



Zeno Martini (admin)

# TUTTE LE CORRENTI DELL'INTERRUTTORE

22 December 2008

## Definizioni



|   |                     |
|---|---------------------|
| Potere di interruzione nominale limite in corto circuito, I <sub>cu</sub> |                     |
| (AC) 50-60 Hz 220/230 V   | [kA]                |
| (AC) 50-60 Hz 380/415 V   | [kA]                |
| Potere di interruzione nom. di servizio in cto cto, I <sub>cs</sub> (2)   | [%I <sub>cu</sub> ] |
| Potere di chiusura nominale in corto circuito (415 V)                     | [kA]                |
| Durata di apertura (415V a I <sub>cu</sub> )                              | [ms]                |
| Corrente di breve durata ammissibile nom. per 1 s, I <sub>cw</sub>        | [kA]                |
| Categoria di utilizzazione (EN 60947-2)                                   |                     |

### Corrente nominale : $I_n$

E' la corrente che può attraversare l'interruttore per un tempo indefinito senza che l'interruttore subisca alcun tipo di danno

### Corrente di cortocircuito presunta: $I_{cp}$

E' la corrente che fluirebbe nel circuito in assenza dell'interruttore (cioè con i poli del dispositivo di protezione cortocircuitati con un conduttore ideale di impedenza nulla). E' ad essa che devono riferirsi le caratteristiche di interruzione dell'interruttore anche se ogni interruttore in realtà interromperà una corrente inferiore. E' quindi il vero riferimento per gli interruttori che potrebbero essere installati nello stesso punto.

### Potere di interruzione nominale in cortocircuito: $I_{cn}$

E' il valore della corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione che l'interruttore, nelle specificate condizioni di frequenza, tensione nominali e fattore di potenza di cortocircuito in corrente alternata o costante di tempo in continua (specificati in tabella), è in grado di interrompere in maniera accettabile. La corrente di cortocircuito presunta è quella che si avrebbe a regime, quindi è sottinteso che può essere qualsiasi la componente unidirezionale (vedere il pragrafo sui riferimenti teorici).

| $I_{cn}$ ( kA)        | $\cos\varphi_{cn}$ | $\tau_{cn}(ms)$ | $n = \frac{I_{cm}}{I_{cu}}$ |
|-----------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------|
| $I_{cn} \leq 3$       | 0,9                | 5               | 1,42                        |
| $3 < I_{cn} \leq 4,5$ | 0,8                | 5               | 1,47                        |
| $4,5 < I_{cn} \leq 6$ | 0,7                | 5               | 1,53                        |
| $6 < I_{cn} \leq 10$  | 0,5                | 5               | 1,7                         |
| $10 < I_{cn} \leq 20$ | 0,3                | 10              | 2                           |
| $20 < I_{cn} \leq 50$ | 0,25               | 15              | 2,1                         |
| $50 < I_{cn}$         | 0,2                | 15              | 2                           |

L'interruttore deve essere in grado di effettuare 2 o 3 operazioni di apertura secondo le sequenze **O-t-CO** oppure **O-t-CO-t-CO** dove **C** sta per *chiusura* ed **O** *apertura* mentre **t** rappresenta un *intervallo di tre minuti o superiore* se il riarmo dell'interruttore lo richiede.

Per gli interruttori ad uso industriale in realtà i poteri di interruzione nominali sono due e dipendono dall'"accettabilità" dell'interruzione:

#### *Potere di interruzione estremo in cortocircuito: $I_{cu}$*

E' il più alto valore della corrente di cortocircuito presunta (u=ultimate) che l'interruttore è in grado di interrompere e di richiudere secondo la manovra O-t-CO (apertura, tempo di ritardo, richiusura e riapertura). Le condizioni di lavoro sono le stesse indicate per  $I_{cn}$ . Dopo tale manovra però l'interruttore è in grado di svolgere solo parzialmente il suo servizio e deve essere sostituito.

#### *Potere di interruzione di servizio in cortocircuito: $I_{cs}$*

La definizione è simile a quella di  $I_{cu}$  con due differenze:

- la manovra che l'interruttore deve superare è O-t-CO-t-CO, una chiusura e riapertura in più quindi
- Dopo il superamento della sequenza l'interruttore deve essere in grado di riprendere normalmente il suo servizio di protezione.

E' evidente che dovrà essere  $I_{cs} \leq I_{cu}$ . Il rapporto tra i due valori può essere: 0,25; 0,5; 0,75; 1.

### **Potere di chiusura nominale in cortocircuito: $I_{cm}$**

E' il valore del picco della corrente presunta di cortocircuito che l'interruttore è in grado di stabilire, tenendo conto anche della componente unidirezionale. Tale valore è messo in rapporto ad  $I_{cu}$  e le norme fissano, per tale rapporto, un valore minimo come riportato nella tabella precedente. Se il costruttore non specifica  $I_{cm}$  si può considerare come potere di chiusura quello che si ricava applicando i coefficienti della tabella. Il costruttore è libero però di scegliere un potere di chiusura maggiore di quello minimo ed in tal caso lo dichiara tra le caratteristiche.

Da osservare che in continua deve essere  $I_{cm} = I_{cu}$

### **Corrente ammissibile di breve durata: $I_{cw}$**

E' il valore della corrente presunta di cortocircuito che può essere sopportata senza danni dall'interruttore per un tempo stabilito, dopo il quale l'interruttore è in grado di interromperla effettuando la sequenza O-t-CO rimanendo integro (w sta per withstand=resistere).

Da questo punto di vista gli interruttori si dividono in due **categorie A e B**.

#### *Categoria B*

Sono gli interruttori specificatamente previsti per ottenere la selettività in cortocircuito

- per gli interruttori con  $I_n < 2500$  A si ha  $I_{cw} \geq \max(5 \text{ kA} \div 12I_n)$
- per gli interruttori con  $I_n > 2500$  A si ha  $I_{cw} \geq 30 \text{ kA}$

Il ritardo è in genere scelto dal costruttore tra i valori, in secondi: 0,05 - 0,1 - 0,25 - 0,5 - 1.

Il ritardo consente la selettività in condizioni di cortocircuito tra dispositivi in serie. L'interruttore infatti rimane chiuso per il tempo stabilito permettendo all'interruttore

in cascata, a valle del quale si è verificato il corto, di interromperlo. Viene perciò assicurata la continuità del servizio alle linee non interessate dal corto. L'interruttore interviene solo se il dispositivo interessato direttamente dal corto non dovesse intervenire nel tempo prefissato di ritardo. al dispositivo in serie, a valle del quale si è verificato il corto, di interromperlo, mentre il dispositivo a valle mantiene l'alimentazione per le altre linee. Solo se il dispositivo interessato dal corto non dovesse intervenire nel tempo stabilito come ritardo.

### *Categoria A*

Sono gli interruttori non previsti per ottenere la selettività in cortocircuito. Non sono perciò caratterizzate da una  $I_{CW}$  né da un tempo di ritardo intenzionale dell'intervento. Possono avere un ritardo di intervento ma non rispetto al cortocircuito ed una corrente ammissibile di breve durata inferiore a quella della categoria B.

### **Perché tante correnti?**

La domanda sorge spontanea, ma si intuisce anche la risposta. La cosa più semplice sarebbe che ce ne fosse una sola, pari al valore massimo. Tecnicamente è anche possibile ottenerla ma i costi per gli interruttori sono tanto maggiori quanto maggiore è il potere di interruzione. In un impianto importante con molti interruttori il loro costo non è un fattore secondario e perciò il progettista deve saper scegliere la soluzione funzionalmente più che accettabile ma che, nel contempo, sia la più economica possibile.

Un interruttore generale dovrà assicurare nel miglior modo la continuità del servizio. Esso allora è bene che sia scelto con una  $I_{CS}$  maggiore od uguale alla corrente di cortocircuito presunta e coincidente con la  $I_{CU}$ . Inoltre importante è pure la selettività da assicurare in caso di cortocircuito rispetto agli interruttori a valle, quindi è bene che rientri nella categoria B.

Gli interruttori a protezione di linee la cui continuità di servizio non è una condizione prioritaria, saranno scelti in modo che  $I_{CU}$  sia superiore alla corrente di cortocircuito presunta, ma possono avere una  $I_{CS}$  anche pari a  $0,25I_{CU}$  con sensibile contenimento dei costi.

Per questi ultimi si pone però il problema di decidere se debbano essere sostituiti, dopo un loro intervento. Si richiede pertanto un'attenta analisi di ciò che è avvenuto, da parte del personale qualificato che controlla l'impianto. La sostituzione avverrà o meno in seguito ad attente valutazioni. C'è però da aggiungere che con gli interruttori di nuova generazione, veri e propri computer ormai, tutto viene

registrato: intensità di corrente, operazioni effettuate oltre alle tarature impostate ed altre informazioni. Il compito del tecnico risulta quindi molto facilitato.

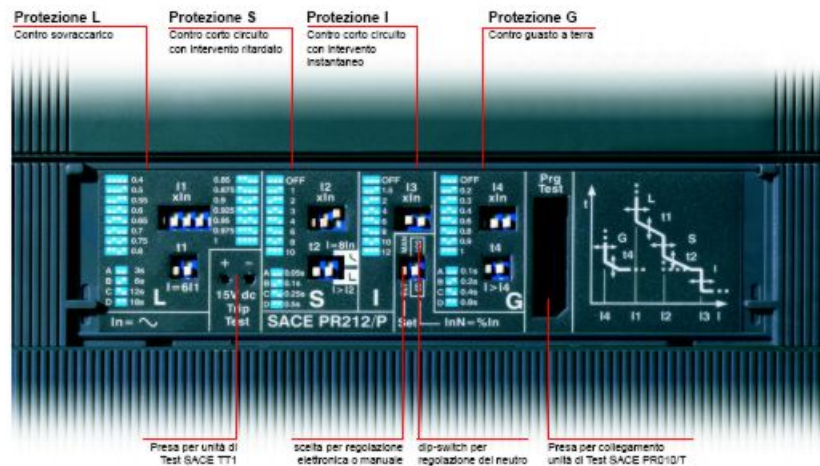
Per gli interruttori per uso domestico e similare il potere di cortocircuito specificato è quello estremo. Quello di servizio coincide con esso per valori di  $I_{CN}$  minori di 6 kA, mentre è la metà per correnti maggiori di 10 kA (con minimo di 7,5 kA) ed i tre quarti, con un minimo di 6 kA per  $I_{CN}$  comprese tra 6 e 10 kA.

## Un esempio

### SACE Isomax S7

- $I_n = 1.600 \text{ A}$
- $I_{cu} = 120 \text{ kA}$
- $I_{cs} = 60 \text{ kA}$
- $I_{cw} = 20 \text{ kA (1 s)}$

con



*Sganciatore elettronico PR212/P*

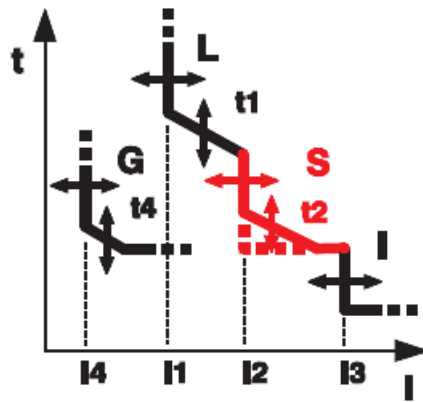
Lo sganciatore elettronico permettono di stabilire la caratteristica di intervento settando mediante switch alcune correnti tipiche;

- $I_1$  per la funzione **L**: protezione da sovraccarico con caratteristica a tempo lungo inverso a tempo dipendente  $\Rightarrow$   $i^2 t = \text{costante}$ );
- $I_2$  per la funzione **S**: intervento ritardato in cortocircuito con energia passante costante (tempo breve inverso) o no (tempo indipendente). protezione da

sovraccarico con caratteristica a tempo lungo inverso a tempo dipendente; la funzione può essere esclusa:OFF

- $I_3$  per la funzione **I**:protezione in cortocircuito istantanea (che può anche essere esclusa:OFF);
- $I_4$  per la funzione **G**:protezione contro guasto a terra con caratteristica a tempo dipendente breve inverso  $\Rightarrow I^2t = \text{costante}$ ); può essere esclusa:OFF)

### Taratura dello sganciatore

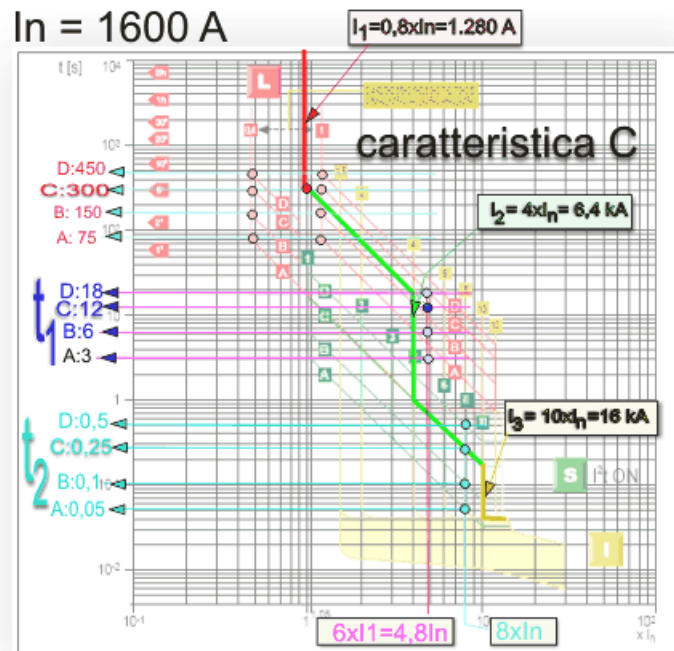


Caratteristica di intervento: parametri

- funzione **L**
  - $I_1 = 0,8 \cdot I_n = 1.280 \text{ A}$
- funzione **S**
  - $I_2 = 4 \cdot I_n = 7,2 \text{ kA}$
  - tempo dipendente  $\Rightarrow I^2t = \text{cost}$
- funzione **I**
  - $I_3 = 10 \cdot I_n = 16 \text{ kA}$
- funzione **G**:OFF

Caratteristica di intervento **C**, che definisce i tempi di intervento:

- $t_1 = 12 \text{ s}$  per  $I = 6 \times I_1 = 4,8 \text{ kA}$ ,  $I_n = 7,68 \text{ kA}$
- $t_2 = 0,25 \text{ s}$  per  $I = 8 \times I_n = 12,8 \text{ kA}$



*Caratteristica di intervento programmata*

L'intervento istantaneo avviene per correnti superiori ai 16 kA in 40 ms. L'intervento per sovraccarico per correnti superiori a 1.280 A con caratteristica a tempo inverso fino a 6,4 kA con estremi di 300 s e 18 s per correnti rispettivamente appena superiori a 1.280 A ed appena inferiori di 6.400 A. Superati i 6.400 A il tempo di intervento diventa di 1 s per correnti appena superiori, per arrivare, con caratteristica a tempo inverso che mantiene costante l'iquadroti, a poco meno di 200 ms alla soglie della corrente di intervento istantaneo, di 16 kA, oltre la quale il tempo di intervento è minore di 40 ms (22 ms a  $I_{cu} = 100 \text{ kA}$ ).

Se la corrente di cortocircuito è inferiore ai 50 kA, dopo il cortocircuito l'interruttore è in grado di riprendere il normale servizio; per correnti superiori, ma inferiori ai 100 kA, è necessaria la manutenzione o l'eventuale sostituzione. Correnti superiori ai 100 kA non possono essere interrotte.

### **Il riferimento teorico: circuito R-L**

I cortocircuiti che si verificano negli impianti elettrici sono di tipo ohmico-induttivo. La schematizzazione per una fase è dunque la serie di resistenza ed induttanza alimentata dalla tensione di fase. Il circuito di riferimento è il seguente

$$u(t) = U_M \sin(\omega t + \beta)$$

Nel regime variabile immediatamente conseguente al corto l'equazione da considerare, per il secondo principio di Kirchhoff è:

$$u(t) = L \frac{di}{dt} + Ri$$

la cui soluzione è

$$i = I_M \left( \sin(\omega t + \beta - \phi) + e^{-\frac{t}{T}} \sin(\phi - \beta) \right)$$

$$I_M = \frac{U_M}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

$$\phi = \arctan \frac{\omega L}{R}$$

$$T = \frac{L}{R}$$

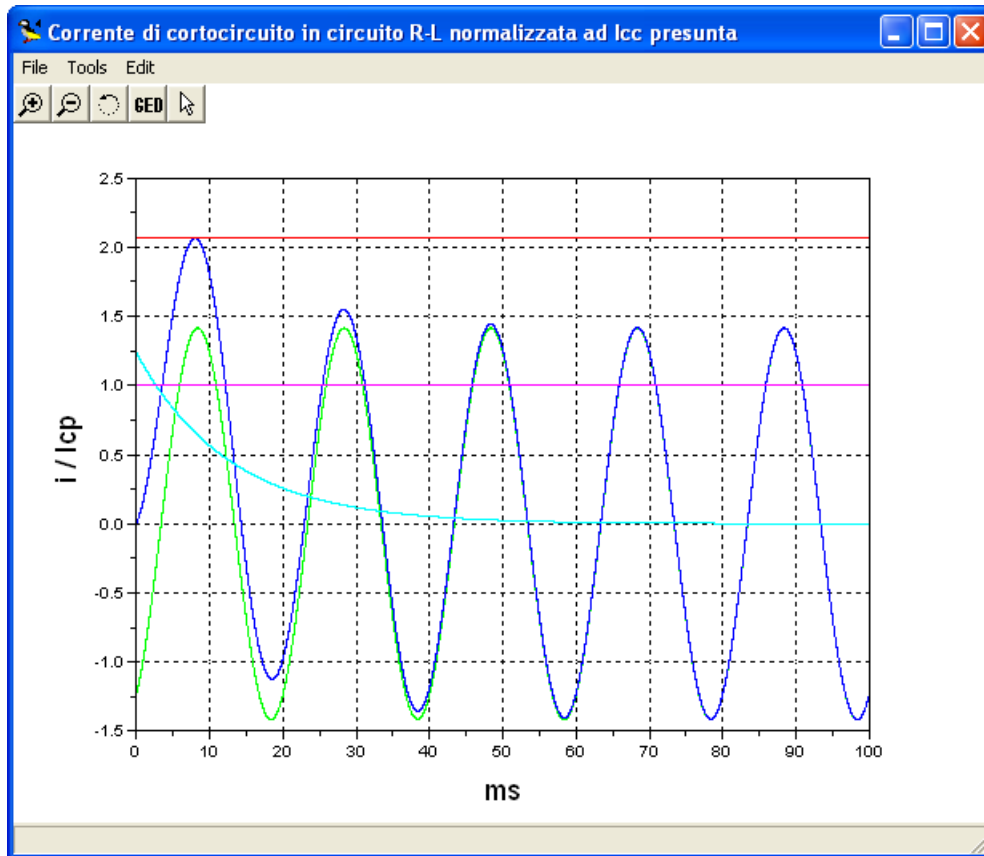
$$I_{cp} = \frac{I_M}{\sqrt{2}} \text{ **Corrente di cortocircuito presunta**}$$

è il valore efficace della componente permanente, corrispondente al primo addendo dell'equazione della corrente. Il secondo è la componente unidirezionale transitoria, il cui valore iniziale dipende dalla fase iniziale della tensione, cioè dal valore di  $\beta$

Nel seguente grafico sono tracciate tutte le componenti della corrente di cortocircuito, normalizzate rispetto alla  $I_{cp}$ . Il fattore di potenza è  $\cos\varphi_C = 0,242$

- blu: corrente di cortocircuito istantanea effettiva:  $\frac{i}{I_{cp}}$
- verde: corrente di cortocircuito a regime permanente:  $\frac{i_p}{I_{cp}}$
- cyan: componente transitoria:  $\frac{i_t}{I_{cp}}$
- magenta: valore efficace della componente permanente:  $\frac{I_{cp}}{I_{cp}} = 1$
- rosso: picco massimo:  $\frac{i_{picco}}{I_{cp}}$





### Script Scilab

Il precedente grafico è tracciato dal seguente script Scilab. E' possibile copiarlo ed incollarlo nella finestra di Scilab 4.1.2 e modificare i parametri (resistenza, reattanza, fase della tensione, frequenza; ed anche il valore della tensione (ininfluyente però ai fini del grafico, essendo quest'ultimo normalizzato))

```
//Parametri del cortocircuito R-L
//grafici Sicurezza elettrica di V. Carrescia pag.465-473 148-150
txt=['Tensione U=';'frequenza f=';'Resistenza (milliohm): R=';
'Reattanza (milliohm) X=';'fase della tensione (gradi) beta='];
linea=evstr(x_mdialog('Dati della linea',txt,['230';'50';'1';'4';'15']));
EM=linea(1)*sqrt(2);
betarad=linea(5)*%pi/180;
R=linea(3)/1000;
X=linea(4)/1000;

w=2*%pi*linea(2);
L=X/w;
```

```

e=%e*1;
tau=L/R;
phi=atan (w*tau);
t=[0:0.01:100]/1000;
IM=EM/(sqrt(R^2+X^2))/1000;
Icp=IM/sqrt(2);
U=EM*sin(w*t-betarad);
i=IM*(sin(w*t-phi+betarad)+e^(-t/tau)*sin(phi-betarad))/Icp;
ip=IM*(sin(w*t-phi+betarad))/Icp;
it=IM*e^(-t/tau)*sin(phi-betarad)/Icp;
ipicco=max(i)*ones(i);
iccpresunta=ones(i);
plot2d(t*1000,ip, style=3);
plot2d(t*1000,i,style=2);
plot2d(t*1000,it,style=4);
plot2d(t*1000,ipicco,style=5);
plot2d(t*1000,iccpresunta,style=6);


//Manipolazione grafico
grafico=gce();
grafico.parent.grid=[1,1];
assi=gca();
assi.x_label.text='ms';
assi.y_label.text='i / Icp';
assi.y_label.font_size=4;
assi.x_label.font_size=4;
figura=gcf();
figura.figure_name="Corrente di cortocircuito in circuito R-L normalizzata ad Icc presu

```

## La Norma di riferimento

- CEI EN 60947-2 - Class. CEI 17-5 - CT 17 - Fascicolo 8917 - Anno 2007 - Edizione Ottava
  - Apparecchiature a bassa tensione
  - Parte 2: Interruttori automatici

## Bibliografia

|   |   |   |
|---|---|---|
|            |  |  |
| <p><i>Gli interruttori automatici</i></p> <p>Giovanni Cantarella<br/>TNE- agosto - 2005</p> | <p><i>Fondamenti di SICUREZZA ELETTRICA</i></p> <p>Vito Carrescia<br/>Ed. TNE</p> | <p><i>Complementi di impianti elettrici</i></p> <p>Lorenzo Fellin<br/>Ed. Diade</p> |

|   |
|---|
|  |
| <p><i>Catalogo tecnico Interruttori Isomax S</i></p> <p>ABB</p>                     |

Estratto

da

"<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Admin:correntiinterruttori>"