



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

## CORSI DI INGEGNERIA

A.A. 2023/2024

**Dinamica e controllo dei processi chimici ( I4H )**

**- Ferella Francesco - Jand Nader -**

(Aggiornato il 4-01-2024)

### **Contenuti del corso (abstract del programma):**

<--[if gte mso 9]> Normal 0 14 false false false IT X-NONE X-NONE <[endif]--><--[if gte mso 9]> <[endif]--><--[if gte mso 10]> /\* Style Definitions \*/ table.MsoNormalTable {mso-style-name:'Tabella normale'; mso-tstyle-rowband-size:0; mso-tstyle-colband-size:0; mso-style-noshow:yes; mso-style-priority:99; mso-style-qformat:yes; mso-style-parent:''; mso-padding-alt:0cm 5.4pt 0cm 5.4pt; mso-para-margin-top:0cm; mso-para-margin-right:0cm; mso-para-margin-bottom:10.0pt; mso-para-margin-left:0cm; line-height:115%; mso-pagination:widow-orphan; font-size:11.0pt; font-family:'Calibri','sans-serif'; mso-ascii-font-family:Calibri; mso-ascii-theme-font:minor-latin; mso-fareast-font-family:'Times New Roman'; mso-fareast-theme-font:minor-fareast; mso-hansi-font-family:Calibri; mso-hansi-theme-font:minor-latin;} <[endif]-->Strumenti per la misura di temperatura, livello e portata. Sistemi lineari. <--[if gte mso 9]> Normal 0 14 false false false IT X-NONE X-NONE <[endif]--><--[if gte mso 9]> <[endif]--><--[if gte mso 10]> /\* Style Definitions \*/ table.MsoNormalTable {mso-style-name:'Tabella normale'; mso-tstyle-rowband-size:0; mso-tstyle-colband-size:0; mso-style-noshow:yes; mso-style-priority:99; mso-style-qformat:yes; mso-style-parent:''; mso-padding-alt:0cm 5.4pt 0cm 5.4pt; mso-para-margin-top:0cm; mso-para-margin-right:0cm; mso-para-margin-bottom:10.0pt; mso-para-margin-left:0cm; line-height:115%; mso-pagination:widow-orphan; font-size:11.0pt; font-family:'Calibri','sans-serif'; mso-ascii-font-family:Calibri; mso-ascii-theme-font:minor-latin; mso-fareast-font-family:'Times New Roman'; mso-fareast-theme-font:minor-fareast; mso-hansi-font-family:Calibri; mso-hansi-theme-font:minor-latin;} <[endif]-->Trasformata di Laplace. <--[if gte mso 9]> Normal 0 14 false false false IT X-NONE X-NONE <[endif]--><--[if gte mso 9]> <[endif]--><--[if gte mso 10]> /\* Style Definitions \*/ table.MsoNormalTable {mso-style-name:'Tabella normale'; mso-tstyle-rowband-size:0; mso-tstyle-colband-size:0; mso-style-noshow:yes; mso-style-priority:99; mso-style-qformat:yes; mso-style-parent:''; mso-padding-alt:0cm 5.4pt 0cm 5.4pt; mso-para-margin-top:0cm; mso-para-margin-right:0cm; mso-para-margin-bottom:10.0pt; mso-para-margin-left:0cm; line-height:115%; mso-pagination:widow-orphan; font-size:11.0pt; font-family:'Calibri','sans-serif'; mso-ascii-font-family:Calibri; mso-ascii-theme-font:minor-latin; mso-fareast-font-family:'Times New Roman'; mso-fareast-theme-font:minor-fareast; mso-hansi-font-family:Calibri; mso-hansi-theme-font:minor-latin;} <[endif]-->Modelli dinamici. <--[if gte mso 9]> Normal 0 14 false false false IT X-NONE X-NONE <[endif]--><--[if gte mso 9]>

### **Programma esteso:**

#### **Parte I**

- Sistemi flow-mixing. Sistemi a miscelamento perfetto e non miscelati. Funzioni di distribuzione dei tempi di residenza.
- Sistemi lineari e relative proprietà. Principi di sovrapposizione e convoluzione.
- Trasformata di Laplace - teoria, trasformate più comuni, antitrasformate. Teorema del valore iniziale e finale. Esercizi.
- Modelli dinamici. Esprimenti con tracciante. Esempi.
- Momenti del sistema, funzione di Paynter, equivalenza di modelli.
- Errori nella misurazione dei momenti.
- Modelli con ricircolo.

## **Parte II**

- Simboli strumentazione.
- Misuratori di temperatura, portata, livello, pressione, concentrazione. Scelta ed installazione.
- Principio di funzionamento dei vari misuratori.
- Esempi di controlli nei PFDs e P&IDs.
- Data sheets strumenti e valvole.
- Sistemi di controllo industriale. PLC, DCS e SCADA.

## **Parte III**

- Generalità sui controlli. Hardware di un sistema di controllo.
- Linearizzazione di sistemi non lineari.
- Comportamento dinamico di sistemi lineari e non lineari.
- Processi puramente capacitivi.
- Controllore proporzionale (P), proporzionale-derivativo (PD), proporzionale-integrale (PI), proporzionale-integrale-derivativo (PID).
- Progettazione di sistemi di controllo feedback.
- Analisi della stabilità di controllori feedback. Criterio di Routh-Hurwitz.
- Analisi della risposta in frequenza dei processi lineari. Diagrammi di Bode e Nyquist.

- Controllori feedforward.
- Processi con input e output multipli (SISO e MIMO), interazioni e disaccoppiamenti dei loop di controllo.
- Metodo Ziegler- Nichols per tuning.
- Controllo adattivo: Self Tuning Regulator (STR) e Model Reference Adaptive Control (MRAC).

## Modalità d'esame:

Accertamento continuo del processo di apprendimento tramite domande poste dal docente su argomenti già svolti.

Accertamento finale del raggiungimento degli obiettivi formativi:

- Esame scritto con domande orali sui contenuti teorici ed esercizi da svolgere riguardanti la progettazione e la verifica di sistemi di controllo. Gli studenti sono tenuti a portare con sé una calcolatrice.

Il voto finale è così composto:

Tesina Course-work: 3/30.

Esame: 27/30.<--[if gte mso 9]> Normal 0 14 false false false IT X-NONE X-NONE <[endif]--><--[if gte mso 9]> <[endif]--><--[if gte mso 10]> /\* Style Definitions \*/ table.MsoNormalTable {mso-style-name:'Tabella normale'; mso-tstyle-rowband-size:0; mso-tstyle-colband-size:0; mso-style-noshow:yes; mso-style-priority:99; mso-style-qformat:yes; mso-style-parent:''; mso-padding-alt:0cm 5.4pt 0cm 5.4pt; mso-para-margin-top:0cm; mso-para-margin-right:0cm; mso-para-margin-bottom:10.0pt; mso-para-margin-left:0cm; line-height:115%; mso-pagination:widow-orphan; font-size:11.0pt; font-family:'Calibri','sans-serif'; mso-ascii-font-family:Calibri; mso-ascii-theme-font:minor-latin; mso-fareast-font-family:'Times New Roman'; mso-fareast-theme-font:minor-fareast; mso-hansi-font-family:Calibri; mso-hansi-theme-font:minor-latin;} <[endif]-->

## Risultati d'apprendimento previsti:

Il corso contribuisce a progettare, simulare e controllare processi chimici.

Dopo il superamento dell'esame lo studente è in grado di:

- 1- conoscere ed elaborare i modelli dinamici e steady-state di processi chimici controllati e non controllati;
- 2- dimostrare la capacità di selezione di sistemi di controllo fondamentali ed avanzati;
- 3- progettare sistemi di controllo feedback e feedforward di processi tipici dell'industria chimica e petrolchimica;
- 4- saper utilizzare software applicativi quali Matlab e Simulink per modellare i sistemi di controllo e valutarne la stabilità.
- 5 - dimostrare capacità di analisi e valutazione di casi studio di processi su scala industriale attraverso un approccio a 360°, in cui fondere tutte le conoscenze acquisite.<--[if gte mso 9]> Normal 0 14 false false false IT X-NONE X-NONE

<[endif]--><--[if gte mso 9]> <[endif]--><--[if gte mso 10]> /\* Style Definitions \*/ table.MsoNormalTable {mso-style-name:'Tabella normale'; mso-tstyle-rowband-size:0; mso-tstyle-colband-size:0; mso-style-noshow:yes; mso-style-priority:99; mso-style-qformat:yes; mso-style-parent:''; mso-padding-alt:0cm 5.4pt 0cm 5.4pt; mso-para-margin-top:0cm; mso-para-margin-right:0cm; mso-para-margin-bottom:10.0pt; mso-para-margin-left:0cm; line-height:115%; mso-pagination:widow-orphan; font-size:11.0pt; font-family:'Calibri','sans-serif'; mso-ascii-font-family:Calibri; mso-ascii-theme-font:minor-latin; mso-fareast-font-family:'Times New Roman'; mso-fareast-theme-font:minor-fareast; mso-hansi-font-family:Calibri; mso-hansi-theme-font:minor-latin;} <[endif]-->

## Link al materiale didattico:

<https://teams.microsoft.com/?culture=it-it&country=it#/school/FileBrowserTabApp/Generale?threadId=19:5b3fbc61b004f2b819d7177ef775c26@thread.tacv2>

## Testi di riferimento:

A. Garg. Process Instrumentation. Instrumentation Engineer's Handbook - Volume 1. White Falcon Publishing, 2021.

G. Stephanopoulos, Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice, Prentice-Hall International Editions, Englewood Cliffs 1984.

<--[if gte mso 9]> Normal 0 14 false false false IT X-NONE X-NONE <[endif]--><--[if gte mso 9] <[endif]--><--[if gte mso 10] > /\* Style Definitions \*/ table.MsoNormalTable {mso-style-name:'Tabella normale'; mso-tstyle-rowband-size:0; mso-tstyle-colband-size:0; mso-style-noshow:yes; mso-style-priority:99; mso-style-qformat:yes; mso-style-parent:''; mso-padding-alt:0cm 5.4pt 0cm 5.4pt; mso-para-margin-top:0cm; mso-para-margin-right:0cm; mso-para-margin-bottom:10.0pt; mso-para-margin-left:0cm; line-height:115%; mso-pagination:widow-orphan; font-size:11.0pt; font-family:'Calibri','sans-serif'; mso-ascii-font-family:Calibri; mso-ascii-theme-font:minor-latin; mso-fareast-font-family:'Times New Roman'; mso-fareast-theme-font:minor-fareast; mso-hansi-font-family:Calibri; mso-hansi-theme-font:minor-latin;} <[endif]-->- G. Stephanopoulos, Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice, Prentice-Hall International Editions, Englewood Cliffs 1984.

- Dale E. Seborg, Thomas F. Edgar, Duncan A. Mellichamp Process Dynamics and Control, 2° Edition, Wiley 2006.
- W. L. Luyben M.L. - Luyben, Essentials of Process Control, McGraw-Hill Book Company, New York, 1997.
- A. Garg. Process Instrumentation. Instrumentation Engineer's Handbook - Volume 1. White Falcon Publishing, 2021.
- AA.VV. Practical Instrumentation for Automation and Process Control. IDC Technologies, 2004.

Altro materiale didattico fornito dal docente. Tale materiale è reperibile sulla piattaforma Teams di Ateneo, Corso "Dinamica e Controllo dei Processi Chimici". Il software Matlab con applicativo Simulink può essere scaricato ed installato con una licenza accademica gratuita dal sito dell'università.