

Zeno Martini (admin)

Scatti intempestivi e rimedio: il differenziale resistente

31 January 2012



Uno dei quesiti ricorrenti del forum è: **l'interruttore differenziale della mia abitazione interviene spesso in modo casuale; oppure "interviene quasi sempre più o meno all'ora X"**.

La prima cosa da verificare è l'esistenza di un guasto all'isolamento di un'apparecchiatura o di una linea, obbligatoriamente quando l'interruttore interviene dopo ogni riarmo. Occorre con pazienza provare ad inserire un apparecchio per volta per individuarlo.

Spesso però **l'intervento non è dovuto ad un guasto** che comporti pericoli, ma a **correnti impulsive** verso terra dovute ad eventi occasionali che non si ripetono immediatamente dopo il riarmo.

La lettura di un articolo tecnico della **pubblicazione ABB** riportata nei riferimenti, è all'origine di questo post proposto ai visitatori di EY, per esaminare le principali cause degli scatti intempestivi ed i rimedi da adottare.

Indice

- [1 Le cause](#)
- [2 Sovratensioni di origine interna](#)

- [2.1 Le sovratensioni di manovra](#)
 - [2.2 Le sovratensioni temporanee](#)
- [3 Sovratensioni di origine atmosferica](#)
- [4 Interruttori resistenti agli scatti intempestivi](#)
 - [4.1 APR di ABB](#)
 - [4.1.1 Tenuta all'impulso](#)
 - [4.1.2 Filtro temporale](#)
 - [4.1.3 Filtro passa-basso](#)
- [5 Conclusioni](#)
- [6 Riferimenti](#)

Le cause

degli scatti intempestivi sono sovratensioni che provocano correnti verso terra attraverso la capacità di esercizio delle linee, dei filtri inseriti sugli apparecchi elettronici, o attraverso gli SPD (Surge Protective Device) posti a protezione dell'impianto contro le scariche atmosferiche.

Le sovratensioni possono essere di origine atmosferica, oppure dovute a manovre di inserzione e disinserzione carichi effettuate dal distributore o da utenze esterne od interne all'impianto utilizzatore. La capacità di esercizio, cioè la capacità esistente tra i conduttori e tra i conduttori ed il suolo, costituisce, per la frequenza industriale, una elevata reattanza; quindi le correnti capacitive verso terra, se la porzione di impianto sotto protezione non è eccessivamente estesa, non superano la soglia di intervento dei differenziali ad alta sensibilità ($I_{\Delta} \leq 30\text{mA}$).

Allo scopo è bene ricordare che il numero delle apparecchiature protette da uno stesso interruttore deve essere opportunamente limitato. Per avere un'idea delle correnti di dispersione normalmente presenti in un impianto sano, si veda [questo articolo](#).

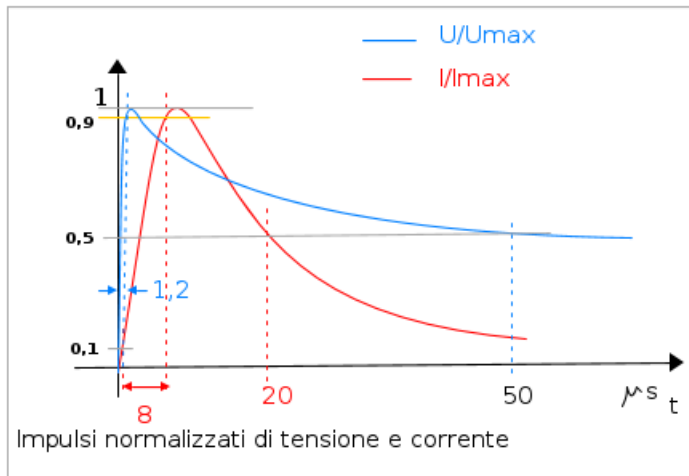
Se però la frequenza f è elevata, la reattanza capacitiva diminuisce ($X_C = 1 / (2\pi fC)$) e la corrente aumenta ($I = U / X_C$). La corrente in una capacità C è infatti proporzionale alla velocità con cui varia la tensione, cioè alla sua derivata ($i(t) = Cdv / dt$) che assume valori tanto più alti quanto più elevata è la frequenza.

Una tensione impulsiva ha l'andamento mostrato in figura; il fronte di salita è ripido, quindi è notevole la sua velocità di crescita, che produce nelle capacità correnti elevate.

La figura che segue mostra gli andamenti normalizzati delle tensioni impulsive considerate tipiche dei fenomeni successivamente descritti, e quello delle correnti, pure impulsive, che ne conseguono.

La definizione delle caratteristiche di intervento dei differenziali, le

cui norme costruttive sono le EN 61008 ed EN 61009, si basa su quel tipo di impulso.



[Sorgente FidoCadJ](#) | [Ingrandisci](#) | [Cos'è Fidocad](#)

Gli impulsi normalizzati sono specificati dal tempo di salita, cioè dal tempo impiegato dalla grandezza a passare dal 10% al 90% del valore massimo, e dal tempo all'emivalore, cioè dal tempo che la grandezza impiega ad assumere metà del valore massimo in fase di discesa. Brevemente dunque, per la corrente di figura si dirà impulso 8/20 microsecondi; per la tensione, impulso 1,2/50 microsecondi.

Le sovratensioni, oltre che impulsive, possono avere un andamento oscillatorio smorzato, con frequenze dell'ordine dei cento kHz, oppure a frequenza di rete $f=50$ Hz. Se l'andamento è oscillatorio (graficamente è rappresentato dalla *ring wave*, figura finale dell'articolo) il tempo di salita è definito come nell'impulso, mentre per quello all'emivalore si considera la parte discendente della prima semionda.

Sovratensioni di origine interna

Qualsiasi **manovra** o **guasto** altera improvvisamente l'equilibrio di un sistema elettrico. Il raggiungimento di un nuovo regime avviene con oscillazioni prossime alla frequenza di risonanza del sistema, la cui ampiezza dipende dal tipo di circuito (energia, segnale); di manovra (apertura, chiusura); di carico (induttivo, capacitivo); di dispositivo (interruttore, fusibile); dall'istante della manovra, quindi dal valore iniziale della tensione di alimentazione.

Le sovratensioni di manovra

sono provocate da inserzione e disinserzione di carichi induttivi industriali, quali motori, trasformatori, lampade fluorescenti. Può trattarsi di manovre interne all'impianto considerato, oppure esterne su linee od utenze importanti vicine.

- Hanno in genere un **andamento oscillatorio** rapidamente **smorzato**, la cui frequenza è dell'ordine dei 100 kHz;
- Il tempo di salita è dell'ordine del microsecondo (μs);
- l'ampiezza può variare da 1 kV a 3 kV. La durata è breve, dell'ordine delle **decine** di μs .
- Come forma d'onda di tensione impulsiva, si assume la $1,2/50 \mu\text{s}$. La forma d'onda della corrente di scarica associata risulta allungata per la prevalenza di induttanze, e si assume la $8/20 \mu\text{s}$ come rappresentativa.

L'ampiezza delle correnti arriva ad 1 kA per sovratensioni che hanno origine nell'impianto utilizzatore, ed a 5 kA per quelle provenienti dalla rete di alimentazione.

Le sovratensioni temporanee

sono a frequenza industriale, 50 Hz, generalmente dovute a guasti sia in AT che in BT. Sono denominate U_{TOV} (Temporary Over Voltages).

- La durata corrisponde al tempo di eliminazione del guasto, quindi è lunga
- Per guasti in AT la norma CEI 11-1 stabilisce che sul sistema BT il cui neutro è collegato allo stesso impianto di terra delle masse in AT, mentre le masse in BT sono collegate ad un impianto di terra separato, cioè nel sistema TT, la tensione totale di terra U_E non deve superare i 500 V, se il tempo di intervento delle protezioni è inferiore a 5 s. (NB: la IEC stabilisce invece un limite di 1200 V). Se il tempo di intervento è superiore ai 5 s, la tensione massima deve essere di 250 V.

Di conseguenza, ipotizzando una $R_E = 10 \Omega$ come valore dell'impianto di terra utente, la corrente di guasto a terra a frequenza industriale si può considerare di 100 A massimi. Se invece il sistema è TN, le masse assumono il potenziale di terra e la tensione rispetto a terra rimane pari alla stellata.

- Per un guasto in bassa tensione, la sovratensione massima che si può manifestare tra fase e terra o fase e neutro, è pari alla tensione concatenata. E' quel che succede nei sistemi IT per guasto a terra di una fase e nei sistemi TT e TN per l'interruzione del neutro.

Sovratensioni di origine atmosferica

Il fulmine può essere pensato come un generatore di corrente quasi ideale data l'elevata impedenza d'onda molto alta (alcuni k Ω) e la sua forma è l'impulso. L'intenso campo elettrico provocato dalla carica elettrica di nube temporalesca, supera la rigidità dielettrica dell'aria (che è di 30 kV/cm se l'aria è secca ma che scende a **qualche kV/cm** con aria umida) dando luogo a successivi canali ionizzati zigzaganti, che trasportano verso terra parte della carica. Nel terreno viene indotta una carica di segno opposto che sviluppa, soprattutto in corrispondenza di strutture alte e snelle dove il campo elettrico è più intenso, una canale ionizzato ascendente. Quando canale discendente ed ascendente si incontrano, si ha la corrente di fulmine, costituita in genere da una successione di impulsi, detti colpi, intervallati da qualche decina di microsecondi. Il primo colpo è il più importante sia per intensità che per durata.

Le sovratensioni atmosferiche negli impianti elettrici possono essere dovute sia a fulminazioni dirette che colpiscono edificio o linea, sia indirette, che cadono nei pressi dell'edificio o della linea e che si accoppiano induttivamente alla linea ed ai circuiti dell'impianto.

Le prime con **accoppiamento resistivo** producono correnti elevatissime, da **1 a 50 kA** per fulminazione diretta dell'edificio, e fino a **10 kA** per fulminazione diretta della linea. In questo caso come forma d'onda sia della corrente che della tensione si assume l'impulso 10/350 μ s. L'elevata energia sviluppata può produrre danni all'edificio, alle apparecchiature, alle persone.

Quando l'**accoppiamento è induttivo**, (che si ha nel caso di fulminazioni indirette, ma anche dirette), la corrente, per un fulmine che cade in prossimità della linea di alimentazione, può arrivare a **5 kA**. In questo caso la forma d'onda caratteristica della corrente è quella dell'impulso **8/20 microsecondi**, mentre quella delle tensioni è piuttosto varia. L'energia sviluppata per accoppiamento induttivo è molto inferiore a quella dell'accoppiamento resistivo, è simile a quella delle sovratensioni di manovra e può provocare essenzialmente danni alle apparecchiature elettriche, in particolare a quelle elettroniche,

molto più suscettibili agli effetti delle sovratensioni dei dispositivi elettromeccanici. Microprocessori e CMOS possono essere distrutti da sovratensioni di pochi volt ad esempio. Il fulmine è una sorgente elettromagnetica che ha un'energia dell'ordine del MJ, mentre le apparecchiature elettroniche hanno una suscettibilità dell'ordine del millijoule.

La protezione dell'impianto dalle scariche atmosferiche può prevedere l'impiego di SPD che costituiscono una via per disperdere a terra le correnti di fulmine.

Tali correnti però possono provocare l'intervento dei differenziali posti monte. Gli SPD infatti possono essere posti a valle dei differenziali, se la frequenza di fulminazione diretta calcolata secondo la CEI 81-10 è trascurabile. In caso contrario vanno installati a monte, ed occorre allora risolvere il problema del permanere di una corrente di guasto a terra, a seguito dell'intervento dell'SPD, che può fare assumere all'impianto di terra una tensione pericolosa senza che il differenziale intervenga.

L'installazione degli SPD a valle evita l'inconveniente, ma crea un ulteriore presupposto per un intervento intempestivo quando la corrente impulsiva è scaricata a terra dall'SPD.

Occorre inoltre tenere presente che, a riposo, gli SPD a limitazione (che sono dei varistori) sono attraversati da una corrente continuativa di alcuni milliampere, una corrente di dispersione quindi che si aggiunge a quelle degli altri apparecchi utilizzatori. E' sempre opportuno verificare che la somma delle correnti di dispersione degli apparecchi utilizzatori e degli SPD non sia superiore ad un terzo della corrente differenziale nominale dell'interruttore.

Interruttori resistenti agli scatti intempestivi

La soluzione ai problemi degli scatti intempestivi sta nell'adozione degli interruttori differenziali altamente resistenti alle cause che li producono. Non è purtroppo sufficiente la semplice adozione di differenziali di tipo A, come spesso si crede e si fa, (la classificazione dei differenziali è in [tipo AC, A, B](#) come noto). Tali interruttori ad alta immunità non rientrano in un tipo univoco, ma ogni casa costruttrice vi attribuisce un suo nome.

Eccone alcuni ad esempio

APR di ABB



SI di Schneider



HPI di BTicino



IR di Gewiss



Come detto sopra, per illustrarne le caratteristiche ho fatto riferimento all'articolo tecnico di ABB, quindi agli APR.

APR di ABB

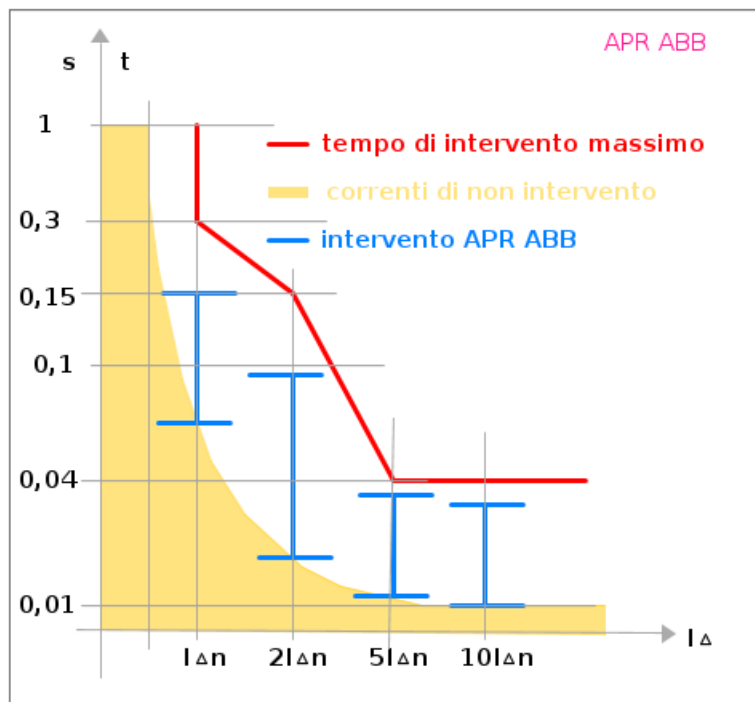
Svolgono **tre funzioni fondamentali**

Tenuta all'impulso

Non intervengono per correnti impulsive della forma normalizzata $8/20 \mu s$ per valori di corrente fino a 3 kA, che sono tipiche delle sovratensioni per fulminazione indiretta ad accoppiamento induttivo, ma che rappresentano in generale gli impulsi intensi di durata limitata.

Filtro temporale

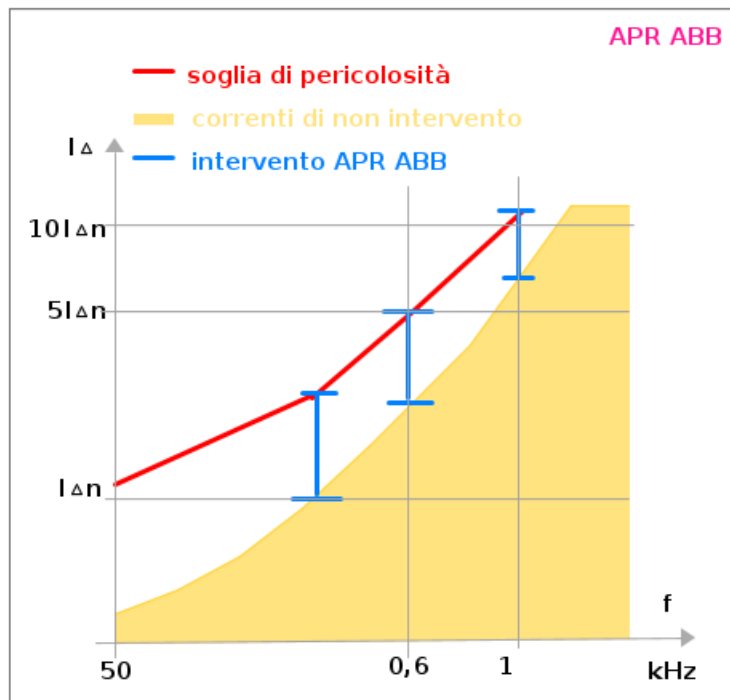
Il grafico seguente mostra come gli interruttori APR non intervengano per correnti differenziali di durata inferiore ai 10 ms tipico di correnti dovute a sovratensioni per inserimento carichi, come indicato in precedenza. Nello stesso grafico è evidenziata la curva limite di sicurezza, cioè il limite massimo del tempo di intervento per i differenziali ritardati ammesso dalle norme. Come indicato, gli interruttori mantengono un margine di sicurezza rispetto alla curva limite.



[Sorgente FidoCadJ](#) | [Ingrandisci](#) | [Cos'è Fidocad](#)

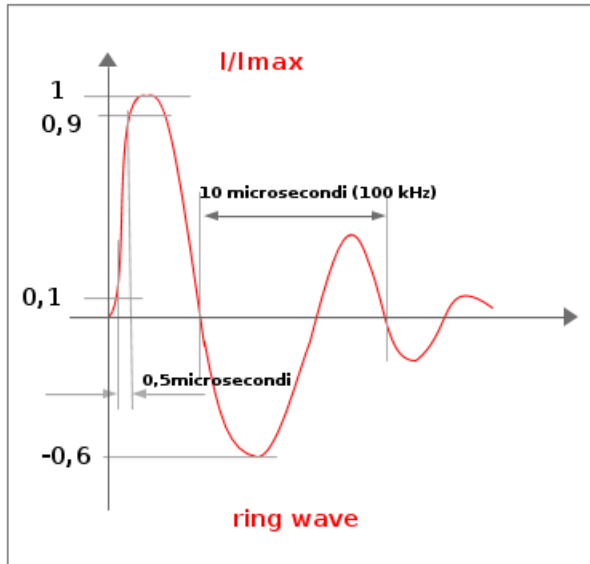
Filtro passa-basso

Nel grafico che segue invece è mostrato il valore della corrente di intervento in funzione della frequenza delle correnti di dispersione. Tali correnti sono presenti con carichi che generano armoniche, quali le apparecchiature elettroniche. La norma IEC 60479-2 stabilisce la soglia di pericolosità in funzione della frequenza (la pericolosità diminuisce al crescere della frequenza) e gli interruttori considerati rispettano tale soglia.



[Sorgente FidoCadJ](#) | [Ingrandisci](#) | [Cos'è Fidocad](#)

Infine, soddisfano alla caratteristica cui devono sottostare tutti i differenziali in base ad EN 61008 ed EN 61009, sono cioè immuni all'impulso oscillatorio smorzato, mostrato in figura, fino al valore di cresta di 200 A (o di 25 per $I_{dn}=0,01$ A), denominato **ring wave**. Tale forma d'onda si manifesta in genere in seguito alle manovre di inserzione e disinserzione carichi, interne all'impianto utilizzatore e ne simula la corrente di carica della capacità di esercizio.



[Sorgente FidoCadJ](#) | [Ingrandisci](#) | [Cos'è Fidocad](#)

Conclusioni

Se si vogliono prevenire gli scatti intempestivi la soluzione sta nell'adottare dunque interruttori differenziali altamente resistenti alle sovratensioni impulsive.

I problemi ci sono in particolare quando si alimentano carichi elettronici con inverter, filtri antidisturbo, dimmer ecc.; o se si abita nelle vicinanze di fabbriche, cantieri, stazioni elettriche; oppure quando si adottano SPD per la protezione contro le scariche atmosferiche; o, in genere, quando la continuità del servizio è essenziale (ospedali, impianti di allarme, frigoriferi, congelatori, impianti non presidiati, apparecchiature informatiche.... insomma, per farla breve, ormai si potrebbe dire...**sempre!**



Riferimenti

- **"Gli interruttori differenziali ad alta immunità ABB APR offrono una valida protezione contro gli scatti intempestivi"** di **Claudio Amadori** (Day by DIN di ABB pag. 22)
- **Protezione contro le sovratensioni - G.B. Lo Piparo - G. Carrescia - TNE**
- **Lezioni di trasmissione dell'energia elettrica - Antonio Paolucci - CLEUP editore**
- **Fondamenti di sicurezza elettrica - V. Carrescia - TNE**

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Admin:scatti-intempestivi-e-rimedi-2>"