

Programma d'esame dell'insegnamento di

### **Azionamenti Elettrici**

(per allievi della LM in Ingegneria dell'Energia Elettrica)

a.a. 2020-21

prof. Luigi Alberti (luigi.alberti@unipd.it)

prof. Silverio Bolognani (silverio.bolognani@unipd.it)

- I. Parte - Generalità
  - a. Definizione di azionamento, regioni e limiti di funzionamento; Carichi meccanici, anello di velocità, progetti guadagni regolatori P e PI, anti-windup regolatori PI di velocità.
  - b. Definizione vettori spaziali e proprietà, espressioni/trasformazioni in diversi sistemi di riferimento, applicazioni a forme d'onda definite e al circuito simmetrico RLE.
  - c. Schema invertitore trifase a semiponte, funzionamento in onda quadra e a PWM, fdt controllo di tensione a PWM, misura della corrente e della tensione di uscita.
  
- II. Parte - Azionamenti con motore sincrono
  - a. Introduzione alle macchine sincrone, modellazione e caratteristiche principali. Modello dq della macchina sincrona isotropa, equazioni caratteristiche, equazioni dinamiche e schemi a blocchi.
  - b. Diagrammi limite per la macchina sincrona isotropa.
  - c. Modello dinamico della macchina sincrona anisotropa. Schema a blocchi della macchina sincrona anisotropa, traiettoria MTPA.
  - d. Calcolo delle traiettorie di controllo. Controllo di corrente PID sincrono in azionamenti con motore sincrono.
  - e. Tecniche di calcolo delle traiettorie MTPA on-line ed off-line.
  - f. Misura dei parametri della macchina sincrona. Modello con saturazione magnetica, parametri differenziali.
  - g. Tecniche di controllo sensorless per la macchina sincrona a velocità medio/alta.
  - h. Tecniche di controllo sensorless per la macchina sincrona a velocità bassa/nulla.
  
- III. Parte - Azionamenti con motore asincrono
  - a. Struttura motore asincrono ed equazioni tensioni-flussi; equazioni flussi-correnti, equazioni della coppia, schema a blocchi.
  - b. Richiamo del funzionamento in regime sinusoidale sinusoidale.
  - c. Schema elettrico circuitale e deduzione del controllo ad orientamento di campo (FOC).
  - d. Implementazione del FOC diretto, stima del vettore flusso rotorico.
  - e. Implementazione del FOC diretto con "Flux model" e implementazione del FOC indiretto.
  - f. Descrizione anelli di corrente, fdt tensione-corrente, disaccoppiamento, progetti regolatori di corrente. Fdt dell'anello di corrente a catena chiusa.
  - g. Sensitività parametrica stimatori del flusso rotorico per FOC diretto e indiretto. Sensitività alla misura di velocità.
  - h. Controllo diretto di coppia e di flusso a isteresi e con "switching table". Controllo diretto di coppia e di flusso per asincrono con PWM; Controllo diretto di flusso e di coppia predittivo.
  - i. Azionamenti con FOC a tensione impressa – Azionamenti con controllo scalare.
  - j. Stima della velocità per azionamenti sensorless con motore asincrono.

- k. Cenni all'azionamento "doubly-fed" con motore asincrono a rotore avvolto, schema dell'azionamento, prestazioni, controllo della corrente rotorica, stima della posizione rotorica<sup>1</sup>.

### Materiale didattico

Dispense del Corso, disponibili in Moodle.

Slides/registrazioni delle lezioni, disponibili in Moodle per ognuno degli argomenti elencati.

Testi per consultazione:

1. L. Bonometti, Convertitori di potenza e servomotori brushless, Editoriale Delfino
2. W. Leonhard, Control of Electrical Drives, Springer, 2001
3. D. W. Novotny and T. A. Lipo, Vector control and dynamics of AC drives, Oxford, Clarendon press, 1996.
4. P. Vas, Vector control of AC machines, Oxford, Clarendon, 1990
5. P. Vas, Sensorless vector and direct torque control, Oxford, Clarendon, 1990.

Padova, 21 dicembre 2020

L. Alberti

S. Bolognani

---

<sup>1</sup> Quest'ultimo punto k. Non sarà oggetto d'esame nella sessione di gennaio-febbraio.