

Di seguito vengono elencati sommariamente gli argomenti presentati a lezione, non in ordine cronologico ma per argomenti.

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.

Controllo Diretto di Coppia: scelta della configurazione ottima e modulazione dell'inverter. Direct Self Control: andamento esagonale del flusso di rotore.

Motore a induzione a doppia alimentazione: principio di controllo della coppia.

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.

Active Front-End Converter: schema a blocchi e principio di controllo.

Azionamento con motore a induzione alimentato da Inverter a Corrente Impresa.

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.).

Metodi didattici

Lezioni (ore/anno in aula): 62

Esercitazioni (ore/anno in aula): 48

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

Testi di riferimento

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

N. Mohan, T.M. Undeland, W.P. Robbins – Power Electronics: Converters, Applications and Design – John Wiley & Sons, 2003

Bimal K. BOSE – Power Electronics & Motor Drives – Elsevier, 2006

Austin HUGHES – Electric Motors and Drives – Elsevier, 2006

T.J.E. MILLER - Brushless Permanent-Magnet and Reluctance Motor Drives-Clarendon Press, 1989

P.C. SEN – Principles of Electric Machines and Power Electronics – Wiley, 2014

Piotr WACH – Dynamics and Control of Electrical Drives – Springer, 2011

Murphy, Turnbull. A.C. current control. Pergamon Press, 1988 (NON scaricabile).

W. Leonhard. Control of Electrical Drives. Springer Verlag, 2003.

Modalità verifica apprendimento

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.
E' anche possibile che vengano proposte modalità di verifica scritte "a distanza" .

Altre informazioni

Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile

[Gli obiettivi](#)



ENERGY EFFICIENCY IN COMPRESSED AIR SYSTEMS

Anno immatricolazione	2019/2020
Anno offerta	2020/2021
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 (08/03/2021 - 14/06/2021)
Crediti	3
Ore	22 ore di attività frontale
Lingua insegnamento	INGLESE
Tipo esame	ORALE
Docente	ANGLANI NORMA - 1 CFU ANGLANI NORMA - 2 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>