



# tector s.r.l.

Via Benevagienna 12 - 12060 LEQUIO TANARO (Cn) - ITALY  
Tel. +39 0172 696251 r.a. Fax +39 0172 696331  
[www.tector.it](http://www.tector.it) - [tectorsrl@tin.it](mailto:tectorsrl@tin.it) - [marketing@tector.it](mailto:marketing@tector.it)

## Considerazioni sulle sovratensioni : cosa sono e come proteggersi.

### 1. Generalità

Lo scopo di questa relazione è quello di sensibilizzare gli installatori e gli utilizzatori di materiale elettrico ed elettronico sul reale problema causato dalle sovratensioni. Spesso questo problema non viene affrontato perché non se ne conosce l'effettiva portata o solo perché viene sottovalutato. Non è però un caso che siano state redatte nel tempo decine di norme tecniche ad esso relative e che decine di costruttori di materiale elettrico da anni si ingegnino a realizzare sistemi di protezione sempre più efficienti e sofisticati. Nell'immaginario collettivo e degli addetti del settore che non conoscono a fondo la materia, il problema della sovratensione viene relegato alla probabilità, ingiustamente ritenuta piuttosto remota, che un fulmine colpisca direttamente l'impianto elettrico o una parte di esso o il fabbricato in cui è contenuto. Purtroppo così non è perché il fenomeno delle sovratensioni è normalmente una conseguenza delle manovre di commutazione di grandi carichi induttivi o capacitivi, di interruzioni di correnti di corto circuito o per guasti delle linee elettriche verso la terra. Tali fenomeni si manifestano continuamente ad esempio in prossimità di complessi industriali, per l'avviamento od il fermo di grossi motori e comunque in moltissime situazioni diverse come ad esempio manovre sulle linee di trasmissione e di trasporto dell'energia. Nonostante vi siano normalmente presenti delle protezioni sulle linee o sugli apparecchi utilizzatori, non sempre si riesce a sopprimere le sovratensioni ed in casi particolari queste possono provocare dei danni a particolari tipi di apparecchiature. Nella maggior parte dei casi i danni più gravi sono provocati dalle fulminazioni dirette, che sono visibili a tutti, perché si manifestano con fenomeni violenti ed inequivocabili (bruciature, incendi ecc) oppure da fulminazioni indirette, entrambe che si manifestano durante i temporali. In particolar modo i fulmini sono fenomeni di violenta scarica elettrica che in tempi brevissimi producono correnti di intensità molto elevate che possono raggiungere e superare i 200.000 Amper. A causa della grandissima energia che si sviluppa in un tempo molto breve, i fulmini sono eventi che con alta probabilità si ripercuotono con tutto il loro enorme potenziale distruttivo sui componenti elettrici degli impianti e nei casi più gravi, purtroppo sulle persone e sugli animali. Per prevenire i rischi dovuti a questi fenomeni di origine naturale sono stati eseguiti degli studi approfonditi per determinare i valori delle fulminazioni a terra (fig. 1).

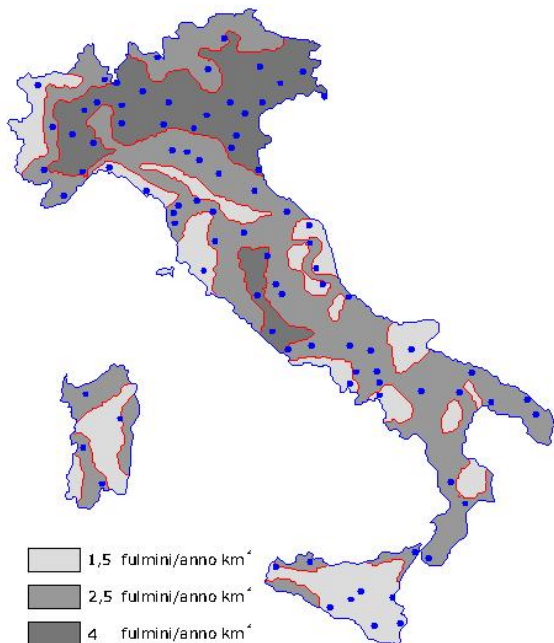


Fig. 1.

*Valori medi della frequenza di fulminazione per Km<sup>2</sup>*

**Dalla cartina si desume come in alcune zone d'Italia si manifestano sino a 4 fulmini l'anno per chilometro quadrato; la probabilità che un fulmine colpisca un elemento sensibile e lo danneggi, è quindi tutt'altro che remota, per cui il problema va preso seriamente in considerazione, senza affidarsi solamente alla fortuna o alla buona sorte.**

## 2. Le scariche atmosferiche

Durante un temporale le nuvole e il suolo si comportano come le armature di un enorme condensatore. L'aria, costituita principalmente da azoto ed ossigeno e quindi simile ad un buon isolante, è il dielettrico interposto tra le due armature di questo condensatore. La rigidità dielettrica dell'aria e cioè il valore limite oltre il quale si produce una scarica elettrica attraverso un isolante, può essere superata e si verifica quindi in tal caso il fenomeno della scarica elettrica che viene comunemente definita fulmine. La nascita di una nube temporalesca è principalmente dovuta all'aria calda che dal terreno sale verso l'alto ed una volta raggiunta una determinata altezza, si trova ad una temperatura alla quale diventa satura di vapore acqueo che condensando dà origine alla nuvola vera e propria. Se l'aria è molto umida si ha la formazione di cumuli stratificati, un'enorme macchina termica che può raggiungere uno spessore di 12 km ad un'altezza da terra di circa 2 km. La teoria della formazione delle cariche elettriche all'interno della nuvola non è ancora del tutto chiarita, ma l'elettrizzazione per strofinio è l'ipotesi più verosimile. Ad alta quota quando la temperatura dell'aria scende al di sotto di 0°C, le gocce d'acqua si trasformano in cristalli di ghiaccio e gli urti tra gocce d'acqua e cristalli di ghiaccio sembra siano la causa che genera le cariche elettriche negative e positive che si formano all'interno della nube (fig. 2).

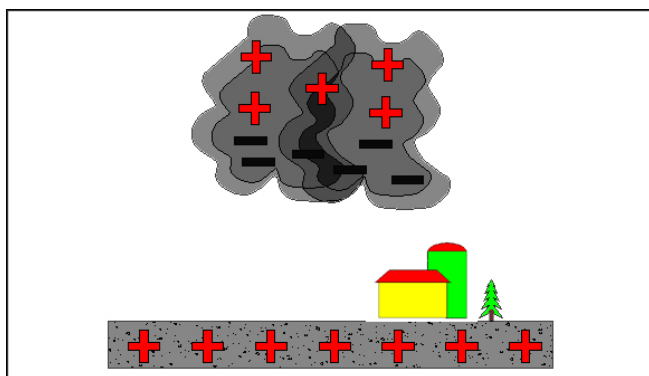


Fig. 2.

*Formazione delle cariche elettriche in una nube*

Le cariche elettriche di segno opposto che si sono formate all'interno della nuvola, tendono a separarsi e si posizionano verso l'alto quelle con segno positivo costituite dai cristalli di ghiaccio e verso il basso quelle con segno negativo costituite dalle goccioline d'acqua. Da questo momento nella nuvola si formano i primi lampi. La rigidità dielettrica dell'aria che in condizioni normali è di circa 3000 kV/m, può abbassarsi notevolmente per la presenza di umidità e di pulviscolo atmosferico ed anche l'intensità del campo elettrico che solitamente in condizioni di tempo sereno al suolo è di circa 0,12 kV/m, può essere superata per l'aumento della concentrazione di cariche elettriche nella nuvola e a terra. In situazioni particolari questo valore può raggiungere i 15 kV/m e può essere ulteriormente amplificato da elementi in rilievo rispetto al suolo (fig. 3).

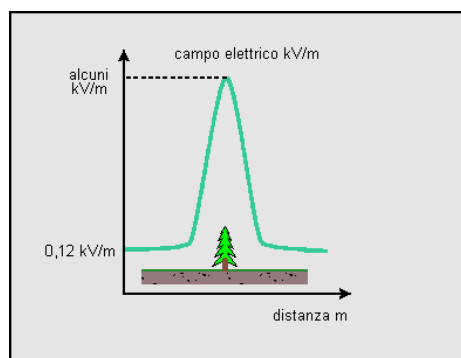


Fig. 3

*Il campo elettrico è rafforzato dalla presenza di elementi in rilievo.*

## 3. Formazione e caratteristiche del fulmine

Come già specificato i fulmini sono dei fenomeni di scarica elettrica che producono in tempi brevissimi correnti di intensità enorme e possono distinguersi in discendenti (quando hanno origine dalla nuvola) o ascendenti (quando hanno origine da strutture poste a terra), positivi o negativi.

Ci riferiamoci all'esempio di uno tra i fulmini più diffusi e cioè il fulmine discendente: questo fulmine, a causa dell'intenso campo elettrico e della rarefazione dell'aria di norma ha inizio dalla parte più bassa della nube. Inizia con una saetta che si propaga a zig-zag verso terra con sbalzi successivi di 30-50 m. che si carica di particelle elettriche e favorisce la formazione di un canale ionizzato di forma ramificata. La scarica prosegue

fino ad arrivare quasi in prossimità del suolo ed il campo elettrico diventa così elevato tale da favorire fenomeni di effluvio o di scintille, finché uno di questi, detto canale di contro scarica, lungo alcune decine di metri entrerà in contatto col canale discendente. Il contatto tra il canale discendente e di contro scarica si manifesta come un arco elettrico con enorme luminosità, detto scarica di ritorno. Inizia così lo scambio di cariche elettriche tra le nuvole ed il suolo mentre la rapida espansione dell'aria provocata dall'energia termica generata dal fulmine si trasforma in energia sonora (tuono).

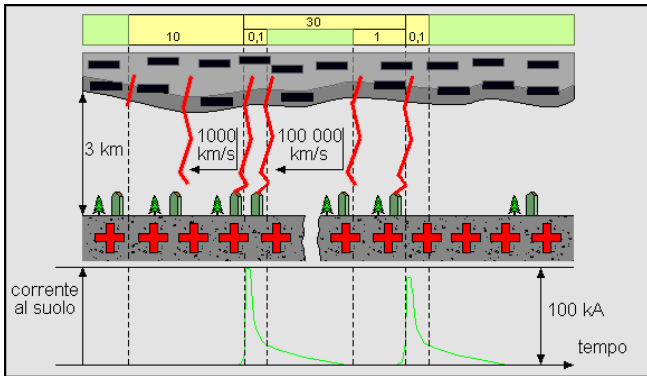


Fig. 4

Scarica di un fulmine discendente

## 4. Le sovratensioni

Una sovratensione è una tensione ad andamento impulsivo che si sovrappone al normale livello della tensione nominale della linea elettrica e come si è visto può essere di origine interna se dipende da fenomeni interni all'impianto elettrico oppure esterna quando è conseguenza di fenomeni elettrici che si sviluppano nell'atmosfera. Le forme d'onda normalizzate per rappresentare un'onda impulsiva sono riportate in fig. 5

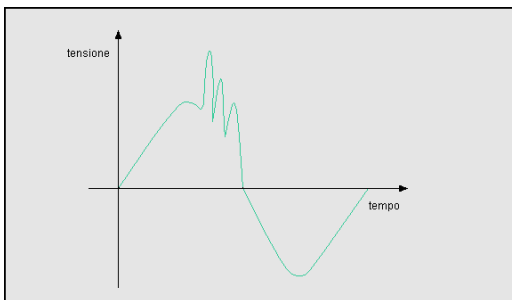


Fig. 5

Sovratensione di origine interna causata da choc da manovra

### 4.1 Sovratensioni di origine interna

Le sovratensioni di origine interna possono manifestarsi con forma d'onda sinusoidale a frequenza industriale, oppure possono essere transitorie legate a situazioni di guasto o di manovre, con forme d'onda sinusoidale a frequenza superiore a quella di rete, come di seguito specificato.

**Per improvvisa diminuzione del carico** - Una repentina diminuzione del carico determina un conseguente aumento della tensione, dovuta ovviamente alla diminuzione della caduta di tensione sulla linea e nei generatori. Da una condizione di carico normale si può quindi passare ad una condizione a vuoto con un aumento della tensione, soprattutto nelle macchine di elevata potenza, che può raggiungere valori che si avvicinano al 130%, della tensione normale ed anche di più in casi particolari.

**Per guasto franco a terra** - In un sistema trifase ad esempio, al verificarsi di un guasto franco a terra, la tensione verso terra della fase soggetta a guasto si azzerà (situazione di corto circuito) mentre quella delle altre due fasi integre, al termine di un periodo transitorio, assume un valore 1,73 volte maggiore della normale tensione di fase.

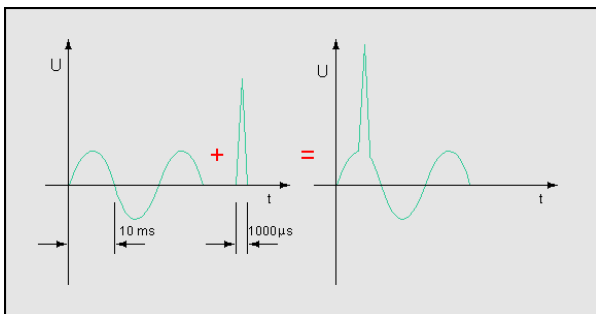
**Per contatto accidentale tra alta e bassa tensione** - In questo caso le sovratensioni possono essere causate da un contatto accidentale tra una linea in alta tensione e una linea in bassa tensione o per il cedimento dell'isolamento tra il primario e il secondario di un trasformatore. Per ovviare a tale tipo di guasto, nella rete in bassa tensione è prevista la messa a terra del neutro in modo che il contatto tra i due sistemi a tensione diversa si tramuti in un guasto a terra rilevabile dai sistemi di protezione.

**Per ferrorisonanza** - La contemporanea presenza di componenti capacitive, ad esempio condensatori di rifasamento o di cavi schermati e componenti induttive saturabili, come ad esempio trasformatori, reattori in ferro, ecc, può dar luogo a sovratensioni dovute a fenomeni di risonanza. La non linearità della caratteristica di magnetizzazione del ferro, comporta infatti la possibilità che si presentino diversi livelli di funzionamento accompagnati da elevate tensioni sui vari elementi del sistema.

**Per innesco di arco elettrico a terra** - Si manifestano quando su una linea ad alta tensione con neutro isolato si innesca accidentalmente un arco elettrico tra un conduttore e la terra. La corrente d'arco che ne deriva si richiude attraverso le capacità parassite verso terra dei conduttori, provocando l'azzeramento della tensione verso terra nella fase guasta ed il contemporaneo aumento nelle fasi sane. Il fenomeno è caratterizzato da un transitorio nel quale si ha uno scambio energetico fra i condensatori parassiti e le induttanze equivalenti della linea, che producono una tensione ad andamento oscillatorio che può raggiungere tra le fasi un valore massimo 2,5 volte superiore a quello nominale di esercizio. La condizione più critica si può verificare in presenza di archi verso terra di natura intermittente perché ogni oscillazione si sovrappone al livello precedente e la tensione può raggiungere valori fino a 4 volte la tensione di esercizio.

**Per manovre** - L'apertura sotto carico di un interruttore comporta la formazione di un arco elettrico tra i contatti ed è seguita da fenomeni transitori dovuti agli scambi energetici tra i vari elementi dell'impianto. Questo influenza le sovratensioni in formazione che possono raggiungere valori pari al 130% della tensione di esercizio massima. I fattori che determinano l'ampiezza di tali sovratensioni sono la velocità di separazione dei contatti dell'interruttore, la presenza di componenti capacitive e induttive, l'intensità della corrente e l'istante in cui avviene l'interruzione. Nei sistemi ad alta tensione, dove sono presenti significative componenti capacitive verso terra, il fenomeno è simile a quello descritto nel precedente paragrafo e determina la formazione di sovratensioni dell'ordine del 300-400% della tensione di esercizio. Altre sovratensioni di manovra di tipo impulsivo, con valori pari a circa due volte la tensione di esercizio, si possono evidenziare durante la chiusura di un circuito che alimenta un carico capacitivo (ad es. una linea a vuoto).

#### 4.2 Sovratensioni di origine esterna



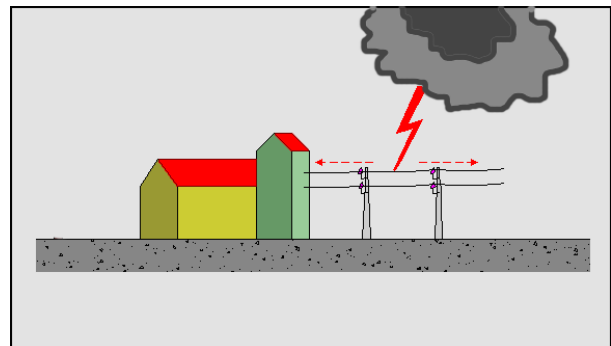
*Sovratensione di origine esterna causata da un fulmine*

Le sovratensioni di origine esterna possono essere a formazione lenta o impulsive.

**A fronte lento** - Hanno origine da fenomeni di tipo elettrostatico dovuti alla presenza, in prossimità delle linee elettriche, di nubi cariche elettricamente. Le cariche elettriche, localizzate nelle stratificazioni inferiori della nuvola, determinano la migrazione di cariche di segno opposto sulle linee sottostanti. Il sistema resta stabile finché la nuvola non scarica verso terra e viene a mancare la forza attrattiva sulle cariche che si erano accumulate lungo la linea. Di conseguenza si manifesta una sovratensione che si propaga con forma d'onda impulsiva lungo i conduttori della linea.



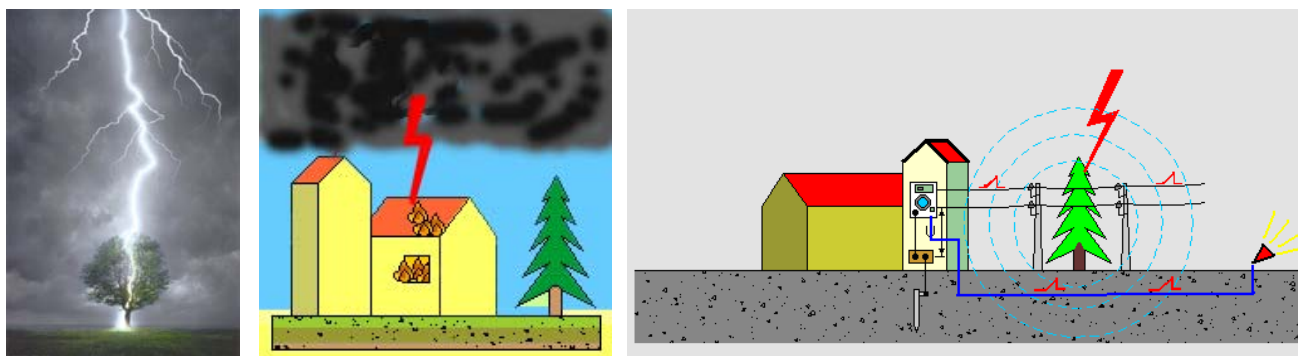
*A fronte lento*



*A fronte ripido*

**A fronte ripido** - Sono provocate dai fenomeni di fulminazione atmosferica sia diretta che indiretta. La fulminazione diretta ha effetto sulla linea o sulle apparecchiature e gli impulsi di corrente si possono propagare fino alle abitazioni e presenta la medesima forma d'onda di tipo impulsivo della corrente di fulmine. Il valore massimo di questa sovratensione è normalmente compreso tra 1000 e 5000 kV con valore di cresta dell'onda della corrente di fulmine stimabile fino ad oltre 100KA.

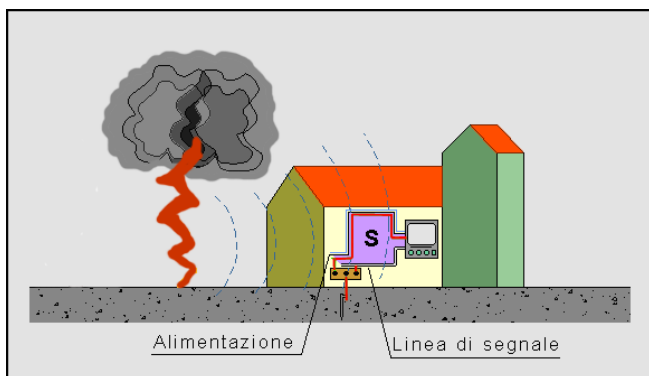
Un caso particolare di fulminazione riguarda la caduta del fulmine in prossimità dell'impianto, che può avvenire sul tetto di un edificio o su un albero, come pure sull'asta di un parafulmine (fig. 6). La corrente di fulmine non percorre l'impianto ma il campo elettromagnetico conseguente, che varia nel tempo con la stessa legge con cui varia la corrente di fulmine, interessa tutti i conduttori presenti nelle vicinanze ed in particolare nel sottosuolo, generando delle sovratensioni che si propagano per conduzione. Le sovratensioni che si sono formate sui conduttori creano a loro volta un campo magnetico provocando sui conduttori stessi l'insorgere di una sovratensione.



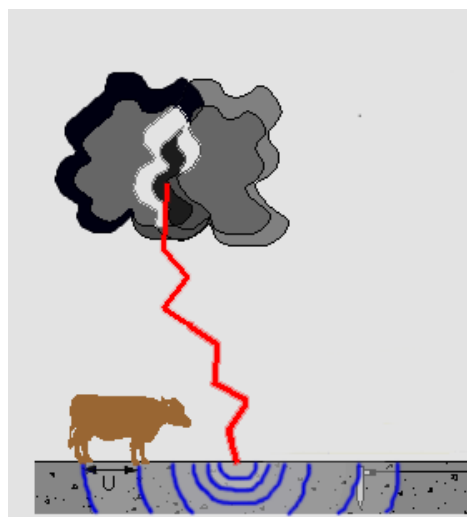
Ecco perché, laddove vi sia la presenza di parafulmini installati per situazioni particolari (grossi complessi a rischio, centrali, fabbriche di merci pericolose, ecc), si deve prestare un'attenzione ancora maggiore al problema; infatti se è pur vero che si riesce a scongiurare l'evento disastroso di una fulminazione diretta (con possibilità di danni enormi, incendi ecc), grazie al parafulmine, è anche vero che l'eventualità che un fulmine colpisca il parafulmine ha maggiori probabilità di verificarsi. In questi casi, scongiurato il danno catastrofico, ci si ritrova però a fare i conti con le sovratensioni generate dal campo magnetico del fulmine che si è scaricato a terra per mezzo del parafulmine.

Desideriamo a questo punto evidenziare come gli apparecchi più sensibili, possano essere in questo caso quelli dislocati in aree aperte, con cavi di alimentazione interrati di una certa lunghezza che maggiormente possono intercettare il campo magnetico dovuto alla fulminazione. In particolare, piccoli apparecchi come ad esempio dei farettoni in tecnologia Led, alimentati in bassa tensione e con un cavo interrato di svariati metri, possono risentire in modo maggiore degli effetti di un fulmine che si è scaricato a terra per mezzo di un parafulmine, anche se a centinaia di metri di distanza. Si tratta infatti di apparecchi con al loro interno un circuito elettronico di alimentazione. Tale circuito è costituito da componenti elettronici dimensionati per lavorare a bassissima tensione, per cui un picco di tensione che arriva tramite il cavo, anche solo di qualche centinaio di volt, può essere sufficiente a danneggiare un ponte di diodi o un regolatore di corrente. Su apparecchi molto piccoli, non è possibile inserire delle protezioni sufficientemente adeguate, sia per motivi fisici che economici; è buona norma quindi valutare possibilità alternative di protezione che seppur non sicure ed affidabili al 100% per l'effettiva imprevedibilità e magnitudine degli eventi atmosferici, possono essere determinanti a salvaguardare l'integrità del prodotto nella maggior parte dei casi. E' bene quindi prevedere sull'alimentazione in bassa tensione di questi apparecchi, l'inserimento di appositi filtri (comunemente reperibili in commercio) senza peraltro prescindere da un'adeguata protezione immediatamente a valle del contatore.

Il campo elettromagnetico può anche concatenarsi con le spire formate dai circuiti vicini, come ad esempio l'anello di terra, generando delle sovratensioni che dipendono dalla dimensione della spira e dalla forma d'onda della corrente (fig. 6).



*Fig. 6 La sovratensione che si genera nella spira è proporzionale alla superficie S delimitata dai cavi di alimentazione e di segnale.*



*Fig 7*

Un colpo di fulmine a terra, può provocare infine un aumento del potenziale di terra mettendo a repentaglio l'incolumità degli animali e delle persone e nel contempo provocare danni alle installazioni collegate a terra nelle vicinanze del punto di caduta (fig. 7), come nell' esempio sopra citato delle installazioni elettriche all'aperto.

### 4.3 Come si propagano le sovratensioni

Le sovratensioni possono manifestarsi fra le parti attive e la terra (longitudinali o di modo comune) oppure tra le parti attive (trasversali o differenziali). Nelle sovratensioni di modo comune tutti i conduttori assumono la stessa tensione verso terra perciò fra i conduttori attivi non si stabilisce alcuna sovratensione mentre sono sollecitati gli isolamenti verso terra di fase e neutro. Il pericolo maggiore lo corrono le apparecchiature dove la massa è connessa a terra essendo non trascurabili i rischi di scariche nel dielettrico. Le sovratensioni di modo differenziale interessano invece le parti attive (fase/fase o fase/neutro). In questo caso sono sollecitati gli isolamenti fra i conduttori e si presentano particolarmente pericolose per le apparecchiature elettroniche .

L'utilizzo dei LED e dell'elettronica a bordo degli apparecchi di illuminazione ha evidenziato il problema delle sovratensioni dovuto alle scariche elettriche dirette o indirette; la maggiore concentrazione di guasti riguarda gli alimentatori elettronici soggetti a problemi di isolamento elettrico sui componenti distrutti dalle scariche elettriche.

Il LED è un diodo che funziona a corrente costante e con caduta di tensione ai suoi capi relativamente bassa, per tale motivo risulta particolarmente sensibile alle scariche elettrostatiche e ai disturbi di tipo impulsivo.

**Da una analisi condotta in Francia per il segmento residenziale a cura di AVIVA, la sesta società di assicurazioni più importante del mondo, emerge che il 61% dei danni alle apparecchiature elettroniche deriva da sovratensioni di origine atmosferica ed il 15% da sovratensioni sulla rete, per guasti o altri motivi.**

## 5 Quando è necessario installare le protezioni contro le sovratensioni

Non è sempre necessario od obbligatorio installare delle protezioni contro le sovratensioni in quanto dipende dal tipo e dal valore del rischio che si vuole considerare. Un edificio può essere sufficientemente protetto dalla fulminazione diretta, ma potrebbe ugualmente necessitare di una protezione contro la fulminazione indiretta. Si è accennato come un fulmine può scaricarsi nelle vicinanze dell'edificio inducendo tensioni nei circuiti elettrici interni ed esterni lo stesso edificio. Se l'edificio contiene installazioni essenziali o sensibili, (ma al giorno d'oggi ogni edificio pullula di apparecchiature più o meno sensibili), oppure in presenza di linee aeree entranti, il rischio non è più trascurabile e si rende necessario prendere provvedimenti contro le sovratensioni (Norma 81-1, appendice G). Il rischio, infatti, è limitato per le apparecchiature elettromeccaniche, ma non lo è per le apparecchiature elettroniche che in genere sopportano sovratensioni di poco superiori a 1 kV se sono separate dalla rete mediante trasformatore e di circa 2-3 volte la tensione nominale se non lo sono. Il fulmine può colpire le linee elettriche, di energia o di segnale, e le sovratensioni conseguenti si propagano lungo le linee penetrando all'interno dell'edificio. **In particolare la protezione da quest'ultimo tipo di sovratensioni è prescritta dalla norma CEI 64-8**, che prende anche in considerazione quelle di origine interna generate da sovratensioni di manovra. Le sovratensioni originate dai fulmini sono però generalmente le più difficili da arginare e quindi se si risolve il problema della loro protezione, si può ritenere soddisfatta anche la protezione per quelle di origine interna. Le protezioni contro le sovratensioni possono essere fondamentalmente di due tipi: primarie (LPS esterno) e secondarie (LPS interno). L' LPS esterno deve essere in grado di intercettare il fulmine, di condurre e di disperdere a terra la corrente provocata dal fulmine mentre L'LPS interno deve evitare la formazione di scariche pericolose.

Con l'istallazione di un LPS esterno si intende proteggere le strutture dal rischio di fulminazione diretta. I mezzi per ottenere tale scopo sono i classici impianti parafulmine con captatori, le calate e dispersori a terra della corrente. Quando i captatori e le calate sono isolati dalla struttura si parla di LPS esterno isolato e ciò è richiesto dalla Norma quando si vuole evitare che una parte, seppur minima, della corrente interessi l'interno dell'edificio da proteggere, ad esempio quando è presente il rischio di esplosione.

L'installazione di un LPS interno prevede la predisposizione di tutte le misure di protezione atte a limitare gli effetti elettromagnetici della corrente di fulmine e con modalità diverse a seconda che l'LPS esterno sia isolato o non isolato si dovranno realizzare adeguati collegamenti equipotenziali, o attraverso limitatori di sovratensione. L'LPS interno è classificato, in funzione del modo di collegamento, in protezioni serie e protezioni parallelo. Le protezioni in serie sono installate in serie all'alimentazione dell'installazione da proteggere e devono essere dimensionate in funzione della potenza dell'installazione stessa: possono essere impiegati dei trasformatori per limitare le sovratensioni e le componenti armoniche o più comunemente dei filtri realizzati con resistenze, induttanze e capacità che sono altamente efficienti sia per la protezione dalle sovratensioni industriali o di manovra sia da quelle di origine atmosferica.

Le protezioni in parallelo sono le più utilizzate perché si adattano bene alla potenza dell'installazione da proteggere. Si utilizzano degli scaricatori di sovratensione nei luoghi ove si opera la trasformazione MT/BT, in uscita dai trasformatori oppure nei sistemi a neutro isolato per scaricare a terra le eventuali sovratensioni. Gli scaricatori per basse tensioni possiedono una capacità di scarica limitata ma sono installabili all'interno dei quadri di distribuzione. Se opportunamente coordinati garantiscono un'efficace, discreta ed economica protezione dalle sovratensioni sia di origine esterna sia di origine interna.

Gli effetti delle sovratensioni si possono manifestare in diversi punti dell'impianto in bassa tensione e per poterli contenere entro limiti accettabili per le apparecchiature è opportuno installare gli SPD. (Surge Protective device) Il principio di funzionamento di tali dispositivi si basa sulla capacità di innescare un arco elettrico tra una parte dell'impianto in tensione e l'impianto di terra quando si manifesta una sovratensione e di ripristinare l'isolamento quando l'impulso di tensione si annulla. Come dicevamo sono presenti sul mercato in grande quantità, con tecnologie costruttive, modelli e caratteristiche diverse.

In relazione al loro tipo di impiego normale gli SPD possono essere classificati in tre classi diverse di prova: Classe I - Sono costruiti per sopportare gran parte della corrente di fulmine e quindi sono utilizzati dove il rischio di fulminazione diretta è elevato

Classe II - Non sono adatti alla protezione contro le scariche dirette ma possono essere impiegati quando si debbano scaricare correnti provocate da sovratensioni indotte o piccole parti della corrente di fulmine.

Classe III - Questo tipo di SPD può essere usato per la protezione di apparecchiature collegate a circuiti già protetti con SPD di classe I o II. Possono essere installati nelle vicinanze delle apparecchiature da proteggere e all'ingresso di quadri divisionali.

Gli SPD possono essere suddivisi in funzione della tecnologia adottata.

Spinterometro - Possono essere in aria o in gas. Presentano un'impedenza elevata in assenza di sovratensione, ma quando avviene l'innescò riducono rapidamente a pochi volt la tensione ai loro capi. Sono costituiti da due elettrodi fra i quali, al manifestarsi di una sovratensione, si innescò un arco elettrico che si estingue quando la corrente scende al di sotto di qualche decina di ampère. Non sempre questi dispositivi garantiscono la sicura estinzione dell'arco perché a volte la tensione di esercizio del sistema, quando è superiore a quella d'arco, può sostenere l'arco stesso. Questo è un problema che occorre risolvere perché la corrente, in queste condizioni, è quella di corto circuito nel punto di installazione. Per correnti della decina di ampère si può intervenire con dispositivi che allungano e raffreddano l'arco ma, per correnti elevate, il problema può essere risolto solo installando interruttori o fusibili a monte dello spinterometro. Sono caratterizzati da elevate correnti nominali di scarica fino a 60 kA con forma d'onda 10/350 microsecondi e 100 kA con forma d'onda 8/80 microsecondi. La tensione d'innescò e quella residua sono dell'ordine dei 4 kV e sono comunemente classificati di classe I.

Varistore - Si tratta di un dispositivo ad ossido di zinco o carburo di silicio molto diffuso sul mercato. Quando è sottoposto alla tensione di esercizio presenta un'impedenza molto elevata che si riduce, tendendo a zero, al crescere della tensione. Si determina in tal modo un vero e proprio corto circuito che favorisce la rapida dispersione della corrente verso terra con la tensione ai capi del varistore che si mantiene praticamente costante. Si utilizza in condizioni non particolarmente severe con correnti di scarica dell'ordine dei 10-15 kA con impulso 8/20 microsecondi, tensioni d'innescò che possono variare da pochi volt a qualche kV e quando è richiesto il sicuro ripristino dell'isolamento al venir meno della sovratensione. Il varistore è soggetto a progressivo degrado a causa della piccola corrente di fuga presente alla tensione di esercizio e del numero di interventi che è chiamato ad effettuare. Ad ogni sovratensione subita la corrente di fuga aumenta provocando nel tempo la fine vita del dispositivo che è bene sia segnalata tramite diodo led. Sono normalmente classificati di classe II.

Diodi soppressori (diodi Zener) - Sono caratterizzati da tempi di risposta molto rapidi e da basse correnti di fuga. Possono però sopportare energie specifiche limitate rispetto agli spinterometri e ai varistori e sono quindi utilizzati, in associazione ad altre protezioni, per la protezione terminale delle apparecchiature. Il principio di funzionamento sfrutta le caratteristiche del diodo Zener, molto robusto e in grado di sopportare correnti di qualche centinaio di ampère, protetto mediante un fusibile. Questi componenti sono spesso incorporati in connettori o adattatori a presa-spina, classificati abitualmente in classe III.

Spd di tipo combinato - La combinazione può essere ottenuta connettendo in serie o in parallelo tra di loro uno spinterometro e un varistore. La combinazione in serie agevola l'estinzione dell'arco e garantisce l'isolamento nelle condizioni di normale esercizio. Queste caratteristiche si ripercuotono positivamente sulla durata di vita del limitatore perché si evita il corto circuito sul dispositivo e, in condizioni di funzionamento ordinario, il varistore non è percorso da nessuna corrente di fuga.

## 6. Regole generali d'installazione

L'installazione dei limitatori di sovratensione nei vari sistemi di distribuzione deve tener conto dello schema di collegamento a terra adottato, della posizione rispetto ai dispositivi di protezione contro i contatti indiretti e dell'esigenza di garantire, nei limiti del possibile, la continuità del servizio. La contemporanea verifica di queste condizioni non è però possibile in alcune situazioni di guasto degli scaricatori quando sono installati tra i conduttori di fase o di neutro e il conduttore di protezione (PE).

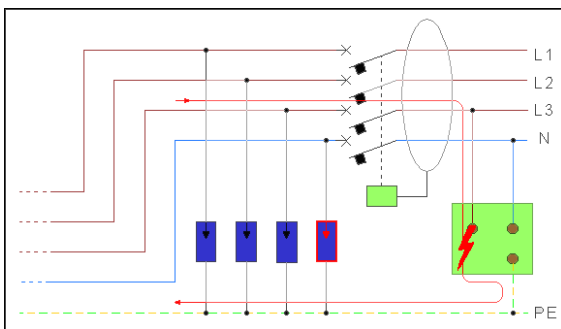
### 6.1 Protezione dalle sovratensioni e dispositivi di protezione dai contatti indiretti

L'impiego di SPD installati a valle di un interruttore differenziale che potrebbe intervenire intempestivamente essendo attraversato dalla corrente impulsiva che si scarica a terra attraverso gli SPD.

Il problema può essere risolto con gli SPD installati a monte del dispositivo differenziale. Tale soluzione però ne pone immediatamente un altro nell'eventualità che l'SPD si danneggi e chiuda in corto circuito un conduttore di fase o di neutro verso terra. Se, passata la sovratensione, l'SPD non ripristina l'isolamento verso terra, risulta inefficace la protezione contro i contatti indiretti.

Se gli SPD sono installati a valle rispetto all'interruttore differenziale un guasto sullo scaricatore collegato tra il neutro e la terra e un contemporaneo cedimento dell'isolante dell'utilizzatore provoca una corrente che, potrebbe non essere correttamente rilevata dall'interruttore differenziale. Questo comporta un grave rischio per le persone perché una tensione pericolosa si stabilisce sull'impianto di terra e sulle apparecchiature ad esso collegate.

Il dispositivo differenziale interviene invece correttamente quando gli scaricatori sono installati a monte (fig. 8) anche nel caso di contemporaneo guasto dell'utilizzatore e dello scaricatore collegato tra neutro e PE.



*Fig. 8*

*Il guasto sull'utilizzatore è rilevato dall'interruttore differenziale installato a valle rispetto all'SPD danneggiato collegato tra neutro e terra PE*

### 6.2 Soluzioni di installazione

Risulta evidente la necessità di una protezione che in caso di guasto degli SPD intervenga, interrompendo il collegamento a terra, a ripristinare le condizioni di sicurezza nei confronti dei contatti indiretti.

A seconda del sistema di distribuzione dell'energia possono venire adottate soluzioni diverse, ma si tratta di casi particolari che devono essere singolarmente esaminati da installatori dotati di una certa competenza.

Installando i dispositivi a valle del differenziale la protezione contro i contatti indiretti è assicurata anche in caso di corto circuito dell' SPD, ma in caso di fulminazione diretta il differenziale verrebbe quasi sicuramente danneggiato.

Installando i dispositivi a monte del differenziale invece, si protegge il medesimo in caso di fulminazione diretta.

### 6.3 Equipotenzialità

Una efficace protezione contro le sovratensioni deve prevedere un efficace collegamento equipotenziale fra tutte le masse. Il collegamento equipotenziale deve essere effettuato con molta cura ponendo particolare attenzione alla lunghezza dei collegamenti che deve essere la più corta possibile per evitare che si formino, al passaggio della corrente di fulmine, differenze di potenziale pericolose dovute all'impedenza dei conduttori di protezione.

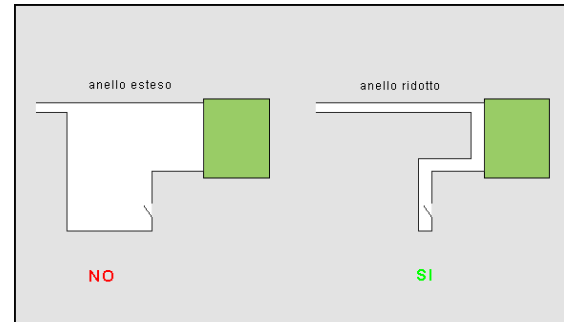
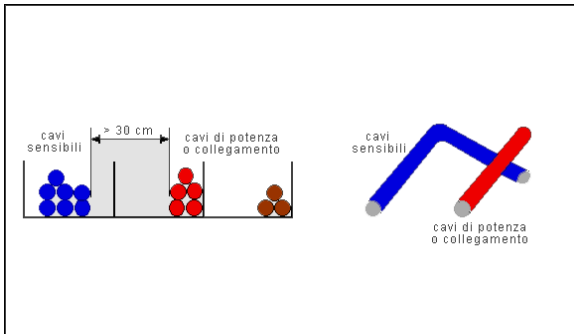
Se le masse sono collegate attraverso cavi di segnale si viene a formare un anello di grande superficie particolarmente sensibile ai campi elettromagnetici .



Collegando le varie masse ad un unico conduttore di protezione, l'impedenza del cavo è più bassa e conseguentemente anche le differenze di potenziale. L'anello fra le masse risulta inferiore al caso precedente ma è necessario un collegamento equipotenziale supplementare tra le masse perché potrebbe essere difficoltoso estinguere l'elevato numero di scariche ad alta frequenza che si dovessero generare.

#### 6.4 I conduttori e le regole del cablaggio

Il cablaggio dei conduttori deve essere effettuato ponendo particolare attenzione al distanziamento dei cavi sensibili rispetto ai cavi di potenza e di collegamento e gli eventuali incroci nei quadri e nelle canalizzazioni, per evitare pericolosi accoppiamenti elettromagnetici, devono formare un angolo retto e i circuiti devono essere cablati in modo che la spira formata dai conduttori sia la meno estesa possibile.



#### 6.5 Coordinamento degli SPD collegati in cascata

Si ricorre a più SPD collegati in parallelo quando l'impiego di un unico SPD, non fornisce sufficienti garanzie di scarica delle correnti elevate. Normalmente il limitatore a monte, dove il livello di protezione può essere più alto, è uno spinterometro, mentre quello a valle, dove la tenuta delle apparecchiature è più bassa, si possono impiegare dispositivi con livello di protezione più basso come ad esempio un varistore o un diodo Zener. Indipendentemente da questo, il coordinamento tra limitatori di sovratensione collegati in cascata deve essere condotto diversamente secondo che si tratti di due varistori, di uno spinterometro e di un varistore oppure di uno spinterometro, di un varistore e di un dispositivo con diodo Zener collegati in cascata fra di loro. Il dispositivo di protezione fine, bassa tensione residua e bassa corrente di scarica (diodo Zener), deve essere posizionato nelle immediate vicinanze dell'utilizzatore, quelli con tensione residua e corrente di scarica più alta, all'ingresso della linea nell'edificio (spinterometro), mentre fra i due SPD, in opportuna posizione, si può installare un ulteriore dispositivo con caratteristiche intermedie (spinterometro).

#### 6.6 L'installazione degli SPD nei quadri

I collegamenti dei limitatori di sovratensione devono essere i più corti possibile e di norma con una lunghezza complessiva inferiore ai 50 cm, perché la sollecitazione sull'isolamento delle apparecchiature protette cresce in proporzione alla loro lunghezza. Lo scaricatore dovrà possedere un livello di protezione alla tensione, adatto al valore massimo di tensione che le apparecchiature da proteggere sono in grado di sopportare.

Nel quadro elettrico gli SPD devono essere posizionati in modo da limitare la superficie della spira formata dai loro collegamenti e i circuiti delle partenze protette, per evitare che la corrente di scarica induca delle sovratensioni su di essi.

Redatto in proprio.

p.e Borra – p.e Celi

Fonti:

Pezzi – Elettrotecnica generale

Olivieri e Ravelli – Elettrotecnica

Barezzi – Impianti elettrici

Tiberio – Impianti elettrici

Norme CEI – Impianti a norme CEI