

STUDIO DI IEM

Questo documento si propone di indicare sinteticamente, a valle di un riepilogo di cosa si intenda con Interferenza Elettromagnetica (nel seguito IEM) cosa deve contenere uno studio di IEM, perché un tale studio è necessario e quando tale studio deve essere redatto.

1 Concetti chiave relativi alla IEM

Partiamo dalla esplicitazione di alcuni concetti chiave relativi alla IEM: i primi cinque sono concetti tecnici, gli ultimi due sono gestionali.

Il **primo** concetto, tecnico, è il seguente.

La IEM è un fenomeno fisico, più propriamente elettromagnetico, per il quale un impianto elettrico cosiddetto "a correnti forti" (ad es. una linea elettrica per trasporto di energia in alta tensione, una linea ferroviaria elettrificata) genera tensioni e correnti indesiderate su strutture metalliche "a correnti deboli" posizionate sul territorio in forma lineare (ad es. una linea di telecomunicazione su portante metallico, una tubazione metallica). Il fenomeno non si manifesta in corrente continua (frequenza 0 Hz) ma solo in corrente alternata.

Con riferimento alla IEM è opportuno introdurre la nomenclatura usata nel seguito.

Un impianto (a correnti forti) è denominato impianto inducente se effettivamente genera IEM su almeno un impianto indotto, così come è definito impianto indotto quello (a correnti deboli) che effettivamente subisce la IEM da almeno un impianto inducente. Non c'è impianto inducente senza almeno un impianto indotto, e viceversa: i concetti inducente-indotto viaggiano accoppiati.

Il **secondo** concetto, tecnico, è il seguente.

La IEM si manifesta sull'impianto indotto in concomitanza sia del funzionamento normale dell'impianto inducente sia del funzionamento anomalo dell'impianto inducente (tipicamente una condizione di guasto). Nel primo caso si manifesta una IEM permanente o di lunga durata con carattere preminentemente deterministico, nel secondo caso una IEM di breve durata con carattere probabilistico.

La IEM è generata non già a causa della mera esistenza dell'impianto inducente, ad esempio se questo è "spento" non si ha alcuna IEM, bensì a causa di "eventi" sull'impianto inducente come sopra indicato. Tenere presente ciò aiuta anche a meglio comprendere il terzo concetto più avanti indicato.

Il **terzo** concetto, tecnico, è il seguente.

Occorre ben chiarire cosa sia un impianto, indotto o inducente, dal punto di vista tecnico ai fini di uno studio di IEM. E' quell'insieme di conduttori che presentano un'unità operativa indivisibile a fronte degli eventi sull'impianto. Alcuni esempi chiariscono il concetto.

L'impianto unitario "linea elettrica" è l'insieme di tutti conduttori che interconnettono due sottostazioni elettriche (nei casi usuali: oppure tre o più sottostazioni, in casi particolari).

Chiaramente i conduttori di fase, tra loro elettricamente connessi nelle SSE tramite i trasformatori, non sono connessi direttamente alle funi di guardia (sono però con essi elettromagneticamente accoppiati). Ma, se consideriamo un guasto monofase a terra che si manifesti in punto qualsiasi della linea, constatiamo che tutti i conduttori di fase e tutte le funi di guardia e tutti i tralicci, per tutti i tratti tra le due (o più) SSE, sono coinvolti nella circolazione di corrente originata dal guasto.

L'impianto unitario "linea ferroviaria" è l'insieme di tutti i conduttori tra due isolamenti consecutivi della linea di contatto.

Le rotaie sono alcuni dei conduttori della linea ferroviaria.

L'impianto unitario "tubazione o rete di tubazioni" è l'insieme di tutti i tratti di tubazione tra loro elettricamente connessi (e separati da altre tubazioni attraverso giunti isolanti). Normalmente corrisponde a quello che è denominato Sistema di protezione catodica.

L'impianto unitario "linea di telecomunicazione interurbana" è l'insieme dei conduttori che connettono due o più centrali interurbane.

L'impianto unitario "linea di telecomunicazione urbana" è l'insieme dei conduttori che uscendo entro un unico cavo da una centrale urbana connettono questa con una molteplicità di utenti.

Non solo i fili metallici che veicolano le comunicazioni ma anche le guaine metalliche dei cavi sono conduttori della linea di telecomunicazione.

Appare logico che ciascun impianto debba essere considerato nella sua specificità, interezza e globalità per esigenze di documentazione. Ma, soprattutto, deve essere considerato nella sua interezza e globalità per esigenze di calcolo: l'accoppiamento induttivo deve necessariamente considerare gli interi tratti degli impianti coinvolti che presentano continuità elettrica.

Il quarto concetto, tecnico, è il seguente.

In dipendenza del valore che tensioni e correnti indotte assumono e della loro durata si possono manifestare sugli impianti indotti effetti di IEM, deleteri, di vario tipo: pericolo di elettrocuzione (shock elettrico) per persone in contatto con l'impianto indotto, danni all'impianto indotto (comprendendo apparati elettrici/elettronici connessi all'impianto), danni per corrosione in corrente alternata delle tubazioni metalliche, disturbi delle informazioni trasmesse dalle linee di telecomunicazione, malfunzionamento di apparecchiature elettriche o elettroniche connesse all'impianto indotto. In altri termini: attraverso il fenomeno della IEM sono generate sull'impianto indotto tensioni e correnti indesiderate, quantificabili con calcoli e/o misure, che sono denominati "i risultati dell'IEM", ma solo se tali tensioni e correnti hanno valore superiore a determinati livelli gli effetti di IEM si manifestano. Si suole sintetizzare la condizione di esistenza di IEM, e dunque di risultati di IEM, ma assenza di effetti con la dizione "la situazione di IEM è accettabile".

Il quinto concetto, tecnico, è il seguente.

L'ammontare delle tensioni e correnti indotte dipende da vari parametri che possono essere suddivisi in tre famiglie: i parametri elettrici e geometrici (tracciato) dell'impianto inducente, i parametri elettrici e geometrici dell'impianto indotto, i parametri del territorio in cui gli impianti inducente ed indotto sono ubicati (resistività elettrica del terreno).

Il **sesto** concetto, gestionale, è il seguente.

Immaginiamo di "fotografare" in un qualsiasi istante la situazione di IEM di tutti gli impianti inducenti ed indotti in esercizio sul territorio: la corretta situazione deve necessariamente essere quella caratterizzata dal fatto che sono in esercizio esclusivamente impianti indotti sui quali non si manifestano effetti di IEM ovvero, in maniera speculare, che sono in esercizio solo impianti inducenti che non generano effetti di IEM.

In altri termini: devono necessariamente essere in atto solo situazioni di IEM accettabili.

Il **settimo** concetto, gestionale, è il seguente.

La responsabilità, anche con risvolti economici, di una IEM è in capo all'impianto che, entrando in esercizio, va a modificare una situazione di IEM accettabile, indipendentemente dal fatto che sia un impianto inducente o indotto. In sostanza vale il principio di priorità, pertanto chi viene secondo detiene la responsabilità delle modifiche che apporta ad una situazione di IEM.¹

Gli elementi economici sono essenzialmente due: a) il costo dello studio di IEM da eseguire; b) il costo dei provvedimenti di mitigazione di cui lo studio, se il caso lo richiede, documenta la necessità.

Riteniamo fondamentali i concetti sopra esposti in quanto da essi discende, in maniera pressoché automatica, la risposta alla domanda "Quando è necessario redigere uno studio di IEM?" e in quanto intervengono nel definire il contenuto dello studio di IEM.

Prima di procedere appare però necessario chiarire cosa è uno studio di IEM.

2 Cosa è uno studio di IEM

Uno studio di IEM è una relazione tecnica, relativa ad un impianto potenzialmente inducente o ad un impianto potenzialmente indotto, che documenta che ad una certa data la IEM associata a quell'impianto - IEM generata se lo studio è relativo ad un impianto inducente, IEM subita se lo studio è relativo ad un impianto indotto - non dà luogo a effetti di IEM.

Si sottolinea che uno studio di IEM deve necessariamente documentare l'assenza di effetti di IEM, essendo questi, per definizione, non tollerabili da un impianto indotto: una corretta

¹ Il Decreto D.L. n° 259 del 1 agosto 2003 *Codice delle comunicazioni elettroniche* fornisce un'indicazione circa i risvolti economici connessi con l'eliminazione degli effetti di IEM: purtroppo tale indicazione è espressa in termini ambigui, suscettibili di diverse interpretazioni, non solo quella che qui abbiamo indicato. Per un'analisi più dettagliata si veda il documento "Legislazione su IEM" disponibile sul sito web www.intelma.it.

progettazione degli impianti deve necessariamente far sì che non si manifestino effetti di IEM ovvero che viga una situazione di IEM accettabile.

3 Infrastrutture critiche per una nazione

Con il termine infrastruttura critica si intende un sistema la cui distruzione, interruzione o indisponibilità anche parziale o momentanea ha l'effetto di indebolire in maniera significativa l'efficienza, il funzionamento e la sicurezza normale di un Paese.

Svariate sono le infrastrutture critiche di una nazione. Nell'ambito di questo documento sulla IEM notiamo che le quattro tipologie di impianti fondamentalmente coinvolti nella IEM, ovvero:

- 1) linee elettriche ad alta tensione per il trasporto di energia (potenzialmente inducenti);
 - 2) linee ferroviarie elettrificate in corrente alternata (potenzialmente inducenti);
 - 3) linee di telecomunicazione (potenzialmente indotte);
 - 4) tubazioni per il trasporto del gas naturale o altri gas/fluidi (potenzialmente indotte);
- sono tutte infrastrutture critiche.

Particolare attenzione deve essere prestata alle infrastrutture critiche indotte, in quanto la IEM rappresenta per esse un fenomeno in grado di dar luogo alla distruzione, alla interruzione o alla indisponibilità anche parziale o momentanea (oltre a mettere in pericolo la sicurezza delle persone, elemento che non attiene il concetto di infrastruttura critica).

Il concetto di infrastruttura critica, da molto tempo conosciuto in termini generali, è stato formalizzato solo in tempi abbastanza recenti.

In particolare si ricorda che l'8 dicembre 2008 il Consiglio dell'Unione Europea ha emanato la *Direttiva 2008/114/CE relativa all'individuazione e alla designazione delle infrastrutture critiche europee e alla valutazione della necessità di migliorarne la protezione*. Con il D. Lgs n. 61 dell'11 aprile 2011 l'Italia ha recepito la direttiva 2008/114/CE. Il decreto legislativo è entrato in vigore il 5 maggio 2011 a seguito della pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale (GU n. 102 del 4 maggio 2011).

4 Perché è necessario redigere uno studio di IEM

Alla luce di quanto indicato nei capitoli precedenti appare evidente che una struttura indotta deve essere progettata al fine di assicurare con ragionevole certezza che l'IEM generata su di essa da tutte le strutture inducenti non la renda vulnerabile e che una struttura inducente deve essere progettata al fine di assicurare con ragionevole certezza che tutte le strutture indotte poste nelle vicinanze non siano da essa rese vulnerabili.

La "storia" dell'IEM, che nasce agli inizi del 20° secolo insieme con il nascere delle linee di telecomunicazione, delle linee elettriche e delle linee ferroviarie elettrificate in corrente alternata, indica che le problematiche di IEM relative a tali strutture sono attentamente esaminate a partire da quegli anni: il fatto che l'argomento IEM sia da allora oggetto di documenti tecnici e Raccomandazioni dell'ITU ne è la prova.

Solo a partire da anni molto più recenti anche le reti di tubazioni metalliche per il trasporto di gas naturale o altri fluidi/gas, in seguito all'aumento dell'ampiezza e dell'importanza di queste reti, alla loro evoluzione tecnologica e ad un'accresciuta sensibilità progettuale sono oggetto di studi di IEM.

La storia conferma che i buoni progettisti hanno sempre progettato le infrastrutture critiche, anche quando non erano individuate con questo nome, utilizzando criteri di progettazione, quanto meno per gli aspetti di IEM, tali da ridurre il più possibile la vulnerabilità delle infrastrutture indotte.

Come ben si comprende da quanto sin qui esposto, la necessità di eseguire lo studio di IEM non è dettata da alcuna norma o legge: è semplicemente una necessità progettuale. Il fatto che esistano leggi che impongono di eseguire studi di IEM in determinate situazioni, non aggiunge nulla a quanto richiesto da una corretta progettazione: se il legislatore ritiene, per alcune tipologie di impianti e per alcune situazioni, di imporre l'effettuazione dello studio di IEM crediamo che intenda solo sottolineare la necessità dello studio di IEM valutando gravi, e dunque da evitare assolutamente, le ripercussioni economiche e sociali che gli effetti di IEM possono avere.

5 Quando è necessario redigere uno studio di IEM

Poiché sul territorio deve sempre essere in vigore una situazione di IEM accettabile, appare necessario eseguire uno studio di IEM ogni volta che si prospetta una possibile variazione di tale situazione, ovvero quando:

- a) un nuovo impianto, potenzialmente inducente o indotto, deve essere messo in esercizio;
- b) un impianto esistente, potenzialmente inducente o indotto, deve subire modifiche che coinvolgono parametri che hanno influenza sulla IEM, quali la configurazione elettrica e il tracciato.

Tutto ciò significa che devono esistere studi di IEM che, nel loro complesso, riguardano tutti gli impianti potenzialmente inducenti e tutti gli impianti potenzialmente indotti in esercizio e che tali studi devono dimostrare l'accettabilità di tutte le situazioni di IEM esistenti. Se così non fosse, il quadro globale di IEM non sarebbe sotto controllo, nel senso che non vi sarebbe la certezza che vigano esclusivamente situazioni di IEM accettabili: dunque potrebbero esistere situazioni potenzialmente pericolose per le persone e/o per le cose, in palese contrasto con le esigenze di non vulnerabilità di strutture critiche per una nazione.

6 Cosa deve contenere uno studio di IEM

Uno studio di IEM deve fornire evidenza che effetti di IEM non si manifestano, o, in altri termini, che la situazione di IEM è accettabile. Il contenuto e la dimensione dello studio dipendono dalla situazione di IEM in cui è coinvolto lo specifico impianto a cui lo studio si riferisce.

Un esempio estremo è quello di un impianto potenzialmente indotto che non ha nessun impianto inducente (le Norme di IEM definiscono le condizioni per le quali un impianto potenzialmente inducente debba essere considerato realmente inducente per un dato impianto potenzialmente indotto). In tal caso lo studio si limita a documentare che alla data di messa in

esercizio dell'impianto potenzialmente indotto nessun effetto di IEM si manifesta su di esso per assenza di impianti inducenti. Occorrono certamente poche frasi e nessun calcolo per documentare ciò: è sufficiente copia della richiesta di informazioni circa eventuali impianti inducenti indirizzata ai gestori di codesti impianti e risposta di costoro che escludono la presenza di impianti inducenti. Caso speculare si presenta quando un impianto potenzialmente inducente non ha alcun impianto indotto.

Il caso che si presenta più spesso è però quello di esistenza di impianti inducenti e di impianti indotti. Lo studio deve in tal caso contenere valutazioni di IEM finalizzate a documentare che non si manifestano effetti di IEM, ovvero che la situazione di IEM è accettabile.

Devono essere studiate le IEM generate in corrispondenza di due condizioni dell'impianto inducente: normale esercizio e condizione di guasto.

Che occorra un'analisi relativa al normale esercizio appare ovvio. Occorre però considerare che la configurazione elettrica di un impianto inducente in normale esercizio non sempre è univoca e non necessariamente è costante nel tempo: non esiste cioè un'unica configurazione di funzionamento normale (si pensi ad esempio alla circolazione dei treni in una linea ferroviaria a doppio binario e alla conseguente configurazione elettrica): è necessario assumere una ipotesi di funzionamento che allo stesso tempo sia di funzionamento normale e sia peggiorativa in termini di IEM in modo da studiare la peggiore situazione che può presentarsi in funzionamento normale. Si noti che in tal modo uno studio che di primo acchito appare come di tipo deterministico comprende in realtà anche un aspetto probabilistico.

E' fondamentale sottolineare che i risultati di IEM su un impianto indotto in condizione di normale funzionamento degli impianti inducenti devono tener conto della contemporanea esistenza di tutti gli impianti inducenti: solo la conoscenza dei risultati globali di IEM permette di valutare se la situazione di IEM in condizione di normale funzionamento è accettabile.

Che occorra poi anche un'analisi in condizione di guasto è forse meno ovvio, ma è perfettamente in linea con l'esigenza di garantire la non vulnerabilità dell'impianto indotto anche a fronte di eventi con scarsa probabilità di verificarsi. Si ricorda che in maniera assolutamente simile esistono strutture per le quali si applica la progettazione antisismica e la progettazione antifulmine, ovvero progettazioni che considerano anch'esse eventi con scarsa probabilità di verificarsi, quali un terremoto o un fulmine.

Una ipotesi fondamentale circa la condizione di guasto è che si trovi in tale condizione un singolo impianto inducente per volta: in altri termini si considera trascurabile la probabilità di avere contemporaneamente più di un impianto inducente in condizione di guasto.

Infine lo studio di IEM deve comprendere la progettazione di adeguati provvedimenti di mitigazione (usualmente da porre in opera sull'impianto indotto): ovviamente questa parte dello studio di IEM è presente solo nel caso in cui l'analisi della configurazione iniziale degli impianti dovesse evidenziare l'esistenza di una situazione di IEM inaccettabile. A valle del progetto dei provvedimenti di mitigazione è possibile quantificare il loro costo e il costo della loro installazione, che sono posti a carico dell'impianto ultimo arrivato che genera la modifica della situazione di IEM.

Va da sé che lo studio di IEM deve essere eseguito secondo la regola dell'arte, deve essere completo nell'indicare i dati su cui si basa, i risultati che si ottengono dai calcoli di IEM, le conclusioni che se ne traggono.

7 Ruolo delle Norme di IEM

Nella stesura di uno studio di IEM il ruolo svolto dalle Norme di IEM è importante per i seguenti due aspetti:

- a) le Norme definiscono le condizioni per le quali due impianti costituiscono una coppia inducente-indotto, almeno per la gran parte dei casi, riferiti a condizioni normali: per situazioni particolari niente può sostituire la competenza del progettista;
- b) le Norme definiscono le condizioni per le quali, a calcoli effettuati, la situazione di IEM debba considerarsi accettabile. Le Norme infatti definiscono i limiti da rispettare, concordati tra le parti coinvolte: per codesto aspetto il ruolo delle Norme è assolutamente fondamentale e insostituibile.

Appare dunque necessario che il corpus normativo relativo alla IEM sia completo e gestibile senza difficoltà dai progettisti e, in generale, dalle parti coinvolte nella IEM. Oggi purtroppo così non è²: in attesa di un auspicato aggiornamento del corpus normativo acquista maggiore importanza la competenza del progettista.

8 Cooperazione tra le parti coinvolte in uno studio di IEM

La cooperazione tra le parti coinvolte è di fondamentale importanza per una corretta soluzione di problemi di IEM.

A fronte della gravità dei possibili effetti di IEM, esistono innanzitutto per le parti alcune responsabilità che devono essere assunte. Il proprietario di un impianto non solo non può rifiutarsi di fornire alla controparte tutte quelle informazioni circa il proprio impianto che hanno attinenza con la IEM ma detiene la responsabilità di fornire informazioni veritiere. Certamente il considerare la fornitura di codeste informazioni come una faticosa modalità di cooperazione piuttosto che un fastidioso obbligo di cui si farebbe volentieri a meno rappresenta un approccio proattivo. Le suddette informazioni sono essenziali per eseguire lo studio di IEM³.

Considerato poi che lo scopo di uno studio di IEM è quello di attestare che la situazione di IEM studiata è accettabile, appare ovvio che l'accettabilità è una conclusione sulla quale devono convenire le parti coinvolte. Ciò è valido in generale e, a maggior ragione, quando l'accettabilità dipende dall'attuazione di provvedimenti di mitigazione che devono necessariamente essere "validati" dal proprietario dell'impianto sul quale tali provvedimenti sono posti in opera e non certo semplicemente "imposti" dalla controparte.

² Si veda il documento "Le Norme di IEM", disponibile sul sito web www.intelma.it che presenta i molteplici motivi per i quali il quadro normativo relativo alla IEM è oggi carente e suggerisce proposte per l'aggiornamento, almeno per gli elementi fondamentali.

³ Fornire alla controparte informazioni complete e in tempi ragionevoli è un modo per attuare la cooperazione.

Ove non fosse sufficiente la logica a rendere evidente la necessità di cooperazione e condivisione ricordiamo che le Norme la richiedono esplicitamente⁴.

Appendice *Alcuni commenti circa il contenuto dello studio di IEM*

Sulla base della nostra esperienza riteniamo opportuno aggiungere alcune considerazioni riguardanti la competenza dei progettisti.

Una Norma di IEM non è un libro di testo dal quale una persona tecnicamente ignorante dell'argomento IEM possa imparare. In generale una Norma riporta solo dati o informazioni, espresse con dizioni concise, che rappresentano il frutto di decisioni assunte dagli esperti che hanno elaborato la Norma, ma non indica la filosofia che ne sta alla base: le affermazioni espresse dalla Norma rischiano di essere in alcuni casi misteriose o addirittura fonte di equivoci o malintesi per chi non conosce le basi tecniche dell'argomento. Abbiamo purtroppo verificato l'esistenza di studi di IEM che testimoniano come i redattori comprendano a mala pena la Norma di IEM che citano come riferimento negli studi e nulla più. Certamente può accadere che la conclusione a cui giunge uno studio redatto in maniera impropria sia giusta, per esempio che la situazione di IEM è accettabile. Ma una tale conclusione potrebbe essere raggiunta anche lanciando una moneta con le facce "accettabile-inaccettabile" e verificando che la faccia visibile dopo la caduta è "accettabile", ma non si può certo ritenere che questo metodo sia un valido strumento ingegneristico.

Situazione ancor più grave è quella che pure abbiamo riscontrato più d'una volta, ove anziché eseguire studi di IEM alcuni eseguono studi relativi alla protezione delle persone dai campi elettromagnetici, facendo riferimento alle Norme che trattano codesto problema, il quale è diverso e nulla ha a che fare con la IEM⁵.

2a versione: maggio 2021

Questa versione approfondisce ed estende alcuni elementi della precedente.

⁴ Si vedano, ad esempio, gli art. 4 e 11 della Norma CEI EN 50443 e l'art. 8.3 della Recommendation K.68 dell'ITU-T

⁵ *Se, per motivi di riservatezza, non possiamo citare gli studi non corretti di cui siamo a conoscenza, possiamo viceversa indicare che uno studio condotto con questa modalità errata è contenuto nel documento SIA-07 visibile a tutti sul sito <http://www.va.minambiente.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/1353/1711>, relativo alla Centrale Eolica Offshore di Brindisi.*