



Sistemi di protezione e coordinamento negli impianti elettrici di BT

Relatore: Ing. Raoul Bedin

Interruttore automatico

Le funzioni fondamentali sono quelle di sezionamento e protezione di una rete elettrica

Dispositivi di protezione e sezionamento

Norme tecniche di prodotto di maggior interesse

Dispositivi per applicazioni "industriali"

**CEI EN 60947-1 (CEI 17-44)
(ed. 3[^] anno 2000; V1+V2)**

Apparecchiatura a bassa tensione. Parte 1°: regole generali

**CEI EN 60947-2 (CEI 17-5)
(ed. 6[^] anno 1998; V1+EC+V2)**

Apparecchiatura a bassa tensione. Parte 2°: interruttori automatici

**CEI EN 60947-3 (CEI 17-11)
(ed. 4[^] anno 2000; V1)**

Apparecchiatura a bassa tensione. Parte 3°: interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e unità combinate con fusibili

Dispositivi di protezione e sezionamento

Norme tecniche di prodotto di maggior interesse

Dispositivi per applicazioni "domestiche e similari"

CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari. Parte 1°: interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
(ed. 1[^] anno 2004)

Interruttori per uso domestico e similare (CEI EN 60898-1)

“Questa Norma si applica agli interruttori automatici in aria per il funzionamento a frequenza di rete di 50 o 60 Hz aventi tensione nominale non superiore a 440 V (tra le fasi), corrente nominale non superiore a 125 A e potere di cortocircuito nominale non superiore a 25000 A.

[.....]

Questi interruttori sono destinati alla protezione contro le sovracorrenti delle condutture elettriche degli edifici e applicazioni similari; sono destinati ad essere usati da persone non addestrate e non devono richiedere manutenzione.”

Interruttori per uso industriale (CEI EN 60947-2)

“La presente norma si applica agli interruttori automatici, i cui contatti principali sono da inserire in circuiti di tensione nominale non superiore a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c.;

[.....]

La presente norma si applica qualunque sia la corrente nominale degli interruttori, il loro tipo costruttivo e la loro utilizzazione.

[.....]

Le prescrizioni per gli interruttori destinati alla protezione dei circuiti negli impianti elettrici degli edifici (di abitazione) e similari, progettati per l’uso da parte di persone non esperte, sono contenute nella IEC 898.”

Definizioni principali

Corrente nominale di impiego (I_n):	corrente che l'interruttore può portare in servizio ininterrotto per intervalli di tempo superiori alle 8 ore
Potere di interruzione nominale estremo in cortocircuito (I_{cu}) (CEI EN 60947-2):	valore della massima corrente di cortocircuito che l'interruttore è in grado di interrompere 2 volte; <u>non è previsto</u> che l'interruttore dopo la prova porti con continuità la sua corrente nominale
Potere di interruzione nominale di servizio in cortocircuito (I_{cs}) (CEI EN 60947-2):	valore della massima corrente di cortocircuito che l'interruttore è in grado di interrompere 3 volte; <u>è previsto</u> che l'interruttore dopo la prova porti con continuità la sua corrente nominale; normalmente è espresso in % su I_{cu} (es. 75% I_{cu})
Potere di interruzione nominale in cortocircuito (I_{cn}) (CEI EN 60898-1):	valore della massima corrente di cortocircuito che l'interruttore è in grado di interrompere 2 volte; <u>non è previsto</u> che l'interruttore dopo la prova porti con continuità la sua corrente nominale; un interruttore con un determinato I_{cn} è previsto che abbia in corrispondenza un 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 cortocircuito (I_{cm}) (CEI EN 60947-2):	valore della massima corrente di cortocircuito che l'interruttore è in grado di stabilire; il valore è espresso come massimo picco della corrente presunta
Interruttori in categoria di utilizzazione A (CEI EN 60947-2):	non previsti per realizzare la selettività cronometrica in cortocircuito; non hanno ritardo intenzionale applicabile all'intervento dello sganciatore di cortocircuito; non prevedono una I_{cw}
Interruttori in categoria di utilizzazione B (CEI EN 60947-2):	previsti per realizzare la selettività cronometrica in cortocircuito; hanno ritardo intenzionale applicabile all'intervento dello sganciatore di cortocircuito; viene garantita una I_{cw}
Corrente nominale ammissibile di breve durata (I_{cw}) (CEI EN 60947-2):	valore efficace della corrente di cortocircuito presunta che l'interruttore può portare senza danneggiamenti per la durata del tempo di ritardo previsto; max valore previsto 30 kA con ritardo fino a 1 s

SEZIONAMENTO (NORMA CEI 64-8)

Funzione che contribuisce a garantire la sicurezza del personale avente il compito di svolgere lavori su od in vicinanza di parti attive

- **Ogni circuito deve poter essere sezionato dall'alimentazione**
- **È possibile sezionare più circuiti con un unico dispositivo**
- **Interruttori per uso "industriale": per poter essere definiti come sezionatori devono essere conformi anche a CEI EN 60947-3. Sezionamento visualizzato: un dispositivo deve essere connesso in modo affidabile ai contatti mobili indicando la posizione di aperto SOLO se i contatti sono effettivamente separati.**
- **Interruttori per uso "domestico e similare": la norma CEI EN 60898-1 non prevede, al momento attuale, prescrizioni e prove aggiuntive; secondo la Norma CEI 64-8 un interruttore che risponda a CEI EN 60898-1 assicura anche la funzione di sezionamento**

DISPOSITIVI PRINCIPALI

Interruttore di manovra: stabilisce, porta ed interrompe correnti in condizioni nominali; porta per un tempo specificato correnti di cortocircuito; stabilisce, ma non interrompe, correnti di cortocircuito



Sezionatore: apre e chiude in assenza di corrente; soddisfa le prescrizioni relative al sezionamento



Interruttore di manovra-sezionatore: interruttore di manovra che, in posizione di aperto, soddisfa le prescrizioni relative al sezionamento



Interruttore automatico: stabilisce, porta ed interrompe correnti in condizioni nominali; stabilisce e interrompe correnti di cortocircuito; porta per un tempo specificato correnti di cortocircuito (se di categoria B); può essere considerato atto al sezionamento in ogni caso se di tipo "domestico e similare", solo se conforme a CEI EN 60947-3 se di tipo "industriale"



CARATTERISTICHE DI INTERVENTO INTERRUTTORI MAGNETOTERMICI

DEFINIZIONI

Corrente convenzionale di non intervento, I_{nf} : valore specificato di corrente che non provoca, in condizioni determinate, l'intervento dell'interruttore per un intervallo di tempo convenzionale (t_c).

Corrente convenzionale di intervento, I_f : valore specificato di corrente che provoca, in condizioni determinate, l'intervento dell'interruttore entro un intervallo di tempo convenzionale (t_c).

Uso domestico e similare (CEI EN 60898-1)	Uso industriale (CEI EN 60947-2)
$I_{nf} = 1.13 I_n$; $I_f = 1.45 I_n$	$I_{nf} = 1.05 I_n$; $I_f = 1.30 I_n$
$t_c = 1 \text{ h } (I_n \leq 63 \text{ A})$; $t_c = 2 \text{ h } (I_n > 63 \text{ A})$	$t_c = 1 \text{ h } (I_n \leq 63 \text{ A})$; $t_c = 2 \text{ h } (I_n > 63 \text{ A})$

TIPI DI SGANCIATORI E LORO APPLICAZIONI

Tipo	Intervento secondo norma di riferimento		Applicazione
	CEI EN 60947-2	CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1)	
curva B	$I_m = 3,2 \div 4,8 I_n$ ($4 I_n \pm 20\%$)	$I_m = 3 \div 5 I_n$	Protezione generatori, grandi lunghezze di cavi.
curva C	$I_m = 6,4 \div 9,6 I_n$ ($8 I_n \pm 20\%$)	$I_m = 5 \div 10 I_n$	Protezione cavi che alimentano utilizzatori classici
curva D	$I_m = 9,6 \div 14,4 I_n$ ($12 I_n \pm 20\%$)	$I_m = 10 \div 20 I_n$	Protezione cavi che alimentano motori
curva K	$I_m = 9,6 \div 14,4 I_n$		Protezione cavi che alimentano motori
curva Z	$I_m = 2,4 \div 3,6 I_n$		Protezione apparecchiature elettroniche
curva MA	$I_m = 12 I_n \pm 20\%$		Protezione motori (senza protezione termica)

caratteristica
tipo B

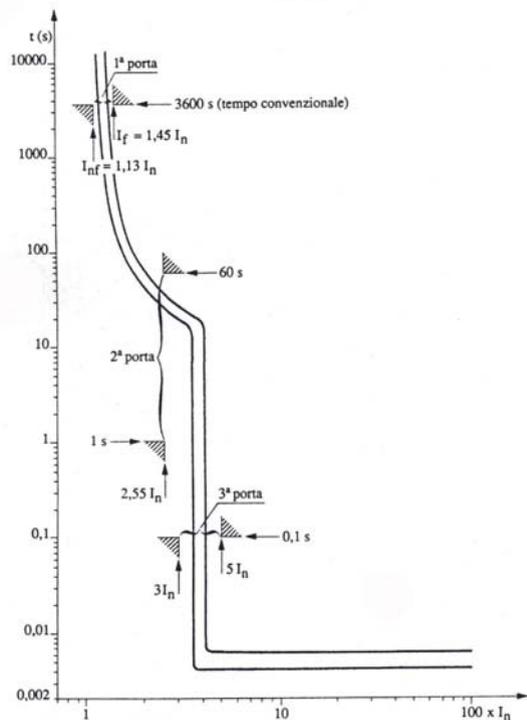


Fig. 3 - Caratteristica d'intervento di tipo B di un interruttore automatico per impianti domestici e similari, secondo la nuova norma CEI 23 - 3 (quarta edizione).

caratteristica
tipo C

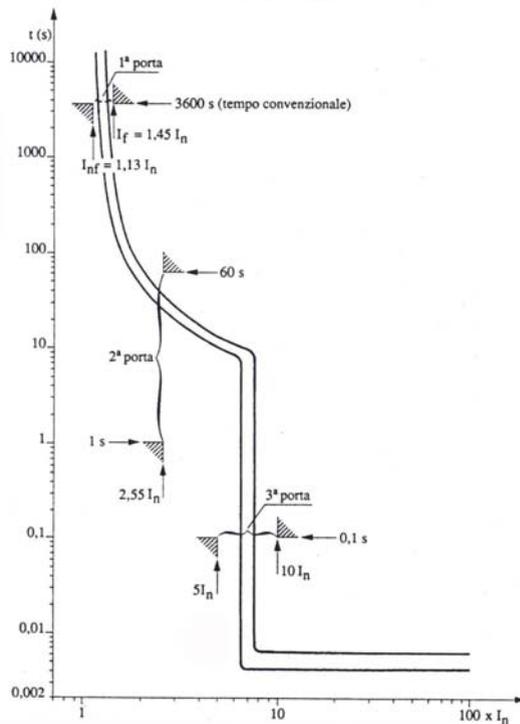


Fig. 4 - Caratteristica d'intervento di tipo C di un interruttore automatico per impianti domestici e similari, secondo la nuova norma CEI 23-3 (quarta edizione)

caratteristica
tipo D

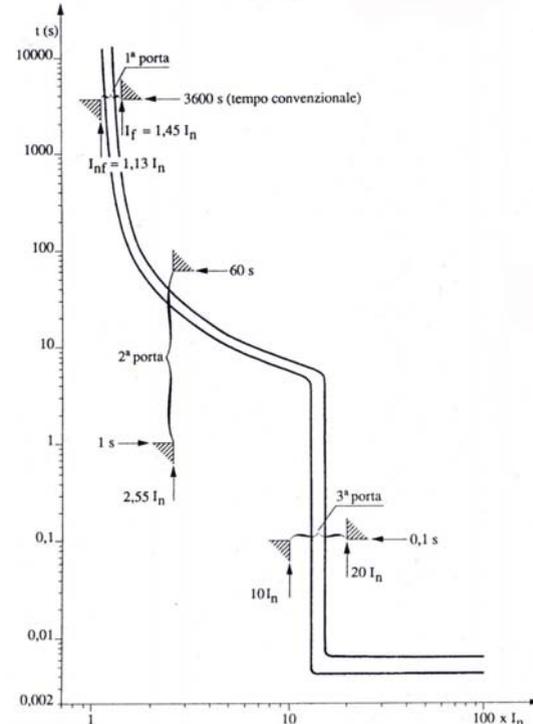


Fig. 5 - Caratteristica d'intervento di tipo D di un interruttore automatico per impianti domestici e similari, secondo la nuova norma CEI 23-3 (quarta edizione).

SOVRACORRENTI

- **CORRENTE DI SOVRACCARICO:** sovracorrente che si stabilisce in un circuito elettricamente sano
- **CORRENTE DI CORTOCIRCUITO:** sovracorrente prodotta da un guasto di impedenza trascurabile da due parti del circuito che presentano una differenza di potenziale in condizioni normali

PROTEZIONE SOVRACCARICO

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1.45 I_z$$

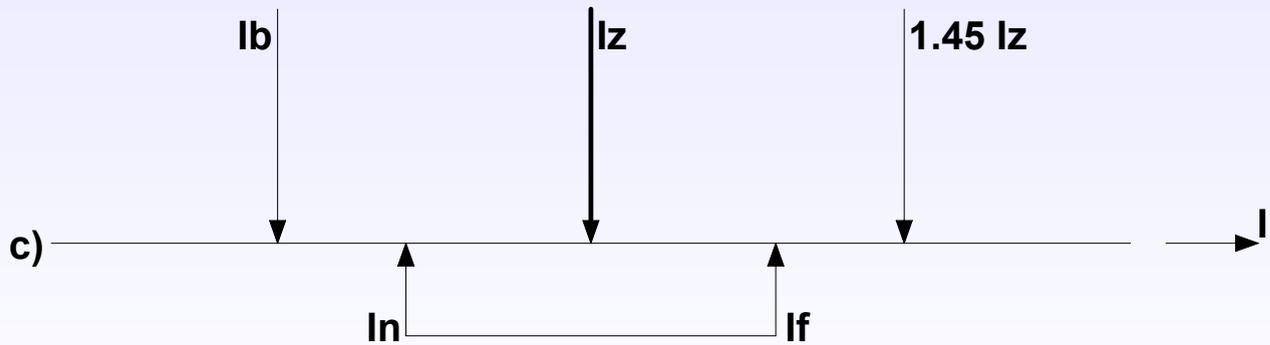
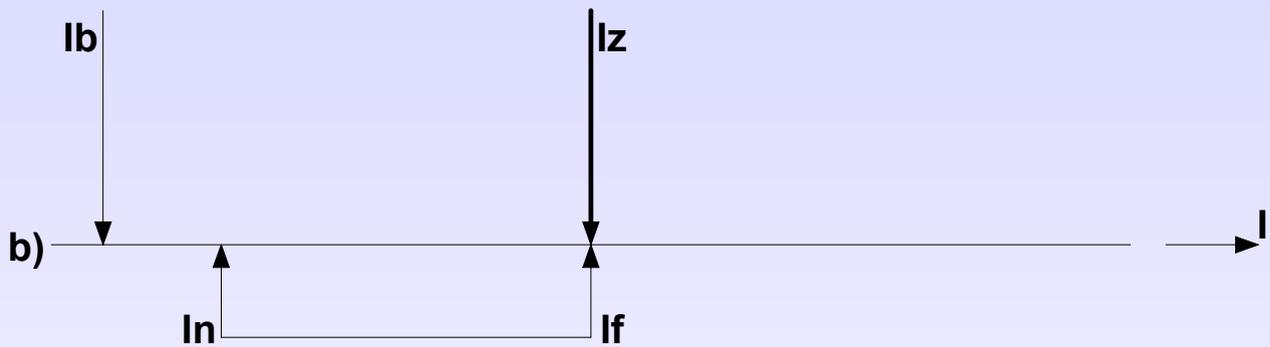
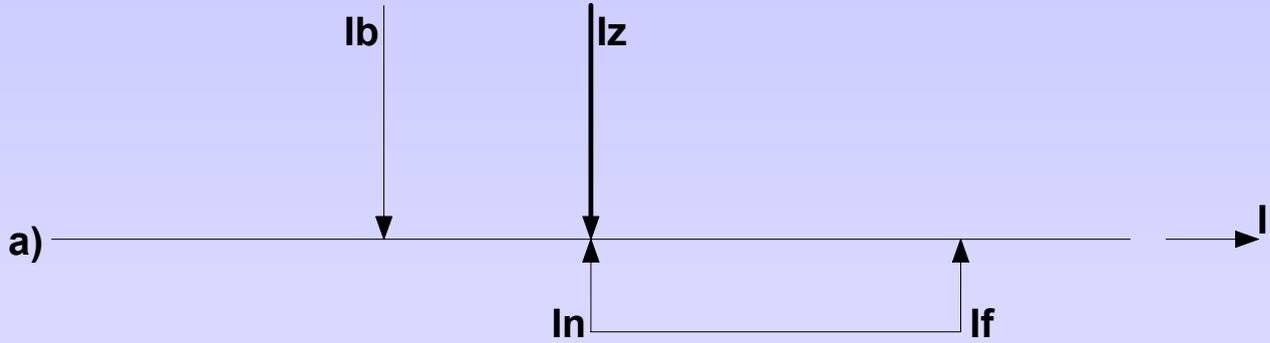
I_b (corrente di impiego): corrente che in condizioni normali percorre il circuito da proteggere, valutata assumendo degli idonei coefficienti di utilizzazione e di contemporaneità in relazione agli utilizzatori alimentati

I_z (portata del cavo): valore di corrente che a regime il cavo può trasmettere, in condizioni di installazione determinate, senza superare la massima temperatura di servizio

ATTENZIONE: nei dispositivi con sganciatore regolabile al posto di I_n si deve considerare la corrente regolata I_r

**ATTENZIONE ALLE SOSTANZIALI RIDUZIONI DI PORTATA AL VARIARE DELLE
CONDIZIONI DI INSTALLAZIONE**

**(tipo posa, numero circuiti presenti e sezioni relative,
presenza di cavi isolati in PVC ed EPR)**



Interruttori a Norma CEI EN 60947-2 (industriali)

Dato che: $I_f = 1.30 I_n$

Ne segue: $I_b \bullet I_n \bullet I_z$

Interruttori a Norma CEI EN 60898-1 (domestici)

Dato che: $I_f = 1.45 I_n$

Ne segue: $I_b \bullet I_n \bullet I_z$

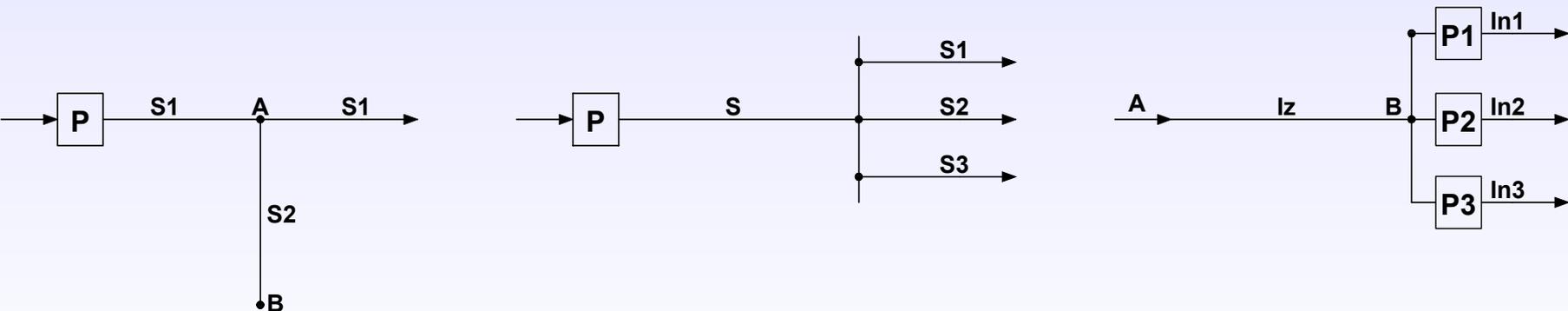
ATTENZIONE Fusibili (tipo gG)

Dato che: $I_f = 1.60 I_n$

Ne segue: $I_b \bullet I_n \bullet 0.906 I_z$

PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO

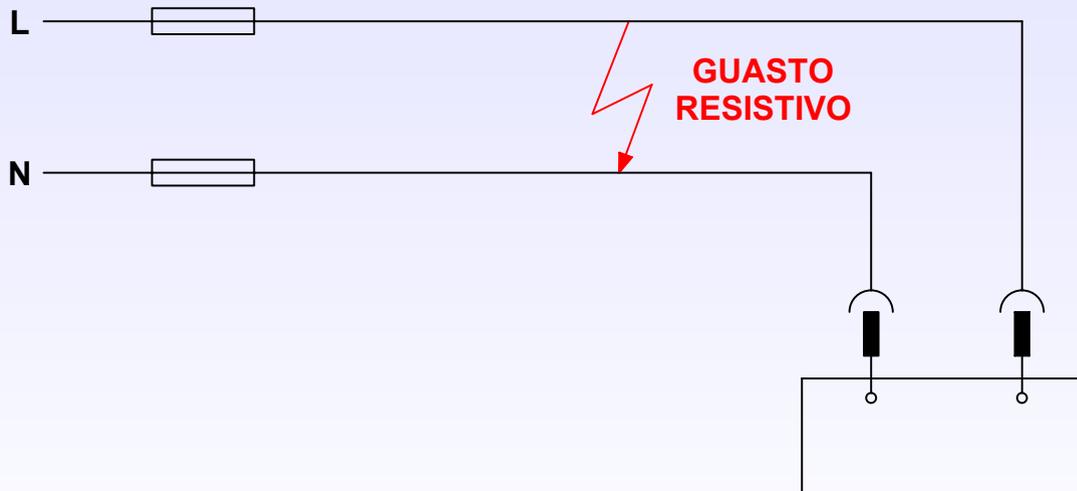
- **Il dispositivo di protezione contro il sovraccarico può essere installato in un punto qualsiasi della condotta da proteggere, a patto che a monte non vi siano derivazioni o prese a spina**
- **Tutti i circuiti vanno protetti contro il sovraccarico, ad eccezione di:**
 - A) condutture che risultino già protette da dispositivi installati su condutture a monte**
 - B) condutture che alimentino utilizzatori o altri circuiti che non possano dar luogo a sovraccarico, a patto che siano protette dal cortocircuito**



LUOGHI A MAGGIOR RISCHIO IN CASO DI INCENDIO

ECCEZIONE A QUANTO PRIMA VISTO:

- **Il dispositivo di protezione contro il sovraccarico deve essere installato all'origine della condotta per assicurare la protezione anche nei confronti di guasti non franchi**



PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO

CORRENTE DI CORTOCIRCUITO PROVOCA:

- **SOLLECITAZIONE TERMICA:** a causa dell'energia passante
- **SOLLECITAZIONE MECCANICA:** a causa degli sforzi elettrodinamici

DISPOSITIVO DI PROTEZIONE DEVE INTERVENIRE PRIMA CHE LA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO DIVENTI PERICOLOSA A CAUSA DEGLI EFFETTI TERMICI E MECCANICI

PUNTO DI INSTALLAZIONE: ALL'ORIGINE DELLA CONDUTTURA DA PROTEGGERE

PRESCRIZIONI

1) $P_{di} \geq I_{CCMAX}$

2) $\int_0^{t_i} i^2 \cdot dt \leq K^2 \cdot S^2$

P_{di} **potere di interruzione del dispositivo di protezione**

I_{CCMAX} **corrente di cortocircuito massima che può interessare il dispositivo di protezione**

$\int_0^{t_i} i^2 \cdot dt$ **energia specifica passante del dispositivo (in $A^2 \cdot s$)**

$K^2 \cdot S^2$ **energia specifica sopportabile dal cavo (in $A^2 \cdot s$)**

K: costante valida per cortocircuiti di durata non superiore a 5 s in cui si considera che il riscaldamento sia adiabatico

K = 115 per conduttori in Cu-PVC

K = 143 per conduttori in Cu-EPR

La relazione 1) assicura che il dispositivo effettivamente interrompa la corrente di corto circuito evitando conseguenze peggiori del corto stesso (innesco incendio, ecc.)

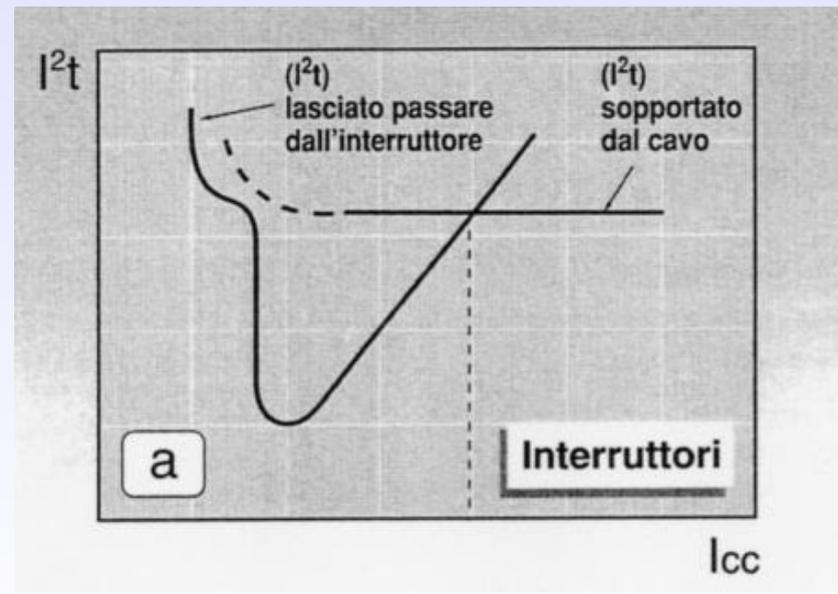
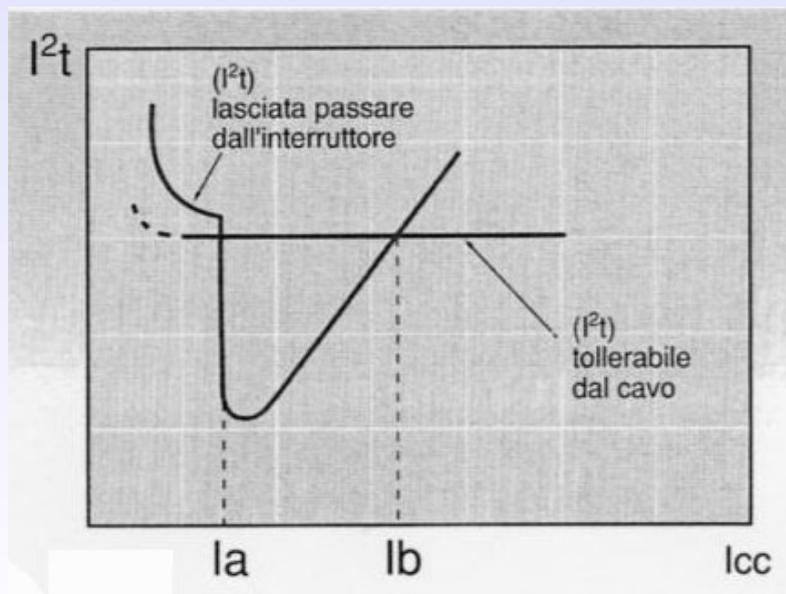
La relazione 2) assicura l'integrità del cavo oggetto del corto (la massima temperatura ammessa in cortocircuito dal cavo - 160° C per PVC e 250° C per EPR - viene al più raggiunta ma non superata)

VERIFICA 1

PROBLEMA: diversi dispositivi modulari vengono provati dal costruttore ai sensi sia di CEI EN 60898-1 che di CEI EN 60947-2, fornendo valori di P_{di} diversi

VERIFICA 2

L'integrale di Joule deve necessariamente essere fornito dal costruttore nel caso di dispositivi limitatori. Nel caso di dispositivi ad intervento ritardato si deve calcolare come prodotto del quadrato del valore efficace della corrente di cortocircuito per il tempo totale di apertura



COORDINAMENTO IN CONDIZIONI DI CORTO CIRCUITO TRA DUE DISPOSITIVI DI PROTEZIONE ASSOCIATI

- SELETTIVITA'**
- PROTEZIONE DI SOSTEGNO (BACK-UP)**

SELETTIVITA'

Un'associazione di interruttori in cascata B (lato carico) e A (lato alimentazione) è selettiva quando un guasto lato carico determina solo l'intervento dell'interruttore B.

La selettività viene distinta in:

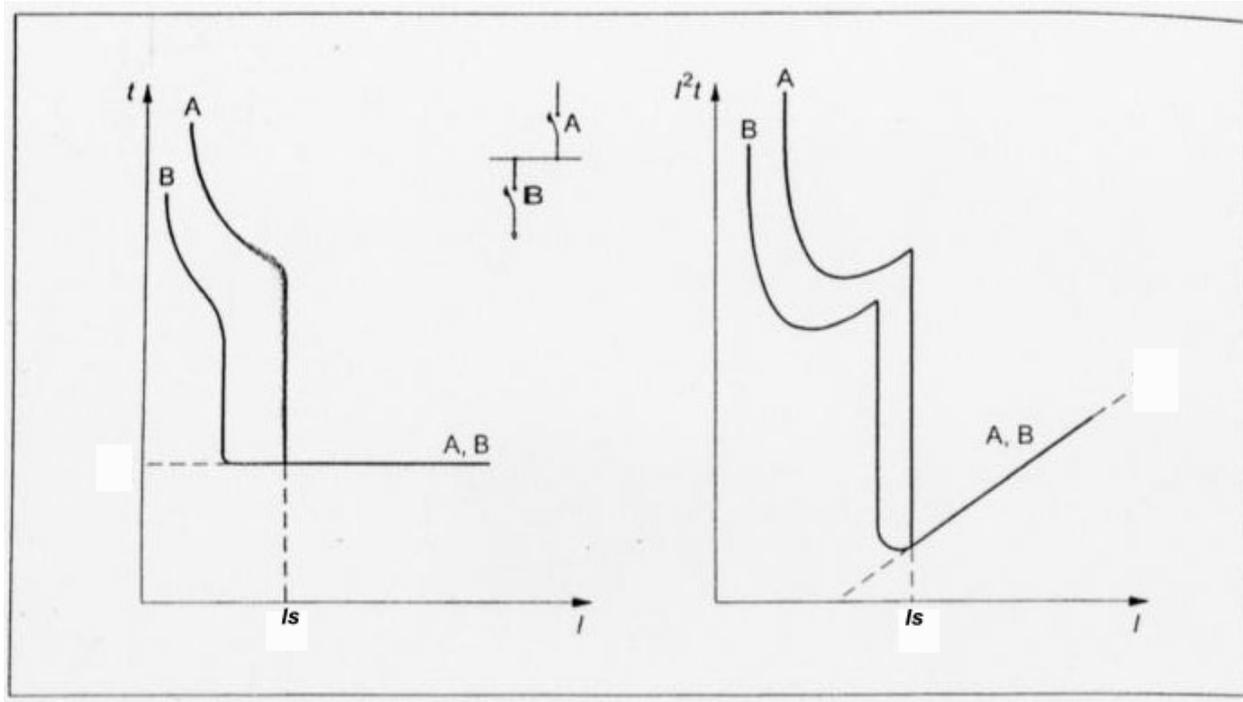
SELETTIVITA' TOTALE: interviene il dispositivo lato carico (B) fino alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione.

SELETTIVITA' PARZIALE: interviene il dispositivo lato carico (B) per correnti di corto circuito fino al valore di corrente limite di selettività (I_s)

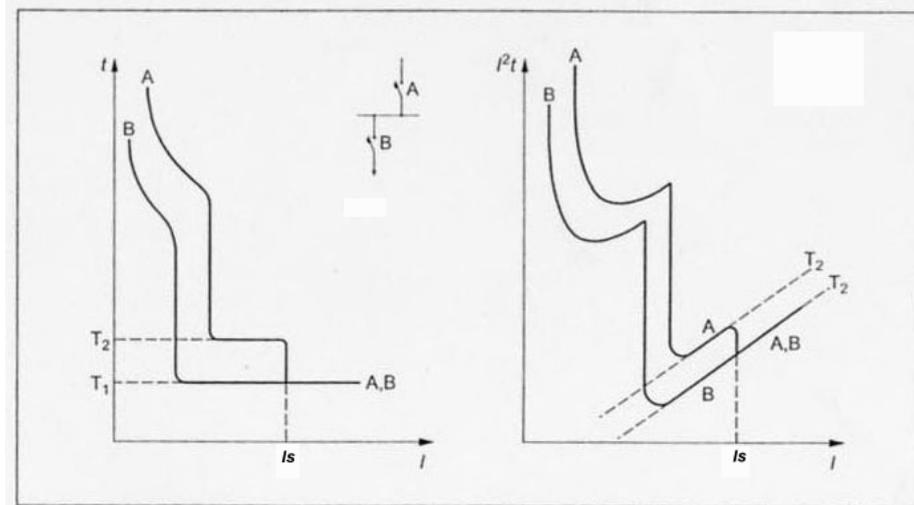
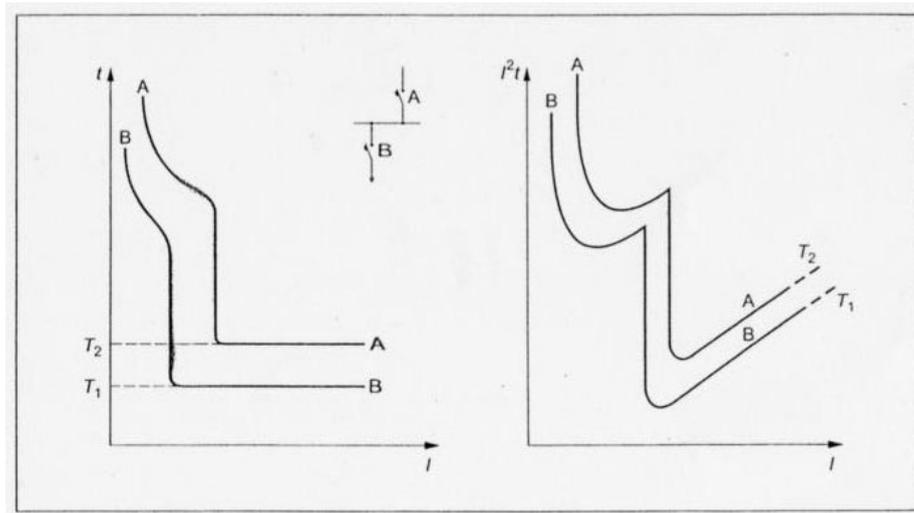
La selettività può essere:

- amperometrica
- cronometrica
- energetica
- logica

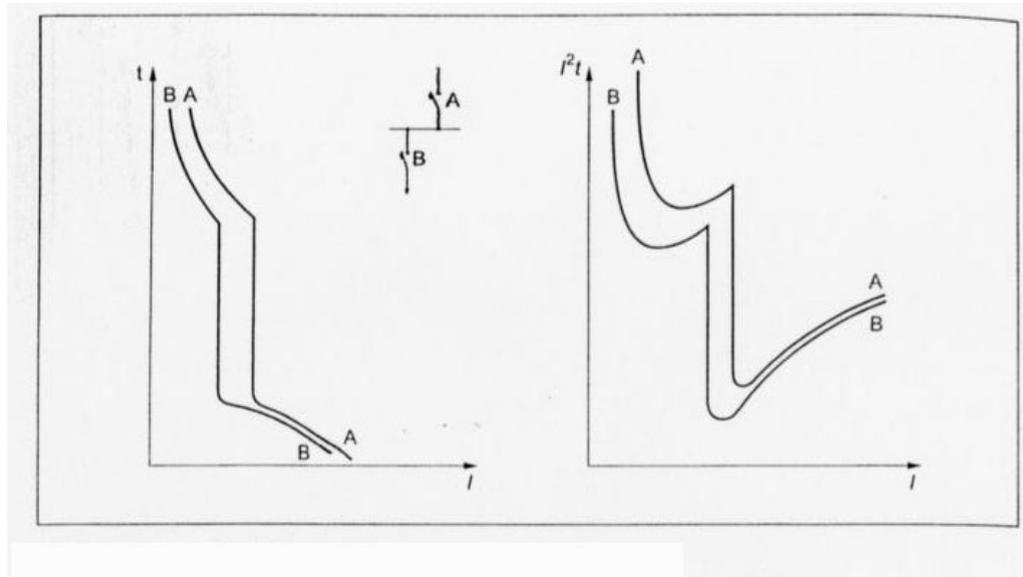
SELETTIVITA' AMPEROMETRICA



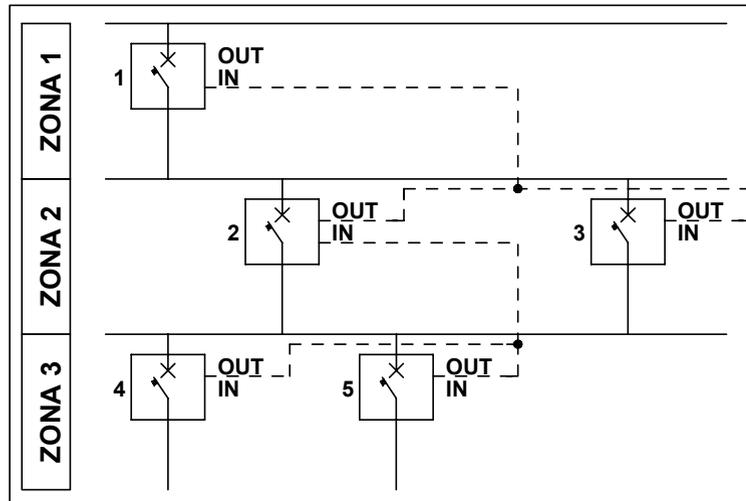
SELETTIVITA' CRONOMETRICA



SELETTIVITA' ENERGETICA



SELETTIVITA' LOGICA



PROTEZIONE DI SOSTEGNO (BACK-UP)

E' possibile installare un dispositivo di protezione dal cortocircuito con Pdi inferiore alla Icc presunta nel punto di installazione a patto che a monte di esso sia installato un altro dispositivo con:

- **Pdi adeguato**
- **I^2t non superiore a quello tollerabile dal dispositivo a valle e dalla conduttura da proteggere**

La protezione di sostegno può essere verificata solo in laboratorio e le associazioni possono essere fornite solo dal costruttore