



UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2016/2017

AZIONAMENTI ELETTRICI INDUSTRIALI A

Anno immatricolazione	2015/2016
Anno offerta	2016/2017
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 (26/09/2016 - 13/01/2017)
Crediti	6
Ore	55 ore di attività frontale
Lingua insegnamento	Italiano/Inglese
Tipo esame	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
Docente	BASSI EZIO (titolare) - 12 CFU
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, sui dispositivi di potenza a semiconduttore e sui convertitori statici.
Obiettivi formativi	Il corso mira a fornire nella prima parte i concetti di base sul funzionamento, le caratteristiche operative, la regolazione, il dimensionamento e le applicazioni degli azionamenti elettrici a velocità variabile considerati nel loro comportamento a regime e qualche cenno al regime transitorio. Nella seconda parte le conoscenze vengono integrate introducendo gli aspetti legati al comportamento dinamico delle macchine elettriche alimentate da convertitori statici. Allo scopo sono richiamati i modelli dei componenti del sistema in regime comunque variabile, utilizzandoli per la definizione di algoritmi e schemi

di regolazione ad elevate prestazioni, specialmente per applicazioni di automazione industriale e robotica.

Programma e contenuti

Di seguito vengono sommariamente indicati i vari argomenti trattati nel corso. A una parte propedeutica sul "sistema azionamento", seguono fondamentali richiami di meccanica (coppia, inerzia, equazione del moto) e successivamente sono introdotti gli azionamenti con macchina in corrente continua e con motore a induzione e, nella seconda parte, con macchina brushless (macchina sincrona a commutazione elettronica e magneti permanenti sul motore). Sempre nella seconda parte viene dato adeguato spazio alle tecniche di modulazione degli inverter e agli schemi di regolazione di corrente, coppia e velocità.

Generalità sugli azionamenti elettrici

Definizione e schema di un azionamento elettrico; Regolazione di un azionamento (controllo di coppia, di velocità, di posizione); Espressione della potenza nelle sezioni di un azionamento; Influenza della forma d'onda di corrente sulla coppia sviluppata; Caratteristiche dei carichi; Equazione meccanica di sistemi in moto, coppie e inerzie riflesse, rapporti di trasmissione; Accoppiamento non rigido tra motore e carico; Funzionamento su quattro quadranti, rigenerazione e frenatura; Coppia efficace. Esempi di applicazioni industriali degli azionamenti.

Azionamenti con motore a induzione

Azionamenti con motore a induzione Modulazione sinusoidale degli inverter; alimentazione delle macchine da inverter a frequenza variabile: caratteristiche meccaniche, limiti di funzionamento, circuito equivalente armonico, controllo V/ Hz e controllo di flusso, controllo di scorrimento, equazioni dinamiche del motore e orientamento di campo. Azionamenti con macchine a induzione alimentate a frequenza fissa: variatori statici di tensione; cascata iposincrona. Risparmio energetico conseguente al funzionamento a velocità variabile.

Azionamenti con macchine in c.c

Caratteristica statica; funzione di trasferimento; alimentazione da convertitore statico; schemi di regolazione. Esempi di applicazioni.

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. Controllo ad Orientamento di Campo (FOC) diretto e indiretto e Controllo Diretto di Coppia (DTC) per macchine a induzione; funzionamento in indebolimento di campo. Regolazione di velocità e di posizione negli azionamenti; schemi di regolazione in cascata e cenni ad altri metodi di controllo ed ai sistemi sensorless. Azionamenti con macchine in corrente continua. Azionamenti con CSI: regolazione, relazioni tra le grandezze sul circuito in continua e sul motore, frenatura.

Macchine elettriche

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.

	Motori sincroni a riluttanza: cenni costruttivi e principio di funzionamento; metodi di regolazione e operazione in indebolimento di campo.
Metodi didattici	I primi 9 cfu di questo insegnamento sono seguiti dagli studenti della LM in Computer Engineering e dagli studenti di Azionamenti Elettrici per Energetici. Lezioni (ore/anno in aula): 62 Esercitazioni (ore/anno in aula): 48 Attività pratiche e seminari(ore/anno in aula): 4
Testi di riferimento	Il portale KIRO presenta una serie di link e di file relativi al corso e distinti per argomento. 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. Legnani, Tiboni, Adamini. Meccanica degli Azionamenti, vol 1 - Azionamenti Elettrici. Progetto Leonardo, Bologna 2002. W. Leonhard. Control of Electrical Drives. Springer Verlag, 1996. 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, 2005. Murphy, Turnbull. Power Electronic Control of AC Motors. Pergamon Press, 1988. L. Bonometti. Convertitori di potenza e servomotori brushless. UTET 2001.
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.
Altre informazioni	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.
Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile	\$Ibl_legenda_sviluppo_sostenibile