Corso di Elettrotecnica V.O. Corso di Laurea di Ingegneria Aerospaziale a.a. 2001-2002

Effetti elettromagnetici della fulminazione di aeromobili

Prof. M.S. Sarto



The Aircraft became part of the lightning channel

• Fulminazione diretta: il fulmine colpisce direttamente l'aeromobile

 Effetti diretti: sono gli effetti distruttivi di natura termica e meccanica prodotti dall'iniezione della corrente di fulmine

 Effetti indiretti: sono gli effetti indotti dal campo elettromagnetico prodotto dalla corrente di fulmine sul sistema di cablaggio a bordo dell'aeromobile.

• Fulminazione indiretta: il fulmine non colpisce direttamente l'aeromobile

 Effetti indiretti: sono gli effetti indotti dal campo elettromagnetico prodotto dalla corrente di fulmine sul sistema di cablaggio a bordo dell'aeromobile.

Effetti indiretti della fulminazione diretta



Verify value of V and I induced by the lightning on the wires near the apparatus do not overcame the limit of immunity of the equipment compromising aircraft safety

Punti di ingresso e di uscita della corrente di fulmine



E' necessario definire i punti nei quali si verifica la **maggiore probabilità** di ingresso e di uscita della corrente di fulmine



5

La certificazione di un aeromobile agli effetti indiretti della fulminazione diretta può essere eseguita mediante prove sperimentali o mediante simulazioni.

Le tensioni indotte a vuoto e le correnti indotte in corto circuito alle porte della rete connesse ad apparati critici devono risultare inferiori (coefficiente di sicurezza pari a 3) dei limiti di immunità degli apparati stessi.

I limiti di immunità degli apparati sono forniti dal costruttore e verificati mediante prove e test standard EMC.

La predizione degli effetti indotti dalla fulminazione diretta mediante simulazione richiede:

• l'accurata modellizzazione dell'aeromobile e la definizione del modello equivalente digitale;

 il calcolo della distribuzione di campo elettromagnetico prodotto all'interno e all'esterno dell'aeromobile dalla fulminazione;

• il calcolo delle tensioni e correnti indotte nelle matasse di cavi a bordo dell'aeromobile, eccitati dal campo elettromagnetico irradiato dalla scarica.

MODELLO CAD CATIA

Il modello CATIA dell'aeromobile include tutti i dettagli geometrici interni ed esterni, le strutture interne principali, tutti gli apparati ed i percorsi dei cavi.





Dettaglio nacelle



DISCRETIZZAZIONE SPAZIALE

Dal modello digitale dell'aeromobile, si definisce la struttura discretizzata mediante una griglia spaziale con celle cubiche.



CALCOLO DELLA DISTRIBUZIONE DI CAMPO ELETTROMAGNETICO

- · Tecnica numerica FDTD (differenze finite nel dominio del tempo) per il calcolo della soluzione delle equazioni di Maxwell nel dominio 3D.
- Discretizzazione spaziale con celle cubiche di 10 cm.
- · Passo di discretizzazione temporale di 0.0167 ns.
- L'analisi dell'intero transitorio richiede milioni di iterazioni temporali.
- · Modelli per la simulazione di: materiali compositi multistrato (CFC, GFRP, honey-comb, etc.), alluminio (spessore di circa 1 mm - 2 mm), titanio, giunti tra parti in composito e in alluminio, fessure sottili, etc.

- Simulazione del canale di fulmine.
- · Forme d'onda standard:





10



RISULTATI NUMERICI – AEREO PEC











EFFETTI INDOTTI NELLE MATASSE DI FASCI DI CAVI



CARATTERISTICHE DELLA RETE DI CAVI A BORDO DEL C-27J

- La rete elettrica a bordo del C-27J è costituita da circa 12000-17000 cavi, raccolti in numerosi fasci (circa 300-500).
- Sono presenti diversi tipi di cavi: schermati, non schermati, con uno o più conduttori all'interno (fino a quattro), con due schermi metallici.
- I cavi sono classificati in base alla loro funzione EMC in: suscettibili, emittenti, radio-audio, data-bus, di potenza. Cavi della stessa tipologia sono raccolti in matasse mediante fascettatura in plastica, guaina di protezione meccanica in gomma termorestringente, schemo metallico.
- +La configurazione installativa delle matasse è complessa.

RETE Q-FEEL

It connects the *Q-FEEL Computer (ECU)*, placed near the tail cone (Rear Fuselage), to the *Trim Elevator Tail Control Panel*, Colour Multifunction Display, Avionics computers and Power supply of the C-27J aircraft.



Particolare cockpit di rete q-feel:



SCHEMA A BLOCCHI DI RETE Q-FEEL

Matasse emittenti







