

Analisi delle sollecitazioni elettriche degli SPD e loro coordinamento negli impianti di protezione dalle scariche atmosferiche

Enrico Pons

Novembre 2005

1. Introduzione

Ogni anno i fulmini causano ingenti danni materiali alle infrastrutture e agli impianti in esse contenuti.

Il crescente impiego di apparecchiature elettroniche ed informatiche, particolarmente sensibili alle sovratensioni, ha incrementato ulteriormente i costi dei danni causati dai fulmini.

Uno dei metodi più diffusi per assicurare una buona protezione agli impianti è l'utilizzo dei limitatori di sovratensione (SPD).

Questo studio si pone come obiettivi l'analisi del fenomeno della fulminazione e del problema della scelta e del coordinamento degli SPD. Particolare attenzione viene rivolta alla determinazione della distanza di protezione (distanza dal punto di inserzione dell'SPD fino alla quale è garantita la protezione delle apparecchiature), ricavata dapprima per via analitica semplificata e quindi per via numerica.

2. Il modello della corrente di fulmine

Le simulazioni e le prove di laboratorio a cui vengono sottoposte le apparecchiature elettriche, rendono necessaria l'adozione di forme d'onda che riproducano bene il fenomeno delle sovratensioni. Le più utilizzate sono la forma d'onda di Heidler:

$$i(0,t) = \frac{I_0}{h} \cdot \frac{(t/\tau_1)^n}{1+(t/\tau_1)^n} \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) \quad (1)$$

dove:

$$h = \exp\left[-\left(\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)\left(n \frac{\tau_2}{\tau_1}\right)^{1/n}\right] \quad (2)$$

e dove:

- I_0 è il valore di picco della corrente nel canale,
- h è il fattore di correzione della corrente di picco,
- t è la variabile tempo,
- τ_1 è la costante di tempo relativa al fronte di salita,
- τ_2 è la costante di tempo relativa al fronte di discesa,
- n è un esponente variabile tra 2 e 10,

e la forma d'onda a doppio esponenziale:

$$i(t) = i_{MAX} (e^{-\alpha t} - e^{-\beta t}) \quad (3)$$

3. La distanza di protezione

L'SPD deve essere installato in vicinanza dell'apparecchiatura poiché, a causa del fenomeno della propagazione delle onde di tensione e corrente sulle linee, la tensione a fondo linea, in caso di linea aperta, può raggiungere il doppio della tensione in ingresso. Per questo motivo, ad esempio, un SPD che limita la tensione ad 1kV può non garantire la protezione di un'apparecchiatura con tenuta all'impulso di 1,5kV se la lunghezza della linea supera un certo limite; questo limite prende il nome di distanza di protezione.

La distanza di protezione è stata dapprima valutata analiticamente utilizzando per l'analisi un impulso triangolare di tensione, che approssima l'andamento della tensione stessa ai capi dell'SPD. Si è studiata per questa forma d'onda semplificata (caratterizzata da pendenza costante) la propagazione lungo la linea, ricavando la relazione:

$$d_p = \frac{U_b}{4 \cdot p} v \quad (4)$$

nella quale la distanza di protezione d_p è funzione della tenuta all'impulso U_b , della pendenza p del fronte di salita dell'onda di tensione e della velocità v di propagazione dell'onda, che dipende dalle caratteristiche della linea.

Successivamente, sfruttando le nozioni acquisite grazie allo studio semplificato, si è studiato il comportamento di una linea al cui ingresso sono applicate le forme d'onda presentate al §2. Il fenomeno è ora più complesso, in quanto le forme d'onda non hanno pendenza costante.

4. Conclusioni

Avvalendosi dei risultati ottenuti mediante l'analisi semplificata e di quelli ricavati dalle simulazioni, è possibile ricavare una relazione per valutare la distanza di protezione di un SPD a partire dalla relazione (4), valida per gli impulsi di tensione con forma d'onda triangolare (quindi a pendenza costante). A tal fine si approssima l'impulso reale con un impulso triangolare di adeguata pendenza. Si deve cioè determinare la *pendenza equivalente* che l'impulso triangolare deve avere affinché sia verificata la distanza di protezione ottenuta dalle simulazioni con impulso reale. Per fare ciò si applica la relazione (4) "alla rovescia" ai risultati delle simulazioni: noti U_b , d_p e v si calcola la pendenza equivalente p .

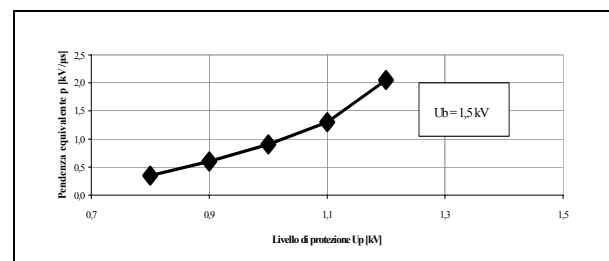


Figura 1 - Andamento della pendenza equivalente

I valori di pendenza equivalente così calcolati sono stati ricavati facendo riferimento a un ben preciso tipo di linea; variando però i parametri della linea tali valori di pendenza rimangono validi (a parità di tenuta all'impulso). Avendo quindi a disposizione una tabella di pendenze equivalenti, si può calcolare la distanza di protezione di un SPD mediante la relazione (4).