

# Disturbi e interferenze

Informazioni per comprendere meglio il nemico e cercare di limitarne al massimo l'intrusione nei sistemi di misura e controllo di processi industriali

■ di FABIO ANDREOLLI

**S**pesso i fenomeni transitori dovuti a disturbi e interferenze elettromagnetiche E.M.I. (Electro Magnetic Interference) vengono scambiati per "fantasmi di impianto": ad esempio, dei lavori in corso non direttamente associabili al funzionamento del sistema di automazione possono creare disturbi indotti alle apparecchiature con anomalie di funzionamento (misure che "ballano") o guasti irreversibili (alimentatori bruciati, isolatori interrotti ecc.). La causa è spesso ricercabile in apparecchiature collegate temporaneamente alla rete di terra (saldatrici) o collegate abusivamente a utenze alimentate da linee dedicate e privilegiate (trapani, lampade a scarica, piccoli compressori, radioline, tv portatili, rasoi) o installate nei pressi di apparecchiature ad alta induzione con riscontri solo in particolari ma sistemati momenti (ad esempio in fase di avviamento) o errati accoppiamenti di cavi con isolamento/tensioni di funzionamento diverse, o fenomeni atmosferici (scariche temporalesche, tempeste di sabbia).

Disturbi e interferenze elettromagnetiche creano così un degrado delle prestazioni o un funzionamento intermittente o difettoso nelle apparecchiature di misura e controllo nei processi industriali, generando disservizi d'impianto, guasti apparenti e situazioni di rischio non controllabili. L'industria è molto attiva nello sforzo di ridurre sempre più le emissioni di interferenze e di aumentare l'insensibilità delle apparecchiature a questi disturbi in ogni loro forma e manifestazione, alla ricerca della reciproca compatibilità elettromagnetica detta E.M.C. (Electro Magnetic Compatibility).

Le interferenze EMI possono entrare in una apparecchiatura di misura e controllo per conduzione, accoppiamento o irradiazione.

L'interferenza viene condotta dalla linea di segnale, dai conduttori di antenna, dai conduttori

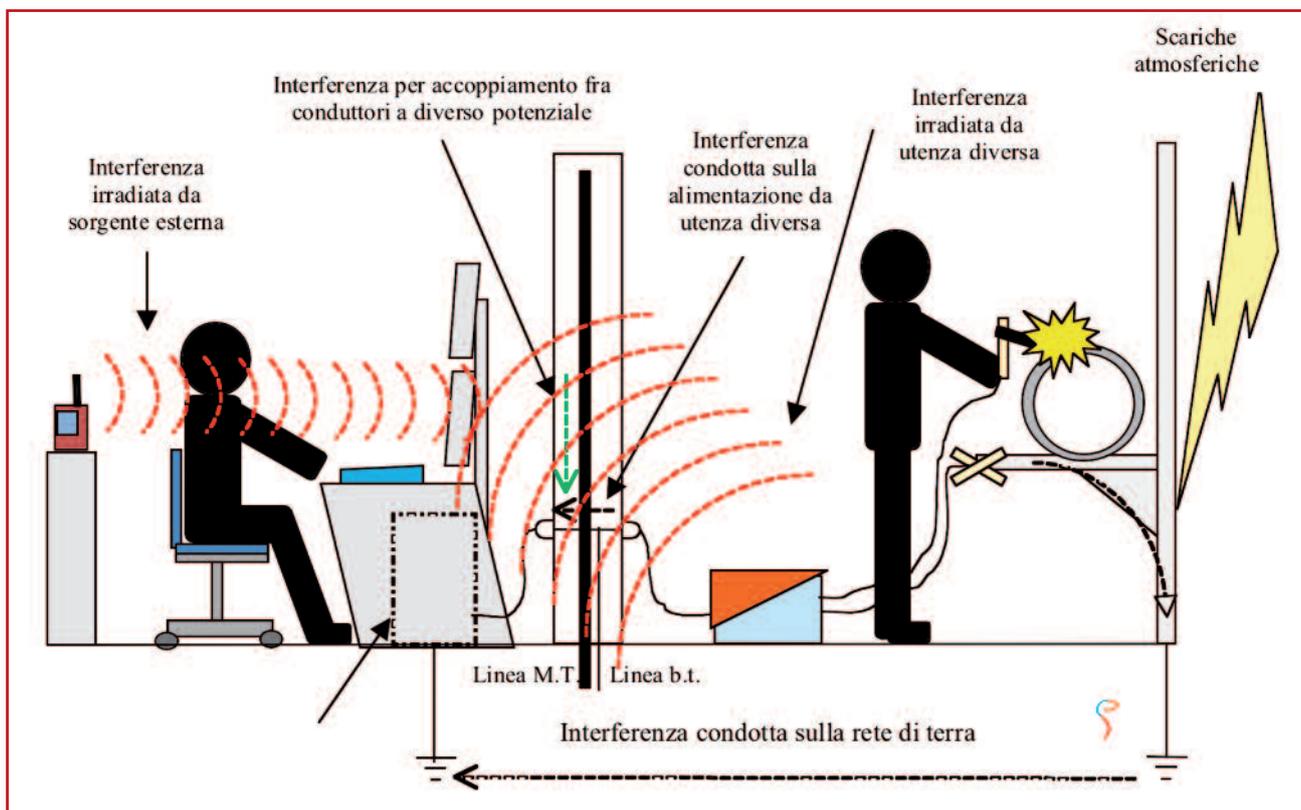
di alimentazione e anche attraverso i collegamenti di massa e di terra. Avviene invece per accoppiamento quando si verifica fra componenti, circuiti o apparecchiature che presentano una mutua impedenza, a seguito della quale correnti o tensioni presenti in un circuito possono determinare la generazione di correnti o tensioni in un altro circuito.

La mutua impedenza può essere di tipo conduttivo, capacitivo, induttivo o una combinazione di questi. L'accoppiamento di tipo conduttivo si manifesta come interferenza di modo comune attraverso un ritorno di massa fra due circuiti. Analoga interferenza può essere provocata da accoppiamento capacitivo fra due circuiti che non sono di fatto collegati fra loro. L'accoppiamento induttivo può invece esistere fra due circuiti che abbiano elementi auto induttivi, se fra loro esiste mutua induttanza.

Le interferenze vengono irradiate attraverso aperture di ogni specie nei contenitori degli apparati elettrici o elettronici, come fori di ventilazione, di accesso, di passaggio cavi, di allocazione strumenti, attorno agli spigoli delle porte, dei cassetti, dei pannelli, attraverso le zone di imperfetta saldatura dei contenitori.

Possono essere anche irradiate da conduttori che partono da generatori e captate da altri conduttori che entrano nei dispositivi.

Nella Figura 1 si è cercato di indicare esempi di disturbi condotti sul cavo di alimentazione e di terra (sotto forma di tensione tra i 2-3 kV in intervalli di tempo da 10 a 100 nanosecondi), disturbi per accoppiamento fra conduttori in tensione e isolamenti diversi e disturbi irradiati (sotto forma di onde elettromagnetiche), come quelli emessi dalla saldatrice e dalla radio trasmittente (in questo caso è meglio classificare il fenomeno, se compreso tra 10 kHz e 30 GHz, come Radio Frequency Interference – RFI), o da scariche



▲ **Figura 1:** Esempi di disturbi e interferenze

atmosferiche (con transitori fino a 6 kV in intervalli da 1 a 50 microsecondi).

È importante notare come le interferenze condotte e per accoppiamento siano dovute all'insufficiente rispetto di regole di installazione, mentre le interferenze irradiate provengono da sorgenti involontarie; in tutti i casi, per evitare ciò, occorre un margine di sicurezza fra l'intensità del segnale desiderato e quello dell'interferenza.

## ■ METODI E ACCORGIMENTI PROTETTIVI

Idealmente le apparecchiature di misura e controllo dovrebbero essere alloggiare in un'area specifica e ben distante da tutte le sorgenti di disturbo.

La miniaturizzazione delle apparecchiature, con la crescente possibilità di installarle prossime al processo da controllare per ottimizzarne i tempi di risposta, la disponibilità e l'affidabilità, richiede invece che oggetti immuni, o meglio tolleranti, e basse emissioni convivano al meglio.

Negli ultimi anni, la crescita dell'applicazione e della diffusione delle apparecchiature conformi alle direttive comunitarie sia EMC sia bassa tensione hanno risolto molti dei vecchi problemi propri e intrinseci delle apparecchiature. Per non vanificare questi sforzi è importante che queste siano ben integrate e ben installate sugli impianti.

Un elemento importante come il collegamento di terra, solitamente impiegato come dispersore di EMI, è da considerarsi a sua volta un collettore e conduttore di EMI.

Gli impianti di terra sono prevalentemente destinati a soddisfare le esigenze di sicurezza e funzionamento dei sistemi generatori e utilizzatori di energia elettrica, e in funzione di questi sono regolati e normati. Anche le apparecchiature di misura, controllo e automazione sono spesso necessariamente collegate a terra; trattandosi però di sistemi che per il loro funzionamento interno impiegano circuiti a correnti deboli, devono essere compatibili per suscettibilità con i disturbi che possono essere indotti o generati sulla connessione di terra; ricordiamo che in molte apparecchiature elettroniche funzionanti in corrente continua lo 0 Volt è collegato alla massa e questa a sua volta viene collegata a terra.

Inoltre le apparecchiature di misura e controllo sono dotate generalmente di filtri soppressori sulla alimentazione principale che possono costituire fonte di pericolo per difetto di isolamento verso gli operatori.

Nei sistemi di misura e controllo è importante pertanto separare le reti di terra in una di sicurezza (messa a terra di una parte conduttrice, non destinata ad essere attiva, con lo scopo di proteggere le persone dai contatti diretti) e una di funzionamento (messa a terra di un punto del circuito attivo richiesta per il corretto funzionamento degli impianti e dei relativi componenti elettrici) e curare i sistemi di alimentazione impiegando fonti privilegiate.

L'eventuale schermo elettrostatico fra primario e secondario del trasformatore di separazione deve essere connesso alla rete di terra di sicurezza.

### Principali raccomandazioni per le alimentazioni:

- impiegare alimentatori solo marcati CE e da enti terzi (evitare le autocostruzioni);
- dimensionare gli alimentatori con almeno il 30% di riserva;
- separare le alimentazioni dei circuiti elettronici da quelle di contattori, elettrovalvole ecc.;
- non impiegare alimentazioni derivate da autotrasformatori;
- impiegare UPS.

### Principali raccomandazioni per cavi e collegamenti.

- impiegare cavi con conduttori a coppie ritorti;
- impiegare cavi schermati.

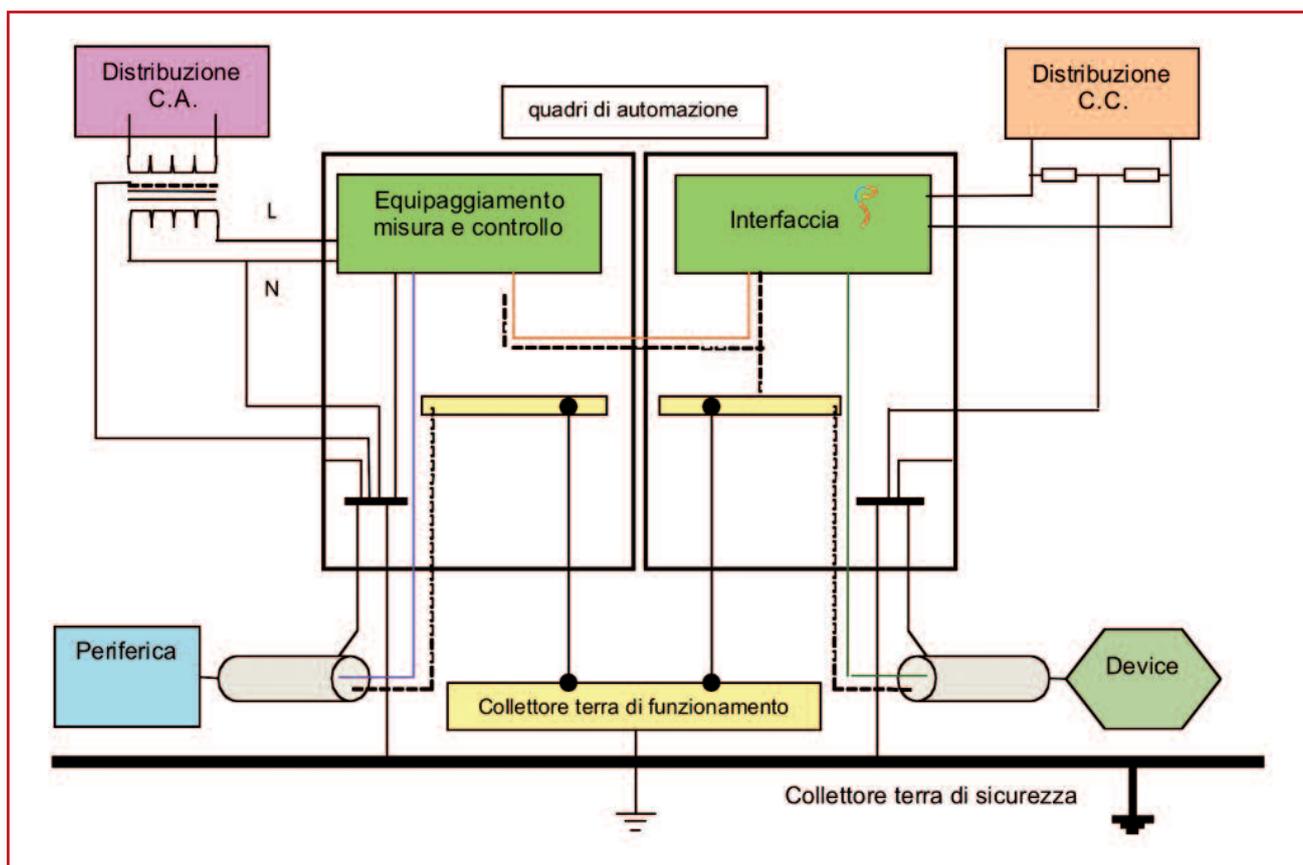
### Raccomandazioni di posa:

- separazione a distanze di rispetto se non segregazioni tra conduttori di segnale, alimentazioni in corrente sia alternata sia continua;
- percorsi cavi distanti e incrociati da condotti sbarra e cavi media e alta tensione;
- percorsi cavi distanti e schermati da generatori, motori e soprattutto azionamenti.

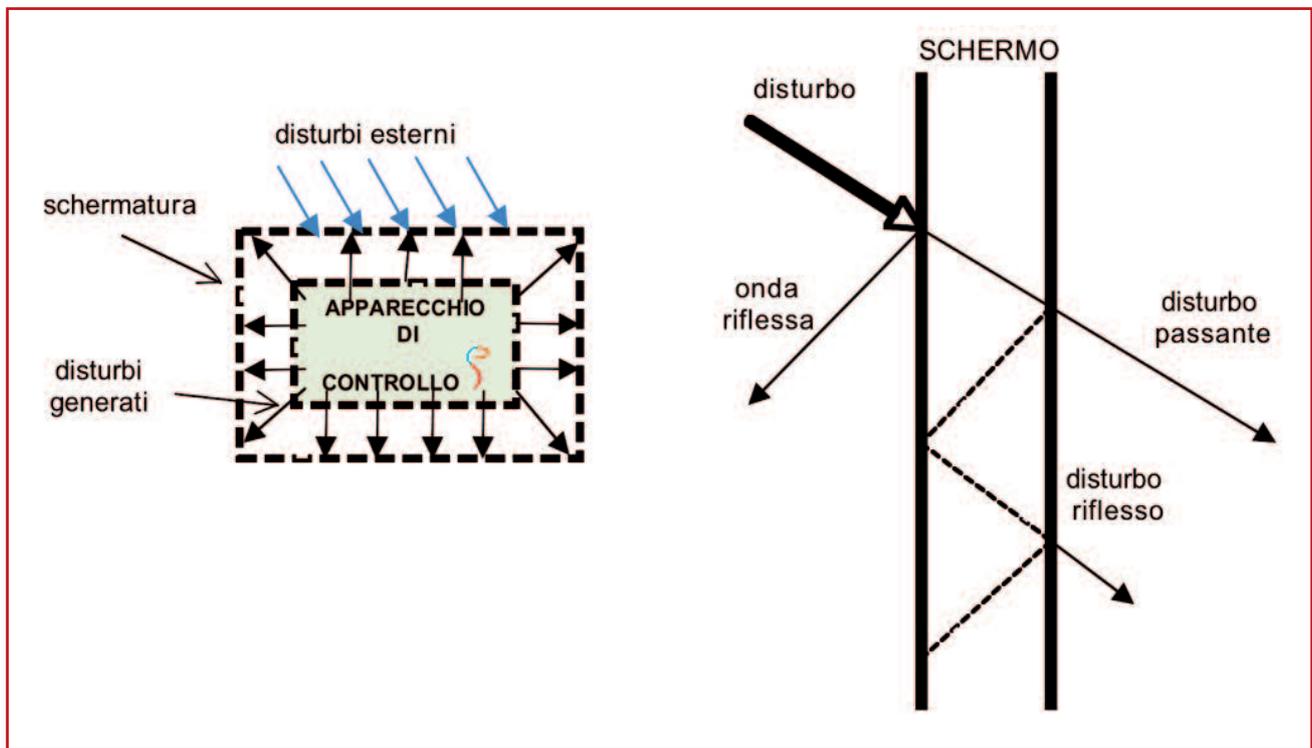
### Collegamento di terra:

- cavi di alimentazione, in corrente sia continua sia alternata, terminati a entrambe le estremità;

- cavi di segnale analogico, terminati a un sola estremità;
- cavi digitali o di segnale digitale, con frequenze inferiori a 10 MHz (esempio Profibus PA), devono essere collegati a terra solo nella parte terminale mentre se uguali o superiori a 10 MHz (esempio Profibus DP), devono essere posti a terra il più possibile in più punti;
- cavi di segnale in radiofrequenza, se lunghi meno di 1/8 della lunghezza della frequenza, vanno terminati in un punto solo; se più lunghi devono essere posti a terra nel maggior numero di punti possibile;
- pick up e sensori induttivi, schermo a terra da una parte e un conduttore collegato allo 0 Volt da entrambe le parti;
- cavi di riserva, in area sicura possono essere solo posati e anche collegati a terra, mentre in area pericolosa si sconsiglia la posa delle sole predisposizioni (supporti, staffe, ancoraggi ecc.) per installazioni future, in modo da favorire la verifica di quanto installato ed evitare che le riserve soggette a campi elettromagnetici diventino fonti di pericolo;
- cavi coassiali, devono essere sempre terminati con la loro impedenza caratteristica e lo schermo connesso a terra;
- barriere a sicurezza intrinseca attive e passive come da manuale del costruttore;



▲ Figura 2: Sistema di terra e di alimentazione privilegiata in configurazione tipica per sistema di automazione



▲ **Figura 3:** Efficacia della schermatura

- le terminazioni devono essere sempre franche, saldate o imbullonate con puntali ad anello.

#### **Apparecchiature:**

- la resistenza misurata fra apparecchiature alloggiato nello stesso contenitore (quadro, consolle, pannello, scatole) non deve essere mai superiore a 0,01 Ohm;
- tutte le guaine, conduit e canale metalliche devono essere sempre collegate a terra;
- tutte le parti mobili, come ante, porte e coperchi, devono essere collegate a terra;
- il collettore di terra all'interno di ciascun quadro di automazione deve essere di almeno 75 mm<sup>2</sup>, tutti i collettori devono essere collegati fra di loro con cavo da almeno 35 mm<sup>2</sup>
- inserimento di filtri sulle linee di alimentazione (con particolare precauzione per alimentazioni trifase, considerando che possono causare sbilanci verso terra con la formazione di EMI a bassa frequenza);
- impiegare ove possibile interfacce con adeguate separazioni galvaniche (relè, optoaccoppiatori ecc.) tra il sistema di controllo e lato campo e soppressori (diodi Zener, varistori ecc.).

#### ■ **SCHERMATURE**

La funzione fondamentale di una schermatura elettromagnetica è quella proteggere dai disturbi irradiati esterni ma anche di trattenere gli eventuali disturbi emessi dall'apparecchiatura.

Una schermatura funziona principalmente grazie a una combinazione di riflessioni e assorbimenti del campo elettromagnetico a cui è sotto-

posta e all'effetto di soppressione indotto dal disturbo che attraversa lo schermo; essa produce una circolazione di corrente che genera un secondo campo, che si oppone al disturbo riducendolo di intensità. L'efficacia totale di una schermatura si esprime in dB (decibel) ed è data dalla somma dell'attenuazione di penetrazione, della perdita di riflessione e della attenuazione addizionale causata dalle successive riflessioni interne allo spessore dello schermo.

Questo spiega perché, aumentando gli spessori e impiegando materiale con conducibilità e permeabilità diversa, l'efficacia di una schermatura aumenta. Le migliori schermature si ottengono quando queste riescono ad avvolgere l'apparecchiatura da proteggere con il minor numero di punti di discontinuità attraverso i quali il disturbo potrebbe riuscire a penetrare.

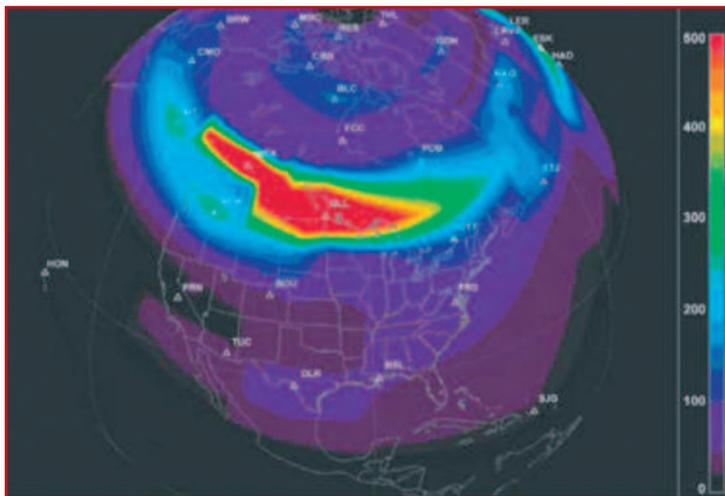
Per gli impianti, assumendo che tutte le apparecchiature impiegate rientrino in quanto richiesto dalle direttive riguardo alle emissioni, è importante l'adozione di cavi schermati (con calze o fogli) per le correnti di segnale, e in particolare di termocoppie.

Un ulteriore accorgimento può essere quello di dotare di lamine elastiche di contatto le parti mobili dei quadri più esposti a campi elettromagnetici, per garantire la continuità metallica e ridurre così la massima apertura di un valore inferiore a 1/100 dell'onda di frequenza del disturbo.

#### ■ **SCARICHE ELETTROSTATICHE**

I fenomeni delle cariche e conseguenti scariche elettrostatiche E.S.D. (Electro Static Discharge),

▼ **Figura 4:** Foto satellitare che riproduce il fenomeno HEMP verificatosi in Canada nel 1989



avvengono principalmente per due cause. Nella causa più comune, gli operatori si caricano in ambienti secchi per poi scaricarsi direttamente sui sistemi alla prima occasione.

Nel secondo caso, la possibile causa sono invece schede elettroniche, cavi, componenti metallici di macchine rotanti che – caricati per strofinio o induzione – sono scaricati a terra dal contatto temporaneo della mano di un operatore o da un'altra struttura metallica.

L'operatore si comporta, in prima approssimazione, come un condensatore della capacità da 100 a 250 pF che in serie a una resistenza, localizzata principalmente tra i piedi dell'operatore e il pavimento, con una tensione fra i 5 e i 25 kV, si scarica verso il sistema, all'avvicinarsi o al tocco, in un tempo tra i 5 e i 20 nanosecondi, con una intensità di corrente fino a 50 A, innescando un arco e una energia in grado di danneggiare irrimediabilmente molti componenti delicati come quelli elettronici.

Esistono numerose prescrizioni per limitare il fenomeno specie in laboratori e sale controllo, a partire dall'eliminazione di rivestimenti dei pavimenti (tipo moquette) e incluso l'obbligo di impiegare vestiario e calzature antistatiche, mentre nelle installazioni schermi e calze collegate a terra limitano questi fenomeni.

Ricordiamo che queste precauzioni sono obbligatorie in ambienti classificati pericolosi nel rispetto della Direttiva ATEX.

### ■ SORGENTI NATURALI

Le sorgenti naturali di interferenze elettromagnetiche sono generalmente a larga banda di frequenza.

Le scariche temporalesche sono la fonte maggiore di rumore naturale distribuito da 5 kHz a 50 MHz; segue il rumore solare, in condizioni di sole calmo, con frequenze superiori a 30 GHz e con bande di forte intensità a 300 MHz, che durante il periodo di macchie solari aumenta di

10.000 volte. Vi è poi il rumore di fondo di origine cosmica e stellare.

Tutte queste interferenze solitamente coinvolgono gli apparati di telecomunicazione determinandone prestazioni diverse anche in orari diversi del giorno e della notte.

In conclusione citiamo le EMI con effetti più devastanti, generate da una esplosione nucleare o da tempeste geomagnetiche a quote extra-atmosferiche (ionosfera/esosfera, cioè oltre i 500 Km), chiamate HEMP (High-altitude Electro Magnetic Pulse).

Questi fenomeni, di origine indotta, come per gli esperimenti nucleari condotti in quota negli anni '60, o naturali, come l'eccezionale tempesta verificatasi nel Nord America 20 anni fa, irradiano su vastissime aree un impulso *far field* con tasso di variazione di molti kV/ns che eccitano contemporaneamente cavi e antenne e che possono provocare il collasso dei sistemi di controllo dell'energia e delle telecomunicazioni.

Nel primo caso il fenomeno era stato indotto appositamente per studi scientifici a scopi militari; la ripetibilità dello stesso e gli studi immunitari sono mirati a fini strategici, prevalentemente per la realizzazione di ambienti sotterranei in cemento armato circondati da gabbie di Faraday.

Il secondo caso, grazie alle tecnologie satellitari disponibili, ha permesso di comprendere i motivi di fuori servizio della rete di distribuzione dell'energia nel stato del Quebec nel marzo del 1989; da allora tali argomenti sono diventati attività normativa del sottocomitato IEC SC 77C (EMC: High Power Transient Phenomena).

### ■ BIBLIOGRAFIA

- IEC/TS 61000-1-2: Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 1-2: General - Methodology for the achievement of the functional safety of electrical and electronic equipment with regard to electromagnetic phenomena.
- IEC/EN 61326: Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements:
  - Part 3-1: Immunity requirements for equipment performing or intended to perform safety related functions (functional safety) - General industrial applications;
  - Part 3-2: Immunity requirements for equipment performing or intended to perform safety related function (functional safety) - Industrial applications with particular EM environment.

### ■ AUTORE

Dott. Fabio Andreolli – Delegato del Collegio dei Periti Industriali e dei Periti Industriali Laureati di Milano presso il Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) al SC65A – Aspetti di Sistema.