

# 7 Protezione di sistemi elettrici ed elettronici contro gli effetti elettromagnetici del fulmine LEMP

## 7.1 Concetto di zone di protezione da fulmine LPZ

Con un sistema di protezione contro i fulmini secondo CEI EN 62305-3 le persone e i beni materiali negli edifici sono protetti, mentre non lo sono i sistemi elettrici ed elettronici, che reagiscono sensibilmente alle sovratensioni di breve durata e cariche di energia causate dalla scarica di un fulmine. Proprio questi sistemi vengono utilizzati come sistemi di gestione dell'edificio, di telecomunicazione, di comando e di sicurezza, con un tasso di crescita molto elevato in quasi tutti i tipi di edifici residenziali e industriali. I requisiti imposti dai proprietari / gestori alla continuità di servizio e affidabilità di tali sistemi sono molto elevati.

La protezione di sistemi elettrici ed elettronici negli edifici contro le sovratensioni, causate dai campi elettromagnetici impulsivi (LEMP), si basa sul principio delle zone di protezione (LPZ - Lightning Protection Zones). Secondo questo principio l'edificio da proteggere deve essere diviso in varie zone di protezione interne, con valori di

rischio LEMP differenti (Figura 7.1.1). In questo modo le zone con rischi LEMP diversi possono essere adattati alla tenuta all'impulso del sistema elettronico.

Secondo questo concetto flessibile possono essere definite delle LPZ idonee in base al numero, al tipo ed alla sensibilità degli apparecchi/sistemi elettronici. Da piccole zone locali fino a zone estese, che possono comprendere l'intero volume dell'edificio. In base al tipo di rischio da fulminazione vengono definite le seguenti zone di protezione:

### Zone esterne

- ⇒ **LPZ 0<sub>A</sub>** – a rischio di impatto diretto da correnti impulsive fino alla completa corrente da fulmine e per l'intero campo elettromagnetico del fulmine
- ⇒ **LPZ 0<sub>B</sub>** – protetta contro l'impatto diretto da fulmine per l'intero campo elettromagnetico del fulmine. Sistemi interni possono essere soggetti a correnti parziali da fulmine.

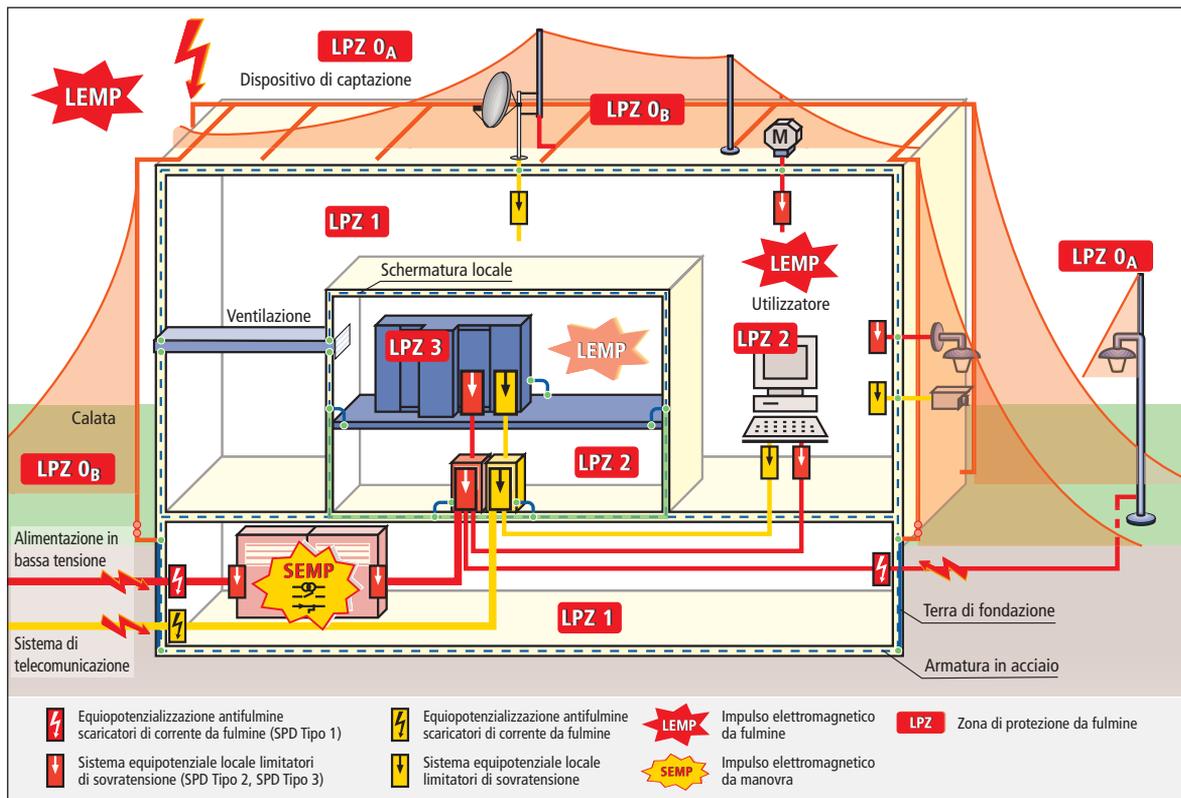


Figura 7.1.1 Concetto di zone di protezione da fulminazione

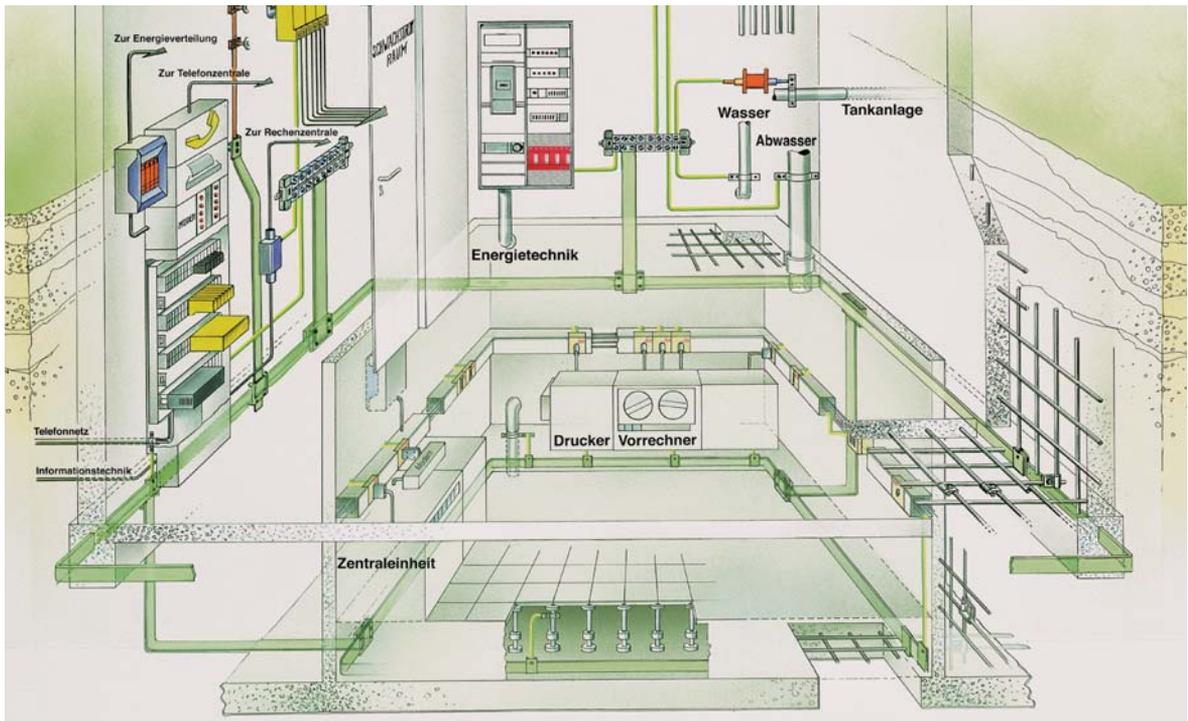


Figura 7.1.2 Esempio per l'esecuzione del concetto di zone di protezione da fulminazione LPZ

### Zone interne

- ⇒ **LPZ 1** – correnti impulsive limitate dalla ripartizione di corrente e tramite dispositivi di protezione da sovratensioni (SPD) sui confini delle zone. Il campo elettromagnetico del fulmine può essere attenuato attraverso la schermatura locale.
- ⇒ **LPZ 2 ... n** – correnti impulsive limitate ulteriormente dalla ripartizione di corrente e tramite dispositivi di protezione da sovratensioni (SPD) sui confini delle zone. Il campo elettromagnetico del fulmine è quasi sempre attenuato attraverso la schermatura locale.

I requisiti per le zone interne devono essere definiti a seconda del grado di tenuta dei sistemi elettrici ed elettronici da proteggere.

Al confine di ogni zona interna deve essere eseguito il collegamento equipotenziale per tutte le parti metalliche e i servizi entranti. Questo può essere eseguito direttamente oppure attraverso SPD. Il confine della zona viene definito dalle misure di schermatura.

La figura 7.1.2 illustra un esempio di realizzazione delle misure descritte per il concetto di zone di protezione LPZ.

## 7.2 Gestione di protezione contro i rischi di LEMP

Per le nuove strutture può essere ottenuta una protezione ottimale dei sistemi elettronici con un minimo di costi, solo se i sistemi elettronici vengono progettati insieme all'edificio e prima della costruzione di quest'ultimo. In questo modo possono essere integrate, nella gestione della protezione LEMP, le componenti dell'edificio, come ad esempio l'armatura, travi e pilastri in metallo.

Per edifici esistenti i costi per la protezione LEMP sono solitamente maggiori rispetto agli edifici nuovi. Se tuttavia le zone LPZ vengono selezionate correttamente e le installazioni esistenti vengono ottimizzate o aggiornate, i costi possono essere ridotti.

Passo	Obiettivo	Provvedimenti da effettuare da parte del (se concernente)
Prima valutazione del rischio <sup>a</sup>	Verificare la necessità di una protezione LEMP. Se necessario, scegliere un sistema di protezione Lemp (LPMS) in base alla valutazione del rischio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperto nella protezione contro i fulmini <sup>b</sup></li> <li>• Committente</li> </ul>
Valutazione del rischio definitiva <sup>a</sup>	Ottimizzare la relazione benefici/costi delle misure di protezione scelte con un'ulteriore valutazione del rischio. Dal risultato si definiscono: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Livello di protezione (LPL) e i parametri del fulmine</li> <li>• LPZ e altri confini/zone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperto nella protezione contro i fulmini <sup>b</sup></li> <li>• Committente</li> </ul>
Progettazione del sistema di protezione (LPMS)	Definizione dell'LPMS: <ul style="list-style-type: none"> <li>• misure per schermatura locale</li> <li>• rete equipotenziale</li> <li>• impianti di terra</li> <li>• posa e schermatura dei cavi</li> <li>• schermatura dei servizi entranti</li> <li>• sistema dei dispositivi di protezione dalle sovratensioni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperto nella protezione contro i fulmini <sup>b</sup></li> <li>• Committente</li> <li>• Architetto</li> <li>• Progettista per i sistemi interni</li> <li>• Progettista per le installazioni principali</li> </ul>
Interpretazione dell'LPMS	Disegni e descrizioni generali Preparazione dei capitolati Disegni dettagliati e pianificazione dell'installazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studio di progettazione</li> </ul>
Installazione e verifica dell'LPMS	Qualità dell'esecuzione Documentazione Possibile revisione dei disegni dettagliati	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperto nella protezione contro i fulmini <sup>b</sup></li> <li>• Installatore dell'LPMS</li> <li>• Studio di progettazione</li> <li>• Verificatore</li> </ul>
Collaudo dell'LPMS	Prova e documentazione dello stato del sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperto nella protezione contro i fulmini indipendente <sup>b</sup></li> <li>• Verificatore</li> </ul>
Verifiche periodiche	Garanzia per l'efficacia dell'LPMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperto nella protezione contro i fulmini <sup>b</sup></li> <li>• Verificatore</li> </ul>
<sup>a</sup> Vedi CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) <sup>b</sup> Con approfondita conoscenza dell'EMC ed esperienza nell'installazione.		

Tabella 7.2.1 Gestione della protezione LEMP per nuovi edifici e per modifiche sostanziali della costruzione o dell'utilizzo di edifici secondo CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4)

Se la valutazione dei rischi secondo CEI EN 62305-2 impone la necessità di protezione LEMP, questa può essere ottenuta solamente se:

⇒ le misure di protezione vengono progettate da personale specializzato nella protezione

antifulmini con profonde conoscenze delle problematiche EMC

⇒ tra gli esperti per la costruzione e la protezione LEMP (ad esempio ingegnere edile ed elettrotecnico) si stabilisce una cooperazione stretta, che va oltre i singoli settori.

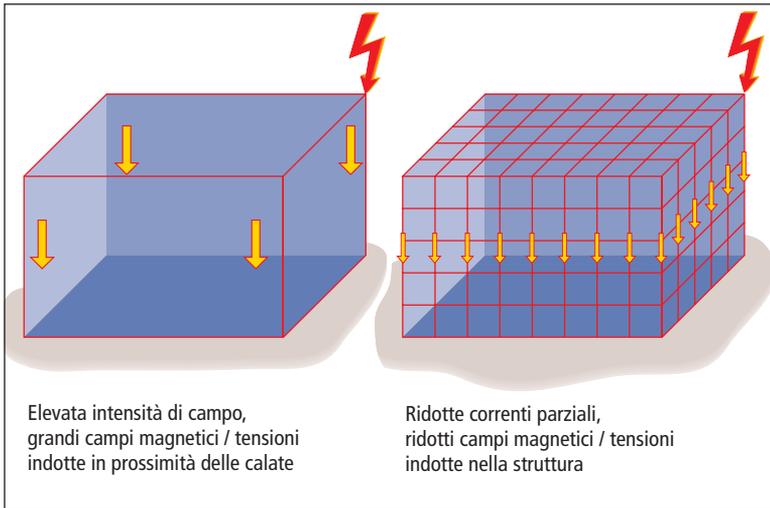


Figura 7.3.1 Riduzione del campo magnetico attraverso schermature a griglia

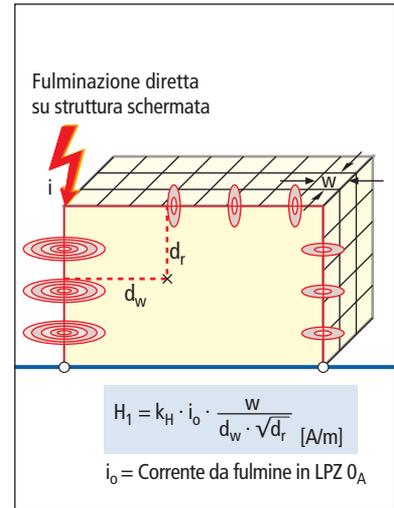


Bild 7.3.2 Campo magnetico in caso di fulminazione (LEMP) CEI EN 62305

⇒ viene seguito il piano di gestione LPMS secondo **tabella 7.2.1.** (CEI EN 62305-4 Articolo 8)  
Una valutazione del rischio conclusiva dovrà dimostrare che il rischio residuo risulta inferiore al rischio accettabile.

per l'impianto elettrico da proteggere, devono essere effettuati dei calcoli con il valore massimo della corrente del primo colpo ( $i_{f/\max}$ ) e il valore massimo della corrente dei colpi susseguenti ( $i_{s/\max}$ ) in base al livello di protezione scelto secondo tabella 5 della CEI EN 62305-1.

### 7.3 Calcolo dell'attenuazione del campo magnetico della schermatura per edifici/locali

La fonte di disturbo principale, per gli apparecchi e impianti da proteggere in un edificio, è la corrente di fulmine e il relativo campo elettromagnetico. Nella **figura 7.3.1** è rappresentato il modo di azione delle schermature a maglia. Le basi per il calcolo sono descritte nella norma CEI EN 62305-4.

Le basi per il calcolo si fondano su supposizioni e approssimazioni. Con una prima approssimazione deve essere definita la complessa distribuzione del campo elettromagnetico all'interno delle schermature a maglia. Le formule per la determinazione del campo magnetico si basano su calcoli numerici del campo magnetico. Per il calcolo è stato considerato l'accoppiamento del campo magnetico di ogni conduttore (barra) costituente la schermatura a maglia con tutte le altre barre, incluso il canale di fulminazione simulato.

Per poter osservare se l'effetto del campo elettromagnetico del primo colpo di fulmine o dei colpi susseguenti rappresenta l'entità di disturbo più critica

L'effetto schermante degli schermi a maglia in caso di fulminazione diretta può essere calcolato attraverso la formula raffigurata nella **figura 7.3.2.** Questa osservazione viene basata sul fatto, che l'accoppiamento della corrente da fulmine avviene in un qualsiasi punto del tetto.

I valori calcolati per il campo magnetico sono validi per il volume di sicurezza  $V_s$  all'interno degli schermi a maglia, che vengono definiti attraverso la distanza di sicurezza  $d_{s/\dots}$  (**Figura 7.3.3**).

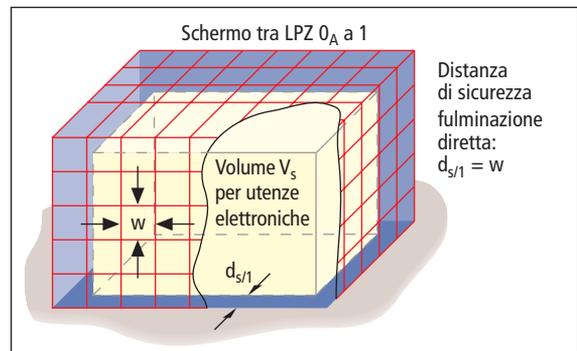


Figura 7.3.3 Volume per apparecchi elettronici all'interno della zona LPZ 1

Questo volume di sicurezza considera i valori massimi dell'intensità del campo magnetico direttamente sulla struttura a maglia, non considerata esaustivamente nella formula approssimata. Gli apparecchi informatici devono essere installati solo entro il volume  $V_s$ .

La base per il calcolo dell'effetto schermante degli schermi a maglia con fulminazione ravvicinata viene spiegata più in dettaglio con le figure 7.3.4 e 7.3.5.

La figura 7.3.4 mostra la formazione del campo elettromagnetico come un'onda piana, la cui densità di campo si riduce in modo inversamente proporzionale alla distanza  $s_a$ .

La grandezza del campo magnetico in un volume protetto, ad esempio zona di protezione LPZ 1 (Figura 7.3.5), si può descrivere attraverso la qualità della schermatura.

Il fattore di schermatura SF può essere calcolato secondo tabella 7.3.1.

I risultati di questo calcolo del campo magnetico sono validi per un volume di protezione  $V_s$  (Figura 7.3.3), che si trova all'interno della zona di protezione da fulmini ad una distanza  $d_{s/1}$  dalla schermatura.

La distanza di sicurezza  $d_{s/1}$  risulta da (per  $SF < 10$ ):

$$d_{s/1} = w \cdot (m)$$

$w$  corrisponde alla larghezza delle maglie della schermatura a maglia in metri

### Realizzazione dell'attenuazione magnetica della schermatura di edifici/locali

Particolarmente importante per la schermatura di campi magnetici e quindi per la realizzazione di zone di protezione, è la presenza nell'edificio di componenti metallici estesi, ad esempio tetti o facciate in metallo, armature in acciaio nel calcestruz-

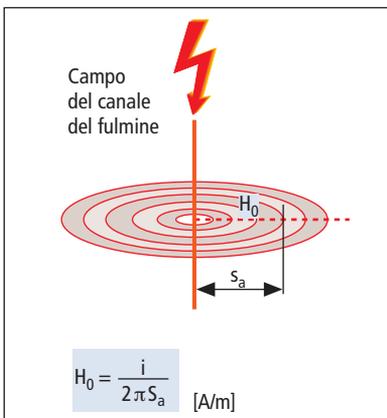


Figura 7.3.4 Campo magnetico in caso di fulminazione (LEMP)  
CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4)

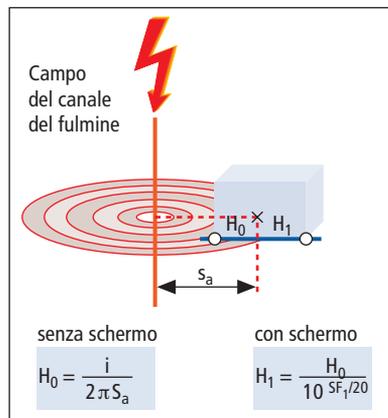


Figura 7.3.5 Campo magnetico in caso di fulminazione remota (LEMP)  
CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4)

Materiale	Fattore di schermatura SF (dB)		$w$ = larghezza maglia (m) ( $w \leq 5$ m) $r$ = raggio barre della rete (m) $\mu_r \approx 200$ (permeabilità)
	25 kHz (primo colpo di fulmine)	1 Mhz (colpi susseguenti)	
Rame o Alluminio	$20 \cdot \log(8,5/w)$	$20 \cdot \log(8,5/w)$	
Acciaio	$20 \cdot \log \frac{(8,5/w)}{\sqrt{1+18 \cdot 10^{-6}/r^2}}$	$20 \cdot \log(8,5/w)$	
<b>Esempio: rete in acciaio</b>			
$w$ (m)	$r$ (m)	dB a 25 kHz	dB a 1 MHz
0,012	0,0010	44	57
0,100	0,0060	37	39
0,200	0,0090	32	33
0,400	0,0125	26	27

Tabella 7.3.1 Attenuazione magnetica delle maglie in caso di fulminazione ravvicinata  
CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4)

zo, tiranti metallici nelle pareti, griglie, costruzioni portanti in metallo e sistemi di tubazioni. Attraverso il collegamento a maglie si crea una schermatura elettromagnetica efficace.

La figura 7.3.6 illustra il principio, come può essere realizzata un'armatura di acciaio per diventare una gabbia elettromagnetica (schermo forato). Nella pratica tuttavia non sarà possibile, per grandi strutture, saldare o fissare ogni punto di incrocio. E' più facile inserire nell'armatura un sistema di conduttori interconnessi con una misura tipica di  $\leq 5$ m. Questa rete di maglie deve essere collegata sui punti di incrocio in modo elettricamente sicuro, ad esempio con morsetti. Su questa rete di

maglie l'armatura verrà "agganciata elettricamente" alla distanza tipica  $b \leq 1$  m. Questo può essere effettuato in fase di costruzione, ad esempio con dei collegamenti a regola d'arte delle armature.

Le reti elettrosaldate nel calcestruzzo sono adatte per l'uso come schermatura. Per l'installazione successiva in impianti esistenti le reti elettrosaldate possono essere posate anche in un secondo tempo. Per questa forma di esecuzione è necessario zincare la rete per proteggerla dalla corrosione. Le reti vengono poi, ad esempio, posate sovrapposte sui tetti o applicate alla parete esterna o interna per la schermatura dell'edificio.

Le **figure 7.3.7a e 7.3.7b** illustrano l'installazione successiva delle reti elettrosaldate zincate sul tetto di un edificio.

Per il ponticellamento dei giunti di dilatazione, per il collegamento dell'armatura dei prefabbricati in calcestruzzo e per gli allacciamenti all'impianto di messa a terra esterno o per il sistema equipoten-

ziale interno, è necessario prevedere nella costruzione un numero sufficiente di punti fissi di messa a terra.

La **figura 7.3.8** illustra una installazione di questo tipo, che deve essere considerata nella fase di costruzione preliminare.

Il campo magnetico all'interno della costruzione viene ridotto su un'ampia gamma di frequenze attraverso spire di riduzione, che si creano attraverso la rete equipotenziale a maglie. La larghezza tipica delle maglie è di  $\leq 5$  m

Con l'interconnessione di tutte le componenti metalliche all'interno e anche sulla struttura si ottiene così una rete equipotenziale interconnessa tridimensionale.

La **figura 7.3.9** illustra una rete equipotenziale interconnessa con rispettivi collegamenti.

Se una rete equipotenziale viene installata nelle zone di protezione da fulmine, il campo magnetico, che è stato calcolato in base alle formule sopra

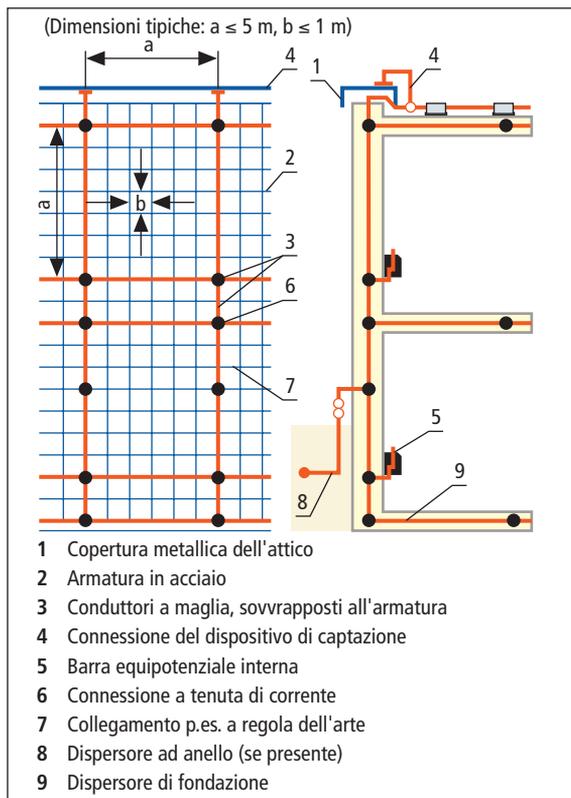


Figura 7.3.6 Utilizzo di barre di armatura in una struttura per la schermatura e il collegamento equipotenziale



Figura 7.3.7a Rete elettrosaldata zincata per la schermatura di un edificio



Figura 7.3.7b Utilizzo della rete elettrosaldata zincata per la schermatura, ad esempio in caso di tetto verde

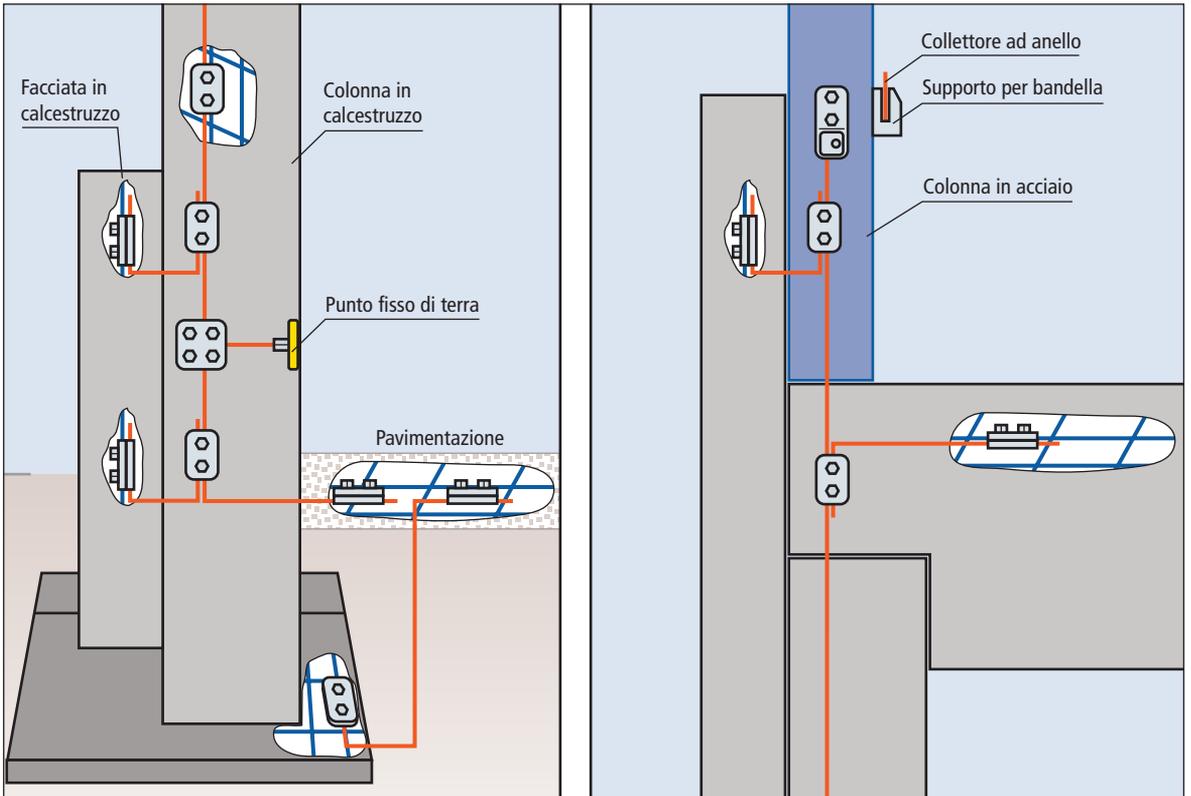


Figura 7.3.8 Schermatura per edificio

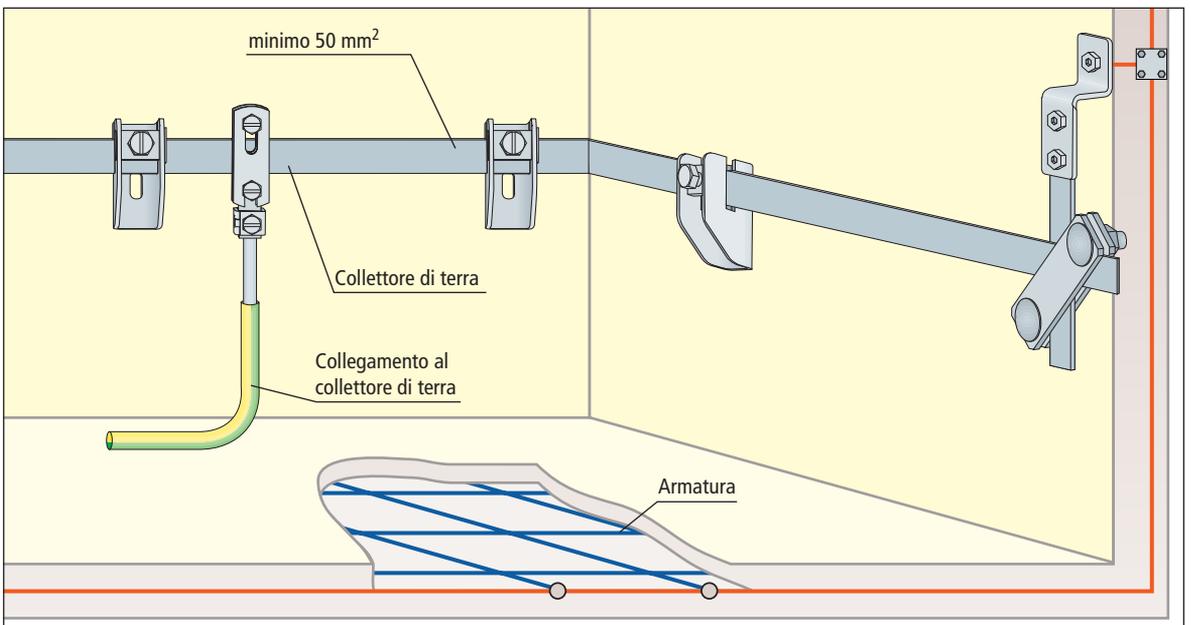


Figura 7.3.9 Collettore di terra ad anello

indicate, verrà tipicamente ridotto ulteriormente con un fattore 2 (corrispondente a 6 dB).

### 7.3.1 Schermatura di cavi

Gli schermi di cavi vengono utilizzati per ridurre l'effetto dei disturbi sui fili attivi e l'invio di disturbi da parte dei fili attivi verso i sistemi vicini. Dal punto di vista della protezione antifulmini e da sovratensioni, devono essere considerati i seguenti casi di utilizzo per conduttori schermati:

⇒ **Nessuna messa a terra dello schermo**

Alcuni sistemi di installazione raccomandano un cavo schermato, però vietano la messa a terra della schermatura (ad esempio KNX). Senza collegamento della schermatura lo schermo non agisce contro i disturbi e quindi deve essere considerato come non esistente (Figura 7.3.1.1).

⇒ **Messa a terra dello schermo su entrambi i lati**

Lo schermo dei conduttori deve essere elettricamente continuo, a bassa resistenza, lungo tutto il percorso e deve essere collegato a terra almeno alle due estremità. Solo uno schermo collegato a terra su entrambi i lati può ridurre gli accoppiamenti induttivi e capacitivi.

Per evitare l'innesco di scariche pericolose, gli schermi dei cavi entranti in una struttura devono avere una determinata sezione minima, altrimenti gli schermi non sono da considerare a portata di corrente da fulmine.

La sezione minima di uno schermo per conduttori ( $S_{cmin}$ ), posato in aria o in modo isolato verso terra, dipende dalla sua resistenza specifica ( $\rho_c$ ) (Tabella 7.3.1.1), la corrente da fulmine passante ( $I_f$ ), la tensione impulsiva di isolamento del sistema ( $U_w$ ) e dalla lunghezza della linea ( $L_c$ ).

$$S_{cmin} = (I_f \cdot \rho_c \cdot L_c \cdot 10^6 / U_w) [mm^2]$$

$I_f$  può essere calcolato secondo CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1). Siccome i componenti per la connessione degli schermi sono provati usualmente fino a 10 kA (10/350  $\mu$ s), questo valore, in una prima approssimazione, può essere considerato anche come valore massimo

$U_w$  può essere interpretato in modo molto diverso. Se lo schermo termina all'entrata nella struttura, distante dal sistema interno, deve essere considerata la tensione di isolamento del cavo. Se il cavo però viene installato in modo continuativo fino

all'apparecchio finale, deve essere considerata la tensione di tenuta dell'apparecchio finale (Tabella 7.3.1.2).

La differenza può essere descritta con due esempi: cavo di telecomunicazione schermato in alluminio fino all'ingresso nella struttura, sollecitato con 10 kA, Lunghezza 100 m:  $S_{cmin} \approx 6 \text{ mm}^2$ . Inoltre è da osservare, che il collegamento dello schermo alla barra equipotenziale principale è idoneo a condurre le rispettiva corrente da fulmine.

Cavo bus con schermo in rame fino all'apparecchio utilizzatore, sollecitato con 5 kA, lunghezza 100 m:  $S_{cmin} \approx 17 \text{ mm}^2$ . Cavi del genere però praticamente non sono utilizzabili. Per questa ragione la linea descritta non è da considerare idonea a portare la corrente da fulmine.

⇒ **Messa a terra dello schermo da un lato e messa terra indiretta**

Per ragioni di funzionalità è possibile che gli schermi per i conduttori vengono collegati a terra da un solo lato. Una certa attenuazione dei campi dei disturbi capacitivi è sicuramente garantita, tuttavia non esiste alcuna protezione contro l'induzione elettromagnetica come quella causata da una fulminazione. La ragione per la messa a terra della schermatura su un solo lato è il timore di correnti di compensazione a bassa frequenza. In impianti di grosse dimensioni, ad esempio, il cavo del bus si estende spesso per diverse centinaia di metri tra gli edifici. Specialmente negli edifici più vecchi accade, che una parte dell'impianto di messa a terra non è più intatto oppure non sia più funzionante o non sia presente un sistema equipotenziale. In questo caso possono verificarsi dei disturbi dovuti ad una messa a terra multipla dello schermo.

Materiale schermo	$\rho_c$ in $\Omega m$
Rame	$17,241 \cdot 10^{-9}$
Alluminio	$28,264 \cdot 10^{-9}$
Piombo	$214 \cdot 10^{-9}$
Acciaio	$138 \cdot 10^{-9}$

Tabella 7.3.1.1 Resistenza specifica  $\rho_c$  dello schermo per diversi materiali

Esempi	Tenuta all'impulso
Cavo BT	15 kV
Cavo TC	5 kV
Utenza TC	1,5 kV
Impianto CMR	0,5 - 1 kV

Tabella 7.3.1.2 Tenuta alla tensione impulsiva

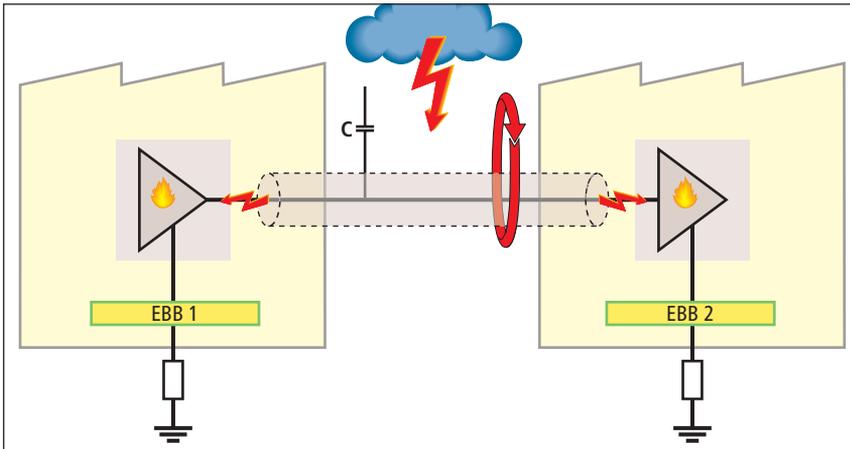


Figura 7.3.1.1 Schermo non collegato - Nessuna protezione contro l'accoppiamento capacitivo/induttivo

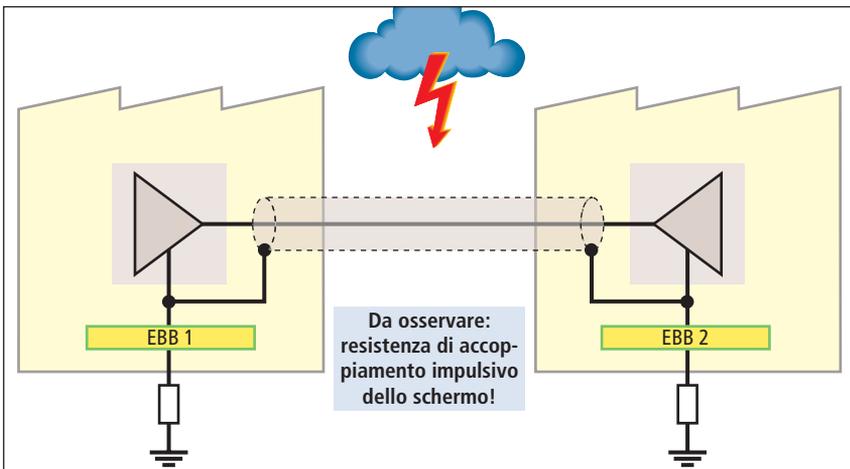


Figura 7.3.1.2 Schermo collegato su entrambi i lati - Protezione contro l'accoppiamento capacitivo/induttivo

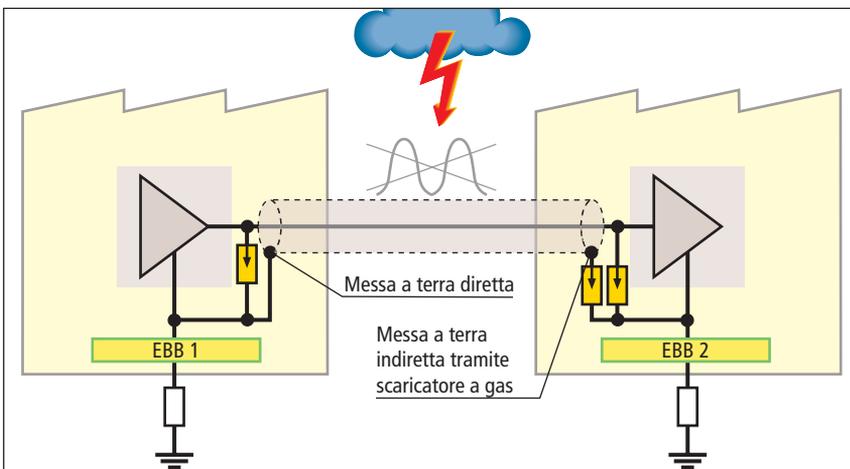


Figura 7.3.1.3 Schermo collegato su entrambi i lati - Messa a terra della schermo diretta e indiretta

Le differenze di potenziale dei diversi sistemi di messa a terra possono far scorrere delle correnti di compensazione ( $n \times 50$  Hz) e dei transienti sovrapposti. In tale contesto sono possibili intensità di correnti fino ad alcuni ampere, il che può causare nel caso estremo degli incendi sui cavi. Oltre a questo possono verificarsi dei disturbi di segnale causati da diafonia, se la frequenza del segnale si trova nella stessa gamma di frequenza del disturbo.

L'obiettivo tuttavia deve essere la conformità ai requisiti EMC e allo stesso tempo la protezione contro le correnti di compensazione.

Questo è possibile con la combinazione della messa a terra diretta dello schermo su un lato ed indiretta dall'altro lato. In un punto, come ad esempio una sala comando, tutti gli schermi vengono collegati direttamente al sistema equipotenziale locale. Alle estremità dei conduttori remoti gli schermi vengono collegati indirettamente, tramite spinterometro, al potenziale di terra. Poiché la resistenza di uno spinterometro è di circa  $10 \text{ G}\Omega$ , in assenza di sovratensioni vengono evitate le correnti di compensazione. Se si verificano dei disturbi EMC dovuti a fulminazioni, lo spinterometro si innesca e scarica il disturbo. Così l'impulso restante sugli altri conduttori attivi viene

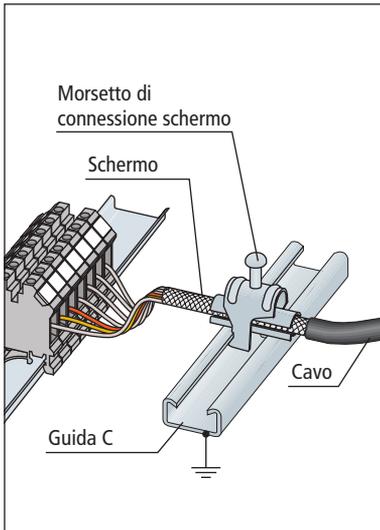


Figura 7.3.1.4 Connessione schermo

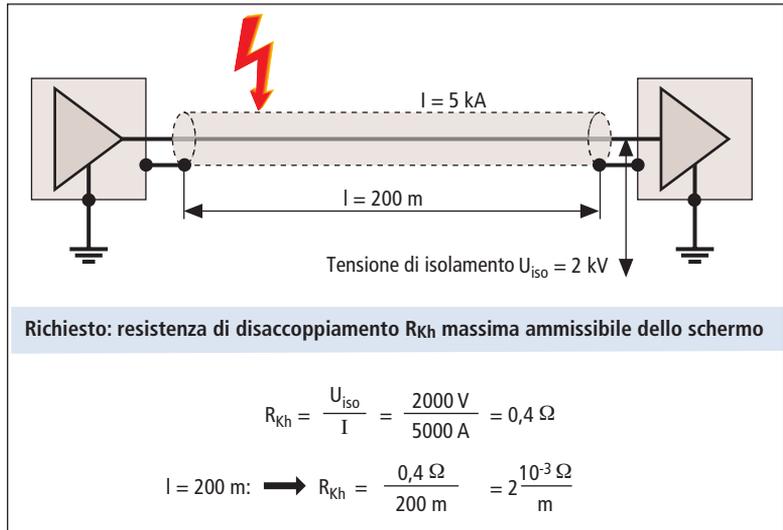


Figura 7.3.1.5 Collegamento dello schermo sui due lati - schermatura contro l'accoppiamento capacitivo/induttivo

diminuito e gli apparecchi finali vengono sollecitati ancora meno. Lo scaricatore BLITZDUCTOR CT dispone di un inserto brevettato che, se necessario, può ospitare uno scaricatore a gas. Questo si inserisce tra la schermatura del conduttore e la terra locale. Lo scaricatore a gas può essere inserito o rimosso durante lavori di manutenzione per poter commutare tra schermatura diretta e indiretta (Figura 7.3.1.3).

#### ⇒ Messa a terra dello schermo a bassa impedenza

Gli schermi dei conduttori possono essere percorsi da correnti impulsive fino a diversi kA. Le correnti impulsive da fulmine fluiscono attraverso la schermatura e il morsetto di messa a terra dello schermo verso terra. Attraverso l'impedenza della schermatura del conduttore e il morsetto di collegamento dello schermo si creano delle differenze di potenziale tra schermatura e terra. In questo caso possono instaurarsi delle tensioni fino ad alcuni kV che potrebbero distruggere l'isolamento dei conduttori e degli apparecchi collegati. Particolarmente critiche sono gli schermi a grandi maglie e l'intrecciamento dello schermo dei conduttori (pig-tail) per il collegamento alla morsettiera. La qualità dello schermo del conduttore influisce sulla quantità dei collegamenti a terra di necessarie. In certi casi è necessaria una messa a terra ad intervalli di poche decine di metri per ottenere un effetto di schermatura sufficiente. Per il collegamento dello schermo si raccomandano dei morsetti a grande superficie

di contatto con proprietà di compensazione della riduzione del diametro. Questo è importante per compensare il cedimento dell'isolamento in plastica per i conduttori (Figura 7.3.1.4).

#### ⇒ Lunghezza massima dei conduttori schermati

Gli schermi dei conduttori possiedono una cosiddetta resistenza di accoppiamento, che corrisponde all'incirca alla resistenza in corrente continua, indicata dal costruttore. Attraverso questa resistenza si crea sulla schermatura del conduttore una caduta di tensione, quando viene attraversato da disturbo impulsivo. La resistenza di accoppiamento ammissibile per lo schermo del cavo può essere determinata in base alla rigidità dielettrica dell'utenza finale e del cavo ed alla sua lunghezza. È importante che la caduta di tensione sia inferiore alla tensione di isolamento del sistema. Se questo non è possibile, è necessario l'utilizzo di scaricatori (Figura 7.3.1.5).

#### ⇒ Estensione della zona LPZ con l'ausilio di conduttori schermati

Secondo CEI EN 62305-4 è possibile evitare l'utilizzo di scaricatori, se viene utilizzato un conduttore schermato tra due zone LPZ uguali. Questa affermazione vale per i disturbi prevedibili nell'ambiente circostante del conduttore schermato (ad esempio campi elettromagnetici) e con collegamenti equipotenziali a maglia secondo norma. Occorre prestare la massima attenzione. In base alle condizioni di installazione possono sussistere dei rischi,

che rendono necessario l'utilizzo di scaricatori. Potenziali di rischio tipici sono: l'alimentazione degli apparecchi finali da diversi sistemi di distribuzione a bassa tensione, sistemi TN-C, elevate resistenze di accoppiamento degli schermi dei conduttori oppure messa a terra insufficiente delle schermature. Ulteriore cautela deve essere prestata per conduttori con una cattiva schermatura, che spesso vengono utilizzati per ragioni economiche. Questo potrebbe causare disturbi residui sui fili di segnale. Tali disturbi possono tuttavia essere controllati con un cavo schermato di qualità, oppure con l'utilizzo di dispositivi di protezione da sovratensione.

## 7.4 Rete equipotenziale

Il compito principale della rete equipotenziale è quello di impedire delle differenze di potenziale tra apparecchi/impianti nelle zone LPZ interne e di ridurre il campo magnetico del fulmine.

La rete equipotenziale a bassa induttanza necessaria può essere ottenuta tramite l'interconnessione di tutte le componenti metalliche con l'ausilio di conduttori equipotenziali all'interno delle zone LPZ della struttura. In questo modo si crea una rete interconnessa tridimensionale (**Figura 7.4.1**). Le componenti tipiche della rete sono:

- ⇒ tutte le installazioni metalliche (ad esempio tubazioni, caldaie)
- ⇒ armature nel calcestruzzo (nei pavimenti, pareti, soffitti)
- ⇒ griglie (ad esempio piani intermedi)
- ⇒ scale, porte, telai in metallo
- ⇒ canali, passerelle
- ⇒ canali di aerazione
- ⇒ guide di ascensori
- ⇒ pavimenti in metallo
- ⇒ linee di alimentazione.

Deve essere posta, come obiettivo, una struttura a griglia della rete equipotenziale di circa 5 m x 5 m. In questo modo il campo elettromagnetico del fulmine all'interno di una zona LPZ viene tipicamente ridotto con un fattore di 2 (corrispondente a 6 dB).

I contenitori e i rack di apparecchi e sistemi elettronici devono essere integrati con collegamenti corti verso la rete equipotenziale. Inoltre, nella struttura, deve essere previsto un numero sufficiente di

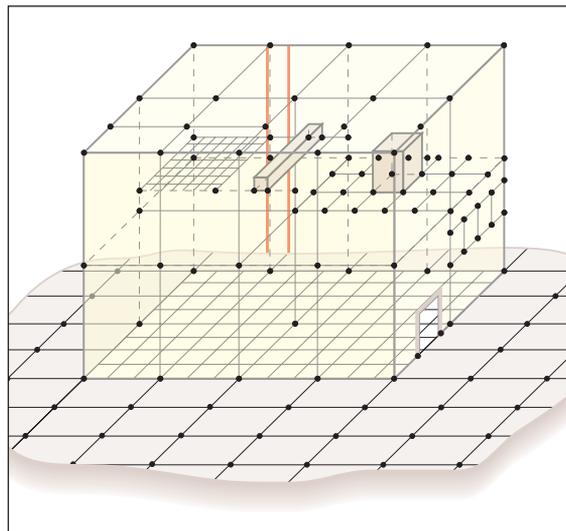


Figura 7.4.1 Rete equipotenziale in una struttura

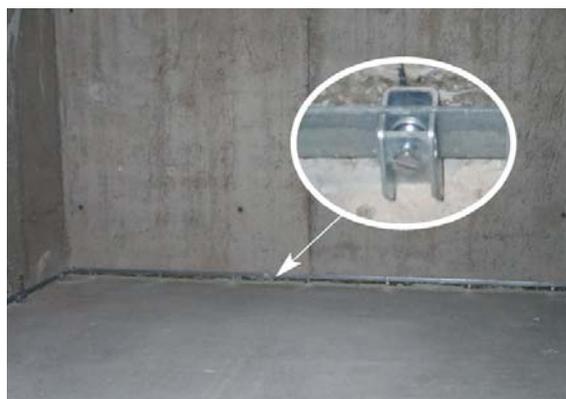


Figura 7.4.2 Collettore equipotenziale ad anello in un locale EDP



Figura 7.4.3 Collegamento del collettore ad anello al sistema equipotenziale attraverso punto fisso di messa a terra

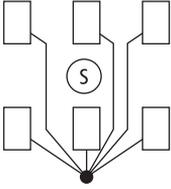
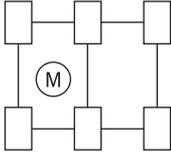
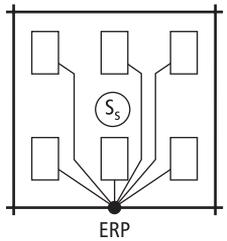
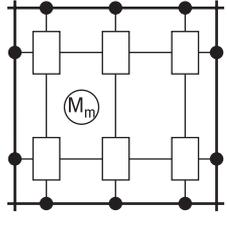
	Disposizione a stella S	Disposizione a maglia M	Didascalia per 7.4.4 e 7.4.5
Disposizione di principio			<p>— Rete equipotenziale</p> <p>— Conduttore equipotenziale</p> <p>□ Utenza</p> <p>● Punto di connessione alla rete equipotenziale</p>
Integrazione nella rete equipotenziale			<p>ERP Punto di riferimento terra</p> <p><math>S_s</math> Disposizione a stella integrata tramite un punto di stella</p> <p><math>M_m</math> Disposizione a maglia integrata tramite rete a maglia</p> <p><math>M_s</math> Disposizione a maglia integrata tramite un punto di stella</p>

Figura 7.4.4 Integrazione di sistemi elettronici nella rete equipotenziale

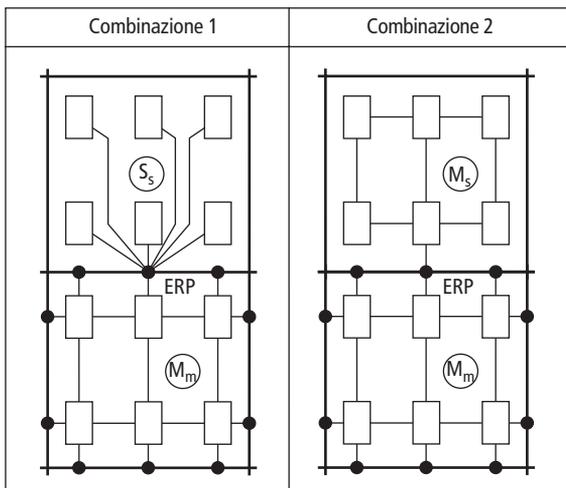


Figura 7.4.5 Combinazione dei metodi di integrazione secondo la figura 7.4.4 Integrazione nella rete equipotenziale

barre equipotenziali e/o collettori equipotenziali ad anello (Figura 7.4.2), che a loro volta devono essere collegate con la rete equipotenziale (Figura 7.4.3).

I conduttori di protezione (PE) e gli schermi dei cavi di comunicazione di apparecchi e sistemi elettronici devono essere integrati nella rete equipotenziale secondo le istruzioni fornite dai costruttori di sistemi. Il collegamento può avvenire sotto forma di maglia o a stella (Figura 7.4.4).

Utilizzando una disposizione a stella S, tutte le componenti metalliche del sistema elettronico devono essere isolate nel modo idoneo rispetto alla rete equipotenziale. Una disposizione a stella è perciò, nella maggior parte dei casi, limitata all'utilizzo in sistemi di piccole dimensioni e localmente limitati. Tutti i conduttori devono entrare in una struttura o in un locale da un unico punto. La disposizione a stella S può essere collegata al sistema equipotenziale solo tramite un unico punto di riferimento a terra (ERP). In questo modo si ottiene la disposizione  $S_s$ .

L'utilizzo della disposizione a maglie M non presuppone che tutte le componenti metalliche del sistema elettronico debbano essere isolate rispetto alla rete equipotenziale. Tutte le componenti metalliche dovrebbero essere integrate nella rete equipotenziale nel maggior numero di punti equipotenziali possibile. La disposizione  $M_m$  risultante viene utilizzata per sistemi ampi e aperti, con molti conduttori tra i singoli apparecchi. Un altro vantaggio di questa disposizione è che i conduttori del sistema possono entrare in un edificio o in un locale in punti diversi.

In sistemi elettronici complessi possono essere realizzate anche delle combinazioni delle disposizioni a stella e a maglia (Figura 7.4.5), per combinare i vantaggi delle due disposizioni.

## 7.5 Collegamento equipotenziale al confine delle zone LPZ 0<sub>A</sub> e LPZ 1

### 7.5.1 Collegamento equipotenziale per installazioni metalliche

Nel punto di passaggio tra le zone di protezione antifulmini EMC è necessario realizzare delle misure per la riduzione del campo elettromagnetico irradiato, integrando nel collegamento equipotenziale, senza eccezioni, tutti i conduttori/sistemi che attraversano i passaggi.

Questo requisito corrisponde fondamentalmente al collegamento equipotenziale principale secondo CEI 64-8 cap. 41 e 54.

Oltre al collegamento equipotenziale principale, deve essere realizzato il collegamento equipotenziale antifulmini anche per i conduttori elettrici ed elettronici (vedere anche capitolo 7.5.2).

Questo collegamento equipotenziale deve essere realizzato il più vicino possibile al punto di entrata dei conduttori e delle installazioni metalliche nella struttura. La posa del conduttore deve essere eseguita seguendo il percorso più breve (bassa impedenza).

Per il collegamento equipotenziale devono essere osservate le seguenti sezioni minime per il collegamento della barra equipotenziale al sistema di messa a terra, l'interconnessione delle diverse barre equipotenziali e il collegamento delle installazioni metalliche alla barra equipotenziale:

Materiale	Sezione
Cu	14 mm <sup>2</sup>
Al	22 mm <sup>2</sup>
Fe	50 mm <sup>2</sup>

Le seguenti installazioni metalliche devono essere collegate al sistema equipotenziale:

- ⇒ canali metallici
- ⇒ cavi e conduttori schermati
- ⇒ armatura dell'edificio
- ⇒ tubazioni idriche metalliche
- ⇒ tubi di protezione metallici per conduttori
- ⇒ altri sistemi di tubazioni metalliche o parti conduttive (ad esempio aria compressa)

Il collegamento a terra può essere effettuato in modo semplice ed esente da corrosione per mezzo di punti fissi di messa a terra. Anche l'armatura



Figura 7.5.1.1 Connessione EB al punto fisso di terra

può essere collegata al sistema equipotenziale (Figura 7.5.1.1).

Il collegamento della barra equipotenziale al punto fisso di messa a terra e allacciamento delle tubazioni al collegamento equipotenziale è raffigurato in alto (Figura 7.5.1.2).

Il collegamento degli schermi dei cavi alla rete equipotenziale è trattato nel capitolo 7.3.

### 7.5.2 Collegamento equipotenziale per impianti di alimentazione energetica

Come per le installazioni metalliche, anche tutti i conduttori elettrici di energia e dati devono essere integrati nel sistema equipotenziale all'entrata nell'edificio (passaggio tra zone di protezione LPZ 0<sub>A</sub> a 1). Mentre l'esecuzione per i conduttori di dati viene descritta nel paragrafo 7.5.3, qui di seguito verrà approfondita l'esecuzione del collegamento equipotenziale con i conduttori di energia elettrica. I passaggi tra le zone LPZ 0<sub>A</sub> e 1 si definiscono in base all'esecuzione costruttiva specifica dell'oggetto da proteggere. Per impianti con alimentazione dal sistema a bassa tensione il confine LPZ 0<sub>A</sub>/1 si identifica di solito con il confine dell'edificio (Figura 7.5.2.1).

Per strutture che vengono alimentati direttamente dalla rete in media tensione, la zona di protezione LPZ 0<sub>A</sub> si estende fino al secondario del trasformatore. Il collegamento equipotenziale avviene sul lato 230/400 V del trasformatore (Figura 7.5.2.2).

Per evitare dei danni al trasformatore è consigliata l'installazione di ulteriori scaricatori di sovratensio-

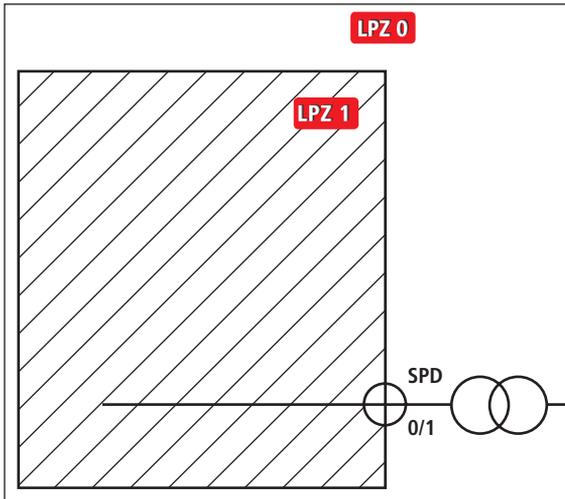


Figura 7.5.2.1 Trasformatore all'esterno della struttura

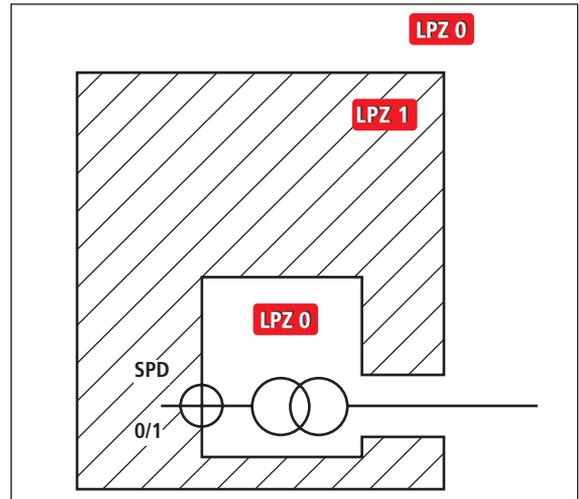


Figura 7.5.2.2 Trasformatore all'interno della struttura (zona LPZ 0 integrata nella zona LPZ 1)

ne sul primario (lato MT) del trasformatore (p.es. scaricatori DEHNmid)

L'influenza dovuta alla circolazione di correnti parziali da fulmine nella zona LPZ 0 su parti di impianti / sistemi nella zona LPZ 1, deve essere evitata con ulteriori misure di schermatura della linea di media tensione entrante.

Per evitare correnti di compensazione tra i diversi punti equipotenziali in un impianto elettrico, si suggerisce di realizzare il collegamento equipoten-

ziale antifulmine di tutti i conduttori metallici entranti e dei conduttori di energia e dati in un unico punto centrale. Se a causa delle condizioni locali questo non è possibile, si suggerisce di utilizzare un collettore equipotenziale ad anello (Figure 7.5.2.3 e 7.5.2.4).

La capacità di scarica degli scaricatori da fulmine utilizzati (SPD, Tipo 1) deve essere in grado di sopportare le sollecitazioni sul luogo di utilizzo nel rispetto del livello di protezione antifulmine adottato per l'oggetto. Il livello di protezione più adatto per la rispettiva struttura deve essere scelto in base alla valutazione dei rischi. Se non è disponibile una valutazione dei rischi oppure se non possono essere fatte delle considerazioni dettagliate a proposito della ripartizione della corrente da fulmine nel passaggio da LPZ 0<sub>A</sub> a 1, si suggerisce di scegliere il livello di protezione con i requisiti più alti (LPL I). La sollecitazione di corrente risultante dei singoli percorsi di scarica è raffigurata nella **tabella 7.5.2.1**.

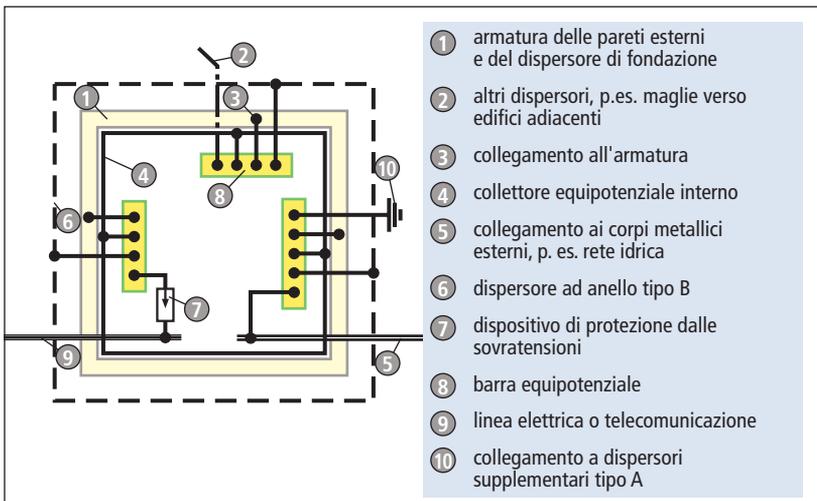


Figura 7.5.2.3 Esempio del sistema equipotenziale in una struttura con diversi punti di entrata delle masse estranee e con un collettore ad anello interno come collegamento delle barre equipotenziali

Per l'installazione di scaricatori di corrente da fulmine

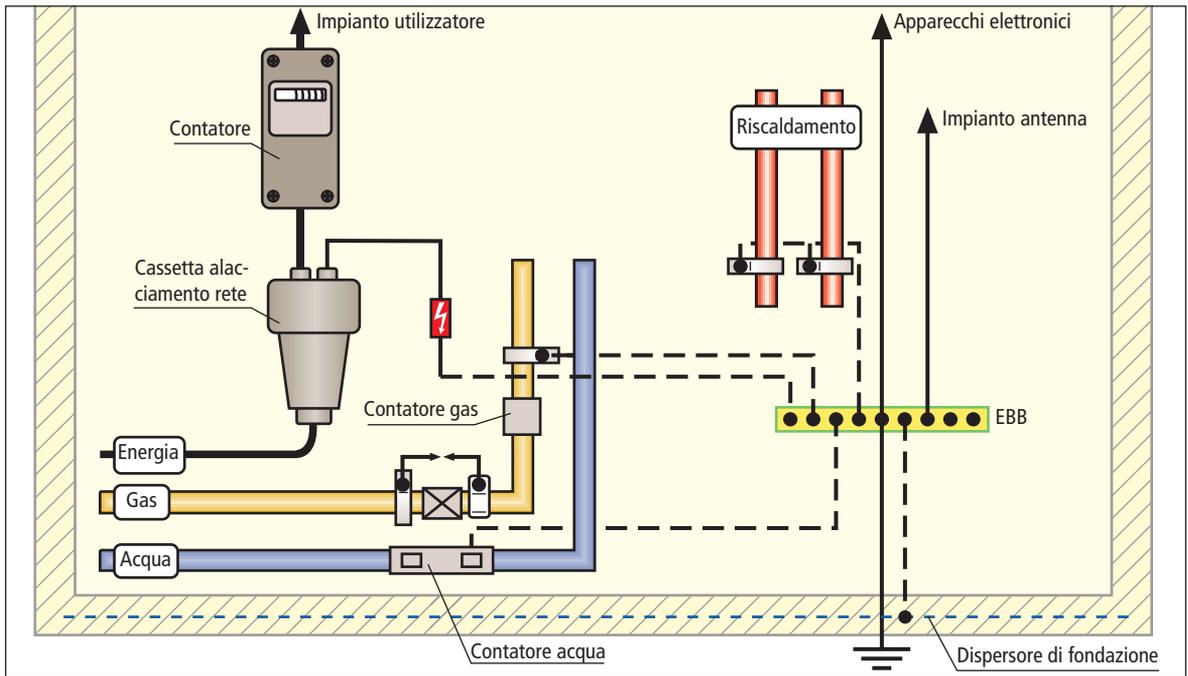


Figura 7.5.2.4 Esecuzione della protezione contro i fulmini interna con un punto di entrata comune a tutti i servizi

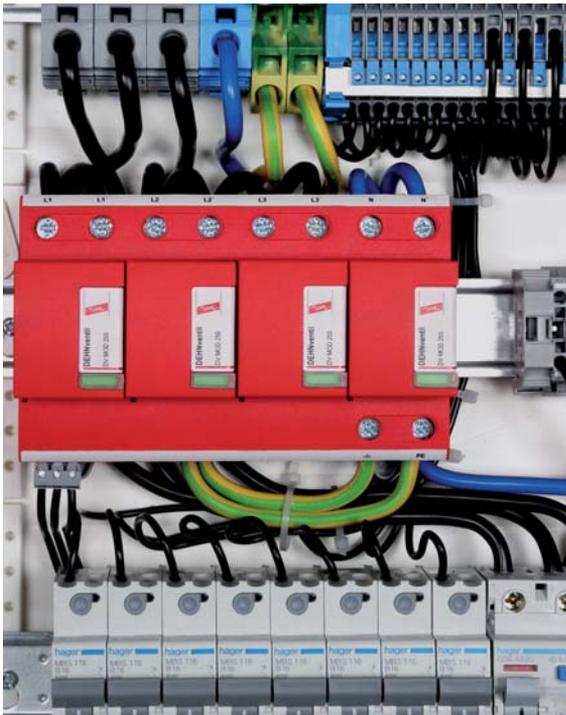


Figura 7.5.2.5 Scaricatore combinato DEHNventil

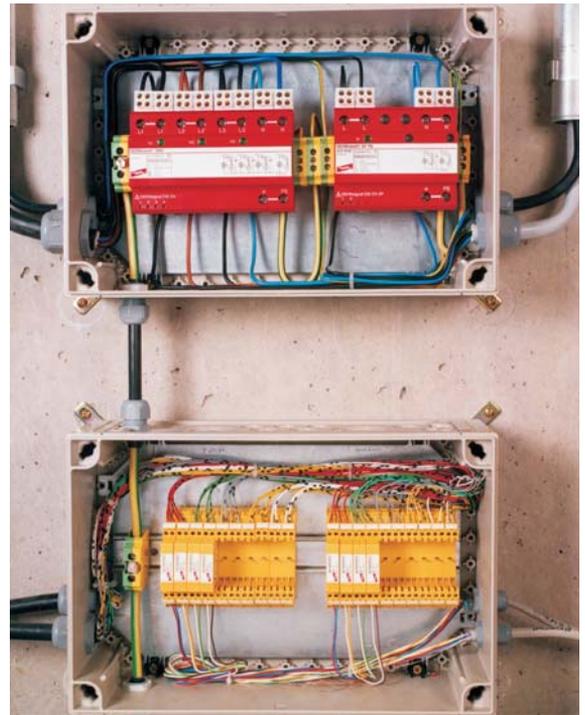


Figura 7.5.2.6 Collegamento equipotenziale antifulmine per sistema di alimentazione e informatico centrale in un solo punto

Livello di protezione	Portata di corrente da fulmine		
	nel sistema TN	nel sistema TT (L – N)	nel sistema TT (N – PE)
I	≥ 100 kA / m	≥ 100 kA / m	≥ 100 kA
II	≥ 75 kA / m	≥ 75 kA / m	≥ 75 kA
III / IV	≥ 50 kA / m	≥ 50 kA / m	≥ 50 kA
m: numero dei conduttori, p.es. con L1, L2, L3, N e PE risulta m = 5			

Tabella 7.5.2.1 Portata di corrente impulsiva da fulmine richiesta per dispositivi di protezione dalle sovratensioni Tipo 1, in corrispondenza al livello di protezione e al tipo di impianto utilizzatore in bassa tensione (vedi anche IEC 50164-5-534)

nel passaggio da LPZ 0<sub>A</sub> a 1 è necessario inoltre considerare, che il luogo di installazione consigliato, è immediatamente nel punto di ingresso del servizio nell'edificio, e può essere realizzato spesso solo in accordo con il distributore dell'energia elettrica. In Germania, le regole relative all'impiego degli scaricatori di corrente da fulmine nella rete di distribuzione principale sono forniti dalla direttiva VDN (Associazione delle Aziende Elettriche Tedesche): "Dispositivi di protezione da sovratensioni Tipo 1. Guida per l'impiego di dispositivi di protezione dalle sovratensioni Tipo 1 nella distribuzione principale) e dalla norma IEC 60364-5-53.

Per la scelta degli scaricatori di corrente da fulmine nel passaggio da LPZ 0<sub>A</sub> a 1 deve essere considerata, oltre all'individuazione della capacità di scarica, anche la corrente di cortocircuito presunta sul luogo di installazione. In conformità alla CEI EN 62305-3, Allegato E cap. 6.2.1.2, lo scaricatore di corrente di fulmine spinterometrico dovrebbe avere una capacità di autoestinzione elevata ed una buona capacità di limitazione delle correnti susseguenti, per poter garantire l'estinzione autonoma delle correnti susseguenti a frequenza di rete e per evitare interventi intempestivi dei dispositivi di

protezione da sovracorrente, ad esempio interruttori magnetotermici (Figura 7.5.2.5 - 7.5.2.7).

Le particolarità relative a scelta, installazione e montaggio degli scaricatori di corrente da fulmine (SPD, Tipo 1) vengono descritti meglio nel paragrafo 8.1.

### 7.5.3 Collegamento equipotenziale per impianti informatici

#### LPZ 0 – 1

Il collegamento equipotenziale antifulmine tra LPZ 0 e 1 deve essere realizzato per tutti i sistemi metallici entranti nella struttura. Le linee dei sistemi informatici devono essere connesse allo scaricatore di corrente da fulmine il più vicino possibile al punto di entrata.

Per le linee di telecomunicazione è richiesta forfetariamente una capacità di scarica di 2,5 kA (10/350 μs) per il passaggio da LPZ 0<sub>A</sub> a 1. Il metodo generico deve tuttavia essere evitato per definire le capacità di scarica degli impianti con un grande numero di linee informatiche. Dopo aver calcolato la corrente parziale da fulmine prevista per un cavo informatico (vedi CEI EN 62305-1), la corrente da fulmine deve, in seguito, essere divisa per il



Figura 7.5.2.7 Scaricatori di corrente da fulmine nel passaggio LPZ 0<sub>A</sub> – 1

numero dei singoli fili utilizzati nel cavo, da ottenere la corrente impulsiva per filo. Per cavi con molti fili la sollecitazione di corrente parziale da fulmine per filo risulterà inferiore a quella dei cavi con pochi fili singoli. Per ulteriori informazioni si rimanda al paragrafo 6.3.

Possono quindi essere utilizzati i seguenti dispositivi di protezione da sovratensione:

1. scaricatori, certificati per una corrente impulsiva di scarica (10/350  $\mu$ s)
  2. scaricatori, certificati con una corrente impulsiva di scarica (8/20  $\mu$ s), se
- ⇒ questa non presenta alcuna induttanza come elemento di disaccoppiamento
- ⇒ la corrente impulsiva nominale di scarica (8/20  $\mu$ s) > 25 x la corrente impulsiva di scarica richiesta (10/350  $\mu$ s) per ogni filo (**Figura 7.5.3.1**).

Se il collegamento equipotenziale per i conduttori viene realizzato nel passaggio da LPZ 0<sub>B</sub> a 1, l'impiego di dispositivi di protezione da sovratensione con capacità di scarica di 20kA (8/20  $\mu$ s) è sufficiente, dal momento che non scorrono delle correnti parziali di fulmine accoppiate galvanicamente.

## 7.6 Collegamento equipotenziale al confine da LPZ 0<sub>A</sub> a LPZ 2

### 7.6.1 Collegamento equipotenziale per installazioni metalliche

Vedere capitolo 7.5.1.

### 7.6.2 Collegamento equipotenziale per impianti di alimentazione energetica

#### LPZ 0<sub>A</sub> – 2

In base all'esecuzione della struttura, in particolare per gli impianti compatti, spesso è inevitabile realizzare il passaggio da LPZ 0<sub>A</sub> a LPZ 2 su un confine di zona (**Figura 7.6.2.1**).

La realizzazione di tale passaggio di zona LPZ richiede elevate prestazioni ai dispositivi di protezione da sovratensioni e l'installazione circostante. Oltre ai parametri già descritti nel paragrafo 7.5.2, deve essere raggiunto un livello di protezione che garantisca il funzionamento sicuro delle apparecchiature e dei sistemi della zona di protezione LPZ 2. Un buon livello di protezione basso ed un'alta limitazione dei disturbi lasciati passare dagli scaricatori costituiscono la base per un coordinamen-

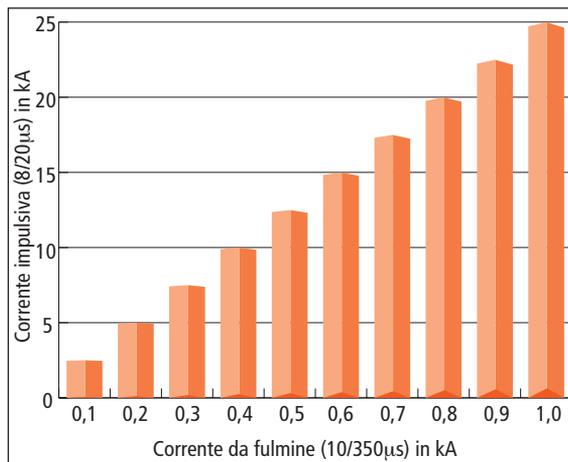


Figura 7.5.3.1 Confronto delle ampiezze delle correnti di prova forma d'onda 10/350  $\mu$ s e 8/20  $\mu$ s a pari carico

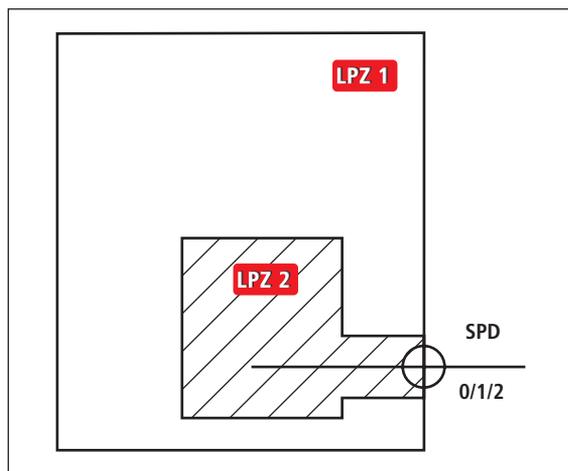


Figura 7.6.2.1 Un solo SPD (0/1/2) necessario (LPZ 2 estesa all'interno di LPZ 1)



Figura 7.6.2.2 DEHNventil M TT 255

to energetico sicuro verso i dispositivi di protezione da sovratensioni nella zona di protezione anti-fulmini LPZ 2 oppure verso gli elementi di limitazione della sovratensione nei circuiti di ingresso delle apparecchiature da proteggere.

Gli scaricatori combinati della famiglia di prodotti DEHNventil sono predisposti per questo tipo di applicazione e permettono all'utilizzatore la combinazione di equipotenzialità antifulmine e protezione degli apparecchi terminali in un unico dispositivo (Figura 7.6.2.2).

Poiché nel passaggio da LPZ 0 a LPZ 2 le due zone di protezione si trovano inevitabilmente una a contatto dell'altra è assolutamente necessario un elevato grado di schermatura al confine delle due zone. Generalmente viene suggerito di ridurre al minimo la superficie di contatto delle zone di protezione LPZ 0 e 2. Nella misure in cui questo è possibile in base alla struttura, la LPZ 2 dovrebbe essere dotata di uno schermo di zona supplementare, installato separatamente dallo schermo di zona attraversato dalla corrente da fulmine sul confine della zona 0, in modo che - come illustrato nella

**figura 7.6.2.1** - la LPZ 1 possa essere realizzata per un ulteriore settore della struttura. L'attenuazione del campo elettromagnetico nella LPZ 2 ottenuto con questa misura evita la schermatura sistematica altrimenti necessaria, di tutti i conduttori e sistemi all'interno della zona LPZ 2.

### 7.6.3 Collegamento equipotenziale per impianti informatici

#### LPZ 0<sub>A</sub> - 2

Generalmente uno scaricatore di corrente da fulmine spinterometrico dalla LPZ 0 alla LPZ 1 si comporta come una specie di frangionda. In particolare elimina la maggior parte dell'energia di disturbo e protegge così dai danni l'installazione nell'edificio. Spesso tuttavia il livello di disturbo residuo è troppo alto per la protezione degli apparecchi terminali. Per questo, nel passaggio da LPZ 1 a LPZ 2, vengono installati, i dispositivi di protezione da sovratensioni supplementari, per garantire un livello di disturbo residuo basso, compatibile con il grado di immunità dell'utilizzatore.

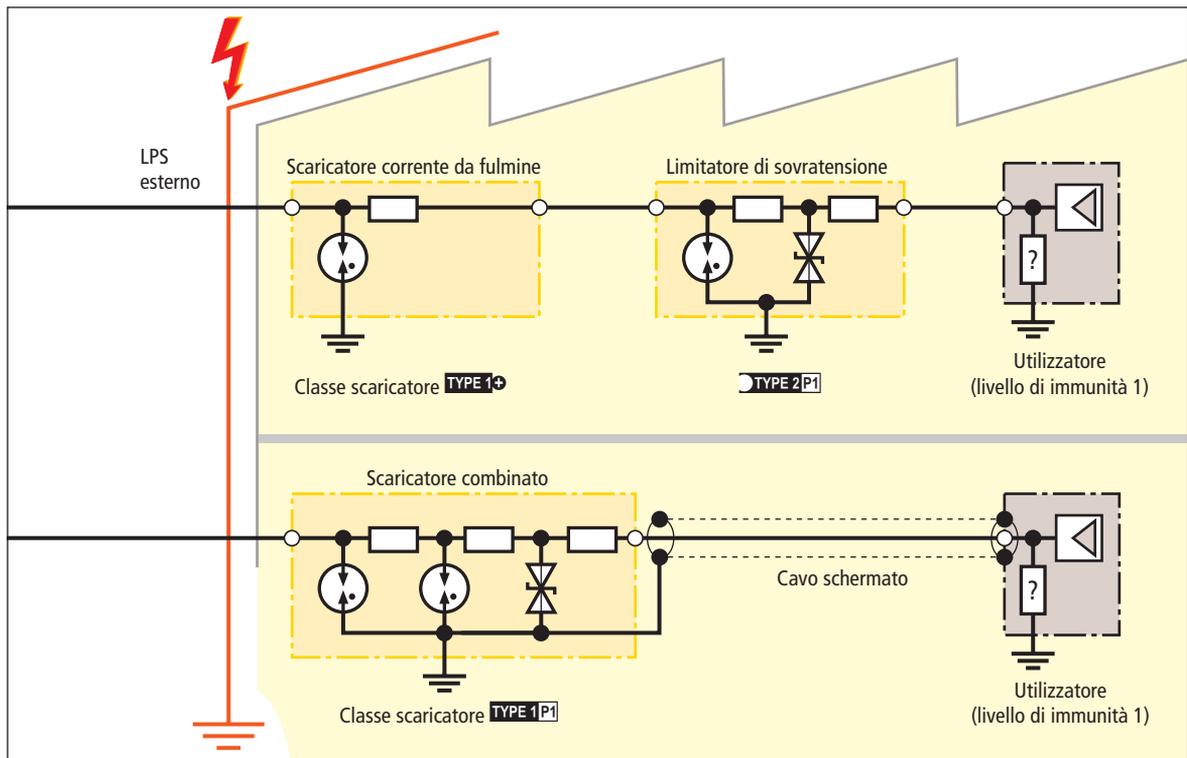


Figura 7.6.3.1 Semplice combinazione con le sigle di coordinamento

Quando viene eseguito il collegamento equipotenziale dalla zona LPZ 0 alla zona LPZ 2, per prima cosa occorre scegliere il luogo di installazione e determinare la corrente parziale da fulmine per i singoli fili e schermi, procedendo esattamente come descritto nel paragrafo 6.3.

Tuttavia cambia il requisito dell' SPD da impiegare nel punto di passaggio della LPZ e il requisito del cablaggio a valle di tale passaggio. Il dispositivo di protezione deve fungere da scaricatore combinato e deve essere coordinato in termini energetici con il dispositivo terminale (**Figura 7.6.3.1**). Gli scaricatori combinati possiedono da un lato una capacità di scarica molto elevata e dall'altro un livello di disturbo residuo basso per la protezione dell'apparecchio terminale. Inoltre va osservato che la linea uscente dal dispositivo di protezione verso il dispositivo terminale deve essere schermata e lo schermo del conduttore deve essere collegato al sistema equipotenziale su entrambe le estremità.

L'utilizzo di scaricatori combinati viene suggerito:

- ⇒ quando gli apparecchi terminali sono vicini all'entrata dei cavi nell'edificio
- ⇒ quando è possibile realizzare un collegamento equipotenziale a bassa impedenza dal dispositivo di protezione verso il dispositivo terminale
- ⇒ quando la linea dal dispositivo di protezione all'apparecchio terminale è completamente schermata
- ⇒ quando viene richiesta una soluzione particolarmente economica

L'utilizzo separato di uno scaricatore di corrente da fulmine e di un limitatore di sovratensione viene consigliato:

- ⇒ quando il cavo di collegamento, tra il dispositivo di protezione e il dispositivo terminale, è particolarmente lungo
- ⇒ quando i dispositivi di protezione delle linee di alimentazione e dei sistemi informatici sono collegati a terra attraverso barre equipotenziali diverse
- ⇒ quando vengono utilizzati cavi non schermati
- ⇒ quando possono verificarsi disturbi di elevata intensità all'interno della zona LPZ 1.

## 7.7 Collegamento equipotenziale tra LPZ 1 e LPZ 2 e oltre

### 7.7.1 Sistema equipotenziale per installazioni metalliche

Questo sistema equipotenziale deve essere realizzato il più vicino possibile al punto di entrata dei conduttori e installazioni metalliche nella zona.

Devono essere collegati anche tutti i sistemi e le parti conduttive, come descritto nel capitolo 7.5.1.

Il tracciato dei conduttori deve essere il più corto possibile (a bassa impedenza).

Un collettore equipotenziale ad anello per queste zone permette la connessione a bassa impedenza dei sistemi al collegamento equipotenziale.

La **figura 7.7.1.1** dimostra i preparativi per il collegamento di una passerella al collettore ad anello nel passaggio di zona.

Le seguenti installazioni metalliche devono essere collegate al collegamento equipotenziale:

- ⇒ passerelle, canali metallici
- ⇒ cavi e conduttori schermati
- ⇒ armatura dell'edificio
- ⇒ tubazioni idriche metalliche
- ⇒ tubi di protezione metallici per conduttori
- ⇒ altri sistemi di tubazioni metallici o parti conduttive (ad esempio aria compressa)

Devono essere utilizzate le stesse sezioni per i conduttori di collegamento della barra equipotenziale agli impianti di messa a terra e ad altre barre equipotenziali, come già descritto nel capitolo 7.5.1.

Per la connessione delle installazioni metalliche al collegamento equipotenziale possono essere uti-



Figura 7.7.1.1 Collettore equipotenziale ad anello e punto fisso di messa a terra per la connessione di corpi metallici

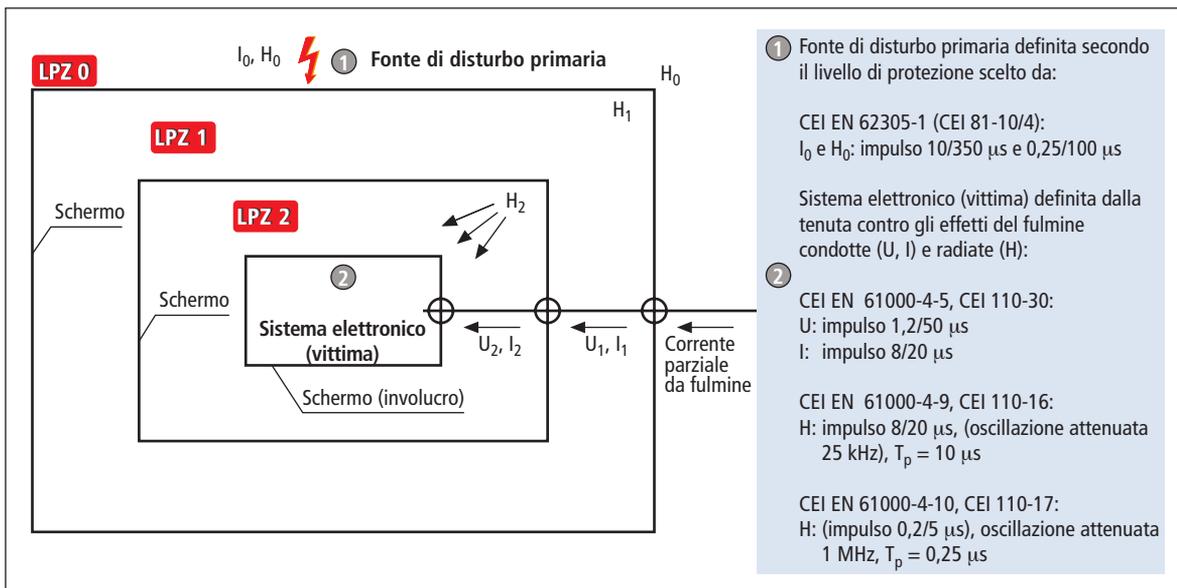


Figura 7.7.2.1 Sistema di protezione contro i fulmini con schermatura locale e protezione dalle sovratensioni coordinata

lizzate per questi passaggi di zona le seguenti sezioni ridotte:

Materiale	Sezione
Cu	5 mm <sup>2</sup>
Al	8 mm <sup>2</sup>
Fe	16 mm <sup>2</sup>

## 7.7.2 Collegamento equipotenziale per impianti di alimentazione

### LPZ 1 – 2 e oltre

Anche per i passaggi da LPZ 1 a LPZ 2 e oltre si può ottenere una limitazione della sovratensione ed una attenuazione di campo con l'integrazione sistematica, se in parallelo a tutti i sistemi metallici, anche i conduttori elettrici di energia e di dati vengono compresi nell'equipotenzialità di ogni passaggio LPZ (Figura 7.7.2.1). Attraverso la realizzazione di schermature di locali e apparecchi, si può ottenere l'attenuazione dell'influenza elettromagnetica.

I dispositivi di protezione da sovratensione che vengono utilizzati nei passaggi da LPZ 1 a PLZ 2 oppure nei passaggi LPZ di livello più elevato, hanno il compito di minimizzare ulteriormente le grandezze residue dei dispositivi di protezione da sovratensione a monte. Essi devono ridurre le

sovratensioni indotte che agiscono sui conduttori installati nella zona LPZ e le sovratensioni provocate nella LPZ stessa. A seconda della posizione in cui vengono installate le misure di protezione è possibile attribuirle ad un apparecchio (protezione di apparecchio) (Figura 7.7.2.2) oppure rappresenta la base infrastrutturale per il funzionamento di un apparecchio o di un sistema (Figura 7.7.2.3). L'esecuzione della protezione da sovratensioni nei passaggi da LPZ 1 a LPZ 2 e oltre può quindi essere eseguito in modo molto diverso.



Figura 7.7.2.2 DEHNflex M



Figura 7.7.2.3 Limitatore di sovratensione multipolare DEHNGuard M TT



Figura 7.7.3.1 Protezione per utilizzatori elettronici industriali (p.es. PLC) con BLITZDUCTOR CT e SPS-Protector

### 7.7.3 Collegamento equipotenziale per impianti informatici

#### LPZ 1 – 2 e oltre

Nei passaggi LPZ all'interno di edifici devono essere prese ulteriori misure che diminuiscono ulteriormente il livello di disturbo (Figura 7.7.3.1). Poiché nella zona LPZ 2 o oltre generalmente sono installati degli apparecchi terminali, le misure di protezione devono garantire un livello di disturbo residuo che si trovi sotto ai valori sopportabili dagli apparecchi terminali.

- ⇒ installazione dei dispositivi di protezione da sovratensione vicino agli apparecchi utilizzatori
- ⇒ integrazione delle schermature dei conduttori nel sistema equipotenziale
- ⇒ sistema equipotenziale a bassa impedenza dell'SPD nel sistema informatico verso l'utilizzatore e all'SPD del sistema di alimentazione
- ⇒ rispetto del coordinamento energetico dell'SPD verso l'apparecchio utilizzatore
- ⇒ la distanza di installazione tra conduttori di telecomunicazione e lampade a scarica di gas deve essere di almeno 130 mm
- ⇒ la distribuzione elettrica e distributori di telecomunicazione dati devono essere installate in quadri diversi
- ⇒ i conduttori in bassa tensione e i conduttori di telecomunicazione devono incrociarsi con un angolo di 90°
- ⇒ le intersezioni dei cavi devono essere eseguite sul percorso più breve

## 7.8 Coordinamento delle misure di protezione sui diversi confini LPZ

### 7.8.1 Impianti di alimentazione

Mentre una protezione da sovratensioni nell'apparecchio o immediatamente a monte di esso svolge una funzione esplicita di protezione dell'utenza, la funzione di protezione da sovratensioni nelle installazioni circostanti è divisa in due. Essa rappresenta, da un lato la protezione dell'installazione e dall'altro costituisce l'elemento di protezione tra i parametri di pericolosità del sistema intero e la tenuta delle apparecchiature e dei sistemi da proteggere. I parametri di pericolosità del sistema e l'immunità ai disturbi dell'apparecchio da proteggere sono quindi dei fattori di dimensionamento per la cascata dei dispositivi di protezione da installare. Affinché questa cascata di protezione, a partire dallo scaricatore di corrente di fulmine fino alla protezione dell'apparecchio terminale possa funzionare, deve essere garantito, che i singoli dispositivi di protezione intervengono selettivamente, cioè ogni stadio di protezione si assume quella parte di energia di disturbo, per la quale è predisposto. Questa sintonia tra i vari stadi di protezione viene generalmente definita coordinamento ed è descritta più dettagliatamente nella CEI EN 62305-4 cap. 4. Per ottenere la descritta selettività nell'azione del dispositivo di protezione, devono essere sintonizzati tra loro i parametri dei singoli grandini di scarica, in modo che in caso di un rischio di sovraccarico energetico per un determinato gradino di protezione, lo scaricatore di capacità superiore a monte possa "innescarsi" e quindi assumersi la scarica dell'energia di disturbo.

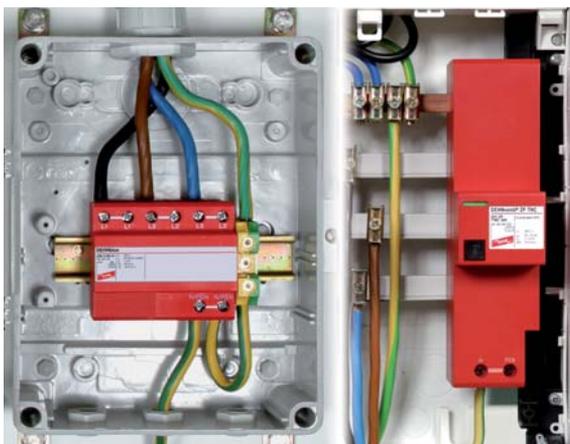


Figura 7.8.1.1 Scaricatori di corrente da fulmine DEHNbloc tripolare e DEHNventil ZP



Figura 7.8.1.2 DEHNGuard TT H LI - Limitatore di sovratensione multipolare



Figura 7.8.1.3 DEHNventil M TNS – scaricatore combinato modulare

Per la definizione del coordinamento occorre prestare attenzione affinché venga considerata, come maggiore minaccia per l'intera catena di scaricatori, la forma dell'onda impulsiva con la durata di impulso più lunga. Anche se i dispositivi di protezione da sovratensione sono per definizione provvisti solo con forma d'onda impulsiva 8/20  $\mu$ s, per il coordinamento tra limitatore di sovratensione e scaricatore di corrente da fulmine, anche per il dispositivo di protezione da sovratensione è indispensabile determinare la capacità di condurre la corrente impulsiva parziale di fulmine con forma d'onda 10/350  $\mu$ s. Per evitare i pericoli di un coordinamento errato e del risultante sovraccarico degli stadi a bassa energia, è stata creata la linea di prodotti con coordinamento energetico Red/Line. Questi dispositivi di protezione da sovratensioni coordinati, sia tra loro sia con l'apparecchio da proteggere, offrono all'utilizzatore la massima sicurezza. Attraverso le esecuzioni come scaricatore di corrente da fulmine, limitatore di sovratensioni e scaricatore combinato, rappresenta la soluzione ideale ai requisiti dei relativi passaggi LPZ (Figure 7.8.1.1. - 7.8.1.3).

## 7.8.2 Impianti informatici

Nella realizzazione di misure di protezione contro disturbi causati da effetti di fulminazione ravvicinata, remota e diretta all'interno di un edificio è raccomandabile eseguire, per i dispositivi di protezione, un concetto a cascata. In questo modo l'entità di disturbo (corrente parziale da fulmine) ricca di energia viene ridotta a più gradini, dove un primo stadio antistante assorbe l'energia e trattiene la parte principale dell'entità di disturbo dal sistema successivo. I livelli susseguenti servono per ridurre l'entità di disturbo a valori sopportabili dal sistema. A seconda delle condizioni di installazione possono essere realizzati anche diversi stadi di protezione in un dispositivo di protezione da sovratensione per mezzo di un circuito di protezione combinato.

I passaggi di zona rilevanti, nei quali vengono installati i dispositivi di protezione di una cascata, sono ad esempio i passaggi tra zone (LPZ) del concetto di protezione contro il fulmine secondo CEI EN 62305-4.

Il collegamento in cascata dei dispositivi di protezione deve essere effettuato considerando i criteri di coordinamento.

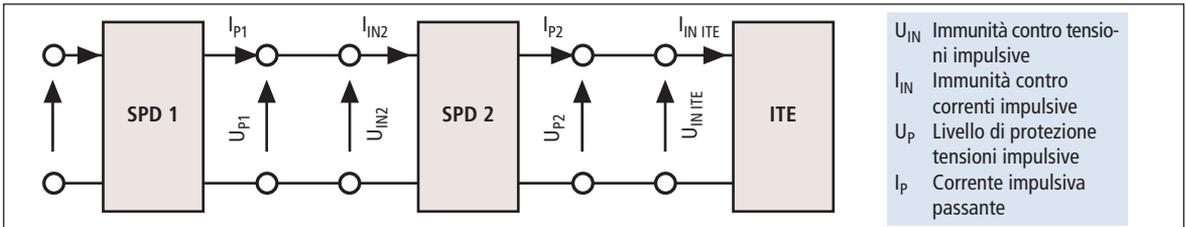


Figura 7.8.2.1 Coordinamento secondo il metodo dell'energia passante di 2 dispositivi di protezione e un apparecchio utilizzatore, cascata secondo CEI EN 61643-21, CEI 37-6

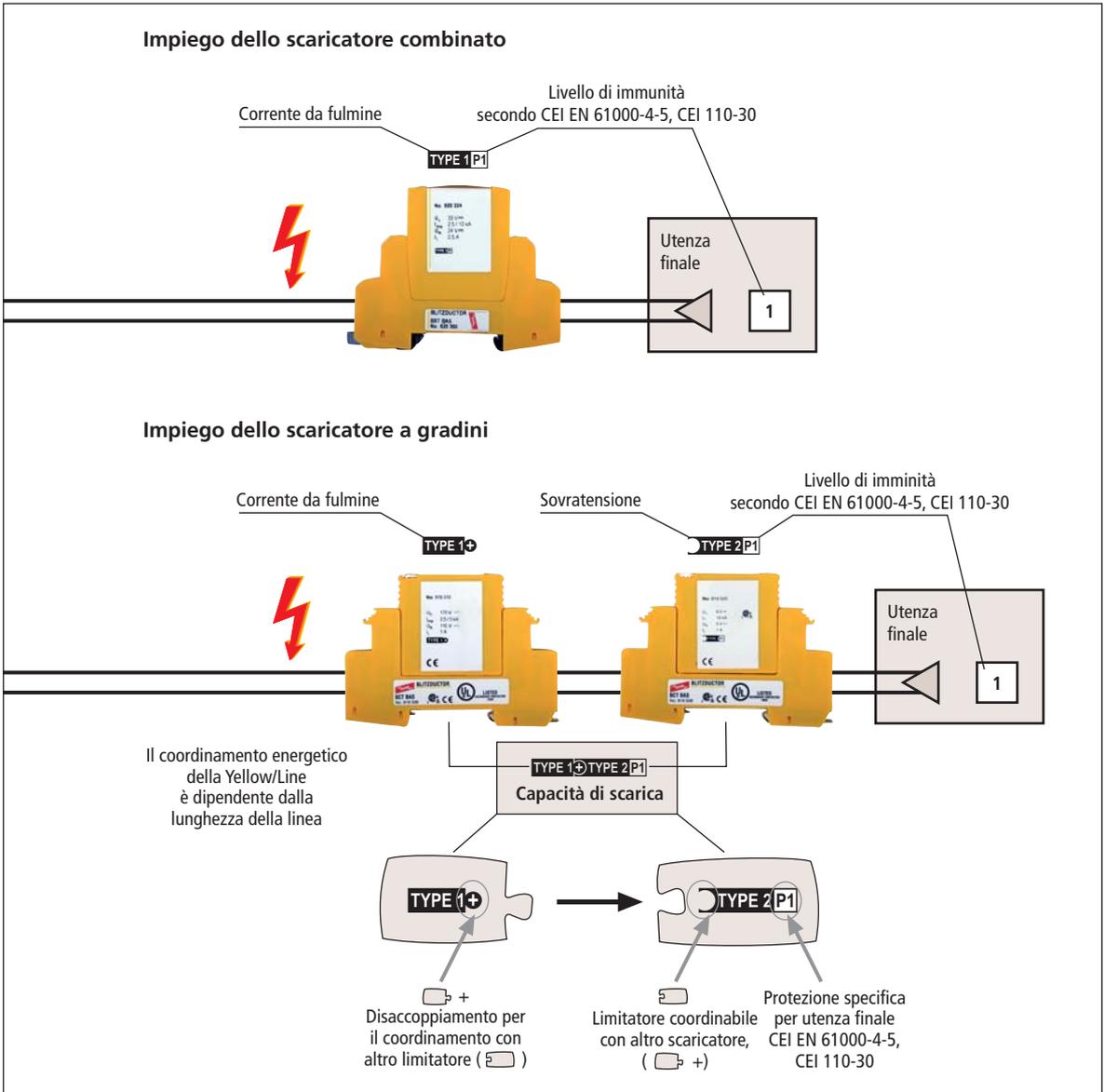


Figura 7.8.2.2 Esempio per il coordinamento energetico nell'applicazione degli scaricatori secondo la classe degli scaricatori Yellow/Line e attribuzione del simbolo della classe scaricatore Yellow/Line

Caratteristica	Simbolo singolo	Descrizione
Capacità di scarica dello scaricatore (in categorie secondo CEI EN 61643-21, CEI 37-6)	<b>TYPE 1</b>	Impulso D1 (10/350 $\mu$ s), corrente impulsiva $\geq 2,5$ kA/filo risp. $\geq 5$ kA/totale • supera la capacità di scarica di <b>TYPE 2</b> – <b>TYPE 4</b>
	<b>TYPE 2</b>	Impulso C2 (8/20 $\mu$ s), elevato impulso $\geq 2,5$ kA/filo risp. $\geq 5$ kA/totale • supera la capacità di scarica di <b>TYPE 3</b> – <b>TYPE 4</b>
	<b>TYPE 3</b>	Impulso C1 (8/20 $\mu$ s), impulso $\geq 0,25$ kA/filo risp. $\geq 0,5$ kA/totale • supera la capacità di scarica di <b>TYPE 4</b>
	<b>TYPE 4</b>	Sollecitazione $<$ <b>TYPE 3</b>
Efficacia di protezione dello scaricatore (limitazione sotto il livello di immunità secondo CEI EN 61000-4-5, CEI 110-30)	<b>P1</b>	Livello di immunità richiesto per l'utenza finale: 1 o superiore
	<b>P2</b>	Livello di immunità richiesto per l'utenza finale: 2 o superiore
	<b>P3</b>	Livello di immunità richiesto per l'utenza finale: 3 o superiore
	<b>P4</b>	Livello di immunità richiesto per l'utenza finale: 4
Coordinamento energetico (verso un altro scaricatore Yellow/Line)	<b>+</b>	Scaricatore contiene un'impedenza di disaccoppiamento ed è adatto al coordinamento con uno scaricatore con marcatura <b>☐</b>
	<b>☐</b>	Scaricatore adatto al coordinamento con uno scaricatore con impedenza di disaccoppiamento integrata <b>+</b>

Tabella 7.8.2.1 Simboli della classe scaricatore

Provenienza linea	Sistema di scaricatori	Esempio per l'assegnazione delle classi per scaricatori ai passaggi delle zone LPZ		
		verso LPZ 1	verso LPZ 2	verso LPZ 3
da LPZ 0 <sub>A</sub>	Scaricatore combinato	<b>TYPE 1 P1</b>		
	A cascata	<b>TYPE 1+</b>	<b>☐ TYPE 2 P1</b>	
		<b>TYPE 1 C</b>	<b>+</b> <b>TYPE 3 P1</b>	
da LPZ 0 <sub>B</sub>	Come da LPZ 0 <sub>A</sub>	vedi sopra		
	Limitatore di sovratensione	<b>TYPE 2 P1</b> o <b>☐ TYPE 2 P1</b>		
	A cascata	<b>TYPE 2 C</b>	<b>+</b> <b>TYPE 3</b>	
da LPZ 1	Scaricatore combinato	–	<b>TYPE 1 P1</b>	
	Limitatore di sovratensione	–	<b>TYPE 2 P1</b> o <b>☐ TYPE 2 P1</b>	
da LPZ 2	Come da LPZ 1	–	vedi sopra	
	Limitatore di sovratensione	–	–	<b>TYPE 2 P1</b>
		–	–	<b>TYPE 3 P1</b>
		–	–	<b>TYPE 4 P1</b>

Tabella 7.8.2.2 Attribuzione della classe scaricatore ai passaggi di zona LPZ

Per stabilire le condizioni di coordinamento esistono diversi metodi (IEC 60364-5-53), che presuppongono in parte determinate conoscenze nella costruzione del dispositivo di protezione. Un metodo "black box" è il cosiddetto metodo "Let-through-energy" (l'energia lasciata passare), che si basa sul parametro di impulso standard e perciò

può essere riprodotto sia tramite calcolo che in pratica.

La cascata secondo **figura 7.8.2.1** si considera coordinata, quando le grandezze residue  $I_p$  con un uscita cortocircuitata e  $U_p$  con uscita a vuoto sono più piccole delle grandezze in entrata  $I_{in}/U_{in}$ .

Questi metodi sono tuttavia difficilmente applicabili per gli utenti, dal momento che sono molto impegnativi. Per risparmiare tempo e fatica, la norma permette di utilizzare le indicazioni del costruttore relative al coordinamento.

Gli scaricatori di corrente da fulmine nelle zone LPZ 0/1 o oltre vengono solitamente certificati per una capacità di scarica con forma di onda 10/350  $\mu$ s. I limitatori di sovratensione invece solo con una forma di onda 8/20  $\mu$ s. Questo dipende dal fatto che i limitatori di sovratensioni sono stati sviluppati principalmente per i disturbi di accoppiamento induttivo e capacitivo. Se però in una linea che si estende oltre l'edificio viene inserito un sistema a cascata formato da scaricatore di corrente da fulmine e limitatore di sovratensione, in base alle condizioni di coordinamento si devono fare le seguenti deduzioni:

- ⇒ il primo a innescare è l'elemento più sensibile - il limitatore di sovratensione
- ⇒ il limitatore di sovratensione deve quindi poter portare anch'esso una parte - anche se ridotta - della corrente da fulmine con la forma d'onda 10/350  $\mu$ s.
- ⇒ prima che il limitatore di sovratensione venga sovraccaricato, lo scaricatore di corrente da fulmine deve innescarsi e assumersi l'energia di scarica.

I dispositivi di protezione della famiglia Yellow/Line sono coordinati tra loro in modo sicuro e sequenziale ed anche verso gli apparecchi terminali. Per questo recano una marcatura indicante le loro caratteristiche di coordinamento (**Figura 7.8.2.2, Tabelle 7.8.2.1 e 7.8.2.2**).

## 7.9 Verifica e manutenzione della protezione LEMP

Per quanto riguarda l'ispezione e la manutenzione della protezione LEMP valgono le stesse regole e condizioni descritte per l'ispezione e la manutenzione di sistemi di protezione antifulmini, nel capitolo 3.4.

Particolare significato viene attribuito all'ispezione durante la costruzione della protezione LEMP, dal momento che numerosi componenti della protezione LEMP, dopo il completamento della costruzione, non sono più accessibili. Le misure necessarie (ad esempio collegamento e allacciamento dell'armatura) devono essere documentate con fotografie e inserite nel rapporto di ispezione.

Le ispezioni devono essere eseguite:

- ⇒ durante l'installazione della protezione LEMP
- ⇒ dopo l'installazione della protezione LEMP
- ⇒ ad intervalli periodici
- ⇒ dopo ogni modifica dei componenti, rilevanti per la protezione LEMP
- ⇒ se necessario, dopo una fulminazione diretta della struttura.

A conclusione dell'ispezione, tutti i difetti riscontrati dovranno essere eliminati immediatamente. Se necessario deve essere aggiornata la documentazione tecnica.

Un'ispezione ampia della protezione LEMP dovrebbe essere eseguita almeno da ogni 2 a 4 anni oppure contestualmente al controllo dell'impianto elettrico, secondo quanto prescritto dalle norme relative alla sicurezza nei luoghi di lavoro.