



## UNIVERSITÀ DI PISA DINAMICA DEL VOLO I

### GIOVANNI MENGALI

Anno accademico	2023/24
CdS	INGEGNERIA AEROSPAZIALE
Codice	10311
CFU	6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
DINAMICA DEL VOLO I	ING-IND/03	LEZIONI	60	GIOVANNI MENGALI

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Il corso intende fornire allo studente le nozioni essenziali relative al comportamento dinamico del velivolo rigido, ad ala fissa, attraverso l'esame delle risposte ai comandi del pilota ed ai disturbi atmosferici. Dette risposte vengono studiate per via analitica e numerica, correlandone le caratteristiche con i parametri architettonici del velivolo e con le condizioni di volo. Obiettivo fondamentale è la familiarizzazione con le problematiche legate alle qualità di volo ed all'interazione uomo-macchina e con le relative normative ed i criteri di progetto.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Esame finale orale.

L'esame consiste in un colloquio della durata di circa un'ora. In genere una prima domanda riguarda la risposta dinamica del velivolo ai comandi del pilota od alla turbolenza atmosferica.

##### *Capacità*

Capacità di impiego degli strumenti software disponibili nell'ambiente Matlab e Simulink per:

- simulazione numerica della risposta dinamica di sistemi lineari e non lineari
- analisi di sistemi lineari e sintesi di sistemi di controllo automatici

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Prova pratica in aula informatica per la verifica della capacità di utilizzare gli strumenti software disponibili in ambiente Matlab e Simulink. La prova potrà consistere nella realizzazione di un codice di simulazione numerica per un sistema dinamico semplice MIMO.

##### *Comportamenti*

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di discutere i contenuti del corso utilizzando una terminologia appropriata e di affrontare problemi di dinamica e controllo del volo con maturità e rigore metodologico.

Lo studente dovrà dimostrare di conoscere gli strumenti software utilizzati nell'ambito del corso e di comprenderne le potenzialità, i limiti e gli ambiti di applicazione.

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Discussione durante l'esame orale.

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Per frequentare il corso è opportuno aver frequentato precedentemente i corsi di:

- Meccanica del volo
- Analisi e controllo di veicoli aerospaziali

e di avere sostenuto i relativi esami (propedeutici) allo scopo di possedere le conoscenze necessarie circa l'architettura dei velivoli, le prestazioni dei velivoli ad ala fissa, gli strumenti matematici di base per l'analisi dei sistemi dinamici lineari (in particolare le trasformate di Laplace) ed i metodi di controllo automatico di base (PID).

#### Indicazioni metodologiche



## UNIVERSITÀ DI PISA

Il corso si tiene in lingua italiana.

Il corso è costituito da 60 ore di:

- Lezioni teoriche (60%)
- Esercitazioni pratiche nel laboratorio informatico (40%)

La frequenza delle lezioni e delle esercitazioni è altamente consigliata.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### IN SINTESI

Gli argomenti includono: derivazione delle equazioni non lineari del moto del velivolo rigido ad ala fissa; applicazione della teoria delle piccole perturbazioni per la linearizzazione del modello dell'aereo; stima delle derivate aerodinamiche di stabilità; stabilità longitudinale e laterale; funzioni di trasferimento e risposta temporale agli ingressi di controllo del pilota ed ai disturbi atmosferici.

Il corso prevede l'uso di strumenti software per la simulazione numerica di sistemi dinamici e per l'analisi e la sintesi di sistemi di controllo automatici. Tali strumenti sono insegnati nel laboratorio informatico.

#### PROGRAMMA DETTAGLIATO

##### Modello non lineare e trim (10 ore)

Modello non lineare della dinamica del velivolo rigido. Equazioni di equilibrio su traiettorie stazionarie: volo elicoidale, virata, volo rettilineo. Problema del trim nel caso generale di volo elicoidale stazionario. Regolazione della traiettoria mediante i comandi di volo.

##### Modello linearizzato (10 ore)

Linearizzazione delle equazioni del moto del velivolo in condizioni di volo rettilineo simmetrico. Linearizzazione delle forze aerodinamiche e propulsive: definizione delle derivate aerodinamiche di stabilità, dipendenza dalle variabili di perturbazione, disaccoppiamento aerodinamico ed inerziale. Derivate con apice. Inquadramento dell'approccio linearizzato nel contesto delle metodologie di progetto di sistemi di controllo automatico.

Struttura delle funzioni di trasferimento delle risposte ai comandi ed ai disturbi, importanza e significato fisico dei guadagni aerodinamici e dei guadagni statici. Approssimazione delle funzioni di trasferimento in bassa ed alta frequenza e correlazione con le risposte nel dominio del tempo.

##### Modelli approssimati e risposta ai comandi ed ai disturbi (30 ore)

Modelli approssimati di corto periodo, lungo periodo, rollio, dutch-roll e spirale: ipotesi di base, interpretazione fisica e deduzione di espressioni approssimate degli zeri e dei poli delle principali funzioni di trasferimento.

Risposte ai comandi nel dominio del tempo. Equilibrio del velivolo a regime e regolazione della traiettoria di regime mediante i comandi di volo (parallelo lineare – non lineare).

Ruolo del punto di manovra, condizioni di stabilità marginale e condizioni di validità del modello di cortoperiodo. Condizioni di instabilità nel lungo periodo e meccanismo fisico del tuck mode. Effetti sulla dinamica dello spostamento del baricentro. Meccanismo fisico alla base del moto spirale e della relativa stabilità o instabilità.

Modellizzazione degli effetti delle raffiche nel piano longitudinale e laterodirezionale e risposta del velivolo ai disturbi atmosferici.

#### Esercitazioni in aula informatica

Introduzione a Matlab (2 ore)

Simulazione della risposta dinamica di sistemi lineari e non lineari in ambiente Matlab (6 ore)

Introduzione a Simulink (2 ore)

### Bibliografia e materiale didattico

Il materiale di studio è fornito dall'insegnante sotto forma di dispense e copie di lucidi utilizzati durante le lezioni.

Il testo di approfondimento raccomandato è:

- D. Mc Ruer, I. Ashkenas, D.Graham "Aircraft Dynamics and Automatic Control" Princeton University Press 1973.

Possibili letture di approfondimento sono:

- J.H.Blakelock "Automatic Control of Aircraft and Missiles" J.Wiley & S., 1991

- B. L. Stevens, F. L. Lewis "Aircraft Control and Simulation" Wiley, 1992

- G. Mengali "Elementi di Dinamica del Volo con Matlab" Ed. ETS, Pisa 2003

- M.V. Cook "Flight Dynamics Principles" Elsevier Ltd 2007

### Indicazioni per non frequentanti

Gli studenti che non frequentano possono scaricare il materiale di studio dal sito web del corso:

<http://elearn.ing.unipi.it>

Home ? Anno Accademico 2023/2024

? Corsi di Laurea Specialistica/Magistrale

? Ingegneria Aerospaziale

? Dinamica del Volo I 2023/2024

Link diretto:

<https://elearn.ing.unipi.it/course/view.php?id=3161>

(è richiesta la registrazione preventiva)



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### Modalità d'esame

L'esame consiste in un colloquio della durata di circa un'ora.

*Ultimo aggiornamento 21/09/2023 17:45*