

Sicurezza ed efficienza energetica degli impianti elettrici a norma CEI

A cura di Cristina Timò – Direttore tecnico CEI



Nel suo secondo secolo di vita, il Comitato Elettrotecnico Italiano - CEI continua, attivo più che mai, nella sua opera di elaborazione di norme tecniche di guide applicative alle norme stesse su argomenti di rilevanza per l'utenza nazionale. Questa attività è da sempre coordinata con le disposizioni legislative in vigore quali Testo unico sulla sicurezza del lavoro (DLgs 81/08 e DLgs 106/09), Installazione di impianti (DM 37/08), Verifiche impianti (DPR 462/01): infatti il contenuto dei loro disposti fa riferimento alle norme tecniche come strumenti idonei a realizzare la regola dell'arte.

In questo ambito, il primo dei due articoli del presente dossier tratta la protezione degli impianti elettrici di bassa tensione contro le sovratensioni atmosferiche e illustra il contenuto della sezione dedicata ai limitatori di sovratensione (SPD) inserito nella variante 2 della Norma CEI 64-8. E' un tema delicato perché si finisce, inevitabilmente, di sconfinare nella materia oggetto della Norma CEI EN 62305:2006 (CEI 81-10), che tratta della protezione dalle scariche atmosferiche delle strutture. Proprio per questo, la variante rimanda spesso alle suddette norme e, per una corretta scelta ed installazione degli SPD, è inevitabile che l'utente si riferisca non alla sola CEI 64-8/V2:2009, ma all'intero complesso delle norme suddette. In definitiva, la prima analisi che l'utente deve eseguire per determinare la necessità dell'installazione dei limitatori di sovratensione è la valutazione del rischio dovuta al ful-

mine, sia in relazione alla fulminazione diretta, sia per la fulminazione indiretta della struttura. L'analisi del rischio è pertanto l'oggetto del secondo articolo in cui si mette in evidenza l'importanza di come la serie di Norme CEI EN 62305:2006 (CEI 81-10) consenta la valutazione della necessità della protezione, l'individuazione delle misure di protezione quali gli SPD, il loro dimensionamento e posizionamento e come software dedicati possono aiutare a inquadrare questo delicato problema.

Altri due approfondimenti si riferiscono agli aspetti normativi della progettazione degli impianti elettrici nelle strutture ospedaliere e nei locali ad uso medico e assimilati. In tale ambito, è inoltre trattato il tema della prevenzione degli incendi: infatti, le situazioni di emergenza dovute al fuoco in tali strutture non devono, per quanto possibile, minacciare la continuità di esercizio delle prestazioni ospedaliere essenziali. Questo obiettivo viene raggiunto con una corretta applicazione di riferimenti di legge, quali il DR 246/93 (Direttiva prodotti da costruzioni) e DM 18/09/2002, e le norme e guide CEI applicabili, come la relazione dei rappresentanti del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco mette in evidenza.

L'altro contributo illustra il contenuto della sezione della norma CEI 64-8:2007, dedicata ai locali ad uso medico mettendo in evidenza le prescrizioni normative necessarie da adottare in questi ambienti, dove il paziente è sicuramente più vulnerabile. Completa l'articolo uno

sguardo alle prescrizioni normative richieste ad ambienti simili ai locali medici, quali gli ambulatori veterinari e i locali dove si svolgono trattamenti estetici mediante apparecchi elettromedicali.

In aggiunta al tema della sicurezza elettrica, che gli organismi di normazione internazionali ed europei trattano da "sempre", si aggiungono nuovi scenari di studio e di intervento. E' questo il caso dell'efficienza energetica che gioca ormai un ruolo fondamentale in questi periodi di costi energetici sempre più elevati. E' stimato che un miglioramento immediato e coordinato con interventi su tutte le attuali fonti implicherebbe una riduzione del 78% delle emissioni di CO2 nel 2020 e il contributo del settore elettrico è di rilievo (stimato attorno al 35%-40%).

Il tema del miglioramento delle prestazioni energetiche degli impianti elettrici è pertanto oggetto dell'ultima relazione del dossier: viene quindi illustrato, con esempi, come una scelta oculata di componenti elettrici in sistemi di produzione, trasmissione, distribuzione e utilizzo dell'energia elettrica possano portare consistenti riduzioni di consumi. Infine la progettazione con adozione di opportuni sistemi di automazione applicati alla gestione di edifici dotati di impianti progettati opportunamente, con riferimento agli strumenti normativi oggi disponibili, permette di affrontare il tema dell'uso razionale dell'energia in modo strutturato e sinergico.

Aggiornamenti normativi per la protezione contro le sovratensioni

A maggio 2009 è stata pubblicata la variante V2 alla norma CEI 64-8, relativa agli impianti utilizzatori in bassa tensione. I principali argomenti trattati dalla variante possono essere riassunti come segue:

- protezione contro le sovratensioni provenienti dall'impianto elettrico;
- impianto di terra;
- locali ad uso agricolo o zootecnico;
- fiere mostre e stand.

Tra questi, il tema per il quale la norma introduce i contenuti più rilevanti è il primo, e su questo sarà incentrata la presente memoria; saranno discussi, in particolare, gli schemi di inserzione degli SPD nell'impianto utilizzatore, in funzione del sistema elettrico di distribuzione, dei dispositivi di protezione contro le sovracorrenti e contro la folgorazione installati nell'impianto.

Saranno inoltre illustrati i criteri di scelta degli SPD in relazione al livello di protezione U_p , alla tensione di servizio continuativa U_c , alla corrente nominale di scarica (I_n) e alla corrente di Impulso (I_{imp}).

Protezione contro le sovratensioni

Il tema della protezione contro le sovratensioni è trattato dall'attuale norma CEI 64-8:2007 alla sezione 443 – Protezione contro le sovratensioni – mentre nella sezione 534 – Dispositivi di protezione contro le sovratensioni – si indicava che tale argomento era "allo studio".

In generale, quando si parla di sovratensioni su un impianto elettrico si fa riferimento sia alle sovratensioni di origine atmosferica, sia alle sovratensioni cosiddette "di manovra", cioè, ad esempio, quelle che possono essere originate dall'intervento delle protezioni di linea in seguito ad un guasto lontano. La norma CEI 64-8:2007 tuttavia non tratta di queste ultime (sono "allo studio" anch'esse) ed aggiunge, peraltro, che, da valutazioni statistiche, esse non sono da ritenersi pericolose nella maggior parte dei casi.

Le sovratensioni di cui si tratterà sono quindi solamente le sovratensioni di origine atmosferica.

Qui il tema si fa un po' delicato perché si finisce, inevitabilmente, di sconfinare nella materia oggetto della serie di norme CEI EN 62305:2006 (CEI 81-10) ed anche, un po', in quella delle norme del CT 37 – Limitatori di sovratensione, in particolare a Rapporto Tecnico CLC/CEI 61643-12.

Proprio per questo, la variante rimanda spesso alle suddette norme e, per una cor-

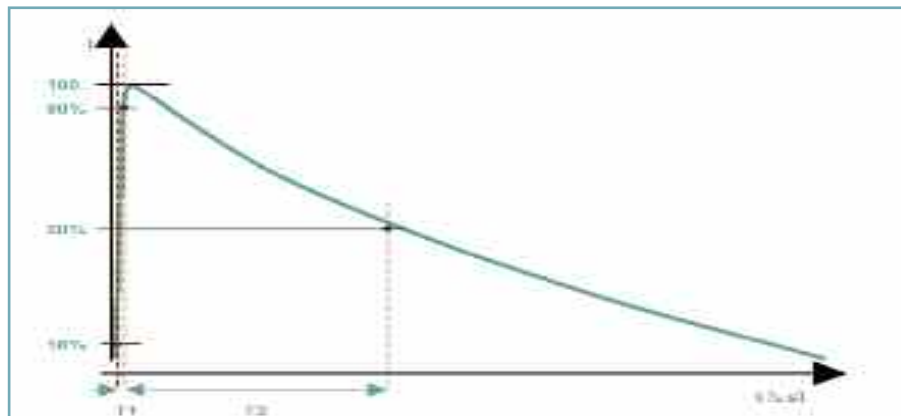


Fig. 1. Schematizzazione corrente di fulmine (forma d'onda 8/20 μs)

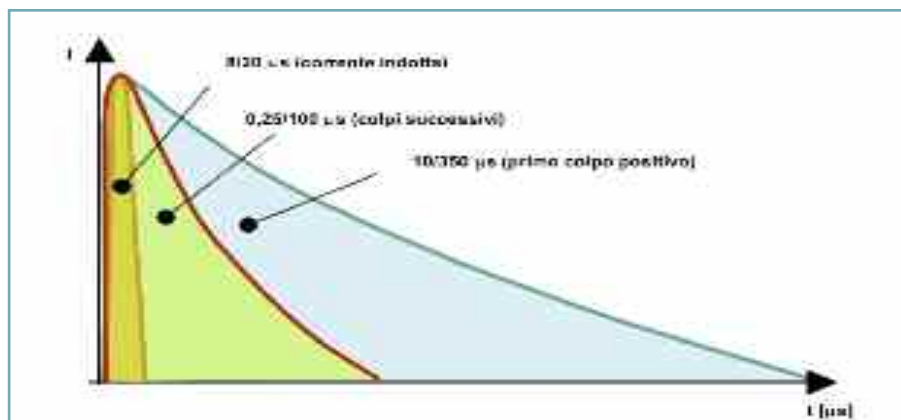


Fig. 2. Forme d'onda della corrente di fulmine

retta scelta ed installazione degli SPD, è inevitabile che l'utente si riferisca non alla sola norma CEI 64-8/V2:2009, ma all'intero complesso delle norme suddette.

In definitiva, la prima analisi che l'utente deve eseguire per determinare la necessità dell'installazione dei limitatori di sovratensione è la valutazione del rischio dovuta al fulmine, in conformità alla serie di norme CEI EN 62305 (CEI 81-10), sia in relazione alla fulminazione diretta, sia per la fulminazione indiretta della struttura, poi con l'aiuto della CEI 64-8/V2:2009, può decidere come e dove installare gli eventuali SPD.

Tipi di SPD

I limitatori di sovratensione (SPD – *Surge Protective Device*) hanno il compito di attenuare le sovratensioni che si possono manifestare sul circuito in seguito ad una scarica atmosferica (diretta o indiretta).

Le loro caratteristiche elettriche variano in funzione della tipologia costruttiva e del circuito su cui si devono impiegare. In comune hanno il seguente principio generale di funzionamento:

- in condizioni ordinarie (assenza di sovratensioni) presentano una elevata impedenza, così da essere attraversati da una corrente di dispersione (*corrente continuativa*

I_c) molto bassa o trascurabile;

- in presenza di una sovratensione l'impedenza assume un valore basso: l'SPD è attraversato dalla corrente associata alla sovratensione e mantiene ai suoi capi una tensione (U_{res}) relativamente ridotta;
- al termine della sovratensione l'SPD riacquista il valore di alta impedenza che aveva in condizioni ordinarie.

La corrente di fulmine può essere schematizzata con una forma d'onda impulsiva, caratterizzata da un fronte di salita e da un fronte di discesa, tipicamente meno ripido. La pendenza dell'impulso può quindi essere sommariamente descritta da due valori, in microsecondi (fig. 1):

- T1 che rappresenta il tempo di salita (dal 10% al 90% del valore di cresta);
- T2 che rappresenta il tempo di discesa (dal picco fino al 50% del valore di cresta).

Convenzionalmente, la norma utilizza le seguenti forme d'onda (fig. 2):

- 10/350 μs che rappresenta la corrente legata al primo colpo di un fulmine positivo;
- 0,25/100 μs che rappresenta la corrente legata ai colpi successivi;
- 8/20 μs che rappresenta la corrente associata alla sovratensione indotta in un circuito dalla corrente di fulmine.

Pertanto, una prima classificazione degli

SPD può essere fatta in base alla forma d'onda con la quale gli SPD sono provati e caratterizzati:

SPD di classe I

I dispositivi sono provati con la corrente di scarica nominale I_n (forma d'onda 8/20 μ s), con la tensione impulsiva 1,2/50 μ s e con la corrente impulsiva massima I_{imp} (forma d'onda 10/350 μ s);

Prove di classe II

I dispositivi sono provati con la corrente di scarica nominale I_n (forma d'onda 8/20 μ s), con la tensione impulsiva 1,2/50 μ s, e con la corrente di scarica massima I_{max} (forma d'onda 8/20 μ s);

Prove di classe III

I dispositivi sono provati con forma d'onda combinata (forma d'onda 1,2/50, 8/20 μ s). Tali SPD sono, in definitiva, caratterizzati dai seguenti principali parametri elettrici:

Corrente di scarica nominale, I_n

Valore di picco della corrente con forma d'onda 8/20 μ s usata per classificare (e precondizionare) l'SPD nella classe di prova I e II.

Corrente di scarica massima, I_{max}

Valore di picco della corrente con forma d'onda 8/20 μ s che l'SPD (classe di prova II) è in grado di sopportare senza danni almeno una volta.

Corrente impulsiva, I_{imp}

Valore di picco della corrente con forma d'onda 10/350 μ s usata per classificare l'SPD nella classe di prova I.

Tensione massima continuativa, U_c

Massimo valore della tensione efficace o continua che può essere applicata permanentemente per il modo di protezione dell'SPD. Detto valore è uguale alla tensione nominale dell'SPD.

Livello di protezione di tensione, U_p

Parametro che caratterizza la prestazione dell'SPD nel limitare la tensione tra i suoi terminali e che viene scelto in una lista di valori preferenziali. Questo valore deve essere superiore al valore più alto ottenuto nella misura delle tensioni di protezione.

Valore nominale d'interruzione della corrente susseguente, I_n

Massima corrente, fornita dal sistema di alimentazione elettrica, che fluisce attraverso l'SPD (spinterometro) a seguito di una corrente di scarica impulsiva e che il dispositivo è in grado di estinguere autonomamente. I limitatori di sovratensione possono essere distinti in tre categorie, in funzione del loro modo di funzionamento, a sua volta legato alla tipologia costruttiva:

- SPD a commutazione;
- SPD a limitazione;
- SPD di tipo combinato.

Gli SPD a commutazione sono caratterizzati da un'alta impedenza in assenza di sovratensioni (tale da presentare sostanzialmente una corrente di dispersione nulla quando non sono innescati), ma che può evolvere rapidamente (commutare, appunto) verso un basso valore d'impedenza in presenza di una sovratensione. Esempi comuni di componenti usati come dispositivi ad innesco sono spinterometri, spinterometri a gas, tiristori (raddrizzatori a diodi al silicio controllati) e triac. Questi SPD sono talvolta chiamati "di tipo crowbar".

In particolare, lo spinterometro è uno dei dispositivi ad innesco più utilizzati. Esso è schematicamente costituito di due elettrodi: in condizioni ordinarie la corrente che lo attraversa è praticamente nulla; quando la tensione raggiunge il valore di innesco del dispositivo, si produce una scarica tra gli elettrodi che riduce la tensione ai suoi capi alla tensione d'arco (poche decine di volt). E' possibile realizzare spinterometri in grado di reggere correnti molto elevate (decine di kiloampere) tuttavia la tensione di innesco di tali dispositivi (e quindi il valore di U_p) è relativamente elevata. Inoltre la tensione di innesco aumenta al crescere della pendenza della sovratensione applicata. Tale fenomeno, aggiunto ad una certa dispersione della caratteristica tensione di innesco/tempo, fa sì che l'intervento del dispositivo non sia molto preciso.

Infine, si deve considerare che, normalmente, la tensione nominale del circuito in cui il dispositivo è inserito è superiore alla tensione d'arco. Al termine della sovratensione, ciò produce il fluire di una corrente nel dispositivo (sostanzialmente una corrente di corto circuito), sostenuta dalla tensione di rete

(corrente susseguente). Il dispositivo è quindi caratterizzato anche dal massimo valore di corrente susseguente che è in grado di estinguere (I_n).

Gli SPD a limitazione sono costituiti da elementi aventi resistenza non lineare che si riduce con continuità all'aumentare della tensione applicata. Esempi di componenti utilizzati come dispositivi non lineari sono varistori e diodi zener. Questi SPD sono talvolta chiamati "di tipo clamping".

In fig. 3 è rappresentata una tipica caratteristica tensione/corrente di un varistore: come si può rilevare, in un ampio campo di variazione della corrente, la tensione permane sostanzialmente costante.

I varistori possono essere realizzati con base U_{res} (e quindi con favorevoli valori di U_p), inoltre tali dispositivi hanno una elevata precisione di innesco. Infine, poiché la U_{res} può essere comunque scelta di valore superiore alla tensione di rete, non sono soggetti al fenomeno della corrente susseguente.

Per contro, a causa del valore non infinito della loro impedenza a riposo, la corrente continuativa che transita ordinariamente nel dispositivo può non essere trascurabile. Inoltre, la capacità di scarica dei componenti a limitazione è generalmente inferiore a quella degli SPD a commutazione. Infine, anche a causa di tale fenomeno, la durata di vita degli SPD a limitazione è inferiore a quella dei dispositivi a commutazione.

Gli SPD di tipo combinato sono dispositivi complessi costituiti di SPD a limitazione e a commutazione, connessi in serie o parallelo. Talvolta è presente anche un'impedenza di diascoppiamento tra le due sezioni del dispositivo (SPD a due porte).

Tali dispositivi permettono di unire i vantaggi dei singoli SPD a commutazione e a limitazione, ereditandone peraltro, in qualche caso, i limiti.

In particolare, nei dispositivi combinati di tipo serie, la presenza del varistore permette di ottenere tensioni residue (U_{res}) superiori a quelle che si otterrebbero con il solo SPD a commutazione, facilitando lo spegnimento dell'arco a fine sovratensione ed evitando il problema della corrente susseguente. La presenza dello spinterometro annulla la corrente continuativa durante il funzionamento a riposo del dispositivo combinato e salvaguarda il varistore da azionamenti con sovratensioni inferiori a quelle previste, allungandone la vita utile.

Peraltro, in tali dispositivi, la capacità di scarica è limitata dalla presenza del varistore e il livello di protezione è determinato dalla tensione di innesco (elevata) dello spinterometro.

Dualmente, nei dispositivi combinati di tipo

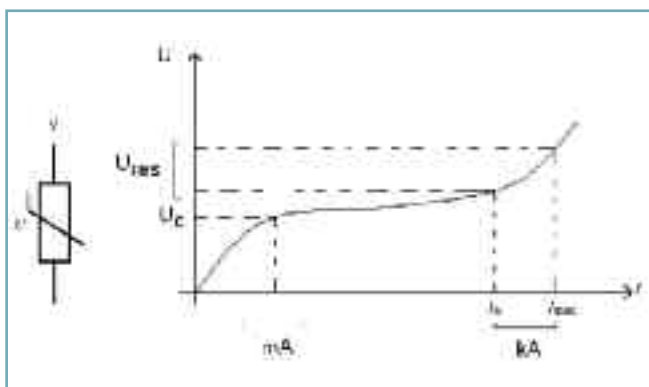


Fig. 3. Caratteristica tensione/corrente di un varistore

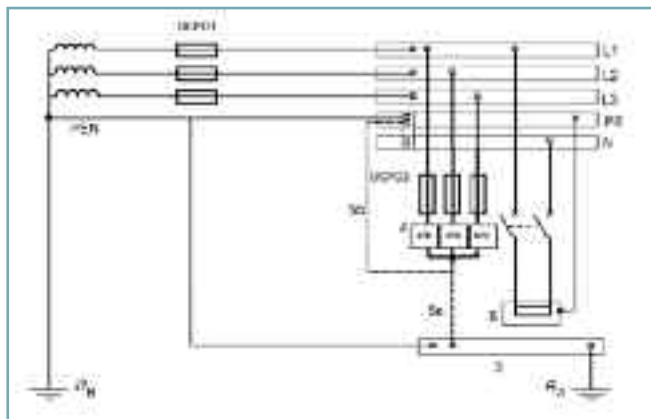


Fig. 4. Sistema TN – Connessione di tipo A

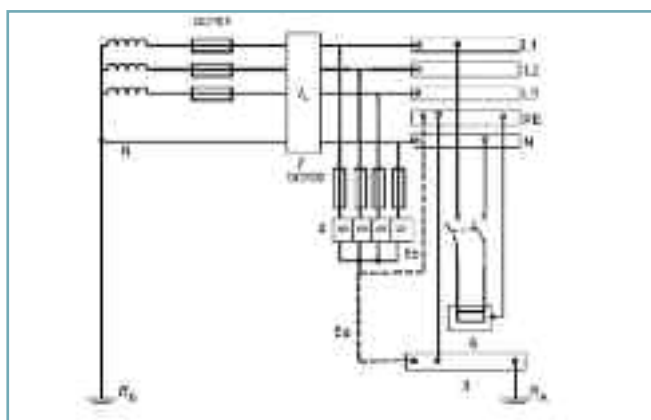


Fig. 5. Sistema TT – Connessione di tipo B.

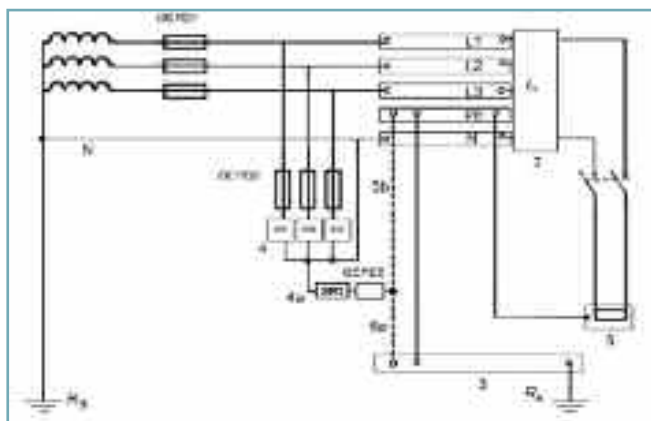


Fig. 6. Sistema TT – Connessione di tipo C

parallelo, i vantaggi consistono nell'unire le elevate correnti di scariche proprie degli spinterometri e il favorevole valore di U_p dei varistori. Per contro si ha una corrente continuativa non nulla, è possibile la circolazione di una corrente susseguente e la durata di vita del dispositivo è determinata da quella del varistore.

Installazione degli SPD

La variante V2 alla norma CEI 64-8 definisce tre tipologie di inserimento degli SPD nell'impianto:

Connessione di tipo A. Negli impianti dove

c'è una connessione diretta fra il neutro e il conduttore di protezione (PE) nel punto di installazione dell'SPD, o vicino ad esso, o, se non esiste il neutro, fra ciascun conduttore di fase e il collettore principale di terra o il conduttore di protezione principale, scegliendo tra i due percorsi il percorso più breve;

Connessione di tipo B. Negli impianti dove non c'è una connessione diretta fra il neutro e il conduttore di protezione (PE) nel punto di installazione dell'SPD, o vicino ad esso, fra ciascun conduttore di fase e il collettore principale di terra o il conduttore di protezione principale, scegliendo comunque il percorso più breve;

Connessione di tipo C. Negli impianti dove non c'è una connessione diretta fra il neutro e il conduttore di protezione (PE) nel punto di installazione dell'SPD, o vicino ad esso, fra ciascun conduttore di fase e il conduttore di neutro e fra il conduttore di neutro e il collettore

principale di terra o il conduttore di protezione, scegliendo comunque il percorso più breve.

In altre parole, la connessione di tipo A si utilizza nei sistemi di distribuzione di tipo TN (cioè dove: "c'è una connessione diretta fra il neutro e il conduttore di protezione"), oppure nei sistemi IT con neutro non distribuito (cioè dove: "non esiste il neutro"). Nei sistemi TT o IT con neutro distribuito (cioè dove: "non c'è una connessione diretta fra il neutro e il conduttore di protezione") si può usare una connessione di tipo B o di tipo C. Tale installazione è riassunta nelle figure 4-7,

tratte dalla CEI 64-8/V2:2009.

La differenza nelle connessioni di tipo B e C risiede nella posizione dell'interruttore differenziale rispetto al sistema di SPD: nella connessione di tipo B, l'interruttore differenziale è a monte degli SPD, mentre nella connessione di tipo C è a valle.

Nella connessione di tipo B, nel caso di una sovratensione proveniente dalla linea, questa trova prima il differenziale, che è pertanto sottoposto, senza alcuna protezione, alla sollecitazione impulsiva, che potrebbe danneggiarlo¹. Per contro, il fatto che gli SPD siano a valle del differenziale, garantisce l'intervento di quest'ultimo in caso di guasto a terra in corrispondenza degli SPD stessi, proteggendo il circuito contro i contatti indiretti.

Nella connessione di tipo C, la sovratensione proveniente dalla linea trova per primi gli SPD che, con il loro intervento, proteggono da guasti il differenziale. Tuttavia un guasto a terra degli SPD non sarebbe rilevato dal differenziale (installato a valle degli SPD) e ciò creerebbe una inaccettabile situazione di pericolo. Al fine di ridurre la probabilità di accadimento di tale guasto, nella connessione di tipo C è richiesta l'installazione di tre SPD (a limitazione) tra le fasi e il neutro e di un SPD (spinterometrico) tra neutro e PE. Tale installazione realizza sostanzialmente un SPD combinato di tipo serie che, per le ragioni illustrate al punto 3, ha ridotte probabilità di guastarsi con un cortocircuito verso terra.

Inoltre, nella connessione di tipo C, in serie ai varistori sulle fasi, è installata una terna di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti, generalmente dei fusibili (OCPD2 in fig. 4), pertanto l'eventuale guasto in corto circuito di un varistore, con successiva corrente susseguente nel ramo guasto, produce l'intervento di tali protezioni, scongiurando il pericolo di contatti indiretti.

Gli OCPD2 "devono essere scelti secondo i valori nominali raccomandati per i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti forniti dalle istruzioni dei costruttori di SPD" (art. 534.24. CEI 64-8/V2:2009).

Quanto sopra vale nel caso in cui la sovratensione provenga dalla linea elettrica. Naturalmente, le cose sono molto diverse allorché la sovratensione sia causata da una fulminazione diretta della struttura: in tal caso infatti la corrente di scarica (pari a una frazione della corrente di fulmine) è normalmente molto superiore a quella sopportata dall'interruttore differenziale (3 kA, 8/20 μs)

Note

¹ Gli interruttori differenziali per installazioni domestiche e similari (CEI EN 61008-1 e CEI EN 61009-1) sono provati con una corrente impulsiva 8/20 ms di ampiezza 3kA.

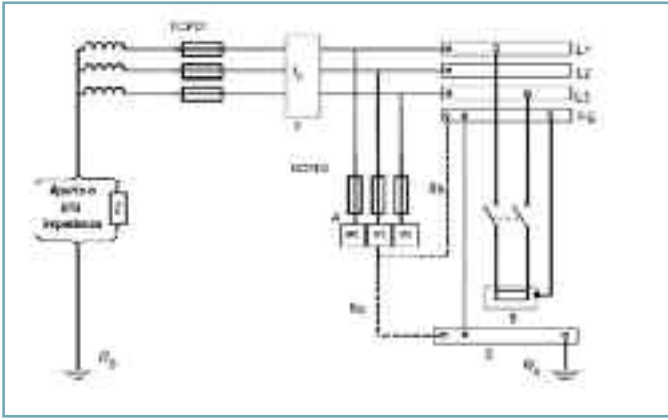


Fig. 7. Sistema IT con neutro non distribuito – Connessione di tipo A

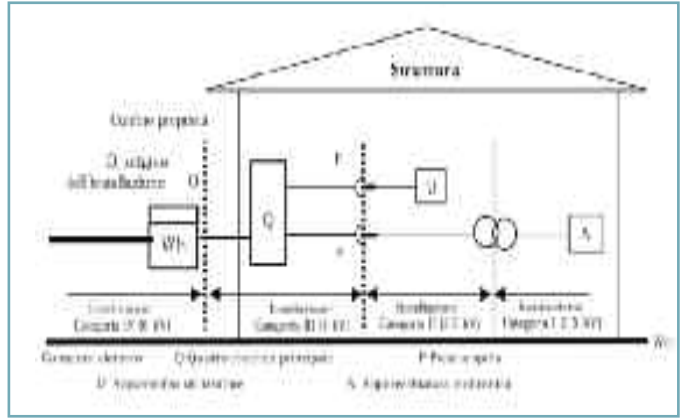


Fig. 9. Categorie di tenuta ad impulso

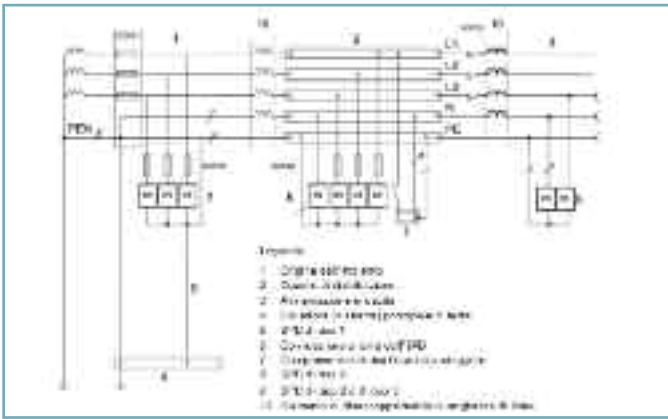


Fig. 8. Esempio di installazione su sistema TN-C-S

SPD collegati fra:	Configurazione del sistema della rete di distribuzione			
	TN	TT	IT con neutro distribuito	IT senza neutro distribuito
Ciascun conduttore di fase e il neutro	$1,1 U_0$	$1,1 U_0$	$1,1 U_0$	NA
Ciascun conduttore di fase e il PE	$1,1 U_0$	$1,1 U_0$	U	U'
Neutro e PE	U_0 III	U_0 III	U_0 III	NA
Ciascun conduttore di fase e il PEN	$1,1 U_0$	NA	NA	NA
Conduttori di fase	$1,1 U$	$1,1 U$	$1,1 U$	$1,1 U$

NA Non applicabile.
 NOTA 1 U_0 è la tensione fase-neutro del sistema di bassa tensione.
 NOTA 2 U' è la tensione fase-fase del sistema di bassa tensione.
 NOTA 3 Questa Tabella è basata sulla Norma CEI EN 61643-11.
 a) Questi valori sono relativi alle condizioni di guasto più severe, pertanto la tolleranza del 10% non è presa in considerazione.

Tab.1. Tensione di servizio continuativa

e, per evitarne la probabile distruzione, il differenziale deve essere comunque installato a valle degli SPD. Pertanto, in tali casi, la configurazione della connessione B non è accettabile ed è indispensabile la connessione di tipo C.

Nella connessione di tipo A, adatta ai sistemi di distribuzione TN e IT (con neutro non distribuito), gli SPD sono collegati tra le fasi e il conduttore di protezione ed è previsto un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti (OCPD2) su ciascun ramo.

dri di distribuzione, ad una certa distanza dall'origine dell'impianto, è opportuno installare l'SPD tra neutro e PE. Per tale ramo non necessita la protezione contro le sovracorrenti (fig. 8).

Scelta degli SPD

Per la definizione dei parametri elettrici che caratterizzano i limitatori di sovratensione, la CEI 64-8/V2:2009 fa generalmente riferimento alla serie di norme CEI EN 62305:2006 (CEI 81-10). La variante V2 indica tuttavia al-

cune utili indicazioni relative alla scelta della tensione di servizio continuativa e del livello di protezione dei dispositivi. La tensione di servizio continuativa (U_c) di un SPD è il massimo valore della tensione efficace o continua che può essere applicata permanentemente per il modo di protezione dell'SPD. I valori di tale tensione sono assunti considerando il campo di variazione della tensione di rete ($\pm 10\%$) e l'eventuale guasto a terra nei sistemi IT che, come noto, può portare il valore della tensione di fase alla tensione concatenata. In definitiva, la tensione di servizio continuativa (U_c) degli SPD deve essere uguale o maggiore di quella indicata nella tabella 1.

Il livello di protezione U_p degli SPD deve essere scelto in accordo con la tensione di tenuta ad impulso dei componenti installati nella relativa sezione dell'impianto. La norma CEI 64-8:2007, a tal proposito, indica le categorie di tenuta ad impulso illustrate in fig. 9. La CEI 64-8/V2:2009 indica (art. 534.2.3.1), a favore della sicurezza, di assumere comunque un livello di protezione non superiore a quanto previsto per le installazioni di categoria II, pari a 2,5 kV per i sistemi con tensione nominale 230/400 V.

La scelta del livello di protezione dell'SPD non può comunque prescindere dalle modalità di collegamento del dispositivo all'interno del quadro: infatti, in occasione dell'intervento del limitatore di sovratensione, le apparecchiature da proteggere sono sottoposte non solo alla tensione ai capi dell'SPD ma anche alla caduta di tensione sui suoi collegamenti.

Si distingue pertanto il livello di protezione U_p dal livello di protezione *effettivo* $U_{p/eff}$. Come regola generale, si assume l'induttanza del collegamento pari ad $1 \mu\text{H/m}$. La caduta di tensione induttiva, quando causata da un impulso con una velocità di salita (pendenza) di $1 \text{ kA}/\mu\text{s}$, è approssimativamente di 1 kV per metro di lunghezza del collegamento. Naturalmente, se la pendenza è maggiore,



tale valore aumenta.

La CEI 64-8/V2:2009 indica che i componenti elettrici sono protetti contro le sovratensioni se il livello di protezione effettivo (UP/f) degli SPD non supera:

- il valore $UP/f \leq (U_w - U_i)/2$, per SPD installati all'origine dell'impianto utilizzatore, essendo U_w la tensione di tenuta a impulso dell'apparecchiatura ed U_i la tensione indotta nel circuito SPD - apparecchio utilizzatore. In genere $U_i = 40$ V/m ma è trascurabile nel caso di condutture schermate o in canaletta metallica o con conduttori attivi e PE cordati oppure se l'LPS non è richiesto dall'analisi del rischio effettuata secondo la Norma CEI EN 62305-2;
- la metà della tensione di tenuta ad impulso $UP/f \leq U_w/2$, per SPD installati nei quadri secondari di distribuzione;
- la tensione di tenuta ad impulso $UP/f \leq U_w$ per SPD installati nelle prese.

Conclusioni

La nuova variante V2 alla Norma CEI 64-2 ha introdotto delle utili indicazioni per la scelta e l'installazione dei limitatori di sovratensione negli impianti utilizzatori.

Tali prescrizioni si riferiscono in particolare al caso delle sovratensioni dovute al fulmine, di tipo condotto, provenienti dalla linea di alimentazione. Tuttavia, la protezione complessiva della struttura dai pericoli dovuti alla fulminazione deve essere effettuata considerando tutti le possibili sorgenti di danno. Pertanto, come indicato dalla stessa CEI 64-8/V2, l'installazione degli SPD non può, in ogni caso, prescindere dalla valutazione del rischio dovuto al fulmine, condotta in conformità alla serie di norme CEI EN 62305:2006 (CEI 81-10).

Riccardo Tommasini

Politecnico di Torino

Segretario SC 31J del CEI

Scelta e installazione degli SPD nella protezione contro i fulmini

L'installazione dei limitatori di sovratensioni (SPD) sugli impianti elettrici ha l'obiettivo di proteggere gli impianti stessi, le apparecchiature ad essi collegate e le persone che possono toccare le apparecchiature, contro le sovratensioni che possono essere presenti sugli impianti a causa dei fulmini, di manovre e di guasti sugli impianti. L'esperienza di esercizio dei gestori delle reti, sia elettriche che di telecomunicazioni, ed alcune indagini eseguite dalle compagnie di assicurazioni indicano che i guasti sugli impianti e sulle apparecchiature si verificano durante i temporali perché le sovratensioni causate dai fulmini sono più severe di quelle associate alle manovre ed ai guasti sugli impianti. Ne consegue che la necessità della protezione ed il suo dimensionamento siano determinati dalle sovratensioni e sovracorrenti causate dai fulmini, mentre le caratteristiche delle sovratensioni temporanee (TOV), generate dai guasti sugli impianti elettrici, devono essere prese in considerazione quando si sceglie l'SPD da installare sull'impianto elettrico. È evidente allora che il riferimento normativo della protezione contro i fulmini sia la serie di norme CEI EN 62305:2006 (Serie CEI 81-10) che considera il fenomeno della fulminazione in tutti i suoi aspetti (Figura 1): fulmini che colpiscono la struttura da proteggere (sorgente di danno S1), fulmini a terra vicino alla struttura (sorgente di danno S2), fulmini che colpiscono i servizi (linee elettriche e di telecomunicazioni) entranti nella struttura (sorgente di danno S3) e fulmini a terra vicini ai servizi (sorgente di danno S4).

La serie di norme CEI EN 62305:2006 (serie CEI 81-10)

La serie di norme CEI EN 62305:2006 (Serie

CEI 81-10) è articolata in quattro parti: la prima fornisce i criteri generali, la seconda descrive la valutazione del rischio, la terza indica la modalità di realizzazione dell'impianto di protezione (LPS) contro la fulminazione diretta della struttura e la quarta illustra come proteggere i sistemi elettrici ed elettronici all'interno della struttura da proteggere.

La dimensione e la complessità dell'argomento trattato comportano che la comprensione della serie di norme CEI EN 62305:2006 (Serie CEI 81-10) richieda un attento studio. D'altra parte però ciò permette:

- la valutazione della necessità della protezione: quando il Rischio, calcolato secondo la Parte 2, è maggiore del Rischio Tollerabile ($R > R_t$);
- l'individuazione del tipo di protezione necessaria, ad esempio l'LPS oppure gli SPD. Il rischio è infatti la somma di diverse componenti di rischio (Figura 1); pertanto, se occorre, ad esempio, ridurre la componente di rischio RB (rischio di danni materiali per fulminazione diretta della struttura), è necessario installare l'LPS mentre se occorre ridurre la componente RV (rischio di danni materiali per fulminazione diretta dei servizi entranti), è necessario proteggere gli impianti con gli SPD;
- il dimensionamento della protezione individuata. Ogni componente di rischio è valutata con le seguente equazione:

$$R = N \times P \times L \quad (1)$$

dove

N è il numero di eventi pericolosi, calcolato come prodotto tra la densità di fulmini a terra (N_g) e l'area di raccolta;

P è la probabilità di danno alla struttura che dipende dalle caratteristiche della struttura da proteggere e dalle misure di protezione adottate (ad es. l'SPD). Ad esempio, se è necessario ridurre di 100 volte la componente di rischio R_v su un impianto elettrico, P deve essere minore o, al massimo, uguale a 0.01 (LPL I) e la Tabella 1 (tratta dall'Annesso E della Parte 1) indica che l'SPD deve sopportare, senza danneggiarsi, una corrente di 10 kA di picco con forma d'onda 10/350 μ s. Secondo la Norma CEI EN 61643-11:2004 (CEI 37-8), l'SPD deve essere di Classe di prova I, deve avere una corrente ad impulso (I_{imp}) maggiore o uguale a 10 kA. Il livello di protezione U_p deve essere minore o uguale alla tensione di tenuta dell'apparecchiatura collegata all'impianto (U_w) perché l'isolamento dell'apparecchiatura è il punto più debole dell'impianto elettrico;

L è l'entità della perdita conseguente

- L'indicazione del punto dell'impianto do-



(U_{pr}) dell'SPD, che deve essere minore o uguale al livello di tenuta dell'apparecchiatura (U_w), quando occorra proteggere le apparecchiature mediante l'installazione di un "Sistema di SPD";

6. La disponibilità di un software per l'applicazione della norma.

Il software dell'IEC, descritto nell'Annesso J della norma CEI EN 62305-2:2006 (CEI 81-10/2), permette una valutazione approssimata del rischio, come indica il suo nome "Simplified IEC Risk Assessment Calculator (RAC)". Il CEI offre il Software FLASH by CEI che segue rigorosamente l'approccio ed i requisiti della serie di norme CEI EN 62305:2006 (CEI 81-10) senza introdurre semplificazioni. Tale software, insieme ad una buona conoscenza della norma, permette un'agevole progettazione delle misure di protezione contro i fulmini di una struttura, del suo contenuto e dei servizi entranti. Questo aspetto è sviluppato nel capitolo successivo di questo articolo con alcuni esempi che illustrano la progettazione e l'installazione degli SPD sugli impianti elettrici.

Progettazione ed installazione degli SPD sugli impianti elettrici con l'ausilio del software flash by CEI

Se il calcolo del rischio è eseguito manualmente, è evidente che emerga l'esigenza di disporre di un metodo di calcolo semplificato, coerente e cautelativo rispetto al calcolo del rischio secondo la Norma CEI EN 62305-2:2006 (CEI 81-10/2). Un metodo semplificato, come ad esempio quello illustrato nell'articolo, richiede innanzitutto di valutare se occorre l'LPS ed, in caso affermativo, rimanda al calcolo non semplificato. Molte altre limitazioni sono necessarie per potere definire una procedura semplificata, che ovviamente ne limitano il campo di applicazione.

ve installare gli SPD (Annesso D della Parte 4):

- all'origine dell'impianto: gli SPD devono essere di Classe di prova I. Si possono installare SPD di Classe di prova II (provati soltanto con la forma d'onda 8/20) quando si può trascurare la probabilità di danneggiamento degli SPD per fulminazione diretta della struttura e del servizio a condizione che il numero di fulmini che colpiscono la struttura (ND) ed il servizio (NL) sia inferiore a 0.1

$$N_D + N_L \leq 0.1 \quad (2)$$

- vicino alle apparecchiature quando è necessaria la loro protezione e la distanza tra gli SPD all'origine all'impianto e l'apparecchiature è troppo lunga.

5. Il calcolo del livello di protezione effettivo

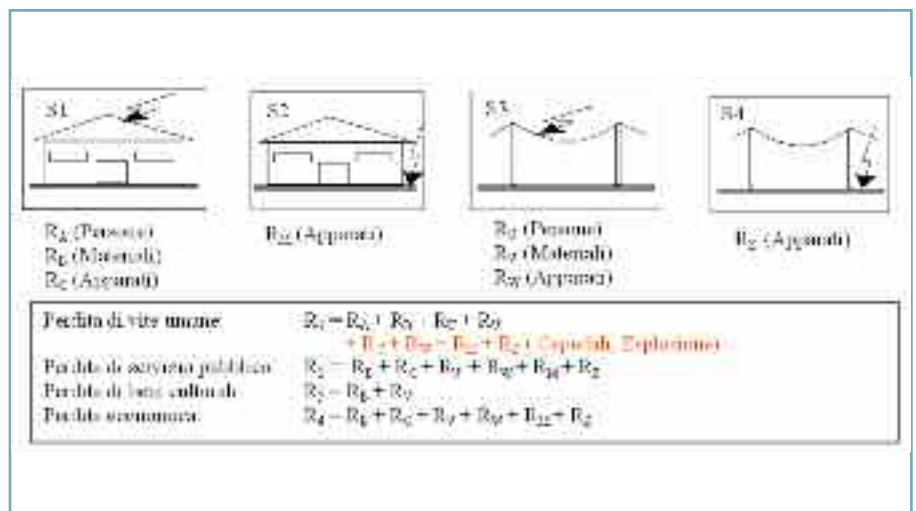


Figura 1: Rischi e Componenti di rischio

In Italia, come anche in altri paesi, diversi software sono disponibili per eseguire la valutazione del rischio. Pertanto attualmente non è realistico ipotizzare l'esecuzione manuale di tale calcolo. Questa constatazione permette di suggerire che non serve un metodo di calcolo semplificato, con tutte le limitazioni che comporta, ma una procedura che, utilizzando un software, affronti il progetto della protezione contro i fulmini di una struttura, del suo contenuto e dei servizi entranti in fasi successive. Il passaggio ad una fase successiva dipende dai risultati ottenuti nella fase precedente e determina l'aumento della complessità e della precisione del progetto. In definitiva questo approccio può consentire una semplificazione ed una riduzione dei tempi di esecuzione del progetto.

Nella prima fase, la struttura è considerata costituita da una unica zona, dove entrano i diversi servizi, caratterizzata dai valori peggiori relativi al carico d'incendio, al tipo di pavimento, ecc..

Se il rischio R così calcolato è minore del rischio tollerabile ($R < R_T$), la struttura è autoprotetta ed il progetto è terminato (Figura 2).

Se $R > R_T$ ed il rischio può essere ridotto a valori inferiori a R_T senza l'installazione di un LPS, il dimensionamento ed il posizionamento degli SPD può essere eseguito in questa fase. Il risultato potrebbe determinare un sovradimensionamento degli SPD rispetto ad una valutazione più precisa.

Se $R > R_T$ e la riduzione del rischio a valori inferiori a R_T comporta l'installazione di un LPS, è consigliabile eseguire, se possibile, una più precisa valutazione del rischio, suddividendo la struttura in zone, per verificare la necessità dell'LPS ed infine procedere al dimensionamento ed al posizionamento degli SPD (Figura 2).

Nei successivi paragrafi sono riportati alcuni esempi di strutture per le quali la progettazione delle misure di protezione è effettuata mediante l'utilizzazione del software FLASH by CEI seguendo l'approccio precedentemente descritto (Figura 2).

A. Edificio commerciale



La struttura da proteggere, contro il rischio di perdite di vite umane (R_1), è un edificio commerciale ($25 \times 45 \times 6$ (h) m) isolato ($c_d = 1$), ubicato in una area con $N_0 = 4$ fulmini/($\text{km}^2 \times \text{anno}$) e con resistività del suolo pari a $500 \Omega\text{m}$, senza alcuna schermatura (Figura 3).

I servizi entranti sono due:

- Una linea elettrica BT aerea, lunga 1 km, non schermata, isolata ($c_e = 1$) e ubicata in area rurale ($c_0 = 1$), si collega, con linee interne non schermate, ad apparecchiature

con tensione di tenuta (U_w) pari a 2.5 kV: nessuna precauzione nella scelta del percorso (area spira 50 m^2 , $k_{s3} = 1$);

- Una linea di telecomunicazioni in cavo interrato schermato (resistenza dello schermo $3 \Omega/\text{km}$), lunga 1 km, isolata e ubicata in area rurale ($c_0 = 1$), si collega, con linee interne non schermate, ad apparecchiature con tensione di tenuta (U_w) pari a 1.5 kV: nessuna precauzione nella scelta del percorso (area spira 50 m^2 , $k_{s3} = 1$).

TABELLA 1: SOVRACORRENTI ATTESE DOVUTE AI FULMINI

LPL	P	Impianto elettrico di bassa tensione		Impianto di telecomunicazioni	
		Fulmine sul servizio Sorgente di danno S3 (fulmine diretto) forma d'onda: 10/350 μs [kA]	Fulmine vicino al servizio Sorgente di danno S4 (fulmine indiretto) forma d'onda: 8/20 μs [kA]	Fulmine sul servizio Sorgente di danno S3 (fulmine diretto) forma d'onda: 10/350 μs [kA]	Fulmine vicino al servizio Sorgente di danno S4 (fulmine indiretto) forma d'onda: 8/20 μs [kA]
III o IV	0.03	5	2.5	1	0.05
I o II	0.01	10	5	2	0.1

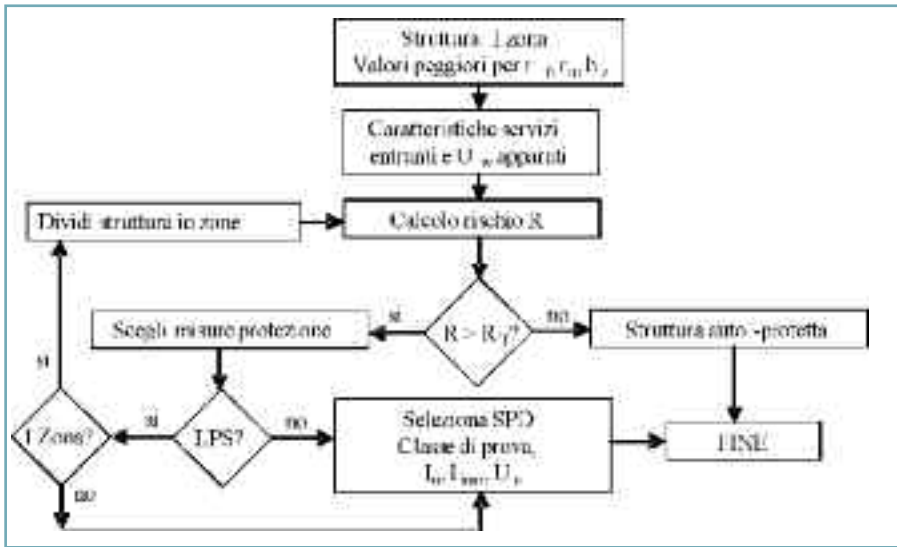


Figura 2: Procedura in fasi per la progettazione delle misure di protezione

Poiché il danneggiamento delle apparecchiature non provoca immediato pericolo per le persone, le componenti di rischio R_C , R_M , R_W e R_Z non sono considerate nel calcolo di R_1 (Figura 1); conseguentemente si può fornire al software un qualsiasi valore del coefficiente k_{s3} , ad esempio 1.

Prima fase: l'edificio è costituito da un'unica zona con le seguenti caratteristiche:

- Rischio d'incendio ordinario ($r_i = 0.01$)
- Tipo di pavimento: cemento ($r_u = 0.01$)
- Livello di panico: ridotto (< 100 persone) ($h_z = 2$)
- Protezione antincendio: impianto fisso di

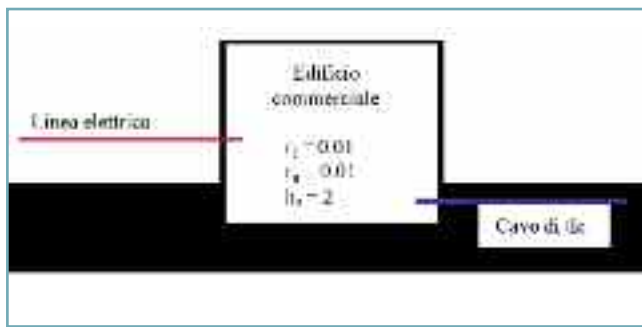


Figura 3: Edificio commerciale

estinzione automatica ($r_p = 0.2$)
 Il rischio R_1 è pari a 2.58×10^{-5} , maggiore del R_T pari a 10^{-5} . La Tabella 2 presenta, nella seconda colonna, il risultato del calcolo eseguito dal software.
 In questa fase si trascura la componente di rischio R_A , che indica il rischio di danni alle persone all'esterno dell'edificio fino a 3 m



per tensioni di passo e contatto a causa della fulminazione dell'edificio. In questo esempio, ipotizzando che le persone all'esterno siano il 10% di quelle all'interno e camminino sul cemento (caso peggiore), R_A risulterebbe pari a 0.004×10^{-5} , cioè di un ordine di grandezza inferiore a R_B .

La componente di rischio R_U supera R_T . Installando SPD sui conduttori della linea elettrica dimensionati secondo l'LPL III-IV (fattore di protezione $P_{SPD} = 0.03$), R_U e R_V sono ridotte ed il rischio R_1 diventa pari a 0.92×10^{-5} risultando inferiore al rischio tollerabile (Tabella 2, terza colonna). Conseguentemente le caratteristiche di tali SPD sono le seguenti:

- SPD di Classe di prova I (Tabella 1)
- Corrente ad impulso $I_{imp} \geq 5$ kA, 10/350 (Tabella 1)
- Livello di protezione $U_p \leq 2.5$ kV

La completa individuazione dell'SPD comporta la scelta di altre caratteristiche, quali ad esempio il valore nominale d'interruzione della corrente susseguente (che è la corrente di corto circuito dell'impianto elettrico che l'SPD è in grado d'interrompere), la tensione massima continuativa U_c che dipende dalla capacità dell'SPD di sopportare le TOV, la modalità d'installazione.

Se il tipo di pavimento interno è in marmo o ceramica, il coefficiente r_u diventa più piccolo di un ordine di grandezza ($r_u = 0.001$) ed il rischio R_1 risulta inferiore al rischio tollerabile, come indica la quarta colonna della Tabella 2, e l'edificio risulta auto-protetto.

B. Ospedale

La struttura da proteggere, contro il rischio di perdite di vite umane (R_1), è un ospedale ($26 \times 55 \times 20$ (h) m) isolato ($c_d = 1$), ubicato in una area con $N_d = 1.5$ fulmini/(km²×anno) e con resistività del suolo pari a 500 Ω m, senza alcuna schermatura.

Prima fase (Figure 4a): l'edificio è costituito da un'unica zona con le seguenti caratteristiche:

- Rischio d'incendio ordinario ($r_i = 0.01$)
- Tipo di pavimento: linoleum ($r_u = 10^{-3}$)
- Rischi particolari: difficoltà di evacuazione ($h_z = 5$)
- Protezione antincendio: impianto fisso di estinzione automatica ($r_p = 0.2$)
- Danni agli apparati provocano immediato pericolo per le persone: in questo caso il rischio R_1 comprende anche le componenti R_C , R_M , R_W e R_Z (Figura 1).

I servizi entranti sono due:

- Una linea elettrica aerea in media tensione, lunga 1 km, non schermata, isolata ($c_d = 1$) e ubicata in area rurale ($c_e = 1$), alimenta un trasformatore MT/BT all'ingresso dell'edificio e si collega, con linee interne non schermate, ad apparecchiature

TABELLA 2: VALORI CALCOLATI DELLE COMPONENTI DI RISCHIO E DEL RISCHIO R_T (VALORI $\times 10^5$)

Valore del coefficiente r_u associate al tipo di pavimento interno	0.01		0.001
	1	1	1
Numero di Zone	1	1	1
MISURE DI PROTEZIONE	NO	SPD	NO
R_A : Danni alle persone per tensione di passo e contatto all'esterno	0	0	0
R_B : Danni materiali per fulmine sull'edificio	0.04	0.04	0.04
R_W : Danni alle persone per fulminazione diretta dei servizi	2.12	0.74	0.21
R_V : Danni materiali per fulminazione diretta dei servizi	0.42	0.15	0.42
R_T	2.58	0.93	0.67

TABELLA 3: VALORI CALCOLATI DELLE COMPONENTI DI RISCHIO E DEL RISCHIO R_T (VALORI $\times 10^5$)

Densità di fulmini a terra [fulmini/km ² ×anno]	1.5		2.5		
	1	1	1	3	3
Numero di Zone	1	1	1	3	3
MISURE DI PROTEZIONE	NO	SPD	NO	NO	SPD
R_A : Danni alle persone per tensione di passo e contatto all'esterno	0	0	0	0	0
R_B : Danni materiali per fulmine sull'edificio	0.36	0.36	0.61	0.52	0.52
R_C : Danni agli apparati per fulmine sull'edificio	0.36	0.36	0.61	0.06	0.06
R_M : Danni agli apparati per fulmini vicini all'edificio	3.03	0.03	5.05	0.48	0.01
R_W : Danni alle persone per fulminazione diretta dei servizi	0	0	0	0	0
R_V : Danni materiali per fulminazione diretta dei servizi	0.35	0	0.59	0.51	0.01
$R_{W'}$: Danni agli apparati per fulminazione diretta dei servizi	0.35	0	0.59	0.06	0
R_Z : Danni agli apparati per fulmini vicini ai servizi	1.48	0.11	2.47	0.24	0.04
R_T	5.95	0.88	9.91	1.87	0.64

con tensione di tenuta (U_w) pari a 2.5 kV: precauzioni sono attuate nella scelta del percorso (PE nello stesso cavo, area spira 0.5 m², $k_{s3} = 0.02$).

- Una linea di telecomunicazioni in cavo interrato schermato (resistenza dello schermo 3 Ω /km), lunga 1 km, isolata e ubicata in area rurale ($c_e = 1$), si collega, con linee interne non schermate, ad apparecchiature con tensione di tenuta (U_w) pari a 1.5 kV: qualche precauzione è attuata nella scelta del percorso (area spira 10 m², $k_{s3} = 0.2$).

Il rischio R_T è pari a 5.95×10^5 , maggiore del R_T pari a 10^5 . La Tabella 3 presenta, nella seconda colonna, il risultato del calcolo eseguito da FLASH by CEI.

Le componenti di rischio con i valori più elevati sono R_M ed R_Z . Per ridurle occorre installare sui due servizi un "Sistema di SPD". Af-

finché $R < R_T$, occorre ridurre anche le componenti di rischio R_W e R_V dimensionando gli SPD secondo l'LPL I (fattore di protezione $P_{SPD} = 0.01$). In questo caso il rischio R_T diventa pari a 0.88×10^5 risultando inferiore al rischio tollerabile (Tabella 3, terza colonna). Conseguentemente le caratteristiche di tali SPD sono le seguenti:

- Linea elettrica
 - SPD di Classe di prova I (Tabella 1)
 - Corrente ad impulso $I_{imp} \geq 10$ kA, 10/350 (Tabella 1)
 - Si decide, ad esempio, d'installare un SPD a limitazione con una lunghezza complessiva dei collegamenti pari a 0.5 m. In questo caso, scegliendo un livello di protezione $U_p = 1.2$ kV, la distanza di protezione risulta pari a 32 m, cioè non è necessario installare altri SPD vicino alle

apparecchiature se la loro distanza dall'SPD all'origine dell'impianto è minore o uguale a 32 m. In caso contrario, occorre installare un SPD vicino all'apparato, coordinato con quello a monte, scegliendo U_p in modo che la sua distanza dall'apparecchiatura sia inferiore alla distanza di protezione di questo secondo SPD.

- Linea di telecomunicazioni
 - SPD provato con la corrente ad impulso (Tabella 1)
 - Corrente ad impulso $I_{imp} \geq 1$ kA, 10/350 (Tabella 1)
 - SPD ad innesco (Scaricatore a gas, GDT) con lunghezza complessiva dei collegamenti pari a 0.5 m. In questo caso scegliendo un livello di protezione $U_p = 0.7$ kV, la distanza di protezione risulta pari a 100 m, evitando probabilmente di dovere installare un SPD vicino all'apparecchiatura per conseguire la protezione.

Poiché è stato possibile proteggere l'edificio senza installare l'LPS, il progetto degli SPD è stato eseguito in questa fase di calcolo. Tali SPD potrebbero risultare sovradimensionati rispetto ad un calcolo più preciso del rischio.

Qualora lo stesso ospedale fosse ubicato in un'area con $N_f = 2.5$ fulmini/(km²×anno), il rischio R_T risulterebbe pari a 9.9×10^5 , come riportato nella terza colonna della Tabella 3, la cui riduzione ad un valore inferiore al rischio tollerabile comporta l'installazione di un LPS di Classe IV e di Sistemi di SPD sugli impianti (LPL III-IV). In questo caso, è opportuno eseguire un calcolo più preciso del rischio per verificare l'effettiva necessità dell'LPS.

In questa seconda fase si divide la struttura in tre zone:

- Zona 1 esterna "Ingresso": asfalto, possibile presenza di 20 persone (10 % del totale delle persone all'interno dell'edificio), assenza di linee elettriche e di telecomunicazioni;
- Zona 2 interna "Camere di degenza": 180 persone, carico d'incendio ordinario ($r_f = 0.01$), linoleum ($r_u = 10^{-5}$), difficoltà di eva-

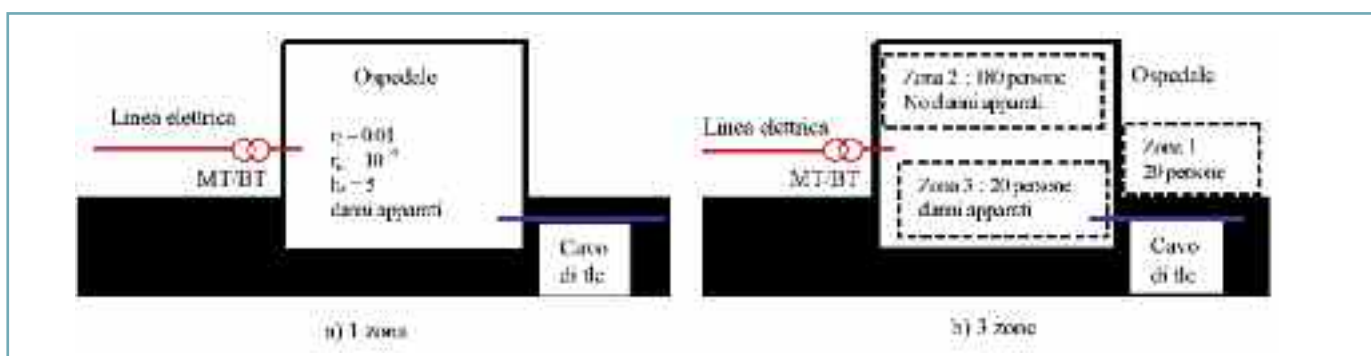


Figura 4: Ospedale

cuazione $h_z = 5$, linee elettriche e di telecomunicazioni;

- **Zone 3 interna "Blocco operatorio e rianimazione":** 20 persone, carico d'incendio ridotto ($r_f = 0.001$), linoleum ($r_u = 10^{-5}$), difficoltà di evacuazione $h_z = 5$, linee elettriche e di telecomunicazioni, danneggiamento delle apparecchiature provoca immediato pericolo per le persone.

Il rischio R_i è pari a 1.87×10^{-5} , come indicato nella quarta colonna della tabella 3. In questo caso il rischio R_i diventa pari a 0.64×10^{-5} installando sui due servizi sistemi di SPD dimensionati con l'LPL III-IV ($P_{SPD} = 0.03$) (Tabella 3, ultima colonna). Sulla linea elettrica gli SPD sono di Classe di prova I, hanno una $I_{imp} \geq 5$ kA. Per il livello di protezione e l'eventuale installazione di SPD vicino alle apparecchiature ubicate nella Zona 3 valgono le precedenti valutazioni.

Conclusioni

L'articolo ha illustrato brevemente come la complessa serie di norme CEI EN 62305:2006 (serie CEI 81-10), relative alla protezione contro i fulmini di strutture, consenta la valutazione della necessità della protezione, l'individuazione delle misure di protezione, il loro dimensionamento e posizionamento.

Un altro importante aspetto sottolineato dall'articolo è la disponibilità di un software di supporto alla valutazione del rischio e alla conseguente progettazione delle misure di protezione. L'articolo evidenzia come l'impiego del software renda inutile la definizione di un metodo semplificato, coerente e cautelativo rispetto al calcolo eseguito in accordo con la serie di norme CEI EN 62305:2006 (serie CEI 81-10), per la progettazione degli SPD sugli impianti elettrici. A tale fine è suggerito l'utilizzo del software secondo una procedura (Figura 2) che permetta di affrontare il progetto di protezione contro i fulmini di una struttura, del suo contenuto e dei servizi entranti in fasi successive. Il passaggio ad una fase successiva, che comporta l'aumento della complessità e della precisione del progetto, dipende dai risultati ottenuti nella fase precedente. La procedura consiste nel considerare, in una prima fase, la struttura come una unica zona, dove entrano i diversi servizi, caratterizzata dai valori peggiori relativi al carico d'incendio, al tipo di pavimento, ecc.. Se il rischio R così calcolato è minore del rischio tollerabile ($R < R_T$), la struttura è auto-protetta ed il progetto è terminato. Se $R > R_T$ ed il rischio può essere ridotto a valori inferiori a R_T senza l'installazione di un LPS, il dimensionamento ed il posizionamento degli SPD può essere eseguito in questa fase con un eventuale sovradimensionamento degli SPD ri-

spetto ad una valutazione più precisa, se possibile. Se $R > R_T$ e la riduzione del rischio a valori inferiori a R_T comporta l'installazione di un LPS, è consigliata l'esecuzione di una più precisa valutazione del rischio (se possibile), suddividendo la struttura in zone, per verificare la necessità dell'LPS ed infine procedere al dimensionamento ed al posizionamento degli SPD sugli impianti.

Questa procedura, che può consentire una semplificazione ed una riduzione dei tempi di esecuzione del progetto, è stata illustrata con due esempi di strutture, un edificio commerciale ed un ospedale, per le quali la progettazione degli SPD è stata effettuata mediante l'utilizzazione del software FLASH by CEI.

Roberto Pomponi

Membro CT 81 e Presidente SC 37A del CEI

Criteri di sicurezza antincendio per gli impianti elettrici nelle strutture ospedaliere

Progettare un impianto elettrico in un ospedale è una attività molto complessa. I motivi di questa affermazione sono innumerevoli ma, per quanto di interesse dal punto di vista antincendi, sono dovuti alla necessità di perseguire i seguenti obiettivi:

- Obiettivo 1. salvaguardia dei pazienti, per quanto possibile, all'interno della stessa struttura sanitaria;
- Obiettivo 2. continuità di esercizio, in caso di incendio, dell'alimentazione elettrica dei locali ad uso medico di gruppo 1 e 2;
- Obiettivo 3. continuità di esercizio dei servizi di sicurezza destinati a funzionare in caso di incendio;
- Obiettivo 4. comportamento "selettivo" in caso di sollecitazione da incendio dei servizi di sicurezza non destinati a funzionare in caso di incendio;
- Obiettivo 5. continuità della prestazione sanitaria nei compartimenti riceventi i pazienti movimentati in caso di emergenza da altro compartimento;
- Obiettivo 6. limitazione del panico per le persone a vario titolo presenti (pazienti, parenti, visitatori, personale medico e paramedico, addetti alle pulizie, ecc.);
- Obiettivo 7. salvaguardia dell'operatore di soccorso intento in operazioni di spegnimento in locali sotto tensione;
- Obiettivo 8. salvaguardia della pubblica in-

columità in caso di incendio coinvolgente sorgenti di radiazioni ionizzanti.

Ad un attento progettista non sarà sfuggito il fatto che le risposte e le soluzioni utili per il perseguimento dei richiamati obiettivi non si trovano in un unico documento tecnico o in un decreto; queste non possono che scaturire da un'attenta valutazione dei rischi secondo il D.Lgs. 81/08 e ss.mm.ii a valle della quale individuare le misure di prevenzione e protezione idonee allo scopo.

Alcune di queste misure sono disponibili in una o più norme tecniche, altre in una o più regole tecniche emanate con Decreto del Ministero dell'Interno. Le eventuali ulteriori esigenze devono scaturire sulla base del confronto con i Responsabili Sanitari dei vari reparti e con il Comando dei Vigili del Fuoco competente per territorio.

Norme e leggi di riferimento

Per quanto di interesse ai fini antincendi, i riferimenti tecnico-normativi sono i seguenti:

- norma CEI 64-8:2007, con particolare riferimento ai capitoli 35, 422, 56, 710 e 751;
- norma CEI 11-1:1999, con particolare riferimento ai capitoli 6.1, 6.5 e 7.6;
- "Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle strutture sanitarie pubbliche e private" approvata con DM 18/09/02, costituente obbligo giuridico, con particolare riferimento:
 - ai criteri generali di sicurezza richiamati al punto 6;
 - alle esigenze di sezionamento di cui al punto 5.1;
 - alle esigenze di alimentazione degli impianti di ventilazione meccanica dei prodotti della combustione previsti al punto 5.2;
 - alla segnalazione dello stato di funzionamento dell'impianto di cui al punto 5.3;
 - alle esigenze di funzionamento dei sistemi di allarme a mezzo altoparlanti di cui al punto 8.3;
 - alle esigenze di funzionamento dei montalettighe utilizzabili in caso di incendio di cui ai punti 3.6.1 e 15.7, modificati dall'art.5 del DM 15/09/05;
- DPR 246/93 - Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE - Allegato A - Requisito n.2: Requisiti essenziali in caso d'incendio e relativo DOCUMENTO INTERPRETATIVO;
- guida CEI 64-56:2008, utile riferimento per l'attuazione delle prescrizioni imposte dalle norme CEI, impiegabili come regola dell'arte ai sensi dell'art.81 del D.Lgs. 81/08, e dall'art. 5.1 del DM 18/09/2002, costituente obbligo giuridico.

Classificazione degli ambienti ospedalieri

Per una corretta valutazione dei rischi e, conseguentemente, per una adeguata progettazione elettrica, il punto di partenza è costituito dalla classificazione degli ambienti ospedalieri.

Infatti, le strutture sanitarie di grandi dimensioni sono caratterizzate da ambienti eterogenei per destinazione d'uso e rischi associati.

Il DM 18 settembre 2002 aiuta il progettista spingendolo a suddividere la struttura nelle seguenti macro aree:

- *tipo A - aree od impianti a rischio specifico, classificati come attività soggette al controllo del C.N.VV.F. ai sensi del decreto ministeriale 16 febbraio 1982 (Gazzetta Ufficiale n. 98 del 9 aprile 1982) e del decreto del Presidente della Repubblica 26 maggio 1959, n. 689 (Gazzetta Ufficiale n. 212 del 4 settembre 1959) (impianti di produzione calore, gruppi elettrogeni, autorimesse, ecc.);*
- *tipo B - aree a rischio specifico accessibili al solo personale dipendente (laboratori di analisi e ricerca, depositi, lavanderie, ecc.) ubicate nel volume degli edifici destinati, anche in parte, ad aree di tipo C e D;*
- *tipo C - aree destinate a prestazioni medico-sanitarie di tipo ambulatoriale (ambulatori, centri specialistici, centri di diagnostica, consultori, ecc.) in cui non è previsto il ricovero;*
- *tipo D - aree destinate a ricovero in regime ospedaliero e/o residenziale nonché aree adibite ad unità speciali (terapia intensiva, neonatologia, reparto di rianimazione, sale operatorie, terapie particolari, ecc.);*
- *tipo E - aree destinate ad altri servizi pertinenti (uffici amministrativi, scuole e convitti professionali, spazi per riunioni e convegni, mensa aziendale, spazi per visitatori inclusi bar e limitati spazi commerciali).*

Per le finalità in argomento meritano un'attenzione del tutto particolare:

- tra le aree di tipo A e B, le sorgenti di alimentazione elettrica ordinarie e di riserva anche se non esplicitamente menzionate;
 - tra le aree di tipo B e C, i laboratori con presenza di sorgenti di radiazioni ionizzanti;
- La classificazione del decreto deve essere confrontata con quella prevista dalla norma CEI 64-8:2007 (ambienti a maggior rischio in caso di incendio) e dal titolo XI del D.Lgs. 81/08 (protezione da atmosfere esplosive: es. locali batterie gruppi di continuità). In particolare, si ritiene quanto mai opportuno considerare:
- tutti i reparti/aree aperti a pazienti e fruitori esterni (aree di tipo C, D, E) come luoghi a maggior rischio in caso di incendio per l'elevata presenza di persone (art.751.03.2



della norma CEI 64-8/7:2007);

- tutti i locali di deposito (aree di tipo B) come luoghi a maggior rischio in caso di incendio per la presenza di un carico di incendio superiore a 450 MJ/m² (art.751.03.4 CEI 64-8/7:2007), classificazione da aggiungere alla precedente per i locali inseriti nella volumetria di reparti aperti al pubblico.

Per le rimanenti aree di tipo A e B non sembra possibile generalizzare: pertanto, la classificazione deve essere condotta di caso in caso in funzione del livello di rischio elettrico presente.

- Ai fini della progettazione degli impianti, è altresì necessario "ricordarsi" dei locali ad uso medico, le cui caratteristiche dell'alimentazione sono definite nel capitolo 710 della norma CEI 64-8:2007, suddivisi in 3 gruppi in relazione alla presenza o meno di apparecchi elettromedicali ed al tipo di applicazione o trattamento sanitario sul paziente. In particolare, i locali di gruppo 0 sono quelli privi di apparecchiature elettromedicali; i locali di gruppo 1 sono quelli in cui gli apparecchi elettromedicali sono applicati esternamente o invasivamente

entro qualsiasi parte del corpo, escluso la zona cardiaca, quali:

- le camere di degenza
- le sale parto
- le sale ECG, EEG, EHG, EMG
- le sale per endoscopie
- le sale per idroterapia e fisioterapia
- le sale per emodialisi
- le sale radiologiche e per risonanza magnetica
- sala per radioterapie e medicina nucleare.

Sono infine da classificare come locali di gruppo 2 quelli in cui gli apparecchi elettromedicali sono utilizzati per operazioni chirurgiche ed interventi intracardiaci o dove il paziente è sottoposto a trattamenti vitali per i quali l'assenza dell'alimentazione elettrica può comportare pericolo di vita, quali ad esempio:

- i blocchi operatori
- la terapia intensiva
- le sale per ingessature chirurgiche
- le sale per applicazione di cateteri cardiaci
- le sale per esami angiografici
- i reparti di ricovero prematuri.

Specifiche di sicurezza antincendi

Definiti gli obiettivi e classificate le aree, è necessario individuare le caratteristiche tecniche dell'impianto, su cui deve essere basata la progettazione.

In merito, i riferimenti tecnici richiamati contengono sia misure deterministiche¹ che requisiti prestazionali² tutti concorrenti nel perseguimento degli otto obiettivi di sicurezza richiamati in premessa.

Le diverse misure contribuiscono in vario modo al raggiungimento degli obiettivi fissati. Ad esempio,

- la salvaguardia dei pazienti all'interno della stessa struttura sanitaria (obiettivo 1) si ottiene con compartimenti (almeno quelli di tipo D) tecnologicamente indipendenti tra di loro. A tal fine occorre:
 - il coordinamento delle protezioni elettriche in modo da garantire l'indipendenza elettrica, così come specificata al punto 563.1 della norma, quanto meno dei circuiti di alimentazione delle utenze "sanitarie";
 - l'adozione dei provvedimenti previsti dal capitolo 527 della norma CEI 64-8:2007 e dal capitolo 5.7 della norma CEI 11-17:2006 per limitare la propagazione dell'incendio attraverso le condutture.
- la continuità di esercizio, in caso di incendio, dell'alimentazione elettrica dei locali ad uso medico di gruppo 1 e 2 (obiettivo 2) si può ottenere adottando:
 - dispositivi di sezionamento di emergenza dedicati, da azionare solo dopo benestare del responsabile sanitario del reparto;
 - una distribuzione dei circuiti rispettosa del sistema di compartimentazione antincendi con circuiti derivati dai quadri di reparto, posati lungo i corridoi di distribuzione e senza attraversamenti di altri compartimenti;
 - cavi resistenti al fuoco per il collegamento dei quadri di piano ai locali;
 - l'indipendenza elettrica dei circuiti come già specificata.
- per la continuità di esercizio dei servizi di sicurezza destinati a funzionare in caso di incendio (obiettivo 3) è necessario garantire un'alimentazione conforme al capitolo 56 della norma CEI 64-8:2007 e protetta dal fuoco per l'intera durata di funzionamento previsto del servizio.
- l'obiettivo 4, ovvero il comportamento "selettivo" in caso di sollecitazione da incendio dei servizi di sicurezza non destinati a funzionare in caso di incendio, si può raggiungere:
 - assicurando il coordinamento delle protezioni elettriche;
 - limitando la propagazione dell'incendio

lungo le condutture come già specificato;

- realizzando la distribuzione lungo cavedi protetti e corridoi di smistamento³, evitando attraversamenti di altri locali a rischio di incendio.

- la necessità di assicurare la continuità della prestazione sanitaria nei compartimenti riceventi i pazienti movimentati in caso di emergenza (obiettivo 5), può rendere necessari i seguenti provvedimenti:
 - selettività delle protezioni;
 - misure contro la propagazione dell'incendio lungo le condutture come già specificato;
 - posa in opera delle condutture di distribuzione lungo cavedi protetti e corridoi di smistamento evitando attraversamenti di altri locali a rischio di incendio;
 - realizzazione di sistemi di alimentazione con caratteristiche funzionali ed affidabilità equivalenti tra i compartimenti fra i quali il piano di emergenza prevede l'esodo orizzontale progressivo.
- per l'obiettivo n.6 (Limitazione del panico per i presenti) è necessario garantire:
 - la limitazione della produzione di fumi e gas tossici/corrosivi prodotti dal materiale elettrico;
 - la limitata propagazione dell'incendio lungo le condutture;
 - l'inaccessibilità dei dispositivi di manovra;
 - l'inaccessibilità dei dispositivi manuali per la diffusione dell'allarme, se non presidiati da operatori sanitari.
- per la salvaguardia dell'operatore di soccorso intento in operazioni di spegnimento in locali sotto tensione (obiettivo 7), si possono adottare i seguenti accorgimenti:
 - installazione di dispositivi di sezionamento di emergenza delle alimentazioni elettriche interne al compartimento in fiamme;
 - protezione dal fuoco dei circuiti di alimentazione degli impianti di protezione attiva destinati a funzionare in caso di incendio;
 - apposizione della segnaletica atta ad esplicitare la presenza di impianti/apparecchiature sotto tensione non sezionabili in assenza del parere del responsabile sanitario;
- infine, per il conseguimento dell'obiettivo n.8 (Salvaguardia della pubblica incolumità in caso di incendio coinvolgente sorgenti di radiazioni ionizzanti) appaiono indispensabili i seguenti interventi tecnici, alcuni dei quali desunti dalla norma UNI 10491-1995 relativa a "Criteri per la costruzione di installazioni adibite alla manipolazione di sorgenti radioattive non sigillate":
 - protezione dal fuoco dei circuiti di ali-

mentazione degli impianti di ventilazione meccanica dei locali contenenti radiofarmaci e impiego di estrattori a norma UNI EN 12101-3;

- comando generale del sistema di ventilazione collocato all'esterno del laboratorio o reparto e in posizione segnalata;
- asservimento delle elettroserrature delle porte dei laboratori all'eventuale esposizione di una sorgente di radiazione ionizzante o al funzionamento di un generatore di radiazioni;
- interblocco dell'alimentazione dei generatori di radiazioni ionizzanti con l'apertura delle porte di accesso al locale;
- installazione di un dispositivo di sezionamento di emergenza dell'alimentazione elettrica del locale posto in posizione presidiata dall'operatore;
- sistemi di sorveglianza e rilevazione delle anomalie di funzionamento degli apparati di ventilazione e condizionamento, antincendio, trasferimento dei liquidi, ecc., ove presenti;
- alimentazione secondo capitolo 56 della norma CEI 64-8:2007 dei macchinari nel caso in cui il rientro delle sorgenti esposte nel pozzetto di schermatura dovesse avvenire per movimentazione elettrica (art. 12.2 UNI 10491);
- installazione di un sistema di videosorveglianza dei locali di installazione di macchine acceleratrici di particelle (es. ciclotroni, linac, sincrotroni) dotato di alimentazione di sicurezza.

Ovviamente, per quanto non espressamente richiamato, si rimanda all'applicazione delle misure previste dalle norme generali impianti contro il rischio di innesco e propagazione e dalla sezione 751 della norma CEI 64-8:2007.

Un'ultima osservazione merita la valutazione del rischio derivante dalla combustione dei cavi richiesta dall' art.751 della norma suddetta.

Per quanto riguarda le aree di tipo D, è da tener presente che le procedure di emergenza basate sull'esodo orizzontale progressivo, ossia da un compartimento a quello adiacente, prevedono la salvaguardia dei pazienti anche all'interno della struttura ospedaliera e che gli arredi e i rivestimenti devono essere per buona parte incombustibili ovvero con prestabiliti requisiti di reazione al fuoco.

Per quanto sopra, la quantità di materiale combustibile dei cavi difficilmente potrà ritenersi non significativa e, di conseguenza, almeno per le aree di degenza e per i blocchi operatori, si ritiene quanto mai opportuno procedere all'installazione di cavi a basso sviluppo di gas tossici e corrosivi rispon-



denti alla serie di norme CEI EN 50266 (CEI 20-22/3), alla serie di norme CEI EN 50267 (CEI 20-37/2) e alla serie di norme CEI EN 61034 (CEI 20-37/3).

Alimentazioni di sicurezza

Per una corretta progettazione, in aggiunta

a quanto già detto, occorre fissare l'attenzione su alcuni aspetti non del tutto secondari.

Sull'alimentazione di sicurezza di alcuni servizi, si rileva la presenza di indicazioni contrastanti tra la regola tecnica di prevenzione incendi (DM 18/09/2002) e la sezione 710 della norma CEI 64:2007.

Secondo la citata sezione, alle utenze sanitarie, da alimentare in conformità al Capitolo 56 della norma, bisogna assicurare tempi di commutazione e autonomia di sicurezza come da tabella 1.

E' ovvio che il professionista, per coniugare le esigenze di emergenza sanitaria con quelle di sicurezza antincendi, dovrà fare riferimento ai requisiti più restrittivi.

Per quanto riguarda la scelta del sistema di alimentazione delle utenze sanitarie, è bene tener presente la disponibilità sul mercato di diverse apparecchiature elettromedicali dotate di sorgente di alimentazione di riserva integrata, quali ad esempio:

- apparecchiature per emodialisi (reni artificiali)
- ventilatori polmonari
- ventilatori per anestesia
- monitor paziente
- aspiratori chirurgici elettrici portatili
- pompe infusionali
- elettrocardiografi
- defibrillatori
- pulsossimetri
- apparecchiature per il sollevamento dei pazienti
- scialitiche e tavoli operatori, che possono essere dotati di UPS dedicati e installati localmente
- macchina cuore-polmone per interventi di cardiocirurgia
- emogas analizzatori anch'essi dotati di UPS dedicati.

Per l'alimentazione dei blocchi operatori, tenuto conto della necessità di garantire con estrema affidabilità l'assenza di buchi di tensione, si suggerisce di installare un doppio gruppo di continuità in modo da non mettere fuori servizio la sala operatoria in caso di manutenzione o guasto dell'unico gruppo disponibile.

Infine, è da tenere bene in mente quanto richiamato al punto 4.2.5 del Documento interpretativo per il requisito essenziale n.2 della Direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione. Questo recita testualmente: "L'alimentazione di emergenza per gli im-

TABELLA 1

Utenze	Tempo di commutazione	Autonomia
(art.710.562.2.1) - apparecchi di illuminazione dei tavoli operatori; - apparecchi elettromedicali.	≤ 0,5 s	3h
(art.710.564.2) - apparecchi elettromedicali che necessitano di un'alimentazione di sicurezza entro 15 s, diversi da quelli indicati in 710.562.2. 1; - apparecchi elettrici di sistemi destinati a fornire gas per uso medico, compresi l'aria compressa, il vuoto ed i gas anestetici, e relativi sistemi di monitoraggio.	≤ 15 s	24h
(art.710.562.2.3) - apparecchi di sterilizzazione; - impianti tecnici dell'edificio, in particolare condizionamento dell'aria, sistemi di riscaldamento e ventilazione, servizi dell'edificio, sistema di smaltimento rifiuti; - apparecchi frigoriferi; - apparecchi di cottura; - apparecchiature per carica batterie di accumulatori a servizio locali gruppo 1 e 2.	> 15 s	24h

Note

¹ Ad esempio, le formule di dimensionamento dei dispositivi per la protezione dal sovraccarico.

² Ad esempio, l'art. 6 del DM 18/09/2002 richiede che gli impianti devono possedere caratteristiche strutturali, tensione di alimentazione e possibilità di intervento individuate nel piano della gestione delle emergenze tali da non costituire pericolo durante le operazioni di spegnimento.

³ I requisiti dei percorsi di esodo sono disciplinati dal DM 18/09/2002 che prevede limitazioni in termini di caratteristiche di reazione al fuoco e quantità dei materiali combustibili impiegati, compresi quelli utilizzati nelle condotte di ventilazione e negli altri impianti tecnologici, e assenza di materiali combustibili in deposito.

pianti antincendio deve fornire [...] corrente elettrica [...] in caso di GUASTO del sistema normale di alimentazione”.

Ciò si traduce nel divieto assoluto di rendere indisponibile (per procedura di sezionamento degli altri circuiti) l'alimentazione primaria dei servizi di sicurezza.

Impianti di illuminazione di emergenza, diffusione sonora e rivelazione incendi

La corretta funzionalità di questi impianti, il soddisfacimento dei requisiti prestazionali e i correlati oneri economici molto dipendono dalla progettazione elettrica.

Ad esempio:

- i maggior flussi luminosi richiesti dal DM 18/09/02 per l'illuminazione di emergenza rispetto a quanto previsto dalla norma UNI EN 1838 incidono sul numero di punti luce da adottare così come lo sdoppiamento dei circuiti nelle aree di tipo B, C, D, E (aperti al pubblico), quanto mai opportuno se non necessario per valutazione dei rischi, incide sul numero di circuiti e sui quadri di distribuzione
- la nuova edizione della norma UNI 9795:2010, relativa agli impianti di rivelazione e allarme incendi, ha finalmente introdotto la possibilità delle interconnessioni dei componenti via radio nonché la possibilità di integrare l'impianto con sistemi di diffusione sonora a mezzo di altoparlanti, con le conseguenti ripercussioni sul calcolo degli oneri per canalizzazioni
- la continuità di servizio dell'impianto di diffusione sonora può essere spinta sino al singolo altoparlante, provvedendo all'installazione di cavi resistenti al fuoco e di altoparlanti con morsetti ceramici: le norme tecniche disponibili (CEI 100-55) non danno alcuna indicazione puntuale in materia e dunque le misure adottate dipendono dalla valutazione dei rischi condotta. Tuttavia, è evidente che tanto più spinta è la prestazione tanto più oneroso è l'impianto: al progettista elettrico non rimane che procedere al confronto tra committenza e Comando VVF al fine di impiegare al meglio le somme a disposizione.

Fermo restando l'obbligo giuridico della valutazione dei rischi di incendio da presentare al locale Comando VVF per l'emanazione del parere di conformità e l'adozione delle conseguenti misure sull'impianto elettrico, gli autori, avendo maturato esperienze più che decennali sulle strutture sanitarie in termini di approvazione di progetti, sopralluoghi e interventi di soccorso tecnico urgente, evidenziano la necessità di far nascere, crescere e mantenere in vita gli impianti elettrici ospedalieri con il contributo di tutti gli at-

tori coinvolti (progettisti, funzionari VVF, responsabili sanitari e installatori) anche sulla base degli spunti di riflessione forniti.

Michele Mazzaro, Gianfranco Tripi e Calogero Turturici

Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco

Aspetti specifici degli impianti elettrici nei locali ad uso medico e assimilati

È ben noto come gli impianti elettrici nei locali ad uso medico ed assimilati abbiano aspetti specifici finalizzati, soprattutto, a garantire la sicurezza dei pazienti.

La norma d'impiantistica CEI che contiene le prescrizioni specifiche per i locali medici è la CEI 64-8, Sezione 710 che ha sostituito, nel 2001, la norma CEI 64-4. Alla sezione 710 si affianca la guida CEI 64-56:2007. Lo stesso obiettivo perseguono le norme di prodotto CEI EN sugli apparecchi elettromedicali che hanno, tutte, una valenza internazionale.

È opportuno evidenziare quanto indicato nella norma CEI 64-8;V1:2008 che abroga dall'art. 710 la frase: *“Gli impianti già realizzati, o in corso di realizzazione, secondo la norma CEI 64-4 sono ritenuti egualmente idonei agli effetti della sicurezza”*. Abrogazione che, coerentemente, recepisce il nuovo approccio alla prevenzione ed, in particolare, alla valutazione del rischio del D.Lgs. 81/08 come modificato dal D.Lgs. 106/09. Prevenzione intesa come *“complesso delle disposizioni o misure necessarie anche secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, per evitare o diminuire i rischi”* in un'ottica dinamica della valutazione dei rischi che tiene conto dell'evolversi della tecnica per gli opportuni adeguamenti.

Perché mai una sezione specifica CEI ed una guida CEI su questi impianti elettrici e 160 norme internazionali sugli apparecchi elettromedicali? Tanta attenzione deriva dalla maggiore vulnerabilità allo shock elettrico ed al corretto funzionamento dell'impianto elettrico in cui viene a trovarsi il paziente.

Soprattutto per ridurre due rischi:

- Rischio di microshock;
- Rischi specifici provocati dalla mancanza dell'alimentazione (continuità di esercizio).

Macroshock e microshock

Quando una persona, in condizioni fisiche “normali”, entra in contatto con parti sottoposte a tensione, la corrente elettrica si distribuisce in tutto il corpo e solo una parte interessa la zona cardiaca (fig. 1). La tensione U_L massima ammessa dalla norma CEI 64-8:2007 per gli ambienti particolari (tra cui lo-

cali medici) è di 25 V in c.a. (60 V in c.c.). Il limite di tollerabilità della corrente conseguente è dell'ordine della decina di milliamperere (macroshock). Una corrente di dispersione di 0,5 mA (500 μ A), ammessa per un apparecchio elettrico ordinario, è al di sotto della soglia di sensibilità media e non provoca danni all'organismo.

Per un paziente che si trovi nelle condizioni illustrate in fig. 2, una corrente di alcune decine di microampere può innescare la fibrillazione ventricolare e causarne la morte (microshock).

La riduzione dei rischi di macroshock può essere ottenuta con provvedimenti impiantistici semplici (ad esempio, interruttore differenziale con $I_{dn} \leq 30$ mA ed impianto di terra); questo non è invece possibile per la protezione dal rischio di microshock, nei riguardi del quale, dato il valore molto basso della corrente pericolosa (ordine di grandezza 10 μ A), è necessario adottare specifici provvedimenti impiantistici di protezione e severe modalità di esercizio dell'impianto stesso ed, inoltre, utilizzare apparecchi elettromedicali con caratteristiche di sicurezza adeguate.

I principali provvedimenti impiantistici contro i rischi di microshock sono:

- separazione elettrica del circuito di alimentazione degli apparecchi mediante trasformatore di isolamento;
- controllo continuo dell'isolamento verso terra dei circuiti isolati;
- sistema di equalizzazione dei potenziali.

I provvedimenti impiantistici di protezione devono essere presi in sede di progettazione, in relazione alla classificazione del locale. La classificazione dipende dal tipo di attività medica che vi si svolge.

I provvedimenti di esercizio devono essere adottati da parte del personale medico, in relazione al tipo di intervento svolto, e dal personale tecnico per quanto riguarda le verifiche e la manutenzione degli impianti elettrici e l'acquisizione e la manutenzione degli apparecchi elettromedicali.

Negli ambienti medici la presenza di apparecchi elettrici destinati alla diagnosi, terapia o riabilitazione (apparecchi elettromedicali) è sempre più massiccia. Gli apparecchi elettromedicali sono spesso in intimo contatto con il paziente attraverso elettrodi, sonde, ecc. e/o ad essi sono affidate funzioni vitali del paziente come nei locali di terapia intensiva oppure durante particolari interventi chirurgici.

Una corrente elettrica che circola nel cuore può determinare il fenomeno irreversibile della fibrillazione ventricolare, che dipende da:

- ampiezza della corrente elettrica
- durata del passaggio della corrente

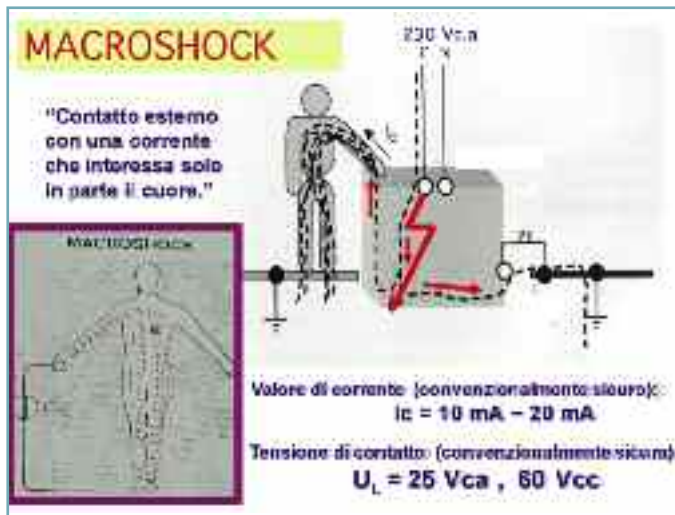


Fig. 1 Rischio di macroshock

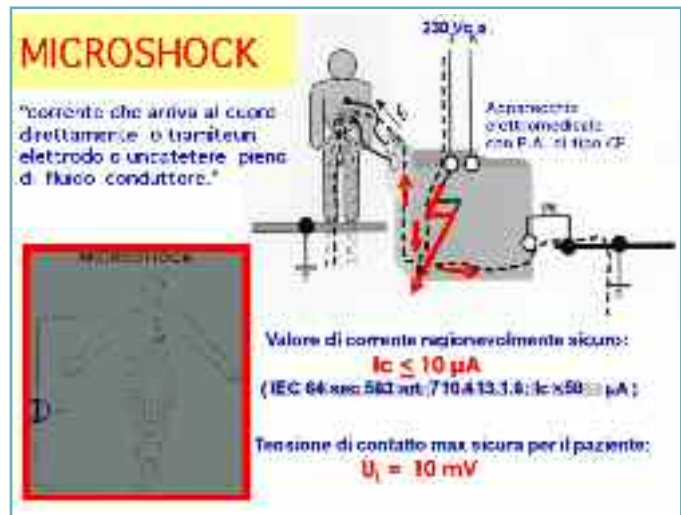


Fig. 2 Rischio di microshock

- zona del cuore percorsa dalla corrente. A frequenza industriale, a parità di condizioni, si ha il più basso valore di corrente per innescare la fibrillazione ventricolare. Il rischio per il paziente, dipende, dalla sensibilità del corpo umano alle correnti elettriche e da tutta una serie di circostanze che possono aggravare le condizioni di pericolo, come:

- assenza di reazioni normali del paziente al passaggio di piccole correnti, per l'impiego di anestetici o per lo stato di fuori conoscenza e conseguente impossibilità per l'operatore sanitaria di rilevare il passaggio di piccole correnti elettriche;
- applicazione di parti applicate direttamente al corpo di apparecchi elettromedicali esterni sulla pelle, caratterizzata spesso da una ridotta resistenza di contatto dovuta a trattamenti medici o chirurgici o all'applicazione di paste conduttrici o addirittura, attraverso sonde, a contatto con organi interni;
- collegamento simultaneo al paziente di più apparecchi con caratteristiche e prestazioni diverse.

È esposto al rischio di microshock, ad esempio, il paziente al quale sia stato applicato un catetere pieno di liquido, per prelevare campioni di sangue nei punti critici del cuore, o per iniettare un liquido radiopaco (angiografia); oppure per stimolare il cuore tramite un elettrodo (pace-maker temporaneo). In questi casi, una corrente elettrica esterna, ad esempio una corrente di dispersione di un apparecchio elettromedicale, può confluire direttamente nel cuore per fuoriuscire tramite il catetere.

Ne consegue che un impianto elettrico che è "a regola d'arte" (rischio accettabile) in un ambiente ordinario può essere molto pericoloso in locali dove è presente il rischio di microshock.

Le misure di sicurezza da adottare non sono uguali in tutti i locali medici, ma si differenziano secondo la tipologia dell'attività medica svolta ed il tipo di apparecchi elettromedicali utilizzati.

In conclusione la probabilità che la persona sia percorsa da correnti pericolose è molto più elevata di quella che si ha in condizioni di vita "normale".

Rischi specifici provocati dalla mancanza dell'alimentazione

L'altro rischio specifico nei locali medici è costituito dal venir meno dell'energia elettrica, gravi soprattutto le conseguenze per il paziente quando gli apparecchi elettromedicali sovrintendono allo svolgimento di funzioni vitali oppure quando ne derivano disfunzioni per le attività sanitarie (illuminazioni in zone particolari come sale operatorie e locali di rianimazione) e/o di emergenza (evacuazione, trasporto urgente di pazienti). L'art. 710.562.1.2 della norma 64-8:2007, infatti, recita:

"Abbassamento di tensione

Se l'abbassamento di tensione al quadro di distribuzione principale supera in uno o più conduttori di fase il 12% della tensione nominale, per una durata superiore a 3 s, una sorgente di alimentazione dei servizi di sicurezza deve provvedere automaticamente alla alimentazione dei circuiti di cui in 710.562.2.2." e successivamente (art. 710.562.2) "Prescrizioni dettagliate per le sorgenti di alimentazione di sicurezza".

Provvedimenti normativi specifici di impiantistica elettrica

La normativa di riferimento è rappresentata dalla Sezione 710 della norma CEI 64-8:2007 "Locali ad uso medico", e dalla relativa guida CEI 64-56:2007.

La situazione normativa internazionale è, attualmente, bloccata. La bozza del documento F pr HD 60364-7-710 "Medical location", in discussione dal 2002, sottoposta a voto CENELEC (scadenza 20-11-2009) è stata bocciata.

Campo di applicazione e definizioni

Le prescrizioni particolari si applicano agli impianti elettrici nei locali ad uso medico (ospedali, cliniche private, studi medici e dentistici, locali ad uso estetico e locali dedicati ad uso medico nei luoghi di lavoro). La norma aggiunge che "la presente norma può essere usata anche per cliniche e ambulatori veterinari".

Definizioni

Con la definizione di locale ad uso medico si intende un "locale destinato a scopi diagnostici, terapeutici, chirurgici, di sorveglianza o di riabilitazione dei pazienti (inclusi i trattamenti estetici)".

Gli ambulatori veterinari sono locali "assimilati" ai locali ad uso medico in quanto la definizione di "paziente" comprende anche gli animali; ad essi si possono applicare, quindi, le stesse prescrizioni dei locali ad uso medico. Nell'allegato P della Guida CEI 64-56:2008 si tratta specificatamente degli impianti elettrici in questi locali (Studio veterinario, Ambulatorio veterinario, Clinica veterinaria, Ospedale veterinario). Non viene considerato, in generale, il rischio di microshock ed i locali sono classificati come Locali di grado 0 (locali di degenza) e Locali di grado 1 (se si utilizzano apparecchi EM con parti applicate in diagnosi e chirurgia). È prevista l'installazione di una illuminazione di sicurezza per questi locali e per la, eventuale, lampada scialitica.

Un locale ad uso estetico è un locale dove

l'estetista svolge la propria attività ed utilizza apparecchi elettrici ad uso estetico, indipendentemente dalla struttura che lo ospita (centro di fitness, palestra, albergo, ecc). Il maggior rischio elettrico è, infatti, legato all'applicazione di apparecchi ad uso estetico. Un apparecchio per uso estetico è così definito: "Apparecchio elettrico [...] destinato al trattamento estetico, utilizzato dall'operatore estetico e che entra in contatto fisico ed elettrico con il soggetto trattato e/o trasferisce energia verso o dal soggetto trattato". Nella legge 4 gennaio 1990 n. 1 "Disciplina dell'attività di estetista" tali apparecchi sono citati come "apparecchi elettromeccanici per uso estetico", ma i rischi che possono provocare sono assimilati a quelli di un apparecchio elettromedicale. La stessa legge elenca tutti gli apparecchi ad uso estetico, elettrici e non elettrici. Non sono da considerare apparecchi per uso estetico: caschi da parrucchiere, asciugacapelli portatili, rasoi elettrici, ecc.

Con il termine di paziente si intende la persona o animale sottoposta ad esame o trattamento medico incluso quello dentistico. La persona sottoposta al trattamento di tipo estetico è da considerare, per quanto riguar-

da la presente norma, come un paziente.

Apparecchio elettromedicale

Un apparecchio elettrico destinato alla diagnosi, terapia o riabilitazione di un paziente sotto la supervisione di un medico è definita apparecchio elettromedicale.

La parte dell'apparecchio elettromedicale che nel funzionamento ordinario è destinata ad entrare in contatto fisico con il paziente per ragioni funzionali è denominata parte applicata. Gli apparecchi elettromedicali con parti applicate sono ovviamente più pericolosi.

Parte applicata

Si definisce parte applicata la parte dell'apparecchio la parte che nell'uso normale:

- è necessariamente in contatto fisico con il paziente perché l'apparecchio possa svolgere la sua funzione;
- può essere portata a contatto con il paziente;
- necessita di essere toccata dal paziente.

La norma CEI EN 60601-1:2007 (CEI 62-5) definisce parte applicata la "parte di un apparecchio EM (elettromedicale) che nell'uso normale viene necessariamente in contatto

fisico con il paziente affinché l'apparecchio EM o il SISTEMA EM possa svolgere la sua funzione".

Gli apparecchi elettromedicali si distinguono in apparecchi con parti applicate di tipo B, di tipo BF e di tipo CF secondo una graduatoria crescente di sicurezza.

Gli apparecchi con parti applicate di tipo F (BF e CF) hanno le parti applicate "flottanti" cioè sono isolate dalle altre parti dell'apparecchio EM, in modo che quando al paziente viene connessa una tensione non voluta generata da una sorgente esterna, non possa circolare una corrente superiore alla corrente di dispersione nel paziente ammessa tra la connessione paziente e la terra. Le parti applicate possono, anche, essere classificate come parti applicate protette contro la scarica del defibrillatore.

Correnti di dispersione

Esistono tre tipi di correnti di dispersione:

- corrente di dispersione verso terra: corrente che fluisce nel conduttore di protezione (norma CEI EN 60601-1:2007 art. 3.25);
- corrente di dispersione sull'involucro: corrente che attraversa la persona in contatto con l'involucro (isolante) (norma CEI EN



60601-1:2007 art. 3.26);

- corrente di dispersione nel paziente: corrente che fluisce nel paziente verso terra tramite la parte applicata.

Classificazione dei locali medici

I locali medici sono classificati in tre gruppi, in base caratteristiche degli apparecchi elettromedicali impiegati e all'attività medica svolta:

Locali medici di gruppo 0

Locali medici nei quali non si utilizzano apparecchi elettromedicali con parti applicate

Locali medici di gruppo 1

Locali medici in cui si fa uso di apparecchi elettromedicali con parti applicate. Le parti applicate sono destinate ad essere utilizzate esternamente, oppure invasivamente entro qualsiasi parte del corpo, eccetto che nella zona cardiaca

Locali medici di gruppo 2

Locale ad uso medico nel quale le parti applicate sono destinate ad essere utilizzate in applicazioni quali interventi intracardiaci, operazioni chirurgiche, o il paziente è sottoposto a trattamenti vitali dove la mancanza dell'alimentazione può comportare pericolo per la vita del paziente, ad esempio terapia intensiva.

Un intervento intracardiaco è un intervento in cui un conduttore elettrico è posto entro la zona cardiaca di un paziente o è probabile che entri in contatto con il cuore, mentre tale conduttore è accessibile all'esterno del corpo del paziente (ad es. l'applicazione di pace-maker, esami angiografici e di emodinamica, ecc.).

A questo riguardo, si considerano conduttori non solo gli elettrodi di un pacemaker o di un elettrocardiografo, ma anche i cateteri che contengono liquidi conduttori (sangue, liquido fisiologico, ecc.).

Zona paziente

Nei locali medici di gruppo 1 e 2 si utilizzano apparecchi elettromedicali con parti applicate. La norma CEI 64-8:2007 (art. 710.2.8) definisce come zona paziente:

"Qualsiasi volume in cui un paziente con parti applicate può venire in contatto intenzionale, o non intenzionale, con altri apparecchi elettromedicali o sistemi elettromedicali o con masse estranee, con altre persone in contatto con tali elementi. Questa definizione si applica quando la posizione del paziente è predeterminata; in caso contrario devono essere prese in considerazione tutte le possibili posizioni del paziente".

Se gli apparecchi elettromedicali sono più di uno e/o spostabili, la zona paziente si ingrandisce fino ad occupare, a favore della sicurezza, tutto il locale.

Da notare che non si tiene conto degli apparecchi elettromedicali alimentati da una sorgente elettrica interna (pile o accumulatori) anche se con parti applicate, se non c'è pericolo di microshock. Come, ad esempio, nel caso di una pompa di infusione ed il paziente in queste condizioni non è da considerare un paziente con parti applicate.

Provvedimenti di protezione specifici nei locali medici ed assimilati

La classificazione dei locali ad uso medico e l'individuazione della zona paziente devono essere fatte dal personale medico in accordo con l'organizzazione sanitaria; è necessario che il responsabile sanitario indichi esplicitamente quali trattamenti medici saranno effettuati nel locale (CEI 64-8:2007, art. 710.3).

Nei locali medici o assimilati di gruppo 0 (zero) si deve solamente ottemperare alle prescrizioni della parte generale della norma CEI 64-8, non si applica la sezione 710.

Nei locali medici o assimilati di gruppo 1 e 2 si applicano i provvedimenti più severi previsti dalla sezione 710 della norma CEI 64-8. Ci si limita ai componenti installati a meno di 2,5 metri di altezza.

Provvedimenti che così possono essere schematizzati:

• Locali di gruppo 1:

- Nodo equipotenziale (art. 710.413.1.2.2.1) a cui si collegano:

- le masse (conduttori di protezione);
- le masse estranee (conduttori equipotenziali, sezione minima 6 mm²);
- eventuali schermi metallici (contro le interferenze, nei trasformatori di isolamento, ecc).

- Adozione di interruttori differenziali esclusivamente di tipo A o B (interruttori differenziali in accordo con CEI EN 61008-1:2005, CEI EN 61009-1:2006 e IEC 60755;

- Illuminazione di sicurezza di classe adeguata

• Locali di gruppo 2:

- Nodo equipotenziale (art. 710.413.1.2.2.1) a cui si collegano:

- le masse (conduttori di protezione);

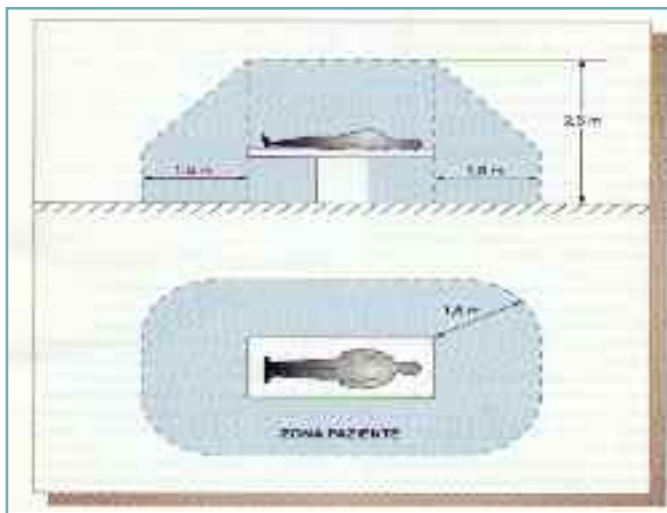


Fig. 3 Definizione zona paziente

- le masse estranee (conduttori equipotenziali, sezione minima 6 mm² e resistenza tra nodo equipotenziale e morsetti $\leq 0,2 \Omega$);
- eventuali schermi metallici (contro le interferenze, nei trasformatori di isolamento, ecc).
- Adozione del sistema IT-M (CEI 64-8:2007, art. 710.413.1.5): trasformatore di isolamento ad uso medicale (norma CEI EN 61558-2-15:2001 art. 8.1 h) e dispositivo di controllo permanente dell'isolamento.
- Adozione nei circuiti non alimentati da trasformatore IT-M, di interruttori differenziali esclusivamente di tipo A o B (interruttori differenziali in accordo con CEI EN 61008-1:2005, CEI EN 61009-1:2006 e IEC 60755);
- Alimentazione di sicurezza:
 - che garantisca una adeguata continuità per le utenze essenziali;
 - illuminazione con classificazione dei tempi di intervento adeguata.

Individuazione delle masse estranee nei locali medici o assimilati di gruppo 1 o 2

- *Locale di gruppo 0:* è una massa estranea la parte metallica che presenta una resistenza verso terra $< 1000 \Omega$, deve essere collegata all'impianto di terra;
- *Locale di gruppo 1:* è una massa estranea la parte metallica che presenta una resistenza verso terra $< 200 \Omega$, deve essere collegata al nodo equipotenziale (sezione non minore di 6 mm²);
- *Locale di gruppo 2:* è una massa estranea la parte metallica che presenta una resistenza verso terra $< 0,5 M\Omega$, deve essere collegata al nodo equipotenziale (sezione non minore di 6 mm²), in questo caso la resistenza del conduttore equipotenziale deve essere $< 0,2 \Omega$.

Le verifiche

Le prescrizioni sulle verifiche degli impianti medici (e assimilati) hanno una forte specificità rispetto alla Norma generale.

La norma 64-8:2007, art. 710.6 prescrive che: "Devono essere registrate le date ed i risultati delle prove e delle misure di ciascuna verifica, la quale deve essere effettuata da un tecnico qualificato".

E negli articoli successivi si precisa:

• 710.61 Verifiche iniziali

- Le verifiche indicate nel seguito nei punti da a) a d) sono da aggiungere a quelle indicate nel Capitolo 61. Le verifiche devono essere effettuate prima della messa in servizio iniziale e, dopo modifiche o riparazioni, prima della nuova messa in servizio.

a) prova funzionale dei dispositivi di controllo dell'isolamento di sistemi IT-M e dei sistemi di allarme ottico e acustico;

b) misure per verificare il collegamento equipotenziale supplementare (710.413.1.2.2.2);

c) misure delle correnti di dispersione dell'avvolgimento secondario a vuoto e sull'involucro dei trasformatori per uso medicale;

d) esame a vista per controllare che siano state rispettate le altre prescrizioni della sezione.

• 710.62 Verifiche periodiche.

- Devono essere effettuate le seguenti verifiche periodiche nei seguenti intervalli di tempo indicati:

a) prova funzionale dei dispositivi di controllo dell'isolamento: sei mesi;

b) controllo, mediante esame a vista, delle tarature dei dispositivi di protezione regolabili: un anno;

c) misure per verificare il collegamento equipotenziale supplementare: tre anni;

d) prova funzionale dell'alimentazione dei

servizi di sicurezza con motori a combustione:

• prova a vuoto: un mese;

• prova a carico per almeno 30 min: quattro mesi;

e) prova funzionale dell'alimentazione dei servizi di sicurezza a batteria secondo le istruzioni del costruttore: sei mesi;

f) prova dell'intervento, con Idn, degli interruttori differenziali: un anno.

Conclusioni

Possiamo simboleggiare la sicurezza di un manufatto (macchina e/o impianto) come una catena composta da quattro anelli: la sicurezza progettuale e costruttiva del prodotto, in primis e, inoltre, la corretta gestione dell'installazione, della manutenzione e dell'utilizzo. Se si rompe anche un solo anello la catena non svolge più la sua funzione. Banale, ma, in sostanza, corretto!

Possiamo, allora, fare alcune considerazioni nel contesto della sicurezza elettrica del paziente nei locali medici e assimilati. Se consideriamo l'insieme delle "macchine", cioè degli apparecchi elettromedicali e degli "impianti elettrici" emerge l'intreccio strettissimo tra attività tecnica ed attività sanitaria.

L'intreccio nasce a monte delle scelte progettuali del tecnico nel momento in cui si individua e si installa l'apparecchio della tipologia necessaria alle attività sanitarie e nella classificazione dei locali stessi che, in funzione dell'attività sanitaria, devono possedere i requisiti di sicurezza accettabili.

L'intreccio coinvolge, infine, in maniera massiccia l'attività sanitaria soprattutto per quanto riguarda il *corretto utilizzo* dell'insieme di apparecchi ed impianti.

Non sempre l'interfaccia tra tecnici (progettista, consulenti, ditte fornitrici o di manutenzione di apparecchi elettromedicali, ecc.) e sanitari è definita e funziona in maniera soddisfacente. I nodi operativi in cui si articola il settore tecnico sono settori ospedalieri specifici, collegati funzionalmente e/o gerarchicamente agli uffici tecnici o alla Direzione Sanitaria oppure autonomi (Ingegneria clinica, Ingegneria biomedica, ecc.) non omogenei nell'attribuzione dei compiti e delle mansioni.

Esiste un Disegno di Legge (C.799 presentato al Senato nel maggio 2008 ed attualmente in corso di esame in commissione) dal titolo "Modifiche al decreto legislativo 30 dicembre 1992, n. 502, e altre disposizioni in materia di organizzazione del Servizio sanitario nazionale" che istituisce un

"servizio di ingegneria clinica che garantisca l'uso sicuro, efficiente ed economico dei dispositivi medici costituiti da apparecchi e impianti, i quali devono essere sotto-



posti a procedure di accettazione, ivi compreso il collaudo, nonché di manutenzione preventiva e correttiva e a verifiche periodiche di sicurezza, funzionalità e qualità. Il servizio di ingegneria clinica contribuisce alla programmazione delle nuove acquisizioni e alla formazione del personale sull'uso delle tecnologie".

Analoga la situazione nella formazione universitaria (Medicina, ingegneria e infermieri professionali) quando esiste una offerta formativa nel settore gli iter non sono omogenei ed i programmi non sono sempre concordi. C'è ancora molto da fare affinché questi quattro anelli rimangano saldamente intrecciati per la sicurezza e il bene del paziente.

Salvatore Campobello

Membro del SC 64A del CEI

Efficienza energetica di componenti e sistemi elettrici: strumenti normativi

Nel 2005 nel Libro Verde sull'efficienza energetica la Commissione Europea ha delineato le opzioni e le modalità possibili per conseguire un aumento dell'efficienza energetica in Europa.

Nel 2006 ha poi predisposto un piano di azione, fatto proprio dal Consiglio Europeo nella primavera del 2007, che illustra la strategia per sfruttare appieno il potenziale legato al miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia.

Il ruolo centrale dell'efficienza energetica nell'ambito della politica energetica europea è stato poi ribadito con il pacchetto del gennaio 2008 sull'energia rinnovabile e i cambiamenti climatici con il quale gli Stati membri si sono impegnati a conseguire traguardi ambiziosi in termini di sviluppo dell'impiego di fonti rinnovabili e riduzione delle emissioni¹.

Questi documenti si inseriscono in un quadro politico più ampio e consolidato di promozione dell'efficienza energetica i cui riferimenti principali sono riassunti in Tabella 1.

Numerosi studi hanno dimostrato che i miglioramenti di efficienza energetica di alcuni prodotti sono stati conseguiti principalmente grazie all'introduzione di norme e di programmi di etichettatura energetica. A questo proposito il WEO² ha avuto modo di affermare, tra l'altro: *The most effective way of encouraging investment in energy-efficiency improvements is the well-designed and well-enforced regulations on efficiency standards, coupled with appropriate energy-pricing policies.*

La normazione tecnica può quindi svolgere un ruolo chiave nel garantire il raggiungimento degli obiettivi di promozione dell'efficienza

TABELLA 1 – PRINCIPALI DIRETTIVE EU IN MATERIA DI EFFICIENZA ENERGETICA

End-use Efficiency & Energy Services	Directive 2006/32/EC
Energy Efficiency in Buildings	Directive 2002/91/EC
Eco-design of Energy-Using Products	Directive 2005/32/EC
Energy Labelling of Domestic Appliances	Directive 2003/66/EC Directive 2002/40/EC Directive 2002/31/EC
Combined Heat and Power	Directive 2004/8/EC
Energy Star Programme	Council decision of 18 December 2006

energetica come strumento tecnico a supporto della politiche energetiche nazionali ed internazionali.

Il tema dell'efficienza energetica è presente nell'agenda di tutti gli organismi normativi internazionali (ISO, IEC, CEN, CENELEC, ITU-T, ETSI) e nazionali (CEI, UNI-CTI); in questo articolo si vuole fornire pertanto una sintesi delle principali attività (in corso e non), illustrando anche alcuni esempi di come la normazione tecnica può contribuire alla promozione dell'efficienza energetica.

Inutile sottolineare che la sintesi sarà inevitabilmente parziale dato il numero delle attività in corso in questo campo; si è scelto quindi di fornire un quadro generale, fornendo poi alcuni casi relativi ai componenti ed ai sistemi elettrici.

Attività nel settore normativo tecnico

L'ISO e l'International Energy Agency (IEA) hanno prodotto un Joint Position Paper sul ruolo essenziale della normativa tecnica come supporto per la promozione dell'efficienza energetica e delle fonti rinnovabili. Questo Joint Position Paper³, è stato preparato come "background document" per la preparazione del G8 tenutosi a Heiligendamm, in Germania nel giugno 2007 ed è stato presentato anche alla riunione del World Energy Council tenutosi a Roma nel novembre dello stesso anno (WEC 2007).

Sul piano più squisitamente operativo l'ISO ha recentemente istituito il Project Committee 242 (PC 242) "Energy Management", il cui mandato è quello di sviluppare una norma internazionale sui Sistemi di gestione dell'Energia (futura norma ISO 50001)⁴.

Sempre in ambito ISO è stato costituito nel 2008 un Strategic Advisory Group (SAG) sull'Efficienza Energetica e sulle Fonti Rinnovabili. Il SAG sarà attivo per due anni (fino al 2010) ed ha come compito, tra gli altri, quello di definire una strategia per lo sviluppo di norme sull'Efficienza Energetica e Fonti Rinnovabili. Anche l'IEC aveva già costituito nel 2007 un gruppo di lavoro analogo (SMB-SG1), al quale gli autori di questo articolo partecipano come rappresentanti del CEI, avente il medesimo

obiettivo con riferimento al settore delle tecnologie elettriche.

Sempre in ambito IEC esiste poi il CAB WG12 "Energy Efficiency" che ha come scopo quello di monitorare i programmi di certificazione con riferimento all'efficienza energetica.

Da sottolineare inoltre la recente istituzione di un Project Committee congiunto ISO/IEC che si occuperà di definire una terminologia comune ai settori delle fonti rinnovabili e della gestione dell'energia⁵.

Si segnalano infine altri due gruppi IEC (SG 3 ed SG 4) dedicati, rispettivamente, al tema delle Smart Grids e dei sistemi di distribuzione in corrente continua.

CEN - CENELEC

L'iniziativa più importante a livello europeo è stata quella dell'istituzione nel 2002 di un gruppo di lavoro congiunto CEN-CENELEC: il BT/JWG "Energy Management"⁶.

Il JWG ha sintetizzato i risultati della propria attività in un rapporto⁷ che fornisce una sintesi ragionata delle varie priorità che il gruppo di lavoro ha identificato per la normazione in materia di Energy Management. In questo rapporto si evidenziano come alte priorità, tra gli altri, i seguenti temi:

- metodi di calcolo;

Note

¹ Ridurre del 20% le emissioni di gas a effetto serra, portare al 20% la quota di energia rinnovabile nel consumo finale di energia nell'UE e migliorare del 20% l'efficienza energetica entro il 2020.

² IEA - World Energy Outlook 2006

³ International Standards to develop and promote energy efficiency and renewable energy sources.

⁴ In questo ambito è da sottolineare il ruolo trainante degli Organismi di normazione europei; a luglio del 2009 è stata infatti pubblicata dal CEN e dal CENELEC la Norma EN 16001 "Energy management systems. Requirements with guidance for use".

⁵ Anche in questo caso vale la pena di evidenziare che in ambito europeo è stato condotto un lavoro analogo; un apposito gruppo di lavoro dello SFEM ha infatti recentemente ultimato (giugno 2009) un rapporto tecnico sulla terminologia che sarà offerto al JPC2 ISO-IEC.

⁶ Obiettivo principale del gruppo di lavoro è stato quello di fungere da advisory group per gli organi direttivi tecnici di CEN e CENELEC on all political and strategic matters related to standardisation in the field of energy efficiency.

⁷ CEN/CENELEC BT JWG "Energy Management", Final Report. BT N 7359, 31 marzo 2005.

TABELLA 2 – CLASSI DI PERDITA DEFINITE DALLA EN 50464-1 [13] – PERDITE A VUOTO

Sn (kVA)	Perdite a vuoto (W)					Vcc (%)
	E0	D0	C0	B0	A0	
50	190	145	125	110	90	4
100	320	260	210	180	145	
160	460	375	300	260	210	
250	650	530	425	360	300	
315	770	630	520	440	360	
400	930	750	610	520	430	
500	1100	880	720	610	510	
630	1300	1030	860	730	600	
630	1200	940	800	680	560	
800	1400	1150	930	800	650	
1000	1700	1400	1100	940	770	6
1250	2100	1750	1350	1150	950	
1600	2600	2200	1700	1450	1200	
2000	3100	2700	2100	1800	1450	
2500	3500	3200	2500	2150	1750	

TABELLA 3 – CLASSI DI PERDITA DEFINITE DALLA CEI EN 50464-1 [13] - PERDITE DOVUTE AL CARICO

Sn (kVA)	Perdite dovute al carico (W)				Vcc (%)
	Dk	Ck	BK	Ak	
50	1350	1100	875	750	4
100	2150	1750	1475	1250	
160	3100	2350	2000	1700	
250	4200	3250	2750	2350	
315	5000	3900	3250	2800	
400	6000	4600	3850	3250	
500	7200	5500	4600	3900	
630	8400	6500	5400	4600	
630	8700	6750	5600	4800	
800	10500	8400	7000	6000	
1000	13000	10500	9000	7600	6
1250	16000	13500	11000	9500	
1600	20000	17000	14000	12000	
2000	26000	21000	18000	15000	
2500	32000	26500	22000	18500	

- requisiti generali e qualificazione dei sistemi di gestione dell'energia e dei servizi energetici.

Il rapporto raccomandava, inoltre, di mantenere e se possibile di allargare il network di partner che si era formato. Il BT/JWG "Energy Management" è stato sciolto (su sua stessa proposta) ma trova ideale e pratica

Note

⁸ Sector Forum on Energy Management

⁹ "The aim is to develop a common measurement and verification protocol and a methodology for energy use indicators"

¹⁰ "Impact of Global Warming - Need to reduce energy consumption of in ICT equipment."

¹¹ Decreto Legislativo 30 maggio 2008, n. 115 - Attuazione della Direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE.

¹² È bene precisare che il SC311B è un comitato che non si occupa di efficienza energetica di prodotti ma bensì dei sistemi.

continuazione nello CEN-CENELEC SFEM⁸, forum di settore sulla gestione dell'energia, che vuole riunire tutte le parti interessate (organismi di normazione, associazioni industriali, associazioni consumatori, Commissione Europea) al fine di identificare ambiti di normazione nel settore dell'Energy Management in supporto alla legislazione europea.

A supporto della attività di indirizzo del Sector Forum on Energy Management, il CEN ed il CENELEC hanno costituito dei gruppi di lavoro congiunti (JWG) con lo scopo di elaborare documenti normativi che concretizzino le raccomandazioni dello SFEM.

CEN/CENELEC Joint Working Groups (JWG)

A dispetto del suo nome, il JWG 1 – Energy Audit è quello di più recente costituzione ed ha il compito di definire delle norme europee

per l'esecuzione degli audit (diagnosi energetiche) nell'edilizia, nei processi produttivi e nei trasporti.

Sulla base delle raccomandazioni del BT/JWG "Energy Management" il CEN e CENELEC hanno costituito nel 2006 una Joint Technical Board Task Force 189 "Energy management and services - General requirements and qualification procedures" ora denominato JWG 3. La segreteria del JWG3 è stata affidata ad UNI-CTI.

Il JWG3 è suddiviso in Project Team (PT):

- PT EMS - Energy Management Systems
- PT EES - Energy Efficiency Services
- PT BMI - Benchmarking methodologies in Industry
- Expert Group - Energy Managers and Experts

L'attività del JWG3 è stata focalizzata principalmente sulla definizione dei requisiti e delle procedure di qualificazione per le aziende che forniscono servizi energetici e sullo sviluppo di una norma Europea sui Sistemi di Gestione dell'Energia (Energy Management Systems).

I principali risultati del lavoro di questo JWG che vale la pena di segnalare sono:

- la EN 16001 "Energy Management Systems - Requirements with guidance for use" che è stata pubblicata a luglio 2009;
- la prEN 15900 "Energy Efficiency Services - Definition and requirements" che è in fase di voto finale.

Tra le priorità più stringenti il BT/JWG "Energy Management" aveva evidenziato la definizione un sistema di calcolo dell'efficienza energetica e dei risparmi conseguibili (energy efficiency and saving calculations).

Il CEN ed il CENELEC hanno risposto a questa sollecitazione costituendo sempre nel 2006 una Joint Technical Board Task Force (BT/TF 190) ora denominato JWG 4.

L'obiettivo del JWG 4 è quello di sviluppare un protocollo comune di misura e verifica dell'efficienza energetica e di definire una serie di indicatori di impiego dell'energia⁹.

Questo JWG è strutturato in gruppi di lavoro, due dei quali focalizzati sulla definizione di metodologie generali, applicabili prevalentemente a sistemi-paese, per il calcolo dei risparmi energetici nazionali così come richiesto dall'art. 15 e dall'allegato IV della Direttiva 2006/32/CE (2Bottom-up calculations" e "Top-down calculations").

ETSI - ITU

Anche il mondo delle Telecomunicazioni si è posto il tema dell'efficienza energetica sia come esigenza interna di ottimizzazione dei consumi e contenimento spese, sia come impatto verso Clienti.

Dal 2006 sono stati istituiti dei gruppi di lavoro

sul power management per xDSL sia in ambito ETSI che ITU (Study Group 15). Le attività sono supportate da tutti i principali Operatori Europei.

Dal 2007, ETSI ha inserito il tema tra i suoi punti strategici¹⁰.

In ambito ETSI EE (Environmental Engineering) sono state avviate simili attività mirate ai consumi a livello di sistema ed alla definizione di range ambientali più estesi per ridurre l'impatto del condizionamento, con particolare attenzione all'architettura di rete di nuova generazione (NGN).

Nel mese di Settembre 2007 è stata rilasciata la settima versione del documento ETSI TS 102 533, "Energy consumption in Broadband Telecommunication Network Equipment". Tale documento si pone come obiettivo la definizione di soglie di consumo, nonché di metodologie e test finalizzati alla misurazione dei consumi degli apparati broadband.

In ambito ITU-T è attualmente in fase di elaborazione un documento contenente un elenco di requisiti aventi l'obiettivo di ridurre i consumi degli apparati broadband ADSL e VDSL2 senza creare instabilità nella rete di telecomunicazioni. In particolare, il documento si focalizza sulla nuova soluzione tecnica di "low power mode", che riduce i consumi dell'apparato durante i periodi in cui viene rilevato un limitato flusso di trasmissione dati.

UNI-CEI-GGE - Gruppo Gestione Energia

Il CEI e l'UNI hanno inoltre costituito da molti anni il gruppo congiunto "Gestione dell'energia" con la finalità di seguire i lavori dello SFEM. Il coordinamento del gruppo è affidato al CEI mentre la segreteria è affidata al CTI.

Per quanto riguarda questa attività nazionale è significativo evidenziare la recente pubblicazione della UNI/CEI 11339 sugli Esperti in Gestione dell'Energia (EGE) a cui è prevista seguire, a breve (aprile 2010), la norma UNI/CEI 11352 sui requisiti delle ESCO.

Prosegue l'attività anche degli altri sottogruppi per la redazione di linee guida per la qualificazione degli Esperti in Gestione dell'Energia e del nuovo gruppo dedicato alle Diagnosi energetiche.

Tutti questi documenti normativi devono essere inquadrati come supporto al D. Lgs 115/08¹¹, recepimento italiano della Direttiva 2006/32/CE.

CEI

Il CEI ha recentemente costituito il CT311 organizzato in due sotto comitati, dei quali uno, il SC311B, specificatamente dedicato all'elaborazione di norme o linee guida sull'efficienza energetica negli usi finali elettrici¹².

Il SC311B è strutturato in 5 gruppi di lavoro



sulla base dei sistemi maggiormente rilevanti ai fini dell'efficienza energetica.

- GdL 1 "Presidio" (con funzione orizzontale di raccordo e raccolta informazioni sulle attività normative in corso)
- GdL 2 "Data Center"
- GdL 3 "Sistemi Motore"
- GdL 4 "Sistemi di illuminazione"
- GdL 5 "Trasmissione e distribuzione"

È bene precisare che il SC311B affronta il tema dell'efficienza energetica esclusivamente da un punto di vista di sistema, lasciando ai singoli comitati di prodotto il tema del miglioramento della prestazione energetica del singolo componente.

Nel momento in cui si scrive quest'articolo sono in avanzata fase di elaborazione due linee guida, una dedicata al calcolo del risparmio energetico conseguibile attraverso l'impiego di convertitori nei sistemi di pompaggio, l'altra all'efficienza energetica dei Data Center.

Nel seguito dell'articolo saranno illustrati alcuni esempi di documenti normativi che possono essere d'aiuto, operativamente, nella ricerca di soluzioni tecnologiche che consentano il miglioramento della prestazione energetica di un processo produttivo piuttosto che di un edificio.

Trasformatori di potenza da distribuzione

I trasformatori di potenza sono componenti fondamentali nel sistema di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. Sono in generale macchine molto efficien-

ti con rendimenti compresi tra il 95% ed il 98% ma sono macchine attraverso le quali transita tutta l'energia prodotta od utilizzata da una qualsiasi utenza. Un aumento della loro efficienza può costituire quindi un risparmio energetico considerevole.

Una ricerca condotta a livello europeo nell'ambito del progetto Thermie ha dimostrato che l'impiego di trasformatori MT/BT ad elevata efficienza energetica nella distribuzione pubblica ha una consistente potenzialità di riduzione dei consumi di energia.

Oltre ai trasformatori MT/BT di proprietà delle aziende distributrici¹³ di energia elettrica, esistono però anche quelli industriali, quelli cioè di proprietà delle utenze industriali alimentate in MT che rappresentano il 45%-50% dell'energia elettrica totale consumata dal settore industriale e terziario.

L'impiego di trasformatori a perdite ridotte si giustifica evidentemente in termini energetici ma generalmente anche in termini economici; questa conclusione è intuitiva se si considera che il prezzo d'acquisto di un trasformatore rappresenta solo una parte marginale del costo totale della macchina mentre il costo di esercizio (legato alle perdite) ne costituisce mediamente il 75%-85%.

Da un punto di vista strettamente finanziario il criterio di scelta più corretto di un trasformatore di potenza è quello di acquistare quella macchina che presenta il costo totale attualizzato più basso. Chiaramente non bisogna commettere l'errore di trascurare alcuna componente di costo e quindi anche il costo delle perdite.

TABELLA 4 – BENEFICI DERIVANTI DALL'APPLICAZIONE DELLE MISURE DI RISPARMIO ENERGETICO NEI SISTEMI MOTORE [15]

Misure di risparmio energetico	Risparmi tipici
Descrizione intervento	
Impiego di motori alta efficienza (EEM)	2-8%
Corretto dimensionamento	1-3%
Riparazione motori alta efficienza (EEMR)	0,5-2%
Utilizzo di variatori di velocità (VSD)	10-50%
Utilizzo di trasmissioni alta efficienza/riduttori	2-10%
Controllo della qualità della potenza fornita	0,5-3%
Funzionamento e manutenzione del sistema	
Lubrificazione, riparazioni, messa a punto delle macchine	1-5%

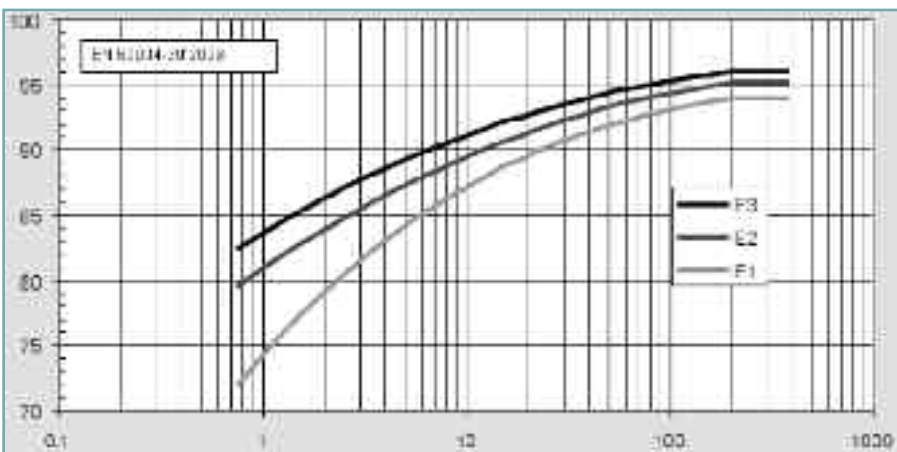


Figura 1 - Esempio delle classi di efficienza energetica fissate dalla norma EN 60034-30 per motori elettrici a 4 poli, 50 Hz (la potenza del motore è riportata sull'asse orizzontale in scala logaritmica, il rendimento minimo sull'asse verticale in percentuale)

I valori delle perdite a vuoto e delle perdite dovute al carico sono stati standardizzati dal CENELEC nel 1992 in due documenti di armonizzazione (HD 428 e HD 538).

In particolare per quanto riguarda i trasformatori in olio sono state definite tre classi di perdite, sia per le perdite a vuoto che per quelle dovute al carico. Per quanto riguarda invece i trasformatori a secco, allo stato attuale, anche se sono in corso i lavori a livello europeo non esiste ancora alcuna serie normalizzata a perdite ridotte sia in ambito CENELEC che italiano; l'eccezione nazionale in ambito EU è costituita dalla Norma DIN 42523.

Nel 2001, il TC14 del CENELEC ha ricevuto formale mandato dalla Commissione Europea di rivedere la definizione ed il numero delle classi di perdite dei trasformatori al fine di aumentarne il rendimento e di definirne un metodo standard di misurazione.

Il lavoro è stato diviso in due fasi: la prima si proponeva la normalizzazione di una serie a perdite ridotte per i trasformatori di potenza a secco, mentre la seconda di definire un ulteriore livello di riduzione delle perdite per i trasformatori in olio e di studiare la fattibilità di un'eventuale eliminazione del più alto livello di perdite previsto dal documento HD428.

I lavori del gruppo di lavoro del CENELEC (WG21 del TC14) si sono conclusi il 25 gennaio 2005 ed è incominciato l'iter di approvazione del documento e quindi di emissione del nuovo standard. Tra i risultati conseguiti si possono sinteticamente citare:

- la riduzione del livello di perdite;
- l'allineamento della denominazione delle classi di perdite al più familiare sistema di etichettatura energetica degli elettrodomestici (la classe A corrisponde alle perdite minori);
- l'introduzione del concetto di classi "mobili" nel senso che, ad esempio, la classe A designerà sempre il livello di perdite minori, indipendentemente dal valore che potrà quindi cambiare allineandosi alla BAT.

Nel luglio del 2006 il documento è andato al voto per poi essere approvato e diventare la nuova norma europea EN 50464-1 e recepita in Italia come CEI EN 50464-1:2007 (CEI 14-34). Nel momento in cui viene scritto questo articolo sono in corso:

- le procedure per l'eliminazione delle classi meno efficienti dalle tabelle di perdita del citato documento EN 50464-1
- valutazioni a livello CENELEC circa la possibilità di normalizzare anche le perdite dei

trasformatori di potenza AT/MT.

Motori elettrici ed azionamenti

I motori elettrici rappresentano attualmente in Europa ed in Italia una quota consistente dell'impiego dell'energia elettrica, sia in ambito industriale (65%-70%), sia nel settore terziario (25%-30%) essendo impiegati in molti impianti di servizio (sistemi di pompaggio, di produzione e distribuzione aria compressa, sistemi di ventilazione, etc)¹⁴.

Numerosi studi hanno evidenziato come le cause della scarsa efficienza di questi sistemi sono riconducibili sostanzialmente ai seguenti fattori:

- dimensionamento improprio;
- bassa efficienza elettrica dei motori utilizzati;
- bassa efficienza meccanica dell'utilizzatore finale (pompe, ventilatori, compressori, ecc);
- assenza di sistemi di controllo della velocità;
- manutenzione scarsa o addirittura inesistente.

Una panoramica del potenziale di efficienza energetica nei sistemi motore è riportato in tabella 4. Anche in questo caso la scelta di un motore elettrico dovrebbe essere fatta non in base al prezzo di acquisto, ma piuttosto in base all'analisi di costo del ciclo di vita tenendo in debito conto il valore delle perdite dato che oltre il 90% dei costi operativi di un motore elettrico sono costituiti dai consumi di energia. Quando si acquista un motore, è dunque essenziale tenere conto del consumo energetico legato alle perdite e cercare di ridurlo al minimo.

Quali sono gli standard energetici dei motori BT realmente disponibili sul mercato? Nel 2000 era stato siglato un accordo volontario tra i principali produttori europei di macchine elettriche rappresentati dal CEMEP¹⁵ e la Commissione Europea DG XVII, nel quale si definivano tre classi di efficienza EFF1, EFF2 e EFF3 per i motori elettrici.

Fino a poco tempo fa questo accordo volontario costituiva il principale riferimento per la classificazione del rendimento dei motori elettrici. È di recentissima pubblicazione (marzo 2009) la norma CEI EN 60034-30:2009 (CEI 2-43) che intende fornire un'armonizzazione internazionale delle classi di efficienza dei motori elettrici.

La norma CEI EN 60034-30 specifica anch'essa 3 classi di efficienza per motori trifase (IE1, IE2, IE3), fornendo uno standard mondiale per la classificazione ed ampliando il campo di applicazione rispetto a quello dell'accordo volontario CEMEP-EU, comprendendo motori di potenza da 0,75 kW fino a 375 kW.

In particolare i limiti fissati per la classe IE1 (motori standard) e per la classe IE2 (motori ad alta efficienza) sono sostanzialmente ba-

sati sui limiti delle classi EFF2 ed EFF1 rispettivamente, leggermente modificati per tenere conto dei differenti metodi di prova.

I limiti della classe IE3 (motori premium efficiency) sono invece inferiori a quelli fissati per la classe IE2 in una percentuale compresa tra il 15% ed il 20%.

La CEI EN 60034-30 prefigura inoltre la cosiddetta Super-Premium Class (IE4) che sarà oggetto di un'edizione successiva della norma.

Sempre in ambito IEC è in fase di voto finale una guida tecnica relativa alla scelta dei cosiddetti motori elettrici ad alta efficienza e dei convertitori di frequenza.

Automazione, regolazione ed efficienza energetica degli edifici

L'integrazione delle applicazioni di comando e controllo, nonché l'integrazione degli aspetti di controllo e gestione di altre applicazioni, presenti all'interno degli edifici è l'oggetto dell'attività normativa del CT205 "Sistemi bus per edifici".

L'impiego di sistemi di automazione, regolazione, comando e controllo costituisce una delle strategie di miglioramento della prestazione energetica degli edifici. La valutazione dell'incidenza di questi sistemi sul fabbisogno energetico degli edifici è trattata dalla norma EN 15232.

Tuttavia la EN 15232 elenca semplicemente le funzioni di automazioni senza dettagliare il modo o i modi possibili per realizzarle. Questo argomento è affrontato in un progetto di guida tecnica che un gruppo congiunto CEI-UNI sta finalizzando proprio in questi primi mesi del 2010. I principali contenuti della futura guida tecnica possono essere compendati come segue:

- definizione di 4 classi convenzionali per la classificazione dei sistemi di automazione, regolazione e gestione tecnica degli edifici in relazione al loro potenziale contributo alla riduzione del fabbisogno energetico degli edifici
- elencazione ed esemplificazione di tutte le funzioni di automazione, controllo e supervisione previste dalla EN 15232
- richiamo dei metodi convenzionali definiti dalla EN 15232 per la stima della riduzione del fabbisogno conseguente l'applicazione delle 4 classi di sistemi di automazione, regolazione e gestione tecnica degli edifici.

Il valore aggiunto della futura guida tecnica è, come anticipato, quello di dar corpo alle 58 funzioni di automazione che la EN15232 elenca, fornendo per ciascuna di essa uno schema di principio, l'elenco dei principali componenti che permettono di realizzarla, oltre ad una dettagliata descrizione del principio di funzionamento.

Per quanto riguarda la stima quantitativa del risparmio energetico introdotto dall'applicazione dei sistemi di automazione, controllo e supervisione alle diverse tipologie di edifici nuovi o esistenti, la bozza della guida tecnica riprende le due diverse procedure introdotte dalla Norma EN 15232:

- Calcolo dettagliato
- Calcolo basato su Fattori di Efficienza.¹⁶

Il calcolo dettagliato è utilizzabile al meglio solo quando il sistema è completamente noto, cioè quando sono già state stabilite tutte le funzioni.

Il calcolo basato sui fattori di efficienza è certamente caratterizzato da un livello di convenzionalità e approssimazione superiori, ma può essere impiegato per effettuare una stima di massima nella fase iniziale di progetto/predisposizione dell'edificio e del sistema di controllo e gestione dell'energia e, a parere degli autori, rappresenta un utile strumento introdotto dalla norma.

Con riferimento alle applicazioni più energivore, il metodo basato sui fattori di efficienza permette infatti di valutare, in modo rapido e su base tabellare, il potenziale di risparmio sia in termini energetici che economici legato all'adozione di un dato livello di automazione, controllo o supervisione.

Evidentemente il ricorso al metodo dei fattori di efficienza in una fase preliminare, non esclude la possibilità di ricorrere successivamente al calcolo dettagliato per una stima più puntuale o per la regolazione delle funzioni dell'impianto per renderle, con approssimazioni successive, il più possibile efficaci.

Il metodo dei fattori di efficienza è applicabile ad edifici residenziali, uffici, sale di lettura, scuole e simili, ospedali, hotel, ristoranti, centri commerciali e negozi. I fattori di efficienza forniti si differenziano per applicazione: elettrica o termica (riscaldamento e raffrescamento).

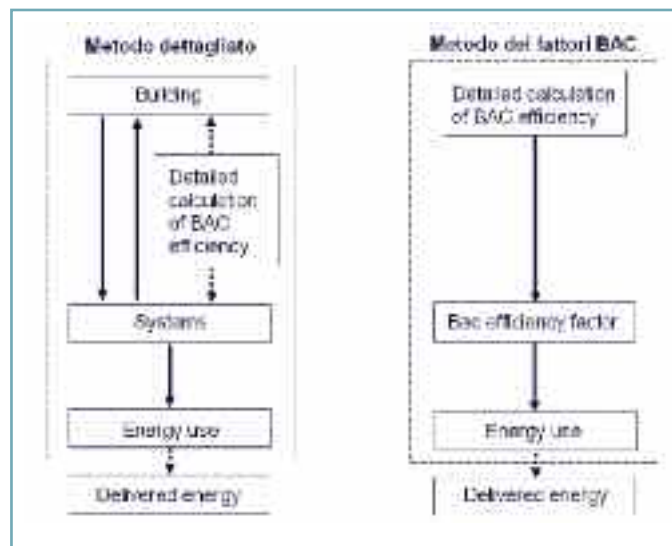


Figura 3 - Schemi di flusso del metodo dettagliato e del metodo dei fattori di efficienza.

Building	Building type	Illum.				Tercing.			
		D	G	B	A	D	G	B	A
Semi-residential	Office	1.12	1.00	0.87	1.01	1.08	0.79		
	University	1.19	1.04	0.88	1.04	0.79	0.51		
	Education buildings (school)	1.27	1.07	0.88	1.03	0.78	0.50		
	Healthcare	1.24	1.04	0.88	1.01	0.78	0.50		
	Hotels	1.27	1.07	0.88	1.01	0.78	0.50		
	Residential	1.24	1.04	0.87	1.03	0.77	0.50		
Residential	Wooden 600 m ² block service building	1.23	1.03	0.87	1.03	0.77	0.47		
	Single family houses								
	Apartment blocks	1.19	1.00	0.87	1.03	0.78	0.51		
	Office in tall glass tower								

Tabella 5 - Fattori di efficienza per il fabbisogno di energia elettrica ($f_{BAC, EL}$) e termica ($f_{BAC, HC}$) così come definiti da [15] per edifici in funzione della destinazione d'uso.

Conclusioni

La normazione tecnica può fattivamente contribuire alla promozione dell'efficienza energetica attraverso la produzione di documenti normativi che consentano di superare le imperfezioni del mercato che ostacolano la diffusione di tecnologie e soluzioni efficienti.

Il quadro delle attività in corso è estremamente dinamico e composito; da una parte esistono già documenti normativi che consentono ad esempio l'ottimizzazione energetica di componenti, dall'altra si registra un fermento di iniziative nella direzione di soluzioni di sistema o di particolari settori.

È opinione degli autori che la chiave del successo della normazione in questo campo non possa prescindere dall'adozione di una visione di sistema e da un approccio coordinato a quelli che sono gli aspetti orizzontali di questo tema.

Angelo Baggini

Università degli Studi di Bergamo

Franco Bua

ECD Engineering Consulting and Design, Segretario Tecnico CEI SC311B