



UNIVERSITÀ DI PISA AUTOMATION AND DRIVERS

RICCARDO BACCI DI CAPACI

Anno accademico	2022/23
CdS	TECNOLOGIA E PRODUZIONE DELLA CARTA E DEL CARTONE
Codice	940II
CFU	12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
AUTOMATION AND DRIVERS A	ING-INF/04	LEZIONI	60	FRANCO ANGELINI LUCA BILANCIONI
AUTOMATION AND DRIVERS B	ING-IND/26	LEZIONI	60	FRANCO ANGELINI RICCARDO BACCI DI CAPACI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Il corso si propone di fornire agli studenti ed alle studentesse gli elementi fondamentali della modellistica e del controllo di sistemi, impianti e macchine utilizzate nei processi industriali della carta e del cartone. Lo scopo è quello di rendere il comportamento dei sistemi dati conforme a specifiche di funzionamento assegnate.

Modulo II-A (3 CFU, Riccardo Bacci di Capaci). Il modulo si propone poi di fornire agli studenti una panoramica sui sistemi di controllo avanzato usati nelle industrie di processo (con un focus sull'industria della carta e del cartone).

Modalità di verifica delle conoscenze

Discussione orale, con la possibilità per lo studente di presentare un elaborato personale dove gli strumenti del corso vengono applicati ad un realistico caso applicativo.

Modulo II-A (3 CFU, Riccardo Bacci di Capaci). Vengono svolte esercitazioni in classe allo scopo di verificare l'apprendimento delle conoscenze. Tali esercitazioni sono solitamente di natura numerica, attraverso l'utilizzo di opportuni linguaggi e codici di calcolo (Python e/o Matlab). Talvolta prevedono l'impostazione del metodo risolutivo dal punto di vista teorico

Capacità

Al termine del corso, lo studente/la studentessa saprà

- riconoscere le caratteristiche dei sistemi dinamici (lineari e non lineari), conoscere il concetto di stato e le proprietà dei sistemi lineari, nonché i concetti di equilibrio e stabilità;
- linearizzare un sistema nonlineare attorno ad un suo equilibrio;
- analizzare l'andamento in evoluzione libera e forzata dei sistemi lineari stazionari a tempo continuo;
- passare dalla rappresentazione matematica nel dominio del tempo di un sistema dinamico a quella nel dominio della frequenza (trasformata di Laplace);
- utilizzare strumenti di analisi quali i criteri algebrici di stabilità, i diagrammi di Bode, i diagrammi di Nyquist ed il luogo delle radici utili ai fini del progetto di un controllore;
- tradurre le specifiche statiche e dinamiche di funzionamento di un sistema dinamico espresse nel dominio del tempo in equivalenti (sotto opportune ipotesi) specifiche nel dominio della frequenza;
- progettare un controllore capace di rispettare le specifiche statiche e dinamiche di funzionamento.
- utilizzare il software Matlab ai fini della verifica di funzionamento di sistemi dinamici e del progetto del controllore.

Per il Modulo II-A (3 CFU, Riccardo Bacci di Capaci):

- Impostazione, analisi e soluzione delle equazioni dinamiche che descrivono i sistemi di processo, sia a tempo continuo che a tempo discreto
- Comprensione delle problematiche di controllo dei sistemi di processo a molte variabili
- Comprensione degli algoritmi di controllo avanzato ed ottimizzazione economica dei sistemi di processo
- Capacità di analisi dei dati al fine di sviluppare modelli dinamici di processo e stimatori di proprietà non misurabili
- Capacità di analisi dei dati al fine di valutare le prestazioni dei sistemi di controllo



UNIVERSITÀ DI PISA

Modalità di verifica delle capacità

Lo studente dovrà dimostrare la capacità di usare gli strumenti software utilizzati durante il corso. Gli esercizi ricopriranno le tematiche necessarie a valutare le capacità oggetto del corso ed in particolare l'analisi di sistemi dinamici e il progetto di un controllore in grado di soddisfare a specifiche di funzionamento desiderate.

Modulo II-A. Gli esercizi proposti negli homework sono pensati in modo da poter verificare, sia qualitativamente che quantitativamente, l'acquisizione delle capacità sopra indicate.

Comportamenti

Al termine del corso lo studente/la studentessa sarà in grado di analizzare le caratteristiche principali dei sistemi dinamici con particolare dettaglio per i sistemi lineari stazionari a tempo continuo e di progettare un controllore nel dominio delle frequenze con tecniche che si avvalgono di strumenti quali il luogo delle radici ed i diagrammi di Bode.

Modulo II-A. Gli studenti acquisiranno sensibilità:

- nello svolgere attività di analisi di dati sperimentali e nell'interpretazione degli stessi
- nel comprendere l'effetto dei diversi fattori presenti nei sistemi di processo a molte variabili
- nella valutazione delle condizioni operative ottimali

Modalità di verifica dei comportamenti

La verifica dei comportamenti avviene attraverso una approfondita discussione durante l'esame orale.

Modulo II-A. Gli esercizi proposti negli homework e l'esame scritto sono pensati in modo da poter verificare l'acquisizione dei comportamenti sopra indicati.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Sistemi di equazioni differenziali lineari e non lineari, algebra delle matrici (autovalori ed autovettori, diagonalizzazione di matrici), fondamenti di fisica.

Inoltre, per il modulo II-A: calcolo numerico, impianti di processo (della carta e del cartone)

Indicazioni metodologiche

Le lezioni e le esercitazioni vengono svolte attraverso la didattica frontale in aula con uso di lavagna e occasionale proiezione di lucidi o filmati. Saranno anche svolte lezioni ed esercitazioni in aule informatiche con l'ausilio di calcolatori. Le attività di apprendimento avvengono seguendo le lezioni e partecipando alle discussioni in aula.

Modulo II-A. Vengono svolte lezioni frontali, anche con l'ausilio di slide. Vengono inoltre svolte esercitazioni numeriche in aula, guidate dal docente. La frequenza al corso, sebbene non obbligatoria, è fortemente consigliata. Le slide (in Inglese) che coprono l'intero programma del corso, le esercitazioni numeriche ed eventuale altro materiale (articoli scientifici) sono resi disponibili agli studenti sulla piattaforma elearning. Il docente è disponibile settimanalmente per ricevimento degli studenti.

Programma (contenuti dell'insegnamento)

1. Presentazione del corso. Sistemi meccanici dinamici, sistemi di regolazione e di controllo nella automazione industriale e nelle macchine moderne.
(L:3; E:0)
2. **Definizioni e nozioni introduttive.** Sistemi dinamici continui e discreti. Esempi. Significato fisico di ingressi, uscite, stati. Schemi a blocchi. Proprietà dei sistemi: linearità, stazionarietà, fisica realizzabilità.
(L:6; E:3)
3. **Sistemi lineari.** Rappresentazioni di sistemi lineari (equazioni ordinarie, forma di stato, trasformate e funzioni di trasferimento). Soluzione dei sistemi lineari: risposte libere, forzate, transitorie e permanenti. Risposta armonica dei sistemi lineari. Diagrammi di risposta armonica (Bode, Nyquist).
(L:7; E: 4).
4. **Specifiche di funzionamento dei sistemi regolati.** Concetto e definizioni di stabilità. Motivazioni per la retroazione: reiezione dei disturbi, insensibilità agli errori di modellazione, modifica del comportamento dinamico. Specifiche di stabilità, specifiche sul regime e sul Verifica delle specifiche sul sistema regolato sulla base delle caratteristiche in anello aperto.
(L:6; E:3)
5. **Retroazione degli stati e retroazione delle uscite.** Effetti della retroazione sulle proprietà fondamentali. Retroazione degli stati e retroazione delle uscite. Azioni e reti correttive. Il luogo delle radici.
(L:6; E:3)
6. **Sistemi a dati campionati.** Campionamento di segnali e discretizzazione di sistemi dinamici continui: applicazioni alla simulazione e alla realizzazione digitale dei regolatori.
(L:6; E:4)



UNIVERSITÀ DI PISA

7. **Analisi e sintesi assistita da calcolatore.** Uso di pacchetti SW commerciali per la analisi e la simulazione di sistemi dinamici (Matlab, Simulink).
(L:0; E:4)

Modulo II-A. Programma di massima

1. Introduzione ai sistemi di controllo per processi a molte variabili
2. Controllo Predittivo basato su Modello (MPC)
3. Identificazione dei sistemi dinamici
4. Cenni di Soft sensing e controllo inferenziale
5. Panoramica su Monitoraggio delle prestazioni dei sistemi di controllo

Bibliografia e materiale didattico

- Katsuhiko Ogata, "Modern Control Engineering", Prentice Hall
- Antonio Bicchi. "Fundamentals of Automation - Part I";
- Danilo Caporale, Silvia Strada, "Automatica - Raccolta di esercizi risolti, con appendice MATLAB", 2015, Pitagora, ISBN 88-371-1915-1

Modulo II-A.

- Babatunde A. Ogunnaike and William H. Ray Process Dynamics, Modeling, and Control Oxford University Press, 1994.
- João P. Hespanha. Linear Systems Theory. Princeton University Press, 2009.
- James B. Rawlings and David Q. Mayne. Model Predictive Control: Theory and Design. Nob Hill Publishing, 2009.
- Jan M. Maciejowski. Predictive Control with Constraints. Prentice Hall, 2002.
- Lennart Ljung. System Identification: Theory for the User. Prentice Hall, 1999.
- Yucai Zhu. Multivariable System Identification for Process Control Springer, 2001.

Le slide che coprono l'intero programma del corso, le esercitazioni numeriche ed eventuale altro materiale (articoli scientifici) sono resi disponibili agli studenti sulla piattaforma elearning.

Indicazioni per non frequentanti

Il corso è registrato e disponibile sui canali dell'ateneo

Modalità d'esame

L'esame si svolge oralmente, in presenza o in connessione remota. Nella discussione orale sarà data la possibilità allo studente di presentare un elaborato personale dove gli strumenti del corso vengono applicati ad un realistico caso applicativo.

Modulo II-A. Homework assegnati e valutati (in itinere e/o a fine corso: da decidere). Prova orale finale.

Altri riferimenti web

Team di Microsoft Teams dove viene svolta (eventualmente) la lezione da remoto

Ultimo aggiornamento 13/10/2022 09:33