



Avviso di procedura per il conferimento di un incarico individuale di collaborazione coordinata e continuativa presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale per lo svolgimento di attività di "Creazione di una metodologia, con associato strumento elettronico di calcolo automatico, per lo sviluppo di un progetto basato su modello di attuatori elettromeccanici per comandi primari di volo"

cod. 20/16/CC

ALLEGATO TECNICO

1) SCOPO

Oggetto dell'attività è la creazione di una **metodologia, con associato strumento elettronico di calcolo sviluppato mediante programma excel, per lo sviluppo di un progetto basato su modello di attuatori elettromeccanici per comandi primari di volo.**

Questa attività contribuirà al raggiungimento degli obiettivi del Work Package 2.4 (Innovative Flight Control Systems) del progetto ASTIB, un progetto di ricerca facente parte del programma di ricerca europeo Clean Sky 2.

Ogni qualvolta un nuovo aereo viene sviluppato e il relativo sistema di comando di volo deve essere definito, debbono essere prese importanti decisioni sull'architettura generale del sistema e sul tipo e configurazione dei servocomandi che controllano la posizione delle superfici di governo del velivolo. Con particolare riferimento a servocomandi elettromeccanici, aspetti fondamentali che devono essere considerati sono: tipo di uscita meccanica (lineare o rotativa), trasmissione della potenza meccanica dal motore elettrico all'elemento di uscita (trasmissione diretta, trasmissione con riduttore, rapporto cinematico complessivo), configurazione dei singoli componenti dell'attuatore, ingombro, peso, inerzia, gioco meccanico, rigidità, legge di regolazione dell'attuatore e risposta dinamica.

Il processo di ottimizzazione del sistema di comando di volo richiede pertanto un'estesa analisi comparativa che deve essere svolta nella fase iniziale del progetto del sistema di comando di volo al fine di accertare i meriti relativi delle differenti soluzioni progettuali per gli attuatori del sistema. Ciò richiede una procedura di tipo olistico che utilizzi efficacemente le tecniche di progettazione basata su modello in modo da consentire una valutazione globale di tutte le caratteristiche significative di un attuatore per comando di volo, che includano tra l'altro prestazioni, affidabilità, dimensioni e peso.

Deve quindi essere sviluppato uno strumento di calcolo globale che comprenda tutte le necessarie informazioni, algoritmi e procedure che permettano un rapido calcolo di tutte le caratteristiche significative degli attuatori sulla base dei requisiti generali che vengono impostati.

I seguenti paragrafi definiscono più specificatamente le funzioni che devono essere realizzate.

2) CONFIGURAZIONE DELL'ATTUATORE DI COMANDO DI VOLO

Lo strumento di calcolo deve considerare quattro configurazioni di base dell'attuatore elettromeccanico:

- Uscita lineare - azionamento diretto
- Uscita lineare - azionamento con riduttore
- Uscita rotativa - azionamento diretto
- Uscita rotativa - azionamento con riduttore



Per i casi con uscita lineare dovranno essere considerate le due opzioni di vite a circolazione di sfere e di vite a rulli.

Per i casi di uscita rotativa dovranno essere considerate le seguenti opzioni:

- Attuatore rotativo a ingranaggi con uscita su una corona dentata
- Attuatore rotativo a ingranaggi con uscita su un albero centrale
- Rotismo epicicloidale
- Riduttore armonico

Per i casi di azionamento attraverso un riduttore (sia con uscita finale lineare che rotativa) le opzioni che dovranno essere considerate sono quelle di un riduttore con un numero di stadi compreso fra 1 e 4, e con ogni stadio costituito da ingranaggi ad assi paralleli, ingranaggi conici, riduttore epicicloidale, ingranaggio a vite.

Qualunque sia la tipologia della trasmissione meccanica, l'attuatore deve comprendere un motore elettrico brushless con il suo azionamento elettrico, e l'unità elettronica di controllo che esegue la chiusura degli anelli di controllo di corrente, di velocità e di posizione.

3) STRUTTURA DELLO STRUMENTO DI CALCOLO

Lo strumento di calcolo che verrà sviluppato dovrà essere composto delle seguenti sezioni:

- Una **sezione di ingresso** nella quale vengono introdotti tutti i requisiti dell'attuatore.
- Una **biblioteca** di dati che includa dati sulle caratteristiche dei materiali, modelli di scala per i componenti utilizzati negli attuatori elettromeccanici, variazione delle caratteristiche dei componenti con le condizioni ambientali.
- Una **sezione di progetto** nella quale vengono introdotte le caratteristiche dei parametri progettuali di ciascun componente dell'attuatore elettromeccanico e nella quale vengono calcolate le caratteristiche complessive dell'attuatore sulla base della sua configurazione e dei modelli di scala disponibili nella sezione biblioteca. La sezione di progetto deve anche fornire una valutazione di alcune caratteristiche globali dell'attuatore quali la sua massa, il momento di inerzia riferito all'asse del motore, il gioco e la rigidità.
- Una **sezione prestazioni** nella quale le prestazioni dell'attuatore elettromeccanico sono determinate per condizioni di comando a rateo costante e ciclico; la sezione prestazioni deve anche fornire una valutazione del comportamento termico dell'attuatore.
- Una **sezione di controllo** nella quale vengono definiti i parametri di controllo per ciascuno dei tre anelli di retroazione annidati (posizione, velocità e corrente) assumendo un controllo PI per ogni anello. Questa sezione deve fornire i diagrammi di risposta in frequenza ad anello aperto e ad anello chiuso per ciascuno dei tre anelli di controllo sulla base delle funzioni di trasferimento le cui espressioni devono essere ricavate matematicamente in forma chiusa.

4) REQUISITI SPECIFICI

La **sezione di ingresso**, nella quale vengono inseriti i requisiti dell'attuatore deve accettare l'inserimento di:

- Massimo carico operativo
- Carico limite
- Carico di rottura
- Carico di spunto
- Spettro di fatica, ossia carichi ripetuti senza movimento dell'attuatore
- Spettro di durata, ossia: tipici profili di missione includenti carichi, movimenti e numero di missioni
- Corsa
- Velocità nominale
- Tre diversi tipi di ciclo operativo, ciascuno definito da frequenza e ampiezza
- Inerzia, rigidità e smorzamento della superficie di governo controllata dall'attuatore
- Tensione di alimentazione (normale / normale minima / minima degradata)
- Campo di temperatura
- Risposta in frequenza
- Tempo di risposta a comandi di piccola ampiezza



La sezione **biblioteca** deve comprendere:

- Caratteristiche dei principali tipi di materiali impiegati nei sistemi di azionamento aeronautici
- Modelli di scala dei componenti degli attuatori che consentano la valutazione della massa e delle dimensioni dei componenti sulla base dei valori dei parametri che vengono introdotti nella sezione "progetto"
- Dati sui coefficienti di attrito radente e volvente
- Modelli di scala delle perdite meccaniche nei componenti che ne consentano la valutazione in funzione delle dimensioni dei componenti stessi; le perdite meccaniche dovranno riguardare: coppie passive, resistenza al rotolamento, effetti ventilanti e viscosi
- Coefficienti correttivi delle differenti perdite meccaniche in funzione della temperatura

La sezione **progetto** deve accettare la definizione della configurazione dell'attuatore e dei suoi parametri significativi di progetto (inclusi i materiali) per ciascuno dei componenti dell'attuatore e fornire per ciascun componente:

- Principali caratteristiche di progetto
- Dimensioni, massa e momento di inerzia complessivi
- Giochi alla massima e minima temperatura e rigidità
- Analisi dell'usura e variazione del gioco durante la vita operativa in funzione del ciclo di durata specificato

La sezione **prestazioni** deve eseguire l'analisi prestazionale dell'intero attuatore, compreso il suo anello di controllo, sulla base della configurazione definita nella sezione "progetto" e deve comprendere:

- Calcolo delle caratteristiche prestazionali di ogni stadio dell'attuatore per: condizioni nominali, massimo carico resistivo, massimo carico trascinante, funzionamento a vuoto, spunto contro il massimo carico; questo calcolo deve essere eseguito per alcune condizioni di temperatura entro il campo definito nella sezione "biblioteca"
- Calcolo delle prestazioni, inclusa l'analisi termica, per ciascuno dei tre cicli operativi definiti nella sezione di ingresso; questa analisi deve tenere in debito conto le differenze di comportamento nelle fasi di carico resistivo e di carico trascinante
- Accertamento dei limiti dinamici di funzionamento dell'attuatore elettromeccanico; questi limiti sono basati su massima tensione e corrente disponibili, e consistono nei limiti massimi di accelerazione e velocità ai diversi carichi operativi

La sezione **controllo** deve consentire la valutazione delle caratteristiche dinamiche dell'attuatore e deve comprendere:

- Calcolo delle risposte in frequenza ad anello aperto ed anello chiuso dei tre anelli di controllo annidati
- Calcolo dei margini di stabilità
- Calcolo della risposta in funzione del tempo per comandi a gradino di piccola ampiezza
- Calcolo della rigidità dinamica dell'attuatore con il suo sistema di controllo

La **struttura generale** dello strumento di calcolo deve essere tale che la modifica di un singolo parametro in una qualunque sezione deve immediatamente riflettersi nell'aggiornamento automatico di tutte le caratteristiche dell'attuatore senza la necessità di lanciare apposite simulazioni.

5) DOCUMENTAZIONE

La seguente documentazione dovrà essere fornita:

- Al **mezzogiugno 09**: versione preliminare dello strumento di calcolo nel quale è definita l'architettura generale dello strumento con l'interconnessione fra le diverse sezioni (ingresso, biblioteca, progetto, prestazioni, controllo)
- Al **mezzogiugno 24**: la prima versione operativa dello strumento di calcolo
- Al **mezzogiugno 30**: la versione finale dello strumento di calcolo assieme al manuale operativo e ai risultati per una serie di casi applicativi che verranno definiti in accordo con il responsabile del progetto di ricerca ASTIB.

Riunioni periodiche volte ad accertare lo stato di avanzamento del lavoro verranno tenute durante lo svolgimento dell'attività.