

2.45 Protezione dalle sovratensioni

Come danni dovuti alle scariche atmosferiche normalmente si considerano solo gli effetti visivi della corrente del fulmine, senza considerare invece che le scariche di origine atmosferica, che si verificano nei pressi di edifici posti anche a distanza di 1,5 km dal punto di caduta del fulmine, generano interferenze nei campi elettromagnetici, irradiate o condotte, provocando effetti ben superiori a quelli scaricati.

Infatti, la corrente del fulmine può indurre per effetto elettromagnetico valori non indifferenti di corrente e, quindi, di sovratensione sui conduttori esterni, siano essi destinati al trasporto di energia elettrica (MT o BT) o di segnali (linee d'antenna TV, linee telefoniche o per la trasmissione dei dati, ecc.), come mostrato nella fig. 2.190a.

L'energia associata a queste sovratensioni non è nell'ordine di grandezza dell'energia del fulmine, ma resta comunque di valore tale da danneggiare le apparecchiature, in particolare quelle elettroniche sempre più presenti negli impianti civili, collegate alla linea (televisori, computer, centraline antifurto, impianti HI-FI, ecc.).

Tipi di struttura	Danni causati da un fulmine
Tutte le strutture (uso domestico, terziario, industriale)	Perforazione del materiale isolante. Rischio incendio
Impianti in aziende agricole	Problemi agli animali d'allevamento a causa dell'arresto degli impianti di ventilazione e di alimentazione
Luoghi con presenza di pubblico	Spegnimento dell'illuminazione ordinaria. Danni ai sistemi di allarme. Arresto degli impianti di aspirazione e condizionamento
Reti informatiche	Perdita totale o parziale delle informazioni
Processi industriali	Problemi di qualità ai prodotti con perdite della produzione
Monumenti e musei	Perdita irreparabile del patrimonio culturale
Raffinerie, fabbriche di esplosivi	Forte rischio di incendio e di esplosione
Industrie chimiche	Esalazione di fumi e di prodotti tossici e nocivi
Supermercati e centri commerciali	Perdita delle derrate stoccate nelle celle frigorifere. Spegnimento dell'illuminazione ordinaria. Danni ai sistemi di allarme. Arresto degli impianti di aspirazione e condizionamento

Tab. 2.59 - Esempi di danni causati da un fulmine su vari tipi di strutture (Hager).

Poiché non si può impedire il generarsi di tali tensioni, resta la necessità di dissipare l'energia tramite dispositivi denominati SPD (Surge Protective Device), appositamente previsti per questo scopo.

Tramite l'impiego di questi si può creare una zona di protezione da fulmine, inserendo gli stessi sulle linee di alimentazione e distribuendo in modo opportuno gli scaricatori, in modo che la loro azione coordinata garantisca la protezione delle apparecchiature elettroniche connesse alla linea di alimentazione.

Immediatamente a valle del contatore di energia si connette uno scaricatore, in grado di assorbire la corrente costituita da un impulso della durata di 10/350 μ s. Detto scaricatore deve garantire che l'impulso residuo, che si distribuirà lungo la linea che diparte dallo stesso, corrisponda all'energia che sono in grado di assorbire gli scaricatori distribuiti a valle, senza eccedere i valori massimi.

Normalmente si utilizzano per i restanti scaricatori prodotti che siano in grado di assorbire un impulso di corrente della durata di 8/20 μ s. Gli scaricatori possono essere realizzati mediante l'impiego di: scaricatori a gas, scaricatori a varistori, soppressori di tensione a semiconduttore.

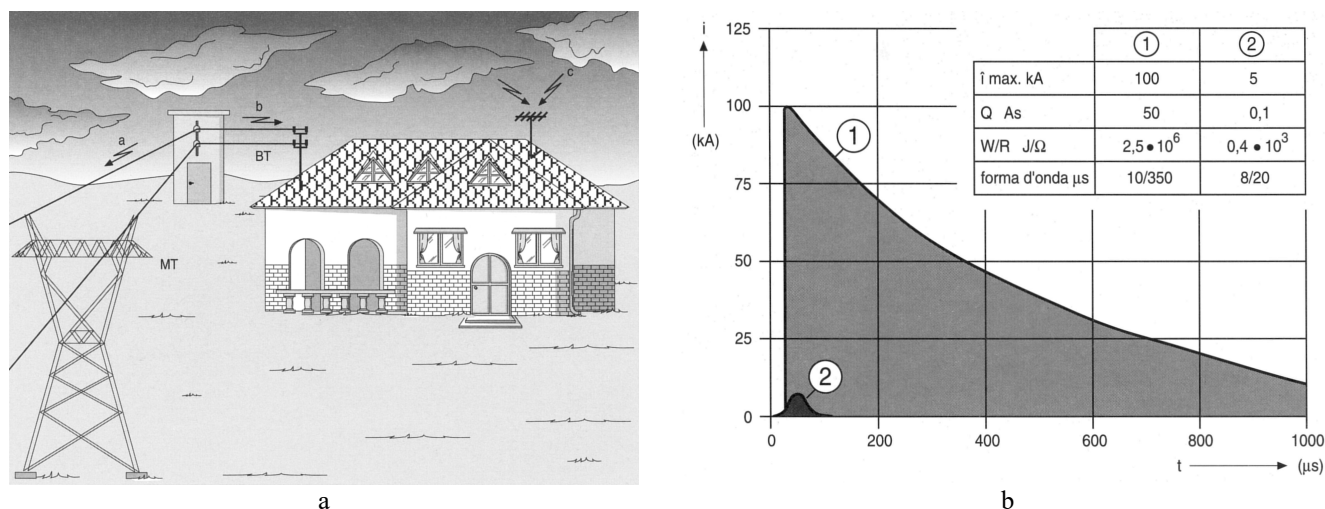


Fig. 2.190 - a) Effetti di sovratensione dovuta ad induzione elettromagnetica fra la corrente dei fulmini e le eventuali linee elettriche esterne - b) Prova di corrente da fulmine secondo la norma IEC TC81, 100 kA (10350), per scaricatori di corrente da fulmine (1), corrente di prova secondo le norme CEI 81-1 e IEC 99-1, per scaricatori di sovratensione (2) (GE).

Gli scaricatori impiegati sulle linee di alimentazione monofase o trifase sono generalmente basati sul principio dei varistori, i quali si caratterizzano per la tensione di esercizio massima ammissibile nell'ordine di circa 275 V, dalla corrente impulsiva nominale di scarica con valori che partono dai 5 kA in su (che rappresenta il valore di cresta di una corrente impulsiva con la forma 8/20 μ s, come mostrato nella fig. 2.190b).

Lo scaricatore deve essere in grado di sopportare almeno 20 volte la corrente impulsiva nominale senza che si modifichino le sue caratteristiche. Infine, gli scaricatori sono caratterizzati dal livello di protezione, il quale è il valore di cresta della tensione restante prima che lo scaricatore intervenga; nella maggioranza dei casi detto valore è interno ad 1 kV.

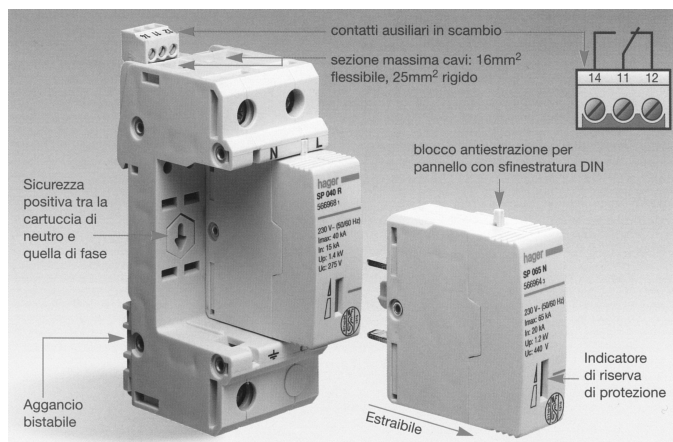
Gli **scaricatori a gas** sono costituiti da un contenitore, di solito di vetro, riempito di un gas inerte; quando la tensione ai capi dei due elettrodi raggiunge un determinato valore (da 70 V a 10 kV), scocca la scintilla fra gli elettrodi e la conduzione che si crea fra di essi ne abbassa la tensione ai capi. Hanno il vantaggio di essere piccoli e di avere una notevole capacità di sopportare elevate intensità di corrente (nell'ordine del kA).

Il valore della tensione di innesco dipende dalla rapidità del fronte di salita della tensione (dv/dt) ed aumenta all'aumentare della rapidità della tensione. Tuttavia, nel caso di sovratensioni di origine atmosferica, il dv/dt è nell'ordine di vari kV/ μ s e questo fa sì che gli scaricatori a gas tardino ad innescarsi e lascino passare dei picchi elevati di tensione, che possono danneggiare ugualmente apparati, in particolare elettronici, a valle degli scaricatori a gas. Attualmente vengono prodotti scaricatori ad aria frazionata che sono costituiti da elettrodi a dischi di carbonio con materiale isolante intermedio al quale viene affidato il compito dello spegnimento degli archi. La loro tensione di innesco è normalmente inferiore a 2 kV.

Gli **scaricatori a varistori** (VDR) sono dei componenti costituiti da polveri di ossido di zinco, di bismuto ed altri metalli, sinterizzati a temperature superiori a 1200 °C.

Questi dispositivi hanno una caratteristica tensione/corrente non lineare, ovvero il valore della resistenza non rimane costante, ma diminuisce all'aumentare della tensione e quindi della corrente. Sono caratterizzati da una tensione di innesco variabile tra 30 e 1000 V ed un potere di scarica che può variare di molto da modello a modello.

Presentano il vantaggio di una capacità di scarica considerevole (fino a 40 kA 8/20), indipendente dalla tensione di innesco, un'ampia possibilità di scelta ed una rapidità di risposta elevata. Per contro, hanno una modesta capacità di scarica agli impulsi di lunga durata e una notevole capacità tra gli elettrodi che risulta negativa per l'impiego su circuiti ad alta frequenza.



Scaricatore ad esecuzione estraibile. Il dispositivo è caratterizzato da un contatto ausiliario di segnalazione a distanza e da un indicatore di riserva di carica.

Dopo numerose scariche di fulmini sull'impianto, l'SPD passa allo stato di funzionamento in riserva di protezione continuando ad assicurare la sua funzione; in questa condizione, I_{max} e I_n sono circa la metà di quelli di targa.

L'utilizzo del contatto di segnalazione a distanza permette di avvertire l'utilizzatore o il servizio di assistenza che è necessario sostituire la cartuccia.

Questo tipo di dispositivo assicura sia la continuità della protezione (funzionamento in riserva) che la continuità di servizio (possibilità di sostituire la cartuccia mantenendo l'installazione in servizio).

È possibile collegare (contatto 11-12, NC) un indicatore luminoso (di colore verde) dello stato di funzionamento, mentre è possibile collegare (contatto 11-14 NO) una segnalazione sonora in riserva di protezione, a fine vita e in assenza di una o più cartucce.

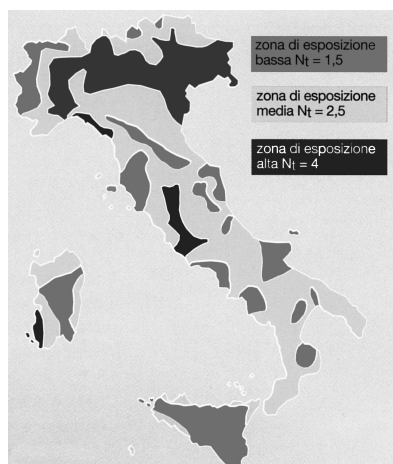
Fig. 2.191 - Esempio di scaricatore ad esecuzione estraibile (Hager).

Infine, i **soppressori a semiconduttore** sono componenti costituiti da doppi diodi, con la caratteristica tensione/corrente molto ripida. Hanno una notevole capacità di sopportare intensi picchi di corrente, mentre i tempi di commutazione sono nell'ordine di 10 ps. Questi limitatori sono generalmente posti all'interno di apparecchiature elettroniche per proteggerne i circuiti da sovratensioni, anche non originate da un fulmine, ma dalle manovre di commutazione come l'accensione di una lampada al sodio, motori elettrici, trasformatori, il funzionamento di Triac o SCR nelle apparecchiature elettroniche di potenza, ecc.

I componenti SPD possono essere collegati in serie ed in parallelo. Il collegamento in serie si impiega quando occorre adattare un limitatore a tensioni di esercizio non standardizzate o quando occorre una soglia di innesco elevata e sono generalmente costituiti da uno scaricatore a gas e da un varistore, come mostrato nella fig. 2.191.

Il collegamento in parallelo viene utilizzato per ottenere una elevata tensione di scarica o una bassa tensione di innesco. La protezione contro le sovratensioni può essere attuata quando richiesto dalle norme CEI 81-1 e CEI 81-4 oppure quando si è acquisita un'esperienza di esercizio di un impianto che ha messo in evidenza il ripetersi di danni alle apparecchiature oppure l'interruzione della produzione.

Le norme CEI stabiliscono i requisiti minimi necessari per la sicurezza di un impianto. È possibile, inoltre, utilizzare la norma CEI 81-3 che fissa i valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato per i comuni d'Italia, come mostrato nella fig. 2.192.



Un rifugio situato in alta montagna non presenta le stesse caratteristiche di esposizione ai fulmini di un chiosco nel centro di una grande città. Il livello di "esposizione al fulmine" di un luogo dipende principalmente dai seguenti fattori descritti di seguito.

- 1) Densità di scariche di fulmini del luogo: in una data regione vengono determinati il numero delle scariche al suolo per km² e per anno (N_t).
- 2) Tipo e lunghezza della linea di alimentazione elettrica dell'impianto: una linea aerea molto lunga è più esposta di una linea interrata.
- 3) Topologia de luogo: un impianto in una località rurale o isolata, posto su di un'altura, ha delle caratteristiche che aumentano la sua esposizione al fulmine.
- 4) Presenza nelle vicinanze di sistemi parafulmine (LPS) o di strutture alte collegate a terra: la scarica del fulmine a terra provoca un aumento del potenziale di quest'ultima e genera indirettamente un rischio supplementare.
- 5) Presenza o meno di un LPS a protezione dell'impianto medesimo.

Fig. 2.192 - Numero di scariche di fulmini al suolo per km² e per anno (N_t) in Italia.

Una delle caratteristiche più importanti degli SPD è la classe di prova secondo la norma IEC 6143-1. Nella tab. 2.60 vengono riportate, in base alla classe di prova, le caratteristiche che deve avere il dispositivo, il tipo di impiego e installazione.

Classe di prova	Caratteristiche	Tipo di impiego	Esempi di installazione
I	$I_n = 20 \text{ kA } 10/30 \text{ }\mu\text{s}$ $U_c = 255 \text{ V}$ $U_p \leq 4 \text{ kV}$	Correnti o parti di correnti provenienti dalla fulminazione diretta	Quadri elettrici in strutture soggette a fulminazione diretta
II	$I_n = 15 \text{ kA } 8/20 \text{ }\mu\text{s}$ $I_{\max} = 40 \text{ kA } 8/20 \text{ }\mu\text{s}$ $U_c = 255 \text{ V}$ $U_p \leq 1,5 \text{ kV}$	Correnti indotte da fulminazione indiretta	Quadri elettrici in strutture soggette a fulminazione indiretta
III	$U_{oc} = 10 \text{ kV } 1,2/50 \text{ }\mu\text{s}$ $U_c = 255 \text{ V}$ $U_p \leq 1,2 \text{ kV}$	Correnti indotte su circuiti elettrici interni per fulminazione indiretta	Quadri elettrici utilizzatori soggetti a fulminazione indiretta

Tab. 2.60 - Caratteristiche principali degli SPD (Gewiss).

Gli scaricatori proposti dai costruttori, come ad esempio Gewiss, funzionanti in Classe II, possono essere utilizzati in impianti industriali o civili non dotati di impianto parafulmine (LPS esterno) dove si vogliono ridurre le componenti di rischio di danni alle persone e danni economici agli utilizzatori, previste dalla norma CEI 81-4.

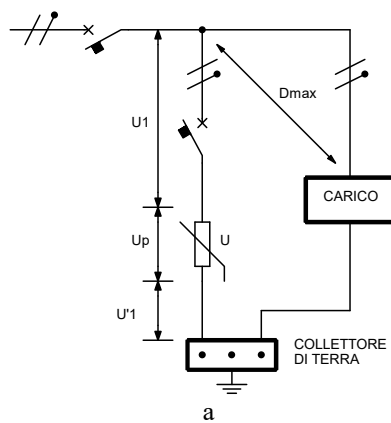
Questi scaricatori sono in grado di realizzare una protezione sia di modo comune (protezione tra conduttori attivi e la terra, ovvero fase-terra e neutro-terra) sia di modo differenziale (protezione tra i conduttori attivi, ovvero fase-neutro e fase-terra).

Per realizzare una corretta protezione delle apparecchiature collegate all'impianto, è necessario prestare attenzione al livello di protezione U_p tipico dello scaricatore. In particolare, deve essere verificata la relazione presente nella guida CEI 81-8: $U_{\text{prot}} = U_p + U_1 + U'_1 < U_{\text{ten}}$, dove U_p è il livello di protezione tipico dello scaricatore, U_1 e U'_1 rappresentano le cadute di tensione sui cavi di collegamento dell'SPD all'impianto, U_{prot} è il livello effettivo di protezione e, infine, U_{ten} rappresenta la tensione di tenuta all'impulso dell'utilizzatore (vedere fig. 2.193a). La conoscenza di U_{ten} è particolarmente importante per la corretta scelta dello scaricatore; nella tab. 2.61 vengono riportati i valori tipici di alcune apparecchiature utilizzatrici.

Interruttore automatico	Motore elettrico	Lavabiancheria	Impianto HI-FI
6 kV	4 kV	2,5 kV	1,5 kV

Tab. 2.61 - Valori tipici di U_{ten} di alcune apparecchiature elettriche ed elettroniche (Gewiss).

Sempre al fine di una corretta installazione, occorre porre attenzione alla distanza massima del cavo tra lo scaricatore e le apparecchiature da proteggere, in particolare la distanza massima protetta D_{\max} , entro la quale la protezione dell'impianto è ottimale, varia in relazione della tensione di tenuta all'impulso di tensione delle apparecchiature utilizzatrici e della tensione di protezione U_{prot} . Quando le distanze massime protette non possono essere rispettate, è necessario installare più scaricatori in cascata.



U_{prot}	D_{max}
$\leq 0,9 U_{ten}$	10 m
$\leq 0,8 U_{ten}$	20 m
$\leq 0,7 U_{ten}$	30 m
$\leq 0,6 U_{ten}$	Nessun limite

b

Fig. 2.193 - a) Tensioni presenti in un circuito protetto da uno scaricatore (U_1 , U_p , U'_1) e distanza massima protetta D_{max} - b) Distanza massima protetta D_{max} entro la quale la protezione dell'impianto è ottimale in funzione della tensione di protezione U_{prot} (Gewiss).

Quando si effettua l'installazione di scaricatori di sovratensione, è opportuno tenere in considerazione alcune regole per il cablaggio, come quelle riportate di seguito.

- Per il collegamento degli scaricatori, utilizzare cavi aventi una sezione $\geq 4 \text{ mm}^2$, secondo quanto riportato nella guida CEI 81-8.
- Ridurre il più possibile le lunghezze dei cavi di cablaggio, tenendo presente che, con una corrente di scarica di 8 kA, si ha una caduta di tensione di circa 1 kV per ogni metro cavo.
- Collegare gli scaricatori mediante una tecnica "entra-esce", al fine di ridurre il più possibile la lunghezza dei cavi, come riportato nella fig. 2.194.

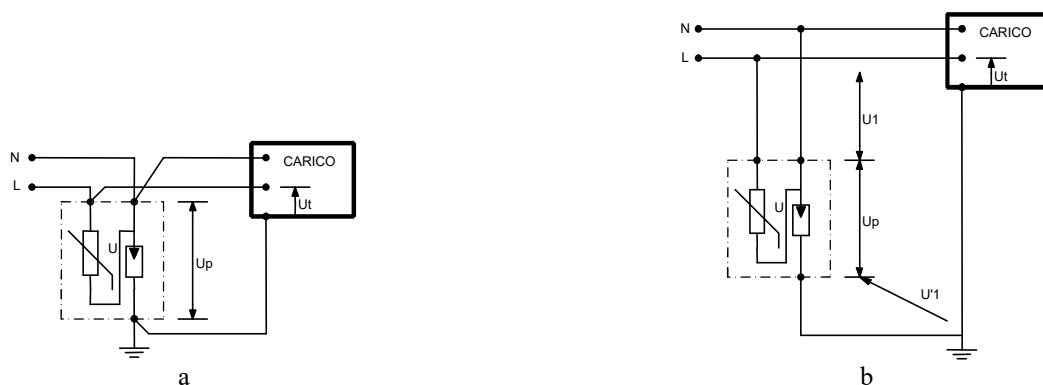


Fig. 2.194 - a) Cablaggio corretto degli scaricatori: $U_t = U_p$. Collegare gli scaricatori mediante la tecnica "entra-esce" - b) Cablaggio non corretto degli scaricatori: $U_t = U_1 + U_p + U'_1$. La tensione U_t è la tensione tra i conduttori attivi e la terra durante la scarica.

- Garantire l'equipotenzialità dei conduttori di protezione, al fine di evitare differenze di potenziale tra impianti di terra, che ridurrebbero il beneficio introdotto dagli scaricatori.



Fig. 2.195 - Equipotenzialità dei conduttori di protezione: a) Cablaggio corretto - b) Cablaggio non corretto.

- Gli scaricatori di sovratensione devono essere installati in modo differente, a seconda del sistema di distribuzione.

Di seguito vengono riportate le diverse modalità di installazione. Nei **sistemi TT** (fig. 2.196a) e **TN-S** (fig. 2.196b), lo scaricatore, essendo di Classe II, può essere installato anche a valle dell'interruttore differenziale. In tal caso, è opportuno utilizzare un interruttore differenziale selettivo, per evitare interventi intempestivi.

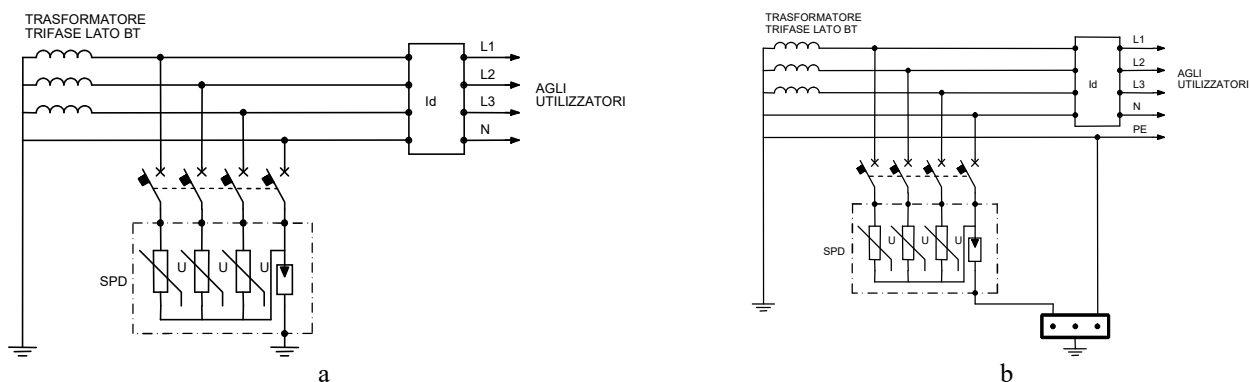


Fig. 2.196 - Installazione degli scaricatori: a) Sistema TT - b) Sistema TN-S.

Nelle figure 2.197a e 2.197b vengono mostrati gli schemi di collegamento di tre scaricatori unipolari rispettivamente per i sistemi TN-C e IT.

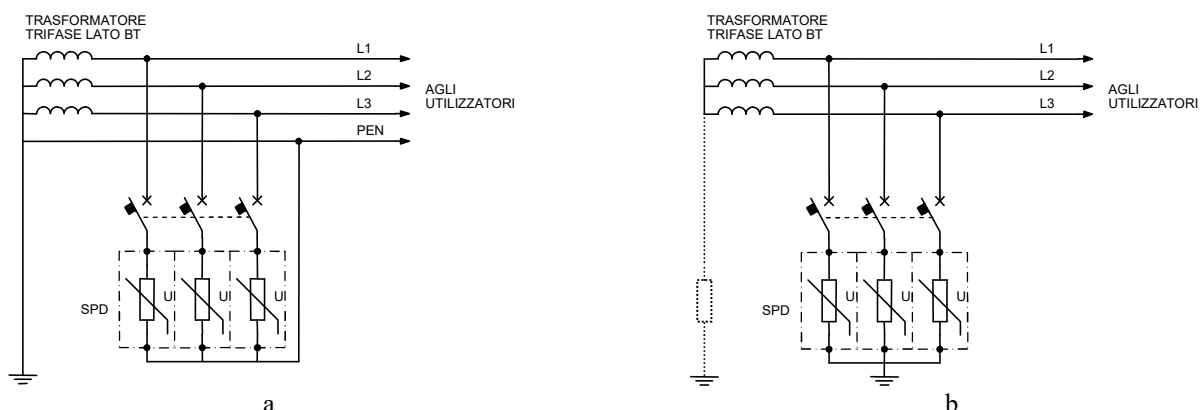
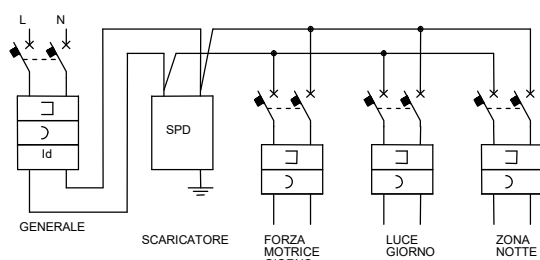
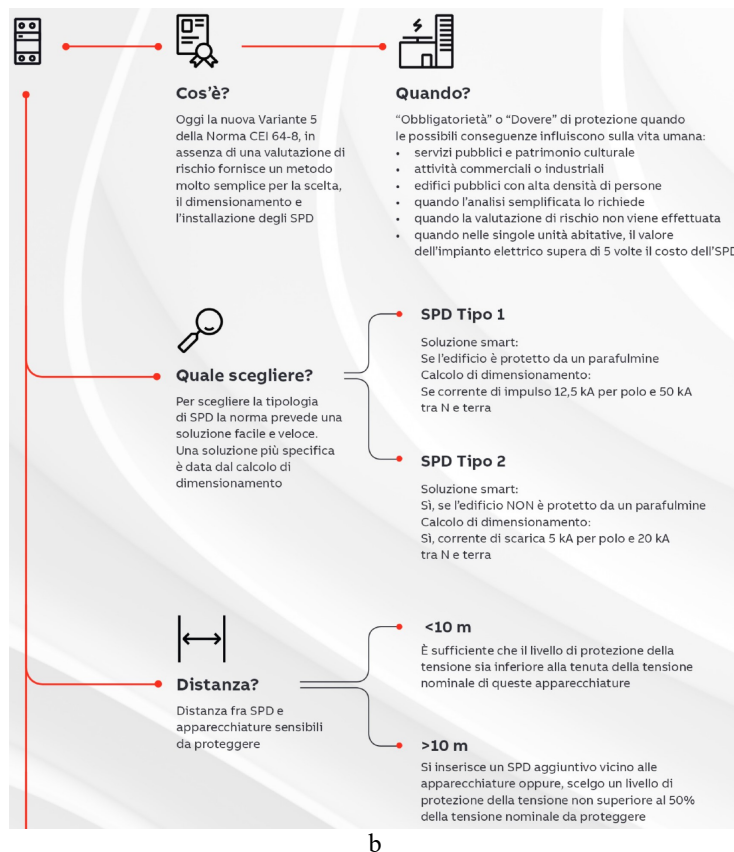


Fig. 2.197 - Installazione degli scaricatori: a) Sistema TN-C - b) Sistema IT.



a



b

Fig. 2.198 - a) Installazione degli scaricatori in un centralino domestico - b) Esempio di scelta semplificata per la protezione contro le sovratensioni secondo la norma CEI 64-8.

Nella fig. 2.198a viene mostrato lo schema di collegamento di uno scaricatore in un centralino domestico, mentre nella fig. 2.198b viene mostrata la scelta semplificata per la protezione contro le sovratensioni secondo la norma CEI 64-8.

Gli scaricatori devono essere provvisti di una protezione contro i cortocircuiti, che può essere realizzata mediante l'uso di fusibili o di un interruttore magnetotermico. Nella tab. 2.62 vengono riportati i coordinamenti tra gli scaricatori e il dispositivo di protezione.

Tipo di scaricatore di classe II	Fusibile di protezione	Interruttore magnetotermico
$I_{max} = 40 \text{ kA}$	$I_n = 50 \text{ A}$ tipo gG 14x5	$I_n \leq 25 \text{ A}$
$I_{max} = 15 \text{ kA}$	$I_n = 25 \text{ A}$ tipo gG 10,3x38	$I_n \leq 25 \text{ A}$

Tab. 2.62 - Coordinamento tra gli scaricatori di Classe II e il dispositivo di protezione.