



C.I.P.I.

CONSULTA INTERISTITUZIONALE
PER LA PREVENZIONE INCENDI

PROTOCOLLO D'INTESA DEL 17/12/2012



L'EVOLUZIONE
DEL PROFESSIONISTA
NELLA PREVENZIONE
INCENDI

Giovedì 03 Aprile 2014

Città della Scienza, via Coroglio, 104

Napoli

SEMINARIO INFORMATIVO

LA SICUREZZA ELETTRICA NELLA PREVENZIONE INCENDI

PROTEZIONE DEGLI EDIFICI DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

relatore: ing. Mario Taccogna

FULMINOLOGIA



Sappiamo, come riteneva B. Franklin, che i fulmini sono una scarica elettrica tra nube e nube o tra nube e cielo o tra nube e terra che si sviluppa a seguito dell'accumulo di cariche elettriche in zone relativamente circoscritte dell'atmosfera.

Egli suppose che il fulmine non fosse altro che una gigantesca scintilla elettrica e dimostrò sperimentalmente questa ipotesi.

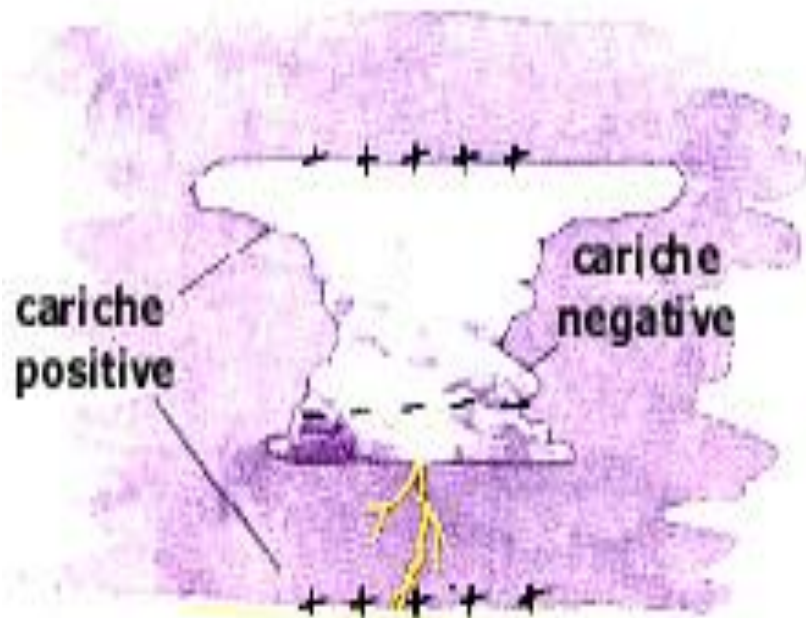
FULMINOLOGIA



Un fulmine prodotto artificialmente

Oggi è possibile causare dei fulmini creando rapidamente un canale di scarica fra la terra e la nube. Ciò viene realizzato con dei piccoli razzi che, collegati a corde metalliche, hanno il compito di distendere rapidamente il conduttore per qualche centinaia di metri, sufficienti a provocare la scarica. Il grande vantaggio di questa tecnica è che il punto di caduta del fulmine è ben noto, visto che coincide con il punto di attacco della corda metallica. In tal modo è possibile predisporre un gran numero di sensori in punti ben precisi, in modo da ottenere i dati desiderati. Questa tecnica è stata fondamentale per ottenere le prime misure accurate dell'andamento della corrente alla base del canale di scarica.

ORIGINE DELLE SCARICHE ATMOSFERICHE



Il meccanismo che produce questi accumuli di carica non è ancora del tutto noto e, molto probabilmente, ne esistono diversi che sono più o meno efficienti a seconda della particolare condizione meteorologica nella quale hanno luogo.

Questo il motivo per cui i fulmini sono più frequenti durante il periodo estivo piuttosto che in quello invernale;

infatti è in estate che i bassi strati dell'atmosfera si riscaldano maggiormente, dando origine ai temporali che sono essenzialmente degli intensi moti verticali d'aria che, sollevandosi, si espande, si raffredda e condensando dà origine alle nubi e alle precipitazioni.

ORIGINE DELLE SCARICHE ATMOSFERICHE



Le particelle cariche tenderanno a disporsi secondo uno schema bipolare, con le cariche negative nella parte bassa della nube e quelle positive nella parte alta.

Il cumulonembo assume così l'aspetto di un grosso dipolo, essendo le regioni cariche di qualche km di diametro

Le differenze di potenziale possono raggiungere le centinaia o migliaia di milioni di volt, causando il superamento della rigidità dielettrica dell'aria: in tale istante scocca il fulmine.

TIPI DI SCARICHE

Immaginando un temporale come formato da più cumulonembi contenenti regioni di carica diverse, si può dedurre che i fulmini potranno svilupparsi sia tra le cariche della stessa nube sia tra una nube e l'altra sia infine tra la nube e la terra, che per effetto elettrostatico si carica di segno opposto a quello della parte inferiore della nube.

Tipicamente infatti i fulmini sono distinti in Nube-Nube, Intranube e Nube-Suolo.

TIPI DI SCARICHE

il maggior numero di scariche, con rapporto di 9 a 1, si sviluppa tra le nubi o all'interno della nube stessa. Queste scariche possono essere di entità molto diversa, a seconda che rappresentino piccoli cedimenti locali del dielettrico o scariche a grande distanza tra regioni di forte carica opposta.





MECCANISMO DI SCARICA

Inizialmente dalla nube scende verso il suolo una scarica debole ed invisibile composta da particelle cariche negativamente, essa è detta scarica pilota (o scarica guida o *stepped leader*) ed avanza verso il basso con una velocità relativamente piccola (circa 100 Km/s) e con percorsi successivi di breve lunghezza (circa 50 m). Lungo tale percorso a zig-zag si crea un'intensa ionizzazione che predispone alla seconda fase. Quando la scarica pilota si avvicina al suolo, da quest'ultimo parte una scarica "di ritorno" diretta verso l'alto e composta da un flusso di cariche positive presenti sulla superficie terrestre. Quando le due scariche si incontrano, esse segnano nell'aria una specie di scia di congiunzione tra cielo e terra; lungo tale traccia risale verso la nube una fortissima corrente elettrica ad una velocità stimata in circa un terzo di quella della luce. La scarica di ritorno (*return stroke*) può durare tra qualche decina e qualche centinaia di microsecondi e libera una quantità enorme di energia di tipo termico, ottico (lampo), acustico (tuono) ed elettromagnetico.

MECCANISMO DI SCARICA



Il canale conduttore, creato dalla scarica guida, può ramificarsi in parecchie branche, lungo le quali si possono avere diverse scariche di ritorno giustificando così l'aspetto tutto ramificato del fulmine, simile alle radici di una pianta. Spesso lungo il canale conduttore,

dopo la prima scarica, si può avere un'altra scarica guida verso il basso, che innesca un secondo fulmine. Questo può verificarsi più volte in uno o due secondi, causando l'effetto tremolante nella luce del lampo, di solito 2/3 colpi di decine di μ s.

LAMPI E TUONI

L'espansione del canale ionizzato genera anche un'onda d'urto rumorosissima, il [tuono](#). L'attività luminosa connessa alla scarica di un fulmine è invece denominata [lambo](#). Un osservatore distante vede il lambo sensibilmente prima di sentire il tuono, poiché il suono viaggia a velocità molto inferiore a quella della luce ([340 m/s](#) circa contro [300.000 km/s](#)) e quindi percepirà un ritardo di circa tre secondi per ogni chilometro di distanza dal fulmine.



CARATTERISTICHE DI UN FULMINE

Tutto il processo ai nostri occhi appare praticamente istantaneo. In realtà la fase “lenta” di creazione del canale guida avviene ad una velocità pari a circa l'1% di quella della luce e dura, in base alla lunghezza del canale, qualche decina di millisecondi. La scarica luminosa invece avviene a circa il 10-50 % della velocità della luce e dura mediamente un centinaio di microsecondi.

La corrente della scarica è molto intensa. Nella maggior parte dei casi ha una forma d'onda impulsiva, con un ripido *fronte d'onda* $0,5-100 \text{ kA}/\mu\text{s}$, ed ampiezza dell'ordine di $2-200 \text{ kA}$, con un valor medio di circa 20 kA . Nonostante l'intensa corrente, vista la brevissima durata del fenomeno, la carica netta trasportata è comunque modesta, dell'ordine di $5-10 \text{ C}$.

| grandezza fisica | valore |
|----------------------------------|-----------------------------|
| corrente elettrica | 2 -200 <u>kA</u> |
| temperatura <u>elettronica</u> | 50.000 <u>K</u> |
| diametro della colonna di plasma | 10-50 cm |
| <u>carica elettrica</u> totale | 5 - 10 <u>C</u> |
| differenza di <u>potenziale</u> | $1-10 \times 10^9$ <u>V</u> |

CARATTERISTICHE DI UN FULMINE



Corrente tipica per macchine per taglio al plasma da 15 a 400A.



Corrente tipica nel canale ionizzato di fulmine (plasma) da 2.000 a 200.000 A

16 gennaio 2014, un fulmine colpisce e danneggia il pollice della mano destra del Cristo Redentore sulla montagna del Corcovado a Rio de Janeiro (Corriere della Sera)

CARATTERISTICHE DI UN FULMINE

La differenza di potenziale ai capi del fulmine dipende dalla lunghezza dello stesso:

sapendo che il potenziale di [rottura dielettrica](#) dell'aria è di 3000 V/mm, un fulmine lungo 300 m sarà generato da una differenza di potenziale di

$$300 \times 3 \times 10^6 = 9 \times 10^8 \approx 10^9 \text{V.}$$

In realtà, la grande pericolosità del fulmine è dovuta più che alle grandi tensioni, alla corrente che fluisce nel canale d'aria ionizzata: essendo infatti il [plasma](#) un ottimo conduttore di corrente, esso permette il fluire di correnti tipiche di migliaia di [ampere](#) (si consideri che bastano circa [20 mA](#) per causare danni fisiologici da [folgorazione](#)).

CARATTERISTICHE DI UN FULMINE

In fondo non è una grande carica elettrica quella liberata dalla scarica di un fulmine (5-10 Coulomb di carica); nella batteria di un moderno cellulare da 2600mAh c'è la carica di circa 900 fulmini. Questo non rassicura comunque; la potenza che scatena il fulmine può essere dell'ordine di **500 milioni di MWatt**.



PROTEZIONE DEGLI EDIFICI DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

RIFERIMENTI NORMATIVI - norme di impianto

Norme **CEI EN 62305-1/4** (classificazione CEI 81-10/1-4) ed. 2/2013

- ✓ CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1) - parte 1 : principi generali
- ✓ CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) - parte 2 : valutazione del rischio
- ✓ CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3) - parte 3 : danni materiali alla struttura e pericolo per le persone
- ✓ CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4) : parte 4 : impianti elettrici ed elettronici all'interno delle strutture

PROTEZIONE DEGLI EDIFICI DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

RIFERIMENTI NORMATIVI – norme di prodotto

EN/IEC 62561:

- Parte 1 Prescrizioni per i componenti di connessione
- Parte 2 Prescrizioni per i conduttori di terra e i dispersori
- Parte 3 Prescrizioni per gli spinterometri
- Parte 4 Prescrizioni per i componenti di fissaggio
- Parte 5 Prescrizioni per la verifica di involucri di ispezione (pozzetti) e di componenti a tenuta per dispersori (passanti)
- Parte 6 Prescrizioni per contatori di correnti di fulmine
- Parte 7 Prescrizioni per le miscele aventi caratteristiche avanzate per l'impianto di messa a terra.

IMPIANTO DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Necessità dell'impianto LPS (Lightning Protection System) - situazione normativa

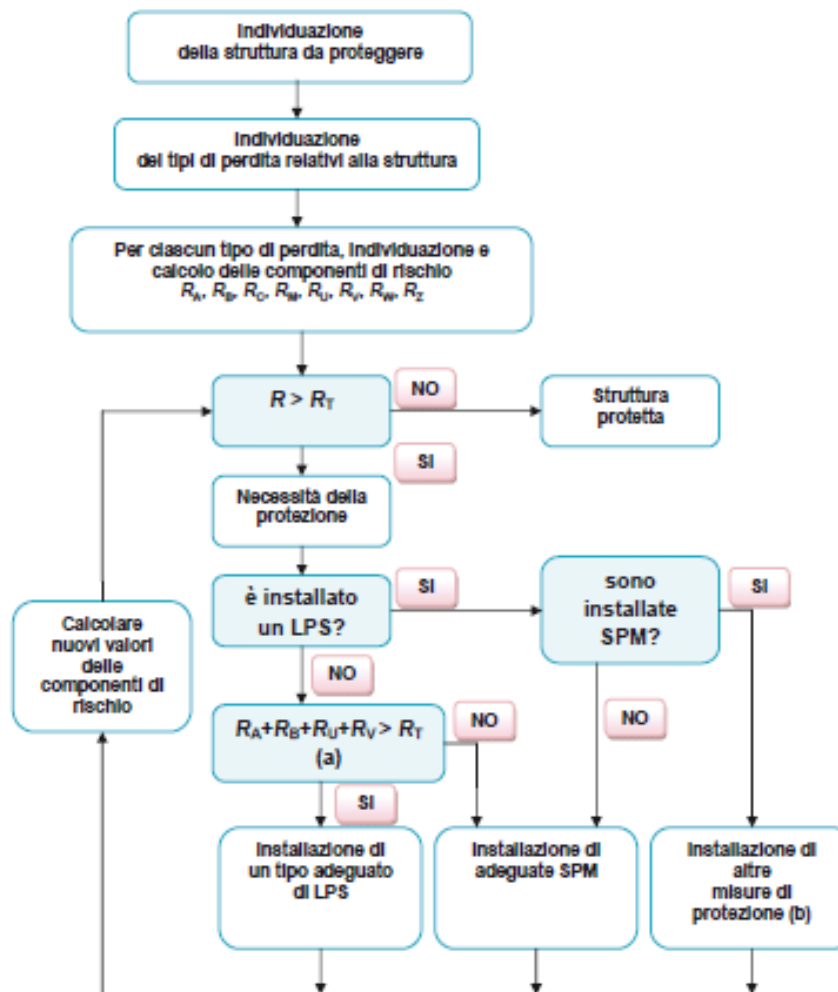
L'impianto di protezione contro i fulmini LPS ha il compito di proteggere gli edifici dalle fulminazioni dirette e indirette, di conseguenza da un eventuale incendio o dalle conseguenze della corrente da fulmine impressa (fulmine senza innesco).

Quando disposizioni nazionali come leggi, decreti ecc. o normative lo richiedono, devono essere installate delle misure di protezione contro i fulmini.

La necessità della protezione e la scelta delle rispettive misure di protezione dovrebbero essere calcolate tramite una valutazione del rischio.

La normativa in vigore (**art. 29 del TU 81/08**) impone l'obbligo di valutare tutti i **rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, "compreso il rischio da fulmini"**

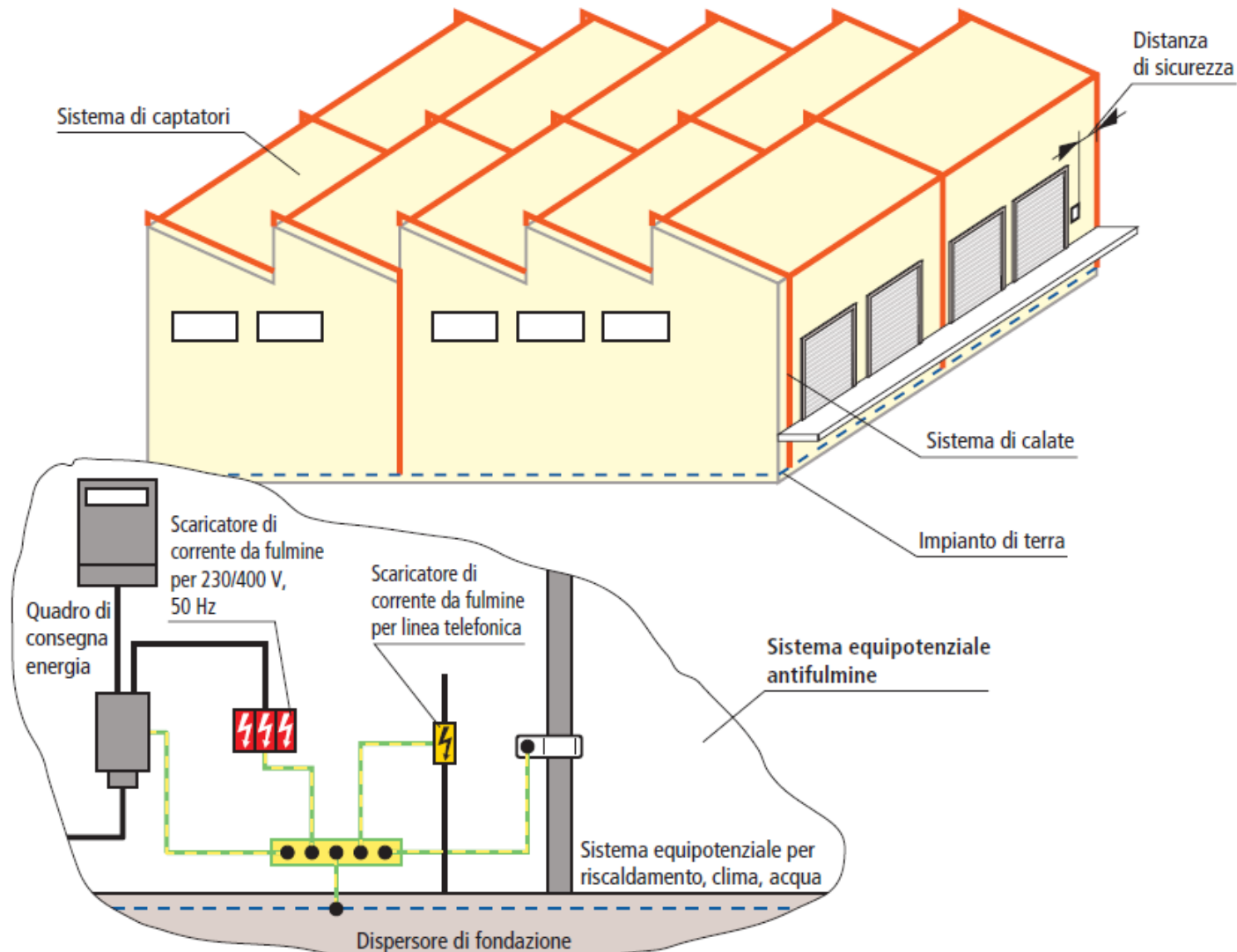
VALUTAZIONE DEL RISCHIO E SCELTA DELLA PROTEZIONE



IMPIANTI DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI



IMPIANTI DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI



IMPIANTI DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

LPS esterno

L'LPS esterno è principalmente costituito da captatori (del tipo ad asta o a maglia) collegati all'impianto di terra; la loro funzione è di creare un volume protetto, ovvero una zona che non può essere colpita da fulmini. Le funzioni della protezione contro i fulmini esterna sono quindi:

- intercettare le fulminazioni dirette con un sistema di captatori;
- condurre la corrente di fulmine in modo sicuro verso terra con un sistema di calate;
- distribuire la corrente di fulmine nella terra attraverso il sistema di dispersori.

In base ad una serie di regole costruttive sono state fissate le quattro classi di LPS I, II, III e IV corrispondenti ai livelli di protezione LPL (Lightning Protection Level).

Ciascuna **classe di LPS** comprende regole costruttive dipendenti e indipendenti dalla classe di LPS in riferimento, alla Norma 62305-3.

TIPI DI LPS ESTERNO

Parafulmine ad asta.

Costituito essenzialmente da un'asta metallica, che termina con una o più punte, disposta sul punto più alto dell'oggetto da proteggere (edifici molto alti, torri, campanili). L'asta è collegata elettricamente mediante un opportuno conduttore al sistema dispersore, uno o più dispersori, (piastre, tubi di acciaio o rame zincato) posti nel terreno.

Gabbia di Faraday.

Per la protezione di edifici più estesi si possono usare diverse aste in parallelo poste su più punti e collegate tra loro con una rete di conduttori a maglia e con diverse discese che avvolgono tutto l'edificio come una gabbia. A sua volta la rete di messa a terra collega tutte le singole discese sfruttando il principio della gabbia di Faraday.

Funi di guardia.

Ad es. al di sopra delle linee elettriche sono dei cavi in acciaio collegati a terra tramite i piloni di sostegno della linea evitando che eventuali sovratensioni generate da elevati campi elettrostatici associati vadano a interessare i cavi sottostanti che conducono la corrente. Con lo stesso principio al di sopra delle navi vi sono dei cavi metallici collegati con parte dello scafo immerso nell'acqua e quindi buon conduttore della corrente.

LPS ESTERNO

Tutti i dispositivi basati LPS esterni aumentano la probabilità di fulminazione nello spazio circostante il parafulmine (con una minore resistenza elettrica locale indotta, es. da punte di conduttore), e quindi accrescono al contrario il pericolo di fulminazione delle strutture che dovrebbero proteggere, specialmente se la rete metallica è parallela alla direzione di caduta del fulmine. Per questi motivi, la normativa prevede in genere una distanza di sicurezza fra la gabbia metallica e l'edificio da proteggere.

LPS INTERNO

Quando l'LPS esterno viene colpito da un fulmine, per un brevissimo istante l'impianto parafulmine si porta a un potenziale molto elevato con altrettante elevate correnti in gioco. Questo crea una considerevole differenza di potenziale tra LPS e struttura protetta, accompagnata da fenomeni di induzione elettromagnetica.

Come conseguenza si possono avere **sovratensioni e scariche elettriche** all'interno della struttura protetta, anche se questa non è stata colpita direttamente dal fulmine.

L'impianto LPS interno, tramite **connessioni metalliche o limitatori di sovratensione**, serve ad evitare che scariche elettriche interessino la parte interna del volume protetto quando il fulmine colpisce l'impianto di protezione esterno o quando il fulmine interessa la linea di alimentazione dell'edificio o cade nelle sue immediate vicinanze.

LPS INTERNO

La funzione della protezione contro i fulmini interna è, in definitiva, quella di evitare la formazione di scariche pericolose all'interno della struttura, in funzione delle protezioni degli impianti elettrici ed elettronici, mediante l'ausilio di scaricatori di corrente e/o tensione, noti anche come **SPD** (Surge Protective Device).

L'LPS interno è anche classificato, in funzione delle modalità di collegamento, in protezioni in serie e in protezioni in parallelo.

SPD

Classificazione degli SPD

SPD in Classe di prova I o tipo 1: SPD provato con la corrente nominale di scarica I_n e con la corrente impulsiva I_{imp} .

• **SPD in Classe di prova II o tipo 2:** SPD provato con la corrente nominale di scarica I_n e con la max. corrente di scarica I_{max} .

• **SPD in Classe di prova III o tipo 3:** SPD provato con il generatore combinato.

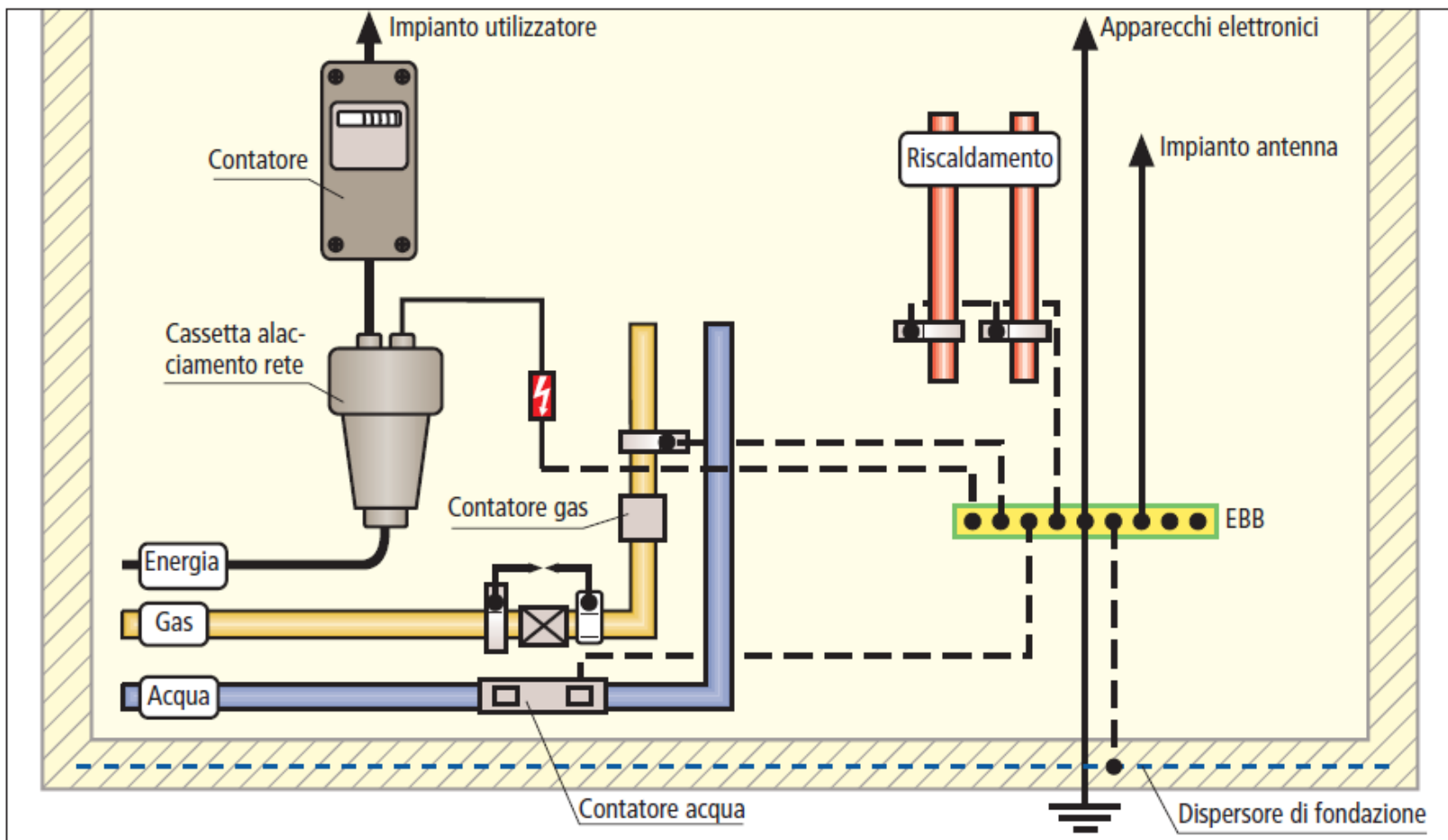
Tipologia degli SPD

• **SPD con intervento a "innesco":** Un SPD che, in assenza di sovratensioni, ha un'alta impedenza, ma che può cambiare rapidamente verso una bassa impedenza in presenza di una sovratensione impulsiva (spinterometri, tiristori, triac)

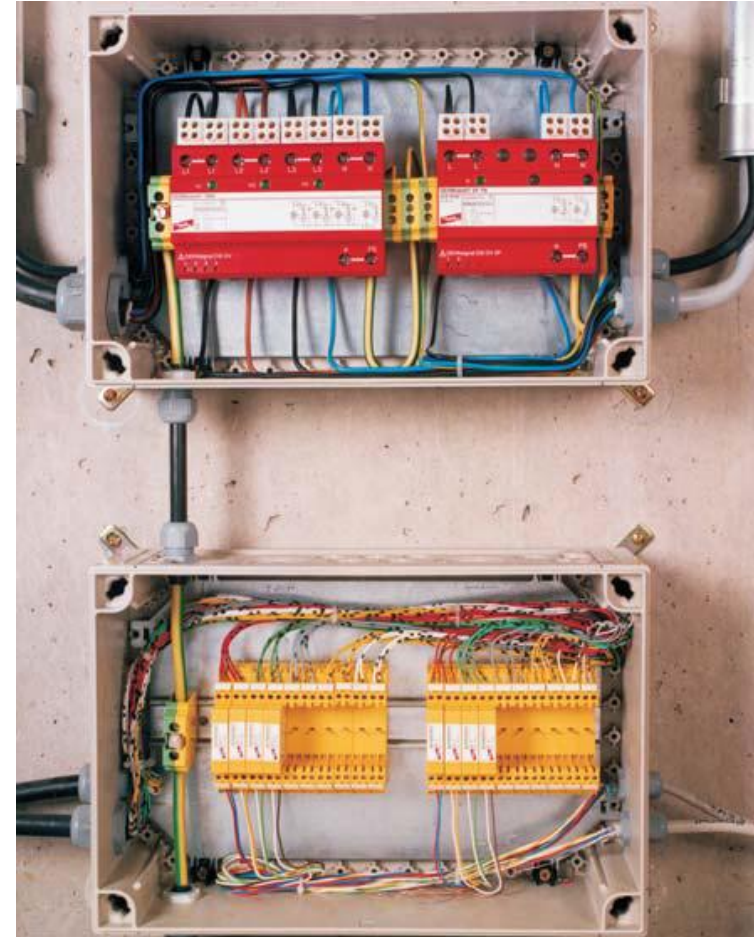
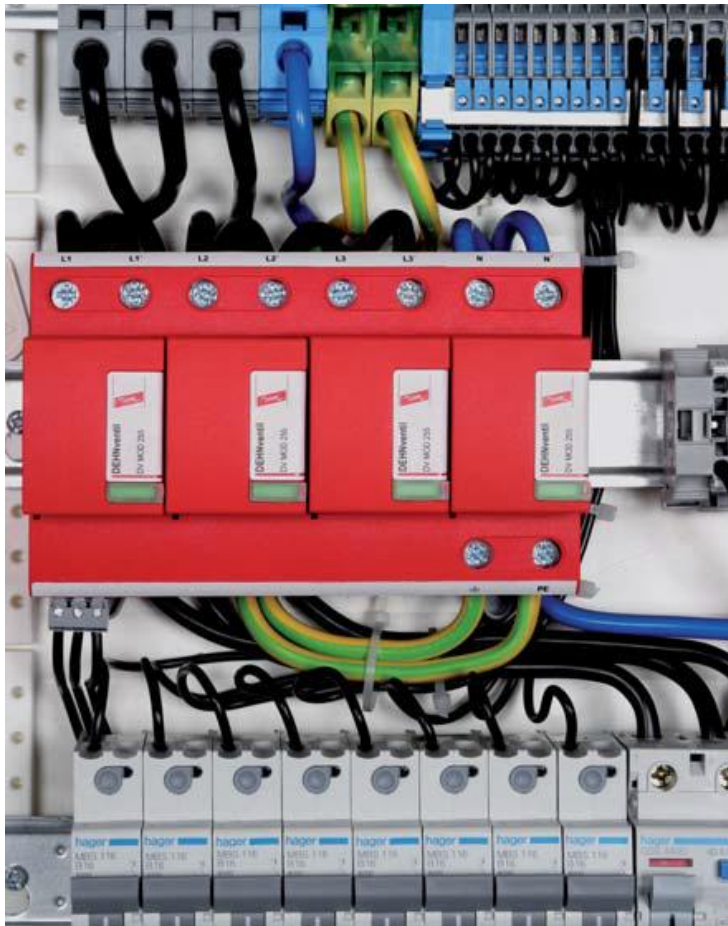
• **SPD con intervento a "limitazione":** Un SPD che, in assenza di sovratensioni, ha un'alta impedenza, che si riduce con continuità con l'aumentare della tensione e della corrente impulsiva (Diodi e varistori)

• **SPD di tipo combinato:** Un SPD che incorpora sia componenti di tipo ad innesco che componenti di tipo a limitazione (collegati in serie, in parallelo o combinazioni di esse) e che può intervenire in entrambe le modalità in relazione alle caratteristiche della tensione applicata.

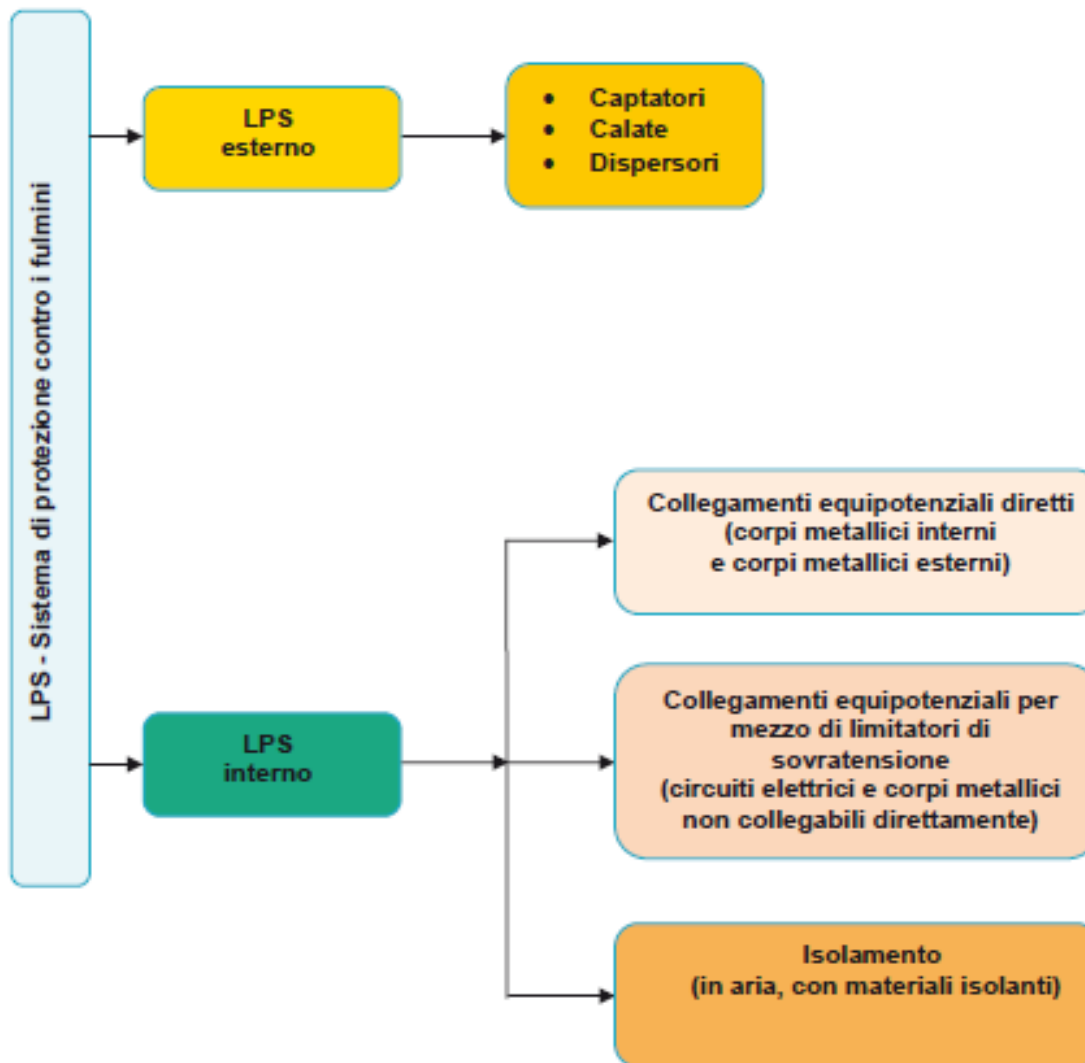
LPS interno Esecuzione della protezione contro i fulmini interna con un punto di entrata comune a tutti i servizi



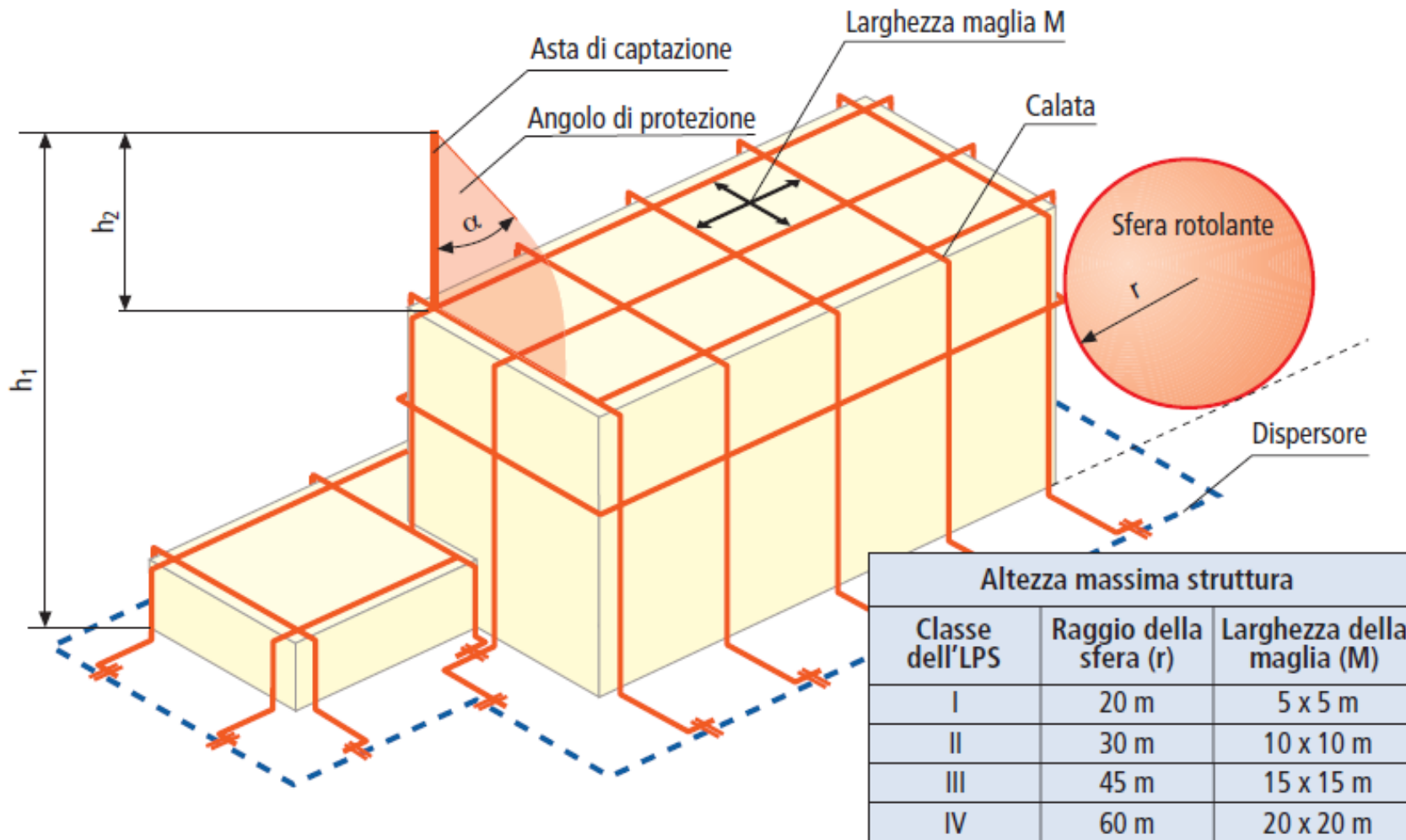
LPS interno Esempi di scaricatori SPD per le linee di energia e per le linee informatiche



Schematizzazione di un sistema di protezione contro i fulmini (LPS)



Metodo per la disposizione dei dispositivi di captazione su edifici alti



Esempi realizzativi: LPS esterno a maglia e aste



Esempi realizzativi: LPS esterno a maglia e aste



Esempi realizzativi: LPS esterno a maglia e aste



Esempi realizzativi: LPS esterno a maglia e aste



Esempi realizzativi: LPS esterno a maglia e funi



Esempi realizzativi: Strutture in elevazione



Esempi realizzativi: protezione antenne



Esempi realizzativi: protezione antenne



Particolare : scaricatori per cavi di collegamento antenne

LPS esterno : Calate

Per calata si intende il collegamento elettrico tra il dispositivo di captazione e l'impianto di messa a terra.

Le calate devono condurre la corrente da fulmine captata verso l'impianto di messa a terra, senza creare danni all'edificio, ad esempio a causa di un eccessivo riscaldamento.

Per ridurre il rischio di danni durante la scarica della corrente da fulmine verso l'impianto di terra, le calate devono essere posate in modo tale, che dal punto d'impatto del fulmine verso terra:

- ✓ esistano diversi percorsi paralleli della corrente,
- ✓ la lunghezza dei percorsi della corrente sia la più corta possibile (diritta, verticale, senza spire),
- ✓ i collegamenti verso i corpi metallici della struttura siano realizzati in tutti i punti necessari (distanza $< s$; s = distanza di sicurezza).

LPS esterno : Distanza tra le calate e punti di misura

| Classe LPS | Distanza tipica |
|------------|-----------------|
| I | 10 m |
| II | 10 m |
| III | 15 m |
| IV | 20 m |

Valori tipici della distanza tra le calate secondo
CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3)



Punto di misura in corrispondenza di una
calata con targa identificatrice

I punti di misura non sono necessari, se il tipo di costruzione (ad esempio costruzione in cemento armato o costruzione con struttura portante in acciaio) non permette una separazione "galvanica" della calata "naturale" dall'impianto di messa a terra (ad esempio dispersore di fondazione).

Elementi naturali utilizzati come calate

Quando vengono utilizzati come calata degli **elementi naturali** della struttura, il numero di calate da installare in aggiunta può essere ridotto e in determinati casi le calate possono essere eliminate del tutto.

Come "parti naturali" dell'impianto di calata possono essere utilizzate le parti seguenti di una struttura:

- **Installazioni metalliche**, a condizione che esista un collegamento continuo e duraturo tra i diversi elementi, e le loro dimensioni corrispondano ai requisiti minimi per le calate. Queste installazioni metalliche possono anche essere ricoperte di materiale isolante. L'utilizzo di tubazioni con contenuto infiammabile o esplosivo come calata non è permesso, se le guarnizioni nelle flange/giunti non sono in metallo oppure le flange/giunti delle tubazioni non sono collegate elettricamente.

Elementi naturali utilizzati come calate

➤ I ferri di armatura del calcestruzzo possono essere utilizzati come calate a condizione che siano continui.

L'uso dei ferri del cemento armato come calate naturali consente inoltre di :

- ✓ limitare l'equipotenzializzazione di linee elettriche e corpi metallici alla base della struttura , senza valutare la distanza di sicurezza (al di sotto della quale i circuiti elettrici e i corpi metallici interni devono essere collegati alla calata tramite SPD);
- ✓ evitare l'installazione di eventuali conduttori ad anello per collegare tra loro le calate e migliorare così la ripartizione della corrente di fulmine;
- ✓ diminuire l'entità delle sovratensioni indotte grazie alla ripartizione della corrente e alla presenza di percorsi paralleli con campi magnetici contrapposti.

Se i ferri del cemento armato utilizzati come calate sono collegati direttamente ai ferri delle fondazioni , i quali costituiscono un dispersore, non è richiesto alcun punto di misura.

Distanza di sicurezza e collegamenti equipotenziali

6.3.1 Generalità

L'isolamento elettrico tra i captatori, o le calate da una parte, ed i corpi metallici interni, gli impianti elettrici, di telecomunicazione e di segnale dall'altra può essere ottenuto mantenendo fra le parti una distanza superiore a quella di sicurezza, s , tra le parti. La relazione per il calcolo di s è la seguente:

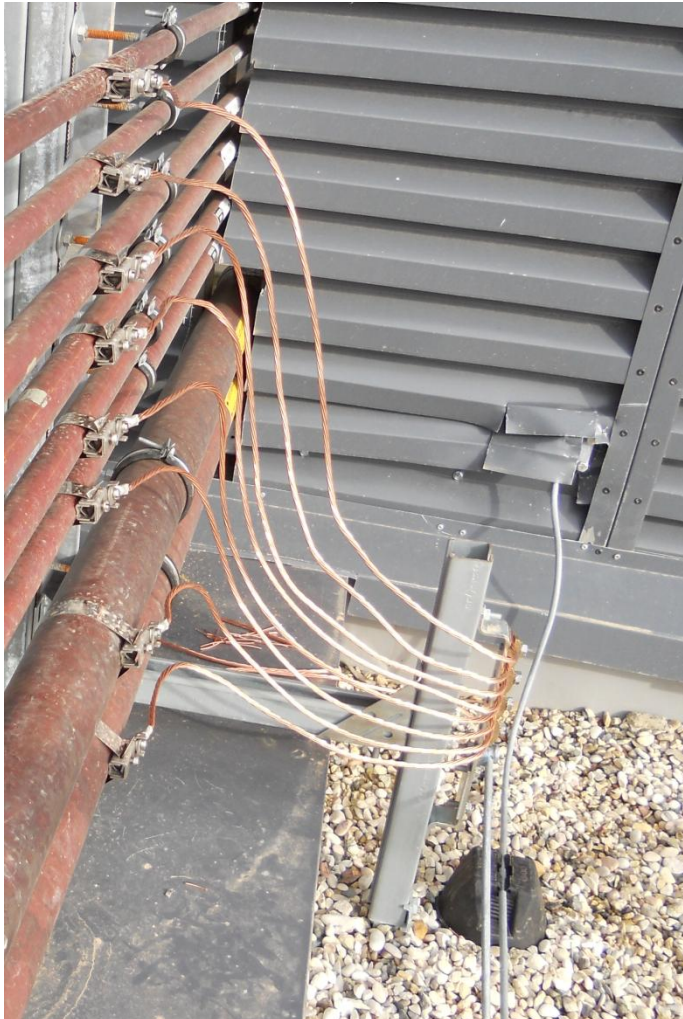
$$s = \frac{k_i}{k_m} \times k_c \times l \quad (\text{m}) \quad (4)$$

Nel caso di linee o corpi metallici esterni entranti nella struttura è sempre necessario effettuare l'equipotenzialità (con connessione diretta o mediante SPD) nel loro punto d'ingresso nella struttura.

Nelle strutture con struttura portante metallica o realizzata in calcestruzzo armato con i ferri d'armatura elettricamente continui, il rispetto della distanza di sicurezza non è richiesto.

In questo caso infatti, la grande ripartizione della corrente di fulmine rende l'intensità delle correnti estremamente contenute al punto di non rendere più indispensabile il rispetto delle distanze di sicurezza "s".

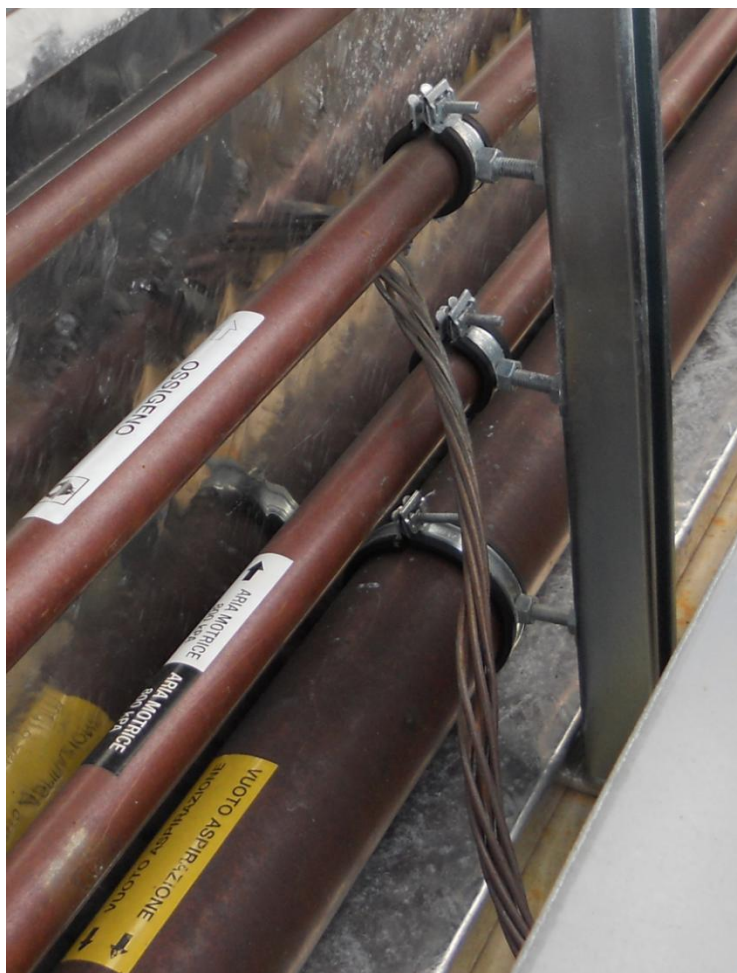
Distanza di sicurezza e collegamenti equipotenziali



Esempi di collegamenti equipotenziali all'LPS delle condotte metalliche in ingresso all'edificio



Distanza di sicurezza e collegamenti equipotenziali



Esempio di mancato rispetto della distanza di sicurezza tra conduttore di collegamento dell'LPS in corda di rame e alcune tubazioni entranti nell'edificio (gas medicali e antincendio)



Giunzioni per impianti LPS

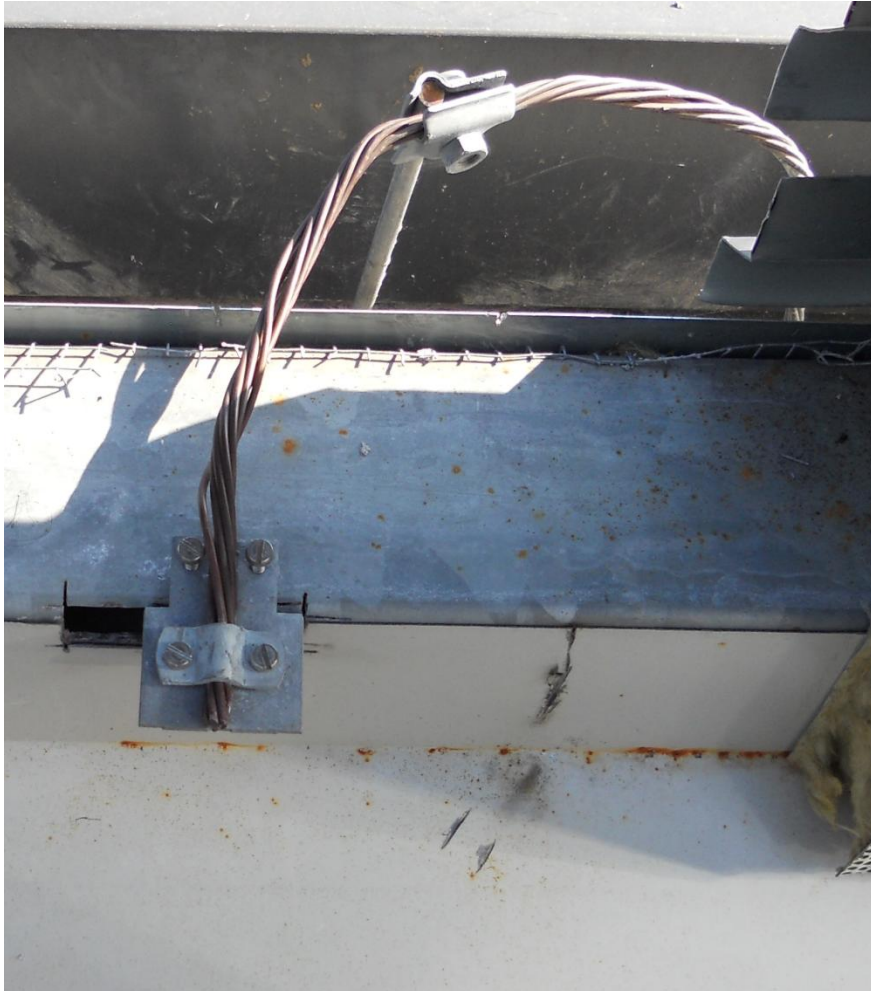
Le giunzioni di un impianto LPS esterno rappresentano punti di fondamentale importanza in quanto potenzialmente devono possedere caratteristiche di robustezza e continuità tali da permettere, senza danno, il passaggio della corrente di fulmine.

In particolare, i sistemi di giunzione devono essere conformi alla CEI EN 62561-1) “Componenti dei sistemi di protezione contro i fulmini Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione”.

Si ricorda inoltre che per **evitare la formazione di elementi galvanici** che favoriscano la corrosione, la norma suggerisce gli accoppiamenti idonei e non idonei in funzione delle coppie di metalli diversi.

| Materiali con superficie piccola | Materiali con superficie grande | | | |
|--|---------------------------------|--------------------|--------------------|------|
| | Acciaio zincato | Acciaio | Acciaio in cemento | Rame |
| Acciaio zincato | + | + asporto zinco | - | - |
| Acciaio | + | + | - | - |
| Acciaio in cemento | + | + | + | + |
| Acciaio con riv. Cu | + | + | + | + |
| Rame/INOX | + | + | + | + |
| + può essere collegato - non può essere collegato | | | | |

Giunzioni per impianti LPS



Nella foto esempio di giunzione errata per elementi di un LPS esterno con l'accoppiamento della corda in rame con morsetti in acciaio zincato

GRAZIE DELL'ATTENZIONE

