

LA SELETTIVITÀ NELLA PROTEZIONE MEDIANTE FUSIBILI

Massimo Salmoiraghi (*)

L'articolo passa in rassegna i criteri progettuali da porre in atto per garantire la selettività orizzontale e verticale tra i fusibili e tra questi e gli interruttori automatici.

(*) Massimo Salmoiraghi - Responsabile Assicurazione Qualità Italweber S.p.A.

Nei sistemi elettrici di protezione, la selettività si realizza allo scopo di limitare l'intervento ai dispositivi preposti specificamente alla parte d'impianto in

cui si è verificato il guasto. In altri termini, la selettività consente d'evitare inutili disservizi ai circuiti ed alle utenze che non sono sede di guasto.

FIGURA 1

Configurazione circuitale destinata a garantire una forma di selettività orizzontale.

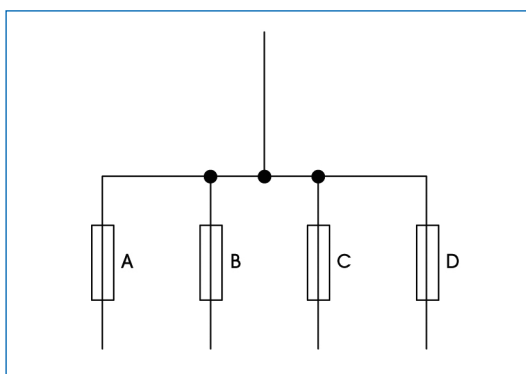
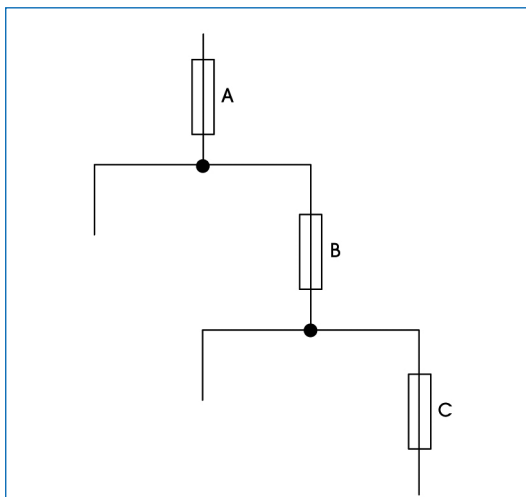


FIGURA 2

Configurazione circuitale destinata a garantire una forma di selettività verticale.



TIPI DI SELETTIVITÀ

Tipologicamente, la limitazione degli effetti conseguenti a sovracorrenti si consegue mediante due differenti configurazioni circuitali, caratterizzate da altrettante forme di selezione.

La *selettività orizzontale* (Figura 1) si realizza suddividendo le utenze su più circuiti a diffusione radiale. In questo modo i dispositivi di protezione si vengono a trovare in parallelo ed intervengono ad interrompere solo le diramazioni sulle quali si verificano di volta in volta i guasti.

La *selettività verticale* (Figura 2) si realizza, invece, tra più dispositivi in serie, lungo un circuito caratterizzato da più livelli di distribuzione.

La limitazione del disservizio si ottiene facendo sì che ad intervenire per primi siano i dispositivi a valle, più prossimi al punto di guasto, in modo tale che i dispositivi a monte, non intervenendo, garantiscano la continuità d'esercizio alle altre utenze.

In generale, sugli impianti di una certa complessità, s'attuano forme di selettività *mista*, comprendenti sia soluzioni di selettività orizzontale, sia soluzioni di selettività verticale (Figura 3).

GARANZIE DI SELETTIVITÀ

I dispositivi di protezione, ed in particolare i fusibili (Figura 4), che qui s'intende prendere in considerazione ai fini della selettività, sono caratterizzati da una zona tempo/corrente compresa tra due curve (Figura 5): una superiore che, per ogni valore di corrente, indica il tempo massimo d'interruzione, ed una inferiore che, per ogni valore di corrente, indica il tempo minimo di non funzionamento (vale a dire di non funzionamento dell'elemento sensibile interno).

Tra due fusibili posti in serie – per esempio, tra il fusibile A ed il fusibile B della figura 2 – è garantita una selettività verticale *totale* quando la zona tempo/corrente del dispositivo a monte si mantiene in ogni punto al di sopra di quella del dispositivo posto a valle (Figura 6). Se, invece, la separazione tra le zone tempo/corrente dei due fusibili posti in serie è limitata ad alcuni valori di sovracorrente, mentre per altri si verifica una sovrapposizione delle zone, la garanzia di selettività si definisce *parziale* (Figura 7). La garanzia circa il fatto che il fusibile a valle intervenga prima di quello a monte si ha solo in caso di sovracorrenti di valore inferiore al punto d'intersezione tra le zone (vale a dire, in riferimento alla figura 7, per sovracorrenti inferiori a I_s , che rappresenta la *corrente limite di selettività*).

Cosa avviene all'interno dei fusibili

La fusione dell'elemento sensibile interno alla cartuccia avviene entro un determinato tempo, detto di prearco. Per meglio dire, il *tempo di prearco* è quello che intercorre tra l'istante d'inizio della sovracorrente e l'istante in cui si forma l'arco d'interruzione.

Attraverso l'arco, la corrente ha comunque modo di continuare a fluire, fino a quando questo s'interrompe definitivamente. La durata dell'arco misura quello che viene definito *tempo di arco*.

La selettività si verifica allorché il

$$\text{tempo di prearco} + \text{tempo di arco}$$

del fusibile posto a valle è inferiore al tempo di prearco del fusibile posto a monte.

Prescrizioni normative

La norma tecnica di prodotto CEI EN 60269-1 (Classificazione CEI 32-1), relativa ai fusibili,

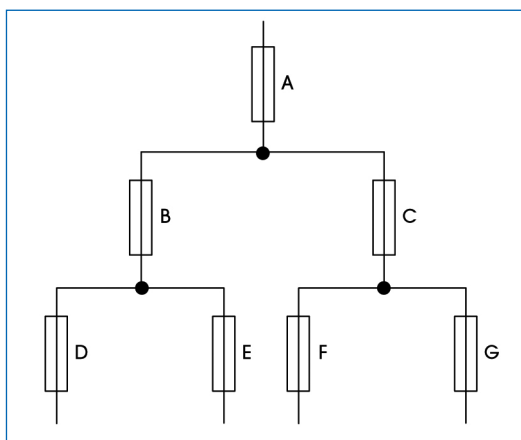


FIGURA 3

Configurazione circuitale destinata a garantire forme di selettività sia orizzontale, sia verticale.



FIGURA 4

Fusibili nelle loro diverse forme costruttive.

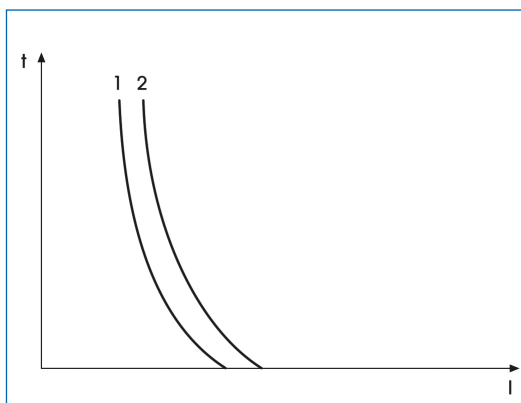


FIGURA 5

Caratteristica d'intervento tempo/corrente di un fusibile.

1 - curva del tempo minimo di non funzionamento;
2 - curva del tempo massimo d'interruzione.

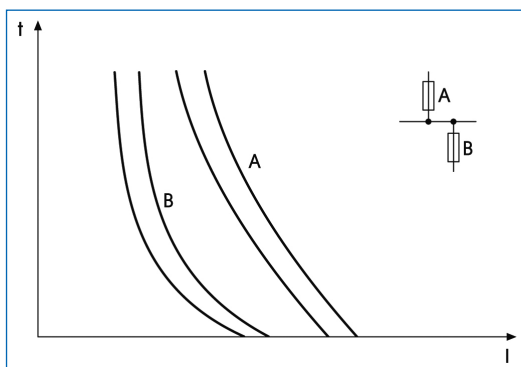


FIGURA 6

Esempio di selettività verticale *totale* tra un fusibile A posto a monte ed un fusibile B posto a valle di un medesimo circuito.

■ se il fusibile gG si trova a valle, la corrente nominale del fusibile extrarapido deve essere almeno pari a 3 volte quella del fusibile gG.

SELETTIVITÀ TRA FUSIBILI ED INTERRUTTORI AUTOMATICI

L'abbinamento in serie tra un interruttore automatico magnetotermico ed un fusibile, il primo a monte, il secondo a valle (Figura 8), consente una selettività verticale totale alquanto agevole; molto più agevole e certa rispetto a quella che si potrebbe ottenere con il collegamento in serie di due interruttori automatici.

In presenza di più fusibili collegati in diramazione, a valle di uno stesso interruttore automatico (Figura 9), la corrente di regolazione I_r del relè termico deve rispondere alla condizione:

$$I_r \geq Kd \cdot I_n$$

Dove I_n è la corrente nominale in amperes del fusibile inserito sul circuito più caricato; mentre il coefficiente Kd per i fusibili tipo gG vale (secondo la norma IEC 269-2-1):

- 2,1 per fusibili con $I_n \leq 4$ A;
- 1,9 per fusibili con I_n superiore a 4 A ed inferiore a 16 A;
- 1,6 per fusibili con $I_n \geq 16$ A.

Inoltre, dev'essere rispettata la relazione per cui:

$$I_r \geq \frac{I_1 + I_2 + \dots}{1,05}$$

Vale a dire che la corrente di taratura termica I_r non deve essere inferiore a 1,05 volte la sommatoria delle correnti riscontrabili su ciascuno dei rami protetti mediante fusibili.

La composizione inversa, con il fusibile a monte e l'interruttore automatico a valle, può, invece, creare problemi (Figura 10), almeno per quanto riguarda la ricerca di una *selettività totale*. La sovrapposizione delle zone d'intervento per correnti di valore particolarmente elevato (uguale o maggiore di I_s , nell'ipotesi riportata nella figura 10) può condurre a forme di *selettività parziale*. Il fatto può essere risolto utilizzando un interruttore limitatore, in grado di velocizzare l'apertura dei contatti e l'estrazione dell'arco proprio in occasione di correnti di guasto molto elevate (vedi tratto finale B_1 delle curve riportate nella figura 10).

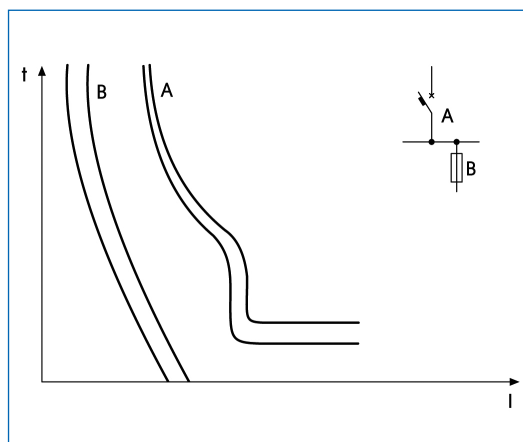


FIGURA 8

Esempio di selettività verticale totale tra un interruttore automatico A posto a monte ed un fusibile B posto a valle del medesimo circuito.

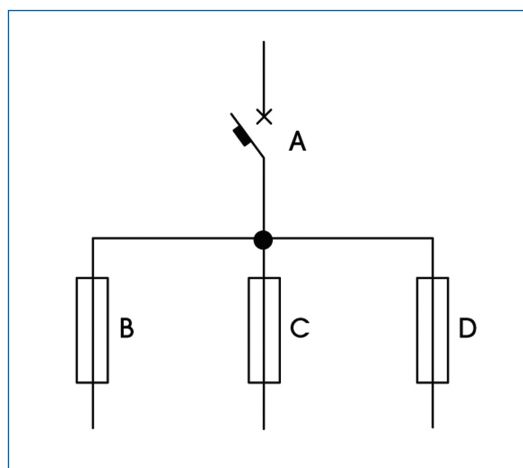


FIGURA 9

Esempio circuitale con più fusibili collegati in diramazione, a valle di uno stesso interruttore automatico.

FIGURA 10

Esempio di selettività verticale tra un fusibile A posto a monte ed un interruttore automatico B a valle di un medesimo circuito. Le curve tratteggiate B_1 , valide se l'interruttore è limitatore, consentono una selettività *totale*. Nel caso d'interruttore *normale*, la selettività è solo *parziale*, in quanto non vale più al di sopra della corrente I_s .

In presenza di più interruttori posti in diramazione, a valle di uno stesso fusibile (Figura 11), è necessario che il confronto venga effettuato per ognuno di essi, ovvero per quello con corrente nominale più elevata.

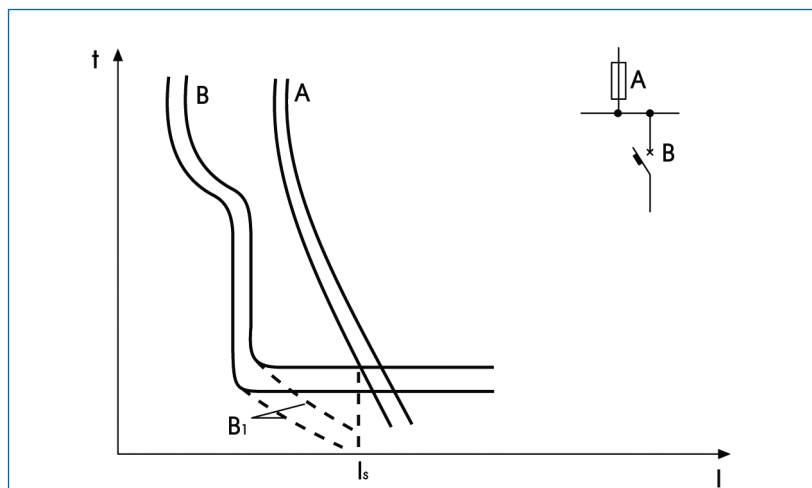
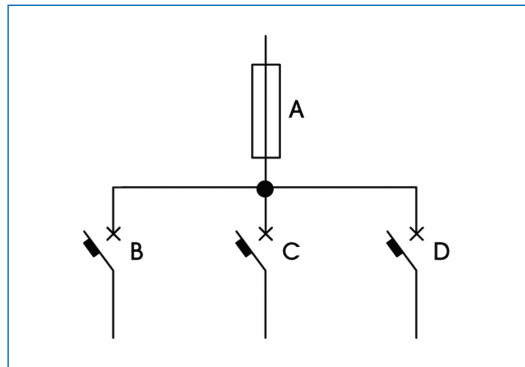


FIGURA 11

Esempio circuitale con più interruttori collegati in diramazione, a valle di uno stesso fusibile.



Protezione di back-up

La protezione di back-up (altrimenti detta di sostegno) è una forma particolare e voluta di *selettività parziale* tra un fusibile installato a monte ed un interruttore automatico installato a valle.

Lo scopo di questo genere di protezione è quello di servirsi delle eccezionali doti d'interruzione proprie del fusibile per proteggere un interruttore, che non dispone di un *potere d'interruzione estremo* adeguato al valore della corrente presunta di cortocircuito nel punto d'installazione.

Le zone d'intervento dei due dispositivi posti in serie devono presentarsi come illustrato nella figura 12.

Per sovracorrenti che si mantengono al di sotto della soglia di selettività I_s , l'interruttore automatico interviene sempre prima del fusibile installato a monte.

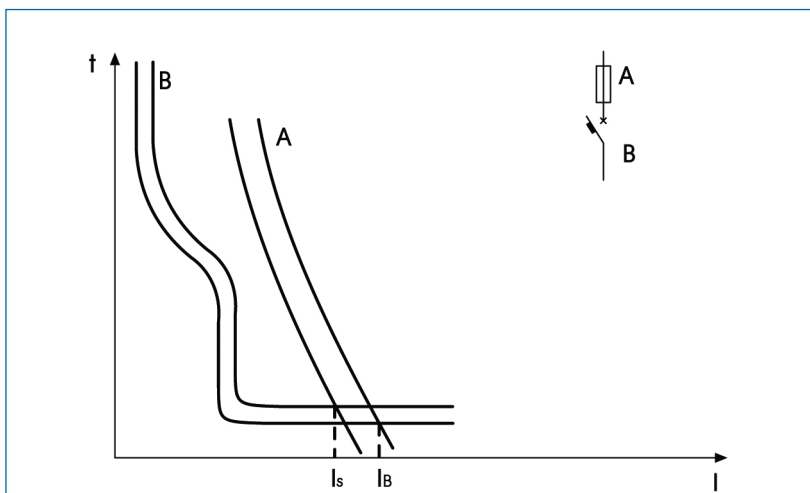
Per valori di sovracorrente compresi tra I_s e I_B (quest'ultima detta *corrente di scambio*) possono intervenire, in concorrenza tra loro, entrambi i dispositivi.

FIGURA 12

Esempio di selettività verticale parziale destinata a garantire la protezione di back-up di un interruttore automatico.

I_s - corrente limite di selettività;

I_B - corrente di scambio.



Per i più elevati valori di sovracorrente, maggiori di I_B , interviene solo il fusibile.

La protezione di back-up dell'interruttore si ottiene facendo in modo che I_B - punto d'intersezione tra la curva dei tempi massimi d'interruzione del fusibile e quella minima di non intervento dell'interruttore - risulti inferiore al potere d'interruzione nominale dell'interruttore.

Le caratteristiche richieste per il fusibile da associare all'interruttore devono essere fornite dal fabbricante di quest'ultimo, poiché dipendono anche dalle sue capacità di sopportazione, a contatti chiusi, delle sollecitazioni termiche e dinamiche prodotte dal passaggio della corrente di cortocircuito.

Fusibili aM oppure gG?

Per la protezione di back-up, i fusibili aM sono più adatti allo scopo, ma occorre fare attenzione, in fase di coordinamento (ovvero di sovrapposizione delle curve), che il relè termico dell'interruttore automatico intervenga ad evitare che l'elemento fusibile sia sottoposto alle *piccole correnti* che, in generale, non è adatto a sopportare. In altri termini, il primo tratto della curva d'intervento dell'interruttore deve situarsi al di sotto della curva che delinea il limite di sovraccarico ammissibile sul fusibile aM associato.

Questa precauzione non è richiesta per i fusibili gG, che dispongono di un potere d'interruzione a tutto campo, senza alcuna zona critica.

SELETTIVITÀ TRA FUSIBILI POSTI A MONTE ED A VALLE DI UN TRASFORMATORE MT

Quando le protezioni in cabina, a monte ed a valle di un trasformatore MT/BT, sono realizzate mediante fusibili, occorre fare in modo che le sovracorrenti sul circuito BT determinino l'intervento solo dei fusibili collocati sul secondario del trasformatore, realizzando in tal modo una selettività verticale tra il dispositivo di protezione MT e quello BT.

Per prima cosa, occorre ricavare una caratteristica d'intervento dei fusibili MT confrontabile con quella dei fusibili BT posti in uscita dal trasformatore.

Questo si ottiene deducendo, per ogni valore di I_{MT} , quello equivalente in bassa tensione, pari a:

$$I_{BT} = I_{MT} \frac{U_{MT}}{U_{BT}}$$

dove U_{MT} è il valore in volt della tensione nominale primaria e U_{BT} quello della tensione nominale secondaria.

A questo punto, le caratteristiche d'intervento possono essere confrontate (Figura 13).

La selettività è garantita fino a che la curva dei tempi minimi di prearco dei fusibili MT (fascia d'intervento A) non incontra la curva dei tempi massimi di interruzione dei fusibili BT (fascia d'intervento B). Tale punto d'incontro rappresenta la soglia limite di selettività I_s , al di sotto della quale la selettività può dirsi totale.

Perché l'impianto, funzionalmente, possa collocarsi in tale ambito – di selettività totale – occorre che risulti:

$$I_{ccBT} \leq I_s$$

Vale a dire che il massimo valore della corrente di cortocircuito sul lato BT non risulti superiore alla corrente limite di selettività ricavabile dal confronto delle curve.

SELETTIVITÀ A VALLE DI SOCCORRITORI UPS

Le utenze alimentate tramite i soccorritori statici di continuità UPS (*Uninterruptible Power Supply*) sono, solitamente, critiche ed è necessario evitare il più possibile che vengano disalimentate quando il guasto non le coinvolge direttamente. Ecco perché la selettività orizzontale e verticale a valle di un UPS (Figura 14) dev'essere curata con particolare attenzione.

Negli UPS, l'inverter d'uscita provvede di per sé a limitare l'eventuale sovracorrente a circa 2 volte la corrente nominale I_n . Al persistere della sovracorrente, l'autolimitazione dell'UPS perdura per qualche secondo, dopo di che l'inverter si blocca, disalimentando tutte le utenze.

Per evitare che ciò accada è necessario che i fusibili posti in ognuna delle diramazioni intervengano *prima* che l'inverter vada in blocco, al fine di sezionare solo l'utenza responsabile del guasto.

Solitamente si consigliano tempi d'intervento superiori a 10 ms; il che comporta, usando fusibili gG, una precauzione dimensionalmente tale per cui la corrente in ciascun ramo non superi di 1/6 quella nominale I_n dell'UPS.

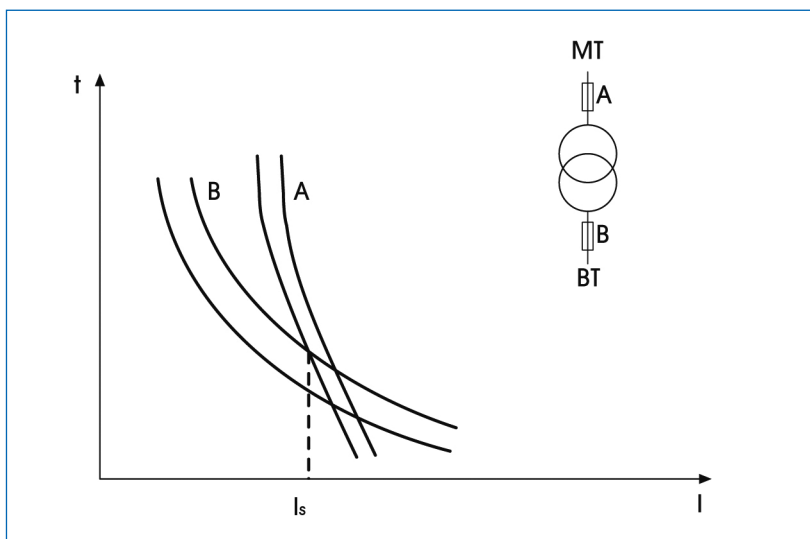


FIGURA 13

Esempio di selettività verticale tra fusibili posti a monte e fusibili posti a valle di un trasformatore MT/BT.

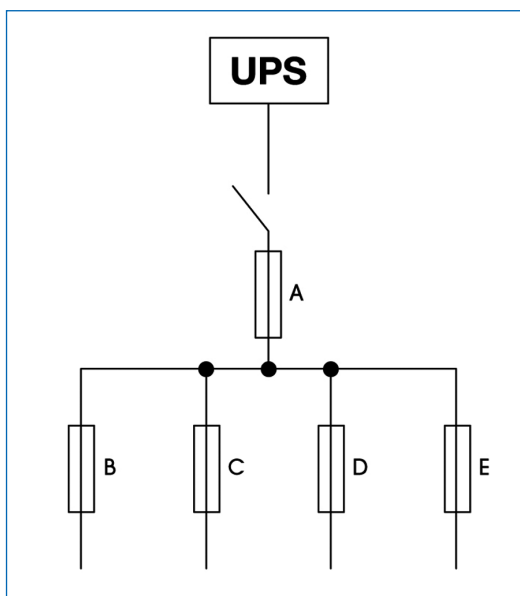


FIGURA 14

Esempio di configurazione protettiva a valle di un UPS, con garanzie di selettività orizzontale tra le quattro diramazioni e di selettività tra il dispositivo di protezione generale (A) ed ognuna delle quattro diramazioni (B-C-D-E).

Il frazionamento delle singole utenze può essere portato fino a valori pari a 1/3 della I_n se s'impiegano fusibili extrarapidi.