

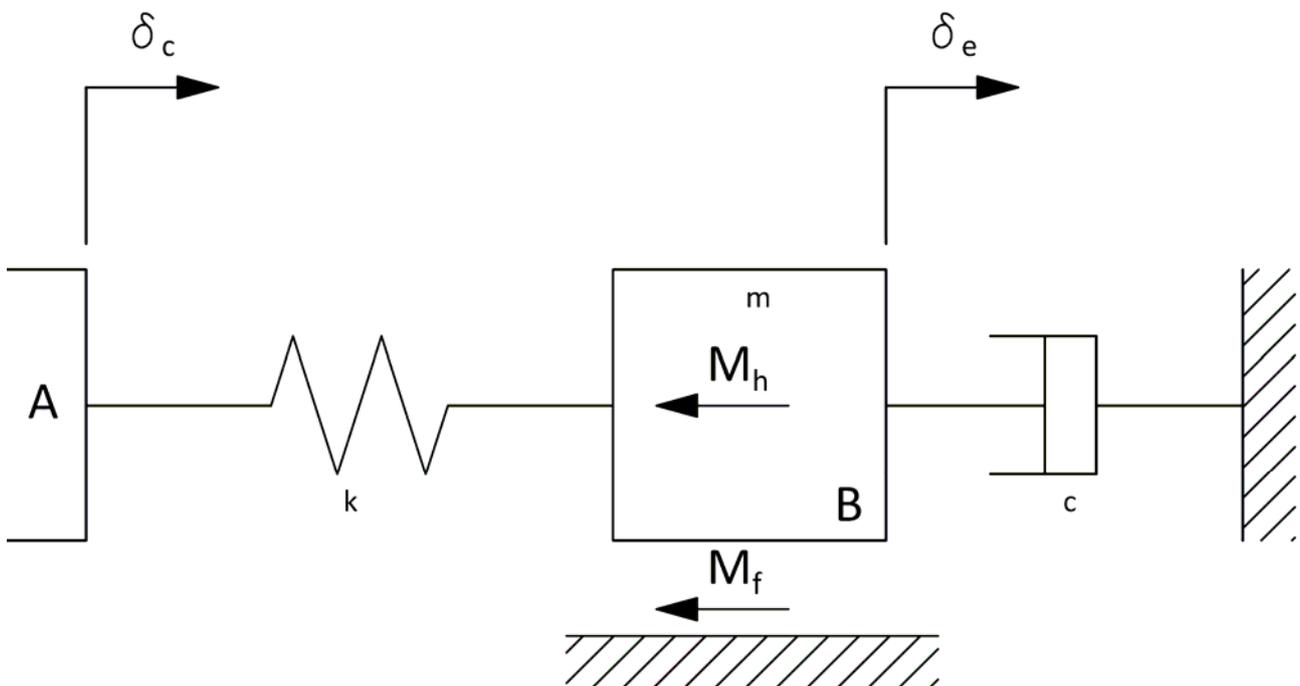
ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

VECCHIO ORDINAMENTO

Ramo AERONAUTICO

PRIMA SESSIONE 2009 – Tema n. 1

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 con rappresentazione traslazionale (solo grado di libertà traslatorio orizzontale) di grandezza angolari:



Nella suddetta figura (essendo $t =$ tempo) si possono intendere:

- ✓ 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 con il tempo);
- ✓ la molla di rigidezza costante 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 con il 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} e 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 sia statiche sia dinamiche) la grandezza $\bar{d}_c(t) - \bar{d}_e(t)$ ed assegnati i dati:

$$k = 11.46 \text{ MN m/rad}$$

$$c = 46.8 \text{ kN m s / rad}$$

$$m = 181 \text{ kg m}^2$$

$$M_f = 1000 \text{ N m (sia in condizioni statiche sia in condizioni dinamiche)}$$

si determini quanto segue:

- a) il valore della frequenza propria non smorzata del dispositivo;
- b) il valore del rapporto di smorzamento (o smorzamento adimensionale) del sistema e relativi valori di frequenza propria smorzata e frequenza di massima risposta;
- c) l'errore di posizione che comporta l'applicazione di un carico aerodinamico costante $M_h = +15.000 \text{ Nm}$ sulla superficie mobile, nell'ipotesi di attrito secco nullo ($M_f = 0$), in condizioni statiche;
- d) l'errore di posizione che si associa, a regime, ad una velocità di attuazione costante $d\bar{d}_c/dt = 0.2 \text{ rad/s}$, quando $M_h = +5.000 \text{ Nm}$ e M_f è quello assegnato;
- e) l'errore di posizione di cui al punto d) quando $d\bar{d}_c/dt = -0.2 \text{ rad/s}$ con gli stessi valori di M_h e M_f .