

COMPONENTI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

A valle del trasformatore tra Media Tensione e Bassa Tensione avremo il quadro di Bassa Tensione. Un quadro è sostanzialmente un armadio di metallo o plastica all'interno dei quali vengono installati gli organi di manovra e protezione, in alcuni casi sono immessi anche strumenti di misura.

Il quadro di bassa tensione più importante è il Power Center, installato immediatamente a valle del trasformatore in cabina secondaria, arriva a potenze molto importanti.

La parte interna dei quadri, ha diversi cunicoli (che possono essere separati o meno tra loro), può essere costituita da diversi mobili di dimensione standard. Le sbarre di rame in figura (di circa un metro) prendono il nome di Omnibus, essendo forate, lì verranno attestati i conduttori che poi verranno collegati agli

Frontequadro(PC); nelle asole o feritoie si introdurranno poi gli interruttori principali.



interruttori all'ingresso dei quadri. All'uscita dell'interruttore partirà il cavo che andrà ad alimentare

l'utenza o una porzione di impianto. Le traverse rosse sono gli isolatori, dette calate, che vincolano rigidamente le sbarre alla struttura metallica dell'armadio. In presenza di corto circuito direttamente alle sbarre, ai morsetti dell'interruttore, le sollecitazioni elettrodinamica sono enormi e le sbarre vibrano come corde di chitarra.

I Power Center più importanti vengono testati con correnti di 50 kA per 1s.

Vediamo diversi tipi di quadri elettrici:

Interno Quadro (PC)



Quadro unità abitativa



Quadro di piano



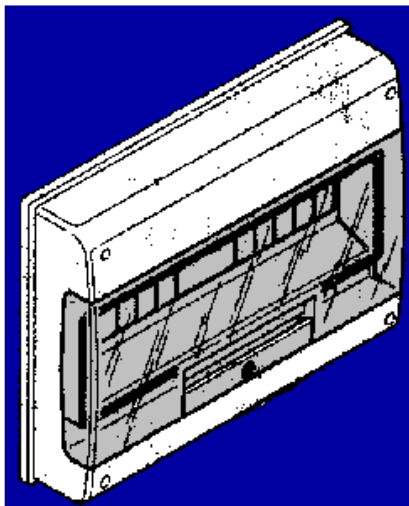
Pulito di comando (industriale)



Quadro aula (per esempio)

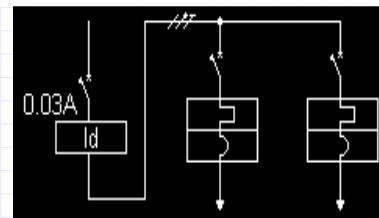
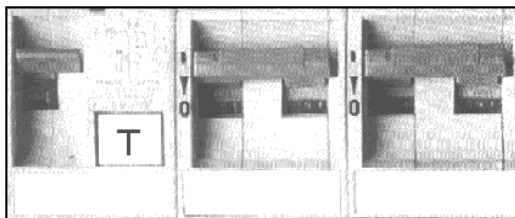


Quadretto a uso domestico



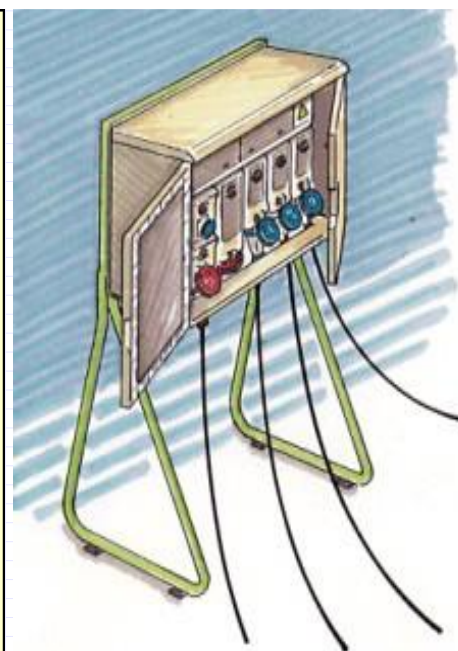
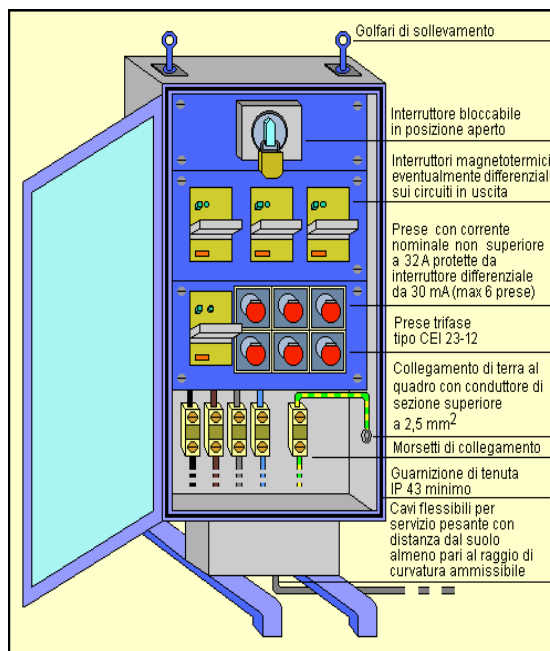
Interruttori del Quadretto a uso domestico;

Visibili due magnetotermici (uno da 12 A e uno da 16 A) ed un interruttore differenziale (in gergo “salvavita”).



Quadretto da cantiere

Se per manutenzione dovrò operare sull'impianto a valle dovrò essere sicuramente certo di operare in sicurezza (prima preoccupazione del progettista elettrico da sempre!) allora utilizzerò accorgimenti che sebbene siano

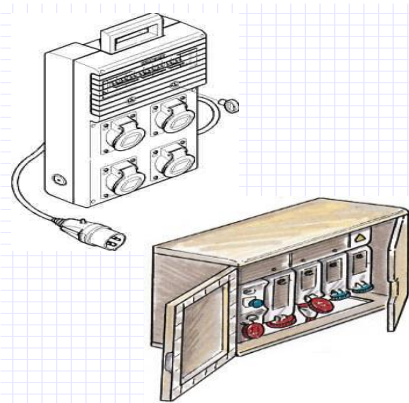


semplici, saranno efficaci e affidabili.

Per esempio andrò a bloccare l'interruttore in aperto e chiuderò il quadro con un lucchetto, portando via la chiave.

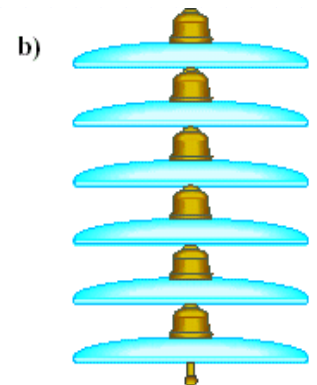
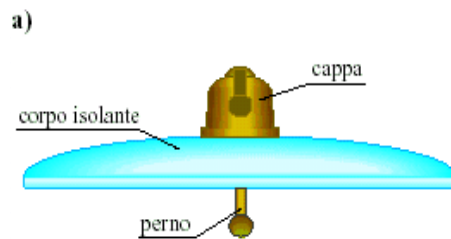
Nel settore molte scelte seguono questa mentalità.

Quadro da cantiere volante (temporaneo)



ISOLATORI

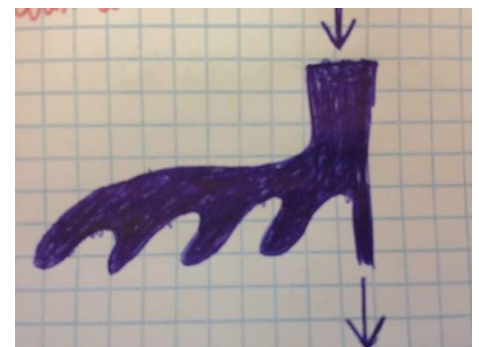
Gli isolatori cappa-perno, si mettono in catene più o meno lunghe a seconda della tensione del conduttore che si andrà a collegare (“morsettare”) e servono a tenere a distanza il conduttore di conduzione



rispetto al traliccio metallico. Ciascun conduttore, coppia o terna, di fase è vincolato al traliccio rispetto a questi quindi.

Le componenti metalliche (che servono a dare resistenza agli sforzi meccanici e per dare consistenza) sono separate da un corpo isolante in genere di porcellana o vetro. Avremo configurazioni più complesse di quelle rappresentate prima figura per evitare che si stabiliscano correnti di dispersione (aumentando la lunghezza delle linee di fuga della corrente) che danno tipicamente luogo ad un guasto.

Tipicamente la parte inferiore del corpo isolante è realizzata come nella figura adiacente, così è difficile che si stabilisca corrente tra un conduttore in tensione ed il traliccio. Nelle zone costiere sono sottoposti spesso a lavaggi perché l'aggressione da salsedine deteriora le capacità di isolamento.



Invece questi sono **isolatori passanti** e vengono utilizzati per collegare i conduttori all'avvolgimento del trasformatore, in figura c'è solo la parte superiore. Servono a distanziare quindi la carcassa del trasformatore dal conduttore in tensione.

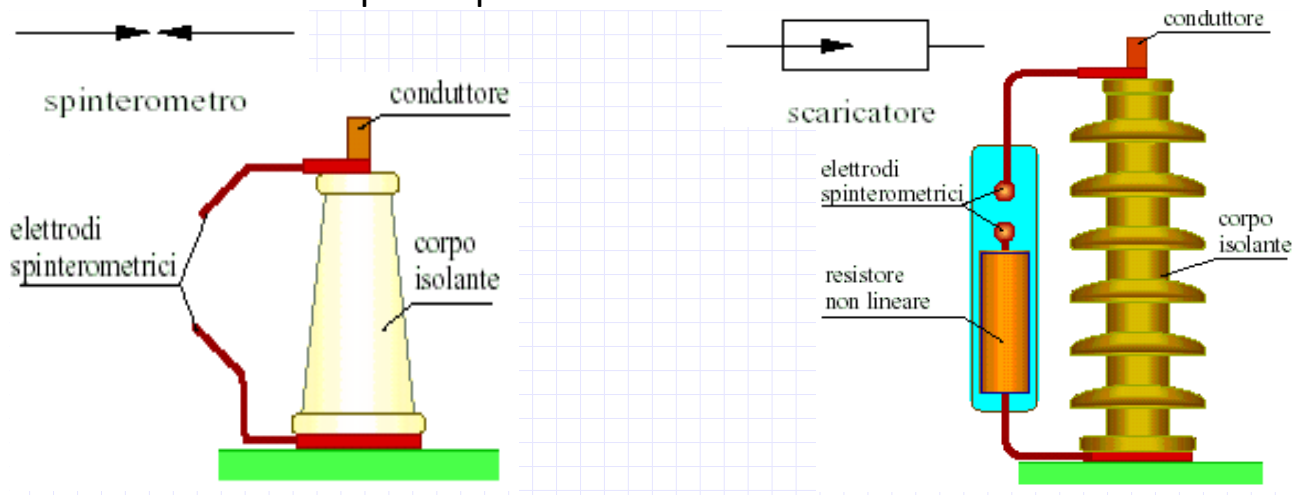
SCARICATORI

Normalmente sono presenti sia in ingresso nelle cabine secondarie

quando l'arrivo è attraverso conduttori aerei in media tensione sia in ingresso ai trasformatori, il loro ruolo è proteggere il nostro impianto dalle sovratensioni.

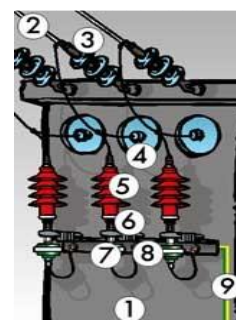
Se prendiamo una cabina con arrivo di una linea di tensione aerea, con conduttori nudi, può essere soggetta a sovratensioni di monte o di tipo atmosferico.

Potrebbero quindi nei conduttori della linea elettrica aerea esser indotte delle elevatissime sovratensioni che viaggiano verso la cabina secondaria e penetrando, arrivate al trasformatore, provocherebbero danni irreparabili (non essendo il trasformatore progettato per queste tensioni). Allora installeremo queste protezioni:



Lo spinterometro non è altro che uno scaricatore in aria, se il valore di sovratensione che arriva dal conduttore di linea è elevato tra gli elettrodi dello spinterometro (collegato a terra) si innesca un arco grazie al quale il conduttore scaricherà a terra. Evitando così che la sovratensione penetri o nella cabina o nel trasformatore.

Nella figura a lato sono mostrati degli scaricatori di una cabina ed hanno un morsetto collegato al conduttore di linea e l'altro all'impianto di terra. Sono scaricatori non lineari ma il principio di funzionamento è lo stesso, oltre il valore di taratura di tensione si innescherà arco nello scaricatore che taglierà la tensione a valori tollerati dagli isolamenti a valle.



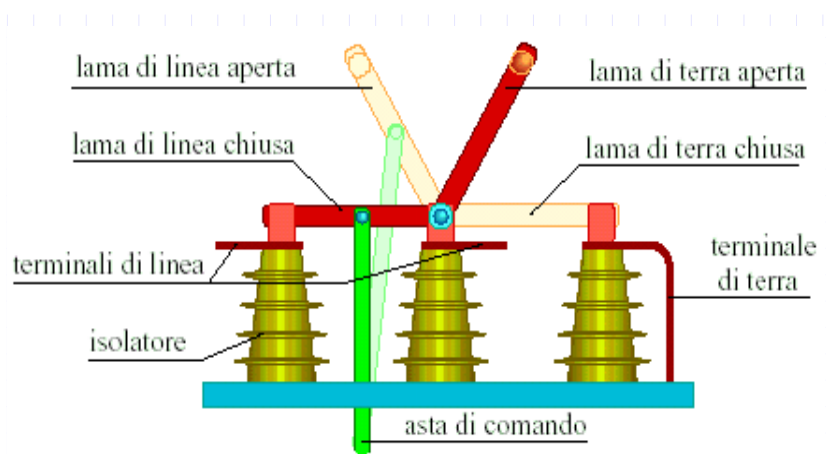
SEZIONATORE

Fondamentale per chi fa manutenzione pur essendo uno strumento rudimentale. Il suo ruolo è rendere visibile se l'impianto è aperto o chiuso. Ne esistono diverse tipologie e la loro peculiarità è che possono essere azionati solo a vuoto, per aprire o chiudere un sezionatore non deve cioè passare corrente.

Aperto il circuito, richiuderò la lama del sezionatore dalla parte opposta, rendendo equipotenziale il lato a valle con il terreno, potendo così intervenire in tutta sicurezza. Non solo così

renderò visibile che non c'è più collegamento elettrico tra l'impianto di monte (in tensione) e quello di valle (dove andrò a far manutenzione), ma per di più la parte di valle è messa a terra!

Esistono altri sezionatori che consentono la chiusura ed apertura del circuito ma pur sempre fino alla corrente nominale e si chiamano Interruttori di Manovra Sezionatori (IMS) che comunque rendono sempre visibile se rendono il circuito aperto o chiuso



INTERRUTTORI AUTOMATICI

Componenti fondamentali per l'apertura e la chiusura dei circuiti anche in condizione di guasto, cioè anche in presenza di corti circuiti. Possono essere automatici nel qual caso sono dotati di una logica che stabilisce l'apertura se si verificano particolari condizioni nell'impianto. Dato il comando l'interruttore apre il circuito pur passando corrente di corto circuito.

Questi componenti proteggono dalle sovracorrenti, ovvero correnti le quali il valore è superiore a quello di progetto dell'impianto. Non sono quindi tollerabili indefinitamente e dovranno essere quindi aperte.

Avremo diverse tipologie di sovracorrenti:

- **Transitorie**; Sono legate all'inserzione di un motore o al rush current di un trasformatore. Avevamo visto che le correnti di avviamento dei motori possono essere anche otto volte il valore della corrente nominale e in questa situazione l'interruttore non deve aprire, altrimenti il nostro motore non si avvierà mai. Invece dando tensione a vuoto ad un trasformatore (rush current), questo assorbe una corrente iniziale elevatissima e bisogna attuare delle strategie affinché l'inserzione del trasformatore non provochi l'apertura del circuito.
- **Sovraccarico permanente**; Dato dall'eccessivo carico per esempio in sede domestica. Assorbendo una potenza oltre il limite progettuale e contrattuale dell'impianto aprirà l'interruttore limitatore.
- **Sovraccarico di cortocircuito**; Un guasto, per esempio una perdita di isolamento di qualche componente elettrico oppure una azione involontaria, da luogo ad un corto e quindi correnti ingenti elevatissime che devono essere prontamente interrotte dall'interruttore.

Cosa accade all'interno dell'interruttore quando apre un circuito?

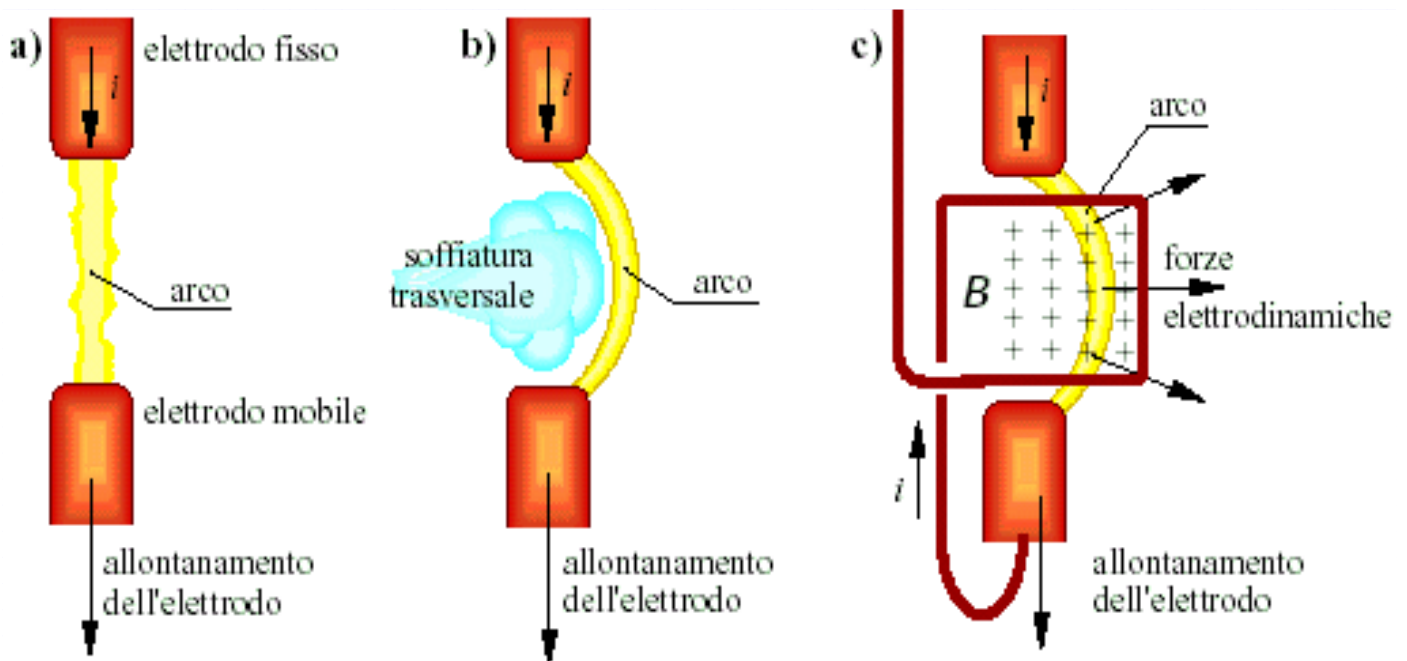
È riportata in seguito la schematizzazione di un circuito: alimentazione, equivalente di Thevenin nel punto di consegna, la nostra linea, utilizzatore e ai suoi morsetti c'è un corto circuito. Nel corto si stabilirà una corrente di guasto ingente che dovrà essere assolutamente aperta dall'interruttore. Questo, seppur gli elevati valori di corrente, è un componente abbastanza miniaturizzata.

All'interno dell'interruttore avremo contatto fisso e contatto mobile (sempre in figura). Quando arriva il comando di apertura (interno cioè nostro o esterno della logica) il comando mobile inizia a distaccarsi e ovviamente sarà impossibile avere istantaneamente nulla la corrente.



Perché il tentativo che sto facendo è far passare la corrente da un valore elevatissimo, istantaneamente a zero. Essendo di fatto il circuito (come circuito intendo tutta la linea di andata e ritorno del cavo praticamente) una spira, avrà sicuro un'induttanza diversa da zero e quindi si stabilirà una forza elettromotrice tra il contatto fisso e quello mobile ($f=L \cdot di/dt$). (che tenderà a far ricircolare corrente). Dove la derivata della corrente avrà valori elevatissimi perché sto tentando di portare la corrente da un valore elevato a zero. Quindi si manifesterà una tensione che innescherà un arco elettrico il quale ripristinerà la continuità del circuito e cioè il passaggio di corrente. Poi il contatto mobile continuando ad allontanarsi, richiamerà aria non ionizzata intorno all'arco e essendo la corrente variabile nel tempo sinusoidalmente per i primi passaggi per lo zero avremo l'estinzione dell'arco elettrico e così il circuito sarà aperto. Esistono diverse tecniche per spegnere l'arco nel minor tempo possibile per evitare che il passaggio dell'elevata corrente perduri nel nostro impianto dando luogo a inneschi di incendi o sforzi elettrodinamici che porterebbero a rottura. Queste tecniche di spegnimento in genere non sono presenti nel sezionatore ed ecco perché non può aprire la corrente: non riesce a spegnere l'arco. Infatti pur aprendo l'asta manualmente si stabilirà un arco che perdura e non permetterà l'effettiva separazione del circuito di valle da quello di monte. Gli IMS invece hanno all'interno rudimentali strumenti di spegnimento di arco che invece gli permettono di aprire correnti nominali.

Vediamo alcune tecniche di spegnimento:



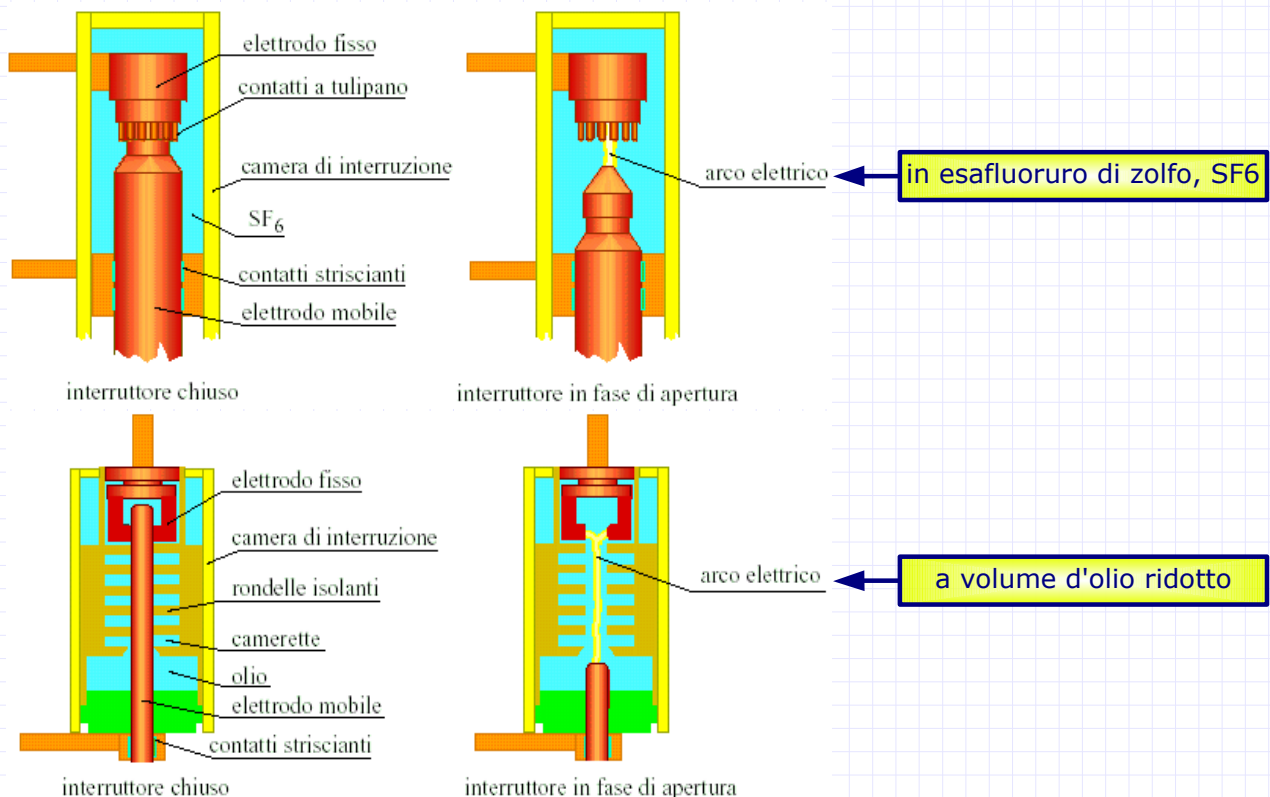
A) **Allontanamento tra elettrodo mobile e fisso;** (sopra descritto)

B) **Soffiatura dell'arco;** Per interruttori importanti viene iniettata aria compressa che soffia sull'arco, raffreddandolo ed allungandolo, portandolo così in zone di aria non ionizzata dove per i primi passaggi per lo zero della corrente avremo l'estinzione dell'arco.

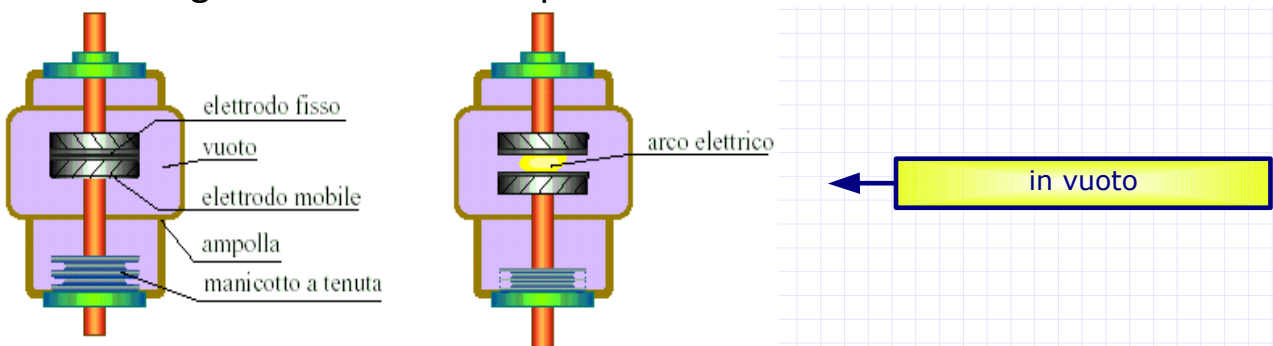
C) **Utilizzare un campo magnetico;** Si utilizza la forza della corrente di corto circuito per spegnere arco. Viene realizzata trasversalmente all'arco una bobina che è in serie. Vi passerà dunque la stessa corrente di corto circuito che passa nell'arco, creerà quindi un campo magnetico (ad elevato valore in quanto prodotto dalla corrente di guasto) ortogonale all'arco e quindi per azione elettrodinamica verrà spostato in zone non ionizzate e per i primi passaggi dello zero l'arco si spegne naturalmente. (forse grazie alla forza di Lorentz)

- **In esafloruro di zolfo;** Presenta un contatto a tulipano, con contatto fisso e mobile. All'allontanamento dei due contatti l'arco non si sviluppa in aria ma in esafloruro di zolfo che avendo una costante dielettrica molto superiore di quella dell'aria estinguerà l'arco per distanze molto inferiori.

- **A volume d'olio ridotto;** Allontanando il mobile dal fisso, l'olio presente nelle camerette (fresco e non ionizzato) andrà a lambire l'arco stabilizzato, favorendo rapidamente la sua estinzione.

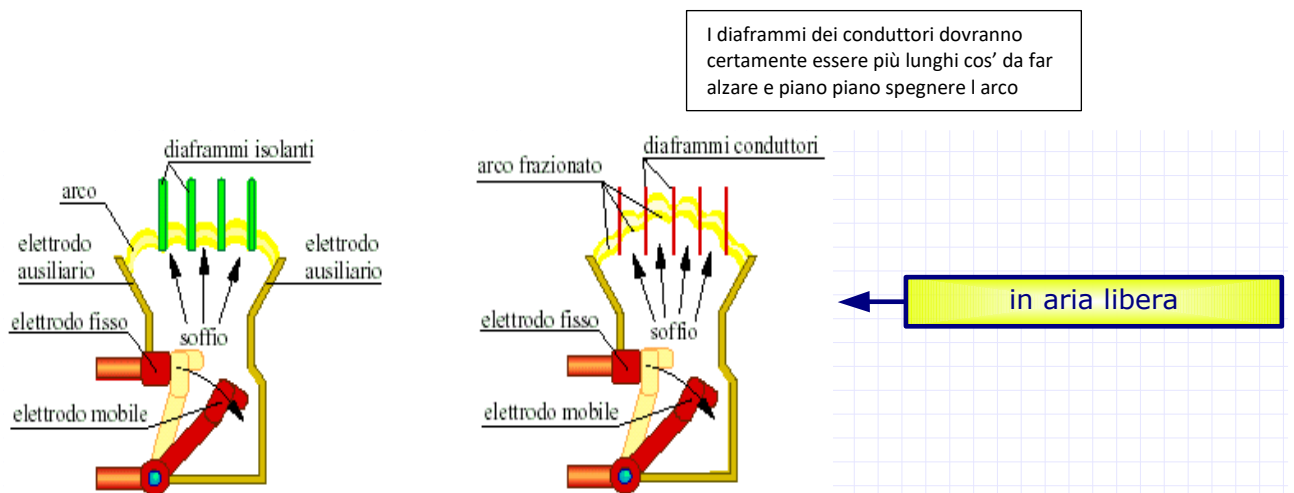


- **Interruttore in vuoto;** Formandosi l'arco grazie alla presenza di un dielettrico presente, allora in presenza di vuoto non avrà materiale su cui stabilirsi e quindi non si instaurerà oppure si estinguerà immediatamente. Questo però risulta un problema chiamato strappamento dell'arco e negli impianti può portare a diversi problemi. Tra cui problemi relativi alla presenza di sovratensioni che rimangono sui conduttori provocando sforzi elettrodinamici.



- **In aria libera;** Sono utilizzati prevalentemente per BT ed uso domestico. Arrivando il comando di apertura, si formerà l'arco che

per azione elettrodinamica tende a salire e quando il contatto mobile raggiunge l'elettrodo ausiliario, l'arco che subisce la spinta abbandona il contatto mobile, passa sul elettrodo ausiliario e salendo entrerà in rami chiamati camere spegni-arco (nel primo caso isolanti e nel secondo conduttori). In questo processo avendo già percorso spazio, subir già un primo raffreddamento. Nel primo caso salendo quindi in queste camere dove l'aria è fresca e non ionizzata per i primi passaggi dello zero si spegne. Nel secondo invece si ha un allungamento molto rapido dell'arco che va sempre in zone non ionizzate per poi spegnersi. Si tratta di eventi devastanti per le camere spegni arco, sottoposte a numerosi sforzi e quindi deterioramento. Per gli impianti più importanti, la fuoriuscita di materiale incandescente potrebbe danneggiare altre zone dell'impianto e quindi vengono distanziate ed isolate una dall'altra le varie camere e i suoi cunicoli.

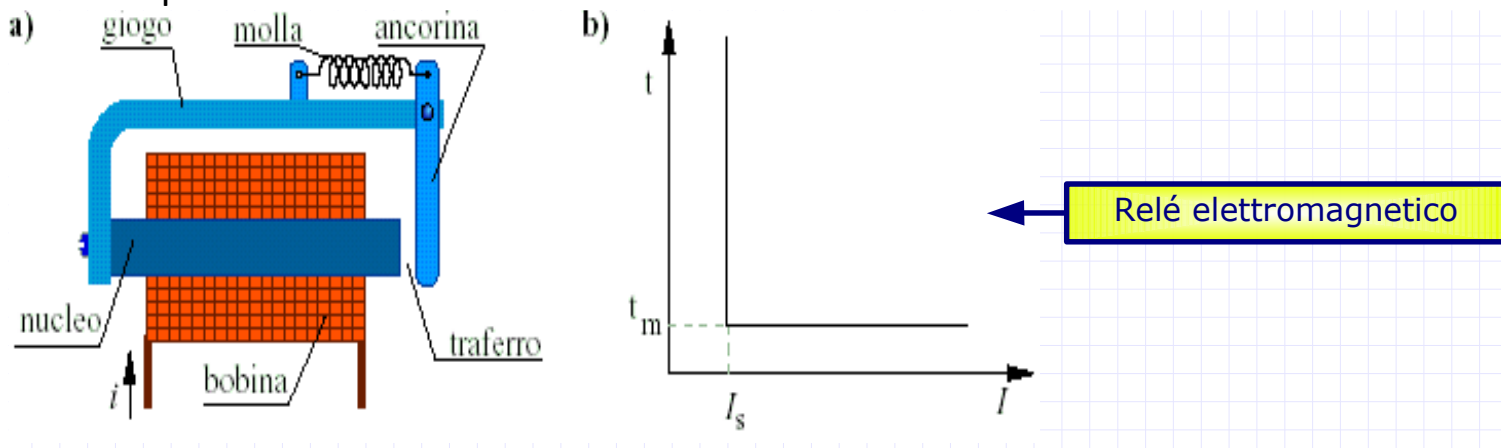


RELÈ

I relè si occupano di dare il comando di sgancio all'interruttore in caso si manifesti nell'impianto una situazione anomala di funzionamento, non per forza quando si ha corrente di corto. Infatti ci sono moltissime tipologie di relè ognuno progettato per sovrintendere ad una specifica funzione e misurare una specifica grandezza, noi vedremo solo la **protezione da sovraccarico, corto circuito e protezione differenziale**. Tuttavia il principio di funzionamento rimane lo stesso, il relè valuta e

misura una grandezza e se viene superata la soglia darà il comando di sgancio.

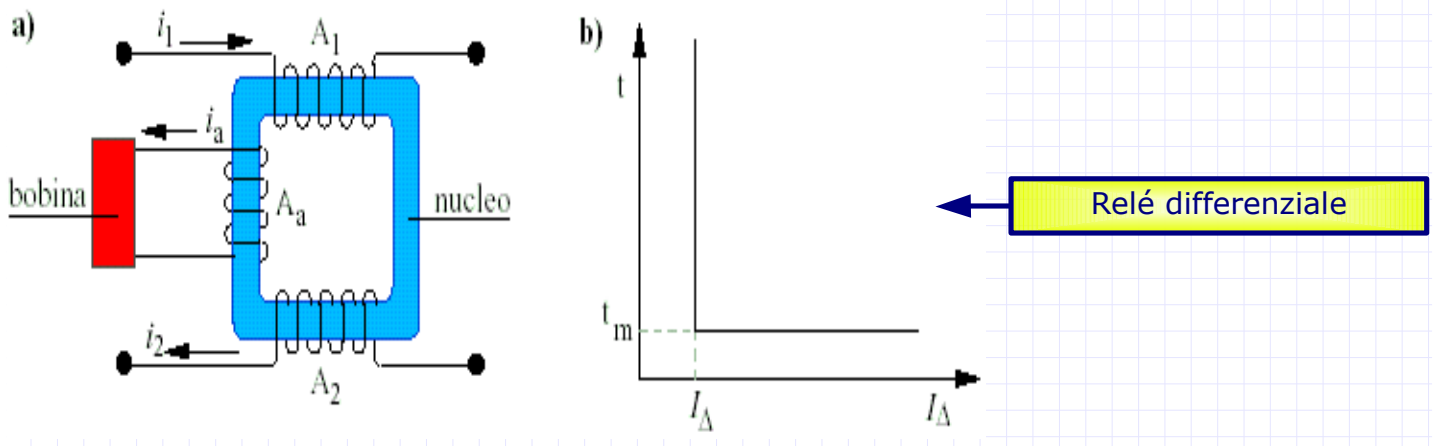
Il relè **elettromagnetico** ricorda un'elettrocalamita, si vede il nucleo di materiale ferromagnetico, la bobina e l'ancorina mobile tenuta in posizione dalla molle. Quando la corrente che interessa la bobina crea un campo magnetico sufficiente ad attrarre l'ancorina mobile lo spostamento dell'ancorina libera un meccanismo che porta allo sgancio ed apertura meccanica automatica dell'interruttore.



I relè si caratterizzano attraverso la così detta **caratteristica di intervento**, una curva che rappresenta l'intervento del relè nel piano corrente tempo. Questa curva si chiama a tempo istantaneo perché appena superato il valore di soglia parte il comando di sgancio, prima di questa corrente di soglia il relè non interviene. Il tempo di intervento è detto tempo base ed è in genere 20 ms escluso il tempo necessario ad aprire l'arco (il tempo di intervento non è t_m riportato in figura!!). Per la MT si stima che l'interruttore apre il circuito in 70 ms, quindi tempi al di sotto ampiamente del secondo.

Il **relè differenziale** misura correnti di dispersione che hanno valori molto piccoli (mA) e che possono essere letali per l'uomo. Questo interruttore si accorge se nel circuito ci sono correnti di dispersione che si richiudono per altre vie rispetto al circuito con valori dell'ordine di mA. Il funzionamento è banale, è sostanzialmente una toroide dove vengono avvolte nel caso di circuito monofase i due conduttori (andata e ritorno) in maniera tale che nel nucleo di materiale ferromagnetico nel caso di

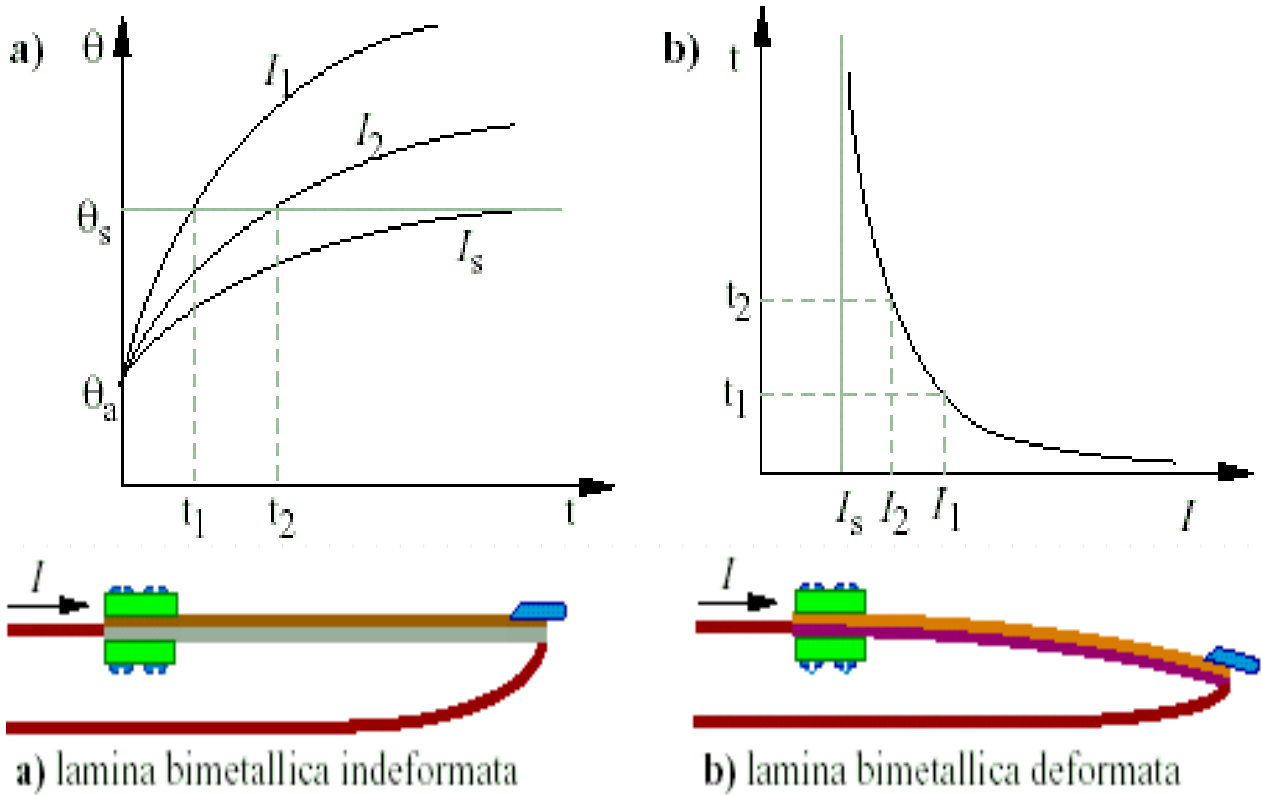
funzionamento normale (corrente di andata uguale a quella di ritorno) producono nel ferro un flusso di induzione magnetica risultante nullo. Allora l'avvolgimento ausiliario sarà interessato da una fem nulla. Se avessi invece perdita di isolamento verso massa e ci fosse una corrente che quindi si richiude per un'altra via, allora la differenza di corrente darebbe un flusso di induzione magnetico risultante diverso da zero. Il



flusso produrrà una fem che darà luogo così al passaggio di corrente, sulla bobina ausiliaria superato un certo valore di soglia darà il comando di sgancio e apertura all'interruttore. La differenza tra queste correnti è molto piccola, nelle nostre abitazioni i differenziali sono sensibili ad una corrente di soglia di 30 mA, quindi quando riapre il differenziale nel nostro impianto ci sarà una dispersione di corrente superiore a 30 mA. Meccanicamente l'azione di sgancio consiste nel sfilare il nottolino che libera la molla e il circuito viene aperto (chiudendo il circuito la molla è caricata). Anche questo tipo di relè ha una curva di intervento a tempo istantaneo come quello elettromagnetico.

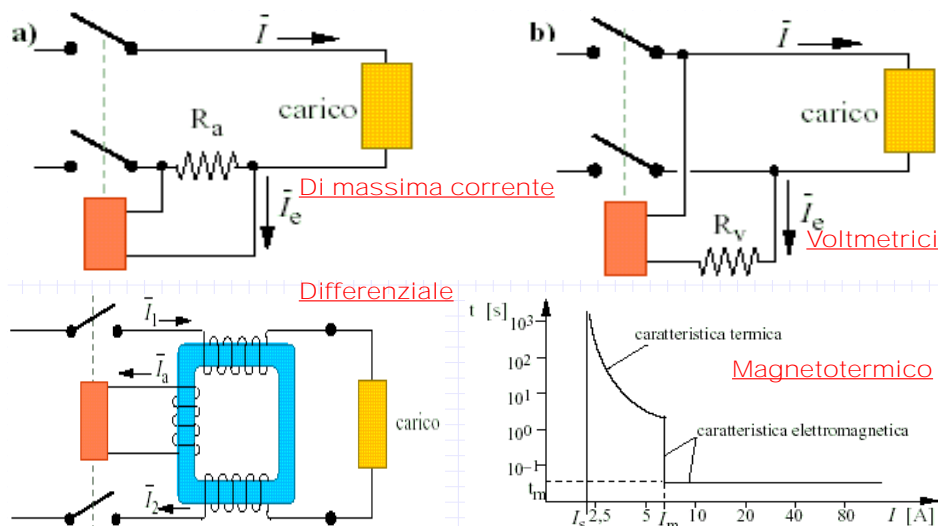
Il **relè termico** invece è formato da una lamina composta da due materiali con coefficienti di dilatazioni diversi e vengono attraversati dalla corrente che interessa l'interruttore e contemporaneamente riscaldandosi si allungano in modo diverso. La diversa elongazione porta ad un incurvamento (una si allunga di più dell'altra). Se la corrente che passa produce un riscaldamento tale che questa deformazione supera un valore limite viene liberato il nottolino di sgancio che aziona la molla dell'interruttore che apre il contatto mobile rispetto al contatto fisso.

Questo è un procedimento termico e quindi sicuramente la curva di intervento non potrà essere istantanea essendo legata ai fenomeni di riscaldamento della lamina. Questo tipo di curva è chiamato a tempo



inverso, maggiore è la corrente minore è il tempo che il relè impiega a dare un comando di sgancio. Ovviamente anche in questo caso ci sarà una corrente di soglia, al di sotto della quale il relè non dà luogo ad alcun tipo di intervento.

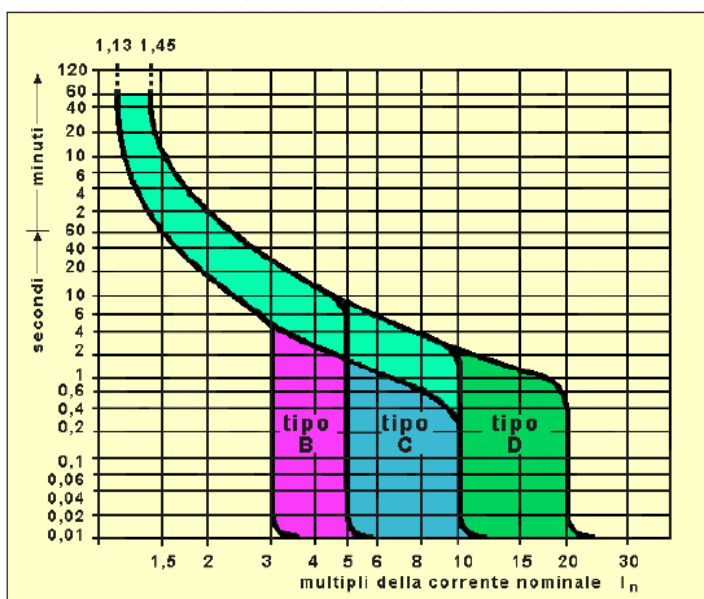
Esistono anche sganciatori che controllano la tensione. Alcuni controllano il valore di tensione in rete e se scende sotto certi valori aprono, oppure ci sono alcuni che stimano l'impedenza vista a valle per capire se c'è guasto e dove è localizzato (AT-MT).



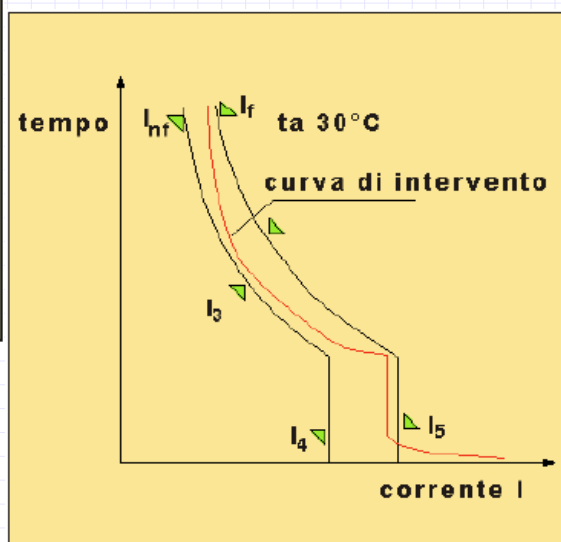
Quindi tutta una pletora di logiche che valutano le grandezze sull'impianto e danno comandi di intervento di apertura e chiusura agli interruttori. Per esempio uno di minima tensione può dare il comando di apertura del sezionatore di sbarra o chiusura del gruppo diesel per andare ad alimentare con continuità un certo gruppo di carichi.

INTERRUTTORI AUTOMATICI

Gli interruttori nelle nostre abitazioni vengono chiamati **magnetotermici** perché all'interno hanno sia un relè magnetico che sottintende alle correnti di corto (guasto) e un relè termico che invece controlla eventuali sovraccarichi. La combinazione delle due caratteristiche, in figura sottostante, dà luogo alla caratteristica di intervento classica che caratterizza tutti i nostri interruttori.



- B 3-5 I_n piccole correnti di inserz.
- C 5-10 I_n ohmico induttivo con medie correnti di spunto
- D 10-20 I_n elevate correnti di inserzione (trasformatori, motori, ecc.)



I^2t	1	2	3
	B	C	B C
16 A	3 kA	NO	31000 37000
	6 kA	NO	100000 120000
	10 kA	NO	240000 290000

Gli interruttori usati nelle nostre abitazioni, per usi domestici è quella tipologia di interruttori che fanno riferimento alla vecchia norma CEI23 e oggi invece fa riferimento a CEI60898. Poi abbiamo interruttori di tipo industriali, piuttosto complessi performanti e logiche complicate prima

facevano riferimento alla CEI 17.5 e oggi invece alla CEI60947.

In relazione a come sono costruiti li possiamo classificare come aperti, scatolati o modulari:

- **Gli aperti;** in relazione alle correnti che possono gestire vengono installati nel power center, tipici interruttori da cabine pure piuttosto importanti
- **Gli inscatolati;** comunemente usati in tutti i quadri , in ambiente anche industriale
- **Modulari;** sono quelli che abbiamo nelle nostre abitazioni (e nel quadro dell'aula a ex poste) sono caratterizzati dall'essere costituiti da un solo blochetto perché intervengono solo su un polo, cioè solo su un conduttore (che può essere di fase o di neutro). Per aprire il circuito bisogna accoppiarne due, uno apre la fase e l'altro il neutro. Visto che ci deve essere contemporaneità nell'apertura della fase e del neutro, devono esserci due levette davanti al computer che serve per manovrarlo e normalmente c'è barretta metallica che lega insieme rigidamente e azionando i due moduli è come se ci fosse l'apertura e la chiusura di un solo interruttore.

Dal punto di vista dell'interruzione della corrente invece gli interruttori possono essere suddivisi tra limitatori, rapidi o selettivi:

- **Limitatori;** Limitano l'energia specifica passante, elemento dal punto di vista progettuale fondamentale. Questa grandezza, $(i^2)*t$, rappresenta l'energia che durante un guasto attraversa l'interruttore e va a interessare la linea a valle e va a sollecitare termicamente il cavo. Gli interruttori limitatori, limitano questa energia specifica passante andando a variare la corrente che si stabilirebbe all'interno del circuito. Avendo un corto, bloccando la corrente di corto circuito che si stabilisce ai morsetti dell'interruttore, avrò transitorio iniziale dove la corrente avrà valore di picco elevatissimo e poi oscillerà fino ad un valore di regime che siamo in grado di calcolare che è la corrente (I_{cc}) permanente di corto circuito, quella che si instaurerebbe se nel circuito non intervenisse nessuna protezione dopo un certo intervallo di tempo. Allora straordinariamente i limitatori limitano l'energia specifica passante aprendo il circuito quando la corrente di corto è appena il 20% della corrente di picco che è 2,2 volte la I_{cc} .

Estremamente performanti, riescono aprire appena si è stabilito il corto circuito, quindi prima riesco a bloccare la corrente, minore sarà l'energia specifica che arriverà a valle (infatti l'energia specifica passante è proprio $(i^2)*t$). Hanno quindi prestazioni molto migliori degli interruttori normali

- **Rapidi;** intervengono al 80-% della corrente di picco
- **Selettivi;** In cui è possibile stabilire un ritardo intenzionale e fare in modo che nel mio impianto intervenga l'interruttore di unicità al guasto. Avendo l'impianto una struttura gerarchica (albero rovesciato), in corrispondenza dei diversi quadri avendo diversi interruttori, in un guasto devono intervenire gli interruttori che sovrintende la linea di alimentazione fino a quel punto. Affinché ciò sia possibile è necessario che l'interruttore di monte che andrà ad alimentare quel quadro, in relazione a tanti fattori che prenderemo adesso in esame, qualora senta il corto circuito non intervenga subito ma dia il modo all'interruttore a valle di intervenire.

Gli interruttori che andremo ad utilizzare, con (230-400) V, avranno taglie standardizzate (6-10-13-16-20...) A quelli che andremo ad utilizzare per i punti luce saranno a 10 A e quelli per le prese a spina a 16 A.

Sono caratterizzati anche da altri importantissimi parametri come la corrente convenzionale di non intervento del termico (I_{nc}). È un paletto che impone la norma ai costruttori, questa tipologia di interruttori devono esser costruiti in maniera tale che se l'interruttore ha una corrente nominale $I_n \leq 63$ A deve garantire che una corrente di $1,13 * I_n$ sia tenuta almeno un'ora, se invece supera $I_n > 63$ A il tempo da tenere in considerazione è due ore.

Alcuni valori nominali degli:

- interruttori per usi domestici e similari (anche industriali) – CEI-EN 60898 (ex CEI 23.3)

tensione nominale (230, 400 V)

corrente nominale (6-10-13-16-20-25-32 ... 125 A)

corrente convenzionale di non intervento del termico I_{nf}

$$I_{nf} = 1,13 I_n \quad I_n \leq 63A \quad t \geq 1h - \quad I_n > 63A \quad t \geq 2h$$

corrente convenzionale di intervento del termico I_f

$$I_f = 1,45 I_n \quad I_n \leq 63A \quad t < 1h - \quad I_n > 63A \quad t < 2h$$

corrente di intervento istantaneo del magnetico (no ritardo intenzionale)

potere di c.to c.to: di servizio I_{cs}

estremo I_{cn} (nom. 1.5-3-4.5-6-10-15-20-25 kA)

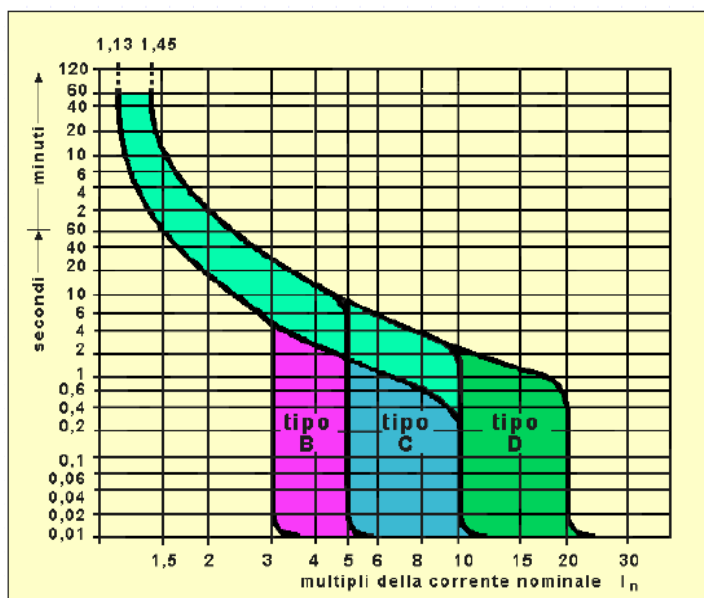
$$I_{cn} \leq 6 \text{ kA} \quad 6-10 \text{ kA} \quad > 10 \text{ kA}$$

$$I_{cs}/I_{cn} \quad 1 \quad 0,75 \quad 0,5$$

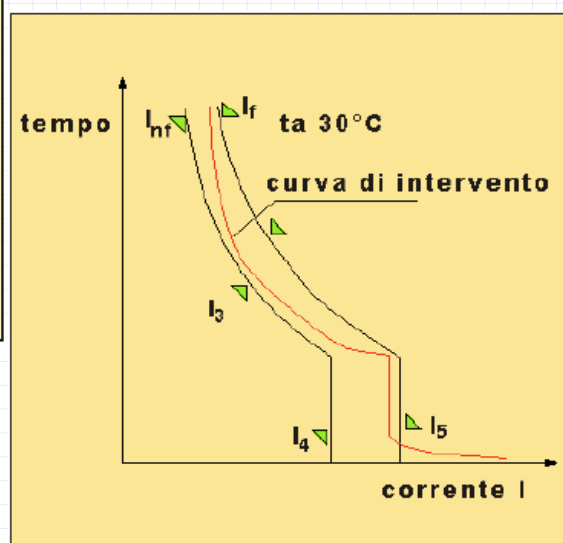
classe energia specifica passante

- interruttori per usi industriali - CEI-EN 60947-2 (ex CEI 17.5)

Poi abbiamo la corrente convenzionale di intervento del termico, per interruttori di I_n minore di 63A una corrente di 1,45 la corrente nominale deve produrre l'apertura del interruttore in un tempo inferiore a un'ora. Quindi la caratteristica di un qualsiasi interruttore facente riferimento a



- B 3-5 I_n piccole correnti di inserz.
- C 5-10 I_n ohmico induttivo con medie correnti di spunto
- D 10-20 I_n elevate correnti di inserzione (trasformatori, motori, ecc.)



I^2t	1	2	3
	B	C	B C
16 A	3 kA	NO	31000 37000
	6 kA	NO	100000 120000
	10 kA	NO	240000 290000

questa norma si deve sviluppare tra i due paletti in figura, per esempio quella rossa. Impone questo, in maniera tale che i diversi costruttori

abbiano un riferimento comune e quindi il progettista sia ragionevolmente sicuro sul comportamento di questa tipologia di componenti.

Abbiamo altri parametri molto importanti, come il **potere di corto circuito** di servizio, ovvero la corrente di corto circuito che il mio interruttore può aprire senza subire particolari danneggiamenti.

Poi c'è **corrente di corto circuito estremo** (I_{cu} sul libro di testo) ed è la corrente massima che il interruttore può aprire, dopo non è garantito il corretto funzionamento.

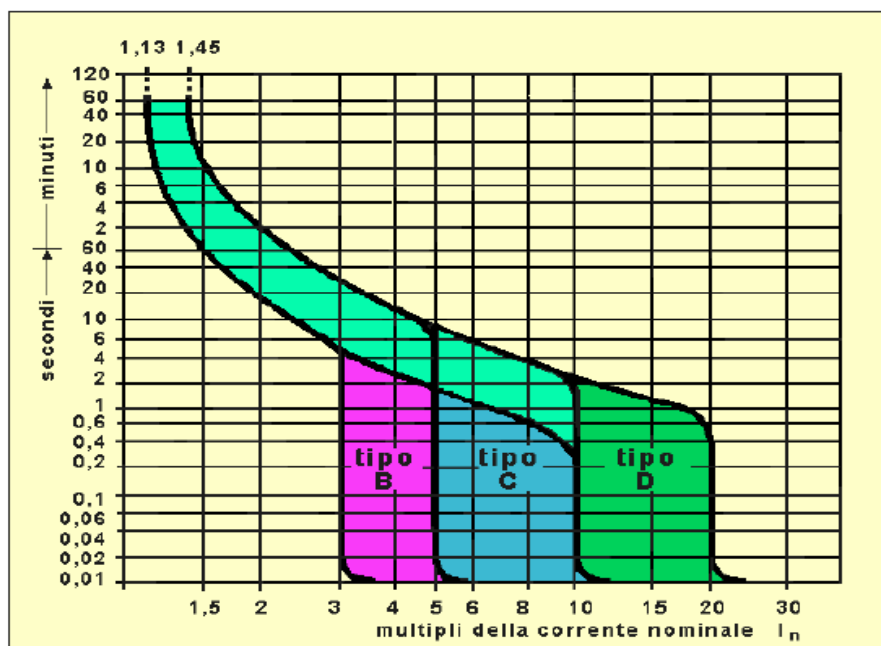
Chiamata I_{cs} corrente di corto circuito di servizio e I_{cn} corrente di corto circuito estremo vediamo i loro rapporti, vediamo che per interruttori di

corrente di intervento istantaneo del magnetico (no ritardo intenzionale) potere di c.to c.to:

	di servizio I_{cs}	estremo I_{cn} (nom. 1.5-3-4.5-6-10-15-20-25 kA)		
I_{cn}	≤ 6 kA	6-10 kA	> 10 kA	
I_{cs}/I_{cn}	1	0,75	0,5	

potere di c.to di 6kA anche il potere di interruzione massimo (estremo) assume quel valore. Invece per gli altri scende, cioè l'interruttore di interruzione estremo in questo caso è per esempio di 20kA ma una volta che ha aperto non è più garantito il funzionamento.

Queste sono le tre tipologie di interruttori che utilizzeremo nei nostri

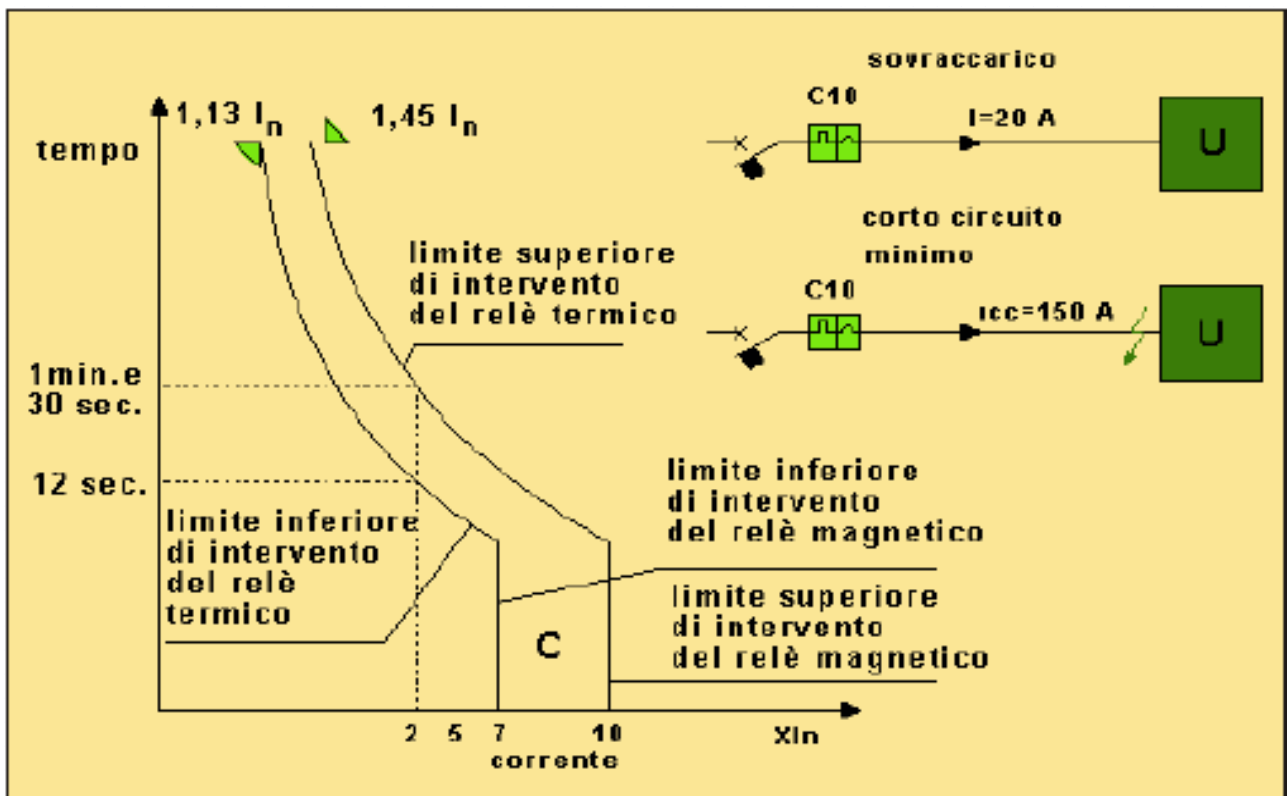


- B 3-5 I_n piccole correnti di inserz.
- C 5-10 I_n ohmico induttivo con medie correnti di spunto
- D 10-20 I_n elevate correnti di inserzione (trasformatori, motori, ecc.)

impianti B,C e D.

Le curve rappresentate, differiscono nell'intervallo della soglia magnetica; (quindi per la corrente di cortocircuito a cui aprono) con B 3-5 volte I_n , C 5-10 volte I_n e D 10-20 volte I_n . Tenendo presente che di fatto per uso domestico si utilizzano quasi esclusivamente quelli di tipo C. Nella targa dell'interruttore di casa, frontalmente, si trova C10 (o C 16) , indicano che ha 10 o 16A di corrente nominale e quindi una corrente di corto circuito tra 5-10 volte la corrente nominale.

Prendiamo in considerazione un interruttore di tipo C-10, che ha in questo caso particolare la soglia di intervento tra 7-10 volte la corrente nominale.



Avremo che a causa di un sovraccarico la linea sarà interessata da corrente di 20 A (due volte la nominale), che cosa accade e in quanto agisce la mia protezione?

Sull'asse delle ascisse non è mai riportata la corrente, ma la corrente diviso la corrente nominale, quindi tutti numeri puri. Staccando da 2 (20 A), questa retta interseca la caratteristica a tempo inverso in due punti, 12 s e 1 min e 30 s. Interpretando il grafico, sicuramente per 12 s la mia protezione non interverrà (tempo di sicuro non intervento della protezione. Invece sicuramente interverrà prima di 1 min e 30 s. Avremo quindi campo di incertezza, non sapremo quando la protezione interverrà, dipende da molteplici fattori (tra cui anche la temperatura ambiente per esempio).

In un secondo caso, si realizza guasto in corrispondenza dell'utilizzatore e transita una corrente di 150 A, cioè 15 moltiplicato I_n . L'intervento di questa protezione è istantaneo (o su tempo base) perché supera il valore di 10 che è il limite superiore della soglia magnetica di questo interruttore.

FUSIBILI

Un altro elemento esclusivamente di protezione è il fusibile. Ne esistono diverse tipologie: per uso generale, per motori e per uso combinato. Estremamente interessante perché è disponibile a bassissimi costi e di funzionamento certo, tuttavia il suo problema è che una volta intervenuto bisogna sostituirlo.

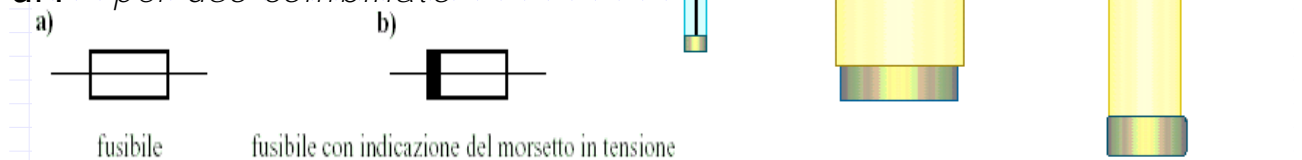
Possono avere svariate forme, e nel mondo degli impianti possono avere anche grandi dimensioni (cassoni riempiti di sabbia per facilitare lo spegnimento dell'arco).

Fusibili

gG – per uso generale

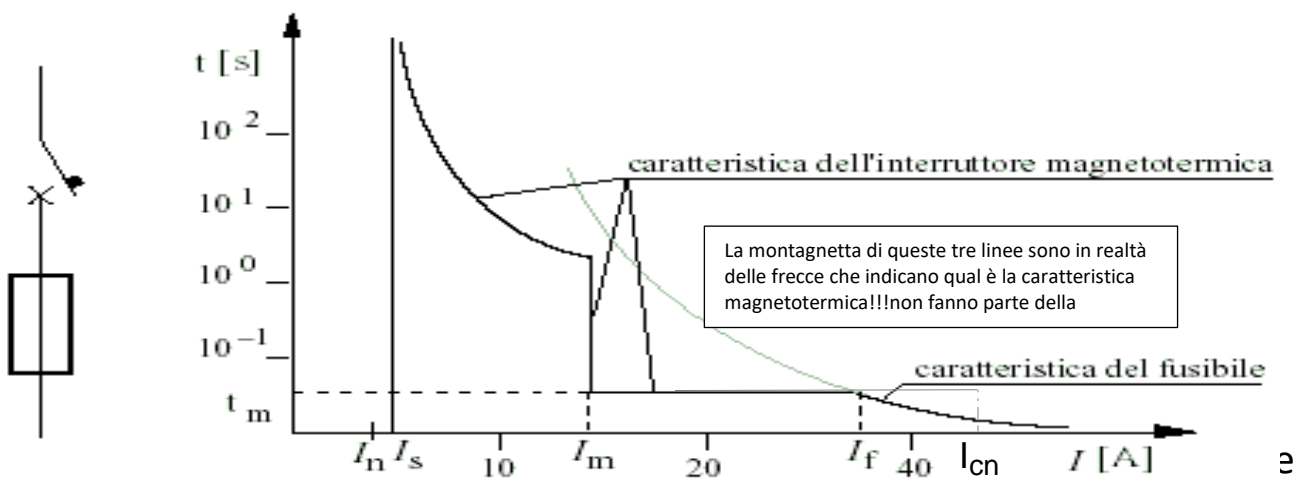
gM – protezione motori

aM – per uso combinato



Ad una sola analisi visiva non si può sapere se è intervenuto o meno e non si può determinare quale è dei due morsetti quello che dopo l'apertura rimane in tensione. Quindi sul corpo del fusibile ci devono essere delle indicazioni chiare sullo stato di salute del fusibile (se aperto o no) e su qual è il morsetto che una volta che il fusibile è aperto rimane in

tensione, per intervenire in sicurezza quando si sostituisce il fusibile. Hanno buona diffusione negli impianti di distribuzione di illuminazione pubblica e vengono installati anche in serie ad un interruttore realizzando quella che si chiama protezione di back up. Ovvero l'interruttore mi permette di manovrare (anche a distanza, telecontrollando) in apertura e chiusura il circuito che ha una caratteristica di intervento a tempo istantaneo, accoppiandogli in serie il fusibile che ha caratteristica di intervento a tempo inverso, otterrò una curva caratteristica di funzionamento come nella figura sottostante:



dovrei sceglierlo in maniera tale che sia in grado di aprire quella corrente di corto, più questa è elevata più l'interruttore avrà costo maggiore.

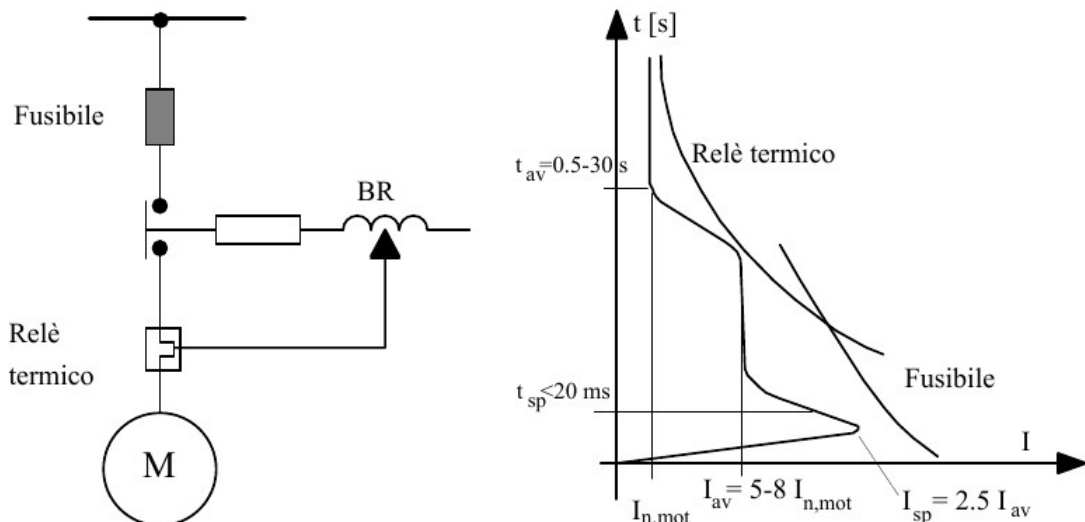
Allora visto che magari la probabilità di avere un guasto subito a valle dell'interruttore è molto bassa, allora prenderò un interruttore in grado di aprire una corrente di corto circuito più piccola tarandola in base a quella che normalmente potrò avere sul mio impianto. Però rimarrà scoperta una porzione di impianto (per esempio all'interno del quadro dove è installato l'interruttore) e per coprire quella regione installeremo un fusibile.

Così nella zona più probabile di manifesto di una corrente di corto interverrà l'interruttore e invece nella regione di destra dove la probabilità è estremamente bassa ci metterò un fusibile. Quindi in questo modo avrò risparmiato molto perché l'interruttore deve avere potere di interruzione minore della massima corrente di corto circuito (poiché nella regione di non copertura sarà presente il fusibile).

PROTEZIONI PER MOTORI

I motori normalmente sono pilotati, non dagli interruttori perché non possono chiudere 10-20 volte l'ora come normalmente richiedono i motori. Vengono quindi comandati dai contattori o teleruttori (normalmente comandati anche a distanza) che sono in grado di aprire e chiudere tante volte (pur sempre la corrente nominale e mai correnti di guasto).

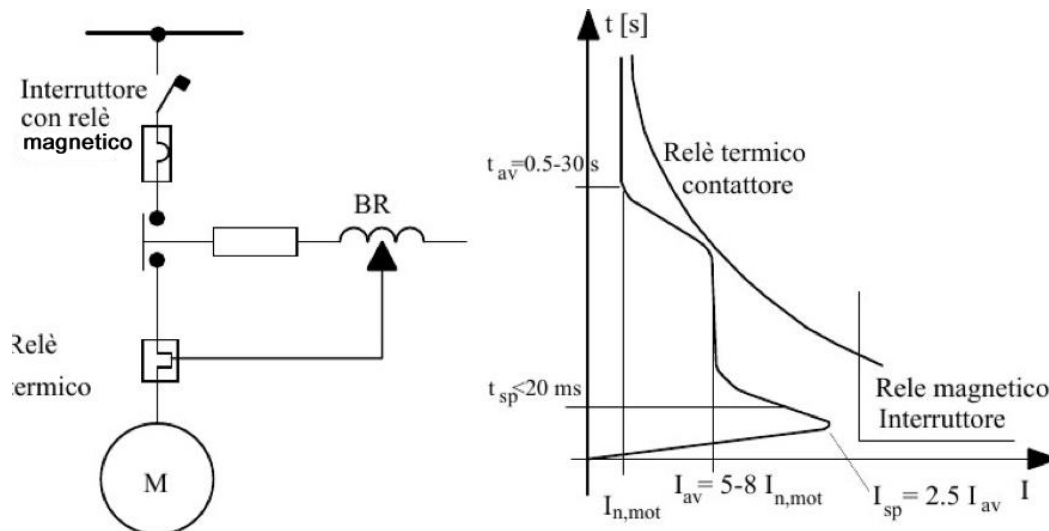
Quando un motore spunta (all'avviamento), assorbe correnti molto importanti e sono funzione della taglia del motore. La corrente di avviamento è 5-6-8 volte la corrente di nominale, e in base ai valori degli interruttori, per esempio da uno di tipo C, è vista come corrente di guasto e quindi non potrà mai essere utilizzato per un motore. Nel grafico è riportata l'andamento nel tempo della corrente assorbita dal motore in avviamento:



Corrente di picco 2.5 volte quella di avviamento, corrente di avviamento 5-8 volte quella nominale. Transitorio che può durare dai 0.5s ai 30 s e dipende dalla taglia del motore (dalla sua inerzia). Quando utilizzo un motore di questo tipo devo usare interruttore che non leggano questa come una corrente di guasto. Questo significa che la caratteristica di intervento delle protezioni che uso deve essere tutta a destra della corrente di avviamento e non deve mai essere intercettata la curva della corrente di avviamento. In questo caso viene utilizzato quindi un relè termico ed un fusibile. Classica protezione di una macchina, che risulta esse anche abbastanza economica. Il relè serve a dare il comando di

sgancio alla bobina di ritenzione del contattore qualora si verifichi un sovraccarico della macchina, il fusibile invece apre qualora ai morsetti della macchina ci fosse un guasto.

Una soluzione più sofisticata sarebbe utilizzare come protezione per macchina un relè magnetico che deve avere corrente di soglia istantanea



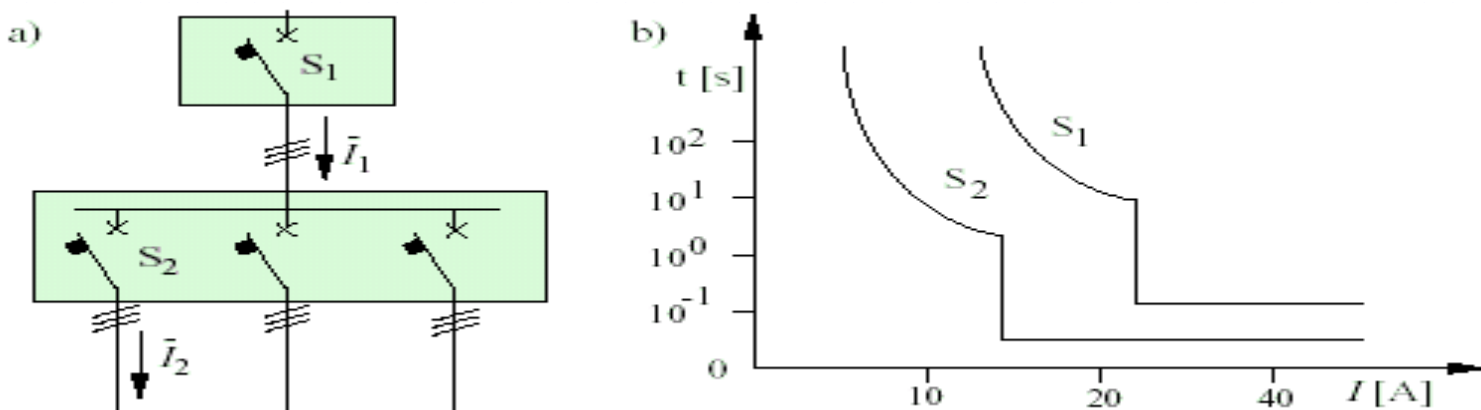
maggiore della corrente di spunto (di picco) del motore (altrimenti aprirebbe) ed uno termico. Quello termico comanda la bobina di sgancio controllando eventuali sovraccarichi della macchina. Quello magnetico controlla eventuali guasti.

SELETTIVITÀ

In figura ho per esempio un interruttore a monte S1 del quadro di piano dal quale parte la linea che deve alimentare il secondo quadro, in quest'ultimo ci sono diversi interruttori per esempio S2, interruttore che sovrintende, controlla e protegge per esempio la linea che alimenta i punti luce. Se avessi un guasto sulla lampada protetta da S2, è lui che dovrà intervenire, mettendo così fuori uso solo il circuito affetto da guasto. Se invece intervenisse S1 metterei fuori servizio tutte le alimentazioni dell'aula, allora dovrò realizzare selettività tra l'interruttore di valle e quello di monte, il quale deve intervenire solo in seconda battuta (eventualmente fallisse l'intervento di S2, il quale può anche rompersi o danneggiare). Bisognerà quindi sempre avere S1 pronto come ruota di scorta.

Le selettività che si realizzano possono esser parziali o totali, amperometriche o cronometriche.

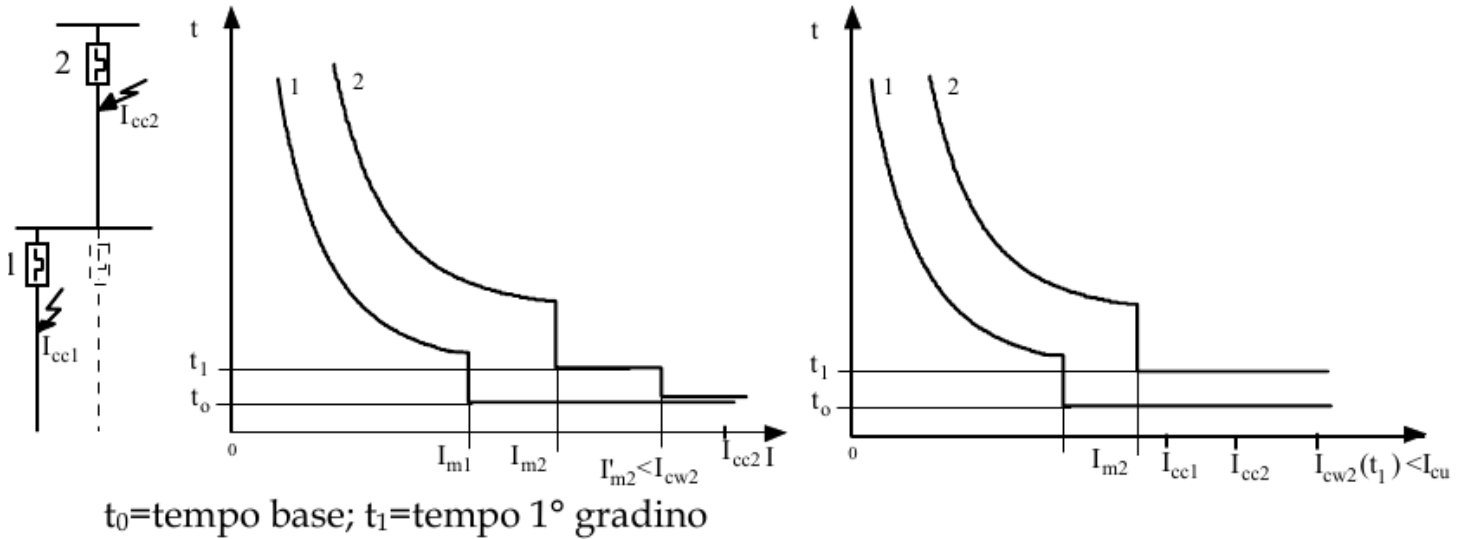
La **amperometrica** si ha giocando sui valori della corrente nominale dell'interruttore. Se la curva dell'interruttore S1 è shiftata verso destra vuol dire che la corrente nominale di S1 è maggiore di S2, e quindi si ha uno scorrimento della caratteristica di S1 verso destra che già dà selettività. Infatti una corrente di 15 A per esempio darebbe l'intervento istantaneo di S2 che la leggerebbe come corrente di guasto e darebbe intervento di 10-15 s dell'interruttore di S1 che la vedrebbe come corrente di sovraccarico. Questo fenomeno ci sarebbe anche se considerassi zona di estrema destra (correnti superiori), invece se nella zona di estrema sinistra avessi un fallimento di S2 non avrei protezione (situazione rara).



La cronometrica invece, per una corrente di 40 A viene vista come corrente di guasto sia da S1 che S2 e quindi teoricamente non si sa quale potrebbe intervenire prima. Tuttavia se impongo a S1 un ritardo intenzionale, anziché intervenire istantaneamente intervieni dopo 50 ms, e in questo modo ho realizzato la selettività cronometrica prima interverrà S2 e poi S1.

Nota: in figura b, è rappresentata un selettività contemporaneamente amperometrica e cronometrica. La selettività cronometrica sarebbe coordinare due curve di intervento mettendone una più in alto dell'altra. Amperometrica verso coordineremmo utilizzando due interruttori con curve schiftate verso dx.

In figura quello a gradini è di tipo industriale, a bordo macchina ha un sistema di controllo dei ritardi intenzionali e posso regolare l'intervento magnetico su diversi gradini (5 scalini in figura).



Corrente che l'interruttore può sopportare per il tempo di ritardo

$I_{cw2} = (\max(12 I_n, 5 \text{ kA}) \text{ per } I_n < 2500 \text{ A}$
oppure 30 kA per $I_n \geq 2500 \text{ A}$

$$I_{cw2} \leq I_{cu}$$

Tempi di soglia ($t_0 = 0.020 \text{ s}$)

0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1 s (5 scalini)

Partendo da tempo base di (0-20) ms gli interruttori che posso installare a monte possono essere regolati con questi ritardi intenzionali (50-100-250-500-1000) ms, questo ci dà grande flessibilità nella gestione di diversi livelli del mio impianto cosa che con gli interruttori domestici non si ha. Proprio per questo fare 2-3-4 livelli con gli interruttori che abbiamo a disposizione diventa molto difficile e complicato se non impossibile.