



ANGELO BONFANTI (BONANG)

PROTEZIONE CONTRO I FULMINI: AGGIORNAMENTI NORMATIVI

28 January 2021

Prendo lo spunto della recente pubblicazione della Guida CEI 81-29:2020-11 per presentare un aggiornamento, a mio parere indispensabile, della normativa inerente la "Protezione contro i fulmini" e far meglio conoscere alcuni concetti non ancora recepiti per mancanza di un accordo internazionale tra i normatori.

Innanzitutto la guida citata reca il titolo "Linee Guida per l'applicazione delle Norme CEI EN 62305" sostituisce dal 01-12-2020 (dopo la pubblicazione della CEI 81-29;Ec) la precedente analogia CEI 81-29:2020-05 che era risultata pregna di refusi editoriali.

L'attuale principale normativa di riferimento per la protezione contro i fulmini è la serie di norme CEI EN 62305:2013-02 suddivisa in n. 4 parti e precisamente:

- Parte 1. Principi generali
- Parte 2. Valutazione del rischio
- Parte 3. Danno materiale alle strutture
- Parte 4. Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

La Guida 81-29 al punto 2.2 chiarifica che il valore di N_G (numero medio di fulmini per km² per anno), da utilizzare dal 01-05-2020 è ottenibile dalle reti di localizzazione di fulmini al suolo (LLS) facendo riferimento alla Norma CEI EN IEC 62858:2020-05 (disponibile in lingua inglese) essendo stata dal 01-06-2020 abrogata (81-30;Ab) la CEI EN 62858:2016 (CEI 81-30) e prima ancora dal 30-06-2014 (81-3;Ab) la più nota CEI 81-3:1999 che conteneva i valori tabellati di N_G di tutti i comuni italiani.

Essa introduce delle note esplicative ai corrispondenti articoli della norma europea dovute alla pubblicazione nel novembre 2013 di errata corrige (rif. 62305-1-2-3-4/Ec).

Particolare importanza in questo documento è l'introduzione del concetto di frequenza di danno F che risulta lo strumento principale per accertare se e quali misure di protezione siano necessarie per ridurre, entro limiti prefissati, il numero annuo delle avarie che il fulmine causa per sovratensioni alle apparecchiature dell'impianto elettrico.

Stabilire la frequenza di danno F risulta basilare per la protezione degli impianti interni poiché è stato constatato che la maggior parte dei danni causati dal fulmine riguarda le sovratensioni

che danneggiano le apparecchiature e di conseguenza la frequenza di danno F può essere definita anche come la frequenza con cui si verifica una perdita economica nella struttura da proteggere.

Per ridurre la frequenza di danno F è **necessario** proteggere le apparecchiature contro le sovratensioni in modo che la frequenza di danno F sia inferiore a quella tollerabile F_T ($F < F_T$) altrimenti si dovrà ricorrere a **misure di protezione** che il progettista/installatore potrà ricercare facendo riferimento sia alla già citata Norma CEI EN 62305 sia alla Norma CEI 64-8:2012-06. Si ricorda che al momento (Gen 2021) è in vigore la VII edizione della Norma integrata con le n.5 varianti già pubblicate, facendo particolare riferimento per l'argomento specifico alla 64-8;V5:2019-02.

La frequenza di danno tollerabile F_T è il **massimo valore** di frequenza di danno che può essere tollerato dagli impianti interni della struttura da proteggere. Il valore di F_T può essere unico per tutti gli impianti interni della struttura o differenziato rispettivamente per: zone, singolo impianto interno, parte di un impianto interno, singola apparecchiatura dello impianto interno e deve essere stabilito dal proprietario o dal gestore della struttura in base ad elementi concreti (es. servizio svolto, vita attesa degli impianti interni, possibilità e facilità di interventi e riparazioni e conseguenti costi). La guida suggerisce un valore di F_T di 0,1 (un danno ogni 10 anni) ma l'utilizzatore può definire un diverso valore che dovrebbe in ogni caso essere inferiore ad 1 (un danno per anno).

In questo articolo vorrei soprattutto evidenziare le nuove modalità di calcolo della frequenza di danno ($F_x = N_x \times P_x$) rammentando che nella old edizione (81-29:2014-02) ci si riferiva a danno alla struttura/zona ed al suo contenuto mentre nella new edizione ci si sofferma sul danno per sovratensione sulla apparecchiatura/e dello impianto interno.

La frequenza di danno si calcola come esplicitato nello Allegato A partendo dalle frequenze parziali di danno in funzione del punto di impatto del fulmine (sorgenti di danno) e cioè:

- $F_{S1} - [FC]$: dovuta a sovratensioni per fulmini sulla struttura (sorgente S1)
- $F_{S2} - [FM]$: dovuta a sovratensioni per fulmini vicino alla struttura (sorgente S2)
- $F_{S3} - [FW]$: dovuta a sovratensioni per fulmini sulle linee entranti nella struttura (sorgente S3)
- $F_{S4} - [FZ]$: dovuta a sovratensioni per fulmini vicino alle linee entranti nella struttura (sorgente S4)

Nota: tra [] ho indicato le frequenze riferite alla denominazione propria delle componenti di rischio.

La frequenza di danno F dell'apparecchiatura è la somma delle frequenze parziali dei danni relative alle varie sorgenti di danno:

- $F = F_{S1} + F_{S3} + F_{S4}$ per i circuiti collegati ad una linea esterna all'edificio non schermata (in realtà molto comune)

- $F = F_{S1} + F_{S2}$ per i circuiti stand-alone o collegati ad una linea esterna all'edificio tramite un'interfaccia isolante.

Per il calcolo di N_X e P_X bisognerà fare riferimento rispettivamente allo Allegato A ed allo Allegato B della CEI EN 62305-2 ed individuare con l'aiuto della Tab.6 i parametri necessari:

- N_D e P_C per il calcolo di F_{S1}
- N_M e P_M per il calcolo di F_{S2}
- N_L, N_{DJ} e P_W per il calcolo di F_{S3}
- N_I e P_Z per il calcolo di F_{S4}

Ove $N_D - N_M - N_L - N_I$ sono il numero di eventi pericolosi all'anno mentre $P_C - P_M - P_W$ e P_Z sono la probabilità di danno alla struttura per il danno D3 "Guasti negli impianti elettrici ed elettronici" rispettivamente per le n. 4 sorgenti di danno S1 - S2 - S3 - S4.

Necessita tener ben presente che il numero di eventi pericolosi all'anno N_X è direttamente proporzionale al valore di N_G già sopra citato mentre il valore di P_X interessato è direttamente proporzionale a P_{SPD} che è la probabilità che una sovratensione danneggi un'apparecchiatura protetta da un sistema di SPD come più avanti illustrato.

Sistema di SPD

Un sistema di SPD ha il compito, in base al livello di protezione (LPL) di:

- portare senza alcun danneggiamento la corrente di fulmine prevista nel suo punto d'installazione
- limitare la sovratensione all'ingresso dell'apparecchiatura da proteggere ad un valore non superiore alla sua tensione nominale di tenuta ad impulso (U_W).

La probabilità P_{SPD} dipende dalle probabilità:

- P_Q che il valore di carica associata alla corrente che fluisce attraverso l'SPD nel punto d'installazione superi quello tollerato dal SPD;
- P_{Up} che il valore della tensione residua sul SPD, relativo alla corrente che lo attraversa, superi il livello di protezione richiesto per la protezione dell'apparecchiatura,

$$P_{SPD} = 1 - (1 - P_Q) \times (1 - P_{Up})$$

in cui P_Q è riferito ai primi colpi positivi e negativi dei fulmini e P_{Up} ai colpi successivi dei fulmini negativi e può essere semplificata nella seguente:

$$P_{SPD} = P_Q + 0,9 \times P_{Up}$$

a condizione che sia $P_Q \times P_{Up} < 1$

I valori di P_{SPD} sono ricavati dalla Tab. B.3 della CEI EN 62305-2 in base allo LPL presente nella struttura per cui se i valori calcolati di P_{SPD} con la formula c.s. risultano superiori possono essere utilizzati se sono sufficienti per ridurre il rischio R o la frequenza del danno F al di sotto del limite tollerabile. Valori calcolati di P_{SPD} inferiori sono possibili se i valori di I_{imp} e I_n per cui sono stati progettati gli SPD sono superiori a quelli richiesti per LPL1.

La scelta di un **sistema di SPD** che abbia una data probabilità P_{SPD} è una questione complessa che può richiedere l'uso di tecniche di simulazione e di programmi di calcolo.

Dipende infatti da:

- valore della P_{SPD} richiesta
- tensione nominale di tenuta ad impulso dell'apparecchiatura da proteggere U_W
- sorgente di danno (S1, S2, S3, S4)
- caratteristiche della linea esterna e del circuito a cui l'apparecchiatura è collegata
- tipo di SPD (innesco, limitazione, combinato) costituente il sistema di SPD
- caratteristica U/I degli SPD del sistema

La guida 81-29 mette a tal proposito a disposizione info ed una serie di grafici per la scelta semplificata di un sistema di SPD con P_{SPD} conforme alla relazione; sono riportati nello art. 4.1.

La protezione con un sistema di SPD è efficace nella riduzione di P_C solo in strutture protette con LPS o in strutture con schermo metallico continuo o con i ferri di armatura del calcestruzzo (LPS naturale) nelle quali siano rispettati i requisiti della CEI EN 62305-3 con riferimento all'equipotenzializzazione ed alla messa a terra.

Attenzione!

In edifici non protetti dai medesimi la riduzione della probabilità P_C può essere non giustificata per cui andrà fatta un'analisi economica costi/benefici salvo i casi di impianti elettrici di strutture (es. ospedali) in cui i guasti sui circuiti interni possono provocare un immediato pericolo per la vita umana.

Sistema di SPD: scelta

I tipi di Sistema di SPD più usati e presi in considerazione nella guida sono

- Un solo SPD (SPD1) ad innescio (Sistema S) o a limitazione (Sistema L) o combinati con componenti S e L in serie (Sistema S+L)
- Due SPD (SPD1 + SPD2) con SPD1 ad innescio ed SPD2 a limitazione (Sistema SL) oppure SPD1 e SPD2 a limitazione (Sistema LL)

Secondo la guida il loro corretto utilizzo è:

- I Sistemi L e LL sono usati per gli impianti di energia
- I Sistemi S e SL sono usati per gli impianti di segnale

Note:

- Negli impianti di energia i Sistemi SL sono assimilabili a quelli LL
- I Sistemi con due SPD in cui SPD1 è di tipo combinato S+L, sono assimilabili a quelli LL
- I Sistemi SPD a due porte sono assimilabili ai Sistemi con due SPD

Ubicazione abituale e tipologia degli SPD presenti nel sistema sono:

- SPD1 – ingresso edificio (es. nel Q. Generale) --> Normalmente di Tipo 1 (I_{imp})
- SPD2 – vicino all'apparato da proteggere (es. nel Q. secon., vicino alle prese) --> Normalmente di Tipo 2 (I_n)

Per la sorgente di danno S1, nei Sistemi LL è consigliabile che anche SPD2 sia di Tipo 1 (I_{imp})

Per la sorgente di danno S4 un Sistema S o L con SPD Tipo 2 (I_n) normalmente è sufficiente per ottenere il P_{SPD} richiesto.

Sistema di SPD: dimensionamento

- Una volta scelto il Sistema di SPD ed il tipo di SPD che lo costituiscono occorre scegliere la coppia di valori (P_Q ; P_{Up}) che danno il valore $P_{SPD} = P_Q + 0,9 P_{Up}$ richiesto per la protezione.

i) P_{Up} va riferita a SPD1 nei Sistemi S o L, a SPD2 nei Sistemi SL o LL.

ii) P_Q va invece sempre riferita a SPD1.

- Determinare la corrente di scarica (I_{imp} se SPD1 è di Tipo 1) o I_n se SPD1 è di Tipo 2 corrispondente alla probabilità P_Q per le sorgenti S1 e S3 o per la sorgente S4.

- Determinare la tensione U_p' ai morsetti dell'SPD (U_{SPD} a $I_{SPD} = 1$ kA) corrispondente alla probabilità P_{Up} dell'SPD1 per i Sistemi S o L o dell'SPD2 per i Sistemi SL o LL per le sorgenti S1 e S3 o per la sorgente S4.

Valutazione semplificata della probabilità P_{SPD} per tutte le sorgenti di danno

Per il dimensionamento del sistema di SPD, in genere le sorgenti di danno più gravose sono in ordine decrescente S1, S3 e S4.

Il sistema SPD installabile è unico per tutte le sorgenti di danno quindi una volta dimensionato il sistema per la sorgente più gravosa, i valori di P_{SPD} relativi alle altre sorgenti di danno sono

valutabili in base ai parametri corrente di scarica I_{imp} o I_n ed al livello di protezione U_p' del sistema di SPD scelto per la sorgente più gravosa.

A parità di condizioni (circuito, Sistema di SPD, valori di U_p') i valori di P_{Up} relativi alla sorgente S3 sono, in genere minori degli analoghi valori di S1, ed il sistema di SPD può essere fatto solo con riferimento alla S1 scegliendo I_{imp} il massimo fra quelli relativi a S1 e a S3 $I_{imp} = \max(I_{impS1}; I_{impS3})$.

Inoltre i valori di P_{SPD} relativi a S4 sono trascurabili, se il sistema di SPD è dimensionato per la sorgente S1 o S3.

Grafici di dimensionamento (4.1.4)

Per la valutazione della probabilità P_{Up} in funzione della tensione U_p' ai capi del SPD sono stati ipotizzati nella guida n. 2 esempi, abbastanza comuni nella realtà, basati su circuiti:

- non schermati, per gli impianti di energia
- schermati e non schermati, per gli impianti di segnale

aventi la seguente tipologia:

- **Circuito 1:** protetto con un Sistema S (segnale) o con un Sistema L (energia)
- **Circuito 2:** protetto con un Sistema SL (segnale) o con un Sistema LL (energia)

Le linee tipo considerate sono:

- Linea di energia: bt non schermata
- Linea di segnale:

1. non schermata $n' = 2$ conduttori

2. schermata $n' \geq 20$ conduttori

Apparecchiature solo di Classe 1.

Si rammenta che a favore della sicurezza, i valori di P_{Up} dei circuiti tipo possono essere attribuiti anche a circuiti che hanno caratteristiche più favorevoli rispetto a quelli dei suddetti circuiti tipo, cioè:

- minore larghezza w del circuito
- minor coefficiente k_C di ripartizione di corrente fra le calate
- minore lunghezza L_{12} del circuito tra SPD1 e SPD2
- minore lunghezza L del circuito tra apparecchiatura ed il più vicino SPD a monte
- minore lunghezza l_C dei conduttori di connessione
- maggiore distanza d tra il circuito e la calata più vicina

- più alti valori del prodotto $n \cdot n'$ - numero servizi entranti connessi al dispersore * numero conduttori linea
- maggiore tensione di tenuta U_w

Per la stesura dei grafici, il calcolo della tensione indotta U_i è stato condotto in conformità all'art. 4.2, della guida assumendo a favore della sicurezza il valore $C_E = 1$ per il coefficiente ambientale.

Art 4.2 Tensione indotta in un circuito: calcolo semplificato proposto dalla 81-29 anziché utilizzo del calcolo più preciso ma più laborioso presente nella CEI EN 62305-4 art. A.5

- Fulmini sulla struttura $U_i = 0,7 \times h \times K_c \times K_{S2} \times L_{eq}$
- Fulmini a terra $U_i = 0,7 \times q \times C_E \times K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times L$

Nelle strutture prive di LPS, il coefficiente h è indefinito e la tensione U_i non è valutabile.

La legenda completa dei simboli utilizzati è presente nella guida alla quale bisogna sempre fare attento riferimento.

Grafici presenti per Impianti di energia [A] Tot. n. 12

Grafici presenti per Impianti di segnale [B] Tot. n. 8

In dettaglio i n. 12 grafici presenti nella guida per impianti di energia presentano:

A.4.1 **S1** P_Q in funzione di I_{imp} per **SPD1**

A.4.2 **S3** P_Q in funzione di I_{imp} per **SPD1**

A.4.3 **S4** P_Q in funzione di I_n per **SPD1**

A.4.4 **S1** P_{Up} in funzione di U_P' **Circuito 1** $l_C = 0$ m per n. 5 diversi k_{ti}

A.4.4a **S1** P_{Up} in funzione di U_P' **Circuito 1** $l_C = 0,5$ m per n. 5 diversi k_{ti}

A.4.5 **S1** P_{Up} in funzione di U_P' **Circuito 2** $l_C = 0,5$ m per n. 5 diversi k_{ti}

A.4.6 **S3** P_{Up} in funzione di U_P' **Circuito 1** $l_C = 0$ m per n. 4 diverse lunghezze L del circ. $w=0,005$ m

A.4.6a **S3** P_{Up} in funzione di U_P' **Circuito 1** $l_C = 0,5$ m per n. 4 diverse lunghezze L del circ. $w=0,005$ m

A.4.7 **S3** P_{Up} in funzione di U_P' **Circuito 1** $l_C = 0$ m per n. 4 diverse lunghezze L del circ. $w=0,1$ m

A.4.7a **S3** P_{Up} in funzione di U_P' **Circuito 1** $l_C = 0,5$ m per n. 4 diverse lunghezze L del circ. $w=0,1$ m

A.4.8 **S3** P_{Up} in funzione di U_P' **Circuito 2** $l_C = 0,5$ m per n. 4 diverse lunghezze L del circ. $w=0,1$ m

A.4.9 **S4** P_{Up} in funzione di U_P' per n. 5 diverse aree A del circuito.

Ove i simboli indicano:

$k_{ti} = w \cdot K_c \cdot L_{eq} / d$ coefficiente relativo alla tensione indotta dalla sorgente S1 nel circuito, e K_c è il coefficiente che tiene conto della ripartizione della corrente sulle calate del LPS, $L_{eq} = L_v + L'_o$ = lunghezza equivalente del circuito (m), d la distanza (m) circuito-calata. $w = 0,005$ m distanza conduttori attivi e PE (in canaletta metallica chiusa) $w = 0,1$ m distanza conduttori attivi e PE (in

canaletta) $L = L_V + L_O$ lunghezza del circuito tra apparecchiatura ed il più vicino SPD a monte $l_c =$ lunghezza dei conduttori di connessione del SPD

Nello Allegato B sono infine presenti n. 3 esempi di verifica e dimensionamento di un sistema di SPD che sono stati sviluppati in base ai grafici sopra descritti; risultano molto utili soprattutto per meglio comprendere l'uso pratico dei supporti forniti.

I valori di k_{Li} L ed A che non trovano esatta corrispondenza nei grafici, possono essere interpolati, estrapolati o riferiti a quelli immediatamente superiori a vantaggio della sicurezza. E' importante seguire scrupolosamente tutte le note presenti in ogni grafico e tener presente che il coefficiente 9,25 citato è il rapporto tra la I_n di un SPD Tipo 2 e la I_{imp} di un SPD Tipo 1 a parità di carica sostenuta.

- B1: Verifica delle prestazioni di un Sistema di SPD
- B2: Dimensionamento di un Sistema di SPD
- B3: Protezione contro le sovratensioni di un impianto elettrico in una struttura

In questa ultima (B3) si analizza una struttura, posta in ambiente suburbano, munito di LPS naturale, rappresentata da un edificio adibito ad uso uffici, con un archivio ed un centro di calcolo posti in un sito con $N_G=4$ ed alimentato con linea interrata di energia con $L_L= 300$ m e linea interrata TLC in cavo schermato $L_L= 1000$ m e con n. 2 tubazioni di adduzione acqua e gas connesse alla barra di equipotenzialità della struttura.

I circuiti interni di energia sono stati divisi in n. 4 gruppi (sono stati attribuiti FT differenti) relativi a:

- a. Uffici
- b. Servizi
- c. UPS
- d. CED - Centro Elaborazione Dati

E' stato analizzato l'utilizzo di un sistema di SPD L ed in variante di un sistema di SPD LL. Lo studio del dimensionamento per la protezione da sovratensione del circuito prospettato degli impianti di energia porta a privilegiare in conclusione la installazione (ad esempio) di un sistema LL (SPD1+SPD2) con n. 2 SPD di Tipo 1 con I_{imp} rispettivamente di 10 kA e da 1 kA con U_p' di 830 V. Si opterà quindi per un idoneo articolo da utilizzare individuandolo nel catalogo del costruttore prescelto, eventualmente basandosi a favore della sicurezza su un dato di targa dichiarato di U_p a 5 kA nel caso non fosse dichiarato il valore di U_p riferito ad 1 kA (U_p').

I due SPD saranno installati rispettivamente: SPD1 nel Q.Generale ed SPD2 in quello Uffici.

Per consultare i miei precedenti articoli relativi all'argomento consiglio di cliccare ai seguenti link del mio blog:

1. <https://www.electroyou.it/bonang/wiki/sovratensione-cenni-per-realizzare-una-corretta-protezione-in-b-t>
2. <https://www.electroyou.it/bonang/wiki/norma-cei-64-8-v5-2019-02-protezione-contro-le-sovratensioni>

Estratto da "<https://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Bonang:protezione-contro-i-fulmini-aggiornamenti-normativi>"