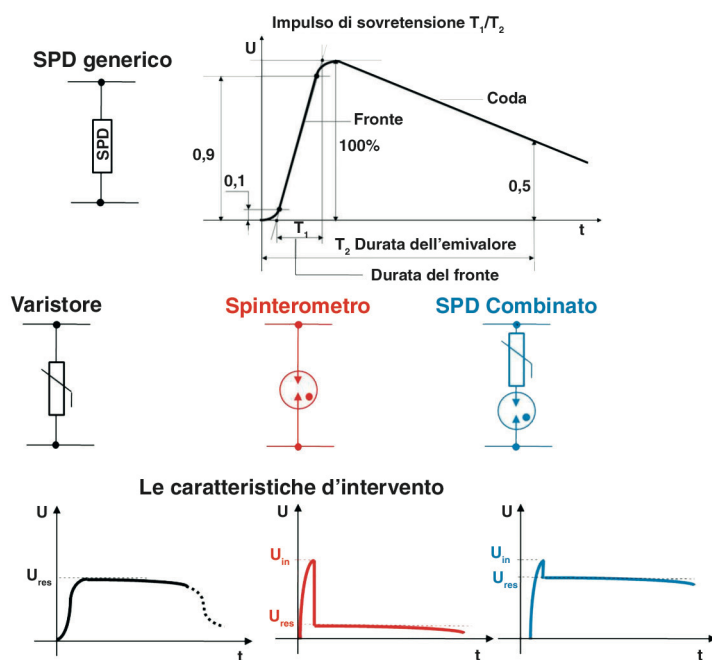


Protezione contro le sovratensioni di origine atmosferica

Che cosa cambia con la Guida CEI 81-27 e la II edizione delle Norme CEI EN 62305

La protezione contro le sovratensioni negli impianti elettrici ed elettronici (installazione SPD – Surge Protective Device - Dispositivo per limitare le sovratensioni transitorie e deviare le sovracorrenti, figura 1) è una delle misure che concorrono alla regola dell'arte nella progettazione ed esecuzione degli impianti elettrici, in quanto indispensabile per garantire l'efficienza del funzionamento e la continuità di servizio. L'obbligo discende dalla Norma CEI 64-8/4 (Sezione 443) che prevede la protezione degli impianti elettrici contro le sovratensioni transitorie di origine atmosferica e quelle generate da manovre di componenti elettrici.



La recente modifica all'articolo 5.1.5 della norma CEI 0-21 (Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT), a riguardo del livello di protezione contro le scariche atmosferiche, ha previsto che l'applicazione della Norma CEI EN 62305 può comportare l'installazione di SPD sull'impianto dell'Utente e/o sulla rete BT del Distributore. Per ottemperare a quest'ultimo aspetto è entrata in vigore la Guida CEI 81-27:2013-11: "Guida d'applicazione all'utilizzo di limitatori di sovratensioni all'arrivo della linea di alimentazione degli impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione", che contiene le

indicazioni per applicare le misure di protezione contro le sovratensioni nei casi in cui è necessario coinvolgere il Distributore ai fini di tale realizzazione.

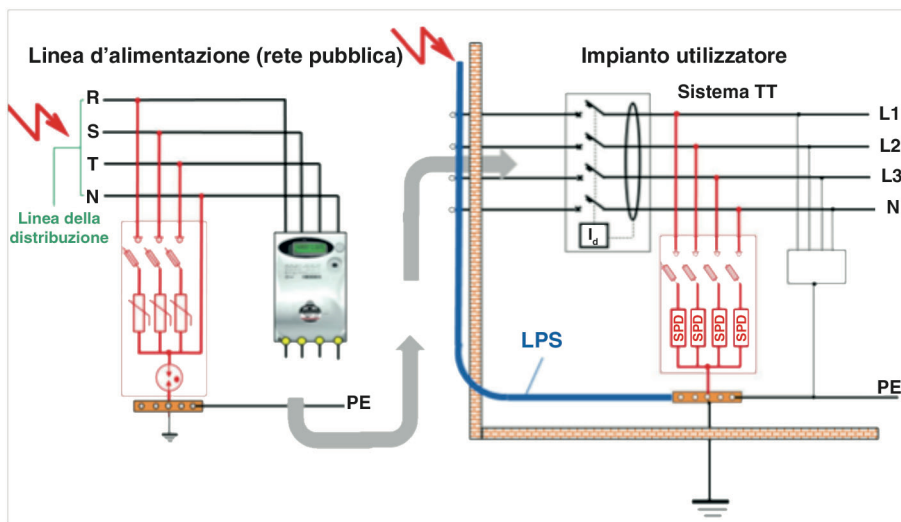
In ordine, invece, alla protezione contro le fulminazioni dei luoghi sede di lavoro, l'obbligo in capo al datore di lavoro è stabilito dalle disposizioni dell'articolo 80, c.1, lettera e), del D. Lgs. n. 81/08 (nel seguito TU). Dette disposizioni, all'articolo 84, impongono, senza esclusioni, come avveniva in passato, che gli edifici, gli impianti, le strutture, le attrezzature, siano protette dagli effetti dei fulmini in accordo con le pertinenti norme tecniche, nella fattispecie le Norme della serie CEI EN 62305. In realtà, non si tratta di un'estensione "tout cour" dell'obbligo della protezione in argomento, bensì di subordinare la messa in opera o meno della protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche alle risultanze della valutazione analitica del rischio, in applicazione della filosofia della prevenzione prevista per garantire la sicurezza delle persone.

È della valutazione del rischio che si occupa principalmente l'edizione II della Norma CEI EN 62305, in particolare la Parte 2 (valutazione del rischio), che è immediatamente applicabile anche agli impianti esistenti progettati e realizzati secondo le Norme CEI 81-1 e 81-4 (se non altro perché superate dalla I edizione delle CEI EN in questione), in ossequio all'articolo 29, c. 3, del TU, che impone l'obbligo immediato di rielaborare la valutazione dei rischi in occasione di modifiche del processo produttivo o della organizzazione del lavoro significative ai fini della salute e sicurezza dei lavoratori, o in relazione al grado di evoluzione della tecnica, della prevenzione o della protezione o a seguito di infortuni significativi oppure quando i risultati della sorveglianza sanitaria ne evidenzino la necessità. Altre importanti novità attengono i criteri di scelta e installazione degli SPD contenuti nella Norma CEI EN 62305-4.

Guida CEI 81-27:2013-11

Negli impianti privati, la protezione contro il danno economico non è obbligatoria (la decisione dipende dall'accordo fra committente e progettista/installatore). Nel senso che il committente è libero di accettare espressamente il rischio, anche se è dimostrato che dal punto di vista del costo dei danni economici, l'installazione degli SPD e delle altre misure correlate, a protezione degli impianti elettrici, si rivela misura sempre vantaggiosa.

Tuttavia, tale protezione può essere insufficiente se la struttura entro la quale si trovano gli impianti non è protetta (se lo deve essere) dall'LPS (Lightning Protection System, cioè l'impianto completo usato per ridurre il danno materiale dovuto alla fulminazione diretta della struttura) o se non è messa in atto anche una protezione contro le scariche atmosferiche trasferite sugli impianti elettrici utilizzatori dalla linea elettrica di alimentazione entrante nella struttura stessa (figura 2).



La Guida CEI 81-27 (Guida) si applica in occasione delle nuove connessioni alla rete di BT della distribuzione pubblica. Lo scopo è quello della protezione delle persone (ridurre il rischio di perdita di vite umane) a seguito d'incendio dovuto, come già detto, alle scariche atmosferiche trasferite dalla linea elettrica di alimentazione.

Sono oggetto della Guida:

- l'individuazione delle nuove connessioni in cui è necessario installare gli SPD sulla linea elettrica;
- la scelta degli SPD idonei alla protezione;
- i criteri d'installazione degli SPD riguardo alle diverse situazioni impiantistiche.

La necessità di protezione dipende:

- dalla lunghezza della linea d'alimentazione;
- dall'ubicazione dell'impianto (rurale, suburbano e urbano);
- dai valori medi di fulmini a terra (N_t – densità dei fulmini a terra, espressa in fulmini al km^2 per anno).

La lunghezza della linea da considerare è quella misurata convenzionalmente a partire dal nodo fino al contatore, dove per nodo (N, punto di una linea oltre il quale la propagazione degli impulsi di sovratensione si considera trascurabile - figura 3) s'intende un punto della linea elettrica a valle del quale si dipartono almeno due linee elettriche. In conformità alla Norma CEI EN 62305-2, si determina il valore L_{lim} di lunghezza limite (in metri) oltre il quale l'installazione degli SPD diventa obbligatoria.

L_{lim} vale:

$$L_{\text{lim}} = 2.500 / C_e \cdot C_i \cdot N_t$$

dove:

- C_e è il fattore ambientale, pari a 1 in ambiente rurale (articolo 3.3 - Area con una bassa densità di edifici) ed a 0,5 in ambiente suburbano (articolo 3.2 - Area con una densità media di edifici);
- C_i è il fattore d'installazione, che vale 1 per le linee aeree e 0,5 per quelle interrate.

Applicando la suddetta espressione, si perviene ai valori di L_{lim} di tabella 1, utilizzando i valori della densità di fulmini a terra in Italia, N_t , attualmente in vigore.

L'installazione degli SPD non è necessaria, per un dato ambiente e per un dato valore di N_t , se risulta:

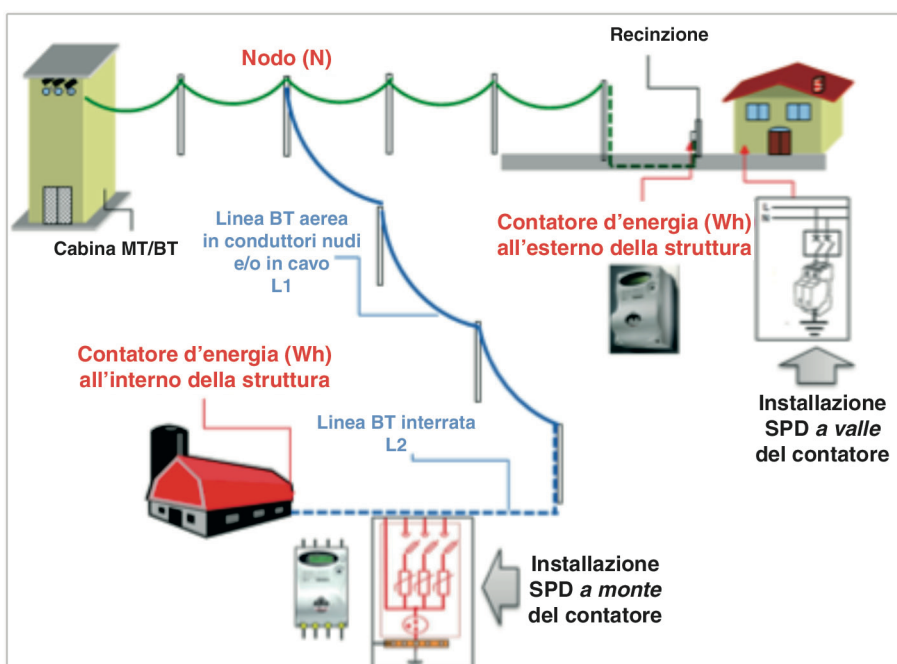
$$L1 + L2/2 < L_{aerea} \text{ di tabella 1}$$

con:

- L1: lunghezza della linea BT aerea in conduttori nudi e/o in cavo;
- L2: lunghezza della linea BT interrata.

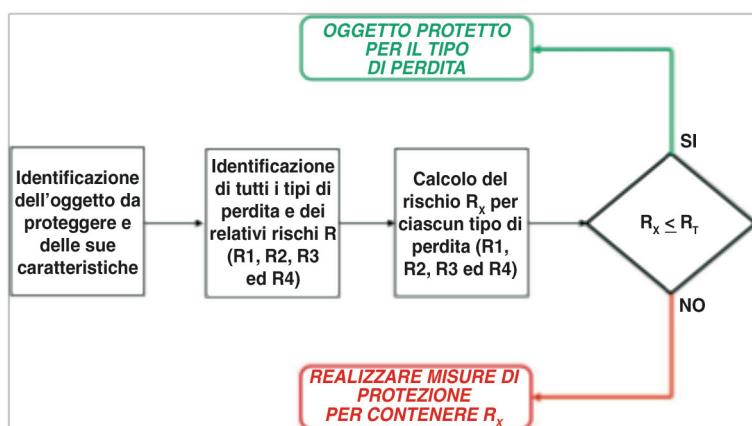
Sono previste due diverse ubicazioni degli SPD, figura 3:

- il contatore si trova all'interno della struttura da proteggere; gli SPD devono essere installati a monte del contatore (in questo caso, infatti, la scarica all'interno del contatore per esplosione dello stesso può innescare l'incendio di tutta la struttura);
- il contatore nel punto di consegna si trova lontano dalla struttura, ad esempio sul confine della proprietà; è richiesta l'installazione degli SPD all'ingresso della struttura e, quindi, a valle del contatore [in pratica sull'impianto dell'utente, nel punto di arrivo del cavo di collegamento al Dispositivo Generale d'Utente (DG) o Dispositivo Generale di Linea (DGL), tipicamente nel quadro principale dell'impianto utilizzatore].



Norma CEI EN 62305-2, Edizione II. Valutazione del rischio

L'efficacia della protezione degli impianti interni dipende dal fatto che la struttura risulti protetta con LPS o auto protetta, per cui l'impiantista deve segnalare al proprietario dello stabile, ovvero all'amministratore del condominio, la necessità di far eseguire la valutazione del rischio. Che, in estrema sintesi, consiste nel calcolo del rischio R e nel confronto con quello tollerabile R_T , per verificare se ricorra la necessità di un sistema di protezione. Nulla cambia per il calcolo di R (figura 4), definito dalla Norma CEI EN 62305 come la probabile perdita media annua dovuta al fulmine in una struttura e in un servizio.



Questa verifica è obbligatoria per i rischi R_1 (rischio di perdita di vite umane), R_2 (rischio di perdita di servizio pubblico) e R_3 (rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile), mentre è a discrezione del committente il calcolo di R_4 (rischio di perdita economica - struttura e suo contenuto). In altri termini, per i rischi di sola perdita economica, non è obbligatorio valutare se il fabbricato è autoprotetto o se necessita di protezioni. In tal senso, l'edizione II della Norma in esame ha diminuito il rischio tollerabile R_T da 10^{-3} a 10^{-4} (tabella 2) per la perdita del patrimonio culturale insostituibile, inteso come valore annuo dei beni perduti rispetto al valore di tutti i beni esposti al rischio.

Nel nuovo Allegato D, che annulla e sostituisce il vecchio Allegato G, è riportato il criterio di calcolo del tornaconto economico per la determinazione della perdita di tipo L_4 . Come noto per ogni rischio R_1, R_2, R_3 e R_4 e per ogni sorgente di rischio si calcola il relativo valore, mettendo in conto le relative componenti, che non sono cambiate, fatta eccezione per R_A (danni ad esseri viventi per tensione passo e contatto), da considerare ora anche all'interno, oltre che all'esterno, della struttura fino a metri 3 attorno alle calate.

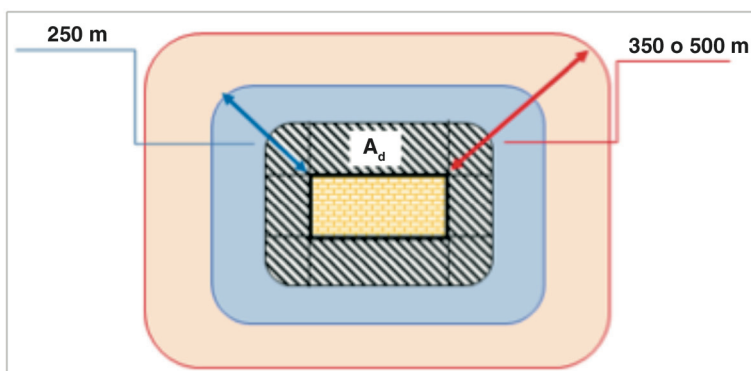
Vediamo alcuni dei cambiamenti più significativi riportati nell'Allegato A nelle espressioni di calcolo del numero dei fulmini vicino alla struttura e alle aree di raccolta. Con riferimento alla figura 5, abbiamo:

- Norma CEI EN 62305-2 edizione I

- $N_M = N_G \cdot (A_M - A_d \cdot C_d) \cdot 10^{-6}$
- $A_M = 2 \cdot 250 \cdot (L + W) + \pi \cdot 250^2 - A_d \cdot C_d$
- $A_L = [L_c - 3(H_a + H_b)] \cdot 6 \cdot H_c$ aerea
- $A_I = 1.000 \cdot L_c$ aerea
- $A_I = 25 L_c \cdot \sqrt{\rho}$ interrata

- Norma CEI EN 62305-2 edizione II

- $N_M = N_G \cdot A_M \cdot 10^{-6}$
- $A_M = 2 \cdot 500 \cdot (L + W) + \pi \cdot 500^2$
- $A_L = 40 \cdot L_L$
- $A_I = 4.000 \cdot L_L$



dove:

- N_M : numero delle sovratensioni d'ampiezza superiore a 1 kV in un anno (1,5 KV nella edizione I). Nell'edizione II, la distanza dal perimetro della struttura può essere ridotta a 350 m;
- N_G : densità di fulmini al suolo ($1/\text{km}^2 \cdot \text{anno}$);
- A_d : area di raccolta della struttura per fulminazione diretta;
- A_M : area di raccolta per fulmini vicino alla struttura;
- A_L : area di raccolta per fulmini sul servizio (o linea), di cui ora non si tiene più conto dell'effetto schermante dell'edificio vicino;
- A_I : area di raccolta per fulmini vicino al servizio (o linea):
- L : lunghezza della struttura;
- W : larghezza della struttura;
- L_L : lunghezza della sezione della linea (m), a prescindere dal tipo di linea (aerea oppure interrata).

Come si può notare la semplificazione introdotta è piuttosto significativa: per le linee, oltre a non considerare più la tipologia, non si tiene più conto dell'altezza e della resistività del terreno.

L'Allegato B (informativo), relativo alla: "Valutazione della probabilità P_X di danno", contiene anch'esso numerose novità. La principale è di natura concettuale, nel senso che la probabilità effettiva che si verifichi un danno è il prodotto delle probabilità introdotte da ciascuna misura di protezione adottata. Nella prima Edizione della Norma, invece, la probabilità era data dalla minore fra la probabilità derivante dalle misure esistenti rispetto a quella derivante dalle misure realizzate. Ad esempio, nel caso della componente di rischio R_A , il danno ad esseri viventi per fulmini sulla struttura, vale:

$$R_A = N_D \cdot P_A \cdot L_A$$

dove:

$$P_A = P_{TA} \cdot P_B$$

Si può, inoltre, assumere $P_{TA} = 0$ quando sia verificata una delle seguenti condizioni:

- a) i ferri d'armatura del cemento armato o le parti metalliche della struttura sono usati come calate naturali e il loro numero non è inferiore a 10;
- b) la struttura è dotata di un LPS con almeno 10 calate;
- c) in condizioni di normale funzionamento non vi è presenza di persone, entro 3 metri dalle calate dell'LPS;
- d) la resistenza verso terra di una persona (resistenza di terra di un elettrodo di 400 cm^2 premuto al suolo con una forza di 500 N) non è inferiore a 100 k Ω ;
- e) il suolo è ricoperto con uno strato di 5 cm di asfalto o 15 cm di ghiaia.

I valori di P_B (Probabilità che un fulmine su una struttura causi danno materiale) dipendono dall'assenza o presenza dell'LPS, come riportato nella tabella B.2 della Norma in esame, e quindi anche dalle sue prestazioni protettive.

Per la componente di rischio $R_C = N_D \cdot P_C \cdot L_C$ (Danno a impianti per fulmini sulla struttura), sono da mettere in conto perdite di tipo L2 e L4, unitamente al tipo L1 nel caso di strutture con rischio d'esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti provoca un immediato pericolo per la vita umana. Secondo il nuovo approccio, la probabilità P_C che un fulmine su una struttura causi guasti negli impianti interni vale:

$$P_C = P_{SPD} \cdot C_{LD}$$

Relativamente a P_{SPD} , il cui significato non è cambiato, si evidenzia che è stata aumentata la probabilità di danno, da 0,03 a 0,05, nel caso di un sistema di SPD progettato per LPL di

classe III o IV. La componente di probabilità P_{SPD} dipende dal sistema coordinato di SPD conforme alla CEI EN 62305-4 ed al livello di protezione utilizzato nel progetto degli SPD utilizzati.

Norma CEI EN 62305-4. Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

All'ingresso della linea che alimenta gli impianti interni possono essere installati gli SPD di tipo 2 (o classe 2), cioè quelli che sopportano la corrente impulsiva con una tipica forma d'onda 8/20 μs e che richiedono una corrispondente corrente di prova a impulso I_n . A condizione che sia:

$$N_D + N_L \leq 0,01 \text{ fulmini/anno (meno di un fulmine ogni 100 anni)}$$

dove:

- N_D : numero di eventi pericolosi dovuti alla fulminazione diretta della struttura; numero medio annuo atteso di eventi pericolosi dovuti alla fulminazione diretta della struttura.
- N_L : numero di eventi pericolosi dovuti alla fulminazione diretta del servizio (linee entranti in generale); numero medio annuo atteso di eventi pericolosi dovuti alla fulminazione diretta del servizio.

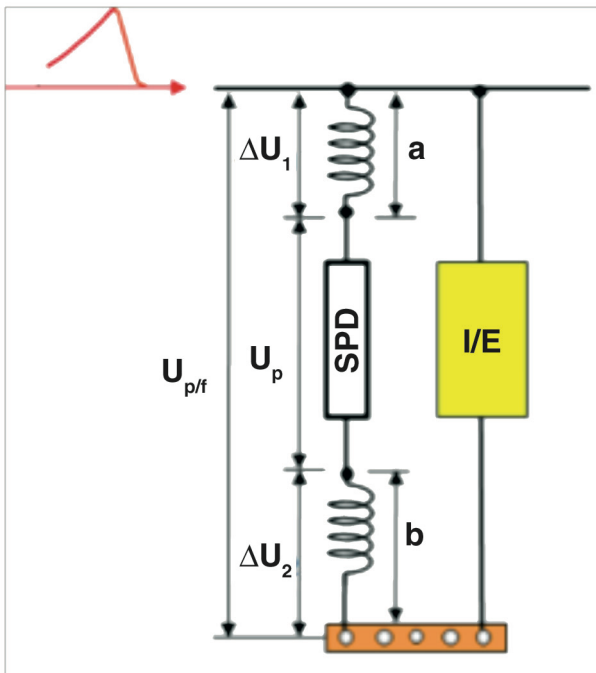
Secondo l'edizione I della CEI EN 62305-4 era, invece:

$$N_D + N_L \leq 0,1$$

Se la nuova condizione non è verificata, si devono installare SPD di tipo 1 (o classe 1), caratterizzati dal superamento di una prova che simula le correnti di fulmine che entrano direttamente, ad esempio attraverso l'LPS e le linee aeree d'energia o di telecomunicazione. Si tratta della corrente massima di scarica che l'SPD può sopportare almeno una volta con forma d'onda tipica dei primi colpi di fulmine di forma d'onda 10/350 μs . Infatti, se gli SPD proteggono un impianto all'origine di una struttura, a sua volta protetta contro le sovratensioni atmosferiche mediante LPS, una parte della corrente di fulmine interessa gli SPD perché dette correnti si richiudono attraverso le linee entranti (vedi anche la figura 2). Sono cambiati alcuni valori delle sovracorrenti di fulminazione attese (forme d'onda 10/350 μs e 8/20 μs) dirette e indirette, che investono sia le strutture, sia le linee di servizio entranti nelle medesime, per le quattro classi di LPL previste.

Si modificano anche i criteri per determinare le condizioni di protezione delle apparecchiature. Secondo la vecchia Norma, l'apparecchiatura era per definizione protetta se: $U_{P/f} \leq U_w$, intendendo con U_w la tenuta ad impulso dell'apparecchiatura da proteggere (valore di picco della tensione ad impulso di forma 1,2/50 μs che l'apparecchiatura è in grado di sopportare senza subire danni) e con $U_{P/f}$ il livello di protezione effettivo che tiene

conto della caduta di tensione induttiva $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2$ introdotta dai collegamenti dell'SPD fra la parte attiva dell'impianto e il collettore di equipotenzialità. Per gli SPD a limitazione (varistori e diodi Zener, ecc.), dove U_p e la caduta di tensione si verificano contemporaneamente, con riferimento alla figura 6, il livello di protezione effettivo era dato semplicemente da: $U_{p/f} = U_p + \Delta U$, dove U_p è il livello di protezione che definisce la prestazione del SPD, in pratica corrispondente alla tensione che si instaura ai suoi capi al passaggio della corrente di scarica.



Mentre si assumeva per $U_{p/f}$ il maggiore fra U_p e ΔU per gli SPD ad innesco/commutazione (spinterometri, diodi controllati, ecc.). Ora, invece, si assume:

- $\Delta U = 1 \text{ kV/m}$, quando gli SPD scaricano l'intera corrente di fulmine (installazione all'arrivo linea): valore ottenuto con $L = 1 \mu \text{ H/m}$ per 1 m di connessione (per correnti ad alta frequenza); $I_n = 8 \text{ kA}$ con forma d'onda $8/20 \mu \text{ s}$, da cui diventa:

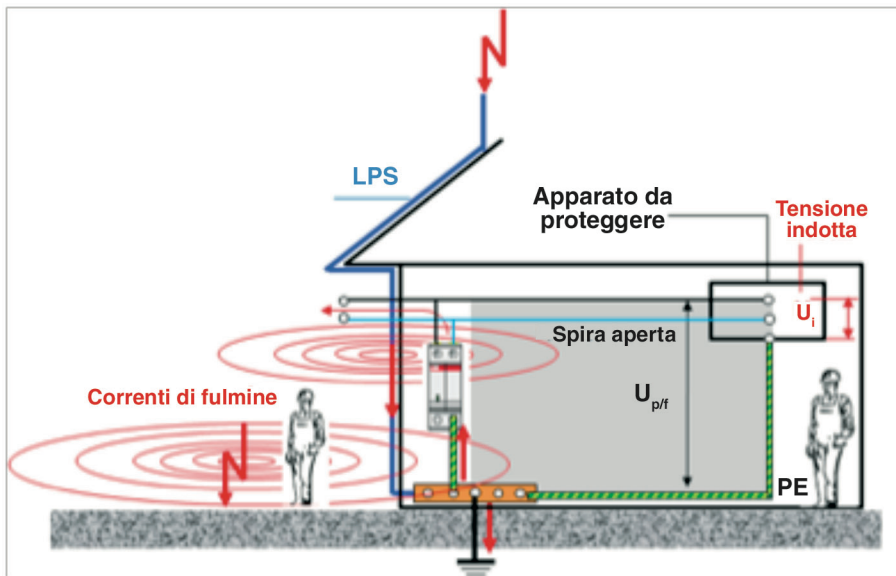
$$\Delta U = L \cdot di/dt = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \times 10^3 / 8 \cdot 10^{-6} = 1.000 \text{ V};$$

- $\Delta U = 0,2 \cdot U_p$, quando la lunghezza dei collegamenti è minore di 0,5 m.

Se la lunghezza del circuito tra l'SPD e l'apparato è troppo elevata, la propagazione degli impulsi può dare luogo a fenomeni di oscillazione. Nel caso di un circuito aperto ai morsetti dell'apparato, l'incremento della sovratensione può arrivare fino a $2 \cdot U_{p/f}$ e il danneggiamento dell'apparato può verificarsi anche se $U_{p/f} \leq U_w$ (U_w , tenuta a impulso dell'apparecchiatura da proteggere).

Le fulminazioni che si abbattano sulla struttura o al suolo in prossimità della stessa, possono indurre nel circuito tra SPD e apparato da proteggere una sovratensione U_i che si

somma alla $U_{p/f}$, riducendo conseguentemente l'efficacia della protezione fornita dallo scaricatore (figura 7).



Ciò ha portato a riconsiderare la condizione di protezione delle apparecchiature per tensioni indotte, per cui gli impianti ora si considerano salvaguardati se coordinati dal punto di vista energetico con gli SPD installati a monte e se risulta soddisfatta una delle tre condizioni riportate di seguito:

- 1) $U_{p/f} \leq U_W$: se la lunghezza del circuito tra SPD ed apparato è trascurabile (caso tipico di SPD installato ai morsetti dell'apparato);
- 2) $U_{p/f} \leq 0,8 U_W$: se la lunghezza del circuito non è maggiore di dieci metri (caso tipico di SPD installati nei quadri secondari di distribuzione o nelle prese); quando il guasto degli impianti interni può causare perdita di vite umane o perdita di servizio, deve essere considerato il raddoppio delle sovratensioni dovute alle oscillazioni e deve essere soddisfatto il criterio $U_{p/f} \leq U_W/2$; per strutture dotate di LPS, a favore della sicurezza è consigliabile assumere $U_{p/f} \leq (U_W - U_i)/2$.
- 3) $U_{p/f} \leq (U_W - U_i)/2$: se la lunghezza del circuito è maggior di dieci metri (caso tipico di SPD installati all'ingresso della linea nella struttura o, in alcuni casi, nei quadri secondari di distribuzione).

Il calcolo analitico della tensione indotta può essere condotto, in via semplificata, secondo l'Allegato E della versione italiana del CEI (Norma CEI 81-10/4).

Il calcolo analitico semplificato si applica quando:

- la struttura è protetta con LPS e la corrente fluisce su una sola calata;
- la distanza circuito/calata (per strutture non schermate) o circuito/schermo esterno (per strutture schermate) è uguale a 1 m;

- circuito con PE e conduttori attivi su percorsi diversi (la distanza fra conduttori del circuito è pari a 0,5 m);
- assenza di schermature.

Per il caso di fulminazione diretta della struttura, la tensione indotta vale:

$$U_i = h \cdot K_c \cdot K_{s2} \cdot K_{s3} (\ell_v + K_o \cdot \ell_o) / d$$

dove il significato dei simboli è il seguente:

- h : tensione indotta per metro di circuito da un fulmine sulla struttura (Tab. E.1: questa tabella e quelle in appresso citate si trovano nell'Allegato E della CEI EN 62305-4);
- ℓ_v : lunghezza, in m, dei tratti verticali del circuito;
- ℓ_o : lunghezza, in m, dei tratti orizzontali del circuito;
- K_o : rapporto fra la tensione indotta in una spira orizzontale e quella indotta in una spira verticale, (Fig. E.1);
- K_c : coefficiente che tiene conto della ripartizione della corrente sulle calate dell'LPS (Tab. E.3);
- K_{s2} : coefficiente che tiene conto della schermatura dei locali dove sono installati gli impianti (Tab. E.4);
- K_{s3} : coefficiente che tiene conto del tipo di circuito (Tab. E.5);
- d : distanza circuito/calata (per strutture non schermate) o circuito/schermato esterno (per strutture schermate), in metri.

La tensione indotta per fulminazione diretta della struttura si può considerare trascurabile quando:

- la struttura, o gli ambienti dell'edificio in cui sono installati gli impianti da proteggere, sono schermati (lato di magliatura $w \leq 0,1$ m);
- i circuiti sono schermati o posati in canale metallico chiuso, con schermi e canali collegati a sbarre di terra ad entrambe le estremità e apparecchiature connesse alla stessa barra di terra;
- i cavi sono in fibra ottica, senza conduttori metallici;
- il circuito è in cavo cordato;
- la struttura non è dotata di LPS.

La tensione indotta a seguito di una fulminazione in vicinanza della struttura è generalmente molto minore di quella diretta sulla struttura. L'espressione di calcolo, analoga alla precedente, è data da:

$$U_i = q \cdot K_{s1} \cdot K_{s2} \cdot K_{s3} \cdot I$$

dove:

- q : tensione indotta per metro di circuito da un fulmine vicino alla struttura (Tab. E.2);
- l : lunghezza complessiva, in metri, del circuito;
- K_{s1} : coefficiente che tiene conto della schermatura della struttura (Tab. E.4).

La tensione indotta per fulminazione indiretta si può considerare trascurabile quando ricorrono le condizioni di cui sopra, fatta eccezione, ovviamente, per la presenza o meno dell'LPS.

Andrea Gulinelli

Didascalie:

Figura 1: Vari tipi di SPD

Figura 2: Applicazione congiunta delle Norme CEI 64-8, CEI EN 62305 e della Guida CEI 81-27

Figura 3: Possibili ubicazioni degli SPD

Figura 4: Processo di valutazione del rischio

Figura 5: Area di raccolta dei fulmini

Figura 6: Livello di protezione effettivo $U_{p/f}$

Figura 7: Tensione indotta per fulminazioni dirette e indirette

Tabella 1

L_{lim} [m]						
Ambiente	$N_t = 1,5$		$N_t = 2,5$		$N_t = 4$	
	L_{aerea}	$L_{interrata}$	L_{aerea}	$L_{interrata}$	L_{aerea}	$L_{interrata}$
Rurale	1.650	3.300	1.000	2.000	625	1.250
Suburbano	3.300	6.600	2.000	4.000	1.250	2.500
Urbano	Area con un'alta densità di edifici o di abitanti e con edifici alti (art. 3.1) dove L_{lim} risulta >>> delle lunghezze riscontrabili in pratica					

Tabella 2

Valori del rischio tollerabile R_T			
Tipo di Perdita	Vite umane e danni permanenti L_1	Inaccettabile disservizio pubblico L_2	Patrimonio culturale insostituibile L_3
Valore del rischio tollerato	10^{-5}	10^{-3}	10^{-4}