

9.6 Interruttore automatico, sganciatore

9.6.1 Generalità

L'interruttore automatico è un apparecchio meccanico di manovra capace di stabilire, portare e interrompere correnti in condizioni normali del circuito e inoltre di stabilire, portare per una durata specifica e interrompere, correnti in condizioni anormali specificate del circuito, ad esempio quelle di corto circuito. L'interruttore è tra l'altro caratterizzato dall'aver due posizioni che mantiene in condizione di riposo (dopo la manovra che le ha determinate) senza che sia necessario un ulteriore apporto di energia. E' un apparecchio in grado di connettere e disconnettere un circuito dall'alimentazione mediante un'operazione, manuale o automatica, in genere di tipo indipendente perché permette di raggiungere le posizioni di aperto e chiuso senza arresto in posizioni intermedie con velocità di apertura/chiusura svincolata dalla velocità di manovra dell'operatore. La parola 'automatico' sta ad indicare un apparecchio che interviene automaticamente quando è attraversato da una corrente superiore alla sua corrente nominale. Le modalità dell'intervento dipendono essenzialmente dall'entità della sovracorrente e dalla caratteristica di intervento dell'interruttore. Ogni interruttore è fornito di due sganciatori di sovracorrente di cui uno (relè termico), a tempo inverso, provoca l'apertura con un ritardo inversamente proporzionale al valore della sovracorrente, mentre l'altro (relè elettromagnetico), a intervento istantaneo provoca l'intervento a partire da un determinato valore di sovracorrente (relativamente elevato) con un tempo pressoché costante.

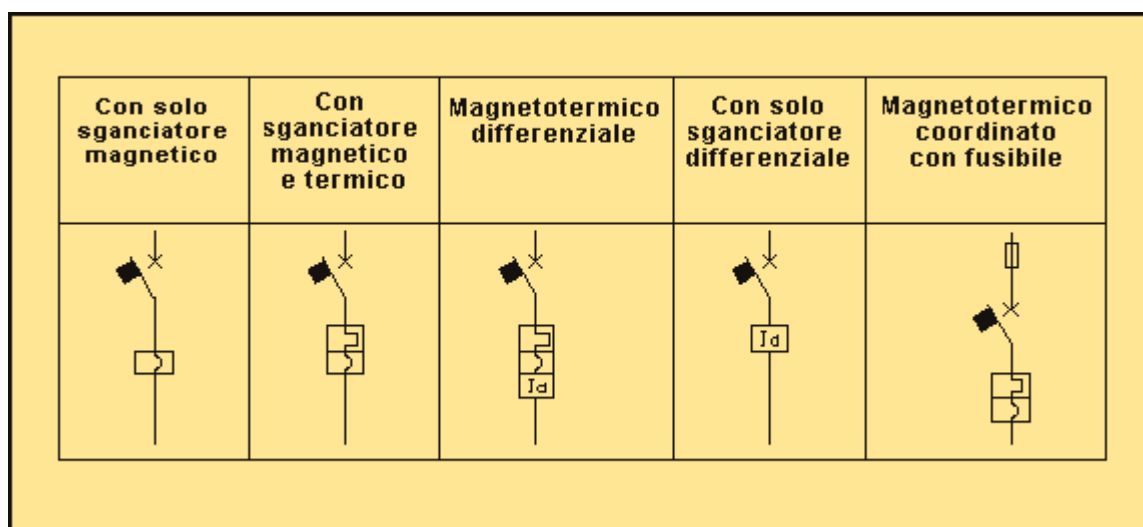


Fig. 9.6 - Segni grafici d'interruttori automatici magnetotermici e differenziali

9.6.2 Classificazione

In base ai tempi d'interruzione della corrente di corto circuito s'identificano i seguenti tipi d'interruttori:

- *Limitatore* - l'interruzione è molto anticipata rispetto allo zero naturale della corrente;
- *Rapidi* - l'interruzione avviene al primo o al secondo passaggio della corrente per lo zero naturale;
- *Selettivi* - l'interruzione è volutamente ritardata e avviene dopo alcuni periodi per permettere la selettività tra interruttori posti in serie;
- *Interruttori aperti o in aria*- sono interruttori caratterizzati da notevoli dimensioni e sono impiegati per usi prevalentemente di tipo industriale. Possiedono correnti nominali, correnti di breve durata e poteri di corto circuito piuttosto elevati. Sono impiegati come interruttori di macchina a valle dei trasformatori di MT/BT di generatori e per partenze con elevate correnti di impiego (1000-2000 A);
- *Interruttore scatolato* - sono interruttori in cui la scatola che li contiene, normalmente di materiale plastico, funge da supporto per le parti meccaniche e da isolante tra le fasi e verso massa e da protezione contro i contatti indiretti;
- *Interruttore modulare* - sono interruttori impiegati prevalentemente nel civile e nel terziario e sono caratterizzati da dimensioni modulari unificate. Queste caratteristiche permettono una facile installazione a scatto su supporti di tipo normalizzato.

9.6.3 Sganciatori

Lo sganciatore è un dispositivo che ha il compito, sotto l'influenza di una particolare grandezza, di comandare il rilascio degli organi di ritegno dell'interruttore e di permetterne l'apertura o la chiusura. In relazione alle grandezze di alimentazione dei sensori che determinano l'intervento si possono individuare due gruppi fondamentali di sganciatori:

- *sganciatori di corrente* in cui lo sgancio avviene al superamento di un predeterminato valore di corrente;
- *sganciatori di tensione* in cui lo sgancio avviene al passaggio attraverso determinati valori di tensione che possono essere superiori o inferiori ad un determinato livello di soglia prestabilito.

Una ulteriore classificazione può essere ottenuta in base ai tempi d'intervento degli sganciatori:

- *sganciatori istantanei* in cui l'intervento avviene all'apparire della causa senza nessun ritardo intenzionale;
- *sganciatori a tempo indipendente* in cui è presente una regolazione sul ritardo indipendente dalla grandezza che ha provocato l'intervento;
- *sganciatori a tempo inverso* in cui lo sgancio dipende dall'inverso della grandezza che ha pilotato lo sgancio.

Un'ultima classificazione può essere fatta in base al tipo di alimentazione degli sganciatori:

- *sganciatori primari* in cui l'alimentazione è derivata direttamente dalla corrente del circuito principale dell'interruttore;
- *sganciatori secondari* in cui l'alimentazione è ottenuta dalla corrente del circuito primario attraverso un derivatore o trasformatori di corrente.

Gli sganciatori più diffusi sono i tradizionali di tipo elettromeccanico (magnetici e termici) anche se si vanno sempre di più diffondendo gli sganciatori elettronici a microprocessore.

9.6.3.1 Sganciatori magnetici

Il dispositivo magnetico è uno sganciatore di tipo istantaneo il cui circuito è concatenato con la corrente del circuito di potenza che determina, al di sopra di un determinato valore di corrente (a meno delle tolleranze previste dalle Norme), l'attrazione di un nucleo ferromagnetico che libera gli organi di ritegno dell'interruttore causandone l'apertura. Negli interruttori di tipo industriale (correnti superiori a 200-250 A) è possibile introdurre dei ritardi sull'apertura agendo direttamente sui cinematismi o intervenendo con dei dispositivi a tempo.

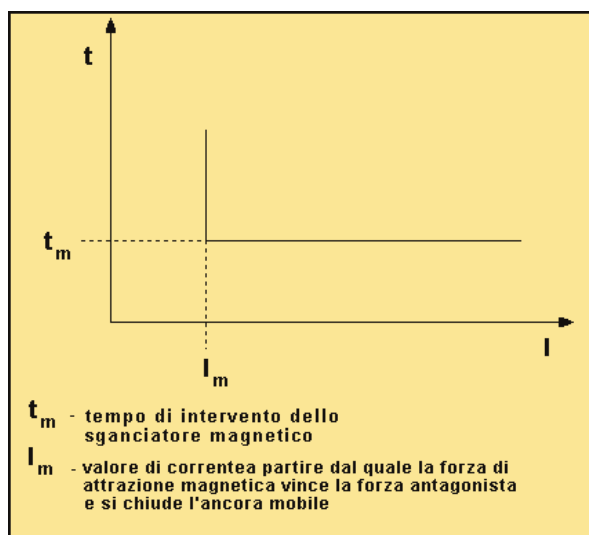


Fig. 9.7 - Curva d'intervento caratteristica di sganciatore magnetico istantaneo di massima corrente

9.6.3.2 Sganciatori termici

E' un dispositivo cosiddetto a tempo inverso che sfrutta la deformazione di un elemento bimetallico. Il bimetallo è, infatti, sensibile al passaggio della corrente che lo riscalda provocandone la dilatazione. Essendo questo un dispositivo sensibile alla temperatura è necessario adottare provvedimenti per compensare l'eventuale variazione della temperatura ambiente. Negli interruttori di tipo industriale è in genere consentita la regolazione della corrente d'intervento per la protezione dai sovraccarichi (comunemente chiamata di corto ritardo). Questo consente di adeguare il livello di protezione ai bisogni del circuito e di ottimizzare la sezione dei cavi.

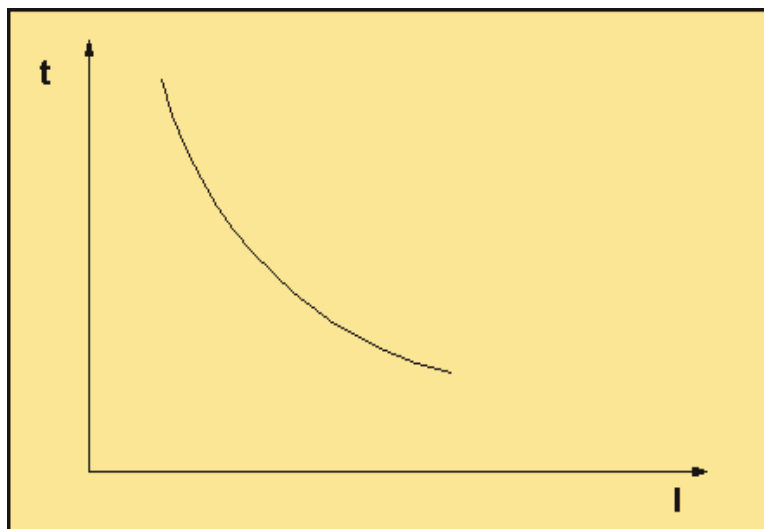


Fig. 9.8 - Curva d'intervento caratteristica di sganciatore di massima corrente a tempo inverso

9.6.3.3 Sganciatore elettronico di massima corrente

E' un tipo di sganciatore che si avvale dell'ausilio di trasformatori di corrente in genere inseriti sui poli dell'interruttore che forniscono sia il segnale, elaborato da un microprocessore, per pilotare lo sganciatore che la potenza necessaria per l'operazione di sgancio. Offrono diverse possibilità di regolazione dei valori di corrente, dai più semplici, che permettono di regolare la corrente d'intervento della protezione termica (lungo ritardo) e di quella contro i corto circuiti (corto ritardo), ai più complessi che offrono la possibilità di regolare sia le correnti sia i tempi di intervento.

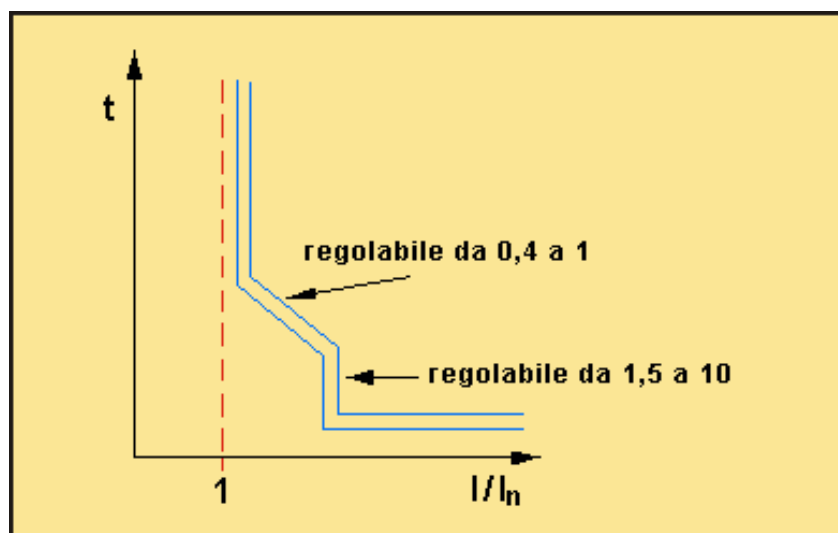


Fig. 9.9 - Caratteristica d'intervento dei relè elettronici

9.6.4 La scelta degli sganciatori

La scelta è normalmente effettuata sulla base di considerazioni tecnico-economiche, legate alle caratteristiche dell'impianto da proteggere e della necessità di ottenere una eventuale selettività tra le protezioni. Dal punto di vista tecnico deve essere garantita la protezione contro i sovraccarichi, contro i corto circuiti e la protezione delle persone secondo le regole fissate dalle Norme. Dal punto di vista economico gli sganciatori più semplici, quelli a bimetallo, sono i meno costosi ma offrono, rispetto a quelli elettronici, più costosi, una precisione d'intervento minore. Quelli di tipo elettronico, tra l'altro, garantiscono la costanza della corrente d'intervento della protezione termica al variare della temperatura nel punto di installazione mentre, gli sganciatori magnetotermici, intervengono a valori diversi di corrente in funzione della temperatura raggiunta all'interno del quadro in cui sono installati.

9.6.5 Tecniche di interruzione

In bassa tensione l'interruzione di forti correnti è quasi sempre ottenuta in aria con l'impiego di celle di estinzione del tipo dejon. I meccanismi di estinzione dell'arco e d'interruzione della corrente avvengono nel modo di seguito indicato:

- allungamento dell'arco all'interno delle singole celle di estinzione;
- raffreddamento dell'arco per dissipazione di calore nell'aria circostante e sugli elementi ceramici e metallici delle celle;
- frazionamento dell'arco e conseguente riduzione della tensione d'arco al di sotto del valore di stabilità;
- aumento della velocità di spostamento dell'arco. Questo effetto può essere ottenuto tramite la configurazione a corno del contatto mobile, mediante l'utilizzo di materiali ferromagnetici per aumentare il campo magnetico, mediante l'impiego di materiali che alla presenza di temperature elevate emettono gas che sono in grado di spingere l'arco nelle celle di estinzione dejon.

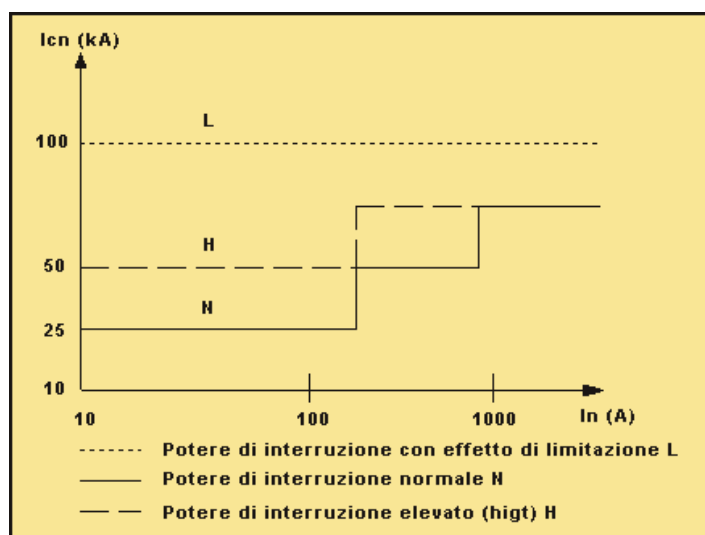


Fig. 9.10 - Poteri d'interruzione I_{cn} in funzione della corrente nominale I_n

Gli interruttori, riguardo alla tecnica d'interruzione, si possono suddividere in due tipologie:

- *interruttore automatico 'limitatore'* che sfrutta l'effetto di repulsione tra correnti di verso contrario provocando un movimento di allontanamento anche del contatto fisso. L'effetto di limitazione, che è sfruttato da tempo nei fusibili, viene ottenuto con tempi di apertura (tempo che intercorre all'apparire della causa che provoca l'intervento e l'istante in cui i contatti d'arco si sono separati in tutti i poli) dell'ordine del millisecondo e con contatti e camere d'arco che introducono nel circuito elevate tensioni d'arco in tempi molto brevi. In questo modo il valore di cresta è notevolmente inferiore rispetto a quello della corrente presunta. Quasi tutti gli interruttori della nuova generazione sono di tipo più o meno limitatore per ridurre gli ingombri ed aumentare il potere d'interruzione (da notare che gli interruttori modulari con piccole correnti nominali da 0,5 a 5 A hanno la resistenza del polo di valore elevato che limita la corrente di corto circuito presunta senza l'impiego di altri artifici);

- *interruttori di tipo rapido* che sono caratterizzati da una durata di apertura dell'ordine di alcuni millisecondi per correnti nominali fino a 200 A e la decina di millisecondi per correnti nominali dell'ordine dei mille A.

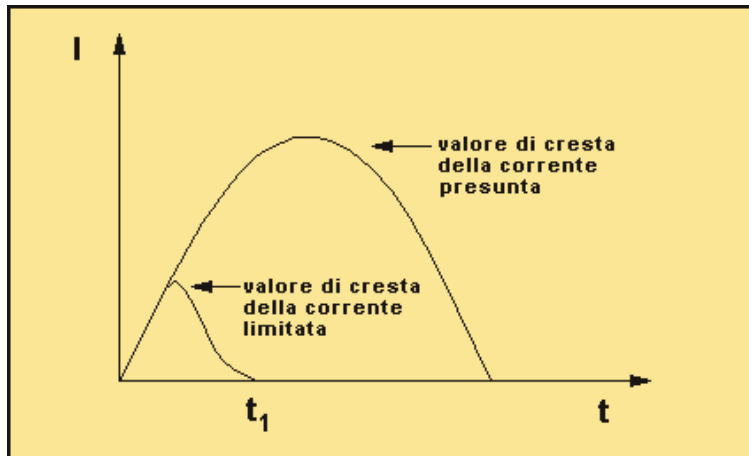


Fig. 9.11 - Confronto tra la corrente di cresta interrotta da un interruttore limitatore e il valore di cresta della corrente presunta

9.6.6 Principali grandezze e caratteristiche elettriche

Le grandezze nominali degli interruttori automatici sono descritte nelle Norme CEI 23-3 (Norme per interruttori per uso domestico), CEI 23-18 (Norme per interruttori differenziali per usi domestici e similari e per interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari) ed EN-60947-2 (Norme per interruttori a uso industriale). Di seguito saranno descritte le principali grandezze nominali relative agli interruttori per uso domestico e similare e di tipo industriale.

4	ZetaGi ® RM 54 - g		A	5
	$U_i=690\text{ V}$ $U_{imp}=7\text{ kV}$ $T_a=40\text{ °C}$			7
6	EN=60947 - 2	$U_e\text{ (V)}$	$I_{cu}\text{ (kA)}$	11
8		230	100	
1	$I_n=630\text{ A}$	400	70	
13	$I_{cw}=15\text{ kA/1s}$	440	65	
2		500	45	
		600	35	
3		690	230	
		$I_{cs}=75\%$	I_{cu}	10
9	50 - 60 Hz	U_e 250 V	I_{cu} 50 kA	

- 1) Corrente nominale
- 2) Attitudine al sezionamento
- 3) Indicazione della posizione di aperto-chiuso
- 4) Nome del costruttore o marchio di fabbrica
- 5) Indicazione del tipo e del numero di serie
- 6) Conformità alla Norma CEI EN 60947-2
- 7) Categoria di utilizzazione:
 - A per interruttori senza ritardo di intervento intenzionale,
 - B per interruttori selettivi (con ritardo di intervento intenzionale di solito regolabile)
- 8) Tensioni di impiego nominali U_e
- 9) Valori della frequenza nominale e limiti dell'eventuale funzionamento in corrente continua
- 10) Poteri di interruzione nominali di servizio I_{cs}
- 11) Poteri di interruzione nominali estremi I_{cu}
- 12) U_i tensione nominale di isolamento – U_{imp} tensione nominale di tenuta ad impulso - T_a temperatura di riferimento
- 13) I_{cw} Corrente nominale di breve durata ammissibile

Fig. 9.12 - Dati di targa di un interruttore conforme alle Norme EN-60947-2

9.6.7 Interruttori per uso domestico

- **Tensione nominale d'impiego (U_e)** - valore di tensione assegnato dal costruttore al quale si riferiscono le prestazioni dell'apparecchio. A uno stesso interruttore possono essere assegnati diversi valori di tensione nominale d'impiego, alle quali corrispondono servizi e prestazioni diverse specificati dal costruttore. I valori normalizzati dalle Norme CEI 23-3 sono:

230 V per interruttori unipolari e bipolari;
230/400 V per interruttori unipolari;
400 V per interruttori bipolari, tripolari e tetrapolari.

- **Tensione nominale di isolamento (U_i)** - E' il valore di tensione per il quale sono stati dimensionati gli isolamenti elettrici dell'interruttore. Se per un apparecchio non è stata indicata la sua tensione di isolamento, si considera come tale la sua più alta tensione nominale d'impiego.
- **Corrente nominale d'impiego (I_n)** - Corrente che il dispositivo è in grado di sopportare ininterrottamente ad una temperatura ambiente prefissata (30°). La norma CEI 23-3 fissa i valori preferenziali della corrente nominale: 6-10-20-25-32-50-63-80-100-125.
- **Calibro** - valore arrotondato della corrente convenzionale di non intervento (questo dato è stato eliminato dalla IV edizione della Norma CEI 23-3).
- **Corrente convenzionale di non intervento ($I_{nf} = 1,13 I_n$)** - valore di corrente che non provoca l'apertura del dispositivo per un tempo prefissato. Per $I < I_{nf}$ l'intervento dell'interruttore non avverrà sicuramente prima di un'ora o di due ore secondo il valore dell' I_n .
- **Corrente convenzionale di intervento ($I_f = 1,45 I_n$)** - valore di corrente che provoca l'apertura del dispositivo entro un tempo prefissato. Per $I \geq I_f$ l'interruttore interverrà sicuramente prima di un'ora o di due ore secondo il valore dell' I_n .

I_n Corrente nominale (A)	I_{nf} Corrente convenzionale di non intervento (A)	I_f Corrente convenzionale di intervento (A)
$I_n < 63A$	$1.13I_n$	$t \geq 1h$
$I_n \geq 63A$	$1.13I_n$	$t \geq 2h$

Tab. 9.4 - Caratteristiche d'intervento degli sganciatori a tempo inverso degli interruttori a uso domestico e similare (CEI 23-3)

- **Corrente di intervento istantaneo** (intervento magnetico) - minimo valore di corrente che provoca l'apertura automatica dell'interruttore senza ritardo intenzionale.
- **Corrente di scambio (I_s)** - valore di corrente limite, corrispondente all'intersezione tra le caratteristiche d'intervento di due dispositivi posti in serie, sopra il quale il dispositivo di protezione, generalmente posto a monte, fornisce la protezione di sostegno (back-up) del dispositivo posto a valle.
- **Potere di corto circuito** - corrisponde al valore efficace della corrente presunta che l'interruttore è in grado di stabilire, portare e interrompere a condizioni specificate. La Norma descrive due diversi livelli di potere di corto circuito:
- **Potere di corto circuito estremo (I_{cu})**, per gli interruttori ad uso domestico corrisponde al **potere di corto circuito nominale (I_{cn})** che prevede una serie di aperture automatiche del tipo **O-t-CO** (O corrisponde ad un'apertura automatica dell'interruttore, predisposto chiuso, su corto circuito, t un intervallo di attesa specificato tra due successive operazioni in condizioni di cortocircuito e CO una operazione di chiusura su corto circuito seguita da un'apertura automatica). L'interruttore dopo una tale sequenza di operazioni deve essere in grado di sopportare la tensione del circuito, senza il rischio di cedimenti dell'isolante, essere manovrabile in chiusura ed apertura, anche se potrebbe non essere in grado di portare con continuità la sua corrente nominale ed infine deve essere in grado di garantire la protezione da sovraccarico.
- **Potere di corto circuito di servizio (I_{cs})** che prevede una serie di aperture automatiche del tipo **O-t-O-t-CO** per l'interruttore unipolare e bipolare e una del tipo **O-t-CO-t-CO** per gli interruttori tripolari e tetrapolari. Dopo tale sequenza l'interruttore deve essere in grado di assicurare i requisiti indicati per il potere di corto circuito estremo e nello stesso tempo anche di continuare a portare con continuità la sua corrente nominale. I_{cn} e I_{cs} sono legati tra di loro da un rapporto prefissato K che le Norme per gli interruttori di uso domestico, a seconda del valore di I_{cn} , indicano in:

I_{cn}	$\leq 6kA$	$6 \div 10kA$	$> 10kA$
$I_{cs}/I_{cn} (K)$	1	0,75	0,5

Tab. 9.5

Quando è importante la continuità di servizio si può scegliere un coefficiente K alto, mentre se la continuità del servizio è meno importante e la probabilità di corto circuito in prossimità dei morsetti dell'interruttore è trascurabile si può scegliere un K di valore inferiore.

- *Caratteristiche d'intervento* - descrivono il comportamento dell'apparecchio rispetto al tempo necessario per l'intervento all'apparire di una sovracorrente. Le caratteristiche, i cui valori minimi sono fissati dalle Norme, saranno trattate più diffusamente in un paragrafo successivo.
- *Classe di limitazione* – la norma classifica gli apparecchi a uso civile o similare in tre classi di limitazione: classe 1, classe 2 e classe 3. La classe 3 di limitazione corrisponde al massimo livello di prestazione.

9.6.8 Interruttori per uso industriale

- *Tensione nominale d'impiego o di servizio (U_e)* - è il valore di tensione al quale sono riferite le prestazioni dell'interruttore.
- *Tensione nominale di isolamento (U_i)* - è il valore di tensione per il quale sono stati dimensionati gli isolamenti elettrici dell'interruttore. Se per un apparecchio non è stata indicata la sua tensione d'isolamento, si considera come tale la sua più alta tensione nominale d'impiego.
- *Corrente nominale ininterrotta (I_u)* - rappresenta il valore di corrente che l'interruttore può portare, in servizio ininterrotto, senza che le sue parti assumano sovratemperature tali da compromettere l'efficienza dell'apparecchio. Corrisponde in pratica alla **portata dell'interruttore**.
- *Corrente nominale (termica) (I_n)* - è il massimo valore di corrente che l'interruttore può portare in servizio ininterrotto. Corrisponde alla corrente termica (I_{th}) convenzionale in aria libera, che rappresenta il valore massimo di corrente che l'interruttore è destinato a portare, conformemente alle prescrizioni imposte dalle Norme di prodotto sui limiti di sovratemperatura. La I_n deve essere uguale o minore alla I_u . La corrente nominale ininterrotta dell'interruttore e la corrente nominale termica del relativo sganciatore devono essere adatte alle massime correnti d'esercizio che possono transitare in quel punto dell'impianto. In particolare la corrente I_n regolata sullo sganciatore deve essere maggiore della corrente d'impiego I_B e minore della corrente ammissibile dal cavo I_Z con una corrente convenzionale d'intervento I_f maggiore o uguale a $1,45I_Z$.
- *Potere d'interruzione estremo in cortocircuito (I_{cu})* - è il valore della massima corrente di cortocircuito che l'interruttore è in grado di interrompere per due volte (secondo il ciclo O-t-CO), alla corrispondente tensione di impiego. Dopo il ciclo di apertura e chiusura non è più richiesta l'attitudine dell'interruttore a condurre la sua corrente nominale. Ad uno stesso apparecchio il costruttore può assegnare diversi valori di I_{cu} corrispondenti ad altrettanti valori di tensione nominale di impiego. Dopo il ciclo d'interruzione l'interruttore deve essere in grado di portare la sua corrente nominale. Il potere d'interruzione estremo in cortocircuito è espresso in kA (per la corrente alternata è il valore efficace della componente simmetrica) come il valore della corrente di cortocircuito presunta interrotta. Esso è normalmente indicato dal costruttore utilizzando valori percentuali del potere di interruzione nominale estremo di cortocircuito I_{cu} .
- *Potere d'interruzione nominale di servizio in cortocircuito (I_{cs})* - è il valore di corrente che l'interruttore è in grado di interrompere per tre volte secondo un ciclo di operazioni di apertura, pausa e chiusura O - 3min - CO - 3min - CO ad una data tensione di servizio (U_e) e ad un determinato fattore di potenza. Il rapporto tra I_{cs} e I_{cu} (K) deve essere scelto tra i seguenti valori normalizzati: 0,25- 0,5-0,75-1 (per interruttori classificati in cat. A) 0,5-0,75 (per interruttori classificati in cat. B).
- *Potere di chiusura nominale in cortocircuito (I_{cm})* - è il valore della massima corrente di cortocircuito che l'interruttore è in grado di stabilire alla tensione nominale d'impiego e a condizioni specificate e non può essere inferiore al suo potere di interruzione nominale estremo in cortocircuito I_{cu} , moltiplicato per il fattore 'n' riportato nella seguente tabella. Il suo valore è espresso come il massimo valore di picco della corrente presunta.

P_{di} in cortocircuito (kA) (valore efficace)	Fattore di potenza ($\cos\varphi$)	Valore minimo del fattore: $n = \frac{\text{potere di chiusura}}{P_{di} \text{ in corto circuito}}$
$4,5 < I_{cu} < 6$	0,7	1,5
$6 < I_{cu} < 10$	0,5	1,7
$10 < I_{cu} < 20$	0,3	2,0
$20 < I_{cu} < 50$	0,25	2,1
$50 < I_{cu}$	0,2	2,2

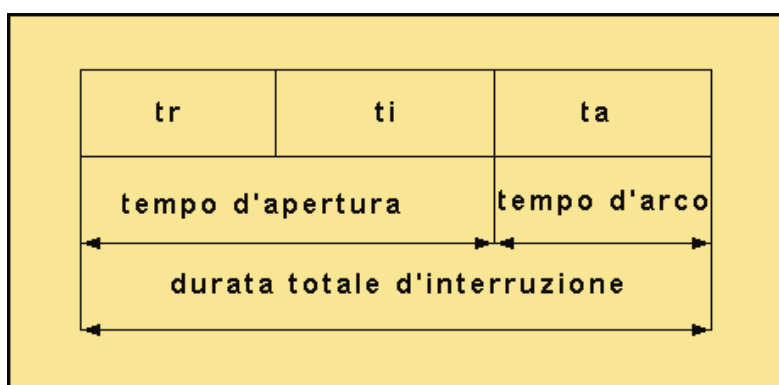
Tab. 9.6 – Rapporto n tra potere di chiusura e potere di interruzione in cortocircuito e fattore di potenza relativo (interruttori per c.a.)

- **Corrente nominale di breve durata (I_{cw})** - è la corrente che l'interruttore può portare nella posizione di chiuso per un tempo breve in condizioni di impiego e comportamento specificate. L'interruttore deve poter portare tale corrente per tutta la durata del tempo di ritardo previsto per garantire la selettività tra gli interruttori posti in serie. E' il valore efficace, in corrente alternata, della corrente di cortocircuito presunta, considerata costante per tutta la durata del tempo di ritardo previsto. E' questo un parametro che dà, in un certo senso, la misura della robustezza e della capacità di smaltimento del calore costituendo quindi un indice oggettivo della qualità di un'apparecchiatura. Più I_{cw} si avvicina a I_{cu} e più elevate sono la qualità e la prestazione dell'interruttore.
- **Categoria degli apparecchi** - definiscono l'idoneità o meno alla selettività cronometrica in corto circuito. Si dividono in due categorie: *categoria A* - non previsti per la selettività cronometrica in corto circuito (eventualmente è possibile ottenere la selettività amperometrica) rispetto ad altri apparecchi posti in serie (pertanto per questi interruttori non è indicata la corrente nominale di breve durata), *categoria B* - previsti per la selettività cronometrica in corto circuito rispetto ad altri dispositivi con ritardo intenzionale (i valori preferenziali di tempo di ritardo sono: 0,05-0,1-0,25-0,5-1 s) posti in serie.
Per questi apparecchi deve essere dichiarata la corrente nominale di breve durata I_{cw} perché l'apparecchio deve essere in grado di sopportare la corrente di corto circuito per un tempo fino ad un secondo senza aprirsi o danneggiarsi. Per essere classificato di tipo 'B' l'interruttore, a seconda della corrente nominale, deve avere il valore della corrente di breve durata pari a:

$I_n \leq 2500A$	I_{cw} è il maggiore valore tra $12 I_n$ e $5kA$
$I_n \geq 2500A$	$I_{cw}=30kA$

Tab. 9.7

- **Corrente regolata dello sganciatore di massima corrente (I_r)**- valore della corrente in base alla quale sono definite le caratteristiche d'intervento dello sganciatore. È indicata con il campo di regolazione. Il costruttore deve indicare l'influenza della temperatura ambiente sul valore della corrente d'intervento.
- **Tensione nominale di tenuta a impulso (U_{imp})** - è il valore di picco di una tensione a impulso che l'apparecchio può sopportare in condizioni specificate di prova: a interruttore aperto non si devono verificare scariche tra i contatti di una stessa fase né tra fase e massa. Corrisponde al valore di sovratensione, di origine atmosferica o di altra natura, che l'interruttore è in grado di sopportare.
- **Caratteristica d'intervento per sovraccarico** - le caratteristiche tempo corrente per i sovraccarichi di lunga durata.
- **Manovra positiva** - deve esser evidenziato il caso di non avvenuto sezionamento come ad esempio quando i contatti accidentalmente si dovessero saldare tra di loro. Deve essere possibile spostare la leva in posizione di aperto, ma questa deve portarsi automaticamente in posizione tale da evidenziare che l'operazione di sezionamento è fallita.
- **Durata totale d'interruzione** - è il tempo impiegato da un interruttore a interrompere, passando dalla posizione di chiuso a quella di aperto, una corrente di corto circuito. Il tempo totale d'interruzione è dato dalla somma del tempo di apertura più il tempo d'arco.



t_r tempo di intervento del relè

t_i tempo di intervento del meccanismo dell'interruttore fino al distacco dei contatti

t_a tempo di durata dell'arco

Fig. 9.13 - Durata totale d'interruzione

Il tempo di apertura è l'intervallo di tempo che intercorre tra l'istante in cui viene trasmesso il segnale di apertura e l'istante corrispondente alla effettiva separazione metallica del circuito. Il tempo d'arco è l'intervallo di tempo che, in un'operazione di apertura, intercorre tra l'istante di separazione metallica del circuito e l'istante di estinzione dell'arco.

Come vedremo in seguito è possibile sfruttare il tempo di apertura per ottenere una protezione di tipo selettivo. Infatti, per ottenere la selettività tra due apparecchi è necessario aumentare il tempo dell'apparecchio installato a monte in modo che il nuovo tempo d'intervento sia maggiore del tempo totale di interruzione dell'apparecchio situato a valle.

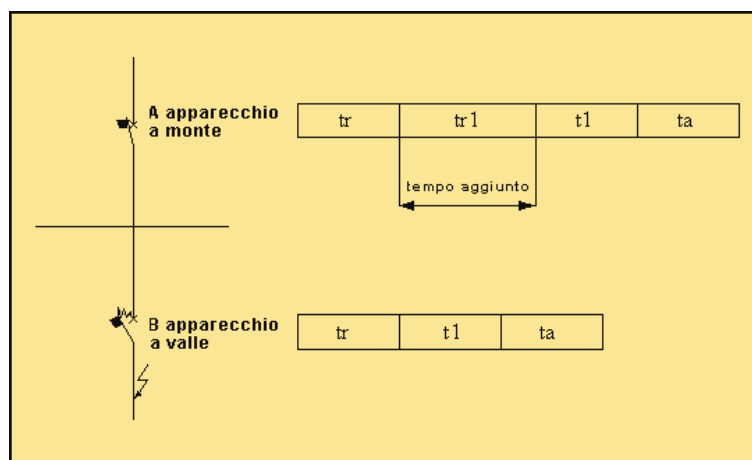


Fig. 9.14 - Tempo di apertura in una protezione selettiva

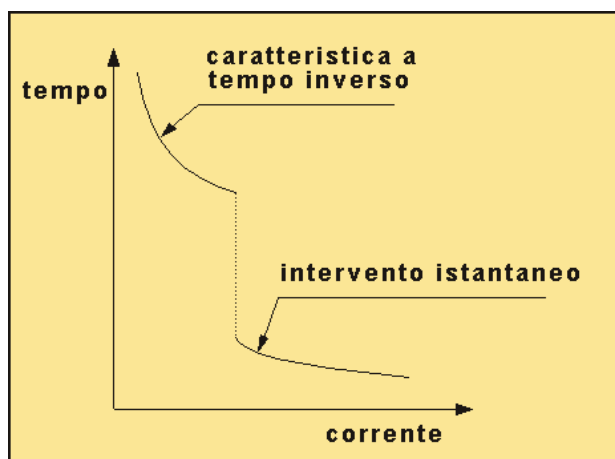


Fig. 9.15 - Caratteristica d'intervento di un interruttore automatico

I_r Corrente regolata (A)	I_{nf} Corrente convenzionale di non intervento	I_f Corrente convenzionale d'intervento
$I_n < 63A$	$1,05I_r$ per $t > 1h$	$1,3I_r$ per $t < 1h$
$I_n \geq 63A$	$1,05I_n$ per $t > 2h$	$1,3I_r$ per $t < 2h$

Tab. 9.8 - Caratteristiche di intervento degli sganciatori a tempo inverso degli interruttori ad uso industriale (CEI EN 60947-2) alla temperatura ambiente di riferimento di 30 gradi centigradi

9.6.8.1 Riepilogo definizioni principali

Corrente nominale d'impiego (I_n)	Corrente che l'interruttore può portare in servizio ininterrotto per intervalli di tempo maggiori di 8 ore
Potere d'interruzione nominale estremo in corto circuito (I_{cu}) (CEI EN 60947-2)	Valore della massima corrente di corto circuito che l'interruttore è in grado di interrompere due volte. <i>E' PREVISTO</i> che l'interruttore, dopo la prova, porti con continuità la propria corrente nominale.
Potere d'interruzione nominale di servizio in corto circuito (I_{cs}) (CEI EN 60947-2)	Valore della massima corrente di corto circuito che l'interruttore è in grado di interrompere tre volte. <i>NON E' PREVISTO</i> che l'interruttore, dopo la prova, porti con continuità la propria corrente nominale. Normalmente è espresso in percentuale di I_{cu} (per esempio 75% I_{cu})
Potere d'interruzione nominale in corto circuito (I_{cn}) (CEI EN 60898-1)	Valore della massima corrente di corto circuito che l'interruttore è in grado di interrompere due volte. <i>NON E' PREVISTO</i> che l'interruttore, dopo la prova, porti con continuità la propria corrente nominale. Un interruttore con determinato valore di I_{cn} è previsto che abbia in corrispondenza un valore di I_{cs} determinato sulla base di valori previsti e riportati nella Norma (1.5/1.5; 3/3; 4.5/4.5; 6/6; 10/7.5; 15/7.5; 20/10; 25/12.5 kA)
Potere di chiusura nominale in corto circuito (I_{cm}) (CEI EN 60947-2)	Valore della massima corrente di corto circuito che l'interruttore è in grado di stabilire. Valore espresso come massimo picco della corrente presunta.
Corrente nominale ammissibile di breve durata (I_{cw}) (CEI EN 60947-2)	Valore efficace della corrente di corto circuito presunta che l'interruttore può portare senza danneggiamenti per la durata del tempo di ritardo previsto. Massimo valore previsto 30 kA con ritardo fino ad un secondo.
Interruttori in categoria di utilizzazione A (CEI EN 60947-2)	Interruttori <i>NON PREVISTI</i> per realizzare la selettività cronometrica in corto circuito. Non è possibile applicare un ritardo intenzionale all'intervento dello sganciatore magnetico (di corto circuito). Non prevedono, quindi, una I_{cw} .
Interruttori in categoria di utilizzazione B (CEI EN 60947-2)	Interruttori <i>PREVISTI</i> per realizzare la selettività cronometrica in corto circuito. E' possibile applicare un ritardo intenzionale all'intervento dello sganciatore magnetico (di corto circuito). E' garantita, quindi, una I_{cw} .

9.6.9 Caratteristiche d'intervento

Definiscono il comportamento dell'interruttore nei confronti del tempo necessario per l'intervento all'apparire di una sovracorrente. Le caratteristiche, i cui valori minimi sono fissati dalle Norme (vedi paragrafo successivo), sono fornite dai costruttori sotto forma di curve e devono essere riferiti a un valore della temperatura ambiente. La scala delle correnti è normalmente espressa quali multipli della corrente nominale (I/I_n - rapporto tra la corrente che transita e la corrente nominale dell'interruttore). Le curve sono normalmente due e rappresentano le condizioni estreme ma possono essere fornite anche mediante una sola curva costruita con i valori medi.

In particolare gli interruttori automatici rispondenti alle Norme CEI 23-3 si differenziano tra loro per il diverso campo d'intervento istantaneo su cortocircuito (relè elettromagnetico) e sono identificate con le lettere maiuscole B, C, D. Si può notare dalla figura che segue come tutte e tre le zone tempo/corrente abbiano la stessa zona relativa all'intervento del relè termico mentre si differenziano solamente per il campo d'intervento istantaneo.

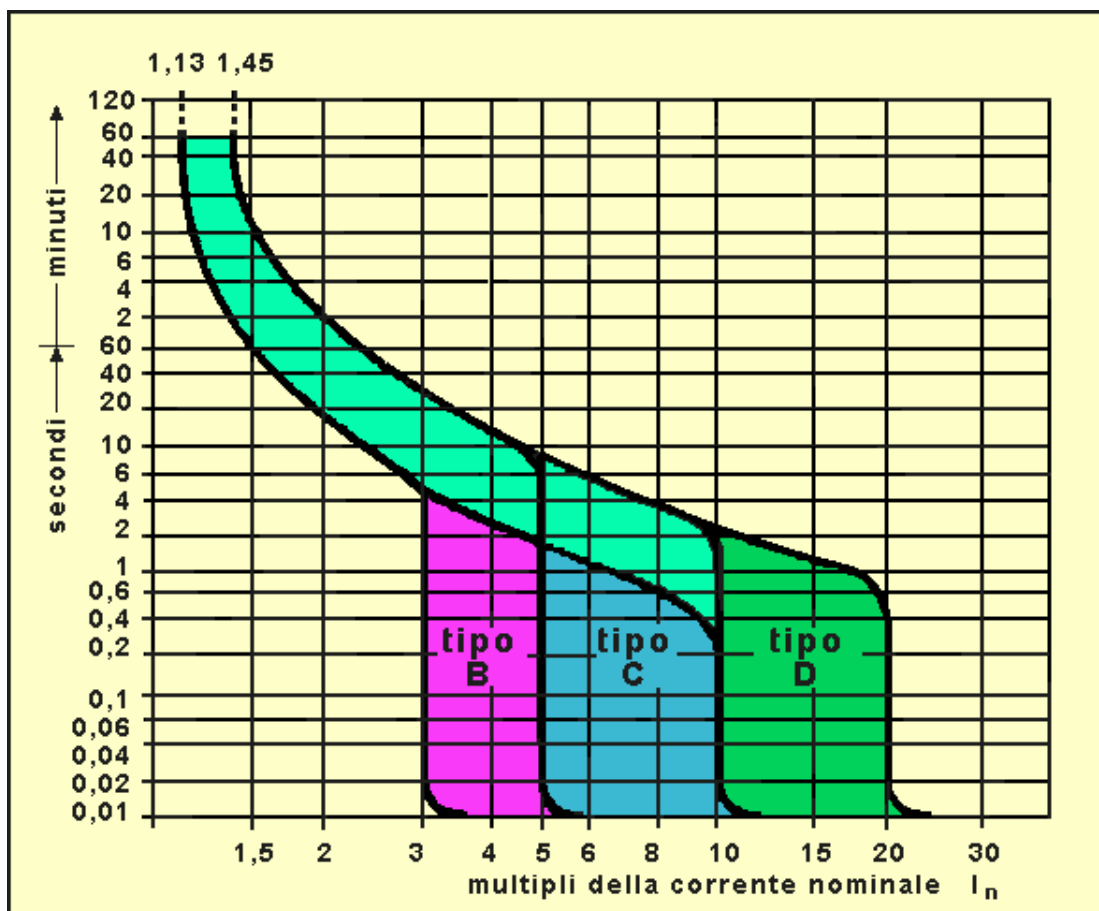


Fig. 9.16 - Zone tempo / corrente degli interruttori automatici B,C,D, secondo le Norme CEI 23-3

I costruttori forniscono le caratteristiche di intervento sotto forma di curve i cui valori oscillano all'interno di una banda e devono essere contenuti nelle zone tempo/corrente definite dalle Norme.

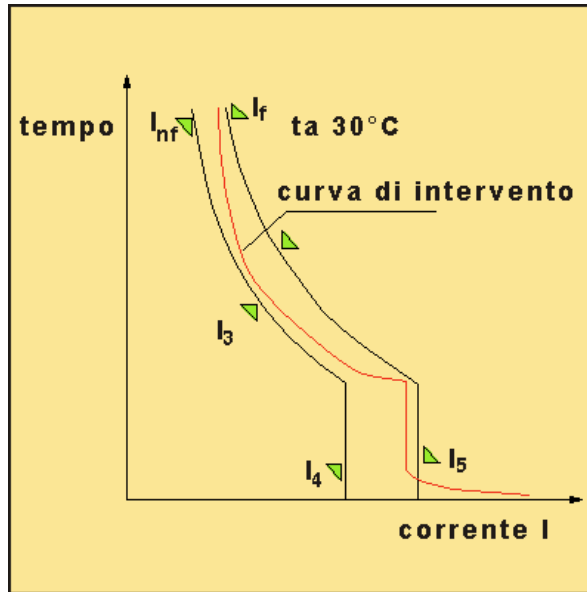


Fig. 9.17 - Zona tempo corrente e caratteristica d'intervento di un interruttore automatico secondo la Norma CEI 23.3

T_a - temperatura ambiente di riferimento: temperatura dell'aria intorno all'interruttore alla quale si riferiscono le caratteristiche tempo corrente

I_{nf} - corrente convenzionale di non intervento: è il valore di corrente fino al quale, in determinate e specificate condizioni, non avviene lo sgancio dell'interruttore.

I_f - corrente convenzionale d'intervento: corrente che in determinate e specificate condizioni provoca lo sgancio dell'interruttore.

I_3 - limitazione della tolleranza della caratteristica d'intervento

I_4 - limite inferiore del campo d'intervento istantaneo

I_5 - corrente d'intervento istantaneo: minimo valore di corrente che provoca l'apertura automatica dell'interruttore senza ritardo intenzionale.

Tipo campo di intervento istantaneo	Corrente di prova	tempo limite d'intervento o non intervento	l'interruttore deve:
B, C, D	$I_{nf} = 1,13I_n$	da freddo $t \geq 1h$ ($I_n \leq 63A$) $t \geq 2h$ ($I_n > 63A$)	non intervenire
B, C, D	$I_f = 1,45I_n$	$t < 1h$ ($I_n \leq 63A$) $t < 2h$ ($I_n > 63A$)	intervenire
B, C, D	$I_3 = 2,55I_n$	da freddo $1s < t < 60s$ ($I_n \leq 32A$) $1s < t < 120s$ ($I_n > 32A$)	intervenire
B C D	$I_4 =$ $3 I_n$ $5 I_n$ $10I_n$	da freddo $t > 0,1s$	non intervenire
B C D	$I_5 =$ $5 I_n$ $10I_n$ $20I_n$	da freddo $t < 0,1s$	intervenire

Tab. 9.8 - Zone tempo corrente degli interruttori automatici secondo le Norme CEI 23-3

Per comprendere meglio come scegliere l'opportuna caratteristica di intervento prendiamo in considerazione come esempio la caratteristica di intervento di un interruttore, posto a protezione di una linea, con curva di tipo C che potrebbe essere fornita da un costruttore di una serie d'interruttori automatici (fig. 12.24).

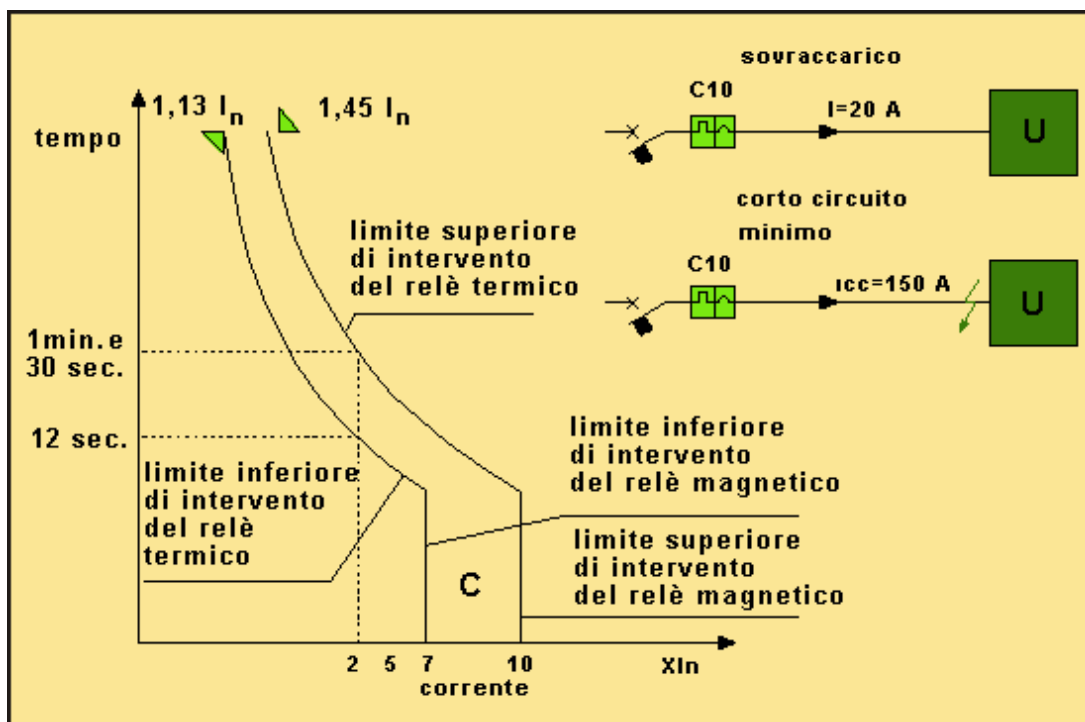








Fig. 9.18 - Caratteristica d'intervento di tipo C fornita da un costruttore: comportamento in caso di sovraccarico e corto circuito

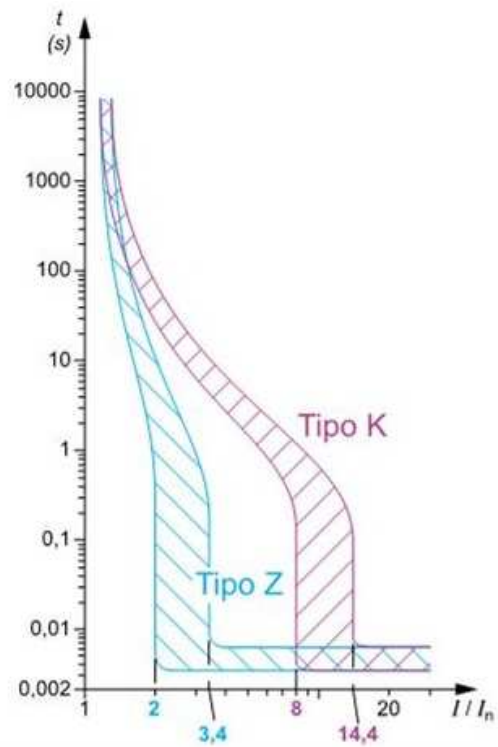
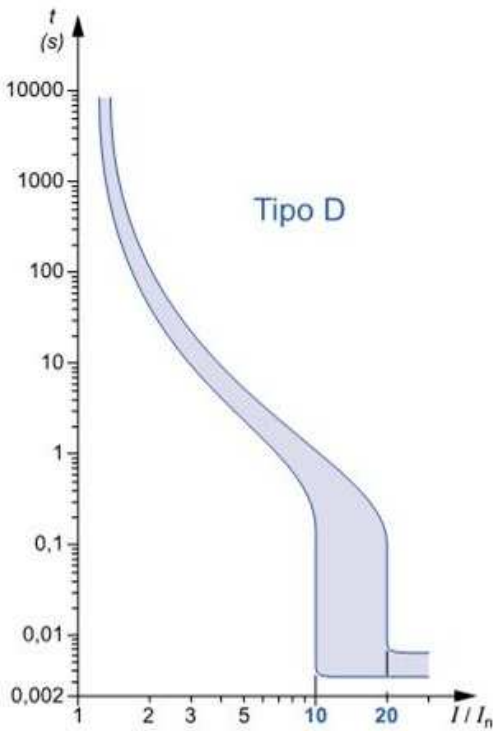
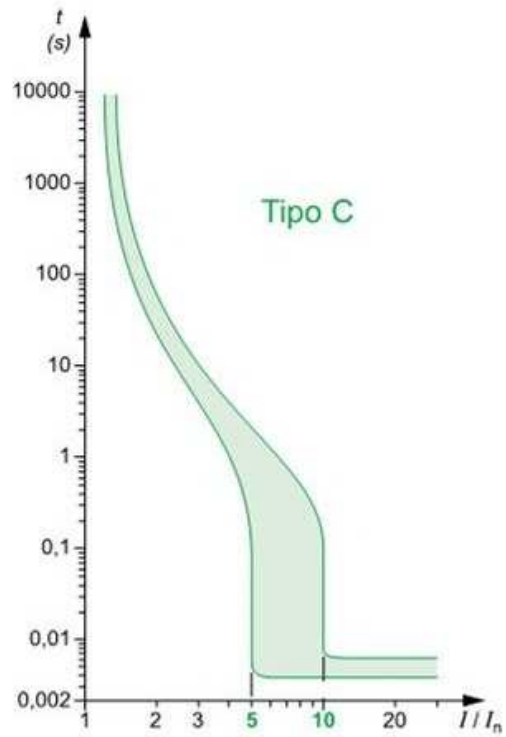
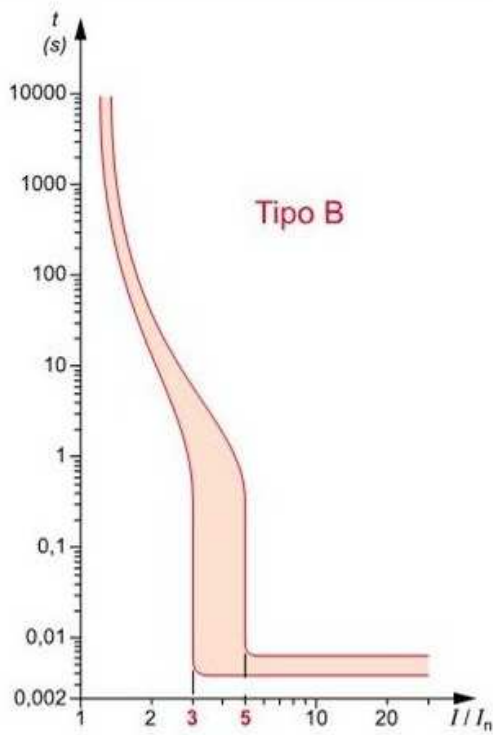
Scegliendo ad esempio un interruttore 2 poli 10A in corrispondenza del punto 2 sulle ascisse si può leggere il valore della corrente che in questo caso vale $2xI_n = 2x10 = 20$ A (il valore della corrente è espresso in numero di volte la corrente nominale perché questa caratteristica vale per tutte le correnti nominali della serie di interruttori), sul punto 7 si può leggere 70A e così via. Dalla curva di intervento si può notare innanzi tutto che la banda relativa all'intervento istantaneo del relè magnetico è più stretta rispetto a quella limite definita dalle Norme: in questo caso il limite inferiore è $7xI_n$ invece di $5xI_n$ che è il limite inferiore stabilito dalle Norme. Fino a 70 A l'interruttore non interviene istantaneamente, interviene istantaneamente e sicuramente per 10 volte I_n (100 A nell'esempio riportato in figura. L'interruttore interviene quindi correttamente per la corrente di corto circuito presunta in fondo alla linea di 150 A perché interviene istantaneamente appunto con una corrente di 100 A) mentre nella fascia tra $7I_n$ e $10I_n$ può intervenire istantaneamente oppure no. Prima di $7I_n$ l'interruttore non interviene istantaneamente, ma interviene con un ritardo che dipende dall'andamento della curva d'intervento relativa al relè termico. Nella fascia d'intervento del relè termico ad un dato valore di corrente (ad esempio nel nostro caso con un interruttore con $I_n = 10A$ in corrispondenza di $2I_n = 20A$) l'interruttore ha un limite inferiore e uno superiore. In un tempo fino a 12 secondi l'interruttore sicuramente non interviene, interviene sicuramente in un tempo di 1 minuto e 30 secondi, mentre tra i 12 secondi e il minuto e 30 secondi può intervenire oppure no.

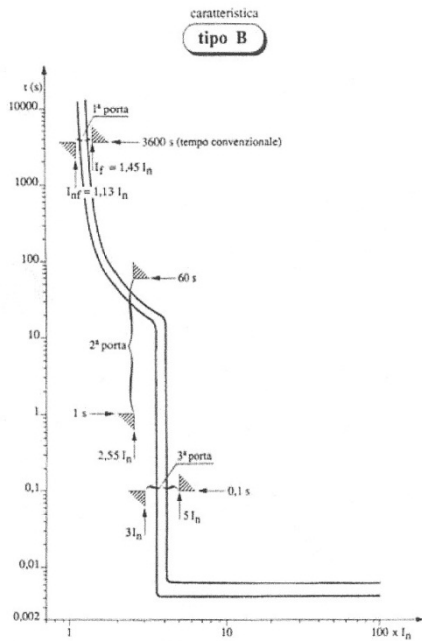
Nella tabella che segue, sono riportate le caratteristiche d'intervento magnetico dei diversi tipi di sganciatore, con riferimento alle rispettive Norme, e le applicazioni più usuali dei diversi tipi di protezione.

Tipo	Intervento secondo la norma di riferimento		Applicazione
	CEI EN-60947-2 (Interruttori per uso Industriale)	CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1) (Interruttori per Uso Domestico e Similare)	
Curva A	$I_m = 3,2 \div 4,8 I_n$ ($4 I_n \pm 20\%$)	$I_m = 2 \div 3 I_n$	Protezione dispositivi e semiconduttori. Sovraccarico: termici standard
 Curva B	$I_m = 3,2 \div 4,8 I_n$ ($4 I_n \pm 20\%$)	$I_m = 3 \div 5 I_n$	Protezione di generatori, delle persone e di grandi lunghezze di cavi. Sovraccarico: termici standard
 Curva C	$I_m = 7 \div 10 I_n$ ($8 I_n \pm 20\%$)	$I_m = 5 \div 10 I_n$	Protezione di cavi che alimentano apparecchi utilizzatori classici. Sovraccarico: termici standard
 Curva D	$I_m = 10 \div 14 I_n$ ($12 I_n \pm 20\%$)	$I_m = 10 \div 20 I_n$	Protezione di cavi che alimentano apparecchi utilizzatori a forte corrente di avviamento (motori). Sovraccarico: termici standard
 Curva K	$I_m = 9,6 \div 14,4 I_n$		Protezione di cavi che alimentano apparecchi utilizzatori a forte corrente di avviamento (motori). Sovraccarico: termici standard
 Curva Z	$I_m = 2,4 \div 3,6 I_n$		Protezione di apparecchiature elettroniche.
 Curva MA	$I_m = 12 I_n \pm 20\%$		Protezione motori (senza protezione termica)

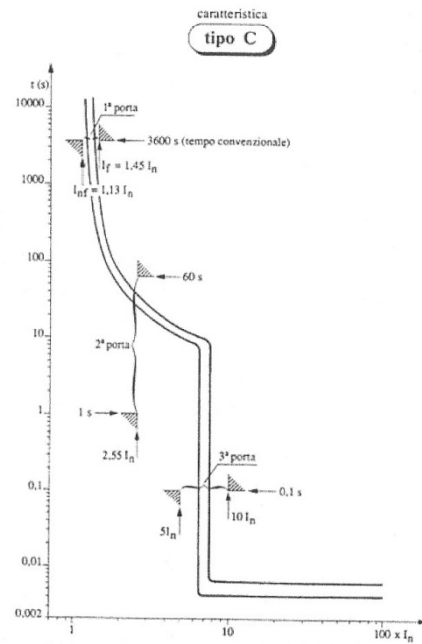
⁽¹⁾Tolleranza ammessa $\pm 20\%$

Tab. 9.9 - Tipi di sganciatori e loro applicazioni

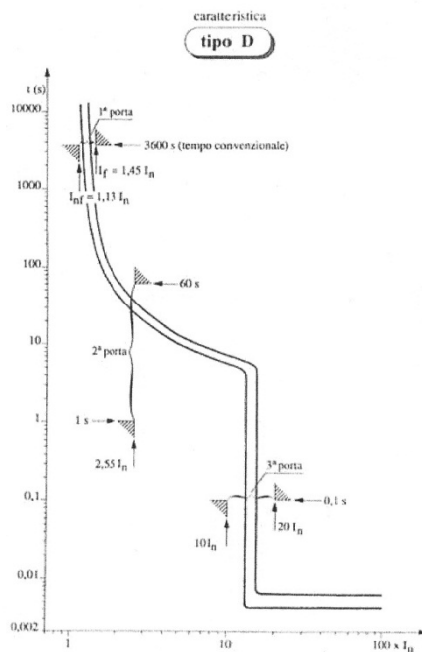




Caratteristica d'intervento di tipo B di un interruttore automatico per impianti domestici e similari, secondo la nuova norma CEI 23 - 3 (quarta edizione).

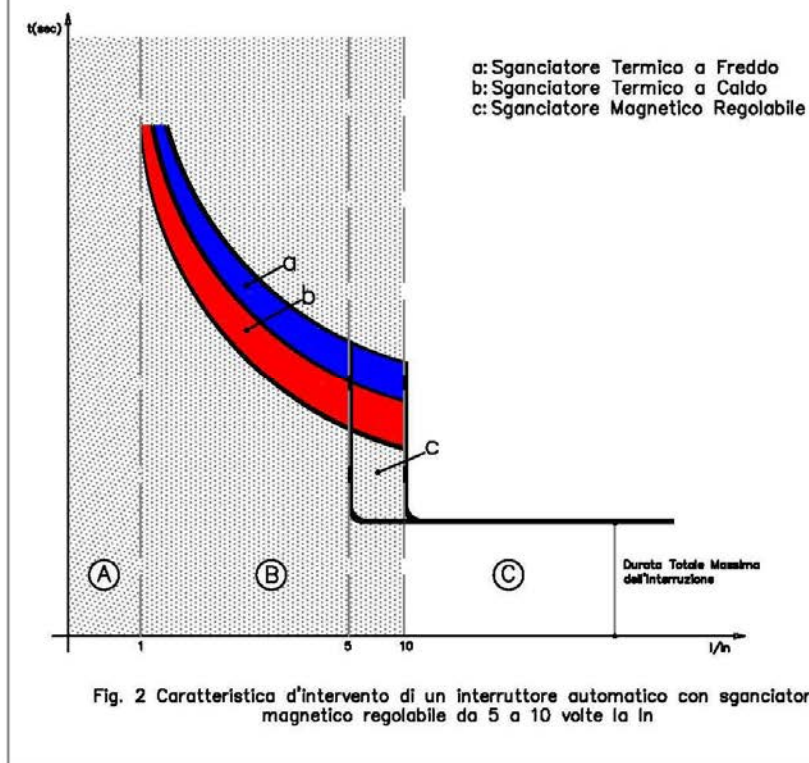
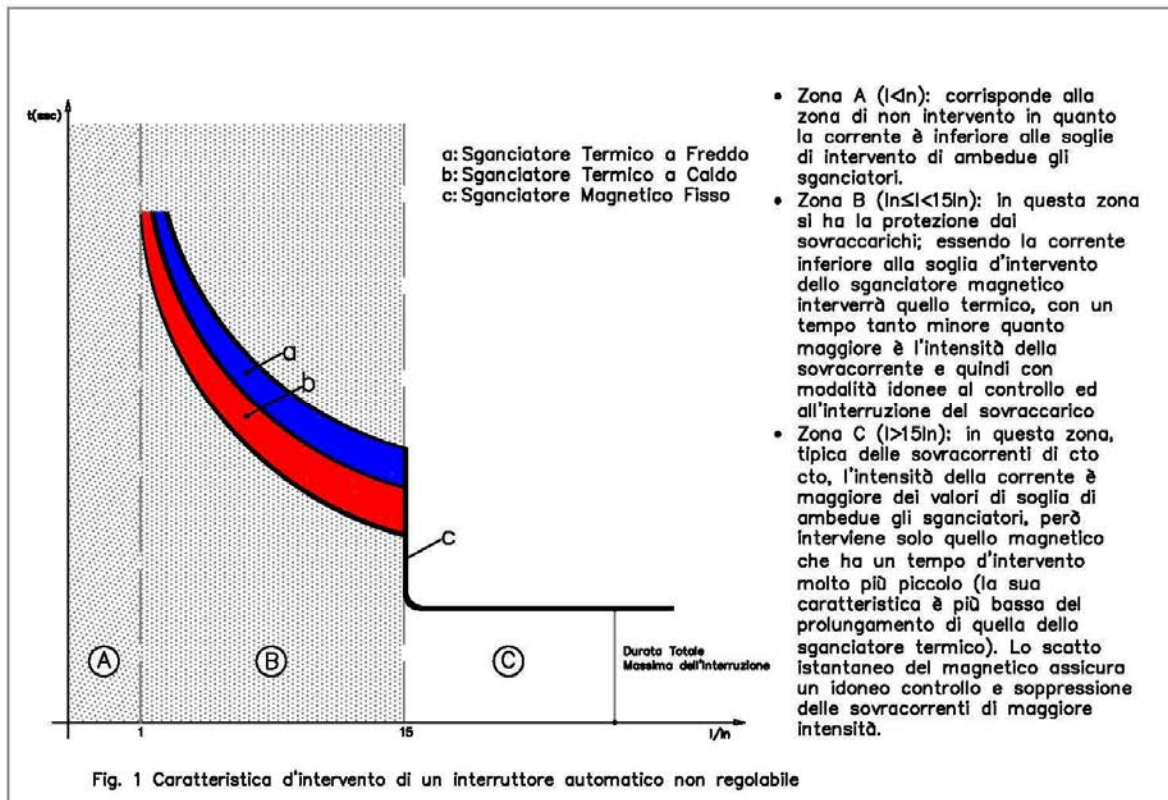


Caratteristica d'intervento di tipo C di un interruttore automatico per impianti domestici e similari, secondo la nuova norma CEI 23-3 (quarta edizione).



Caratteristica d'intervento di tipo D di un interruttore automatico per impianti domestici e similari, secondo la nuova norma CEI 23-3 (quarta edizione).

9.6.9.1 Ancora sulle caratteristiche di intervento



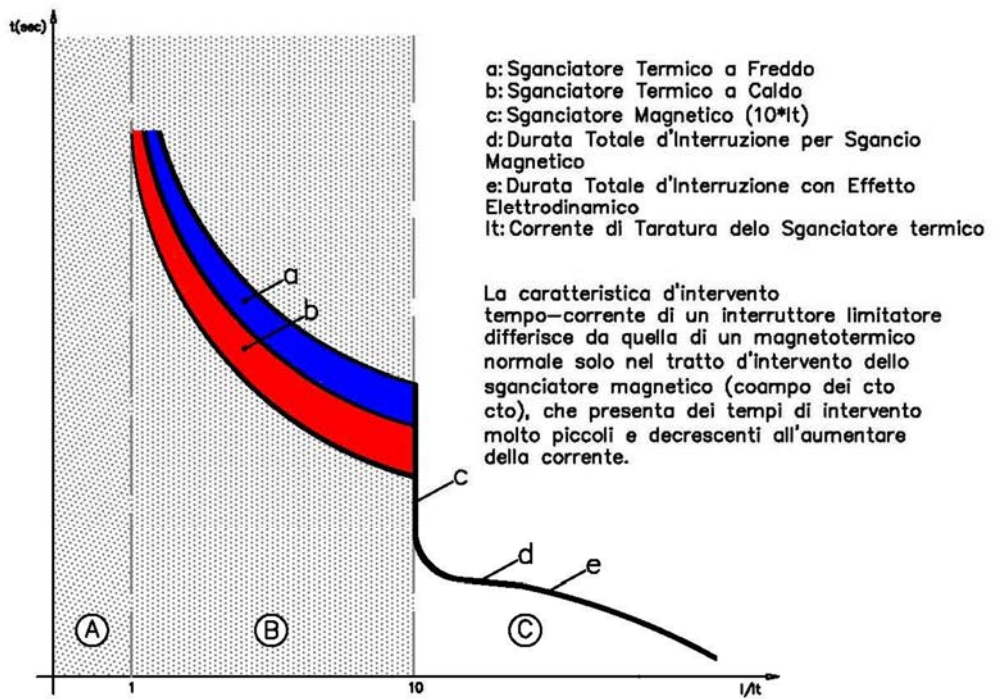


Fig. 3 Caratteristica d'intervento di un interruttore automatico limitatore

9.6.10 Selettività delle protezioni

9.6.11 Definizione di selettività e tipologie

L'articolo 536.1 della Norma CEI 64-8 è dedicato alla selettività tra dispositivi di protezione contro le sovracorrenti: "Quando più dispositivi di protezione sono posti in serie e quando le necessità di esercizio lo giustificano, le loro caratteristiche di funzionamento devono essere scelte in modo da staccare dall'alimentazione solo la parte dell'impianto in cui si trova il guasto". In definitiva si dovrà fare in modo che alla presenza di un guasto intervenga unicamente il dispositivo di protezione installato immediatamente a monte del punto guasto. Gli altri dispositivi attraversati dalla corrente di guasto dovranno rimanere chiusi e consentire al resto dell'impianto sano di rimanere alimentato. Gli interruttori automatici di bassa tensione sono suddivisi in due categorie fondamentali: interruttori in scatola isolante e interruttori di tipo aperto. Entrambe queste tipologie di dispositivi vengono a loro volta classificate in funzione del tipo d'intervento che può essere istantaneo o selettivo. A questo scopo le Norme fanno corrispondere questa classificazione a due categorie di utilizzo, rispettivamente A (istantanei) e B (selettivi). Per meglio orientarsi tra funzioni e limiti concernenti l'impiego degli interruttori selettivi si ritiene utile richiamare alcuni concetti fondamentali riguardanti la selettività.

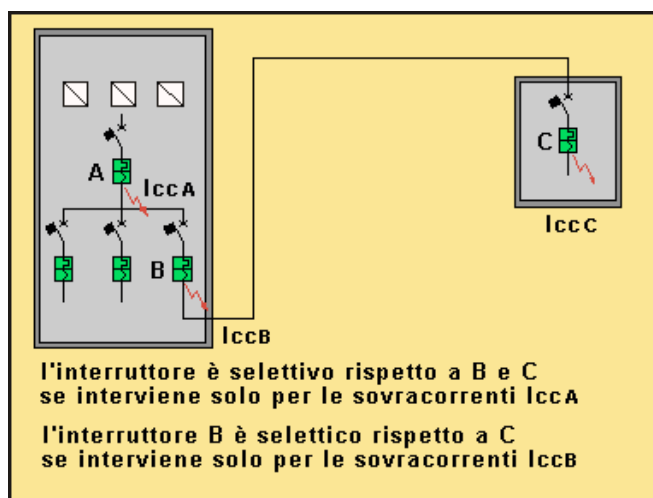


Fig. 9.19 - Selettività degli interruttori posti in cascata

La selettività tra apparecchi di protezione è necessaria quando si vuole garantire la massima continuità di servizio in un impianto elettrico. Lo scopo è di fare in modo che in caso di guasto intervenga esclusivamente la protezione immediatamente a monte del punto di guasto e non quelle generali. E' garantita così la continuità del servizio per le linee dell'impianto non interessate dal guasto.

In altre parole, lo scopo fondamentale della **protezione selettiva** è quello di "coordinare" l'intervento fra i dispositivi d'interruzione in modo che un guasto che avvenga in un punto qualunque dell'impianto sia eliminato dal dispositivo posto immediatamente a monte del guasto. In tal modo è messa fuori servizio soltanto la parte dell'impianto interessata al guasto, garantendo così la continuità del servizio alla rimanente parte "sana".

La selettività si ottiene coordinando opportunamente le singole caratteristiche d'intervento. Generalmente è richiesta la selettività nei confronti del:

- Sovraccarico.
- Corto circuito.
- Guasto a terra (dispersione, interruttore differenziale).

La selettività tra due interruttori in cascata (fig. 9.20), può essere **totale** nel caso in cui l'interruttore a valle (B) intervenga per tutti i valori di sovracorrente fino al limite del proprio potere d'interruzione, **parziale** nel caso in cui, superati certi valori di corrente, si ha l'intervento di entrambi gli interruttori (A e B).

In questo caso si definisce il "limite di selettività" (I_s) che rappresenta il valore di corrente di sotto al quale interverrà il solo interruttore a valle e sopra del quale si avrà l'intervento di entrambi gli interruttori.

La selettività, come prescritto dalle Norme CEI EN 60947-2 e CEI EN 60898, può essere verificata confrontando tra loro le diverse curve caratteristiche d'intervento ed energia fornite dalle case costruttrici degli interruttori.

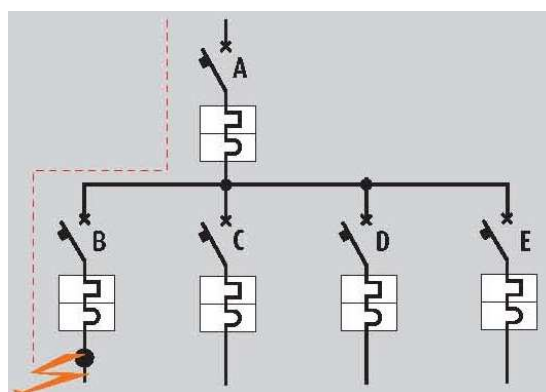


Fig. 9.20 - Distribuzione radiale. Collegamento in cascata degli interruttori



Fig. 9.21 – Selettività totale e parziale

In pratica la protezione selettiva fra due interruttori A e B, disposti in serie in una distribuzione radiale (fig. 9.20), si realizza quando per un guasto nella condotta a valle (per esempio la B) interviene solo l'interruttore B immediatamente a monte del punto di guasto, mentre l'interruttore A (seppur interessato dalla corrente di guasto) non interviene, consentendo così il regolare funzionamento della condotta a monte A e di conseguenza di tutte le altre condotte a valle non interessate dal guasto (come per esempio la C, la D e la E).

La selettività fra due interruttori può riguardare sia la zona dei sovraccarichi sia quella dei corto circuiti.

Per quanto riguarda i sovraccarichi, esiste normalmente una selettività "naturale", amperometrica, per effetto dello spostamento delle caratteristiche d'intervento dei due interruttori dovuto ai diversi valori delle correnti nominali (superiore per quello a monte, inferiore per quello a valle).

9.6.12 Selettività amperometrica per sovraccarico

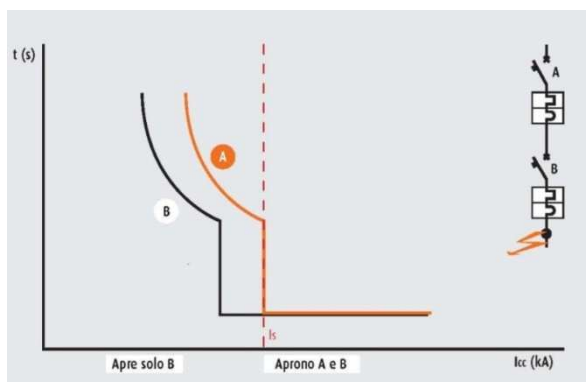


Fig. 9.22 – Selettività amperometrica per sovraccarico

Per far sì che gli interruttori siano coordinati in maniera selettiva, occorre confrontare su scala bilogarithmica (I_{cc}/t), le curve d'intervento caratteristiche degli interruttori stessi. La selettività, graficamente, si ha quando la curva dell'interruttore a monte (A), è a destra della curva dell'interruttore a valle (B). Il punto di intersezione delle due parti magnetiche delle caratteristiche è il "limite di selettività" (I_s).

Per valori inferiori ad (I_s) si ha solo l'intervento dell'interruttore a valle (B), al di sopra di (I_s) interverranno entrambi gli interruttori.

La selettività per sovraccarico è sempre garantita se il tempo di non intervento del dispositivo a monte è superiore al tempo di apertura dell'interruttore a valle per qualunque valore della corrente di sovraccarico. Scegliendo interruttori con rapporto delle correnti nominali (correnti d'intervento termico) pari o maggiore di due, la selettività per sovraccarico è sempre garantita.

E' chiaro, inoltre, che la selettività per sovraccarico può essere migliorata se si dispone di interruttori con le soglie di intervento termico regolabili.

Questo tipo di selettività si realizza con interruttori rapidi e sprovvisti di dispositivi che consentano la regolazione del ritardo allo sgancio. Quest'ultima tecnica consente di solito una selettività parziale.

La selettività è quindi ottenuta coordinando opportunamente i valori di corrente nominale della catena di interruttori. In pratica si deve far in modo che la caratteristica d'intervento a tempo inverso dell'interruttore posto a monte sia in ogni punto superiore a quella dell'interruttore a valle.

E' in genere sufficiente che tra A e B esistano almeno due grandezze di differenza tra le rispettive correnti nominali (valori maggiori per gli interruttori a monte).

La selettività amperometrica è, in effetti, piuttosto difficile da ottenere ed è generalmente garantita solo per i sovraccarichi e non per i corto circuiti; il risultato è spesso una selettività parziale.

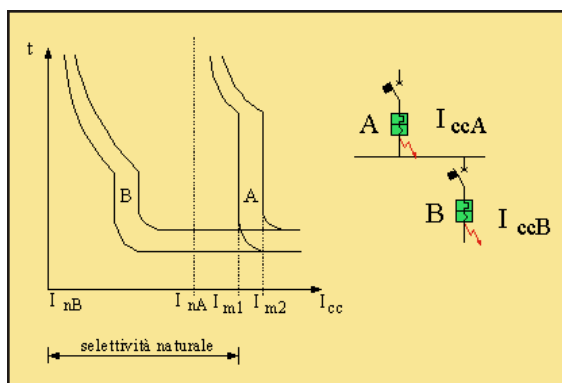


Fig. 9.23 - Selettività amperometrica fra interruttori automatici con diverse correnti nominali. A è selettivo rispetto a B per sovracorrenti non superiori alla sua soglia inferiore d'intervento magnetico. Se per esempio $I_{nA}=250\text{ A}$ e $I_{m1}=5 \times I_{nA}$ si ha selettività in sovraccarico fino a 1250 A.

Per quanto riguarda le correnti di corto circuito, la selettività può essere ottenuta coordinando opportunamente gli interruttori; vale a dire differenziando i valori delle correnti d'intervento o, eventualmente, i tempi d'intervento degli sganciatori magnetici.

Nella zona dei corto circuiti si possono conseguentemente distinguere i seguenti tipi di selettività:

- **Selettività amperometrica in corto circuito**
- **Selettività cronometrica**
- **Selettività mista**

9.6.13 Selettività amperometrica in corto circuito

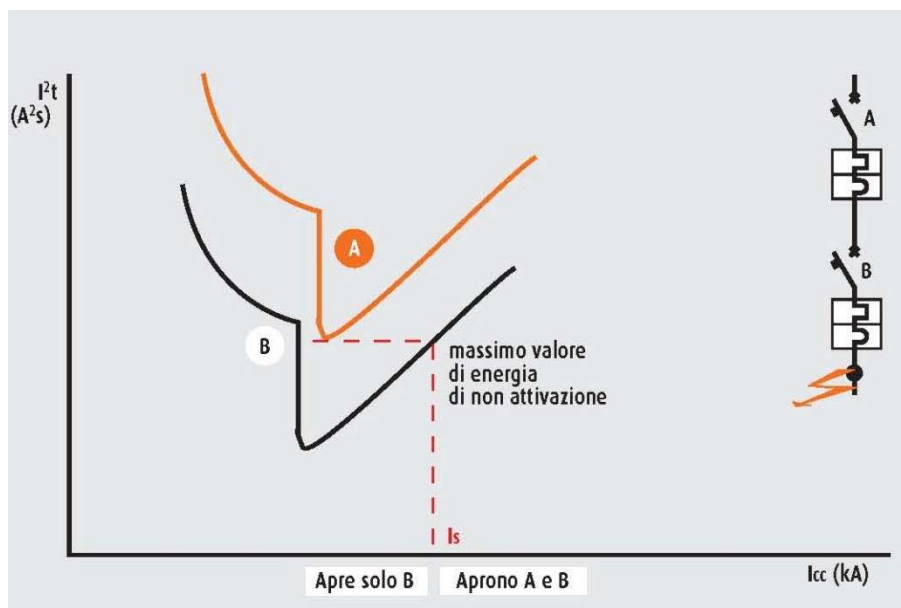


Fig. 9.24 – Selettività amperometrica in corto circuito

Per realizzare un efficace livello di selettività tra due interruttori automatici in serie è necessario sceglierli con soglie di intervento istantaneo (magnetico) le più distanziate possibili tra loro.

La selettività totale è sicura quando la corrente di corto circuito è inferiore alla soglia di intervento magnetico dell'interruttore installato a monte ($I_{cc} < I_s$). Se la corrente di corto è invece superiore ($I_{cc} > I_s$) si può avere selettività solo se l'energia specifica lasciata passare dall'interruttore a valle non è sufficiente a provocare lo sgancio dell'interruttore a monte. In questo caso le curve degli interruttori da confrontare sono quelle che si riferiscono all'energia specifica passante, considerando la tolleranza del 20% sul valore dell'intervento magnetico.

Sovrapponendo la retta passante per il massimo valore di non attivazione della curva dell'energia specifica lasciata passare dall'interruttore a valle, si può determinare il nuovo limite di selettività I_s , che può essere superiore della soglia di intervento magnetico dell'interruttore a monte.

In altre parole, la selettività amperometrica in corto circuito si realizza coordinando opportunamente le correnti d'intervento degli interruttori; in pratica, regolando la soglia d'intervento dello sganciatore magnetico dell'interruttore a monte A ad un valore I_{mA} superiore a quello I_{mB} dell'interruttore a valle B (fig. 9.25).

Tale condizione è, in genere, facilmente realizzabile in quanto la corrente nominale dell'interruttore a valle B è minore di quella dell'interruttore a monte A.

Di contro, la selettività è, in genere, soltanto parziale, in quanto, a seconda del valore della corrente di corto circuito nella conduttura a valle, possono intervenire o solo l'interruttore B oppure B e A contemporaneamente: come risulta dalla fig. 9.25, la selettività è totale se il guasto avviene nel tratto 2 (corrente di corto circuito inferiore a I_{mA}), è parziale se il guasto avviene nel tratto 1 (corrente di corto circuito superiore a I_{mA}).

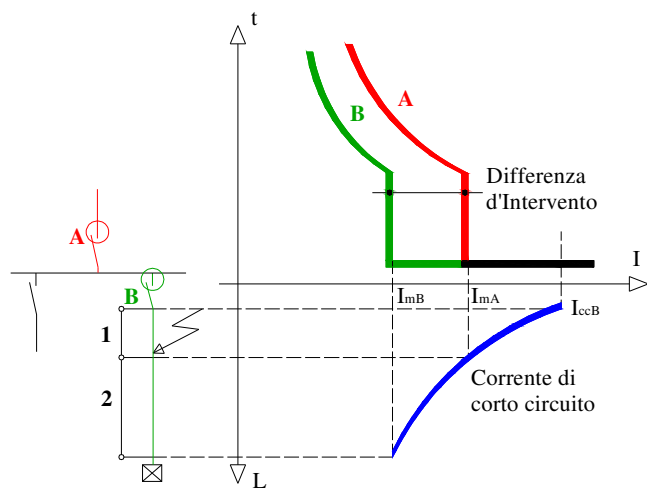


Fig. 9.25 - Selettività amperometrica

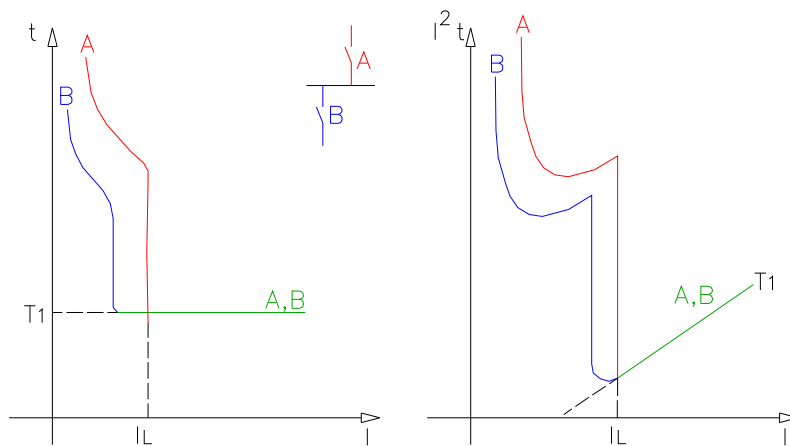


Fig. 9.25a -Selettività amperometrica (parziale) tra interruttori:
 $T1$ =tempo di intervento delle protezioni (scatto istantaneo) dell'ordine di alcuni centesimi di secondo (0.02-0.04sec);
 I_L =corrente limite della selettività amperometrica

9.6.14 Selettività amperometrica fra interruttori rapidi e interruttori limitatori (selettività energetica)

Si ottiene installando a monte un interruttore di tipo rapido con un tempo di prearco dell'ordine di 2-3 ms e a valle un interruttore limitatore con tempi di prearco di 0,6-1 ms. La selettività si realizza se l'energia specifica di corto circuito lasciata passare dall'interruttore posto a valle è minore di quella richiesta per azionare lo sganciatore magnetico dell'interruttore posto a monte. E' un tipo di selettività che deve essere dichiarata dal costruttore che la determina mediante prove di laboratorio ed è in genere possibile fino a prestabiliti valori di corrente presunta di cortocircuito (10-15 kA) sempre indicati dal costruttore.

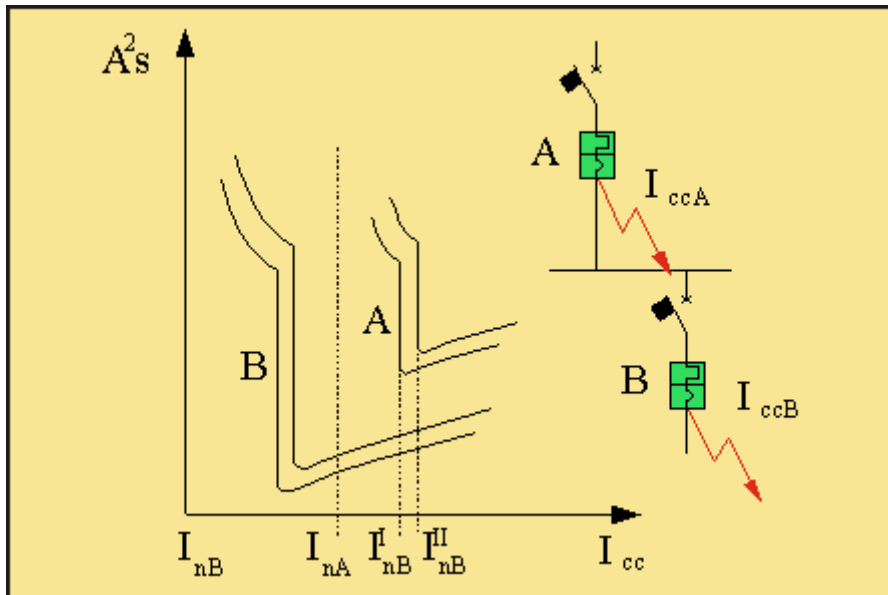


Fig. 9.26 - Selettività amperometrica tra interruttori rapidi e interruttori limitatori. E' indicata dal costruttore che la determina mediante prove. Può essere totale o parziale (cioè fino a un certo valore di I_{cc})

9.6.15 Selettività cronometrica

Si realizza assegnando allo sganciatore magnetico dell'interruttore a monte A un tempo d'intervento maggiore di quello dell'interruttore a valle B (fig. 9.27).

In questo caso la protezione selettiva è totale: qualunque sia il valore della corrente di guasto nella condotta a valle interviene solo l'interruttore B. Occorre però che l'interruttore A sia in grado di sopportare la corrente di corto circuito massima che lo può interessare per la durata corrispondente al ritardo assegnato.

La selettività cronometrica si realizza impiegando, a monte, interruttori "selettivi", dotati di dispositivi di ritardo intenzionale dell'intervento.

Essa è più facilmente realizzabile se si impiegano a valle interruttori limitatori.

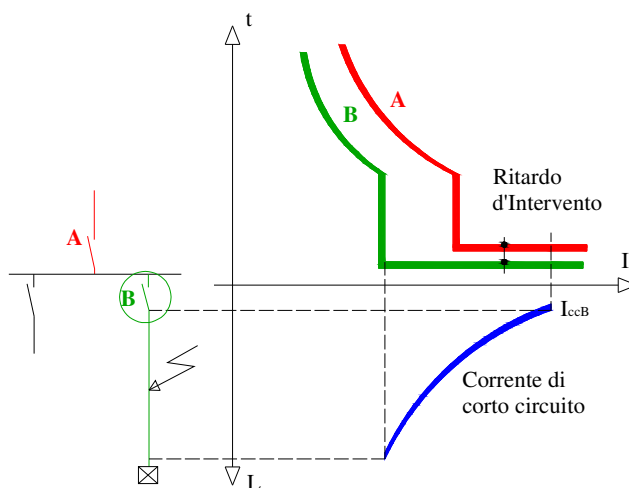


Fig. 9.27 – Selettività cronometrica

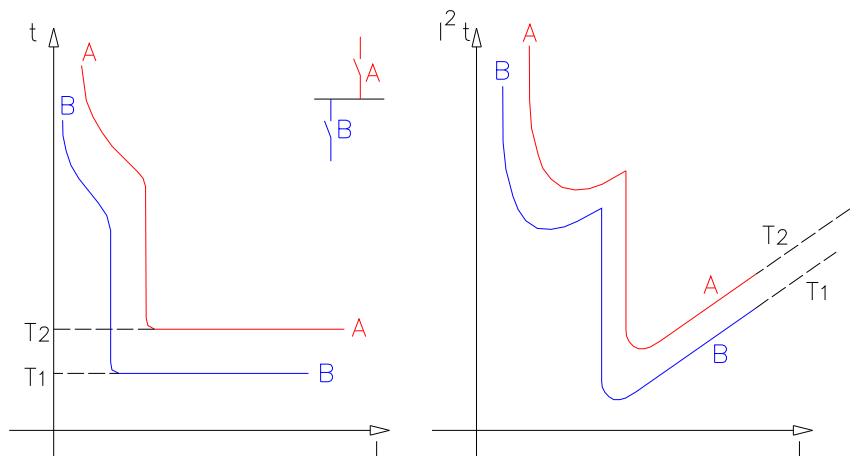


Fig. 9.27a – Selettività cronometrica (totale) tra interruttori:
 T_1 = tempo massimo di interruzione dell'interruttore B
 T_2 = tempo minimo di non funzionamento dell'interruttore A con riferimento al tempo di ritardo prescelto

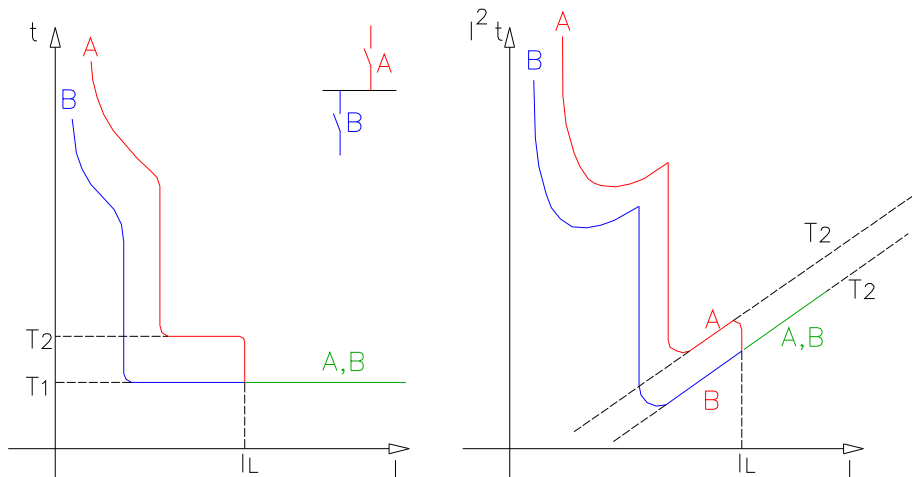


Fig. 9.27b – Selettività cronometrica (parziale) tra interruttori scatolati:
 I_L = corrente limite di selettività pari alla corrente di breve durata dell'interruttore A

Per garantire la selettività totale anche in corto circuito, è necessario che l'interruttore a valle intervenga per valori di corrente di corto prima dell'interruttore a monte.

Graficamente significa separare le due curve magnetiche degli interruttori che non devono sovrapporsi per tutti i valori della corrente di corto presunta. La separazione tra le curve si ottiene impostando un ritardo sull'intervento magnetico dell'interruttore a monte per cui, in caso di guasto, sia l'interruttore a valle ad intervenire.

Selezionando opportunamente le soglie di corrente e i tempi di intervento tra i vari interruttori, è possibile espandere la selettività a più livelli di protezione. Questo tipo di selettività si ottiene utilizzando a monte interruttori con tempi di intervento regolabili, ad esempio interruttori elettronici selettivi tipo "E", "S", "T" (classificati di categoria B) ed a valle, a seconda delle esigenze, interruttori elettronici dello stesso tipo o magnetotermici con tempo d'intervento fisso.

Gli interruttori elettronici permettono due diverse regolazioni:

- **Regolazione del ritardo d'intervento magnetico (Regolazione del tempo)**
- **Regolazione a I^2t costante**

Regolazione del tempo

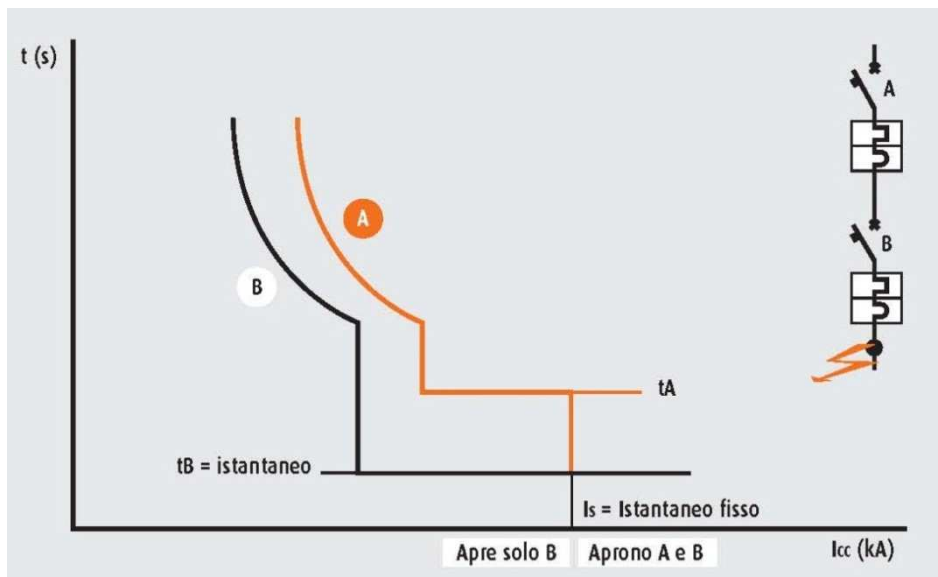


Fig. 9.28 – Regolazione del tempo

La selettività cronometrica in corto è realizzabile utilizzando interruttori predisposti ad intervenire con ritardo intenzionale fisso o regolabile. Questo ritardo sul tempo d'intervento permette di distanziare opportunamente le curve magnetiche creando così un gradino rispetto all'interruttore a valle. In questo modo la selettività è garantita, in quanto, in caso di corto, sarà l'interruttore con il tempo d'intervento minore a sganciare per primo. Utilizzando interruttori elettronici di tipo "E", il valore di ritardo fisso (t_A) è uguale a 0.05 sec, per gli interruttori di tipo "S" o "T" il valore può essere regolato su quattro gradini: 0 - 0.1 - 0.2 - 0.3 sec.

In generale, per questo tipo di regolazioni, l'energia specifica passante aumenta proporzionalmente in funzione del ritardo impostato. Gli interruttori che intervengono con un ritardo intenzionale durante un corto, perdono ogni caratteristica di limitazione; è necessario quindi verificare che essi siano in grado di resistere alle sollecitazioni elettriche e meccaniche dovute al passaggio delle correnti di corto.

Regolazione con I^2t costante

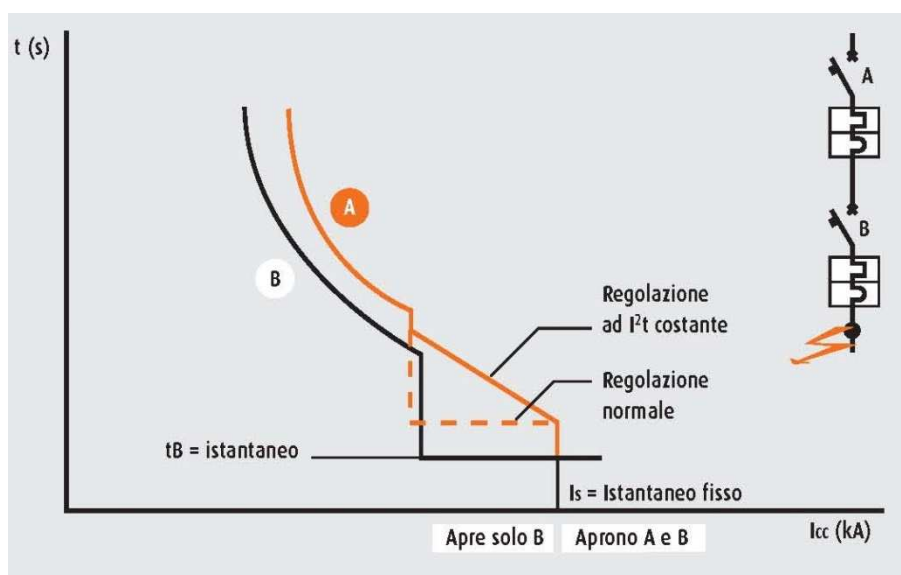


Fig. 9.29 – Regolazione con I^2t costante

Il secondo tipo di regolazione si può realizzare mantenendo costante il valore dell'energia specifica passante dell'interruttore. In questo caso la regolazione fa sì che la curva di intervento dell'interruttore elettronico assuma un andamento come quello della figura 9.29. L'eliminazione del gomito inferiore, ottenuta dalla regolazione del tempo d'intervento a I^2t costante favorisce la selettività.

9.6.16 Classificazione e caratteristiche degli interruttori selettivi

La Norma CEI 17-5 classifica gli interruttori in due categorie di utilizzazione.

- Categoria A - Con questi apparecchi si può ottenere solo la selettività di tipo amperometrico perché non dispongono di dispositivi per il ritardo intenzionale dell'intervento per correnti di corto circuito. Gli interruttori con corrente nominale inferiore a 500-630 A appartengono a questa categoria.
- Categoria B - Sono interruttori automatici con dispositivo di ritardo intenzionale. In corto circuito si può ottenere la selettività cronometrica introducendo tempi di ritardo variabili da 0 a 300 ms. I dispositivi di ritardo possono essere di tipo elettromeccanico, nei quali si può regolare solo il tempo di prearco, o a microprocessore, in cui si possono ottenere regolazioni più complesse. Per questi apparecchi deve essere specificata la corrente nominale di breve durata I_{cw} .

Dati caratteristici degli interruttori da considerare per il coordinamento selettivo sono:

- tempo di prearco t_p - è il tempo che delimita l'istante t_0 di inizio del corto circuito e l'istante t_p in cui i contatti iniziano il movimento di apertura;
- tempo d'arco t_a - è il tempo che intercorre tra l'istante t_p in cui i contatti iniziano il movimento di apertura a quello in cui l'arco si estingue;
- tempo totale di interruzione $t_1 = t_p + t_a$ - è il tempo che si frappona fra l'istante dell'insorgere del corto circuito e l'istante in cui l'interruzione si completa con l'annullamento della corrente;

- *energia specifica passante a ritardo nullo* $W_i = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$ - è ricavabile dalla caratteristica I^2t/I_{cc} dell'interruttore;
- *tempo di ritardo introdotto* t_r - è il tempo che intercorre dal manifestarsi del corto circuito a quello in cui lo sganciatore riceve il consenso all'inizio dell'operazione di apertura;
- *tempo totale di prearco* t_r+t_0 ;
- *tempo complessivo di interruzione* $t_r+t_0+t_a$;
- *energia specifica passante nel tempo di ritardo* $W_r=I_{cc}^2 t_r$;
- *energia specifica passante totale* $W_{tot}=W_r+W_i$.

9.6.17 La regolazione degli sganciatori

La regolazione ideale delle protezioni sarebbe quella che determina l'intervento istantaneo con valori di corrente di poco superiori alla corrente nominale del circuito da proteggere (valore minimo di corrente e tempo di intervento zero). In pratica una tale regolazione non è possibile perché occorre consentire ai circuiti protetti di superare alcuni funzionamenti transitori caratteristici del tipo di carico alimentato (esempio tipico l'alimentazione di un motore asincrono trifase che assorbe allo spunto una corrente più elevata di quella nominale). Quando è possibile la regolazione dello sganciatore, la regolazione ideale sarà quella che pone la curva d'intervento la più vicina possibile agli assi cartesiani senza però interferire con la curva di corrente caratteristica dei transitori del carico e senza intersecarsi con le curve degli sganciatori posti a valle nel caso si voglia ottenere la selettività verticale delle protezioni. La regolazione dovrà ovviamente tenere conto delle tolleranze stabilite dalle Norme o, quando fossero inferiori a quelle indicate dalle Norme (come nel caso degli sganciatori elettronici), dal costruttore.

9.6.18 Regolazione degli interruttori selettivi di tipo elettromeccanico

Con questo tipo d'interruttori si può ottenere un ritardo, regolabile generalmente a gradini, fino a 300 ms. Questo è generalmente ottenuto agendo su di un dispositivo di tipo meccanico che aumenta l'inerzia del meccanismo di sgancio.

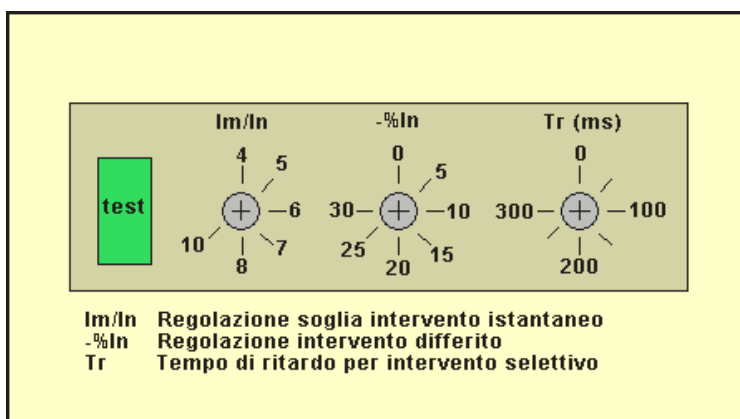


Fig. 9.30 - Regolazione di uno sganciatore elettromeccanico

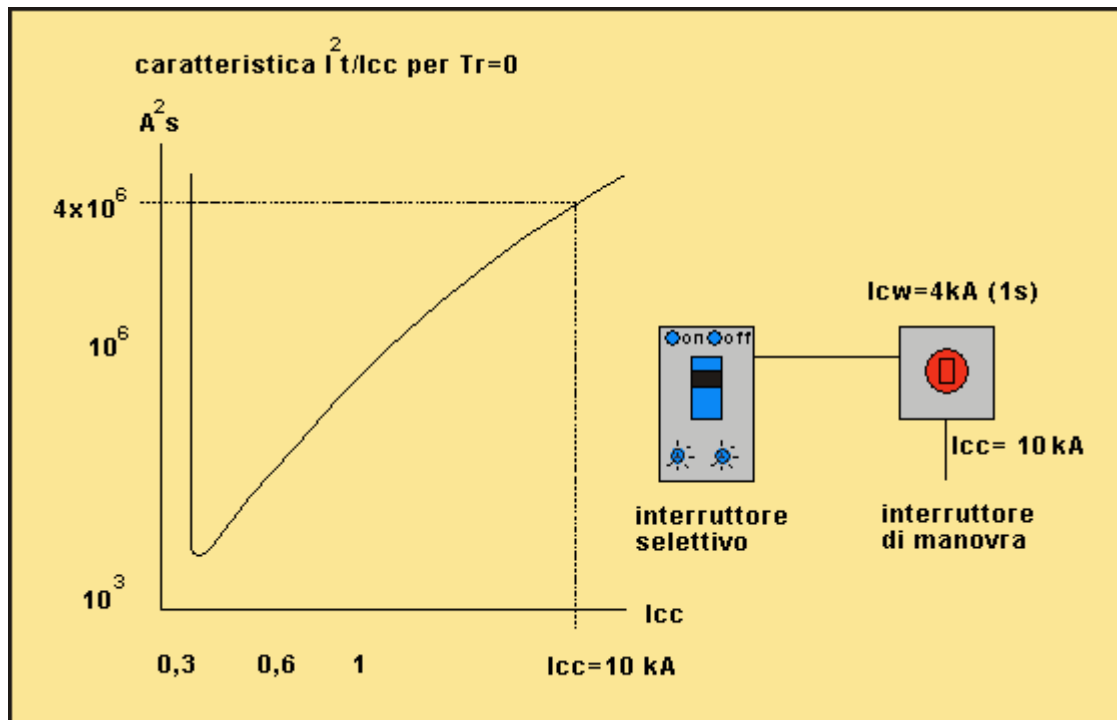
La massima energia specifica W_{tot} lasciata passare in corrispondenza di I_{cn} per il tempo di ritardo t_r massimo deve essere sopportabile dall'interruttore e in particolare dal bimetallo del relè termico che è normalmente la parte più debole di tutto l'apparecchio (per questo motivo, come si è detto, non sono realizzabili interruttori magnetotermici selettivi con correnti nominali basse). Valutando in W l'energia sopportata dal circuito tra l'interruttore selettivo e il primo interruttore più a valle, il tempo t_r da introdurre si determina con la sequenza di operazioni di seguito indicata (fig. 9.31):

1. Si determina, mediante il diagramma I^2t/I_{cc} riferito a $t_r=0$, l'energia specifica passante W_0 riferita alla corrente presunta di corto circuito I_{cc} nel punto di installazione del componente che si vuole proteggere;
2. Si calcola l'energia massima sopportabile dal componente da proteggere ponendo $W = (I_{cw(1s)})^2$, dove I_{cw} è la corrente nominale massima ammissibile di breve durata del componente, oppure ponendo $W=k^2S^2$ se si tratta di un cavo;

$$t = \frac{W - W_0}{I_{cc}^2}$$

3. Il tempo massimo che si può introdurre nella regolazione è .

Per tempi calcolati che sono inferiori a 100 ms, non essendo disponibile una regolazione più accurata, l'interruttore selettivo di tipo elettromeccanico non può essere utilizzato per la selettività cronometrica.



1. Energia specifica sopportabile ($I_{cw}^2 \times 1s$) dall'interruttore di manovra:
 $W = (4000)^2 \times 1 = 16000000 \text{ A}^2s$

2. Energia specifica lasciata passare dall'interruttore per $I_{cc}=10000 \text{ A}$:
 $W_0 = 4 \times 10^6 = 4\,000\,000 \text{ A}^2s$

4. Tempo di ritardo massimo ammissibile:
 $t = \frac{(16 - 4) \times 10^6}{100 \times 10^6} = 0,12s \cong 100ms$

4. Regolazione da impostare:
 $t = 100ms$

Fig. 9.31 - Esempio di regolazione e verifica dell'iquadratoti di uno sganciatore elettromeccanico

9.6.19 La regolazione degli interruttori selettivi a microprocessore

In questi dispositivi lo sgancio è ottenuto per mezzo di un elettromagnete controllato da un elaboratore a microprocessore che elabora i segnali ricevuti dai trasformatori di corrente inseriti di solito nell'interruttore. In base a questi segnali e alle regolazioni impostate l'elaboratore invia il comando di sgancio all'elettromagnete. Mancando il bimetallo, che come si è detto costituisce un punto termicamente debole, si possono ottenere valori più alti della corrente di breve durata ammissibile che fluisce nell'interruttore nel tempo di ritardo impostato e si può variare, entro ampi limiti, l'intera caratteristica di intervento. A differenza del tipo elettromeccanico si possono impostare liberamente e con continuità i tempi di ritardo per ottenere la selettività cronometrica. In alcuni modelli dell'ultima generazione è possibile variare i tempi in misura inversa al quadrato della corrente di corto circuito raggiungendo la selettività con A^2s costanti. L'apparecchio è in questo modo autoprotetto perché quando l'energia specifica passante non è più sopportabile l'apparecchio interviene rinunciando se necessario alla selettività. L'autoprotezione dall'energia specifica passante e l'aumentata corrente ammissibile di breve durata hanno permesso di ottenere interruttori selettivi di dimensioni contenute e con correnti nominali più basse dell'ordine dei 500A.

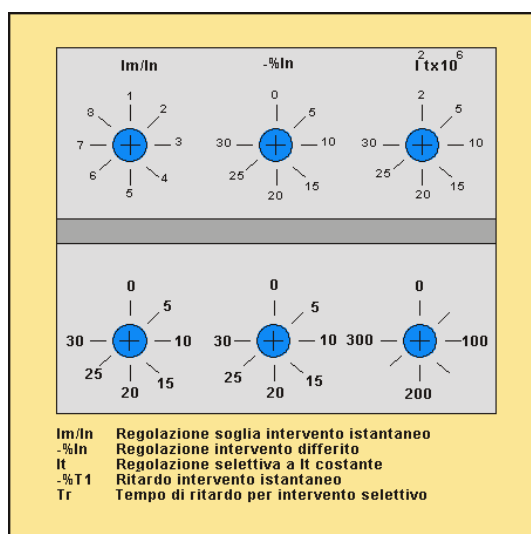


Fig. 9.32 - Regolazione di uno sganciatore a microprocessore

Con certi interruttori elettronici, pilotati a volte anche con trasformatori di corrente esterni, è possibile ottenere la cosiddetta selettività logica o di zona. I microprocessori, collegati tra di loro da un filo di connessione, sono in continua comunicazione tra di loro e ogni interruttore che rileva un guasto lo comunica a quelli immediatamente a monte che imposteranno automaticamente il tempo di ritardo sufficiente a far intervenire istantaneamente, e quindi selettivamente, l'interruttore che ha rilevato il guasto.

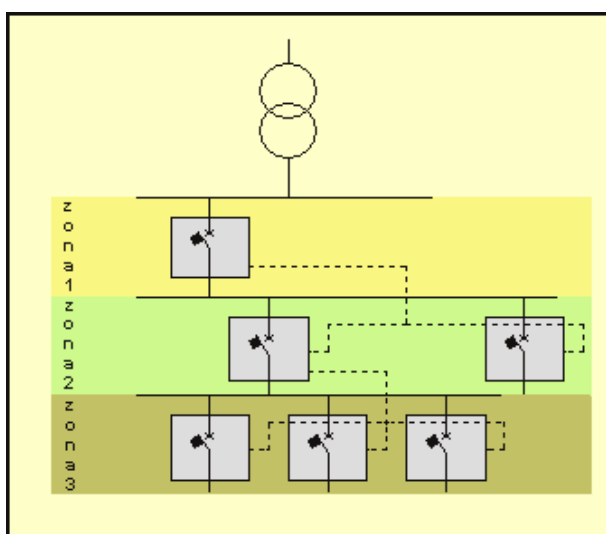


Fig. 9.33 - Selettività logica pilotata o di zona

9.6.20 Selettività mista

È un tipo di selettività intermedia fra quella amperometrica e quella cronometrica. Si realizza installando a monte interruttori con sganciatori magnetici provvisti di ritardo "a tempo breve dipendente", il cui intervento dipende cioè dalla corrente di corto circuito (fig. 9.34).

Con questo tipo di coordinamento si può realizzare la selettività totale e inoltre si riducono le sollecitazioni cui è sottoposto l'interruttore a monte A conseguenti a elevate correnti di corto circuito per tempi prolungati (come invece accade con la selettività cronometrica).

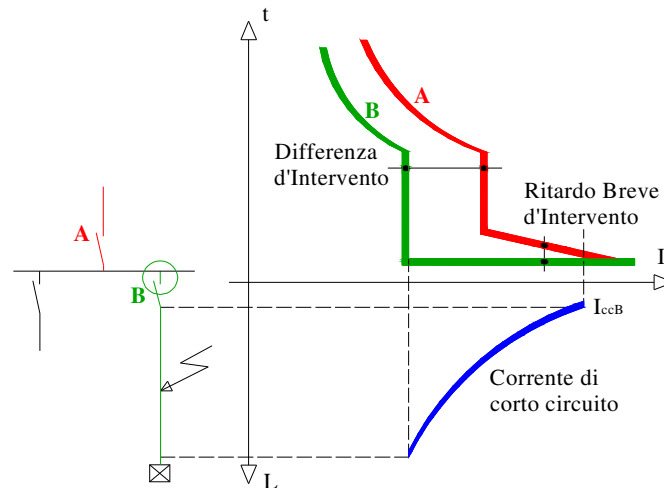


Fig. 9.34 - Selettività mista

Per il corretto coordinamento fra interruttori a monte e a valle ai fini di realizzare la protezione selettiva non sono sufficienti i soli dati tecnici (ricavabili dai cataloghi) relativi ai singoli interruttori, ma occorrono anche le tabelle di coordinamento che le Ditte costruttrici ricavano, nei propri laboratori, a seguito di prove sperimentali.

9.6.21 Esempi di selettività

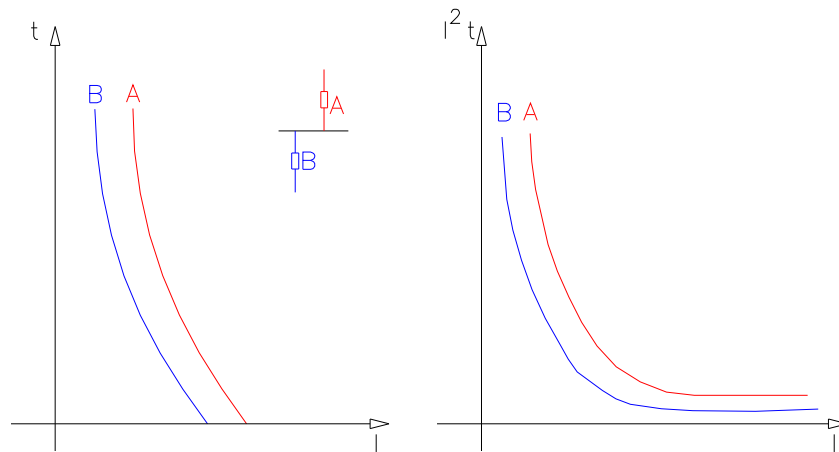


Fig. 9.35 – Selettività totale fra fusibili

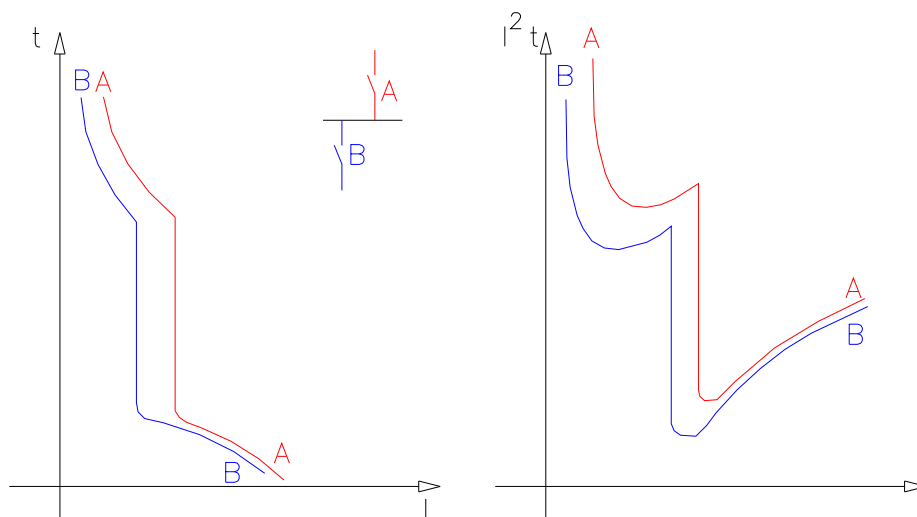


Fig. 9.36 – Selettività energetica tra interruttori limitatori

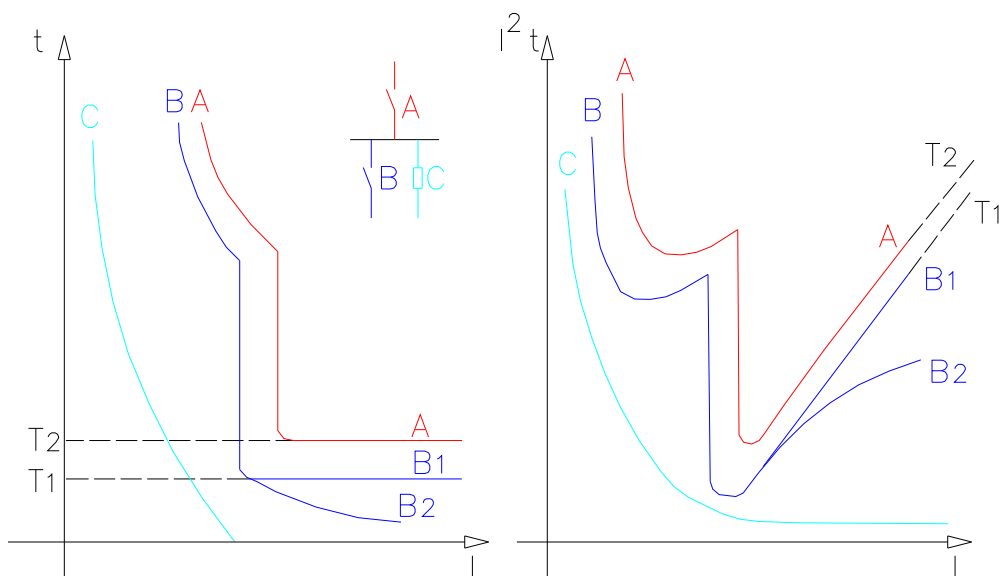


Fig. 9.37 – Selettività tra un interruttore ritardato di categoria B ed un interruttore scatolato (o fusibili):
 A=interruttore di tipo aperto con sganciatori ritardati;
 B1=interruttore scatolato normale;
 B2=interruttore scatolato limitatore;
 C=interruttore di manovra con fusibili.

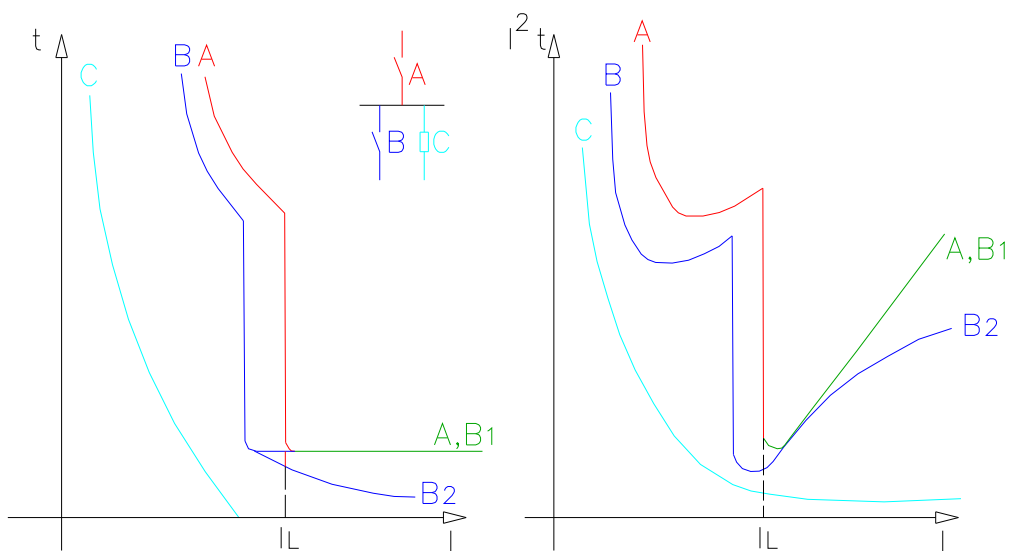


Fig. 9.38 – Selettività tra un interruttore scatolato normale e un secondo interruttore scatolato (o fusibili):
 A=interruttore scatolato normale;
 B1=interruttore scatolato normale;
 B2=interruttore scatolato limitatore;
 C=interruttore di manovra con fusibili.

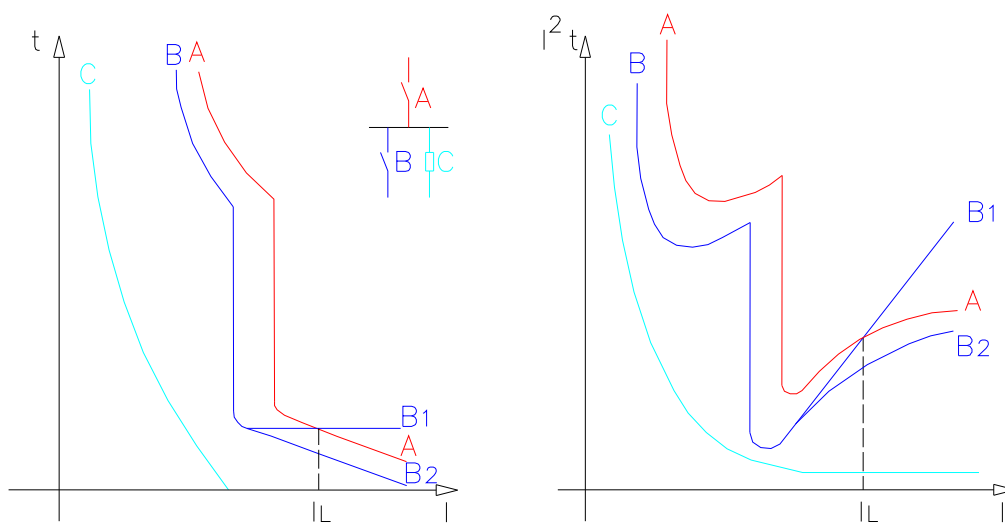


Fig. 9.39 – Selettività tra un interruttore scatolato limitatore e un interruttore scatolato (o fusibili):
 A=interruttore scatolato limitatore;
 B1=interruttore scatolato normale;
 B2=interruttore scatolato limitatore;
 C=fusibili.

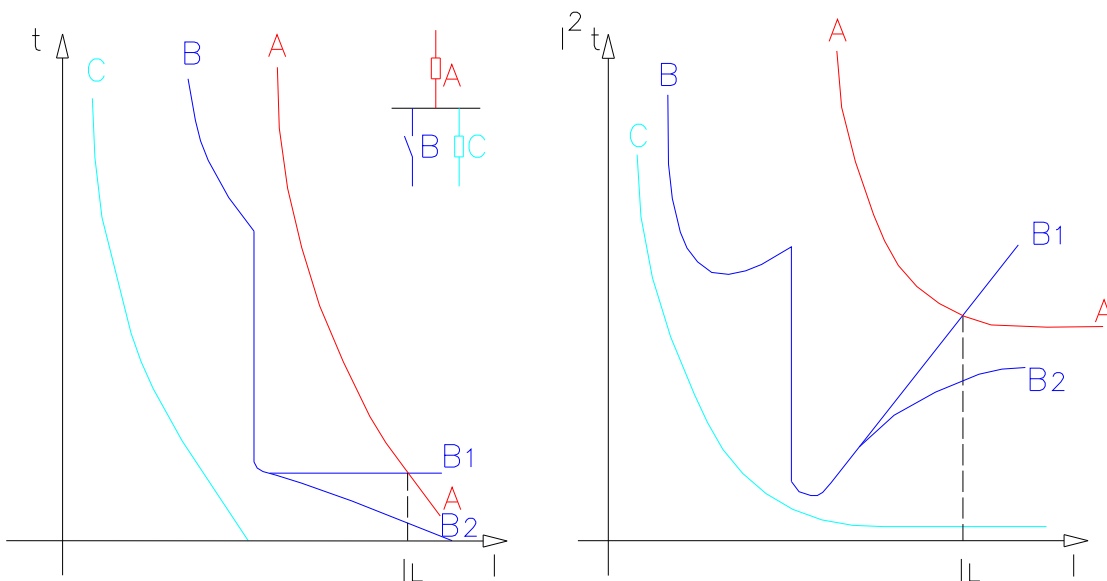


Fig. 9.40 – Selettività tra fusibili e un interruttore scatolato (o fusibili):
 A=fusibili;
 B1=interruttore scatolato normale;
 B2=interruttore scatolato limitatore;
 C=fusibili.

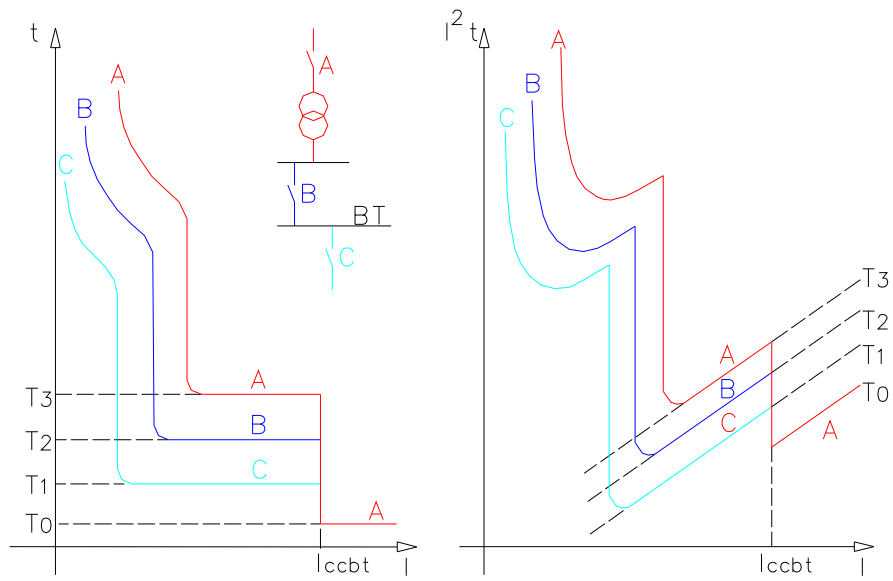
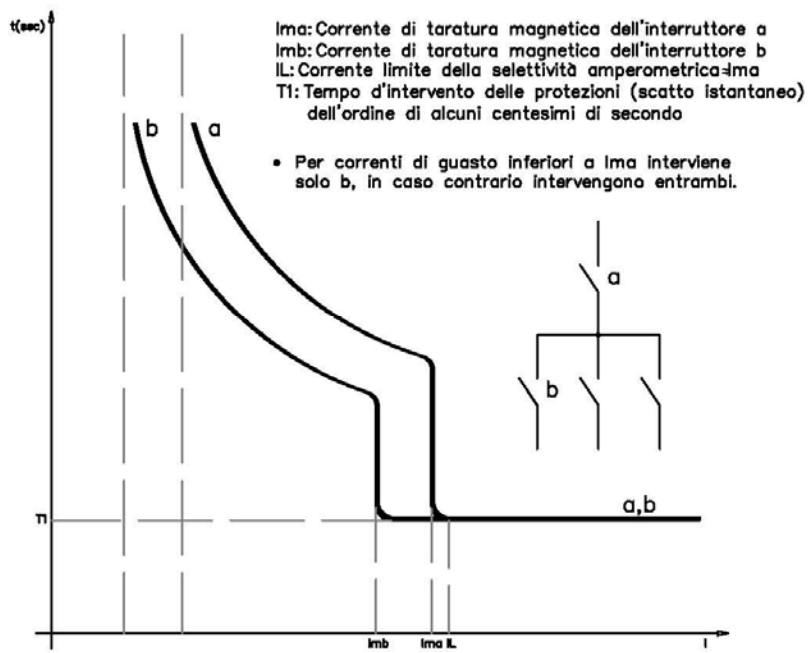
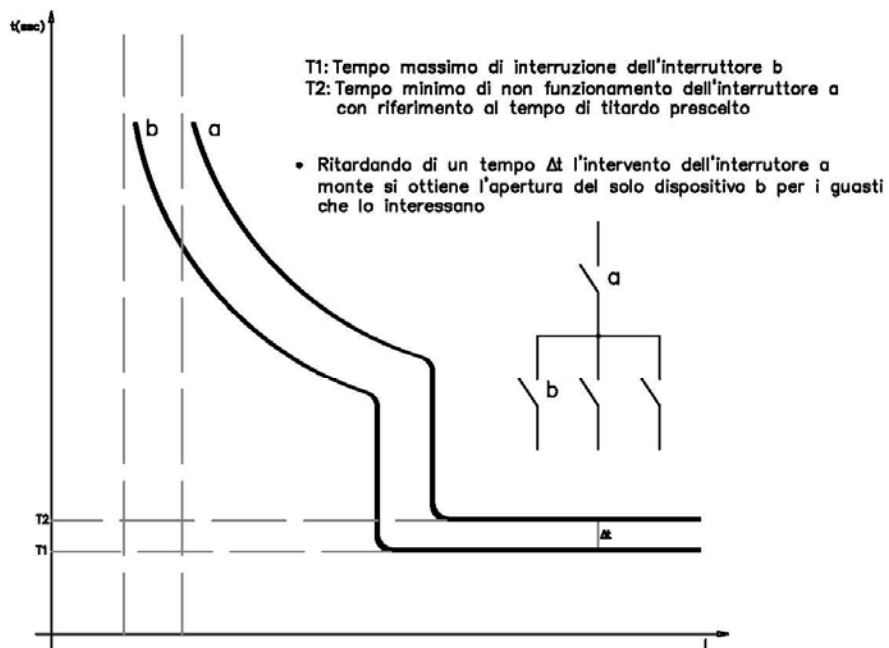


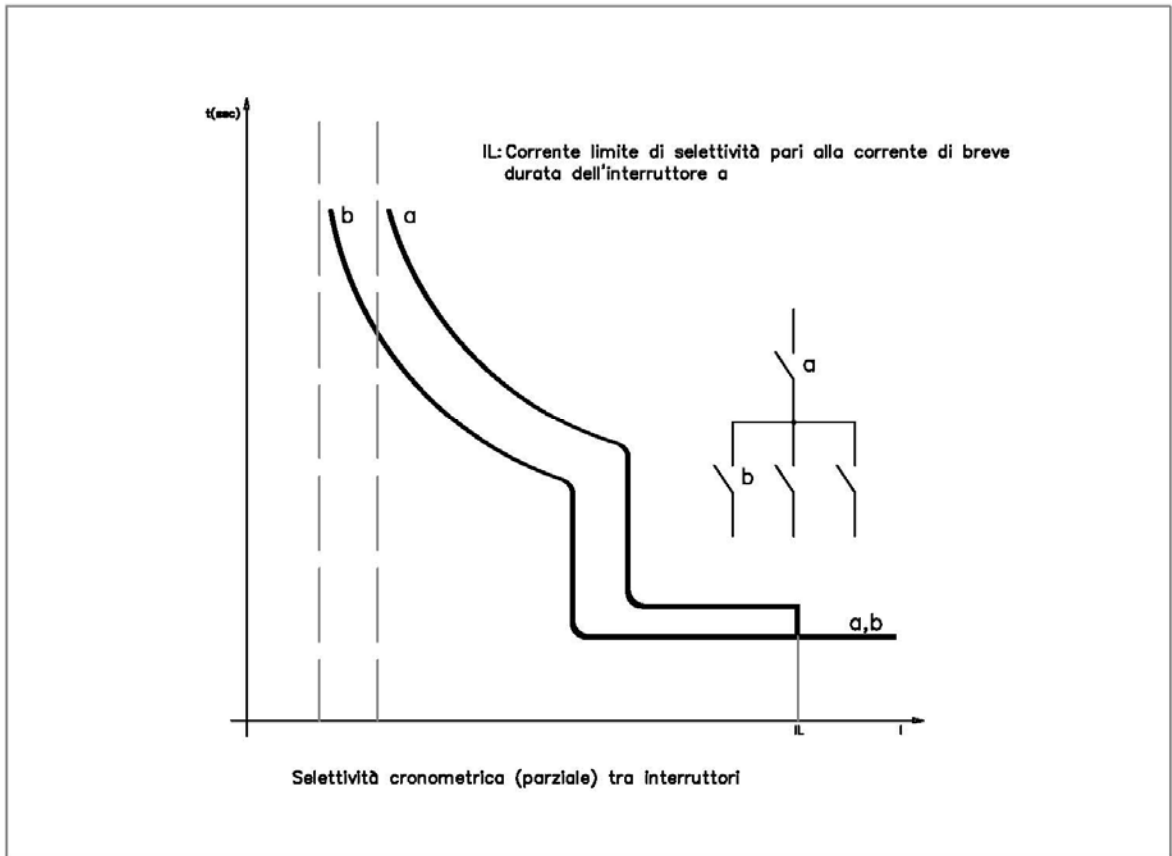
Fig. 9.41 – Selettività tra interruttori posti a monte ed a valle di un trasformatore.
 I_{ccb} = corrente di corto circuito presunta sul lato bassa tensione



Selettività amperometrica (parziale) tra interruttori



Selettività cronometrica (totale) tra interruttori



9.6.22 Protezione serie (o di "back-up" o protezione di sostegno)

La protezione selettiva, proprio perché determina il "fuori servizio" della sola parte "guasta" dell'impianto, viene adottata in tutti quei casi in cui sono essenziali le esigenze di continuità del servizio.

Di contro risulta, normalmente, più costosa rispetto ad altri tipi di coordinamento fra interruttori. Fra questi rientra la protezione serie (o di "back-up") che viene utilizzata, per ragioni di convenienza, in quegli impianti in cui l'esigenza della continuità del servizio non è essenziale. Essa può comportare la contemporanea apertura degli interruttori a valle e a monte interessati dal guasto, e per questo motivo è in antitesi con la protezione selettiva; rispetto a quest'ultima è però, come già ricordato, più economica.

La protezione di back-up è la condizione prevista dalla Norma CEI 64-8, che si realizza quando in un impianto si utilizza un dispositivo di protezione (fusibile o interruttore automatico) con potere di interruzione inferiore alla corrente di corto presunta, purché a monte del dispositivo stesso ce ne sia un altro con potere di interruzione adeguato in grado di intervenire in sostegno. Il coordinamento di back-up tra dispositivi di protezione deve essere confermato mediante specifiche prove di laboratorio non effettuabili dagli utilizzatori o dai progettisti. Per ovviare a questo problema le Ditte costruttrici mettono a disposizione delle tabelle di coordinamento alle diverse tensioni. Questo tipo di protezione utilizza di fatto la capacità di limitazione dei dispositivi di protezione in serie.

Quindi, per protezione serie s'intende l'installazione a valle di un interruttore B avente un potere d'interruzione inferiore alla corrente di corto circuito presunta nel punto d'installazione, purché a monte vi sia un altro interruttore A avente il necessario potere d'interruzione.

Coordinamento tra fusibili a monte ed interruttore a valle

Volendo realizzare un coordinamento di back-up tra un fusibile e un interruttore, come illustrato in figura 9.42, si possono confrontare e sovrapporre le rispettive curve di energia. Questo confronto può determinare un punto d'intersezione P tra le due curve in corrispondenza di un valore di corrente (I_b) detta "corrente di scambio". Questo valore determina la corrente al di sotto della quale si ha il solo intervento dell'interruttore ed al di sopra della quale si ha anche l'intervento del fusibile di sostegno.

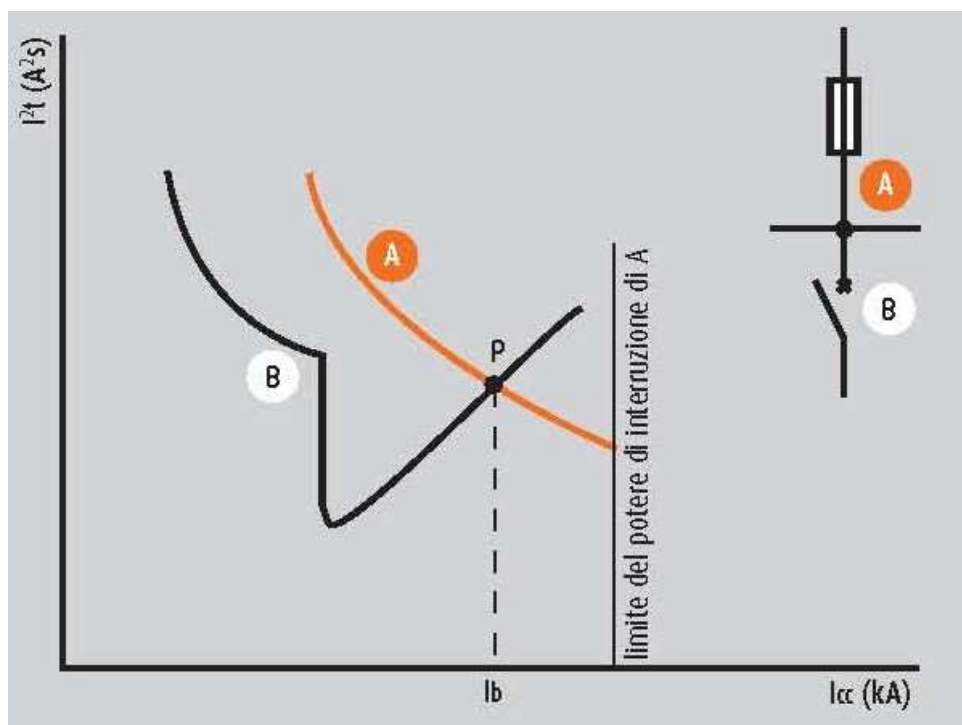


Fig. 9.42 – Coordinamento tra fusibili a monte ed interruttore a valle

Coordinamento tra interruttori a monte ed a valle

Nel caso di un coordinamento di back-up tra due interruttori in serie, la verifica tra le curve di energia dimostra che non ci sono punti d'intersezione. Le due curve si estendono fino al limite del potere d'interruzione dei singoli interruttori. La curva di energia risultante dal coordinamento tra le due apparecchiature è sicuramente più bassa di quelle di ogni singolo interruttore considerato da solo; questo per l'effetto di limitazione dovuto alle impedenze in serie agli interruttori. Da tale considerazione ne segue che il potere d'interruzione dell'associazione tra i due interruttori è superiore a quello dell'apparecchio a valle e può raggiungere il valore di corrente di corto per il quale l'energia passante dell'associazione è uguale a quella massima sopportabile dall'apparecchio a valle.

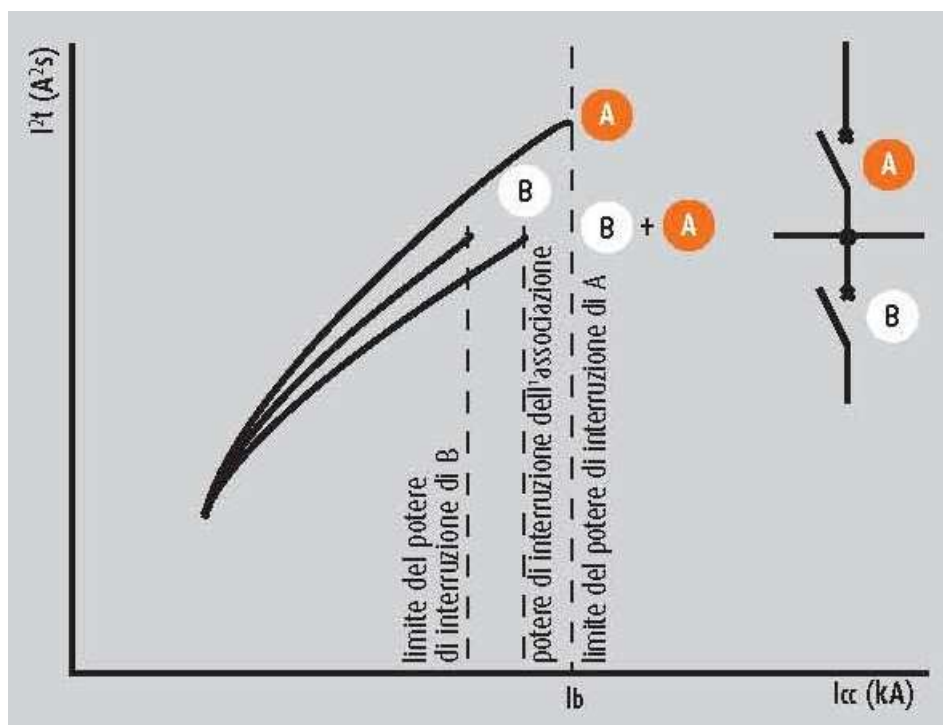


Fig. 9.43 – Coordinamento tra interruttori a monte ed a valle

Per realizzare correttamente la protezione serie, il coordinamento fra i due interruttori A e B deve rispondere ai seguenti requisiti:

- l'interruttore A deve avere un potere d'interruzione superiore o, al limite, uguale alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione dell'interruttore B;
- l'energia specifica lasciata transitare dall'interruttore a monte A deve essere inferiore o, al limite, uguale a quelle ammissibili per l'interruttore B e per la condotta a valle di B.

Se si considerassero invece delle curve rappresentate dalle fasce delimitate dal limite minimo e massimo d'intervento attorno al valore I_b , si otterrebbe una zona di possibile intervento contemporaneo dei due dispositivi con contemporanea formazione di due archi in serie. Per correnti molto superiori a I_b , l'interruttore potrebbe anche non intervenire ed essere totalmente protetto dal fusibile.

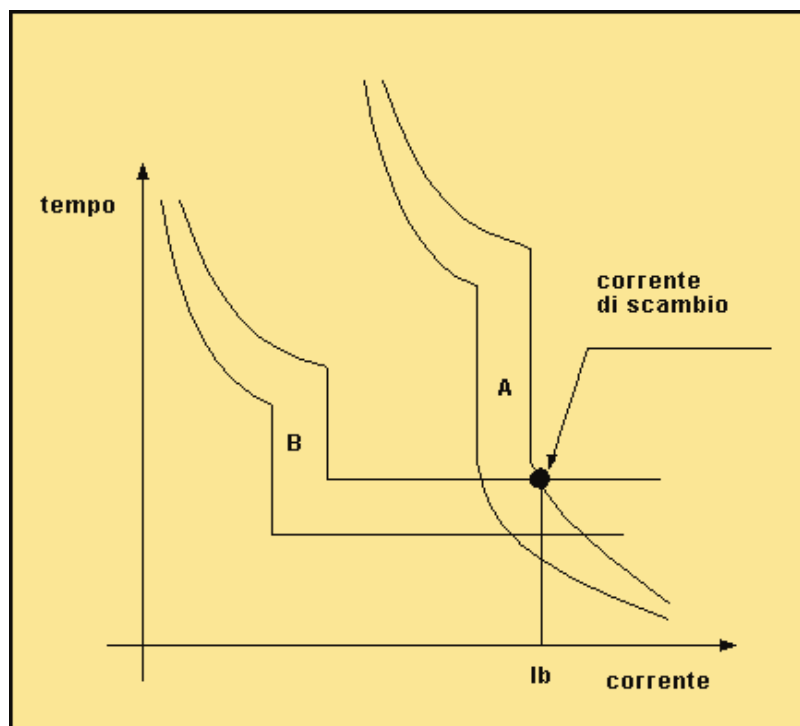


Fig. 9.44 - Back-up - corrente di scambio

In definitiva la protezione di sostegno è applicabile quando non esistono esigenze di selettività e consente di proteggere impianti sottodimensionati rispetto alla corrente di guasto presunta ottenendo un sensibile risparmio nel dimensionamento degli interruttori a valle. Per ottenere la protezione di sostegno sono necessarie alcune condizioni fondamentali:

- *l'interruttore a monte deve avere un potere d'interruzione almeno pari alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione dell'interruttore a valle;*
- *la corrente di corto circuito e l'energia specifica lasciata passare dall'interruttore a monte non devono danneggiare l'interruttore a valle e le condutture;*
- *i due interruttori devono essere effettivamente in serie in modo da essere percorsi dalla stessa corrente in caso di guasto.*

Le combinazioni adatte per questo tipo di protezione devono in ogni caso essere scelte in base a indicazioni fornite dal costruttore che deve verificare l'efficienza dell'intero complesso mediante prove pratiche. Il potere d'interruzione dell'insieme non può, infatti, essere calcolato teoricamente ma può essere definito soltanto mediante prove dirette eseguite in laboratori altamente qualificati. Per questo motivo il complesso d'interruttori da impiegare per la protezione di sostegno non può essere composto di apparecchiature fornite da costruttori diversi che in tal caso non ne garantirebbero l'idoneità.

In caso di guasto a valle dell'interruttore con potere di corto circuito minore della corrente di corto circuito presunta in quel punto i due interruttori disposti in serie tra di loro intervengono simultaneamente per un valore di corrente (corrente di scambio) superiore ad una prefissata soglia.

Tutto ciò conferisce all'insieme e quindi anche all'interruttore a valle un potere di interruzione superiore a quello che lo stesso potrebbe garantire da solo. Ovviamente un tal sistema non permette di ottenere la selettività tra i dispositivi ma permette di risolvere altre problematiche come ad esempio:

- diminuire l'ingombro delle apparecchiature elettriche;
- interventi su impianti esistenti anche se non più idonei alle nuove correnti di corto circuito;
- risparmio economico sul dimensionamento dei componenti dell'impianto.

Anche con la protezione serie è possibile ottenere una certa selettività: essa è funzione del valore della corrente di corto circuito nella condotta a valle. Il limite della selettività è rappresentato dalla "corrente di scambio"; al di sopra di tale valore intervengono sia A che B (fig. 9.45), al di sotto di tale valore interviene soltanto B (fig. 9.46).

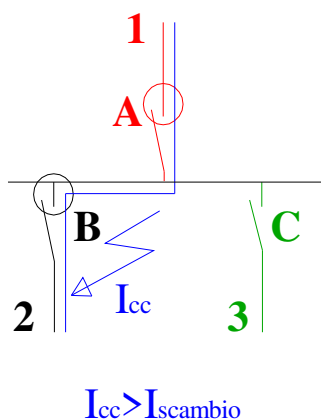


Fig. 9.45 - Protezione serie non selettiva

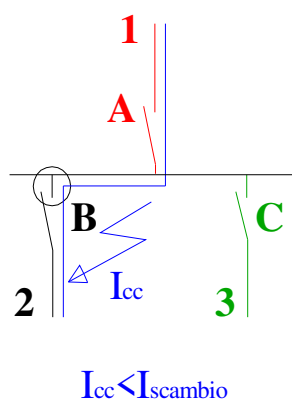


Fig. 9.46 - Protezione serie selettiva

Anche per la realizzazione della protezione serie non sono sufficienti i soli dati tecnici dei singoli interruttori desumibili dai cataloghi. Per una sua corretta applicazione e per conoscere il limite di selettività della serie dei due interruttori, occorre avere a disposizione i risultati sperimentali (raccolti generalmente in apposite tabelle) ottenuti dalle Ditte costruttrici nei propri laboratori.

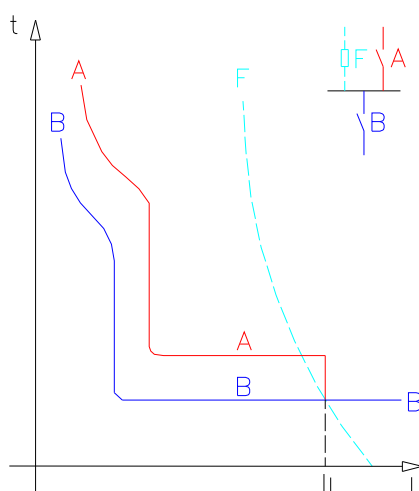
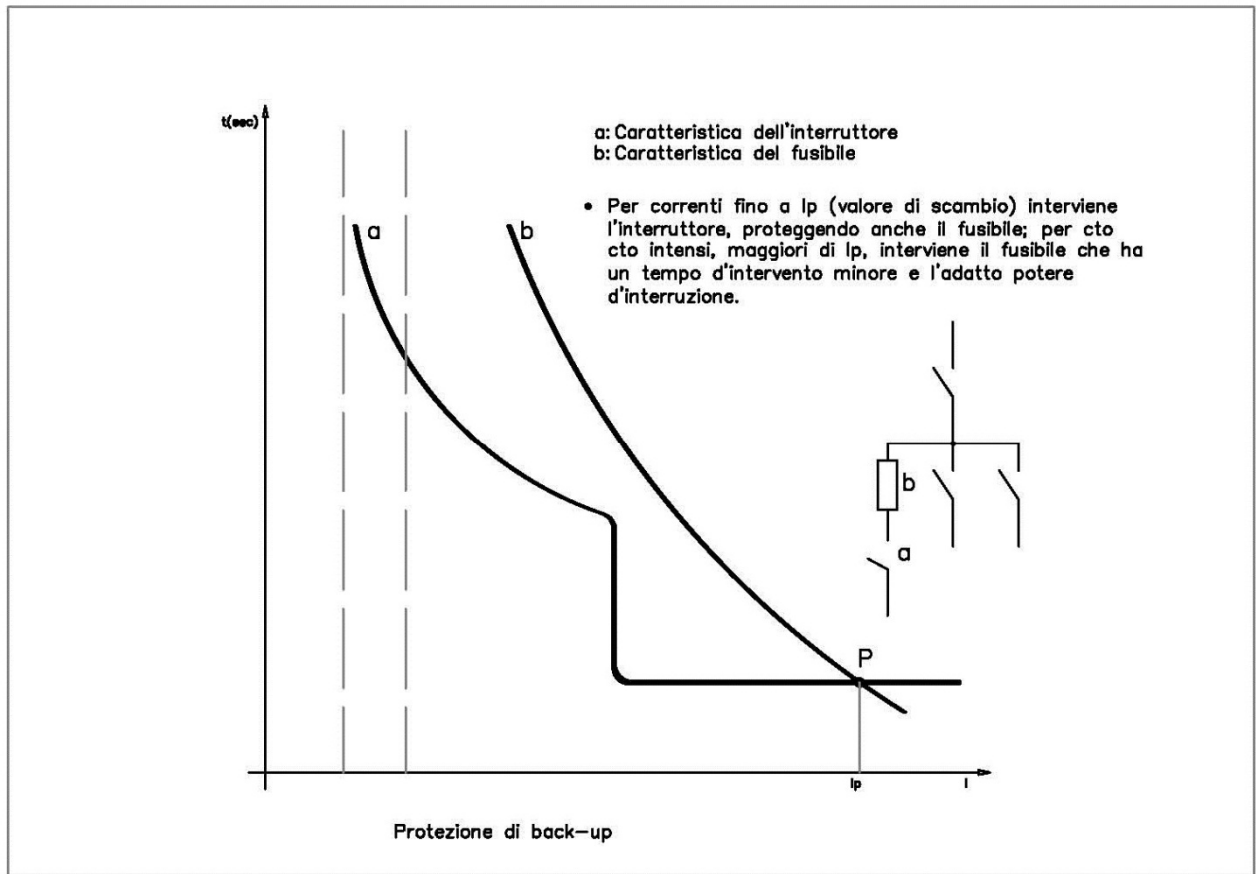


Fig. 9.47 – Selettività parziale fra un interruttore (o un fusibile) ed un secondo interruttore con protezione serie o di back-up.

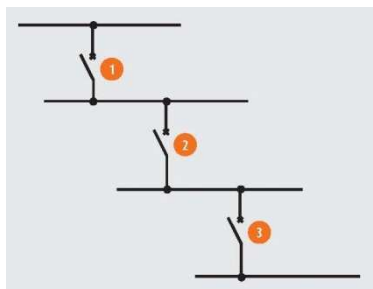
I_L = potere di interruzione dell'interruttore B;
 F = fusibile in alternativa all'interruttore A



Back-up su tre livelli

Il back-up può essere realizzato su più di due livelli. Qualora fosse richiesto questo tipo di coordinamento è necessario che si verifichi una della due seguenti condizioni:

- **Condizione 1:**
L'apparecchio a monte (1) deve avere un potere di interruzione tale da garantire un'adeguata protezione ad entrambi gli interruttori a valle (2 e 3). In questo caso è sufficiente che le associazioni tra gli interruttori 1+2 ed 1+3 abbiano un potere di interruzione adeguato alle correnti di corto dell'impianto.
- **Condizione 2:**
In questo caso il coordinamento avviene tra coppie di apparecchi. L'interruttore 1 deve avere un potere di interruzione tale da garantire la protezione di back-up sull'interruttore immediatamente a valle (2). A sua volta il secondo interruttore deve essere in grado di proteggere il terzo.
La protezione di back-up è garantita anche se tra il primo apparecchio e l'ultimo non ci sono le condizioni ideali di coordinamento.

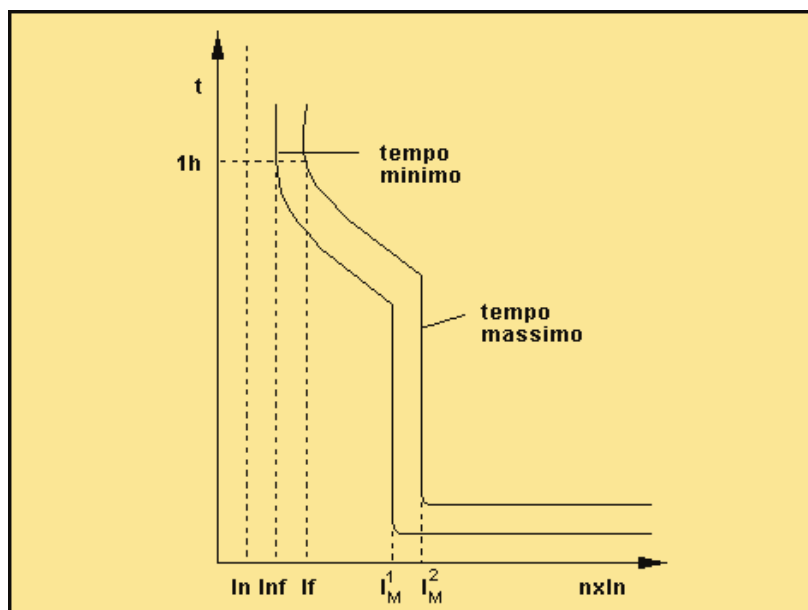


9.6.23 Criteri di scelta di un interruttore automatico

Prima di procedere alla definizione dei criteri di scelta dell'interruttore è necessario fare alcune considerazioni a proposito di sovraccarichi e cortocircuiti.

9.6.24 L'intervento automatico su sovraccarico e cortocircuito

- **Sovraccarico** - L'interruttore non è in grado di distinguere un sovraccarico da una corrente di guasto a terra o da un corto circuito a elevata impedenza. Sotto l'aspetto dell'intervento automatico un sovraccarico è perciò da intendersi come una sovracorrente che non è in grado di determinare l'intervento dello sganciatore elettromagnetico. Abbiamo visto in precedenza le caratteristiche d'intervento degli interruttori automatici; individuiamo ora le quattro correnti tipiche che caratterizzano lo sganciatore termico (fig. 9.48).



I_{nf} - corrente convenzionale di non intervento: è il valore di corrente fino al quale, in determinate e specificate condizioni, non avviene lo sgancio dell'interruttore;

I_f - corrente convenzionale d'intervento: corrente che in determinate e specificate condizioni provoca lo sgancio dell'interruttore;

I_M^1 - corrente massima di intervento dello sganciatore termico oltre la quale potrebbe intervenire quello elettromagnetico;

I_M^2 - corrente massima di intervento dello sganciatore termico oltre la quale interviene sicuramente quello elettromagnetico;

I_n - Massima corrente che non provoca l'intervento dello sganciatore termico.

Fig. 9.48 - Caratteristica d'intervento di un interruttore automatico

I_n , I_{nf} , I_M^1 , I_M^2 sono i valori di corrente che caratterizzano l'attitudine dell'interruttore alla corretta protezione da sovracorrenti di modesta entità

- **Cortocircuito** - L'interruttore automatico deve poter intervenire correttamente fino al proprio potere d'interruzione estremo I_{cu} riferito alla sua tensione d'impiego U_c . Il potere d'interruzione di servizio I_{cs} è normalmente inferiore a quello estremo in modo che sia possibile mantenere in esercizio l'interruttore anche dopo un primo cortocircuito. Oltre a questo l'interruttore deve garantire anche la limitazione delle sollecitazioni da cortocircuito. La limitazione dipende fondamentalmente dai tempi d'interruzione. La somma del tempo di pre-arco (tempo che intercorre tra l'insorgere del guasto e il distacco dei contatti) e di quello d'arco (tempo necessario ad estinguere l'arco). Il tempo di pre-arco è fondamentale ai fini della limitazione delle sollecitazioni elettrodinamiche di cortocircuito poiché la corrente di picco limitata si mantiene a valori inferiori rispetto a quella normale di cortocircuito (fig. 9.11). Quando il tempo di pre-arco è inferiore a 1 ms si può parlare di interruttori limitatori, se invece il tempo è compreso tra 1 e 4 ms allora sono detti di tipo rapido. Il tempo di pre-arco influisce anche sulla limitazione dell'energia specifica di cortocircuito (I^2t - integrale di joule) che è importante per valutare l'attitudine dell'interruttore alla protezione contro le sollecitazioni termiche (la caratteristica di limitazione è rilevabile dal grafico della fig. 9.49). In corrispondenza dell'intervento termico la caratteristica di limitazione è irregolare in prossimità della corrente I_m di intervento magnetico e non è significativo per correnti fino a $3I_n$ (che corrispondono a tempi di interruzione di circa 3-5 s). Superata la corrente I_m , individuabile sul diagramma dal tratto verticale, il tempo d'interruzione è praticamente costante e l'energia specifica passante aumenta all'incirca in funzione del quadrato della corrente di cortocircuito effettivamente interrotta. Questa caratteristica I^2t/I_{cc} è necessaria, come vedremo in altro capitolo, per la corretta verifica della protezione dei cavi e per valutare il comportamento selettivo tra interruttori installati in cascata.

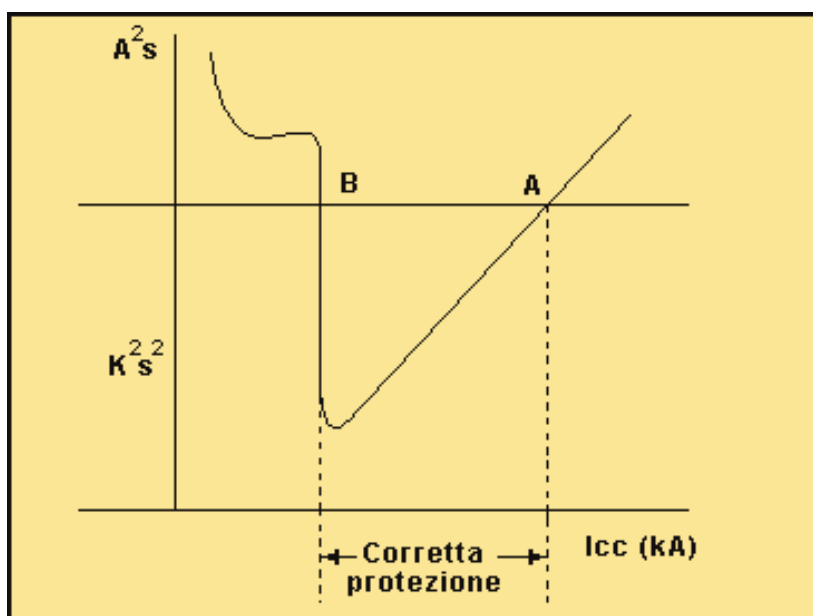


Fig. 9.49 - Caratteristica I^2t/I_{cc} - protezione dei conduttori dal corto circuito

9.6.25 Scelta della corrente nominale

La corrente nominale I_n deve essere compresa tra il valore della corrente d'impiego I_B e il valore della massima corrente termica I_{th} del circuito da proteggere che, a seconda dei casi, può essere o la portata massima dei cavi I_Z o la corrente nominale I_n di apparecchi come gli interruttori di manovra. La corrente nominale ovviamente è relativa alla condizione di non intervento dello sganciatore termico quando la temperatura ambiente è uguale a quella di riferimento indicata dal costruttore. Se la temperatura ambiente è maggiore, ad esempio le temperature che si hanno all'interno dei quadri elettrici, occorre considerare la riduzione della corrente di non intervento e praticare il necessario declassamento dell'interruttore basandosi su grafici (indicativamente vedere la fig. 9.50) e le tabelle messe a disposizione dai costruttori e che permettono di determinare la corrente nominale dell'interruttore automatico alla nuova temperatura ambiente.

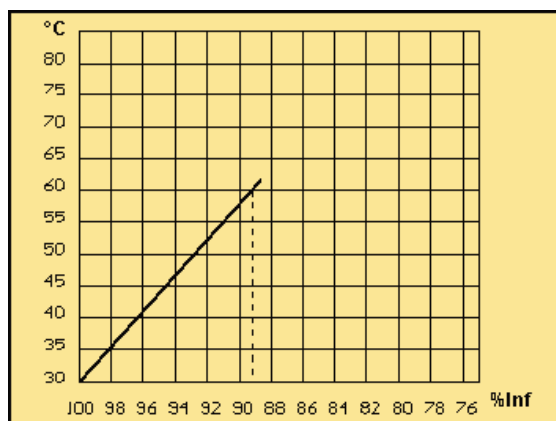


Fig. 9.50 - Riduzione della corrente di non intervento di un interruttore magnetotermico all'aumentare della temperatura (un interruttore automatico con I_n 10A alla temperatura di 60 °C deve subire una riduzione a 8,9 A).

9.6.26 Scelta delle caratteristiche di limitazione delle sollecitazioni di cortocircuito

La corretta protezione dalle sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche di cortocircuito può essere attuata solo se l'interruttore presenta caratteristiche di limitazione dell'energia specifica passante, adeguate. Un cavo risulta completamente protetto quando l'energia specifica, A^2s non supera il valore K^2S^2 dove S è la sezione in mm^2 e K un coefficiente che varia da 115 a 143 a seconda del tipo di isolante. In figura 12.55 sono indicati i limiti A e B della corrente di cortocircuito entro i quali il cavo è adeguatamente protetto; si ricorda (in un prossimo capitolo l'argomento verrà adeguatamente approfondito) che il valore inferiore, corrente di cortocircuito minima I_{ccm} , ha in genere senso solo nel caso di linee lunghe. Gli altri componenti risultano correttamente protetti se gli A^2s lasciati passare dall'interruttore non superano la corrente nominale massima ammissibile per la durata di 1 secondo $I_{cw(1s)}$. La protezione contro gli effetti elettrodinamici si ha quando la corrente di picco limitata I_{pl} non supera quella massima ammissibile dal componente. Per questa verifica occorre disporre della caratteristica I_{pl}/I_p (fig. 9.51).

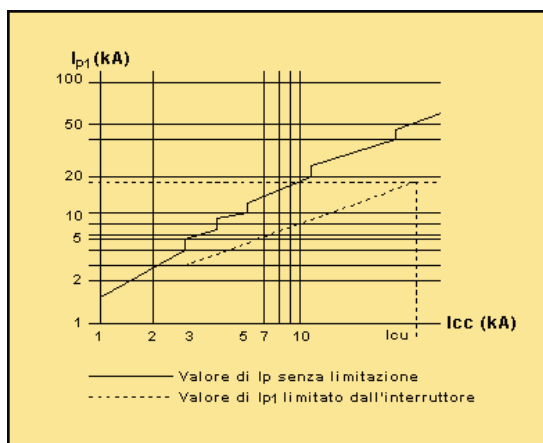


Fig. 9.51 - Caratteristica I_{pl}/I_p

Non disponendo di questa caratteristica ma solo del potere di chiusura I_{cm} si dovrà verificare che i componenti sopportino delle correnti di picco non inferiori a questo valore (I_{cm} - massimo valore istantaneo di corrente che l'interruttore è in grado di aprire senza danneggiarsi)