

Capitolo 6

Coordinamento delle protezioni contro le sovracorrenti

6.1 Criteri di coordinamento delle protezioni

Quando due dispositivi di protezione contro le sovracorrenti si trovano in serie fra loro e quindi vengono attraversati dalla medesima corrente, le relative caratteristiche devono essere coordinate in modo che l'intervento avvenga nel modo più efficace.

Il coordinamento può avvenire secondo due criteri distinti:

- la selettività;
- la protezione di sostegno o back-up.

6.2 Selettività

Per garantire la continuità del servizio nel resto di un impianto, in cui una linea è in avaria a causa di un sovraccarico o di un guasto di cortocircuito, si introduce la selettività d'intervento delle protezioni; in particolare negli impianti di medi e grossi complessi terziari e industriali, dove la continuità dell'alimentazione è fondamentale per la sicurezza (ospedali, banche, etc.) o per l'attività produttiva (linee di lavorazione a ciclo continuo, fonderie ecc.).

La norma CEI 64-8/7 impone che nei locali a disposizione del pubblico, per evidenti motivi di sicurezza, si debba garantire sempre la continuità di servizio realizzabile attraverso la selettività tra i dispositivi di protezione.

La selettività, come previsto dalle norme CEI EN 60947-2 e CEI EN 60898, può essere verificata confrontando tra loro le diverse curve di intervento ed energia messe a disposizione dai costruttori.

Generalmente viene richiesta la selettività nei confronti del:

- sovraccarico
- cortocircuito
- guasto a terra (differenziale)

In pratica, la selettività risponde allo scopo di far sì che in un impianto che comprende l'alimentazione di diversi utilizzatori, suddivisi in gruppi, intervenga solo l'interruttore più a valle, in modo da togliere l'alimentazione solo alla zona direttamente interessata dal guasto.

Riferendoci, per esempio, allo schema della Figura 6.1:

- se il guasto si manifesta nella zona 1, interessa solo l'interruttore A che dovrà quindi intervenire, staccando tutto l'impianto;
- se si manifesta nella zona 2, interesserà sia l'interruttore A che uno degli interruttori B; occorre allora che sia quest'ultimo ad intervenire in modo da disalimentare solo una parte dell'impianto;

- se infine il guasto si manifesta nella zona 3 la relativa corrente interesserà tre interruttori in serie; interverrà allora l'interruttore C in modo da staccare solo il carico in cui il guasto si è manifestato.

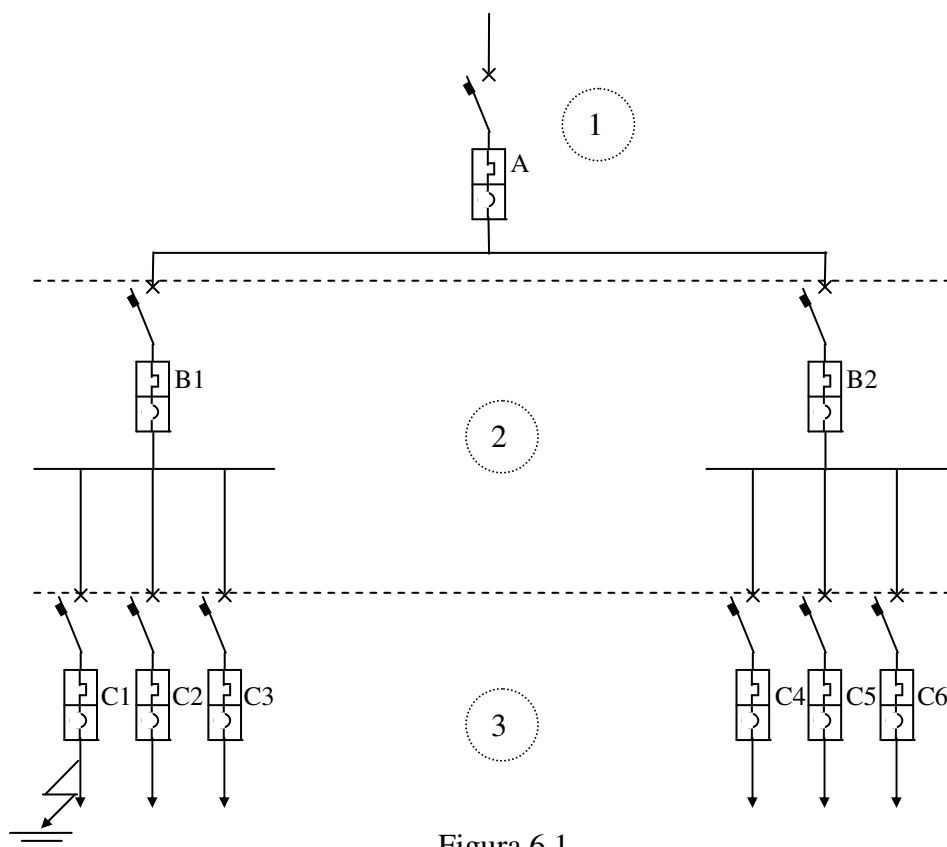


Figura 6.1

Nella zona di intervento del relè termico, la selettività è in genere verificata in quanto l'interruttore a monte (A) ha di solito una portata maggiore di quello a valle (B), ma nella zona di intervento dei relè elettromagnetici le caratteristiche praticamente coincidono ed allora l'intervento risulta casuale, come indica il grafico della Figura 6.2.

Pertanto, la Norma CEI 17-5 (distingue due categorie di utilizzazione:

- la categoria A riguarda interruttori non previsti per funzionamento selettivo con altri interruttori e che quindi non consentono ritardi intenzionali nell'intervento dei relè elettromagnetici di massima corrente;
- la categoria B riguarda interruttori previsti per realizzare la selettività, e per questa ragione i relè elettromagnetici intervengono con un breve ritardo intenzionale (che può essere regolabile), e predisposto a valori tali da assicurare la selettività.

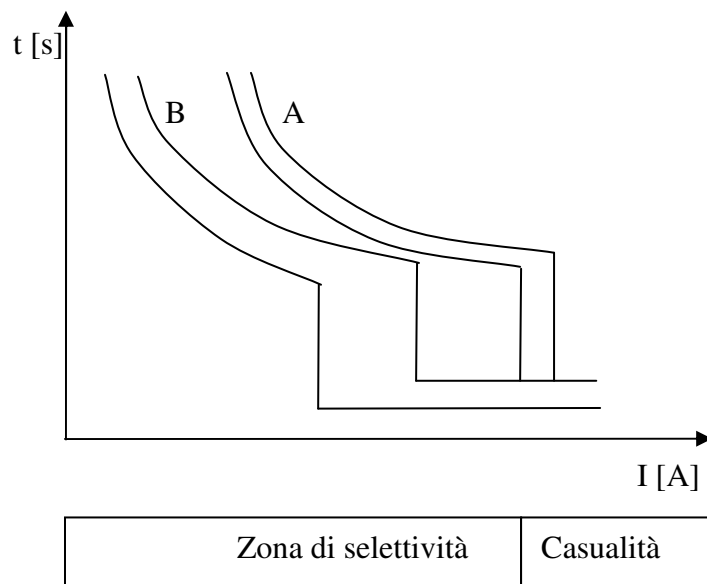


Figura 6.2

La selettività viene così definita:

Norma CEI 17-44 (EN 60947-1)

Selettività di intervento (per sovracorrente)

Coordinamento fra le caratteristiche di funzionamento di due o più dispositivi di protezione di sovracorrente, tale che al verificarsi della sovracorrente entro

limiti stabiliti, il dispositivo destinato a funzionare entro tali limiti intervenga mentre gli altri non intervengano.

Nota - Si distingue fra selettività serie, in cui dispositivi di protezione diversi fra loro sono attraversati sostanzialmente dalla medesima sovracorrente, e selettività di rete in cui dispositivi di protezione eguali fra loro sono attraversati in diversa proporzione dalla sovracorrente.

Come detto, non sempre la selettività può verificarsi in tutta la gamma di intervento; facendo riferimento ai diagrammi della Figura 6.2 relativi a due interruttori a cascata fra loro, si vede che:

- nelle zone relative all'intervento per sovraccarico e fino a che si raggiunge la soglia di intervento magnetico dell'interruttore maggiore (A), le due caratteristiche sono nettamente distinte e pertanto sarà l'interruttore (B) a intervenire e quindi l'impianto risulterà selettivo.

- se invece si supera la soglia suddetta, l'intervento risulterà casuale in quanto i due interruttori hanno in teoria lo stesso tempo di intervento. In questo caso, se si vuol mantenere la selettività occorrerà scegliere due interruttori con tempi di intervento diversi (in pratica, l'interruttore A dovrà essere leggermente ritardato, sempre che ciò non comporti un' I^2t di intervento superiore a quello della linea da proteggere).

La Norma distingue i due casi nel modo seguente:

Norma CEI 17-5 (EN 60947-2)

Selettività totale

Selettività di sovracorrente in cui, in presenza di due dispositivi di protezione di sovracorrente in serie, il dispositivo di protezione lato carico effettua la protezione senza causare l'intervento dell'altro dispositivo.

Selettività parziale

Selettività di sovracorrente in cui, in presenza di due dispositivi di protezione di sovracorrente in serie, il dispositivo di protezione lato carico effettua la protezione fino ad un dato livello di sovracorrente, senza causare l'intervento dell'altro dispositivo.

In questo secondo caso verrà definito un "limite di selettività I_s " che rappresenta il valore di corrente al di sotto del quale si avrà il solo intervento dell'interruttore a valle e al di sopra del quale si avrà anche l'intervento del dispositivo a monte.

Norma CEI 17-5 (EN 60947-2)

Corrente limite di selettività I_s

La corrente limite di selettività è il valore di corrente corrispondente al punto di intersezione tra la caratteristica totale tempo-corrente del dispositivo di protezione lato carico e la caratteristica tempo-corrente di prearco (per i

fusibili) o di intervento (per gli interruttori) dell'altro dispositivo di protezione.

La corrente limite di selettività, Figura 6.3, è un valore limite di corrente:

- al di sotto della quale, in presenza di due dispositivi di protezione in serie, il dispositivo posto lato carico completa la sua operazione di interruzione in tempo sufficiente a prevenire che l'altro dispositivo inizi la sua operazione (cioè la selettività è assicurata);

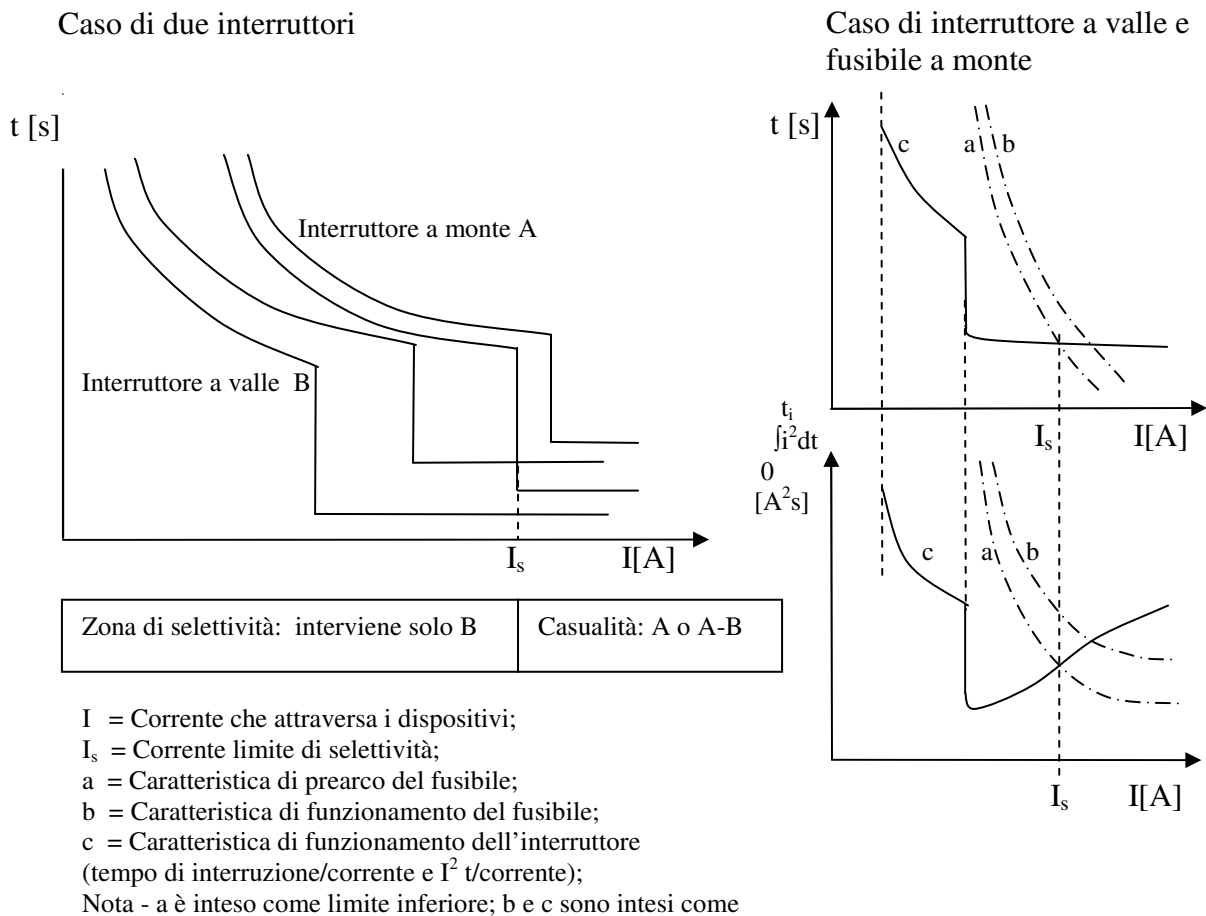


Figura 6.3

- al di sopra della quale, in presenza di due dispositivi di protezione in serie, il dispositivo di protezione posto lato carico può non completare la sua operazione di interruzione in tempo sufficiente a prevenire che l'altro dispositivo inizi la sua operazione (cioè la selettività non è assicurata).

La I_s si trova generalmente nel dominio delle correnti di scatto magnetiche, se la scelta dei dispositivi è fatta con competenza ed intelligenza. Dalla lettura della norma si desume che la sua individuazione rimane ancora molto generica e comunque puramente grafica; spetterà infatti al progettista sovrapporre di volta in volta le curve tempo-corrente (e/o le curve $I^2t - I_{cc}$ per interventi magnetici) e stabilire la I_s .

In definitiva si parla di selettività **Totale** quando l'interruttore a valle interviene per tutti i valori di sovracorrente fino al limite del suo potere di interruzione, mentre si considera **Parziale** se la selettività si limita a valori di sovracorrente inferiori al potere di interruzione dell'interruttore a valle.

6.2.1 Selettività amperometrica in sovraccarico

La caratteristica di intervento per sovraccarico degli interruttori automatici è una caratteristica a tempo inverso. Per la verifica della selettività è necessario analizzare, su scala bilogarithmica (I_{cc}/t) le curve di intervento termico degli apparecchi in esame. I punti di intersezione che si potrebbero trovare saranno

i limiti di selettività. La selettività per sovraccarico è sempre garantita se il tempo di non intervento dell'interruttore a monte (A) è superiore al tempo di apertura dell'interruttore a valle (B), per qualunque valore di corrente di sovraccarico, Figura 6.3.

Scegliendo interruttori con un rapporto tra le correnti nominali I_{nA}/I_{nB} pari o superiore a 2 la selettività per sovraccarico è sempre rispettata.

Condizione di selettività amperometrica per sovraccarico:

$$I_{nA}/I_{nB} \geq 2$$

La selettività per sovraccarico può inoltre essere migliorata se si impiegano apparecchi con le soglie di intervento termico regolabili.

6.2.2 Selettività amperometrica in cortocircuito

Per realizzare un efficace livello di selettività tra due interruttori automatici in serie è necessario sceglierli con le soglie di intervento istantaneo (magnetico) le più distanziate possibili tra loro. Il metodo migliore per poter garantire livelli di selettività elevati è quello di impiegare interruttori che consentono la regolazione delle soglie di intervento magnetico. L'analisi delle curve tempo corrente degli interruttori può determinare il limite di selettività I_s , Figura 6.3, oltre il quale si ha l'intervento istantaneo di entrambi gli apparecchi. Questo

limite coincide con la soglia minima di intervento istantaneo dell'interruttore a monte. Per un buon coordinamento selettivo tra due interruttori, bisogna scegliere gli stessi con soglie di intervento magnetico in rapporto I_{mA}/I_{mB} di almeno 1,5.

Condizione di selettività amperometrica in cortocircuito:

$$I_{mA}/I_{mB} \geq 1,5$$

La selettività totale è certa quando la corrente di cortocircuito è inferiore alla soglia di intervento magnetico dell'interruttore installato a monte. Se la corrente di cortocircuito è invece superiore si può ottenere selettività solo se l'energia specifica lasciata passare dall'interruttore a valle non è sufficiente a provocare lo sgancio dell'interruttore a monte.

Per ciascun tipo di sganciatore elettromagnetico può essere definito, mediante prove sperimentali, il massimo valore di energia di non attivazione. In questo caso le curve degli interruttori da confrontare sono quelle di energia specifica passante, Figura 6.4. Sovrapponendo la retta passante per il massimo valore di non attivazione dell'interruttore a monte con la curva di energia specifica lasciata passare dall'interruttore a valle, si può determinare il limite di selettività I_s , che può essere superiore alla soglia di intervento magnetico dell'interruttore a monte.

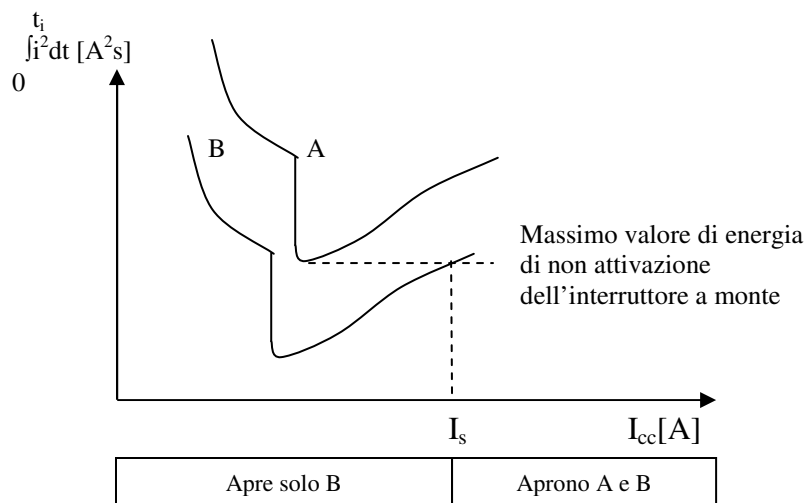


Figura 6.4

6.2.3 Selettività cronometrica in cortocircuito

La selettività cronometrica in condizioni di cortocircuito è realizzabile impiegando interruttori predisposti ad intervenire con un ritardo intenzionale fisso o regolabile dall'utente. Condizione fondamentale affinché si possa ottenere questo tipo di selettività rimane il fatto che gli interruttori interessati siano in grado comunque di sopportare le sollecitazioni elettriche e dinamiche che si sviluppano in condizioni di cortocircuito. Gli interruttori che intervengono con un ritardo intenzionale durante un cortocircuito perdono ogni caratteristica di limitazione. Ad esempio gli interruttori provvisti di sganciatore elettronico (cap.4), consentono di realizzare due differenti tipi di regolazione in modo di ottimizzare i coordinamenti selettivi richiesti.

Il primo tipo di regolazione permette di ritardare il tempo di intervento dell'interruttore in modo tale che si venga a creare un gradino, Figura 6.5, rispetto ad un interruttore di tipo tradizionale. Secondo questo tipo di regolazione l'energia specifica lasciata passare dall'interruttore aumenta proporzionalmente in funzione del ritardo impostato.

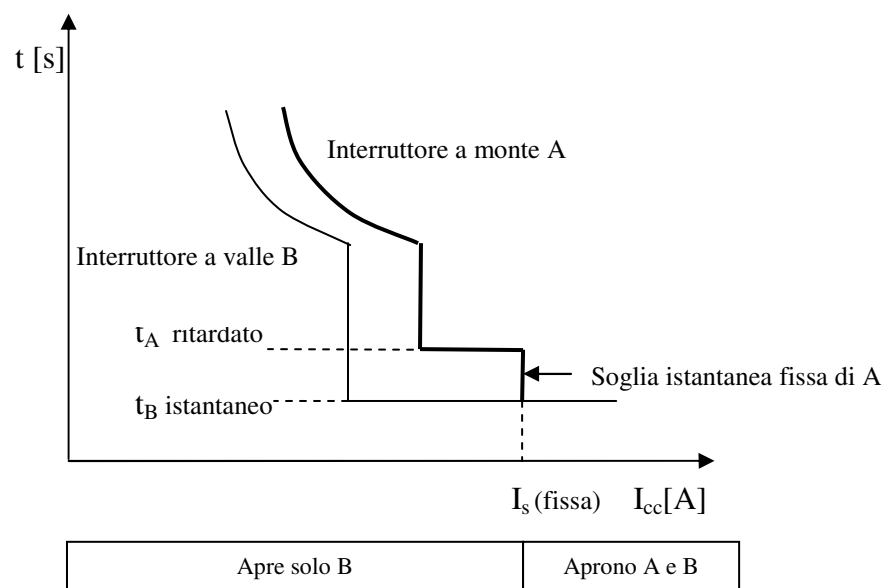


Figura 6.5

Il secondo tipo di regolazione si può effettuare mantenendo costante il valore dell'energia specifica lasciata passare dall'interruttore. In questo caso la regolazione fa sì che la curva di intervento dell'interruttore elettronico assuma un andamento come illustrato nella Figura 6.6. L'eliminazione del gomito inferiore, ottenuta dalla regolazione del tempo di intervento a I^2t costante favorisce senza ombra di dubbio la selettività. Anche in questo caso la

selettività può essere valutata confrontando le rispettive curve di intervento tempo corrente degli interruttori.

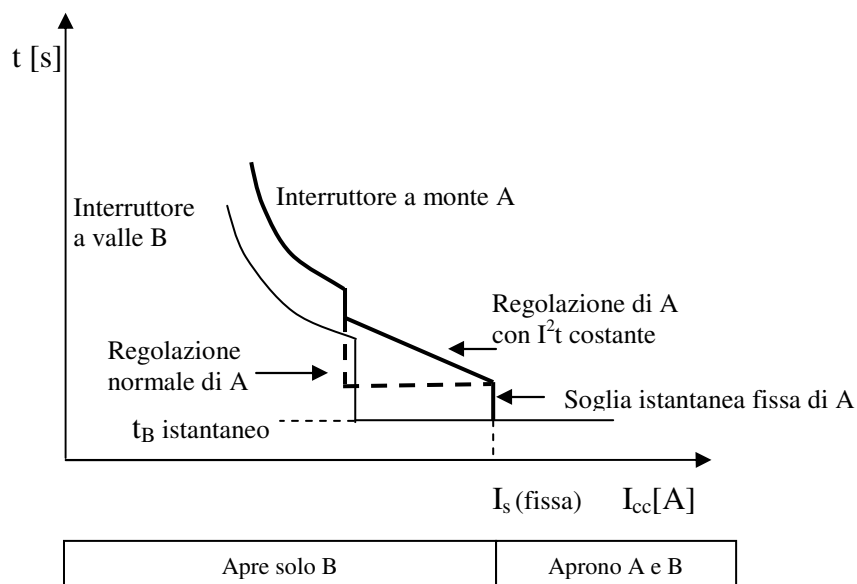


Figura 6.6

6.2.4 Selettività Logica

Con gli interruttori tradizionali la selettività si è ottenuta ritardando intenzionalmente l'intervento del dispositivo a monte con la conseguenza di dover impiegare interruttori in grado di sopportare, per durate considerevoli, le sollecitazioni dinamiche e termiche della corrente di cortocircuito. Dal punto di vista economico ciò si traduce nell'utilizzo di interruttori dotati di correnti di breve durata di valore adeguato e, quindi, di corrente nominale elevata, anche per proteggere utilizzatori di modesta potenza.

Dal punto di vista tecnico il ritardo d'intervento significa perturbazione della rete per la durata prefissata ed in particolare abbassamenti di tensione tanto maggiori quanto più il cortocircuito è all'origine dell'impianto; molti utilizzatori, accettano solo momentaneamente mancanze o abbassamenti della tensione di alimentazione. Significa inoltre mettere in gioco energie d'arco e sforzi elettrodinamici proporzionali al ritardo d'intervento.

Le regole, già viste, per realizzare in modo convenzionale la selettività tra due interruttori posti in serie, vengono di seguito riassunte, Figura 6.7:

- nella zona della protezione contro il sovraccarico il rapporto I_{r1}/I_{r2} deve essere almeno pari a 2, per sganciatori convenzionali (termici), e almeno 1.5 per quelli elettronici, in conseguenza della maggior precisione di quest'ultimi;
- nella zona della protezione contro il cortocircuito il rapporto I_{m1}/I_{m2} deve essere almeno pari a 1.5 per gli sganciatori convenzionali (magnetici) e 1.2 per quelli elettronici.

Inoltre, per tutti i valori di corrente superiori a I_{m1} , corrente e relativa durata non devono energizzare l'interruttore a monte; per ciò, si può agire o sulla limitazione dell'interruttore a valle e/o temporizzando l'intervento dell'interruttore a monte. In questo secondo caso l'interruttore (2), unitamente al circuito protetto, deve poter sopportare, senza danno, la corrente di guasto.

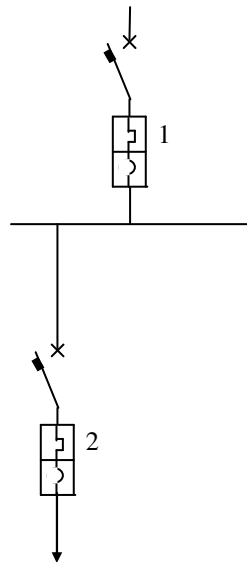


Figura 6.7

Per quanto riguarda la selettività logica, questa si può realizzare solo impiegando interruttori elettronici collegati in cascata. Essa si realizza mediante un collegamento fisico tra gli sganciatori elettronici dell'interruttore a monte e a valle, e per mezzo di un sistema che dà ordini di sgancio o ordine di attesa in funzione della localizzazione del guasto. Per un guasto sul 3° livello, Figura 6.8, solo l'interruttore 3 riceve l'ordine di sgancio mentre gli interruttori 1 e 2 sono messi temporaneamente in attesa per il tempo di interruzione dell'interruttore 3 e, se questo non apre, l'interruttore 2 eliminerà, dopo il ritardo prefissato, il guasto. Un guasto nel primo livello provoca lo sgancio dell'interruttore 1 senza ritardo.

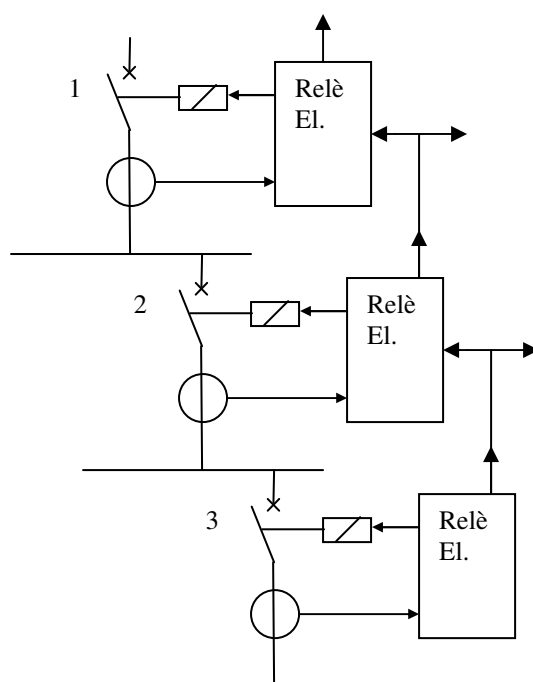


Figura 6.8

Il sistema necessita comunque di interruttori dotati di corrente di breve durata I_{cw} pari alla corrente di cortocircuito I_{cc} nel punto di installazione, di una sorgente ausiliaria affidabile e di cavi per l'invio dei segnali ma riduce, rispetto alla selettività cronometrica, le perturbazioni in rete.

Un ritardo, delle decine di ms, è il tempo massimo che gli sganciatori elettronici collegati in “selettività logica” hanno a disposizione per la comunicazione. Ciò significa che comunque per avere una miglior selettività è necessario impostare comunque una temporizzazione tra gli interruttori interessati.

6.3 La protezione di sostegno o back-up

Diametralmente opposto alla selettività si pone la protezione serie o di Backup, definita e ammessa anche dalla norma 64-8 III edizione che recita letteralmente:

“ Il potere d'interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto d'installazione. E' tuttavia ammesso l'utilizzo di un dispositivo di protezione con potere d'interruzione inferiore se a monte è installato un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione. In questo caso le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate in modo che l'energia che essi lasciano passare non superi quella che può essere sopportata senza danno dal dispositivo situato a valle e dalle condutture protette da questi dispositivi”.

Quindi protezione di back-up (anche protezione serie) si verifica quando un interruttore non ha un potere di interruzione sufficiente in relazione alla corrente di cortocircuito presunta, e può allora essere aiutato da un altro dispositivo posto in serie a monte (dispositivo protettore), per esempio: fusibili in serie all'interruttore automatico, oppure da un interruttore automatico di maggiore potenza.

Per esempio nel caso dello schema della Figura 6.1, gli interruttori del gruppo B possono intervenire in soccorso a quelli del gruppo C, o addirittura l'interruttore A può intervenire in aiuto a quelli dei gruppi B e C.

Evidentemente, la protezione di back-up agisce in senso opposto alla selettività, e deve intervenire pertanto solo quando ve ne sia effettivamente la necessità. Così pure nel caso di fusibili in serie all'interruttore automatico, è quest'ultimo di preferenza che deve attivarsi.

In ogni caso il dispositivo protetto deve poter sopportare la corrente di guasto nel tempo necessario all'intervento del dispositivo protettore (condizione che normalmente si verifica).

La protezione di sostegno viene così definita:

Norma CEI 17-44 (EN 60947-1)

Protezione di sostegno (back-up)

Coordinamento per la protezione contro le sovracorrenti di due dispositivi di protezione in serie, in cui il dispositivo di protezione, generalmente (ma non obbligatoriamente) posto sul lato alimentazione effettua la protezione di sovracorrente con o senza l'aiuto dell'altro dispositivo di protezione ed evita sollecitazioni eccessive per quest'ultimo.

La norma CEI 17-5 (EN60947-2) definisce invece la:

Corrente di scambio I_b

La corrente di scambio è un valore limite di corrente al di sopra del quale, in presenza di due dispositivi di protezione in serie, il dispositivo (generalmente,

ma non necessariamente) posto lato alimentazione assicura la protezione di sostegno per l'altro dispositivo.

6.3.1 Back-up tra interruttore e fusibile

Il fusibile e l'interruttore automatico devono avere caratteristiche di intervento opportune, in modo che per modeste correnti di cortocircuito intervenga soltanto l'interruttore, per elevate correnti di cortocircuito intervenga soltanto il fusibile. Si ha così anche il vantaggio di sostituire il fusibile (manovra meno agevole della richiusura dell'interruttore) solo raramente, quando si verifica cioè una corrente di cortocircuito di elevato valore.

La norma CEI 17-5 (EN 60947-2) fornisce delle prescrizioni generali per il coordinamento di un interruttore con il fusibile o i fusibili ad esso associati:

Considerazioni generali

Idealmente il coordinamento dovrebbe essere tale che l'interruttore da solo operi a tutti i valori di sovracorrente fino al limite del suo potere di interruzione di cortocircuito nominale estremo. In pratica si considera che:

- se il valore della corrente di guasto presunta nel punto di installazione è inferiore al potere di interruzione nominale estremo dell'interruttore si può assumere che il fusibile o i fusibili siano previsti nel circuito solamente per

motivi diversi da quelli della protezione di sostegno (back-up). Se la corrente di scambio I_b è troppo bassa, c'è il rischio di una inutile perdita di selettività (cioè di operazione selettiva);

- se il valore della corrente di guasto presunta nel punto di installazione supera il potere di interruzione nominale estremo dell'interruttore, il fusibile o i fusibili devono essere scelti in modo da assicurare la conformità alle prescrizioni seguenti:

Corrente di scambio

La corrente di scambio I_b non deve essere superiore al potere di interruzione nominale estremo in cortocircuito dell'interruttore da solo.

Comportamento dell'interruttore associato con i propri fusibili

Per tutti i valori di sovracorrente incluso il potere di interruzione in cortocircuito assegnato alla combinazione:

- l'operazione di chiusura dell'interruttore, così come quella d'interruzione della combinazione non deve dar luogo a manifestazioni esterne (come emissioni di fiamme) che vadano oltre il perimetro di sicurezza stabilito dal costruttore;

- non devono prodursi scariche tra i poli o tra questi e il telaio, né saldatura di contatti.

Sono particolarmente adatti allo scopo i fusibili di tipo aM (accompagnamento motori), detti anche per uso combinato. In Figura 6.9 sono riportate le zone secondo cui operano il fusibile aM e l'interruttore automatico associato.

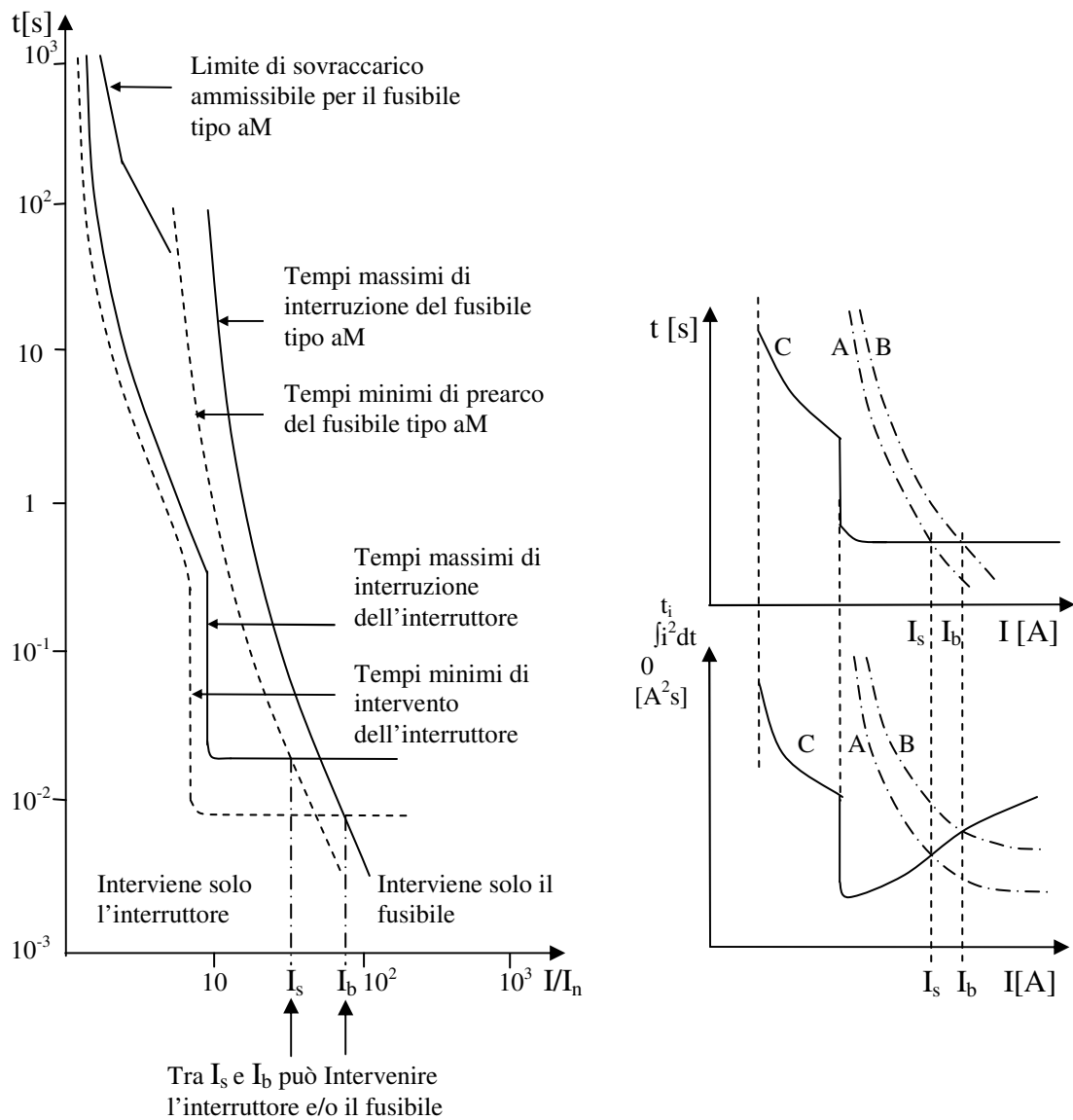


Figura 6.9

Per correnti di cortocircuito fino ad I_s (corrente limite di selettività) interviene solo l'interruttore automatico; per correnti comprese tra I_s e I_b possono intervenire entrambi i dispositivi; per correnti superiori a I_b interviene solamente il fusibile. La corrente I_b deve essere inferiore al potere d'interruzione dell'interruttore, ad evitare che questo sia chiamato ad aprire correnti superiori al suo potere d'interruzione (estremo).

Per correnti superiori a I_b l'interruttore rimane chiuso, ma deve essere atto a sopportare le sollecitazioni termiche e dinamiche della corrente di cortocircuito, per il tempo impiegato dal fusibile ad aprire il circuito.

L'abbinamento tra interruttore e fusibile è bene sia indicato come idoneo dal costruttore dell'interruttore, il quale precisa anche il potere di interruzione assegnato all'insieme.

Un fusibile tipo aM non è adatto a sopportare piccole correnti: in Figura 6.9 la linea spezzata mostra i limiti di sovraccarico ammissibile per tale tipo di fusibili. L'interruttore automatico deve provvedere alla protezione del fusibile per piccole correnti e, a tal fine, la sua caratteristica di intervento deve rimanere al di sotto dei limiti di sovraccarico ammissibili per il fusibile di tipo aM.

Il fusibile di back-up è preferibile sia installato a monte dell'interruttore, poiché nel caso contrario l'interruttore non sarebbe in grado di aprire un cortocircuito sul fusibile o nel tratto di condotta tra i due dispositivi. Se il

fusibile è installato a valle, il collegamento tra interruttore e fusibile deve essere realizzato in modo da rendere minimo il pericolo di cortocircuito.

6.3.2 Back-up tra interruttori

Un interruttore A e un interruttore B disposti in serie in un circuito, coordinati in modo da intervenire simultaneamente in caso di guasto a valle di B, con una corrente di guasto superiore alla corrente limite di scambio I_b , interagiscono comportandosi come una sola entità equivalente con due camere di apertura in serie che interrompono il guasto. 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 prodotto dalle impedenze in serie degli interruttori. Da tale considerazione ne consegue che il potere di interruzione dell'associazione tra i due interruttori è superiore a quello dell'apparecchio a valle e può raggiungere il valore di corrente di cortocircuito per il quale l'energia specifica passante dell'associazione è uguale a quella massima sopportabile dall'apparecchio a valle. La corrente di scambio I_b , segna una sorta di passaggio delle consegne tra due apparecchi in cascata e vale, dunque, come soglia di Back-up. La collocazione della corrente in oggetto è sull'intersezione tra le curve alte dei due apparecchi confrontati, Figura 6.10; si localizza perciò se e solo se esiste una pendenza della curva magnetica del

dispositivo a monte e se tale pendenza taglia la corrispondente del dispositivo a valle. La stessa analisi grafica può essere svolta sulle curve I^2t-I_{cc} , ottenendo una I_b più precisa. Oltre la I_b (spostandosi a destra sull'asse delle ascisse), l'apertura del circuito è effettuata in collaborazione dai due interruttori e risulta predominante il contributo dell'apparecchio a monte.

E' il caso dell'impiego, quale protettore generale, di un limitatore che ha, per costruzione, una curva con notevole pendenza alle altissime correnti.

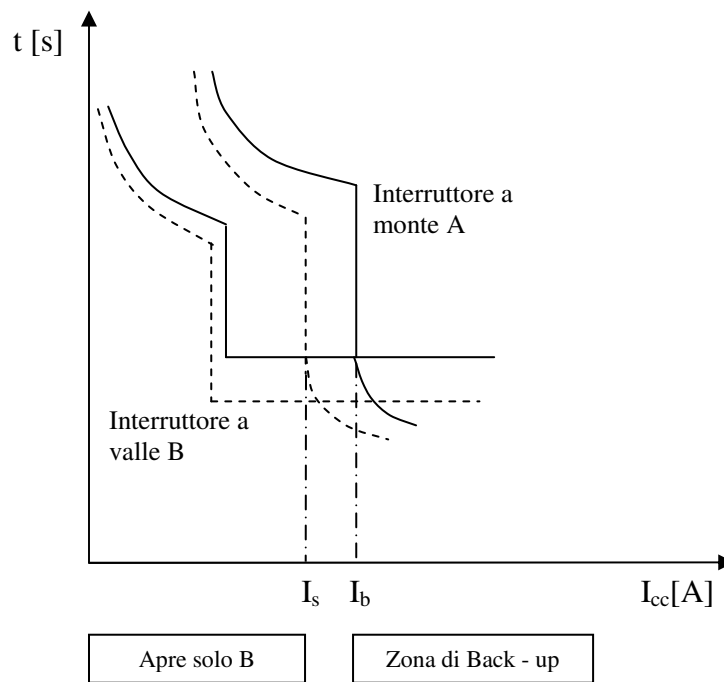


Figura 6.10

Il coordinamento in serie, applicabile quando non ci siano esigenze di selettività, consente sensibili risparmi nel dimensionamento degli interruttori a valle, per esempio collocando a monte interruttori limitatori con poteri di

interruzione molto elevati. Perseguendo eccessivamente il Back-up, si rischia di pagare tale obiettivo (di sicurezza) con la selettività (obiettivo di funzionalità o comfort). Comunque la protezione serie limita intrinsecamente la selettività a vantaggio della affidabilità e sicurezza.

Il valore del potere d'interruzione della serie può essere definito solo con prove dirette, fatte in laboratori altamente qualificati dei costruttori, e non può essere ricavato teoricamente o empiricamente.

6.3.3 Back-up su tre livelli

Il back-up può essere realizzato su più di 2 livelli, Figura 6.1. Qualora fosse richiesto questo tipo di coordinamento è necessario che si verifichi una delle due condizioni descritte di seguito:

Condizione 1

L'apparecchio a monte 1 deve avere caratteristica tale da garantire una adeguata protezione ad entrambi gli interruttori a valle 2 e 3. In questo caso è sufficiente che le associazioni tra gli interruttori 1+2 e 1+3 abbiano un potere di interruzione adeguato alle correnti di cortocircuito dell'impianto.

Condizione 2

In questo caso il coordinamento avviene tra coppie di apparecchi. L'interruttore 1 deve avere caratteristica di interruzione tale da garantire la protezione di back-up sull'interruttore direttamente 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.