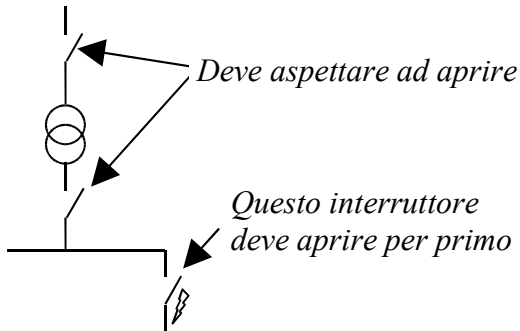


9. INTERRUTTORI BT

In media tensione generalmente non si chiede all'interruttore di intervenire istantaneamente mentre ciò è usuale nella BT.



L'apertura deve avvenire prima possibile: Istantanea.

Bisogna contenere gli effetti dannosi del cortocircuito:

- effetto termico;
- effetto dinamico.

Problema termico: nel caso del cortocircuito la temperatura ammissibile è maggiore di quella massima di funzionamento nel normale esercizio:

	Classe d'isolamento	Sovratemperatura massima ammissibile
PVC e Polietilene non reticolato	70°C	160°C
Gomma EPR o XLPE	90°C	250°C

Al massimo la durata del cortocircuito è di 1 secondo.

Problema dinamico: le forze dipendono dal quadrato della corrente. Il valore di picco che può assumere la corrente di cortocircuito nei primi istanti dipende dall'istante di chiusura in cortocircuito ed è maggiore del valore di cresta a regime. Questo determina campi magnetici e forze di notevole entità. In MT il picco può essere 2,5 il valore efficace della corrente di cortocircuito di regime mentre in BT i valori sono più bassi e non molto differenti dal valore di cresta a regime. Il picco di corrente mette in gioco un campo magnetico che accoppiandosi, interagendo con altri campi magnetici, può dare origine a delle forze non trascurabili.

Mentre in MT la corrente di cortocircuito può arrivare a regime, in BT generalmente i picchi non passano per cui la corrente calcolata non si manifesta e si parla di corrente di cortocircuito presunta. Tale è la corrente calcolata sulla base delle caratteristiche dell'impianto ma che non si manifesta poiché è presente un interruttore o fusibile che la limita. Affinché si manifesti occorre sostituire il dispositivo limitatore con un tratto di conduttore di impedenza trascurabile.

Similarmente alla MT le norme definiscono in BT due poteri d'interruzione:

- **Potere d'interruzione estremo I_{cu} :** è la massima corrente che è in grado di aprire. La sequenza che deve soddisfare è:

O t CO

Dopo questo ciclo l'interruttore può essere danneggiato e non è garantito che sia in grado di portare la sua corrente nominale indefinitamente. Il tempo t non è ben codificato in quanto solitamente la manovra viene eseguita a "mano".

- **Potere d'interruzione di servizio I_{cs} :** è definito analogamente alla MT in quanto deve soddisfare la sequenza:

O t CO t CO

A fine ciclo l'interruttore deve garantire il servizio: deve essere in grado di tenere indefinitamente la corrente nominale I_n .

In BT vi sono due norme che definiscono le caratteristiche degli interruttori:

- CEI 23-3 (EN 60898): tratta interruttori automatici di BT per scopi civili (domestici e terziario). In questa norma la I_{cu} viene detto potere d'interruzione nominale I_{cn} .
- CEI EN 60947-2: tratta interruttori di BT per scopi industriali. Il potere d'interruzione (P.I.) è dato come valore efficace della corrente di cortocircuito a regime mentre il potere di chiusura viene dato come valore efficace della cresta della corrente di cortocircuito. Viene dato anche il fattore di potenza in relazione a I_{cu} .

$$n = \frac{\text{potere chiusura}}{\text{P.I. in cortocircuito}}$$

P.I. in cortocircuito (kA) (valore efficace)	Fattore di potenza	Fattore n
$4,5 < I_{cu} < 6$	0,7	1,5
$6 < I_{cu} < 10$	0,5	1,7
$10 < I_{cu} < 20$	0,3	2
$20 < I_{cu} < 50$	0,25	2,1
$50 < I_{cu}$	0,2	2,2

Da notare che per I_{cu} molto bassa il fattore n è paragonabile al fattore di cresta ($\sqrt{2} = 1,45$) e quindi il transitorio non è poi così "cattivo".

In questi interruttori la I_{cs} si indica come percentuale rispetto alla I_{cu} : 25% - 50% - 75% - 100%.

Per avere una selettività degli interruttori a volte è necessario ritardarne l'intervento come in media tensione. Si definiscono due categorie:

- **CATEGORIA A:** gli interruttori classificati in questa categoria non sono previsti per realizzare la selettività cronometrica in condizioni di cortocircuito, non hanno quindi ritardo intenzionale applicabile all'intervento dello sganciatore di cortocircuito;
- **CATEGORIA B:** gli interruttori classificati in questa categoria sono previsti per realizzare la selettività cronometrica in condizioni di cortocircuito, hanno un ritardo intenzionale (talvolta regolabile) applicabile all'intervento dello sganciatore di cortocircuito. Tra le loro caratteristiche tecniche il costruttore deve garantire il valore di corrente nominale di breve durata ammissibile. Per gli interruttori di questa categoria viene definita, in analogia agli interruttori di MT, la I_{cw} ovvero la corrente di tenuta o corrente nominale di breve durata ammissibile: è il valore di corrente, dichiarato dal costruttore, che l'interruttore può portare senza danneggiamenti per tutta la durata del tempo di ritardo previsto (dichiarata dal costruttore). Tale è il valore efficace, in corrente alternata della corrente di cortocircuito presunta, considerata costante per tutta la durata del tempo di ritardo previsto

Si può avere ad esempio:

Componenti e tecnologie elettriche - R. Gobbo - anno accademico 2003/2004 - Università 2 degli studi di Padova - facoltà di ingegneria - dipartimento di elettrotecnica.

20kA × 1s 50kA 100kA
10kA × 3s

Esistono anche interruttori in cui: $I_{cw} = I_{cs} = I_{cu}$
 ma sono interruttori molto grossi e molto costosi.

La norma CEI EN 60947-2 stabilisce i valori minimi della corrente nominale ammissibile di breve durata I_{cw} che sono:

$$I_n \leq 2500 A \quad I_{cw} \text{ è il maggior valore tra } 12 \cdot I_n \text{ e } 5kA$$

$$I_n \geq 2500 A \quad I_{cw} = 30kA .$$

I valori preferenziali di tempi di ritardo previsto sono: 0,05 – 0,1 – 0,25 – 0,5 – 1 s.

9.1 TIPI DI PROTEZIONE

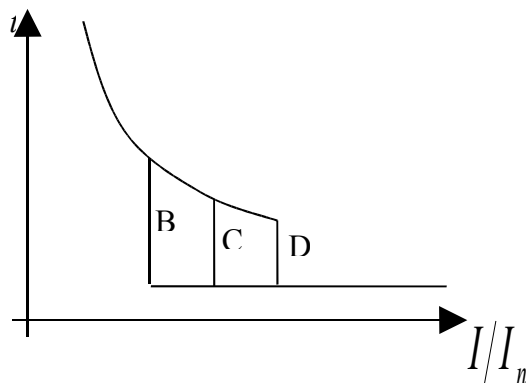
La protezione dei circuiti deve essere assicurata contro:

- i sovraccarichi; questa funzione è realizzata mediante sganciatori termici bimetallici o mediante sganciatori statici a tempo inverso associati all'interruttore automatico;
- i cortocircuiti; questa funzione è realizzata mediante sganciatori magnetici o mediante sganciatori statici a tempo costante, istantanei o con breve ritardo, associati all'interruttore automatico,
- *i guasti verso terra; questa funzione è realizzata mediante blocchi differenziali associati meccanicamente agli interruttori mediante sganciatori elettronici con opzioni specifiche o mediante relè separati che impiegano bobine di sgancio per determinare l'apertura degli interruttori.*

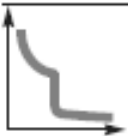
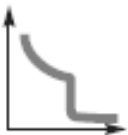
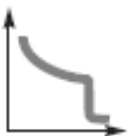
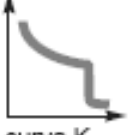
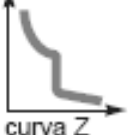
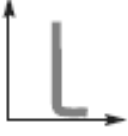
Negli usi domestici i comandi avvengono tramite relè – elettromagnetici.

RELÈ TERMICO: viene definita una:

- Corrente di non funzionamento I_{nf} : valore di corrente che garantisce il non intervento in un tempo convenzionale definito.
- Corrente di sicuro funzionamento I_f : valore di corrente che garantisce il sicuro intervento in un tempo convenzionale definito.



Ci sono 3 tipi di curva d'intervento (riguardano solo la parte magnetica): varia la soglia d'intervento della protezione magnetica.

Tipi di sganciatori e loro applicazioni			
tipo	Intervento secondo norma di riferimento		protezione
	CEI EN 60947-2	CEI EN 60898 (CEI 23-3)	
 curva B	$I_m 3,2 \div 4,8 I_n$ $(4 I_n \pm 20\%)$	$I_m 3 \div 5 I_n$	di generatori, delle persone e di grandi lunghezze di cavi Sovraccarico: termici standard
 curva C	$I_m 6,4 \div 9,6 I_n$ $(8 I_n \pm 20\%)$	$I_m 5 \div 10 I_n$	di cavi e impianti che alimentano apparecchi utilizzatori classici. Sovraccarico: termici standard
 curva D	$I_m 9,6 \div 14,4 I_n$ (1) $(12 I_n \pm 20\%)$	$I_m 10 \div 14 I_n$	di cavi che alimentano apparecchi utilizzatori a forte corrente di avviamento. Sovraccarico: termici standard
 curva K	$I_m 9,6 \div 14,4 I_n$ (1)		di cavi che alimentano apparecchi utilizzatori a forte corrente di avviamento. Sovraccarico: termici standard
 curva Z	$I_m 2,4 \div 3,6 I_n$		dei circuiti elettronici
 curva MA	$I_m 12 I_n$ (2) $(12 I_n \pm 20\%)$		dei motori (senza protezione termica)

(1) La caratteristica K si differenzia dalla D per la corrente di funzionamento $I_f = 1,2 I_n$ (K); $I_f = 1,3 I_n$ (D).

(2) Tolleranza ammessa $\pm 20\%$

Gli interruttori elettromagnetici hanno portate fino a 250 A se elettromeccanici. Oltre a questi valori di portata si usano i TA ed interruttori elettronici.

9.2 CORRENTE NOMINALE DI IMPIEGO I_n

È la corrente che l'interruttore può portare in servizio ininterrotto, considerando cioè la corrente costante, sempre circolante, pari al suo valore nominale I_n , per intervalli di tempo superiori a 8 ore: settimane, mesi o anche anni.

La corrente nominale dell'interruttore è uguale alla sua corrente termica convenzionale in aria libera (I_{rth}), che rappresenta il valore massimo di corrente che l'interruttore è destinato a portare, in conformità alle prescrizioni sui limiti di sovratemperatura che le relative Norme di prodotto impongono.

La Norma CEI 23-3 fissa i valori preferenziali della corrente nominale: 6-10-13-16-20-25-32-40-50-63-80-100-125A.

9.3 CORRENTE CONVENZIONALE DI NON INTERVENTO (I_{nf})

Valore specificato di corrente che l'interruttore o lo sganciatore è in grado di portare per un tempo stabilito (tempo convenzionale) senza operare lo sgancio.

9.4 CORRENTE CONVENZIONALE DI INTERVENTO (I_f)

Valore specificato di corrente che determina lo sgancio dell'interruttore entro un limite di tempo stabilito (tempo convenzionale).

Il legame tra I_n , I_f , I_{nf} e tempo convenzionale dipende dalla Norma di riferimento (Norma domestica CEI 23-3 e Norma industriale CEI EN 60947-2).

Norma	I_{nf}	I_f
CEI 23-3	1,13 I_n	1,45 I_n
CEI EN 60947-2	1,05 I_n	1,30 I_n

Il tempo convenzionale vale 1h per $I_n < 63A$ 2h per $I_n \geq 63A$.

Queste indicazioni valgono anche per relè elettronici i quali però possono avere anche bande inferiori.

9.5 POTERE DI INTERRUZIONE NOMINALE ESTREMO IN CORTOCIRCUITO (I_{cu})

(Norma CEI EN 60947-2)

È il valore della massima corrente di cortocircuito che l'interruttore è in grado di interrompere per 2 volte (secondo il ciclo O-CO), alla corrispondente tensione nominale di impiego.

Le condizioni previste per la verifica dell'interruttore dopo il ciclo di interruzione O-CO "non includono" l'attitudine dell'interruttore stesso a portare con continuità la sua corrente nominale.

Esso è espresso come il valore della corrente di cortocircuito presunta interrotta, in kA (per la corrente alternata è il valore efficace della componente simmetrica).

Allo stesso apparecchio il costruttore può assegnare diversi valori di I_{cu} , corrispondenti a valori diversi di tensione nominale di impiego U_r .

9.6 POTERE DI INTERRUZIONE NOMINALE DI SERVIZIO IN CORTOCIRCUITO (I_{cs})

(Norma CEI EN 60947-2)

È il valore della massima corrente di cortocircuito che l'interruttore è in grado di interrompere per 3 volte (secondo il ciclo O-CO-CO), alla corrispondente tensione nominale di impiego.

Le condizioni previste per la verifica dell'interruttore dopo il ciclo di interruzione O-CO-CO "includono" l'attitudine dell'interruttore stesso a portare con continuità la sua corrente nominale.

Esso è espresso come il valore della corrente di cortocircuito presunta interrotta, in kA (per la corrente alternata è il valore efficace della componente simmetrica).

Esso viene normalmente dichiarato dal costruttore utilizzando valori percentuali del potere di interruzione nominale estremo di cortocircuito I_{cu} (come suggerito dalla norma CEI EN 60947-2).

9.7 POTERE DI INTERRUZIONE NOMINALE IN CORTOCIRCUITO (I_{CN})

(Norma CEI 23-3)

È il valore della massima corrente di cortocircuito assegnato dal costruttore che l'interruttore è in grado di interrompere per 2 volte (secondo il ciclo O-CO), sotto specifiche condizioni; queste non comprendono, dopo la prova, l'attitudine dell'interruttore a portare una corrente di carico.

Un interruttore avente un dato potere di interruzione nominale di cortocircuito I_{cn} deve avere un corrispondente potere di cortocircuito di servizio I_{cs} , secondo la seguente tabella ricavata dalla Norma CEI 23-3 (EN 60898).

POTERE DI INTERRUZIONE IN kA

I_{cn}	1,5	3	4,5	6	10	15	20	25
I_{cs}	1,5	3	4,5	6	7,5	7,5	10	12,5

9.8 POTERE DI CHIUSURA NOMINALE IN CORTOCIRCUITO (I_{cm})

(Norma CEI EN 60947-2)

È il valore della massima corrente di cortocircuito, assegnato dal costruttore, che l'interruttore automatico è in grado di stabilire alla tensione nominale di impiego ed in condizioni specificate.

Il potere di chiusura nominale in cortocircuito di un interruttore non deve essere inferiore al suo potere di interruzione nominale estremo in cortocircuito I_{cu} , moltiplicato per il fattore n riportato dalla sottostante tabella tratta dalla norma CEI EN 60947-2; il suo valore è espresso come il massimo picco della corrente presunta.

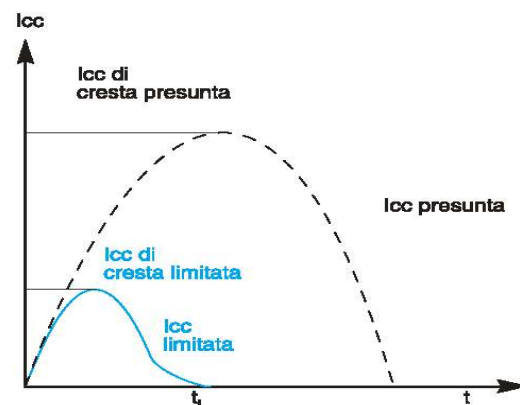
Rapporto n tra potere di chiusura e potere di interruzione in cortocircuito e fattore di potenza relativo (interruttori per c.a.)

Pdi in cortocircuito [kA] (valore efficace)	Fattore di potenza	Valore minimo del fattore $n = \frac{\text{potere di chiusura}}{\text{potere di interruzione in cortocircuito}}$
$4,5 \leq I_{cu} \leq 6$	0,7	1,5
$6 < I_{cu} \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I_{cu} \leq 20$	0,3	2,0
$20 < I_{cu} \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I_{cu}$	0,2	2,2

9.9 CORRENTE PRESUNTA E CORRENTE LIMITATA REALE

La corrente di cortocircuito presunta è la corrente che circolerebbe nel circuito se ciascun polo del dispositivo di protezione, installato nel punto considerato, fosse sostituito da un conduttore di impedenza trascurabile.

Il potere di limitazione di un interruttore automatico rappresenta la sua capacità, più o meno grande, di lasciar passare, in occasione di un cortocircuito, una corrente limitata reale inferiore alla corrente di cortocircuito presunta.



9.10 POTERE DI LIMITAZIONE DI UN INTERRUTTORE AUTOMATICO

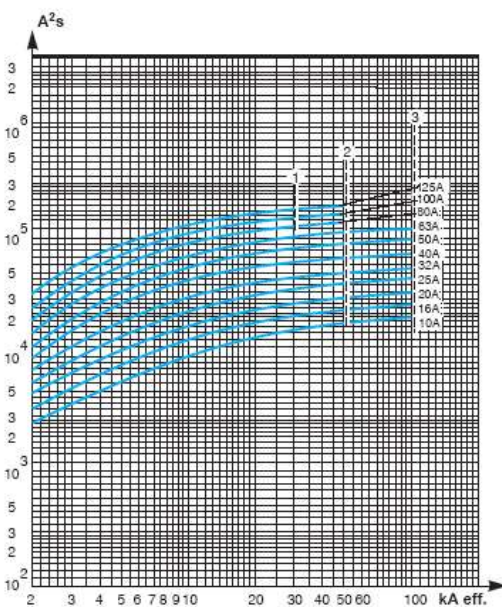
Questa caratteristica dell'interruttore automatico viene tradotta in curve di limitazione che indicano:

- l'energia specifica passante I^2t [A^2s] limitata in funzione del valore efficace della corrente di cortocircuito presunta;
- il valore di cresta I [kA] della corrente limitata in funzione del valore efficace della corrente di cortocircuito presunta.

La tecnica di interruzione rototativa utilizzata negli interruttori scatolati Compact NS fornisce a questo tipo di interruttori un eccezionale potere di limitazione.

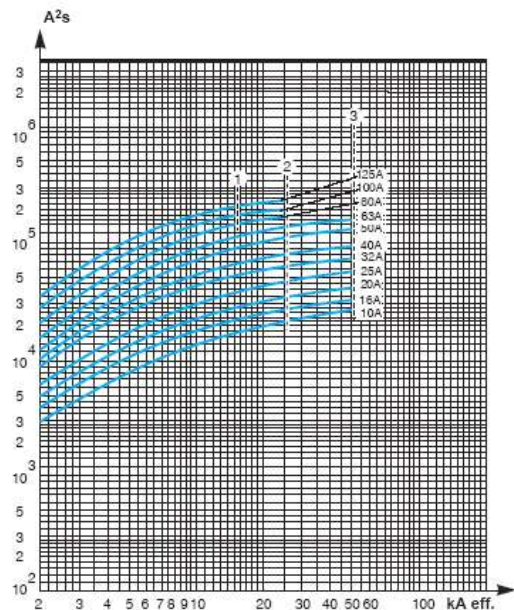
Curve di limitazione dell'energia specifica passante (I^2t)

NG125
2, 3, 4P 240 V

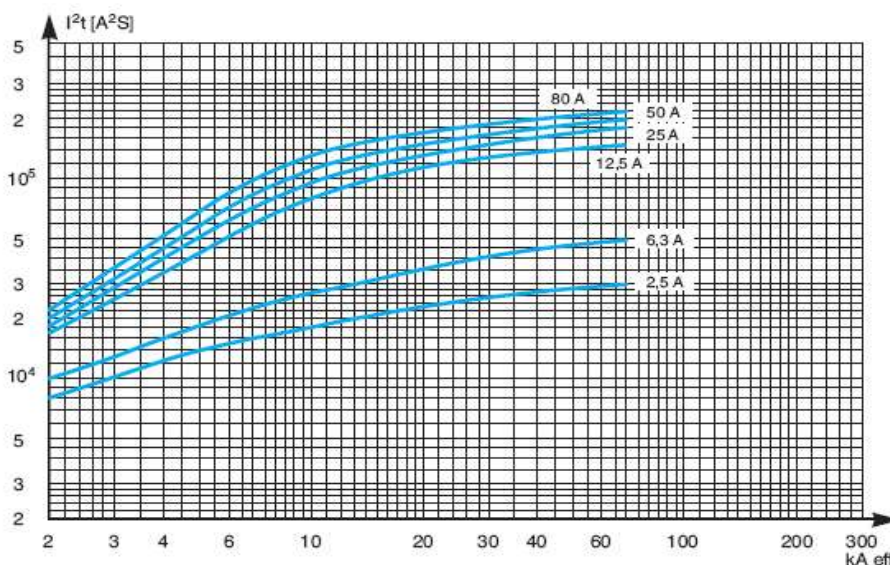


Cu/PVC	Cu/EPR G5-G7
sez. [mm²]	sez. [mm²]
16	10
10	6
6	4
4	2,5
2,5	1,5
1,5	

NG125
1P 240 V 2, 3, 4P 415 V



Curve di limitazione dell'energia specifica passante Compact NS80H-MA 400/415 V



Cu/PVC	Cu/EPR
Sez. [mm²]	Sez. [mm²]
6	6
4	4
2,5	2,5
1,5	1,5

9.11 VANTAGGI OFFERTI DALLA LIMITAZIONE

Migliore protezione della rete

L'utilizzo di interruttori limitatori attenua fortemente gli effetti nocivi prodotti dalle correnti di cortocircuito su un impianto riducendo gli:

- effetti termici; minor surriscaldamento a livello dei conduttori, quindi maggior durata dei cavi e degli isolanti in genere,
- effetti meccanici; forze elettrodinamiche di repulsione ridotte, quindi meno rischi di deformazione o di rottura a livello dei collegamenti elettrici,
- effetti elettromagnetici; minore influenza sugli apparecchi di misura situati in prossimità di un circuito elettrico.

Risparmio grazie alla filiazione

La tecnica della filiazione permette di utilizzare, a valle di interruttori automatici limitatori, interruttori con potere di interruzione ridotto rispetto a quello normalmente necessario ed ottenere quindi risparmi sostanziali sui componenti elettrici e sui tempi di progettazione.

Dati del costruttore

Le curve di limitazione sono il risultato di prove condotte secondo le norme CEI 23.3 e CEI EN 0947-2. I valori indicati sulle curve di limitazione della corrente di cresta e dell'energia specifica passante corrispondono ai valori massimi. I costruttori sono tenuti a fornire le caratteristiche di limitazione di ogni interruttore in funzione del valore efficace della corrente di cortocircuito presunta. Per interruttori ad uso civile o simile, la norma CEI 23.3 classifica gli apparecchi per classi di limitazione (classe 1, classe 2 e classe 3).

Gli interruttori modulari C60a, C60N e C60H soddisfano le condizioni imposte dalla classe 3 di limitazione che corrisponde al massimo livello di prestazione. Le curve di limitazione dell'energia specifica passante presentano a fianco una tabella che fornisce i limiti di energia specifica ammissibile dai cavi. Tali limiti sono rappresentati dai segmenti orizzontali che sono posti in corrispondenza del valore di A^2s ammissibile letto sull'asse delle ordinate.

