



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA
CORSI DI INGEGNERIA**

A.A. 2024/2025

Automazione elettrica e laboratorio (I4L)

- Tursini Marco -

(Aggiornato il 6-10-2024)

Contenuti del corso (abstract del programma):

(IT)

- Controllo di moto: controllo di coppia, velocità e posizione. Regolatori. Requisiti e metodi di progettazione.
- Azionamenti elettrici: controllo ottimo, ad indebolimento di campo e sensorless; tecniche PWM, regolazione corrente.
- Sensori e trasduttori: encoder, resolver, sensori Hall. Tecniche e algoritmi di misura.
- Simulazione MATLAB / Simulink.
- Micro-controllers: periferiche hardware, software e ambiente di sviluppo. Simulazione in tempo reale.

(EN)

- Motion control: torque, speed and position control. Regulators. Design requirements and methods.
- Electrical drives: optimum, flux-weakening, and sensorless control; PWM techniques, current regulation.
- Sensors and transducers: encoders, resolvers, Hall sensors. Measurement techniques and algorithms.
- Simulation by MATLAB/Simulink.

- Micro-controllers: hardware peripherals, software and development environment. Real time simulation.

Programma esteso:

(IT)

Parte I - Teoria

1. Controllo di moto:

Dinamica di coppia, velocità e posizione. Traiettorie di moto. Servo-azionamenti in CC. Progettazione di controllo corrente, velocità e posizione tramite regolatori standard. Limitazione dei regolatori standard.

2. Azionamenti in CA per automazione:

Azionamenti con motori a magneti permanenti e a riluttanza variabile. Azionamenti brushless AC e DC. Azionamenti multifase e tolleranti ai guasti. Azionamenti switched reluctance. Inverter PWM (Pulse Width Modulated) con due o tre fasi attive: tecniche di misura e controllo corrente. Regolazione della corrente negli azionamenti in CA: disaccoppiamento, regolatori multivariabili. Strategie di controllo ottimo nelle zone a coppia costante e indebolimento di campo. Controllo sensorless. Scelta di azionamenti elettrici per controllo di moto: esempi applicativi. Raddrizzatori PWM.

3. Sensori e trasduttori meccanici:

Encoder, resolver, sensori di Hall: principi operativi e criteri di impiego.

Parte II - Laboratorio

4. Simulazione di azionamenti elettrici presentati nella Parte I - Teoria usando MATLAB / Simulink (attività individuale in classe con tutoraggio del docente).

5. Micro Controller Units (MCU)s per automazione (famiglia TMS C2000):

Cenni sulle periferiche hardware (PWM, A/D, unità di "capture" e "compare", interfacce utente); ambiente di sviluppo e programmazione software.

6. Principi di controllo in tempo reale: architettura del software, tempistica, interruzioni, sincronizzazione.

7. Simulazione in tempo reale mediante MCU (lavoro di gruppo di laboratorio su progetti selezionati con tutoraggio del docente)

(EN)

Part I - Theory

1. Motion control:

Torque, speed, and position dynamics. Motion trajectories. DC servo-drives. Design of current, speed, and position control by standard regulators. Limitation of standard regulators.

2. AC drives for automation:

Permanent magnets and variable reluctance motor drives. AC and DC brushless drives. Multiphase and fault tolerant drives. Switched reluctance drives. Pulse Width Modulated (PWM) inverters with two or three phases-on: current control and measurement techniques. Current regulation of AC drives: decoupling, multivariable regulators. Optimum constant torque and flux-weakening control strategies. Sensorless control. Choice of electrical drives for motion control: application examples. PWM rectifiers.

3. Sensors and mechanical transducers:

Encoders, resolvers, Hall sensors: operating principles and employment criteria.

Part II - Laboratory

4. Simulation of selected electrical drives presented in Part I - Theory using MATLAB/Simulink (individual activity in class with teacher tutoring).

5. Micro Controller Units (MCU)s for automation (TMS C2000 family):

Hardware peripherals hints (PWM, A/D, capture and compare units, user interfaces); development environment and software programming.

6. Real time control principles: software architecture, timing, interrupts, synchronization.

7. Real time simulation by MCUs (laboratory team work on selected projects with teacher tutoring)

Modalità d'esame:

Non c'è verifica formale di pre-requisiti.

Accertamento del processo di apprendimento: tutoraggio, domande e discussioni informali (domande orali aperte e commenti su argomenti di teoria, sulla attività individuale di simulazione e progetti di laboratorio in team).

Accertamento del raggiungimento degli obiettivi formativi: esame orale.

L'esame orale consiste di tre domande volte all'accertamento della conoscenza e della comprensione degli argomenti di teoria presentati durante il corso (LO da 1 a 12). Il colloquio dura in genere 3/4 di ora.

Il punteggio finale è determinato in base alla valutazione delle seguenti componenti: 80% per la prova orale, 20% valutazione cumulativa dell'attività di simulazione individuale (LO 13) e contributo al progetto di gruppo di laboratorio (LO 14).

Gli studenti che non hanno la possibilità di seguire il corso oltre all'esame orale (80%), dovranno effettuare la simulazione di un sistema di automazione concordato con il docente che verrà valutato per il 20% del punteggio finale.

Risultati d'apprendimento previsti:

(IT)

Lo scopo dell'insegnamento è fornire allo studente la conoscenza delle nozioni fondamentali su componenti e sistemi elettrici per automazione e sul loro controllo.

Dopo aver superato l'esame lo studente sarà in grado di proporre e progettare sistemi di controllo del moto basati su attuatori elettromeccanici e utilizzare strumenti di simulazione e sviluppo specifici di questo settore, e in particolare:

1. conoscere e comprendere i principi di base del controllo di moto;
2. delineare, descrivere e progettare i circuiti di controllo di coppia, velocità e posizione di azionamenti elettrici per l'automazione;
3. conoscere, descrivere e discutere le differenze tra controllo brushless AC e DC;
4. conoscere, descrivere e discutere i requisiti degli azionamenti elettrici tolleranti ai guasti;
5. calcolare e confrontare i limiti operativi dei motori a magneti permanenti e a riluttanza variabile;
6. descrivere e discutere le strategie di controllo ottimali dei motori a magneti permanenti e a riluttanza variabile;
7. conoscere, descrivere e discutere i principali metodi di controllo e misura della corrente negli inverter PWM;
8. comprendere e spiegare i fondamenti del controllo in tempo reale nei sistemi di automazione;
9. comprendere i principi di funzionamento dei principali sensori e trasduttori impiegati nell'automazione;

10. conoscere e descrivere gli algoritmi di misura della velocità e della posizione in automazione;
11. descrivere e discutere sul controllo sensorless degli azionamenti in alternata;
12. valutare e selezionare l'azionamento appropriato per una determinata applicazione in base a ragionamenti tecnico/economici;
13. conoscere ed essere in grado di utilizzare MATLAB / Simulink per simulare componenti e sistemi per controllo di moto;
14. conoscere ed essere in grado di utilizzare il sistema di sviluppo dei microcontroller TMS C2000 per implementare procedure di controllo real-time del movimento.

(EN)

The goal of this course is to provide specialist level expertise on electrical automation components and systems and their control.

On successful completion of this course the student should be able to propose and design motion control systems based on electromechanical actuators and use related simulation and development tools, and particularly.

1. have knowledge and understanding of the basic motion control principles;
2. outline, describe and design the torque, speed and position control loops of electrical drives for automation;
3. known, describe and discuss the differences between AC and DC brushless control;
4. known, describe and discuss the requirements of fault-tolerant electrical drives;
5. compute and compare the operating limits of permanent magnets motors and variable reluctance motors;
6. describe and discuss the optimum control strategies of permanent magnets motors and variable reluctance motors;
7. known, describe and discuss the basic methods for current regulation and measurement in PWM inverters;
8. understand and explain the fundamental concepts of real-time control in automation;
9. understand the operating principles of the main sensors and transducers employed in automation;
10. know and describe the algorithms for speed and position measurement in automation;
11. describe and argue on sensorless control of AC drives;
12. evaluate and select the appropriate drive system for a given application based on technical/economical reasoning;

13. know and be able to use MATLAB/Simulink to simulate motion control components and systems;
14. know and be able to use the development system of the TMS C2000 micro-controllers to implement real-time motion control procedures.

Link al materiale didattico:

<https://www.didattica.univaq.it/moodle/enrol/index.php?id=4591>

Testi di riferimento:

(IT)

Le presentazioni del corso sono rese disponibili nel portale della didattica on-line: moodle.univaq.it (e-learning@AQ fino all'a.a. 2017-18);

(EN)

The course presentations are made available on the online teaching portal: moodle.univaq.it (e-learning@AQ up to the academic year 2017-18)