

Progettare accessori connettori per la compatibilità elettromagnetica



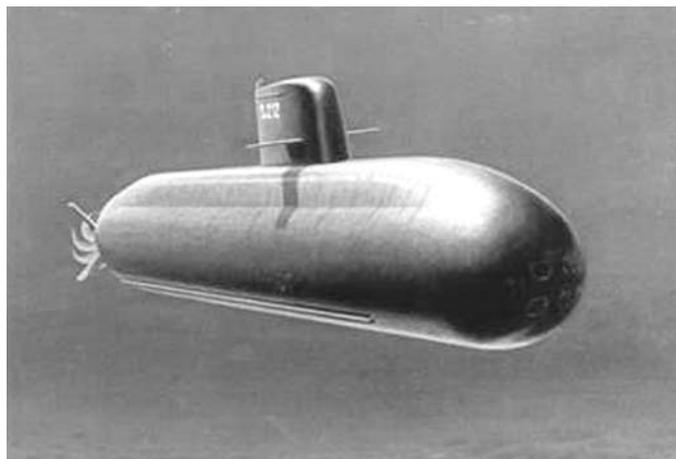
Sia gli aerei commerciali che quelli militari sono progettati e costruiti per sopportare le interferenze di una vasta gamma di campi elettromagnetici. Il rivestimento esterno di un aereo, così come le sue attrezzature elettroniche all'interno ed il cablaggio di interconnessione, sono tutti progettati per prevenire la penetrazione di segnali elettromagnetici di disturbo; sia quelli generati internamente che quelli emanati da fonti esterne.

Questo perché le interferenze elettromagnetiche possono condizionare tutto, dai sistemi di controllo del pilota automatico all'indicatore di carburante nella cabina, ed in casi estremi possono azzerare un sistema aeronautico di vitale importanza. Capire i pericoli potenziali delle interferenze elettromagnetiche e operare scelte oculate tra gli accessori connettori che schermano le EMI, è un elemento essenziale per tutti gli ingegneri e coloro che devono definire le specifiche dei componenti interconnessi.

Da dove giungono le EMI ?

Storicamente, le EMI sono un problema nella costruzione di velivoli a partire dagli anni 30, quando le condutture di ottone furono usate per la prima volta per schermare contro i motori e le accensioni magnetiche i cablaggi dei sistemi di comunicazione elettronici che erano da poco stati introdotti. Questo rumore elettromagnetico creato dall'uomo perché generato incidentalmente dai motori, dai generatori e da altri macchinari, si rivelò essere solo una delle tipologie di EMI che influenzavano l'operatività del velivolo.

Anche il rumore radio prodotto in natura dai disturbi atmosferici (incluso il fulmine) e da fonti extra-terrestri (come le macchie solari) può ridurre la resa delle apparecchiature elettroniche. Inoltre i segnali dei mezzi di comunicazione possono interferire con le operazioni di



I campi (magnetici) a bassa frequenza H possono essere generati da motori elettrici, cavi elettrici ed emettitori sub-sonici come il sonar di un sottomarino.

strumenti elettronici delicati. Per proteggere i sistemi aeronautici da questa tipologia di interferenze, gli emettitori di frequenze radio intenzionali (RF) come le radio CB, i giocattoli telecomandati ed i walkie-talky sono vietati sui voli delle compagnie commerciali. La maggior parte, ma non tutte, estendono il divieto alle radio portatili ed agli apparecchi TV.

Gli strumenti elettronici personali (PED) come i computer portatili, gli scanner a mano e i video giochi, pur non essendo emettitori intenzionali possono produrre segnali nella gamma di 1 MHz e possono perciò influenzare la resa delle apparecchiature aeronautiche. Dato che i cavi per la navigazione ed altri fili importanti scorrono lungo la fusoliera dentro al rivestimento dell'aereo, è naturale che ai passeggeri che sono seduti a scarsa distanza venga impedito l'uso indiscriminato di questi apparecchi.

Poiché il sottile strato di materiale dielettrico che forma l'interno del compartimento passeggeri (solitamente fibra di vetro) non offre alcuna schermatura possibile, e dato che i jet passeggeri commerciali contengono fino a 240 Km di cavi elettrici, è di vitale importanza che i passeggeri rispettino i regolamenti circa l'uso di apparecchi elettronici di disturbo.

Come se le molte fonti di EMI interne ed esterne non fossero una preoccupazione sufficiente, un altro enorme problema nell'aeronautica è la struttura stessa del velivolo, in alluminio, che in certe circostanze può agire da cassa di risonanza o come una serie in fase. In modo molto simile ad un'antenna satellitare, la struttura del velivolo può combinare sia gli effetti delle EMI esterne che di quelle interne, concentrando i segnali di passaggio e trasmettendo l'interferenza alla vicina strumentazione.

Definizione dei termini

Entro i primi anni 60, i problemi di interferenza si sono dilatati fino a comprendere l'intero spettro elettromagnetico. E' stata creata quindi l'abbreviazione EMI per descrivere l'interferenza elettromagnetica nel suo senso più generale. In pratica, tutti gli emettitori, i ricevitori e le bande di frequenza entrano a far parte di questa definizione. Di conseguenza, la definizione generale EMI include problematiche diverse come i circuiti ad anello a terra, i percorsi di impedenza male abbinati, l'abbinamento diretto del campo magnetico/elettrico (AC Hum), le scariche elettrostatiche (ESD), le emissioni condotte sulle linee elettriche e le emissioni irradiate da altre fonti.

Glossario delle sigle Elettromagnetiche

AC Hum -	Abbinamento diretto del campo elettrico/magnetico
EMI -	Interferenza elettromagnetica
RFI -	Interferenza da Radio Frequenza
EMP -	Pulsazione elettromagnetica
ESD -	Scarica elettrostatica
EMC -	Compatibilità elettromagnetica
HIRF -	Emissioni irradiate ad alta intensità
TEMPEST -	Standard di emanazione pulsante elettromagnetica transitoria



I campi (elettrici) ad alta frequenza E generati da sistemi ad alta potenza come i radar aeronautici ed i sistemi di puntamento missili possono causare interferenze a distanze enormi.

I termini compatibilità elettromagnetica e interferenza elettromagnetica sono usati in modo quasi intercambiabile: EMC descrive gli sforzi per controllare il problema creato dalle EMI. La Commissione Federale per le Comunicazioni (FCC) possiede regole che definiscono le emissioni permesse ed i livelli di suscettibilità delle apparecchiature commerciali. Le apparecchiature militari sono regolate dal MIL-STD 461 e dal MIL-STD 462 (riferimenti 4-10 e 4-11). Il MIL-STD 461 definisce i livelli di emissione e di suscettibilità permessi, sia condotti che irradiati. L'interferenza da frequenza radio (RFI) è una tipologia speciale di EMI in cui le trasmissioni a frequenza radio (di solito banda stretta) causano problemi non intenzionali al funzionamento delle apparecchiature. Questa interferenza può derivare da un'ampia gamma di fonti incluse linee elettriche, trasformatori, attrezzature mediche, pulsanti elettromeccanici e molti altri emettitori non intenzionali che possono produrre

energia RF. Nei sistemi di comunicazione comuni (non schermati), le RFI possono ridurre o azzerare completamente la qualità del segnale, la resa generale del sistema e la sua capacità di portata. Nella peggiore delle ipotesi, le RFI possono rendere un sistema elettrico del tutto non funzionale.

Un recente episodio a bordo di un aereo passeggeri commerciale illustra la capacità di RFI anche con frequenza bassa di disturbare i sistemi aeronautici. Nel Gennaio 1993, su un volo da Denver, Colorado, verso Newark, NJ, un velivolo perse tutti i giroscopi direzionali (strumenti elettromeccanici che indicano l'orientamento) ad altezza di crociera. Il capitano incaricò l'assistente di volo di attraversare tutta la cabina chiedendo ai passeggeri di spegnere i loro strumenti elettronici. L'assistente riferì che circa 25 passeggeri con radioline portatili stavano ascoltando una partita di spareggio dei

Denver Broncos e che inoltre un passeggero stava usando un computer portatile. Dopo due minuti dalla richiesta del capitano, i giroscopi erano tornati alla normalità. Più tardi durante il volo, diversi tifosi dei Broncos ripresero ad usare le radio di nascosto, e di nuovo i giroscopi direzionali smisero di funzionare correttamente.

Le HIRF, o emissioni irradiate di alta intensità (chiamate anche emissioni radio ad alta intensità) indicano le emissioni dei radar, microonde, trasmettitori radio e TV, ed altri potenti sistemi di comunicazione. Ci si è interessati delle HIRF come possibile causa dell'incidente del volo TWA 800, che pare fosse in prossimità di un certo numero di navi quando precipitò inespugnabilmente. La FAA ha emesso un Bollettino Standard di Volo riguardante i campi irradiati ad alta intensità. Questo bollettino afferma che l'interferenza elettromagnetica ad alta energia può condurre al disturbo nei sistemi di navigazione e comunicazione degli apparecchi aerei ed alla perdita di velivoli e vite.

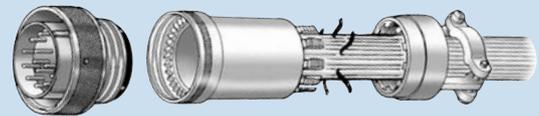
TEMPEST è l'abbreviazione di Standard di Emanazioni Pulsanti Elettromagnetiche Transitorie. Funziona da specifica sia per le apparecchiature da computer che per descrivere il processo con cui si impediscono le emanazioni pericolose da parte di apparecchiature elettroniche. Il fatto che i computers, le stampanti e le macchine da scrivere elettroniche emettano onde elettromagnetiche è sempre stato una preoccupazione delle organizzazioni di intelligence. Un hacker che usa attrezzature normalmente acquistate ha la capacità di controllare ed ottenere informazioni delicate o riservate mentre vengono elaborate, senza che l'utente sia consapevole di alcuna perdita. Per contrastare questa vulnerabilità, il governo degli USA da tempo esige che le apparecchiature usate per l'elaborazione di informazioni riservate siano schermate per ridurre o eliminare le emanazioni transitorie. Questo si ottiene normalmente schermando lo strumento (o a volte una stanza, o un intero edificio) con rame o altri materiali conduttori.

Quando le EMI incontrano l'aeronautica

Le bande di frequenza usate nei sistemi aeronautici utilizzano uno spettro elettromagnetico che spazia da pochi Kilohertz a diversi Gigahertz. All'estremità bassa, la Navigazione Omega, che viene usata per stabilire la posizione di un velivolo entro una rete di trasmettitori a terra, opera nella fascia di frequenza da 10 a 14 Khz. I Tracciatori Onnidirezionali (VOR) sono radiofari usati nella navigazione punto a punto. Lavorano da 108 a 118 MHz.

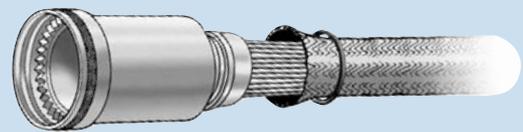
Modelli di serracavi EMI/RFI

Serracavi ad anello Glenair TAG®



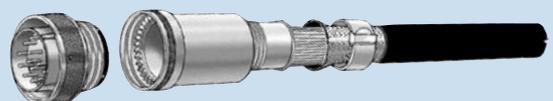
Il serracavo ad anello Glenair TAG® offre un metodo unico ed affidabile per terminare i fili schermati individualmente.

Terminatori Raychem Tinel-Lock®



La Glenair offre il metodo di terminazione Raychem Tinel-Lock®. Il calore applicato fa sì che l'anello in lega si contragga, collegando la schermatura al serracavo in modo permanente.

Sistema di Terminazione Band-It®



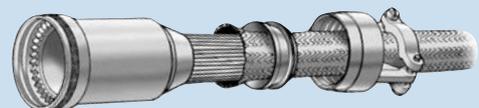
Il profilo unicamente basso ed il diametro interno liscio della fascetta di morsettatura Band-It® eliminano virtualmente le perdite EMI, fornendo terminazioni schermate affidabili e riparabili.

Sistema di Terminazione Magnaform®

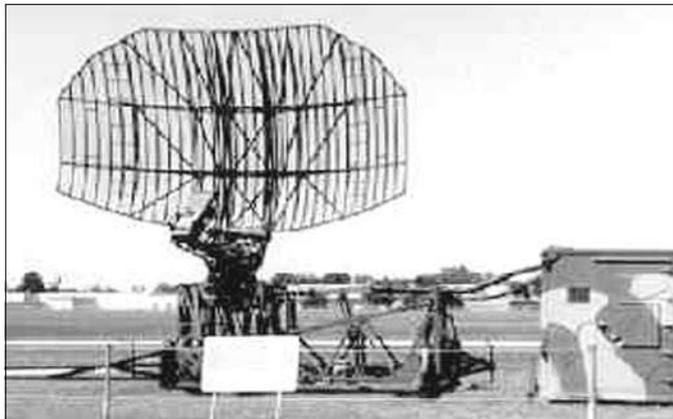


I Sistemi di terminazione Magnaform® della Glenair vengono ottenuti applicando una potente forza elettromagnetica per formare anelli di terminazione metallici sui raccordi di serracavo di schermature per cavo intrecciato.

Serracavi ad anello conico



I Serracavi ad anello conico EMI/RFI della Glenair sono progettati per fornire una terminazione schermata affidabile assicurando la schermatura sotto pressione tra un serracavo a forma conica ed un anello di messa a terra.



Le Emissioni Radiate ad Alta Velocità, come quelle indotte dai radar e dalle stazioni di collegamento a microonde possono creare disturbi nei sistemi di comunicazione e navigazione.

I Sistemi Glideslope usati durante gli atterraggi operano nella fascia dai 328 ai 335 MHz. Le Attrezzature per Misurare le Distanze (DME), che valutano la distanza tra il velivolo ed i trasponder a terra, operano appena sopra 1 GHz. Sempre nello spettro sopra 1 GHz sono i Sistemi di Posizionamento Globale, quelli contro le collisioni, ed i sistemi radar di controllo atmosferico della cabina di pilotaggio.

Le Apparecchiature Elettroniche Personali (PED) operano ad una frequenza da 10 a 15 KHz per le radio AM, e fino a 400 MHz per i computer portatili. Se si tengono presenti le armoniche superiori di questi segnali, le frequenze emesse coprono quasi l'intera fascia delle frequenze di navigazione e comunicazioni usate sui velivoli, ed i PED sono solo una tipologia di emettitori EMI. Se si prende in considerazione l'intero spettro degli altri emettitori EMI irradiati e condotti, è chiaro che l'intero sistema delle apparecchiature elettroniche a bordo di velivoli commerciali e militari è a rischio EMI.

Il fatto che tutta l'attrezzatura aeronautica ed il cablaggio (che è di vitale importanza per il funzionamento dei velivoli commerciali e militari) siano schermati contro le EMI suscita un'interessante domanda: come fanno esattamente le EMI, ad esempio le RFI della radio di un passeggero, a permeare il sistema?

In molti casi la ragione è semplicemente la schermatura inadeguata, o una schermatura che si è danneggiata durante la manutenzione, o degradata a causa della corrosione, in modo che la resistenza della connessione elettrica con la terra sia aumentata. Una schermatura efficace dipende da una buona messa a terra, ogni resistenza aggiuntiva nel sistema (per esempio in un serracavo corrosivo o in un anello di crimpatura della terminazione

della schermatura installato male) può consentire ai fili di raccogliere direttamente i segnali di interferenza.

I velivoli con le antenne di navigazione e comunicazione posizionate all'esterno del loro rivestimento possono ugualmente raccogliere EMI radiate attraverso i finestrini dei passeggeri o altre aperture non schermate. Il percorso delle RFI dal PED di un passeggero sarebbe, in questo esempio, fuori dalla finestra, di nuovo all'interno dell'aereo tramite un'antenna non protetta o sensibile alle RFI, poi direttamente nel ricevitore di navigazione, nel computer del pilota automatico ed altre apparecchiature aeronautiche.

Gestire le EMI

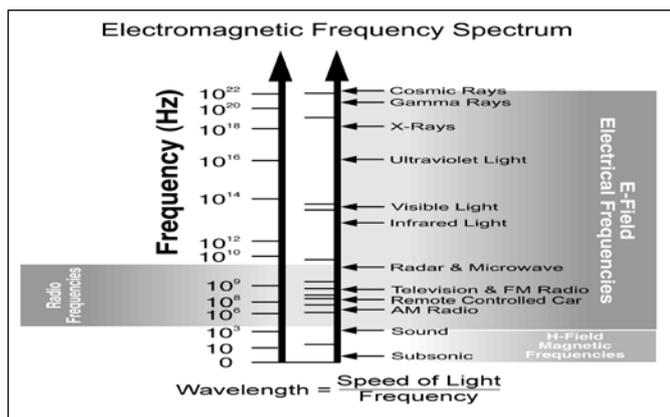
Una schermatura adeguata delle apparecchiature aeree deve prevenire sia la suscettibilità irradiata (quando l'interferenza esterna influisce sul buon funzionamento dei macchinari) che sulle emissioni irradiate (la misura in cui l'apparecchiatura stessa crea onde elettromagnetiche che influiscono sul suo funzionamento). In entrambi i casi, le tecniche per gestire le interferenze includono la riflessione totale del segnale, la riduzione dei punti di ingresso nelle schermature delle apparecchiature e dei cavi, l'assorbimento delle interferenze in materiali permeabili e successiva dissipazione come calore, o il condurre le EMI lungo il rivestimento dell'apparecchiatura/cavo e portarle a terra.

In termini pratici, il controllo delle EMI si ottiene placcando i rivestimenti degli involucri e delle schermature dei cavi, aumentando la densità (o spessore) del materiale di schermatura, o eliminando i punti di ingresso visibili attraverso cui le onde elettromagnetiche possono penetrare o sfuggire.

La frequenza del segnale di interferenza è vitale quando si progetta una schermatura efficace. Le onde magnetiche a bassa frequenza nella fascia da 1 a 30Khz, per esempio, vengono efficacemente schermate assorbendo i segnali con materiale permeabili. I segnali ad alta frequenza (da 30 KHz in su) vengono efficacemente schermati riducendo le finestre d'ingresso ed assicurando un'adeguata conduttività di superficie alla terra. Nelle applicazioni interconnesse, i fili e i cavi sono solitamente schermati ponendo un materiale conduttore tra il cavo conduttore ed il suo rivestimento esterno, oppure coprendo i singoli conduttori entro un cavo con materiale di schermatura. Lo scopo di tale schermatura è quello di catturare le EMI e portarle a terra, oppure di dissiparle come calore.

Le schermature devono inoltre essere terminate in modo efficace al serracavo del connettore affinché le radiazioni non entrino nel sistema a livello dell'interfaccia serracavo/connettore/schermatura ed annullino lo scopo della schermatura.

Gli accessori per la terminazione della schermatura di un cavo sono disponibili in una vasta gamma di modelli e strutture. L'efficacia relativa di ogni tipologia, e quindi dell'intera schermatura, può essere misurata con un test di impedenza trasferita. Questa è la misura assoluta della resa di una schermatura più ampiamente accettata. Viene usata per valutare la resa della schermatura contro le scariche elettrostatiche e le emissioni radiate a fasce di frequenza che arrivano fino ad 1 GHz. Questo metodo è consigliato dalla Commissione Elettrotecnica Internazionale e dai militari.

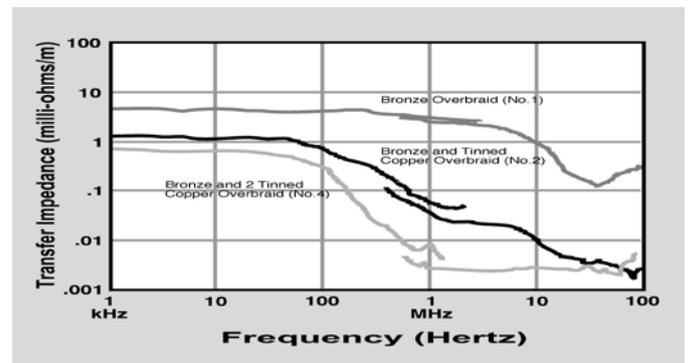


Soluzioni di schermatura

La schermatura si effettua in un'ampia gamma di configurazioni. Ognuna possiede vantaggi da considerare quando si scelgono i metodi più efficaci e convenienti per ogni particolare applicazione. I materiali più comuni includono:

Schermature intrecciate: Sono efficaci nel minimizzare le interferenze a bassa frequenza nelle fasce audio e RF. La riduzione delle EMI dipende dall'ampiezza e dalla frequenza del segnale in relazione a combinazioni di densità di intreccio, diametro dei fili, e materiale dell'intreccio. Generalmente, maggiore è la copertura dell'intreccio, più è efficace la schermatura. I materiali includono rame stagnato, rame nickelato e ferro/rame stagnato, oltre a materiali ibridi come il Kevlar metallizzato (Aracon®).

Schermatura a lamina: realizzata con fogli di alluminio di solito laminati con una pellicola di poliestere o



Questo test di impedenza di trasferimento illustra come ad alta frequenza la schermatura migliori aggiungendo strati multipli di schermature in rame stagnato alle condotte centrali in metallo realizzate dalla Glennair.

polipropilene. Questa schermatura fornisce una copertura al 100% dei cavi o dei componenti, migliorando la protezione contro le emissioni radiate e l'ingresso alla frequenze audio e radio. Viene comunemente usata per schermare singole coppie nei cavi multiconduttori.

Tubo protettivo a nucleo metallico: questo tubo protettivo a forma elicoidale fornisce protezione EMI in tutti i campi di radiazione e tutte le frequenze, ed è l'ideale per le comunicazioni TEMPEST ed altre applicazioni che riguardino apparecchiature sensibili e livelli intensi di EMI. I materiali disponibili comprendono l'ottone, il ferro/nickel e l'acciaio inossidabile. La conduttura viene spesso richiesta con rivestimenti di gomma e sovratrecce di rame placcato.