



UNIVERSITÀ DI PISA

DINAMICA DEL VOLO

EUGENIO DENTI

Anno accademico	2018/19
CdS	INGEGNERIA AEROSPAZIALE
Codice	232II
CFU	12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
DINAMICA DEL VOLO	ING-IND/03	LEZIONI	120	EUGENIO DENTI

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 architetturali 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 e criteri di progetto. Ulteriore obiettivo è il consolidamento delle conoscenze sugli strumenti fondamentali teorici e numerici per l'analisi della dinamica dei sistemi lineari e la sintesi dei sistemi di controllo di tipo SAS e AUTOPILOTA.

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. Una seconda domanda riguarda un problema di controllo automatico applicato al modello linearizzato del velivolo.

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, oppure nel progetto di un sistema di controllo, di tipo SAS o autopilota, applicato al modello linearizzato della dinamica del velivolo rigido.

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 corsi di:

- Meccanica del volo
- Analisi e controllo di sistemi dinamici

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



UNIVERSITÀ DI PISA

(PID).

Corequisiti

È utile frequentare contemporaneamente il corso "Impianti aeronautici II".

Indicazioni metodologiche

Il corso si tiene in lingua italiana.

Il corso è costituito da 120 ore di:

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

60 ore si svolgono nel primo semestre (da fine settembre a fine dicembre)

60 ore si svolgono nel secondo semestre (da fine febbraio a fine maggio).

La frequenza delle lezioni e delle esercitazioni è altamente consigliata.

Non è possibile frequentare solo uno dei due semestri.

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 e ai disturbi atmosferici; valutazione delle qualità di volo; metodi classici per il progetto di sistemi di controllo automatico del volo per la realizzazione di funzioni di tipo autopilota e aumento di stabilità.

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 (5 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.

Qualità di volo (5 ore)

Introduzione alle qualità di volo e note storiche: requisiti sui poli ed importanza degli zeri. Requisiti regolamentari: norme MIL F 8785C, serie MIL 1779 e classificazione dei requisiti. Il controllo automatico del velivolo (25 ore)

Sistemi di controllo automatico di tipo SAS e autopilota. Indici delle prestazioni e criteri di chiusura. Sensori ed attuatori e loro modellizzazione.

Retroazione sull'equilibratore delle seguenti variabili: angolo e velocità di beccheggio, errore di velocità, angolo di incidenza, accelerazione normale, quota. Esame delle conseguenti modificazioni del comportamento dinamico del velivolo.

Controllo dell'angolo di assetto, della quota, della velocità e della pendenza della traiettoria.

Retroazione sull'alettone delle seguenti variabili: angolo e velocità angolare di rollio, angolo di derapata. Retroazione sul comando di timone di direzione delle seguenti variabili: angolo di rotta, velocità angolare di imbardata, angolo di derapata, accelerazione laterale. Esame delle conseguenti modificazioni del comportamento dinamico del velivolo. Controllo dell'angolo di rollio. Coordinatore di virata. 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)

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

Progetto di sistemi di controllo automatico di tipo SAS e autopilota applicati alla dinamica linearizzata del velivolo rigido (25 ore)

Problematiche legate alle non linearità nei controlli automatici (4 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.



UNIVERSITÀ DI PISA

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 2018/2019

? Corsi di Laurea Specialistica/Magistrale

? Ingegneria Aerospaziale

? Dinamica del Volo 2018/2019

Link diretto:

<https://elearn.ing.unipi.it/course/view.php?id=1184>

(è richiesta la registrazione preventiva)

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova pratica finale in aula informatica della durata di circa tre ore ed in un colloquio della durata di circa un'ora che si tiene normalmente in un giorno successivo a quello della prova pratica.

(vedere più sopra "Modalità di verifica delle conoscenze" e "Modalità di verifica delle capacità")

Non esiste ripartizione specifica di punteggio tra esame orale e prova pratica. La capacità di portare a termine la prova pratica con risultati adeguati è un prerequisito per poter partecipare all'esame orale finale.

Nel mese di dicembre si terrà una prova pratica intermedia in aula informatica relativa alle attività svolte nel primo semestre e nel mese di maggio una ulteriore prova relativa alle attività svolte nel secondo semestre.

Gli studenti che avranno superato le due prove con esito positivo sono dispensati dal sostenere la parte pratica dell'esame finale.

Pagina web del corso

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

Note

Il giudizio complessivo medio sull'insegnamento dato in forma anonima dagli studenti al termine dell'anno accademico 2017/18 è stato di PUNTI 3,8 su 4.

Le singole domande hanno ottenuto i seguenti punteggi:

Le conoscenze preliminari possedute sono risultate sufficienti per la comprensione degli argomenti del programma d'esame?

PUNTI 3,5 su 4.

Il carico di studio dell'insegnamento è proporzionato ai crediti assegnati?

PUNTI 2,5 (1 = eccessivo; 2 = elevato; 3 = adeguato; 4 = ridotto).

Il materiale didattico (indicato e disponibile) è adeguato per lo studio della materia?

PUNTI 3,9 su 4.

Le modalità di esame sono state definite in modo chiaro?

PUNTI 3,6 su 4.

Gli orari di svolgimento di lezioni, esercitazioni e altre eventuali attività didattiche sono rispettati?

PUNTI 3,8 su 4.

Le aule in cui si svolgono le lezioni sono adeguate? (si vede, si sente, si trova posto)

PUNTI 3,9 su 4.

Il docente stimola / motiva l'interesse verso la disciplina?

PUNTI 3,9 su 4.

Il docente espone gli argomenti in modo chiaro?

PUNTI 3,8 su 4.

Le attività didattiche integrative (esercitazioni, tutorati, laboratori, etc.) sono utili all'apprendimento della materia?

PUNTI 4,0 su 4.

L'insegnamento è stato svolto in maniera coerente con quanto dichiarato sul sito Web del corso di studio?

PUNTI 3,9 su 4.

Il docente è reperibile per chiarimenti e spiegazioni?

PUNTI 4,0 su 4.

E' interessato/a agli argomenti trattati nel corso di insegnamento?

PUNTI 4,0 su 4.

Ultimo aggiornamento 10/09/2018 11:02