



## **Nota sullo svolgimento della prova di esame di DINAMICA E CONTROLLO DI VOLO**

Corso per allievi dei corsi di Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Automazione

Anno accademico: 2022-2023

Docente: Massimiliano Mattei ([massimiliano.mattei@unina.it](mailto:massimiliano.mattei@unina.it))

**Dicembre 2022**

La presente nota fornisce un quadro di massima sulle modalità di svolgimento della prova di esame. La prova consiste di due parti

- N.2/3 domande orali sulla meccanica/dinamica del volo;
- Discussione di un elaborato sviluppato in ambiente Matlab/Simulink dal quale possono scaturire domande sugli algoritmi di controllo di volo e loro implementazione.

### ***Elenco di possibili domande orali sulla Meccanica/Dinamica del volo***

- Principi di funzionamento dei velivoli ad ala fissa con particolare riferimento al controllo: caratteristiche generali dei velivoli [1].
- Il modello di atmosfera standard (richiami) [1]
- Misurazione della quota: funzionamento dell'altimetro e suo regolaggio [1]
- Misurazione della velocità di volo: funzionamento dell'anemometro e definizione della velocità indicata (IAS), calibrata (CAS), equivalente (EAS) e vera (TAS) [1]
- Modelli semplificati per la definizione delle forze di natura aerodinamica [1]
- Modelli semplificati per la definizione delle forze di natura propulsiva e caratteristiche dei motori di uso aeronautico: Motoelica, Turbogetto, Turbofan e Turboelica [1]
- Terne di riferimento: assi vento, assi aerodinamici, assi stabilità, assi corpo, assi terra [1]
- La polare parabolica e l'individuazione di condizioni di volo caratteristiche legate ad essa. [1]
- Volo rettilineo, uniforme, simmetrico, orizzontale (per motoelica/turboelica e turbofan/turbogetto) [1]
- Volo in salita [1]
- Quota di tangenza teorica e pratica [1]
- Il volo librato in aria calma e in presenza di vento [1]
- Il volo in crociera: autonomie di distanza e di durata [1]
- Fattore di carico e diagramma di manovra [1]
- La virata [1]
- La richiamata [1]
- La manovra di decollo e di atterraggio [1]
- Stabilità statica longitudinale e latero-direzionale [1]
- Equazioni generali del moto del velivolo - Derivate di stabilità – Modello linearizzato della dinamica e modi caratteristici longitudinali e latero-direzionali [2]
- Qualità di volo [2]

### ***Oggetto e modalità di presentazione/discussione della tesina***

La tesina si può svolgere da soli o in collaborazione tra due persone al più.

Date le caratteristiche geometriche, aerodinamiche, di massa e propulsive assegnate dal docente, essa consiste nello sviluppo dei seguenti argomenti.



- Determinazione di una condizione di equilibrio in volo livellato rettilineo uniforme a quota e Mach assegnati dal docente; [3, 4]
- Calcolo del modello linearizzato della dinamica longitudinale e latero-direzionale; [3, 4]
- Identificazione delle caratteristiche dei modi di evoluzione propri del velivolo con analisi nel dominio del tempo e della frequenza. [3, 4]

Sintesi dei seguenti controllori con approccio classico SISO e chiusura di loop innestati:

- Sistema di aumento della stabilità: pitch damper, yaw damper e roll damper; [3, 4]
- Controllo di velocità/Mach utilizzando il comando di spinta; [3, 4]
- Controllori con funzionalità di autopilota: attitude hold, altitude hold, turn coordination, heading hold (con compensazioni per la virata coordinata). [3, 4]

Per l'analisi delle prestazioni del controllore si assuma la dinamica non lineare, la presenza di saturazioni sugli attuatori, di incertezze sui parametri del velivolo e di disturbo additivo sul canale di ingresso e/o di disturbo atmosferico di tipo raffica e/o turbolenza. Si discutano le prestazioni alla luce delle caratteristiche di robustezza e dello sforzo sul segnale di controllo.

Come approfondimento, relativamente a uno dei controllori progettati, lo studente dia inoltre evidenza:\*

- delle problematiche del windup, realizzando uno schema PI(D) con anti-windup; [5]
- delle problematiche della conversione del controllore in digitale, realizzando una funzione che implementi il controllore nel tempo discreto; [5]
- lo studente progetti una legge di controllo PID mediante metodo di ottimizzazione diretta dei guadagni. [3]

Lo studente progetti inoltre un controllore LQI con Filtro di Kalman nel tempo continuo o nel tempo discreto sulla dinamica longitudinale e/o latero/direzionale.

Come approfondimento, applichi una delle seguenti tecniche di controllo moderno a uno o più canali di controllo:\*

- Controllo con tecnica H-infinito; [5]
- Controllo con assegnamento dell'autostruttura; [6]
- Ulteriore tecnica di controllo studiata in altri insegnamenti (Inversione dinamica, controllo predittivo, o altro). [7]

\*Le tematiche contrassegnate come approfondimenti non sono obbligatorie e, anche senza averle sviluppate lo studente può ottenere il massimo della votazione. Tuttavia, costituiscono elemento di valutazione additiva (2 punti per ogni approfondimento illustrato in maniera soddisfacente – per un massimo di 4 punti. Per totalizzare 4 punti si dovrà presentare un approfondimento sul controllo SISO e uno sul controllo moderno multivariabile).

#### Riferimenti

[1] Slides caricate sull'area file di Teams

[2] Appunti del Prof. L. Blasi caricati sull'area file di Teams

[3] Argomento di specifica esercitazione sviluppata durante il corso. Il docente ha messo a disposizione un esempio di simulatore dinamico del velivolo in ambiente Matlab/Simulink, anch'esso disponibile in area file di Teams che lo studente è invitato ad analizzare in ogni sua parte. Eventuali imprecisioni del modello sono comunque responsabilità dello studente.

[4] B. Stevens and F.L. Lewis, Aircraft Control and Simulation, Wiley, 1992

[5] Argomenti sviluppati per la parte teorica in altri insegnamenti e oggetto di specifica esercitazione svolta in aula.

[6] Articolo di approfondimento caricato sull'area file di Teams

[7] Argomenti sviluppati in altri insegnamenti applicabili per approfondimento