

# SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI System Modeling and Feedback Control

(Analytical Dynamics and Statistical Mechanics)

Corso di Laurea Magistrale di Mechanical Engineering

Affine

Magistrale

A.A. 2020/2021

Docenti:



email:

SSD

CFU

Anno di corso (I, II o III)

Semestre (I o II)

**Insegnamenti propedeutici previsti:** non sono previste propedeuticità. E' fortemente consigliato l'aver seguito l'insegnamento "Advanced Mathematical Methods"

## RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

**NB I risultati di apprendimento attesi sono quanto lo Studente dovrà conoscere, saper utilizzare ed essere in grado di dimostrare al termine del percorso formativo relativo all'insegnamento in oggetto. Essi devono essere pertanto descritti "per punti" elencando le principali conoscenze e capacità che lo Studente avrà acquisito al termine del corso. Nella descrizione delle conoscenze e delle capacità occorre prestare attenzione ai seguenti aspetti:**

- verificare che i risultati di apprendimento attesi siano coerenti con gli obiettivi formativi specifici del Corso di Studio riportati in allegato a**
- verificare che vi sia adeguata corrispondenza tra le conoscenze e le capacità e gli argomenti descritti nella sezione relativa al Programma;**
- verificare che i risultati di apprendimento inseriti nella scheda siano corrispondenti con quanto riportato nella Scheda Unica del CdS, Quadro A4.b.2. In tale sezione viene delineato un primo quadro dei risultati di apprendimento attesi, suddivisi per gruppi di insegnamenti (attività formative di base, attività formative caratterizzanti, attività formative affini e integrative). Si veda allegato b**
- verificare, soprattutto nel caso di insegnamenti legati da vincoli di propedeuticità, che i risultati di apprendimento attesi in relazione all'insegnamento "che precede" costituiscano i necessari requisiti preliminari per i risultati di apprendimento relativi all'insegnamento "che segue"**

### Conoscenza e capacità di comprensione (max 4 righe, Times New Roman 10)

La disciplina si propone di fornire gli elementi di base per lo studio sistemi di controllo automatico in retroazione. Il corso si concentra sui metodi per l'analisi dei sistemi retroazionati lineari tempo-invarianti singolo-ingresso singola uscita, nel dominio del tempo e della frequenza. Nella seconda parte del corso, si forniscono gli elementi di base per la progettazione dei sistemi di controllo automatico.

#### Knowledge and ability to understand

The discipline aims to provide the basic elements for the study of automatic feedback control systems. The course focuses on the methods for the analysis of linear time-invariant single-input single-input feedback systems, in the domain of time and frequency. In the second part of the course, the basic elements for the design of automatic control systems are provided.

### Capacità di applicare conoscenza e comprensione (max 4 righe, Times New Roman 10)

Si prevede che, grazie alle competenze fornite e sviluppate nel corso, lo studente sia in grado di:

- 1) Analizzare le principali caratteristiche di un sistema dinamico (con particolare attenzione ai sistemi lineari o linearizzabili)
- 2) Progettare un sistema di controllo per modificare il comportamento del sistema in modo da renderlo conforme agli obiettivi desiderati.

#### Ability to apply knowledge and understanding

Thanks to the skills provided and developed in the course, the student is expected to be able to:

- 1) Analyze the main characteristics of a dynamic system (with particular attention to linear or linearizable systems)
- 2) Design a control system to modify the behavior of the system in order to make it conform to the desired objectives.

### Eventuali ulteriori risultati di apprendimento attesi, relativamente a:

#### Autonomia di giudizio:

Uno degli obiettivi del corso è consentire allo studente di sviluppare la capacità di sviluppare un modello fisico-matematico che descriva un sistema dinamico in modo da analizzarne le caratteristiche salienti.

#### Abilità comunicative:

# SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI System Modeling and Feedback Control

(Analytical Dynamics and Statistical Mechanics)

Corso di Laurea Magistrale di Mechanical Engineering

Affine

Magistrale

A.A. 2020/2021

Mediante la prova orale dell'insegnamento, lo studente può misurare la sua capacità di presentare e discutere le caratteristiche del modello matematico di un sistema e del relativo sistema di controllo, distinguere con chiarezza le ipotesi di partenza e i dettagli del comportamento.

## Capacità di apprendimento:

Durante il corso viene posta enfasi sulla necessità che lo studente sviluppi le sue competenze, sia in grado di ricavare un modello matematico con chiare ipotesi di partenza e sia capace di determinare in modo rigoroso le proprietà del sistema analizzato e del relativo sistema di controllo. Il lavoro personale viene stimolato anche mediante l'assegnazione di esercizi supplementari che possono essere discussi in classe e durante il ricevimento studenti.

## Judgment autonomy:

One of the objectives of the course is to allow the student to develop the ability to develop a physical-mathematical model that describes a dynamic system in order to analyze its salient features.

## Communication skills:

Through the oral examination of the teaching, the student can measure his ability to present and discuss the characteristics of the mathematical model of a system and its control system, clearly distinguish the starting hypotheses and the details of the behavior.

## Learning ability:

During the course, emphasis is placed on the need for the student to develop his / her skills, to be able to derive a mathematical model with clear starting hypotheses and to be able to rigorously determine the properties of the analyzed system and its control system. Personal work is also stimulated by assigning additional exercises that can be discussed in the classroom and during the student reception.

## PROGRAMMA (in italiano, min 10, max 15 righe, Times New Roman 10, raggruppando i contenuti al massimo in 10 argomenti)

**Metodi didattici:** Lezioni ed esercitazioni numeriche in aula.

Sistemi di controllo. Controllo in anello aperto ed in anello chiuso. Componenti di un anello di controllo. Classificazione di modelli matematici. Modelli dinamici di sistemi elettrici, meccanici, elettromeccanici e termici. La trasformata di Laplace. Algebra degli schemi a blocchi. Analisi nel dominio della variabile complessa. Non linearità e procedimento di linearizzazione. Risposta libera e risposta forzata. La funzione di trasferimento (f.d.t.): forme canoniche della f.d.t. Modi di evoluzione. Risposte ai segnali canonici. (1,5 CFU)

Specifiche nel dominio del tempo. Proprietà dei sistemi in retroazione. Sistemi in retroazione ed errori in regime permanente. Il trattamento dei disturbi. Effetti delle variazioni parametriche. Stabilità. Definizioni e teoremi fondamentali. Stabilità BIBO. Lemma e criterio di Routh. Luogo delle radici. (1,5 CFU)

Analisi armonica dei sistemi lineari. Introduzione alla funzione di risposta armonica. Teoremi fondamentali: equivalenza fra risposta all'impulso, funzione di trasferimento e funzione di risposta armonica. Cenni sulla determinazione sperimentale della funzione di risposta armonica. Tracciamento e composizione dei diagrammi di Bode approssimati da andamenti asintotici. Risposta armonica dei sistemi del I e del II ordine. Fenomeno della risonanza. Sistemi con ritardo puro. Sistemi a fase minima. Analisi della stabilità nel dominio della frequenza. Margini di stabilità (ampiezza e fase). (1,5 CFU)

Regolatori standard e loro taratura (metodi di Ziegler e Nichols). Taratura per cancellazione poli/zeri. Sintesi di reti correttive. Sintesi in frequenza delle reti ritardatrice e anticipatrice. La sintesi per sistemi con ritardo puro. Esercitazioni numeriche su tutti gli argomenti trattati, *anche con l'ausilio di software CAD (Matlab/simulink)*. (1,5 CFU)

## CONTENTS (in English, min 10, max 15 lines, Times New Roman 10, )

Control systems. Open loop and closed loop control. Components of a control loop. Classification of mathematical models. Dynamic models of electrical, mechanical, electromechanical and thermal systems. The Laplace transform. Block diagram algebra. Analysis in the domain of the complex variable. Nonlinearity and linearization procedure. Free answer and forced answer. The transfer function (f.d.t.): canonical forms of the f.d.t. Evolution ways. Answers to canonical signals. (1.5 CFU)

Time domain specifications. Properties of feedback systems. Feedback systems and permanent errors. Treatment of disturbances. Effects of parametric variations. Stability. Definitions and fundamental theorems. BIBO stability. Lemma and Routh criterion. Place of roots. (1.5 CFU)

Harmonic analysis of linear systems. Introduction to the harmonic response function. Fundamental theorems: equivalence between impulse response, transfer function and harmonic response function. Notes on the experimental determination of the harmonic response function. Tracing and composition of Bode diagrams approximated by asymptotic trends. Harmonic response of 1st and

# SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI System Modeling and Feedback Control

(Analytical Dynamics and Statistical Mechanics)

Corso di Laurea Magistrale di Mechanical Engineering

Affine

Magistrale

A.A. 2020/2021

2nd order systems. Resonance phenomenon. Systems with pure delay. Minimum phase systems. Frequency domain stability analysis. Stability margins (amplitude and phase). (1.5 CFU)

Standard regulators and their tuning (Ziegler and Nichols methods). Design with cancellation of poles / zeros. Synthesis of lead and lag compensators in time and frequency domains, (also using MATLAB TOOLS). The synthesis for systems with pure delay. Numerical exercises on all the topics covered. Simulations using CAD tools on all the topics covered. (1.5 CFU)

## PREREQUISITI

Calcolo vettoriale e matriciale; calcolo differenziale ed integrale; equazioni differenziali ordinarie; meccanica dei sistemi vincolati, termodinamica, reti elettriche passive.

Vector and matrix calculus; differential and integral calculus; ordinary differential equations; mechanics of constrained systems; thermodynamics.

## MATERIALE DIDATTICO (max 4 righe, Times New Roman 10)

### TESTI DI RIFERIMENTO PRINCIPALI

1. "Appunti del corso"
2. P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni, "Fondamenti di Controlli Automatici". Seconda Edizione. McGraw-Hill. 2004.
3. G.F. Franklin, J.D. Powell, A. Emami-Naeini. *Feedback Control of Dynamic Systems*. Fourth Edition. Addison-Wesley Publ. 2002.

## MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	Scritta e orale	X
Discussione di elaborato progettuale		
Altro, specificare		

Solo scritta	

Solo orale	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
---	---------------------	--

A risposta libera	
-------------------	--

Esercizi numerici	X
-------------------	---

(\*) E' possibile rispondere a più opzioni

## MODALITA' DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO E REQUISITI MINIMI DI APPRENDIMENTO

L'esame prevede una prima prova scritta, eventualmente ripartita in due prove di esonero (a metà ed a fine corso) che consta prevalentemente nella risoluzione di esercizi di analisi e progettazione numeriche, ed una prova orale che intende verificare le conoscenze dello studente e la comprensione degli argomenti trattati.

## ALLEGATI

- a) obiettivi formativi specifici del Corso di Studio (Quadr A4.a della Scheda Unica del Corso di Studio)
- b) risultati di apprendimento attesi per il raggruppamento di insegnamenti di cui fa parte l'insegnamento in oggetto (Scheda Unica del CdS, Quadro A4.b.2)