

INSEGNAMENTO DI AZIONAMENTI ELETTRICI a.a. 2010-11

Generalità - Macchine elettriche. Definizione e schema azionamento. Quadranti limiti e regioni di funzionamento.

Motore a corrente continua ad eccitazione indipendente - Struttura e principio di funzionamento. Circuito induttore: equazioni e schema a blocchi. Circuito indotto in quiete. Equazione della coppia. Caratteristica elettromeccanica di coppia. Reazione di indotto (cenno); Indotto in moto. Forza elettromotrice. Equazioni di indotto. Bilancio energetico. Schema a blocchi del motore. Commutazione (cenno). Motore PM. Motore eccitazione serie (cenno). Limiti e regioni di funzionamento. Caratteristiche meccaniche a corrente impressa e a tensione impressa e flusso costante; Caratteristica elettromeccanica a corrente costante. Caratteristica meccanica a tensione costante e flusso variabile. Perdite e rendimento, punto di lavoro ecc. Modello dinamico del motore a flusso costante. Funzioni di trasferimento principali.

Azionamento con motore a corrente continua ad eccitazione indipendente - Controllo delle correnti di armatura con regolatori P, PI o PID. Schema di controllo. Riduzione allo schema a reazione unitaria. Progetto e prestazioni del regolatore P. Controllo di corrente di armatura con regolatore PI. Controllo di corrente di armatura con regolatore PID; Fdt dell'anello chiuso di corrente. Controllo di velocità; Limitazioni ed antiwind-up. Controllo di campo.

Vettori spaziali per lo studio dei sistemi trifase - Trasformazioni abc- $\alpha\beta 0$; Vettore spaziale; Matrici di trasformazione. Trasformazioni $\alpha\beta 0$ -abc; Matrici di trasformazione; Proprietà delle potenze. Studio di un circuito RLE in vari casi. Trasformazioni $\alpha\beta$ -dq. Matrici di trasformazione. Studio circuito RL in dq.

Motore sincrono a magneti permanenti (motore brushless) - Introduzione al motore sincrono a magneti permanenti. Equazioni generali tensioni/flussi in d_s-q_s. Equazioni generali in dq. Equazione generale della coppia. Equazioni per macchina lineare con rotore isotropo in $\alpha\beta$ e dq. Coppia, schema a blocchi. Estensione al motore a rotore anisotropo. Equazioni elettriche, coppia, schema a blocchi. Regioni e limiti di funzionamento: Motore SPM con I_{cto} maggiore di I_N e con I_{cto} minore di I_N . Stesso per regioni e limiti di funzionamento per i motori IPM. Caso particolare del motore sincrono a riluttanza.

Azionamento con motore sincrono a magneti permanenti - Schema di azionamento con motore sincrono a magneti permanenti. Schema invertitore; funzionamento in onda quadra; principio della PWM per invertitori trifase. Classificazione degli schemi di controllo della corrente; controllo stazionario con PID e controllo PWM della tensione. Controllo stazionario predittivo. Controllo stazionario a isteresi.

Controllo di corrente sincrono in dp: schema generale e prestazioni. Progetto dei regolatori, disaccoppiamento degli assi e compensazione della fem. Azionamenti IPM: controllo fino alla velocità base; controllo in de-flussaggio.

Introduzione agli azionamenti sensorless; classificazione. Azionamento sensorless con motore SPM a media e alta velocità basato sulla ricostruzione del flusso o della fem. Sensitività parametrica. Azionamento sensorless con schema MRAS: schema di principio e applicazione. Estensione al motore IPM.

Azionamenti IPM sensorless a velocità nulla con iniezione di tensione alta frequenza. Schema implementativo, discussione degli errori.

Motore trifase a induzione (asincrono trifase) - Introduzione al motore asincrono. Struttura. Equazioni in abc. Equazione del motore asincrono in dq_s e dq_r con saturazione. Equazioni della coppia. Equazioni in condizioni di linearità magnetica; induttanze sincrone di statore, rotore e mutua. Espressioni della coppia in condizioni lineari. Diagramma a blocchi in generico sistema di riferimento. Comportamento a regime; circuito equivalente; bilancio energetico; scorrimento. Caratteristica meccanica a tensione e frequenza costanti. Cenno alla regolazioni reostatica rotorica e alla regolazione V/f.

Azionamento con motore trifase a induzione - Controllo ad orientamento di campo (FOC): principio. Controllo ad orientamento di campo diretto. Controllo ad orientamento di campo indiretto. Sensibilità parametrica del FOC indiretto. Azionamenti a tensione impressa (V-type) e scalare. Cenno agli azionamenti sensorless FOC.

Materiale didattico

Dispense del corso scaricabili da

<http://www.die.unipd.it/people/silverio-bolognani.html>

N.B. Alcuni argomenti sono stati trattati a lezione in modo leggermente diverso da come sono presentati sulle dispense. Lo studente ha facoltà di adottare una o l'altra delle trattazioni.

Modalità dell'esame

L'esame consta di una prova sulla parte teorica del programma e di una prova applicativa (*esercizio numerico su motori e/o azionamenti in corrente continua e sincrono a magneti permanenti*). Per la sola prova applicativa è ammesso consultare le dispense o i propri appunti manoscritti delle lezioni, ma nessun altro materiale didattico.

Le due prove sono, di norma, svolte nella stessa data e sono giudicate con voti separati, che saranno quindi mediati per il voto finale. L'arrotondamento è sempre fatto verso la parte teorica. Nel caso di non superamento di una delle due prove, è ammesso conservare il voto positivo di quella superata e sostenere l'altra in un appello successivo.

(Si svolge prima la **parte teorica** senza poter consultare testi, dispense o appunti. Non è ammesso usare calcolatrici o telefonini. La parte teorica va consegnata **entro** il limite di tempo riportato nel testo stesso. Terminato il tempo assegnato alla prova sulla parte teorica, lo studente riceverà il testo della **parte applicativa**, che potrà svolgere con calcolatrici di ogni tipo e consultando le dispense o i propri appunti manoscritti di lezione. Gli studenti che devono/vogliono svolgere la sola parte applicativa entreranno in aula nella seconda parte dell'esame).

I risultati d'esame saranno esposti in <http://www.die.unipd.it/people/silverio-bolognani.html>

Testi per consultazione:

- L. Bonometti, Convertitori di potenza e servomotori brushless, Editoriale Delfino
- D. W. Novotny and T. A. Lipo, Vector control and dynamics of AC drives, Oxford, Clarendon press, 1996.
- P. Vas, Vector control of AC machines, Oxford, Clarendon, 1990
- P. Vas, Sensorless vector and direct torque control, Oxford, Clarendon, 1990.

Padova, 7 febbraio 2011

S.Bolognani
bolognani@dei.unipd.it