

Simulatore termico - funzionale

ALLEGATO 1 - DESCRIZIONE DI MASSIMA DEL LAVORO

PREMESSA

L'attività proposta si inquadra nel più ampio ambito di ricerca condotta dal candidato nel corso della Tesi di Dottorato in ingegneria aerospaziale presso il Politecnico di Torino-DIASP sotto la supervisione del Prof. Paolo Maggiore.

L'argomento principale di questa attività di ricerca riguarda l'applicazione delle tematiche di concurrent-engineering in ambito aerospaziale ed in particolare lo sviluppo di ambienti di simulazione funzionale in grado di rendere applicabili i principi della filosofia progettuale citata.

Per quanto attiene alle finalità concorsuali, quel che si intende sviluppare è un modello essenzialmente rivolto all'analisi termica, ma inquadrato nel più ampio panorama dell'integrazione funzionale tra discipline e strumenti di analisi di diversa natura.

Si prevede che tale strumento, con opportune evoluzioni ed integrato agli strumenti esistenti, possa essere impiegato utilmente nell'ambito dell'industria aerospaziale intenzionata a dotarsi di strumenti di analisi concorrente. Allo stesso tempo se ne prevede l'utilizzo all'interno della facoltà come strumento per studi di ricerca, per citarne una lo sviluppo di microsattelliti in ambito universitario, e per finalità didattiche.

QUADRO DI APPLICAZIONE

Attualmente l'analisi termica in campo spaziale è condotta essenzialmente tramite due categorie di strumenti di simulazione. La prima consente il calcolo dei flussi di radiazione termica scambiati tra il sistema spaziale e l'ambiente circostante in determinate e predefinite condizioni orbitali: sostanzialmente valuta i flussi solare e planetario e l'irraggiamento verso lo spazio. Successivamente il comportamento termico del sistema è simulato mediante analisi a parametri concentrati: il progettista sviluppa una descrizione matematica del sistema, cioè traduce il suo comportamento in una rete termica ed utilizza un opportuno solutore per individuare l'andamento delle temperature nel tempo.

Questo approccio, con gli strumenti attualmente disponibili, consente un'analisi il cui livello di dettaglio è legato alla complessità della descrizione nodale realizzata.

L'utilizzo di questo genere di strumenti, la cui scelta è spesso imposta dagli enti committenti (NASA, ESA, altre aziende aerospaziali), risponde pienamente alle esigenze tipiche delle fasi di sviluppo: caratterizzate da configurazioni consolidate e profondità di dettaglio nell'analisi. D'altro canto, nelle fasi preliminari in cui occorre confrontare parecchie configurazioni sensibilmente diverse e poco dettagliate, l'utilizzo degli stessi può risultare poco flessibile ed assai laborioso. Per queste ragioni è attualmente sentita, in ambito industriale, l'esigenza di dotarsi di strumenti più flessibili, in grado di gestire reti termiche di dimensioni ridotte e facilmente riconfigurabili ed, in definitiva, in grado

di produrre una più ampia panoramica di informazioni sebbene ad un livello di dettaglio inferiore.

Parallelamente, sul fronte opposto, cioè al più alto livello di dettaglio, i più recenti payload scientifici impongono sempre più stringenti requisiti in termini di stabilità di temperatura; come conseguenza, si vanno affacciando in modo insistente nel mondo del controllo termico le moderne teorie matematiche del controllo.

Laddove requisiti espressi in termini di limiti operativi potevano e possono essere gestiti con semplici logiche termostatiche, stringenti imposizioni in termini di stabilità temporale e spaziale richiedono un approccio al controllo analogo a quello già in auge in altri campi, ma finora poco applicato in questo contesto.

Applicare tanto la teoria classica del controllo, quanto quella moderna ad una rete termica composta da centinaia o migliaia di nodi e quindi, al limite, di variabili di stato, non risulta possibile e, di fatto, non vi sono strumenti di analisi in grado di farlo. Viceversa l'idea vincente è concentrare il dettaglio in quello che potremmo definire l'intorno termico degli strumenti sensibili, considerando il comportamento del sistema circostante sufficientemente inerte da poter essere assimilato ad una condizione al contorno. Resta il problema di disporre di uno strumento, di un *workbench* in grado di consentire l'applicazione dei metodi classici della teoria dei controlli nelle aree di approfondimento in modo da progettare efficacemente il sistema di controllo e simularne le performance.

Lo strumento proposto per le analisi preliminari del sistema spaziale nel suo insieme può comprendere ed integrare anche le funzionalità necessarie a rispondere a questa esigenza nel momento in cui il suo campo di impiego sia rivolto alla modellazione di un componente specifico.

A rigore, infatti, uno strumento in grado di gestire una rete termica per la valutazione a basso dettaglio di un intero sistema può, *mutatis mutandis*, affrontare con maggiore finezza l'analisi di un ambito più ristretto: consistendo il suo limite nel numero di nodi sfruttabile per descrivere il problema. Parallelamente, proprio il numero di nodi, e quindi di equazioni, costituisce l'ostacolo all'applicazione dei metodi classici della teoria del controllo; ne consegue che lo strumento che andiamo a proporre avrà la versatilità di poter gestire anche gli aspetti più propriamente controllistici quando applicato ad un'analisi di dettaglio.

Resta inteso che la completa interfacciabilità ed interattività con gli strumenti tipici della prassi è un requisito essenziale e recepito.

FINALITÀ ED OBIETTIVI

La finalità è quella di sviluppare uno strumento di supporto all'analisi termica preliminare di sistemi spaziali e di dettaglio per componenti – equipaggiamenti sensibili. Più precisamente, a livello di sistema il simulatore si propone di consentire un'analisi basata su una modellazione nodale semplificata, per sostenere quantitativamente trade-offs configurazionali. I dati relativi ai livelli di irraggiamento potranno essere calcolati in modo semplificato o acquisiti come risultati di modelli geometrici più sofisticati. La rete termica semplificata potrà essere costruita attraverso semplici interfacce utente.

A livello di equipaggiamento, l'obiettivo è rispondere alle attuali esigenze di controllo termico non solo in termini di rispetto di limiti operativi, ma anche per quanto attiene alla stabilità termica sia spaziale sia temporale. I dati relativi alle condizioni al contorno potranno essere riprodotti o acquisiti dalle analisi condotte con gli strumenti tradizionali, lasciando al progettista la gestione e la verifica del sistema di controllo.

STRUTTURA DEL MODELLO

La struttura del modello, sviluppato in ambiente Matlab-Simulink ed in C, sarà basata su una logica modulare: verranno cioè sviluppati diversi moduli in grado di rispondere ad esigenze diverse e di diventare operativi indipendentemente via via che saranno sviluppati, non rendendosi necessario il completamento dell'intero progetto per un primo riscontro applicativo. Si prevede di dotare lo strumento di opportune interfacce utente e di procedere alla sua compilazione tramite real-time-workshop in modo da poterlo distribuire al di fuori dalle licenze The MathWorks.

Brevemente sono descritti in forma tabellare i moduli che costituiranno il sistema nel suo complesso, parallelamente e' indicata la loro priorità di sviluppo legata alla risposta delle esigenze più sentite, nonché la loro applicabilità alle fasi di analisi preliminare o di dettaglio.

MODULO	DESCRIZIONE	Pr.	App.
GESTORE INTERFACCE	Consente l'acquisizione di dati relativi ai flussi termici calcolati dagli strumenti di analisi orbitale e radiativi (ESARAD)	1	A B
SOLUTORE DELLA RETE TERMICA	Consente la modellazione della rete termica ed il calcolo delle temperature date le condizioni al contorno	2	A B
ANALIZZATORE DELLA STABILITA'	Consente l'analisi della stabilità della rete, la linearizzazione delle equazioni di stato, la ricerca e l'implementazione di leggi di controllo.	3	B
ANALIZZATORE ORBITALE	Consente la valutazione autonoma, di prima approssimazione, dei flussi termici in base alla definizione delle condizioni orbitali.	4	A
VISUALIZZATORE	Permette visualizzazioni di orbita, assetto, condizioni di illuminamento e distribuzione delle temperature.	5	A

A: Fasi di analisi preliminare B: Analisi di dettaglio.

PIANO DI LAVORO

I passi temporali previsti per lo sviluppo e la verifica della modellazione sono i seguenti:

1. Sviluppo contemporaneo dei moduli di Gestione delle interfacce e di soluzione della rete termica: necessario a dar vita ad uno strumento in grado di produrre i primi risultati.

2. Validazione di questo primo modello tramite confronto con risultati ottenuti su identiche reti termiche implementate con gli strumenti tradizionali.

Il simulatore a questo punto e' in grado di assolvere alle esigenze di trade-offs preliminari e di analisi semplificate o relative a microsattelliti.

3. Sviluppo del modello di analisi della stabilita'

4. Applicazione del simulatore alle casistiche individuate ed affinamento della libreria di funzioni di controllo.

Il simulatore a questo punto e' in grado di assolvere ad entrambe le esigenze identificate, rimane legato a risultati ottenuti da altri analizzatori per quanto riguarda il calcolo dei flussi irraggiati ed assorbiti. Sebbene questa non sia una limitazione grave, in quanto il calcolo di questi flussi e' legato alla definizione della missione e delle caratteristiche geometriche del sistema, generalmente meno variabili rispetto alla sua configurazione interna, e' comunque auspicabile potersi sganciare del tutto da questo tipo di analisi esterne soprattutto per le primissime fasi preliminari.

5. Sviluppo del modulo di calcolo dei flussi e partire dalle condizioni orbitali e dalla configurazione geometrica.

6. Sviluppo di un add-on per la visualizzazione qualitativa dei risultati. Rivolto essenzialmente al supporto alle fasi preliminari.

Per quanto riguarda le finalita' concorsuali l'ipotesi e' di realizzare i punti 1, 2, 3 e 4, dipendendo lo sviluppo dei successivi dalle disponibilita' temporali e dalle difficolta'/esigenze di approfondimento riscontrate in corso d'opera.

E' anche possibile l'estensione trasversale di alcuni moduli per consentire l'aggancio con altre discipline, (gestione-distribuzione della potenza, telemetria, etc.) indirettamente legate al controllo termico, secondo la filosofia concorrente adottata.