



Bruno Orsini (orsinibruno)

## LA PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

14 January 2014

### **Premessa introduttiva**

L'utilizzo sempre più frequente di apparecchiature elettriche e soprattutto elettroniche, sensibili alle sovratensioni in reti di bassa tensione, ha reso indispensabile la realizzazione di sistemi di protezione sempre più efficienti e particolarmente mirati alla tipologia dell'impianto dove tale protezione è necessaria. Le moderne apparecchiature elettroniche, anche in ambito domestico quali: reti informatiche locali, computer, televisori, apparecchiature di telecomunicazioni, elettrodomestici robotizzati, impianti di allarme e videosorveglianza, impianti domotici, sono soggette più che in passato ad essere danneggiate dalle sovratensioni. Le sovratensioni rappresentano la principale causa di guasto dei dispositivi elettronici, **quelle più pericolose sono causate da fulminazione, da manovre elettriche sulla linea di distribuzione e da interferenze parassite**; infatti un eventuale guasto, causato da una sovratensione, può portare a perdite di servizio e/o di dati e/o di produttività di gran lunga superiori al costo delle eventuali apparecchiature di protezione.

I dispositivi che effettuano una efficace protezione contro le sovratensioni sulle reti AT e MT sono denominati "scaricatori di sovratensione", mentre quelli che la effettuano sulle reti di bassa tensione sono denominati "limitatori di sovratensione" SPD (Surge Protective Device); si può quindi affermare che i dispositivi SPD svolgono l'attività di "guardiani" all'interno di un impianto elettrico utilizzatore consentendo una sicura utilizzazione in quanto viene drasticamente ridotta anche la possibilità di un eventuale rischio incendio. Attualmente la Norma CEI 64-8 prende in considerazione la protezione dalle sovratensioni di un impianto elettrico attraverso la raccomandazione dell'uso degli SPD, in particolare prescrive che il conduttore di protezione principale deve raggiungere **direttamente, senza nessuna interruzione**, una morsettiera di terra all'interno del quadro elettrico principale (centralino) proprio al fine di permettere una efficace installazione dei limitatori di sovratensione.

## Caratteristiche tecniche delle sovratensioni

Una sovratensione viene definita come un valore anomalo di tensione che supera il valore di picco della massima tensione in regime permanente, presente in un determinato impianto nelle condizioni ordinarie di funzionamento. In pratica sono costituite da picchi di tensione che si propagano sulla linea di alimentazione, sono in genere di durata inferiore ad 1 ms con ampiezza che può raggiungere un valore oltre 20 volte quello della tensione nominale di alimentazione. Le conseguenze di questo aumento transitorio di tensione possono essere: cedimento dell'isolamento, cortocircuiti con possibile innesco di incendi e/o esplosioni, fusione dei conduttori, distruzione delle apparecchiature; nel grafico di figura 1 è rappresentato l'andamento di una sovratensione impulsiva dove  $T_1$  è il **tempo di salita** espresso in  $\mu\text{s}$  e rappresenta l'intervallo di tempo compreso fra gli istanti in cui l'impulso è al 10% e al 90% del valore di picco;  $T_2$  è il **tempo all'emivalore** espresso in  $\mu\text{s}$  e rappresenta l'intervallo di tempo compreso tra gli istanti in cui l'impulso è al 10% e al 50% del valore di picco;  $V_{\text{max}}$  è il **valore di picco** della sovratensione.

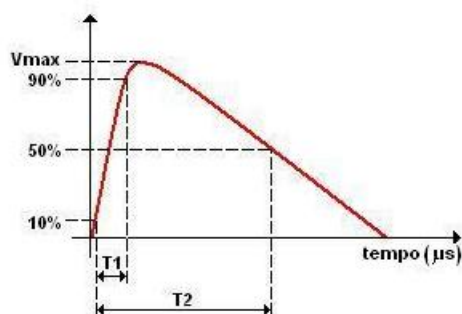


Fig.1

Le sovratensioni possono essere distinte in base al modo di propagazione:

- **sovratensioni di modo comune (MC) o longitudinali** si hanno tra i conduttori attivi e la terra e sono soprattutto pericolose per le apparecchiature che hanno le masse collegate a terra, figura 2;



Fig.2

- **sovratensioni di modo differenziale (MD) o trasversali** si hanno tra i conduttori attivi, fase/fase o fase/neutro isolato e sono soprattutto pericolose per tutte le apparecchiature di tipo elettronico e per quelle di tipo informatico, figura 3.

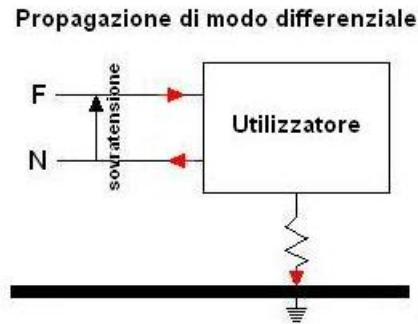


Fig.3

In base alla loro origine:

- **atmosferiche, LEMP (Lighting ElectroMagnetic Pulse)** in questo caso sono: di tipo "condotte" se il fulmine cade direttamente o nelle immediate vicinanze di una linea aerea, sia elettrica che di telecomunicazioni, con conseguenti correnti di fulmine che si propagano fino all'interno delle abitazioni; di tipo "indotte" se il fulmine cade al suolo. L'energia elettromagnetica che si sviluppa in seguito ad un fulmine e che investe tutti i conduttori, può generare sovratensioni sia di modo comune che di modo differenziale che propagandosi per conduzione generano a loro volta un campo elettromagnetico che induce sui conduttori una sovratensione che può assumere valori di diverse decine di kV, un esempio è visibile in figura 4;



*Fig.4*

- **di manovra, SEMP (Switching ElectroMagnetic Pulse)** sono dovute ad una brusca alterazione della condizione di regime all'interno di una rete elettrica che provocano la nascita di fenomeni transitori ovvero di onde di sovratensione ad alta frequenza o oscillatorie smorzate. Questo tipo di sovratensioni possono essere generate da: manovre di interruzione o commutazione di circuiti, manovre di comando, avviamento o arresto di motori, inserzioni di batterie di condensatori. Questo tipo di sovratensioni, rispetto a quelle di origine atmosferiche, hanno un minore contenuto energetico ma si manifestano con frequenza maggiore; hanno una durata breve e a causa dell'elevato valore di picco e del brusco fronte di salita, provocano un forte logorio degli impianti elettrici in modo particolare delle apparecchiature elettroniche;

- **temporanee a frequenza industriale** sono quelle che hanno la stessa frequenza del sistema di alimentazione e sono dovute a: rottura del conduttore di neutro con conseguente squilibrio delle tensioni di fase; guasti di isolamento fase/massa o fase/terra su un circuito a neutro isolato; intervento di scaricatori su linee MT con conseguente innalzamento del potenziale di terra dell'impianto; guasto MT/BT in cabina;

- **elettrostatiche, ESD (Electro Static Discharge)** sono dovute a fenomeni di accumulo di cariche elettriche e si possono verificare soprattutto in ambienti secchi dove si accumulano cariche elettriche che generano campi elettrostatici molto elevati, un esempio pratico è quello di una persona che cammina su una moquette indossando scarpe con suola di gomma, si può caricare ad una tensione di diversi kV, e se la stessa persona così caricata si avvicina all'involucro di un elettrodomestico andrebbe a scaricare l'energia accumulata provocando una scintilla di qualche

ampere, ciò potrebbe provocare il danneggiamento delle schede elettroniche dell'elettrodomestico.

Le protezioni contro le sovratensioni vengono divise in due categorie:

- **protezione primaria** consiste nella protezione dell'impianto dalla caduta diretta di un fulmine ed è realizzata all'esterno degli edifici, basa il suo funzionamento sulla presenza di un captatore, una struttura metallica più alta delle strutture da proteggere. La protezione primaria più utilizzata è il classico impianto parafulmine LPS (Lightning Protection System) composto da captatori, dispersori e calate; di valido aiuto al fine di valutare un possibile rischio di fulminazione di una determinata struttura, possono essere i grafici di seguito riportati, in particolare in figura 5 è riportato il valore medio di  $N_t$  (densità di fulmini a terra, come da guida CEI 81-3 che riporta anche il valore di  $N_t$  per tutti i comuni italiani), questo parametro è fondamentale per la progettazione dell'impianto LPS, mentre in figura 6 è riportata la frequenza dei temporali in Italia in relazione al mese; ulteriori informazioni su temporali e caduta fulmini in tempo reale possono essere ottenute consultando i seguenti siti: [meteosestola](http://meteosestola), [centrometeo](http://centrometeo), [fulmini](http://fulmini), [meteolive](http://meteolive);

N° dei fulmini a terra all'anno per km<sup>2</sup>

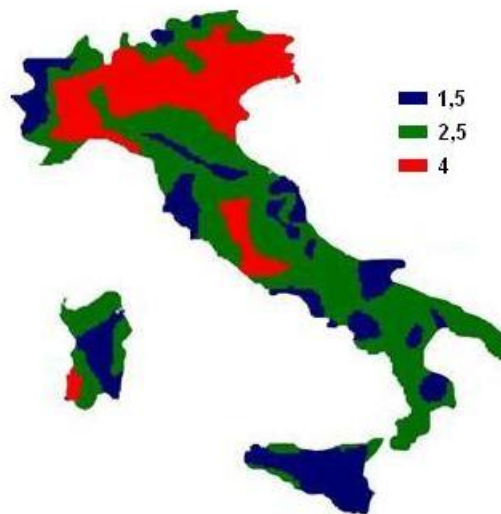


Fig.5

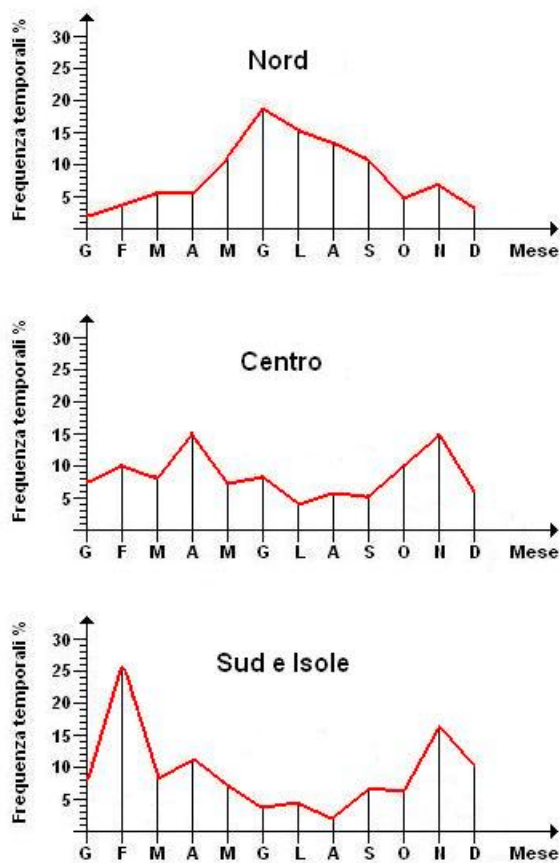


Fig.6

- **protezione secondaria** è quella realizzata all'interno degli edifici e serve a ridurre gli effetti delle sovratensioni di origine atmosferica, di manovra e a frequenza industriale. La protezione secondaria viene classificata in base al modo di collegamento e si distingue in: **protezione in serie** realizzata per una specifica apparecchiatura da proteggere, rientrano in questa categoria gli stabilizzatori di rete, i filtri, i trasformatori, gli UPS; **protezione in parallelo** è la protezione secondaria più utilizzata sia per le reti elettriche che per quelle di telecomunicazioni.

In questo articolo viene presa in considerazione la protezione in parallelo, in particolare i limitatori di sovratensione SPD (Surge Protective Device) il cui scopo è quello di scaricare verso terra l'energia della sovratensione limitandola a valori tollerabili dalle apparecchiature collegate agli impianti di bassa tensione. In questi impianti infatti le sovratensioni rappresentano la principale causa di guasto dei dispositivi elettronici e di interruzione dell'attività produttiva; ormai i sistemi elettronici sono sempre più diffusi, anche in ambito domestico e con il processo di miniaturizzazione dei circuiti e dei componenti, le apparecchiature elettroniche sono

soggette più che in passato ad essere danneggiate dalle sovratensioni. Soprattutto nelle città ad alta densità di popolazione, gli effetti risultanti dalle scariche elettriche da fulminazione possono manifestarsi per diversi chilometri con risultati devastanti. Con il Sistema Italiano di Rilevamento dei Fulmini (SIRF) presso il CESI di Milano è stato rilevato che ogni anno il territorio italiano viene colpito mediamente da circa 1,5 milioni di fulmini, opportune prove hanno dimostrato che la temperatura massima di un fulmine può arrivare fino a 30.000 °C per una durata di circa un milionesimo di secondo e la sua velocità può variare da 30.000 a 100.000 km/s. Anche i parametri elettrici sono enormi: il valore di picco della corrente, più alto rilevato è di 350 kA, la tensione tra nuvola e terra, prima dell'innescò della scarica, può arrivare a valori di qualche centinaio di milioni di volt.

## I componenti principali degli SPD

Purtroppo non esiste il componente completo che risponde pienamente a tutti i requisiti tecnici richiesti per una efficiente protezione contro le sovratensioni, vengono usati invece componenti diversi uno dall'altro che si completano in una tecnologia combinata; infatti al fine di ottimizzare la protezione i diversi componenti sono spesso combinati, di conseguenza gli SPD vengono distinti in tre famiglie: **a innesco o commutazione, a limitazione, di tipo combinato** ottenuto dal collegamento in serie o in parallelo di spinterometri, varistori o diodi soppressori; in pratica vengono usati tre componenti principali:

- **Spinterometri** fanno parte della famiglia a innesco, sono componenti che al di sopra di un determinato valore di tensione innescano una scarica elettrica al loro interno comportandosi momentaneamente come un cortocircuito, sono costituiti da due elettrodi opportunamente distanziati tra i quali, al sopraggiungere di una sovratensione, si innescò un arco elettrico che trasforma lo spinterometro in un cortocircuito verso terra. Sono definiti: **in aria**, usati soprattutto come scaricatori di sovratensione sulle reti AT e MT, nei quali la tensione di innesco dipende oltre che dalla distanza degli elettrodi anche dalle condizioni ambientali quali temperatura, inquinamento dell'aria, pressione; **a gas o GTD** (Gas Discharge Tube) usati soprattutto come limitatori di sovratensione SPD sulle reti di bassa tensione, sono contenuti in un'ampolla chiusa contenente gas rari quali argon e neon. Gli spinterometri a gas hanno una capacità di scarica altissima fino a 100 kA, una vita media molto lunga e dimensioni ridotte;

- **Varistori** fanno parte della famiglia a limitazione, in pratica sono delle resistenze non lineari, formate generalmente da dischi di ossido di zinco o carburo di silicio, che non rispettano la legge di Ohm, cioè la loro resistenza è inversamente proporzionale alla differenza di potenziale applicata ai loro capi; in pratica non appena viene

superata la tensione nominale, la sua resistenza si abbassa rapidamente fino a farlo diventare un conduttore. I varistori hanno il vantaggio di avere una capacità di scarica alta fino a circa 80 kA con un tempo di reazione di circa 20 ns ed una tensione residua molto bassa; per contro presentano un elevato valore capacitivo che può introdurre disturbi in circuiti ad alta frequenza per cui non è consigliabile l'uso in impianti di telecomunicazioni;

- **Diodi soppressori** sono in pratica dei diodi Zener che hanno però una maggiore rapidità e possono essere unidirezionali o bidirezionali; a partire da una certa tensione di rottura, diventano rapidamente conduttori e quindi cortocircuitano la sovratensione.

## Il funzionamento degli SPD

La funzione principale di un SPD in un determinato impianto elettrico è quella di deviare la corrente impulsiva verso terra e conseguentemente limitare la sovratensione, per cui il suo funzionamento può essere descritto analizzando il fenomeno della sovratensione in tre fasi:

- **funzionamento normale in assenza di sovratensione**, ai capi dell'SPD è presente la tensione nominale dell'impianto  $U_n$ , ad esempio 230 V, tensione che può variare nel tempo entro una fascia di tolleranza compresa tra 207 e 253 V (+/- 10%), per questo motivo l'SPD deve avere una tensione di esercizio continuativo  $U_c$  notevolmente superiore a 253 V in quanto occorre considerare, oltre alla caduta di tensione lungo i collegamenti, anche le tensioni  $U_T$  (TOV Temporary Transient Overvoltage) ovvero le sovratensioni temporanee tollerate presenti sulla linea causate dal distributore per operazioni di manovra; in questa condizione di funzionamento normale, in virtù del fatto che il dispositivo non ha impedenza infinita ma molto alta, sarà attraversato continuamente da una corrente di fuga verso terra  $I_c$  (corrente di esercizio continuativo) dell'ordine dei  $\mu A$ ; in pratica il dispositivo non ha alcuna influenza sul sistema elettrico nel quale è installato;

- **funzionamento durante una sovratensione**, l'SPD al sopraggiungere di una tensione superiore al valore di  $U_c$ , in un tempo di alcuni nanosecondi, riduce la sua impedenza comportandosi come un conduttore; durante questo intervento, in virtù del fatto che il dispositivo non ha impedenza zero ma molto bassa, ai suoi capi si stabilisce un valore di tensione residua che viene definito livello di protezione  $U_p$ . In questa fase è importante il valore relativo alla corrente nominale di scarica  $I_n$  che viene definito provando l'SPD con forma d'onda di corrente 8/20  $\mu s$ , sempre in questa fase è importante il valore di  $I_{max}$  che è il valore di picco della massima corrente che



l'SPD è in grado di sopportare almeno una volta senza subire alcun danno; in genere il valore di  $I_{max}$  è il doppio di quello di  $I_N$ ;

- **estinzione della sovratensione**, una volta cessata la sovratensione l'SPD assume la sua impedenza originaria e torna alla condizione di funzionamento normale.

## I parametri caratteristici degli SPD

Il tempo di salita  $T1$  e il tempo all'emivalore  $T2$  descritti in figura 1, vengono utilizzati per realizzare impulsi di prova standardizzati e definire gli SPD in classi di protezione secondo la norma EN 61643-11; in figura 7 sono rappresentate le forme d'onda standardizzate utilizzate in particolare: la forma d'onda di lunga durata 10/350  $\mu s$  che simula una fulminazione diretta ad alto contenuto energetico, la forma d'onda di breve durata 8/20  $\mu s$  a basso contenuto energetico che simula una fulminazione indiretta o manovre elettriche sulla linea di distribuzione o interferenze parassite, la forma d'onda  $U_{oc}$  di breve durata 1,2/50  $\mu s$  erogata da un generatore di prova combinato contemporaneamente ad un impulso di corrente con forma d'onda 8/20  $\mu s$  per la verifica della classe di protezione III.

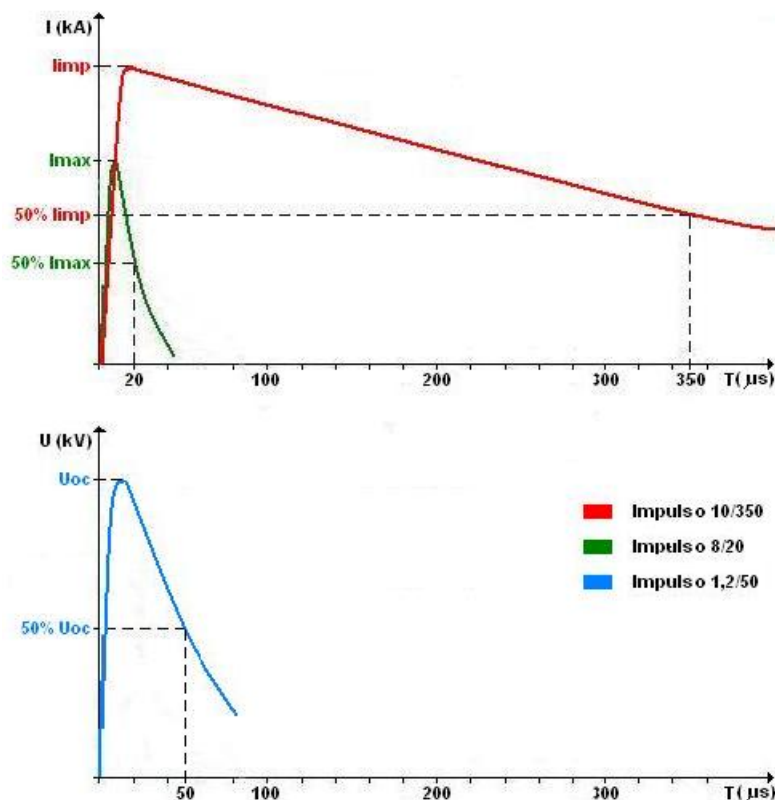


Fig.7

Con queste forme d'onda vengono definiti i seguenti parametri caratteristici degli SPD:

- **corrente ad impulso ( $I_{imp}$ )** è il valore di picco della corrente che circola nell'SPD e che ha una forma d'onda 10/350  $\mu$ s;
- **corrente nominale di scarica ( $I_n$ )** è il valore di picco della corrente che circola nell'SPD e che ha una forma d'onda 8/20  $\mu$ s;
- **corrente massima di scarica ( $I_{max}$ )** è il valore di picco della massima corrente che può circolare nell'SPD senza danneggiarlo e che ha una forma d'onda 8/20  $\mu$ s;
- **tensione a vuoto ( $U_{oc}$ )** è il valore di picco della tensione a vuoto con forma d'onda 1,2/50  $\mu$ s erogata da un generatore combinato contemporaneamente ad una corrente con forma d'onda 8/20  $\mu$ s;
- **livello di protezione ( $U_p$ )** è il valore massimo della tensione istantanea ai morsetti del dispositivo durante la sua funzione di protezione ovvero il valore di tensione che raggiunge il carico quando il dispositivo è percorso dalla sovratensione; questo parametro deve essere inferiore alla tensione di tenuta all'impulso delle apparecchiature collegate all'impianto;
- **livello di protezione effettivo ( $U_{p/f}$ )** è il valore reale di  $U_p$  aumentato della caduta di tensione lungo i conduttori di collegamento e le sovratensioni temporanee di manovra UT presenti sulla linea causate da operazioni di commutazione del distributore;
- **tensione massima continuativa o tensione nominale ( $U_c$ )** è il valore massimo della tensione efficace che può essere applicata continuamente al dispositivo;
- **distanza di protezione ( $d$ )** è la massima distanza consentita tra il dispositivo e l'apparecchiatura da proteggere.

Con questi parametri, ma soprattutto con la distanza di protezione  $d$ , vengono definite le seguenti classi di protezione:

- **classe I**, per appartenere a questa classe l'SPD deve essere provato con la corrente nominale di scarica  $I_n$  e la corrente ad impulso  $I_{imp}$ ; gli SPD appartenenti a questa classe offrono un livello di protezione massimo di 4 kV e possono essere installati sulla distribuzione principale o all'ingresso degli edifici, ad inizio linea nei quadri elettrici generali, secondari e sull'utenza finale. In pratica gli SPD di questa classe sono adatti a gestire le correnti di fulminazione diretta;

- **classe II**, per appartenere a questa classe l'SPD deve essere provato con la corrente nominale di scarica  $I_n$  e con la massima corrente di scarica  $I_{max}$ ; gli SPD appartenenti a questa classe offrono un livello di protezione di 2,5 kV e possono essere installati nei sottoquadri di distribuzione o sull'utenza finale. In pratica gli SPD di questa classe sono adatti a gestire le correnti di sovratensione indotta;

- **classe III**, per appartenere a questa classe l'SPD deve essere provato con il generatore combinato con tensione a vuoto  $U_{oc}$  e forma d'onda 1,2/50  $\mu s$ , contemporaneamente ad un impulso di corrente con forma d'onda 8/20  $\mu s$ ; gli SPD appartenenti a questa classe offrono un livello di protezione di 1,5 kV e possono essere installati solo sull'utenza finale. In pratica gli SPD di questa classe sono adatti per essere installati esclusivamente nelle prese di utenza.

### La tenuta all'impulso

Un criterio fondamentale per la scelta dell'SPD più idoneo in un determinato impianto elettrico riguarda la tenuta all'impulso, ovvero il coordinamento fra il livello di tenuta degli isolamenti delle apparecchiature ad esso collegate e il livello  $U_p$  dell'SPD da impiegare. Infatti la protezione contro le sovratensioni figura 8, risulta efficace solo quando il livello  $U_p$  dell'SPD, aumentato della caduta di tensione  $U_1 + U_2$  ai capi dei suoi conduttori di collegamento, è inferiore al valore di tenuta ad impulso  $U_{tenuta}$  delle apparecchiature da proteggere.

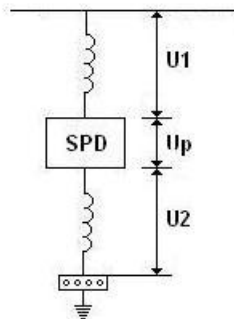


Fig.8

Da quanto esposto si deduce che la realizzazione di collegamenti molto lunghi introduce valori di tensione che si sommano al valore di  $U_p$  e possono rendere vana la protezione offerta dall'SPD; per fare un esempio, nel caso di SPD a varistori ad ogni metro di cavo di collegamento corrisponde un valore di  $U_1$  o  $U_2$  di circa

1000 V. In genere se è soddisfatta la relazione  $U_p+U_1+U_2 < 0,5 \cdot U_{\text{tenuta}}$ , si può affermare che è soddisfatto il coordinamento della tenuta degli isolamenti e quindi gli apparecchi utilizzatori sono adeguatamente protetti contro le sovratensioni. Per quanto riguarda la  $U_{\text{tenuta}}$  la norma IEC 60664-1 individua e definisce 4 categorie di  $U_{\text{tenuta}}$  in funzione della tensione nominale; ad esempio con tensione nominale 230/400 V si deve avere:

- **categoria I:** tensione di tenuta ad impulso 1500 V, comprende tutte le apparecchiature elettroniche sensibili quali computer, televisori, apparati telefonici e di telecomunicazioni, ecc;
- **categoria II:** tensione di tenuta ad impulso 2500 V, comprende tutte le apparecchiature di uso normale quali elettrodomestici tipo lavastoviglie, lavatrice, frigorifero, ecc;
- **categoria III:** tensione di tenuta ad impulso 4000 V, comprende tutte le apparecchiature fisse dell'impianto elettrico quali quadri elettrici,
- **categoria IV:** tensione di tenuta ad impulso 6000 V, comprende tutti i componenti e le apparecchiature situate a monte del quadro elettrico principale (centralino) quali il montante, il contatore, i dispositivi principali di protezione.

Per quanto riguarda la valutazione dell'attitudine di una determinata apparecchiatura a resistere alle sollecitazioni di origine atmosferica e quindi l'appartenenza ad una determinata categoria, è stata definita una prova di collaudo denominata "prova ad impulso", Questa prova viene eseguita sui principali dispositivi dell'impianto in sede di costruzione e consiste nell'applicazione di una forma d'onda standardizzata 1,2/50  $\mu$ s rappresentata in figura 7; impulsi di questo tipo vengono ottenuti per mezzo di un'apposita apparecchiatura denominata **generatore di impulsi**.

## La protezione degli SPD

Nel suo intervento normale l'SPD realizza praticamente un cortocircuito, in questo caso il limitatore può interrompere la conseguente corrente e ripristinarsi, solo fino ad un certo valore di corrente di cortocircuito; al di sopra di questo valore l'SPD necessita di un dispositivo a monte, opportunamente coordinato, in grado di interrompere detta corrente. I dispositivi adatti a questo tipo di protezione possono essere o interruttori magnetotermici o fusibili, i limitatori di sovratensione così come avviene per i cavi, sono progettati per sopportare determinati livelli di energia specifica passante oltre i quali si ha la totale distruzione del limitatore con possibilità di gravi danni o incendi. Per quanto riguarda la protezione contro i contatti indiretti,

in un impianto protetto con SPD è necessario inserire un dispositivo differenziale coordinato con l'impianto di terra, che interrompa le correnti di guasto a terra senza determinare scatti intempestivi. I dispositivi adatti a questo tipo di protezione, quando si è in prossimità del punto di connessione alla rete del distributore, sono gli interruttori differenziali selettivi. Nella generalità dei casi è il costruttore stesso che fornisce indicazioni e schemi sulle modalità di protezione dei propri SPD.

### Alcuni accorgimenti installativi

Per garantire una efficace protezione, di seguito vengono riportati una serie di accorgimenti da realizzare in fase di installazione degli SPD:

- L'SPD deve essere collegato alla stessa barra equipotenziale a cui è collegata la terra dell'apparecchiatura da proteggere, Figura 9;
- Soprattutto per gli SPD di classe I quando sono posti a protezione della distribuzione principale e quindi interessati dalla corrente ad impulso  $i_{imp}$ , la somma della lunghezza dei cavi di collegamento a monte e a valle dell'SPD non deve superare i 50 cm, figura 9;

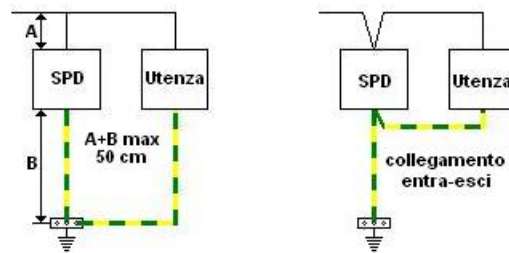


Fig.9

- Nell'eventualità i cavi di collegamento dell'SPD siano superiori a 50 cm è consigliabile realizzare il collegamento entra-esce e i cavi devono essere tenuti il più possibile distanti tra di loro figura 9;
- Al fine di evitare la formazione di sovratensioni indotte, bisogna assolutamente evitare di far passare il conduttore di terra che collega l'SPD insieme ai conduttori protetti;
- Non è sufficiente installare un SPD di classe I in un quadro elettrico generale all'arrivo di una linea, ad esempio un centralino di appartamento, e pensare di aver protetto tutto quello che si trova a valle; la distanza di protezione è strettamente dipendente dalla tensione di tenuta ad impulso  $U_{tenuta}$  dei dispositivi collegati, per

avere la certezza della protezione offerta dall'SPD è necessario verificare che il livello di protezione effettivo  $U_{p/f}$  dell'SPD sia inferiore alla metà della  $U_{tenuta}$  dei dispositivi da proteggere. Un solo SPD di classe I ad inizio linea diminuisce solo la probabilità di distruzione dell'impianto e la formazione di incendi pericolosi ma non protegge assolutamente le apparecchiature a fine linea; per una efficace protezione occorre realizzare un **sistema di SPD** composto da un SPD di classe II vicinissimo alle apparecchiature singole o a gruppi e un SPD di classe III per ogni apparecchiatura elettronica sensibile tipo computer, televisori, impianto videosorveglianza, impianto domotico, linea telefonica, ecc. E' opportuno comunque che questo tipo di coordinamento venga realizzato in accordo con le caratteristiche fornite dal costruttore degli SPD.

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Orsinibruno:la-protezione-contro-le-sovratensioni>"