

POLITECNICO DI TORINO
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE
I SESSIONE - ANNO 1997
RAMO AERONAUTICO TEMA N°2

Il comportamento dinamico del servocomando primario elettroidraulico di posizione del semi-impennaggio orizzontale completamente mobile di un velivolo da addestramento può essere assimilato, in prima approssimazione, a quello del sistema meccanico del secondo ordine (massa-molla-smorzatore) non-lineare (attrito secco) di figura [rappresentazione traslazionale (solo grado di libertà traslatorio orizzontale) di grandezze angolari; segni positivi come in figura], in cui si possono intendere (essendo $t =$ tempo):

- l'elemento meccanico A come la barra di comando attraverso la quale il pilota esercita la "richiesta" di portare la superficie mobile (elemento meccanico B) nella posizione $\delta_c(t)$ (=angolo di barra comandato variabile col tempo),
- la molla di rigidezza (cost.) k e lo smorzatore viscoso lineare di costante c come componenti meccanici rappresentativi rispettivamente della "rigidezza sotto carico" e dello "smorzamento" del servocomando di posizione,
- l'elemento meccanico B di massa m e posizione $\delta_e(t)$ (=angolo di barra effettivo della superficie mobile variabile col tempo) come componente rappresentativo dell'inerzia del gruppo martinetto oleodinamico+superficie mobile+organi di mutuo collegamento su cui insiste il carico aerodinamico M_h (=momento di cerniera), nonché la coppia M_f di attrito secco (nei suoi valori statico M_{fs} o dinamico M_{fd}).

Si fa appena notare che la capacità del modello meccanico di secondo ordine di figura di rappresentare il servocomando di volo in oggetto è limitata a quanto detto; infatti, contrariamente a quanto il modello di figura indurrebbe ad intendere, i carichi insistenti su B non possono realmente essere risentiti su A attraverso k , per l'irreversibilità che il servomeccanismo è in grado di assicurare.

Intesa come "errore di posizione" (in valore algebrico ed in condizioni tanto statiche quanto dinamiche) la grandezza $\delta_c(t) - \delta_e(t)$ ed assegnati i dati

- $k = 11.46 \text{ MN}\cdot\text{m}/\text{rad}$, $c = 46.8 \text{ kN}\cdot\text{m}\cdot\text{s}/\text{rad}$, $m = 181 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$,
 M_f ipotizzata indipendente dal carico M_h e:
- per $d\delta_e/dt \neq 0$, $M_f = M_{fd} = 1000 \text{ N}\cdot\text{m}$ costante in modulo al variare di $d\delta_e/dt$ ed opposta ad essa,
- per $d\delta_e/dt = 0$, variabile entro il campo $-M_{fs} \leq M_f \leq M_{fs}$ con $M_{fs} = 1500 \text{ N}\cdot\text{m}$,

si determini quanto segue:

- A) l'equazione di equilibrio dinamico del sistema, in termini dimensionali;
- B) l'errore di posizione che comporta l'applicazione di un carico aerodinamico costante $M_h = +10000 \text{ N}\cdot\text{m}$ sulla superficie mobile, nell'ipotesi di assenza di attrito secco ($M_f = 0$), in condizioni statiche ($d\delta_c/dt = 0$);
- C) i limiti inferiore e superiore dell'errore di posizione che si associa, per $M_h = +10000 \text{ N}\cdot\text{m}$ costante, alla presenza di M_f dato, al termine di un'attuazione ($d\delta_c/dt = 0$);

D) l'errore di posizione che si associa, a regime, ad una $d\delta_c/dt = -0.3$ rad/s costante, con $M_h = 0$ ed M_f dato;

E) l'errore di posizione allorché B viene indotto a spuntare (risoluzione del comando) da una $d\delta_c/dt > 0$, partendo da una condizione di quiete, con $M_h = 0$ ed M_f dato e l'accelerazione immediatamente successiva allo spunto.

N.B.: Si fa notare al candidato che l'esposizione deve essere leggibile, chiara e priva di ambiguità (in caso di possibili dubbie interpretazioni la commissione si riserva il diritto di considerare comunque errate le affermazioni contenute): la "maturità" in campo tecnico-ingegneristico, che il presente esame deve valutare, ben si completa con la capacità di esporre in forma SINTETICA ma ESAURIENTE la relazione sulla propria attività.

Pertanto, si ricordi che l'elaborato deve assumere le caratteristiche di una RELAZIONE TECNICA a cui è demandato di:

- analizzare i dati disponibili e individuare gli obiettivi da raggiungere,
- esporre preventivamente il metodo di calcolo utilizzato (ipotesi semplificative e relazioni matematiche impiegate),
- quindi introdurre i valori numerici sempre completati dalle loro UNITA' DI MISURA.

Si raccomanda inoltre di limitarsi a quanto richiesto e di condurre tutte le ipotesi semplificative di cui nel tema.

