

Interruttori, fusibili, relè. Protezione delle condutture dal sovraccarico e dal cortocircuito.

dott. ing. Lucia FROSINI



Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione
Università di Pavia
E-mail: lucia@unipv.it

1

L. Frosini

Corrente nominale e sovracorrente

Le apparecchiature elettriche sono caratterizzate, oltre che da un valore di tensione nominale, anche da un valore di **corrente nominale**, specificato dal costruttore nei dati di targa e corrispondente alla potenza nominale dell'apparecchiatura stessa. Questa è la corrente che deve essere sopportata senza che il riscaldamento delle diverse parti dell'apparecchiatura superi i limiti specificati.

Si parla di **sovracorrente** ogni volta che un'apparecchiatura assorbe una **corrente maggiore di quella nominale**.

Sostanzialmente si possono distinguere:

- ✚ sovracorrenti dovute a **sovraccarichi** (in un circuito elettrico non guasto);
- ✚ sovracorrenti dovute a guasti (**corto circuiti**).

Questa distinzione è importante perché le sollecitazioni indotte da questi due tipi di sovracorrenti sono molto diverse e richiedono diversi dispositivi di protezione.

2

Sovraccarico

Il **sovraccarico** riguarda un **circuito elettricamente sano**, interessato da una **corrente non troppo superiore a quella nominale** (generalmente al massimo 6-8 volte quella nominale), che può essere sopportata per un determinato tempo e **produce essenzialmente sollecitazioni termiche**.

Un esempio tipico di funzionamento in sovraccarico è l'avviamento di un motore asincrono trifase (sovracorrente di spunto).

Il regime di sovraccarico non può essere tollerato indefinitamente, in quanto sottopone i vari componenti interessati a una sollecitazione termica maggiore di quella nominale: gli isolanti possono superare il limite di temperatura ammissibile, le loro prestazioni si riducono e il loro invecchiamento accelera, con conseguente pericolo di scariche.

Un sovraccarico può degenerare in un corto circuito se permane per un tempo sufficientemente prolungato: per questo occorre adottare un'idonea protezione, che dovrà essere tanto più rapida quanto maggiore è l'entità del sovraccarico.

Corto circuito

Nel caso di **corto circuito**, la sovracorrente è dovuta a un contatto di impedenza trascurabile tra due punti a diversa tensione, che esclude la parte di impianto a valle del punto di guasto. La corrente, limitata da un'impedenza molto minore di quella nominale, diventa molto intensa in brevissimo tempo.

Il corto circuito si ha generalmente a causa di guasti (cedimento dell'isolamento, riduzione della distanza tra parti a diversa tensione, ecc.) e comporta:

- **sollecitazioni termiche** di caratteristiche diverse da quelle di sovraccarico;
- **sollecitazioni meccaniche** per sforzi elettrodinamici.

Inoltre, il corto circuito può provocare **archi elettrici** che possono innescare **incendi e esplosioni**.

Dato che il funzionamento in corto circuito produce danni in brevissimo tempo, i relativi dispositivi di protezione devono intervenire in modo istantaneo.

Apparecchi di manovra

La norma CEI 17-44 (2008) definisce come **apparecchio di manovra** un apparecchio destinato a chiudere o interrompere la corrente in uno o più circuiti elettrici.

Sono quindi **apparecchi di manovra** i componenti dell'impianto capaci di effettuare almeno una delle seguenti operazioni:

- interrompere la corrente in un circuito elettrico: manovra di **apertura**;
- stabilire la corrente in un circuito elettrico: manovra di **chiusura**.

Le manovre di apertura e chiusura di un circuito elettrico si possono effettuare:

- ◆ in condizioni di circuito elettrico "sano", ossia quando in esso circola la corrente di funzionamento normale o una corrente di sovraccarico;
- ◆ in condizioni di circuito elettrico "guasto", ossia quando in esso circola la corrente di corto circuito.

Apparecchi di manovra

Gli apparecchi di manovra possono essere fundamentalmente divisi in:

- **interruttori**, quando sono costruiti per **aprire o chiudere** un circuito percorso da correnti di intensità non trascurabile, **anche quella di corto circuito**;
- **sezionatori**, quando sono costruiti per **aprire o chiudere**, in modo visibile o mediante un dispositivo indicatore affidabile, un circuito percorso da **correnti di intensità trascurabile**.

Oltre a queste due principali categorie di apparecchi di manovra, ci sono anche:

- **interruttori di manovra**, costruiti per aprire un circuito sano o per chiudere un circuito sano o guasto (NON per aprire un circuito guasto);
- **interruttori di manovra-sezionatori**, che sono interruttori di manovra per i quali deve essere possibile verificare la posizione di aperto in modo visibile o mediante un dispositivo indicatore affidabile;
- **contattori**, che sono costruiti per aprire o chiudere un circuito sano.

Interruttori

La CEI 17-5 (2007) definisce come **interruttore** un **apparecchio meccanico di manovra capace di stabilire, portare e interrompere correnti in condizioni normali del circuito e anche di stabilire, portare per una durata specificata e interrompere correnti specificate in condizioni anormali del circuito, come quelle di cortocircuito.**

Quindi, l'interruttore è in grado di:

- condurre ininterrottamente la corrente fino a un determinato valore, in condizioni di funzionamento normale;
- aprire e chiudere il circuito sia in condizioni normali che di guasto, in quest'ultimo caso fino a determinati valori della corrente di guasto.

La conduzione, in condizioni anormali, è limitata al tempo di interruzione, dell'ordine dei millisecondi (superiore se l'intervento è ritardato).

L'interruttore possiede quindi due posizioni stabili di funzionamento: aperto e chiuso, nelle quali può permanere in assenza di azione esterna.

Interruttori

L'interruzione del circuito avviene all'interno dell'apparecchio, non è normalmente visibile e può essere solo dedotta da indicazioni esterne. I contatti sono separati dal mezzo isolante proprio dell'interruttore.

L'**interruttore di manovra** è un apparecchio con caratteristiche analoghe all'interruttore, ad esclusione del fatto che non è in grado di interrompere correnti di cortocircuito.

L'**interruttore di manovra**, il **sezionatore** e l'**interruttore di manovra-sezionatore** sono tutti bistabili, ossia hanno due condizioni stabili di funzionamento (aperto e chiuso).

Invece, il **contattore** (o teleruttore) ha un'unica posizione stabile (aperto) ed è caratterizzato da un'elevata frequenza di manovra. Nella posizione di chiuso può rimanere solo in presenza di un'azione di comando.

Fusibili

I circuiti elettrici a media e bassa tensione possono essere aperti anche per mezzo di fusibili, componenti che intervengono automaticamente quando la corrente supera un determinato valore per un tempo prefissato.

I **fusibili**, pur non essendo in senso stretto apparecchi di manovra, sono considerati tra questi, in quanto svolgono alcune delle funzioni proprie degli interruttori cioè **interrompono correnti di sovraccarico e di cortocircuito**.

Il fusibile apre il circuito nel quale è inserito, interrompendo la corrente, mediante la fusione di uno o più dei suoi componenti.

Associando al fusibile un interruttore di manovra, è possibile svolgere nel circuito le stesse funzioni di un interruttore: questo apparecchio viene denominato **interruttore di manovra con fusibile**.

Relè

Un apparecchio di manovra non ha in sé la capacità di percepire la presenza della condizione anormale di funzionamento: infatti, pur essendo capace di effettuare la manovra di interruzione della corrente, non ha in sé alcun elemento che lo comandi ad effettuare tale manovra.

In pratica, gli apparecchi di manovra non sono in grado, da soli, di svolgere la funzione completa di protezione, se ad essi non si associa un altro componente capace di percepire la presenza di una condizione di funzionamento anormale e di comandare, di conseguenza, l'apparecchio di manovra stesso all'intervento.

Il **relè** svolge tale funzione: esso costituisce **l'elemento sensibile del sistema di protezione**. Il suo compito è di tenere sotto controllo una grandezza indicativa delle condizioni di funzionamento del sistema (tensione, corrente, temperatura, ecc.) e di comandare all'intervento un opportuno apparecchio di manovra quando tale grandezza assume valori al di fuori dei valori ammissibili.

Relè

I relè vengono classificati in base a vari criteri.

Un criterio prende come riferimento la **grandezza agente**, ossia la grandezza fisica (elettrica o meno), alla quale il dispositivo è sensibile.

Un'altra classificazione è in base al **principio di funzionamento**:

⊗ **elettromagnetico**: sfrutta le azioni meccaniche tra nuclei magnetizzati e conduttori percorsi da corrente;

⊗ **elettrodinamico**: il funzionamento è determinato dalle forze elettrodinamiche tra due bobine, una fissa e una mobile;

⊗ **a induzione**: il funzionamento si basa sulla creazione di f.e.m. e correnti indotte in un conduttore in movimento in un campo magnetico;

⊗ **statici**: realizzati con dispositivi elettronici;

⊗ **termici**: il funzionamento sfrutta fenomeni legati al riscaldamento, come la dilatazione di materiali solidi.

Relè

In base al valore della grandezza agente, il relè può essere:

- di **massima**: interviene quando la grandezza supera un valore di soglia;
- di **minima**: interviene quando la grandezza diventa minore di un valore di soglia;
- **differenziale**: agisce in base del valore assunto dalla differenza tra due grandezze (generalmente è “di massima”, ossia interviene se tale differenza supera una soglia).

Si definisce **caratteristica di intervento** di un relè, sensibile alla grandezza agente x , la **relazione che lega il tempo di intervento al valore della grandezza agente**: $t = f(x)$.

Si definisce **tempo di intervento** il **tempo intercorrente tra l'istante in cui si verifica l'anomalia in grado di produrre l'intervento del relè e quello in cui esso effettivamente avviene**.

Relè

Si distinguono relè:

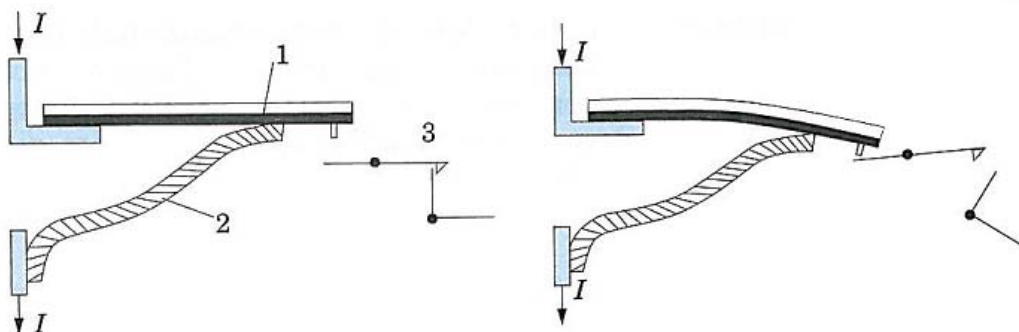
- a tempo indipendente: il tempo non dipende dal valore assunto dalla grandezza;
- a tempo dipendente: il tempo di intervento varia in funzione del valore assunto dalla grandezza (generalmente con proporzionalità inversa);
- a scatto istantaneo: quando il tempo di intervento è determinato solo dall'inerzia delle parti che compongono il relè (i dispositivi statici sono i più veloci);
- a scatto ritardato: quando il tempo di intervento può essere variato mediante un dispositivo ritardatore.

13

Relè termico di massima corrente


Il relè termico a lamina bimetallica è costituito da due lamine accostate, aventi differente valore del coefficiente di dilatazione lineare e collegate in modo da essere attraversate dalla corrente circolante nel circuito che si vuole proteggere.

Il calore sviluppato per effetto Joule determina il riscaldamento della bilama e la sua dilatazione: la deformazione viene sfruttata per azionare un dispositivo di sgancio che determina l'apertura dei contatti dell'interruttore.

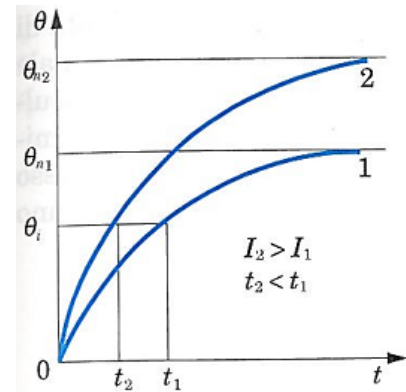


14

Relè termico di massima corrente

 Il **relè termico** è uno sganciatore **a tempo inverso**: all'aumentare della corrente, diminuisce il tempo di intervento, in quanto la lamina impiega meno tempo a raggiungere la temperatura sufficiente a produrre la deformazione utile all'intervento del dispositivo.

Curve di riscaldamento di una lamina relative a due diversi valori di corrente

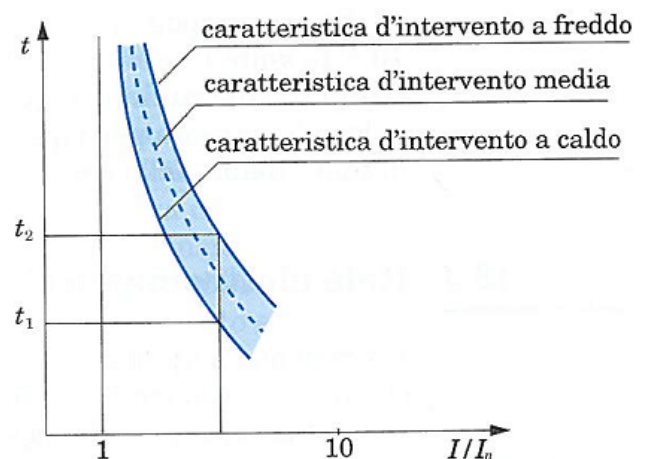


Se la lamina parte dalla temperatura ambiente (intervento a freddo) occorre un certo tempo per l'intervento, mentre se la temperatura iniziale è maggiore, perché il relè è già funzionante, occorrerà un minor salto termico e quindi un tempo minore (intervento a caldo).

15

Relè termico di massima corrente

Pertanto, per ogni valore di corrente, esisteranno due tempi di intervento (t_1 a caldo, t_2 a freddo) e due punti sul piano (I, t): uno superiore a freddo e l'altro inferiore a caldo. In mezzo c'è la caratteristica media di intervento, a cui si riferiscono i valori commerciali.



I relè termici hanno la possibilità di regolare la corrente di intervento in funzione sia della corrente nominale, sia della temperatura ambiente.

Il **relè termico** è tipicamente adatto per la protezione da sovraccarico e non da cortocircuito: è infatti un dispositivo lento, perché basato su fenomeni termici.

Se lo si sottopone a una corrente molto intensa ($10 \div 15$ volte I_n), c'è il rischio che si danneggi prima di intervenire.

16

Relè termico di massima corrente

Le norme CEI definiscono, per gli interruttori automatici relativi a impianti domestici (CEI 23-3) e ad altri impianti (CEI 17-5):

- Corrente nominale I_n : corrente che l'interruttore è destinato a portare in servizio ininterrotto a una temperatura ambiente di riferimento specificata (30° C).
- Corrente convenzionale di non intervento I_{nt} : corrente che un interruttore può portare per un tempo convenzionale senza intervenire.
- Corrente convenzionale di intervento I_t : corrente che provoca l'intervento del relè entro un tempo convenzionale.
- Il tempo convenzionale è di 1 h per $I_n \leq 63$ A e 2 h per $I_n > 63$ A.

Per impianti domestici (CEI 23-3):

$$I_{nt} = 1,13 \cdot I_n$$

$$I_t = 1,45 \cdot I_n$$

Per altri impianti (CEI 17-5):

$$I_{nt} = 1,05 \cdot I_n$$

$$I_t = 1,3 \cdot I_n$$

Relè elettromagnetico di massima corrente

Il funzionamento del relè elettromagnetico si basa sulla forza magnetica F_1 che un elettromagnete esercita su un nucleo mobile in ferro collegato a una molla.

Questa forza è proporzionale al quadrato dell'induzione magnetica B e quindi al quadrato della corrente I_b che circola nella bobina:

$$F_1 = kB^2 = k'I_b^2$$

Quando la forza magnetica F_1 supera la forza meccanica F_2 offerta dalla molla, ossia quando la corrente I_b supera un valore di soglia di intervento, il relè interviene.

Per far sì che il relè elettromagnetico sia di massima corrente, occorre rendere I_b proporzionale alla corrente da controllare.

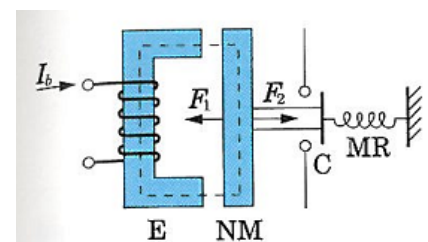


Fig. 18.8

Schema di principio di un relè elettromagnetico.

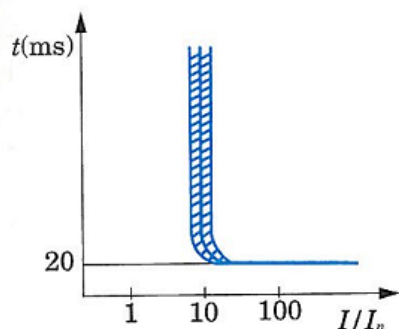
E	Elettromagnete fisso
NM	Nucleo mobile
MR	Molla di richiamo
C	Contatto
I_b	Corrente nella bobina
F_1	Forza magnetica
F_2	Forza meccanica

Relè elettromagnetico di massima corrente

Il relè elettromagnetico ha quindi un tempo di intervento indipendente dal valore della corrente, purché essa sia superiore al valore che determina l'attrazione del nucleo mobile, vincendo la forza della molla.

Se non è presente un dispositivo ritardatore, la sua caratteristica di intervento è del tipo a tempo indipendente, a scatto istantaneo. Il tempo di intervento dipende solo dall'inerzia delle parti che compongono il dispositivo.

La regolazione della corrente di taratura avviene variando la tensione della molla.

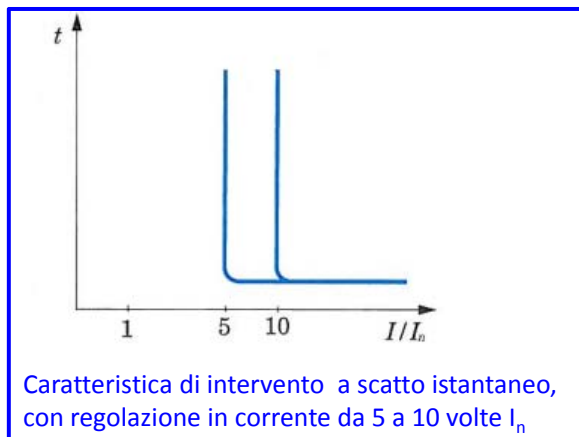


Relè elettromagnetico a scatto istantaneo ($t_i = 20$ ms), regolato per intervenire a 10 volte I_n

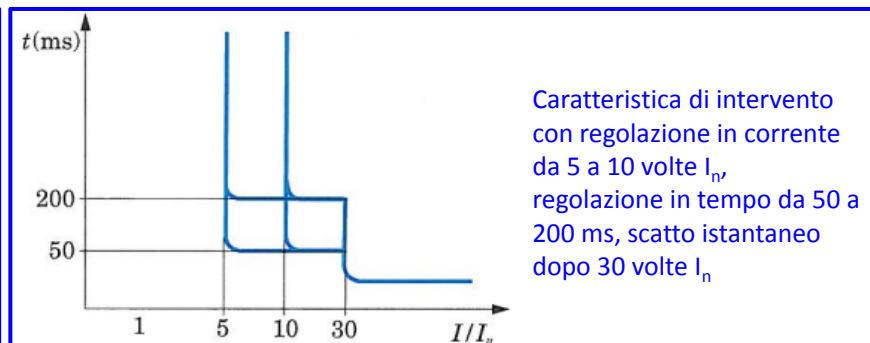
Relè elettromagnetico di massima corrente

I relè elettromagnetici hanno generalmente la possibilità di regolare la corrente di intervento, entro certi limiti. In alcuni casi è anche possibile regolare il tempo di intervento, facendo in modo che allo scatto venga attivato un dispositivo ritardatore che, dopo un tempo prefissato, aziona i contatti.

Il **relè elettromagnetico, essendo a scatto istantaneo, è tipicamente adatto per la protezione dalle sovracorrenti di cortocircuito**, caratterizzate da elevata intensità e breve durata tollerabile. **Non è invece adatto alla protezione da sovraccarico.**



Caratteristica di intervento a scatto istantaneo, con regolazione in corrente da 5 a 10 volte I_n



Caratteristica di intervento con regolazione in corrente da 5 a 10 volte I_n , regolazione in tempo da 50 a 200 ms, scatto istantaneo dopo 30 volte I_n

Interruttore automatico magnetotermico

Utilizzando contemporaneamente un relè termico e uno elettromagnetico si ottiene un interruttore automatico magnetotermico, che è un ottimo dispositivo per la protezione da sovraccarichi e cortocircuiti: la regolazione delle correnti di intervento fa sì che per sovracorrenti non molto intense ($3 \div 15$ volte la nominale) intervenga il termico, per valori superiori il magnetico.

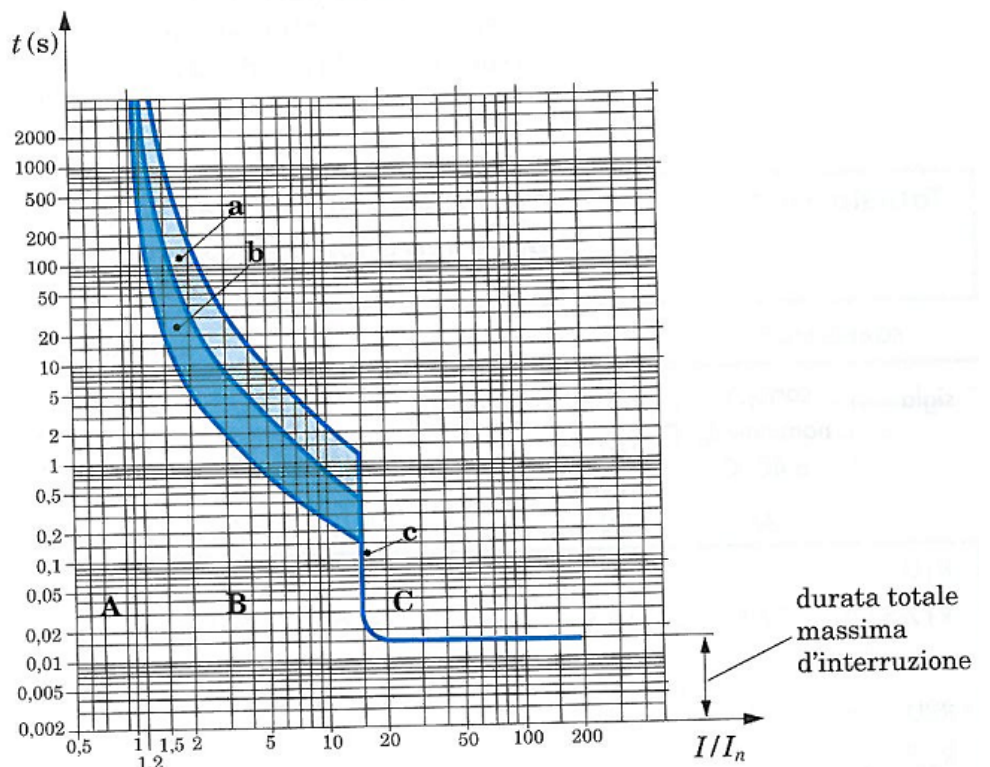
Nelle caratteristiche d'intervento degli interruttori magnetotermici si distinguono:

- **Zona A** ($I < I_n$): zona di non intervento;
- **Zona B** ($I_n < I < 15I_n$): zona di protezione dai sovraccarichi, in cui interviene lo sganciatore termico, con un tempo tanto minore quanto maggiore è il valore della sovracorrente;
- **Zona C** ($I > 15I_n$): zona tipica delle correnti di cortocircuito, in cui interviene lo sganciatore magnetico, che ha un tempo di intervento minore.

Interruttore automatico magnetotermico

Caratteristica di intervento di un interruttore magnetotermico non regolabile

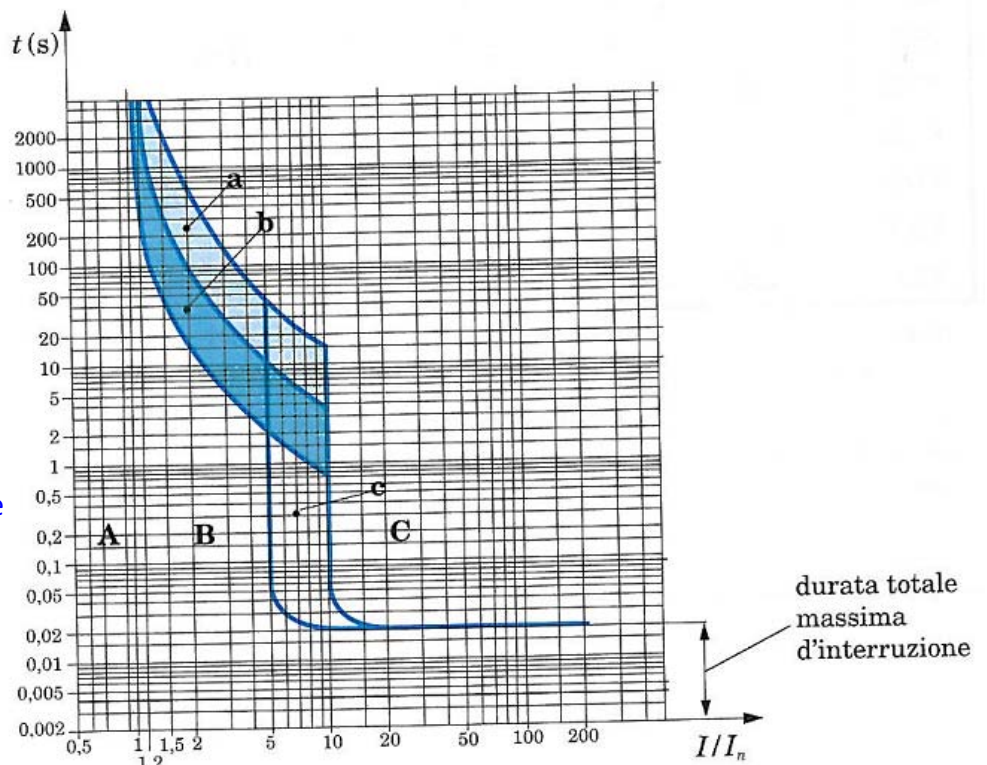
- a) Sganciatore termico a freddo
- b) Sganciatore termico a caldo
- c) Sganciatore magnetico fisso



Interruttore automatico magnetotermico

Caratteristica di intervento di un interruttore magnetotermico regolabile in corrente

- a) Sganciatore termico a freddo
- b) Sganciatore termico a caldo
- c) Sganciatore magnetico regolabile



23

Relè elettronici

In alternativa ai relè precedenti, gli interruttori di massima corrente possono essere equipaggiati con relè elettronici a microprocessore, che prevedono funzioni di protezione:

- contro il sovraccarico, con intervento ritardato a tempo dipendente, secondo una curva a tempo lungo inverso ($I^2t = \text{costante}$);
- contro il cortocircuito, con intervento istantaneo o ritardato; il ritardo può essere a tempo indipendente o dipendente a tempo breve inverso ($I^2t = \text{costante}$).

In generale, i relè elettronici garantiscono una maggiore precisione di intervento e offrono il vantaggio di una grande stabilità di funzionamento in caso di variazioni di temperatura.

24

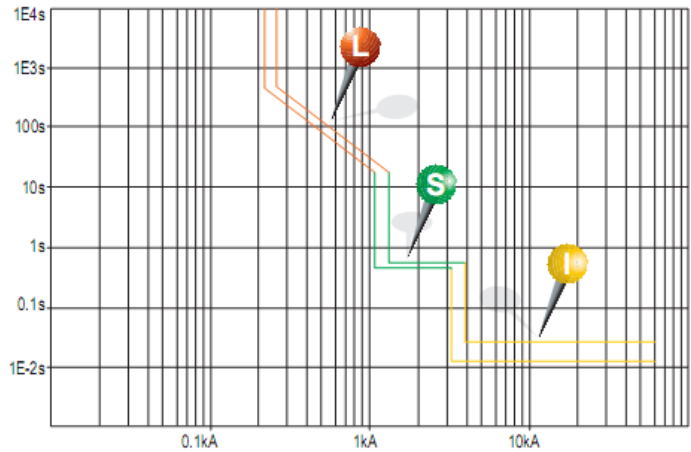
Relè elettronici

Esempi di funzioni di protezione di cui possono essere dotati i relè elettronici:

Funzione di protezione	
 NON ESCLUDIBILE	Contro sovraccarico con intervento ritardato a tempo lungo inverso e caratteristica di intervento secondo una curva a tempo dipendente ($I^2t = \text{costante}$)
 ESCLUDIBILE	Contro corto circuito con intervento ritardato a tempo breve inverso e caratteristica di intervento a tempo dipendente ($I^2t = \text{costante}$) oppure a tempo indipendente
 ESCLUDIBILE	Contro corto circuito con intervento istantaneo regolabile

Esempio di relè con funzioni di protezioni:

- contro il sovraccarico (L)
- contro il cortocircuito ritardato a tempo indipendente (S)
- contro il cortocircuito istantaneo (I)



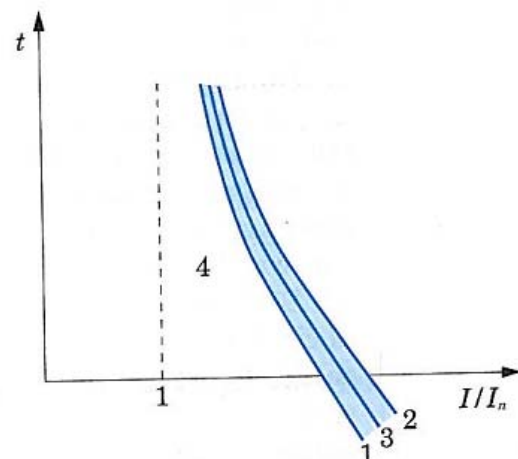
25

Fusibili

I fusibili sono dispositivi per la protezione dalle sovracorrenti, adatti sia per il sovraccarico che per il cortocircuito.

Per quanto riguarda la caratteristica di intervento (curva tempo-corrente) i fusibili sono dispositivi a tempo inverso: per intervenire devono immagazzinare una certa quantità di energia termica, necessaria per il riscaldamento dell'elemento conduttore e per la sua successiva fusione ed evaporazione.

A causa dell'inevitabile tolleranza sul tempo di intervento, è più corretto parlare di una zona di intervento, limitata dalla soglia inferiore e da quella superiore, all'interno delle quali si fa riferimento a una curva caratteristica media.



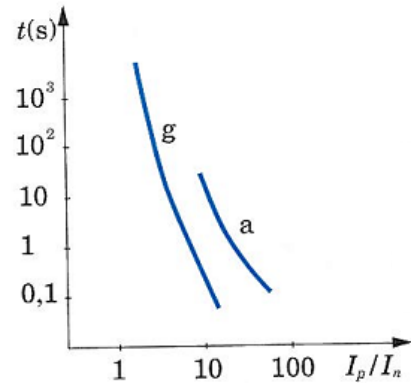
26

Fusibili

All'aumentare della temperatura ambiente, diminuisce l'energia termica occorrente all'intervento del fusibile, perciò, a parità di corrente, esso interverrà in un tempo minore.

I fusibili sono classificati in base al campo di interruzione e alla categoria d'uso:

- La prima lettera **g** indica il potere di interruzione a pieno campo;
- La prima lettera **a** indica il potere di interruzione a campo ridotto;
- La seconda lettera **G** indica la protezione per uso generale;
- La seconda lettera **M** indica la protezione di circuiti che alimentano motori.



Protezione dei conduttori dai sovraccarichi

Lo scopo della protezione dei conduttori dai sovraccarichi è di interrompere le correnti di sovraccarico dei conduttori del circuito, prima che tali correnti possano provocare un riscaldamento nocivo all'isolante, ai collegamenti, ai terminali o all'ambiente esterno, permettendo però la conduzione dei sovraccarichi di breve durata che si producono nel normale esercizio.

Per scegliere correttamente le caratteristiche del dispositivo di protezione, occorre considerare i seguenti valori di corrente (CEI 64-8):

⊗ I_B = corrente di impiego del circuito;

⊗ I_z = portata in regime permanente della conduttura;

⊗ I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione;

⊗ $I_f = I_t$ = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale, in condizione definite.

Caratteristiche del circuito:
utilizzatore (I_B) e conduttura (I_z)

Caratteristiche del
dispositivo di protezione

Protezione dei conduttori dai sovraccarichi

La **corrente di impiego I_B** di un circuito (che alimenta uno o più apparecchi utilizzatori) è definita come la **corrente che può fluire in un circuito nel servizio ordinario**. In regime permanente, la corrente di impiego corrisponde alla più grande potenza trasportata dal circuito in servizio ordinario, **tenendo conto dei fattori di utilizzazione e di contemporaneità**.

Per fattore di utilizzazione di un apparecchio utilizzatore si intende il rapporto tra la potenza che si prevede l'apparecchio utilizzatore debba assorbire nell'esercizio ordinario e la massima potenza che lo stesso apparecchio può assorbire.

Per fattore di contemporaneità si intende il fattore che, applicato alla somma delle potenze prelevate dai singoli apparecchi utilizzatori, dà la potenza da prendere in considerazione per il dimensionamento del circuito.

Protezione dei conduttori dai sovraccarichi

La **portata in regime permanente di una conduttura I_z** è il massimo valore della corrente che può fluire in una conduttura, in regime permanente e in determinate condizioni, **senza che la sua temperatura superi un valore specificato**.

Le caratteristiche di funzionamento di un dispositivo di protezione delle condutture contro i sovraccarichi devono rispondere alle seguenti due condizioni (CEI 64-8):

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

La prima condizione implica che il coordinamento tra un cavo e un interruttore automatico debba iniziare dalla scelta di un interruttore automatico che abbia una corrente nominale I_n superiore alla corrente di impiego I_B della conduttura, riservandosi poi di scegliere un cavo di portata adeguata I_z . Per i dispositivi di protezione regolabili, la corrente nominale I_n è la corrente di regolazione scelta.

Protezione dei conduttori dai sovraccarichi

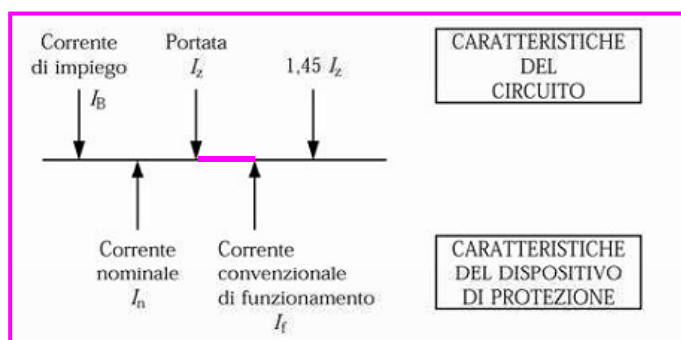
Per quanto riguarda il rispetto della seconda condizione, nel caso di interruttori automatici non è necessaria alcuna verifica, in quanto la corrente convenzionale di funzionamento $I_f = I_t$ (che provoca l'intervento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale) è rispettivamente:

- $1,45 I_n$ per interruttori per uso domestico conformi alla CEI 23-3;
- $1,3 I_n$ per interruttori per altri usi conformi alla CEI 17-5.

Tale verifica è indispensabile quando il dispositivo di protezione è un fusibile, in quanto per i fusibili $I_f = 1,6 I_n$.

Protezione dei conduttori dai sovraccarichi

Il coordinamento tra le caratteristiche del circuito da proteggere e quelle del dispositivo di protezione è rappresentato in figura:



Si osserva che questo tipo di protezione non assicura una protezione completa nei casi in cui si verificano sovracorrenti prolungate maggiori della portata della conduttura I_z , ma inferiori alla corrente convenzionale di funzionamento del dispositivo di protezione I_f .

Protezione dal cortocircuito

I dispositivi di protezione dal cortocircuito devono interrompere le correnti di cortocircuito prima che tali correnti possano diventare pericolose a causa degli effetti termici e meccanici prodotti nei conduttori.

In sostanza, le correnti provocate da un cortocircuito devono essere interrotte in un tempo t_i non superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura limite ammissibile.

L'energia termica che fluisce durante il corto circuito è definita tramite l'**integrale di Joule** o **energia specifica passante**:

$$\int_0^{t_i} i^2 dt$$

che può essere semplicemente indicata con $I^2 t$ dove I è il valore efficace della corrente di cortocircuito e t la durata del corto circuito.

Protezione dal cortocircuito

L'energia specifica che il dispositivo di protezione lascia fluire nel tempo di durata del cortocircuito deve essere minore o uguale all'energia specifica massima sopportabile dal cavo senza che la sua temperatura nell'istante finale del cortocircuito superi quella massima prevista dalle norme, per quel tipo di cavo.

Questa energia è determinata in funzione della sezione del cavo S e del tipo di isolante, attraverso un coefficiente K , con la formula semplificata: $K^2 S^2$

Pertanto è necessario che:

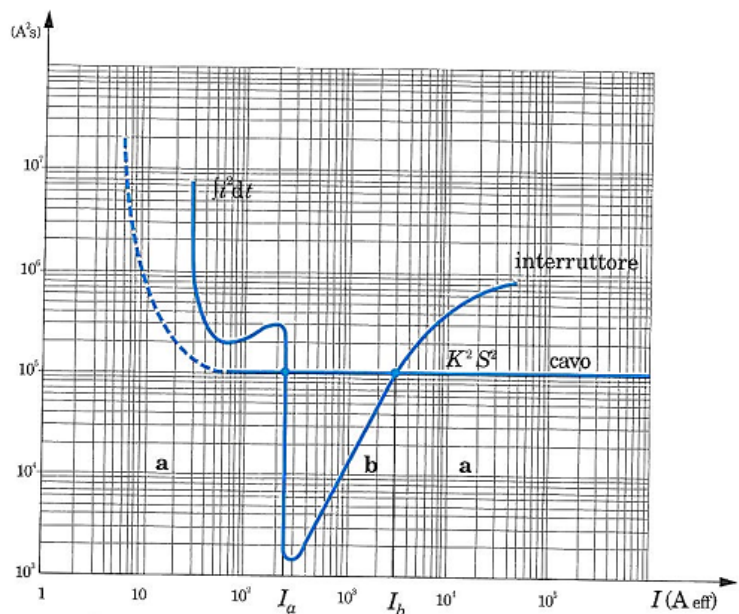
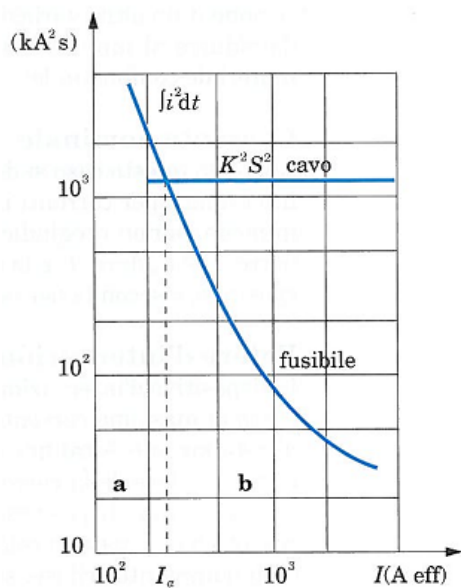
$$I^2 t \leq K^2 S^2$$

dove il valore di $I^2 t$ è fornito dai costruttori dei dispositivi di protezione mediante grafici, che indicano il valore dell'energia specifica in funzione del valore della corrente di corto circuito, mentre il valore di $K^2 S^2$ può essere calcolato a partire dalla sezione del cavo e dal tipo di isolante.

Protezione dal cortocircuito

Nelle seguenti figure è riportato il confronto tra le energie specifiche:

- di un cavo e di un fusibile;
- di un cavo e di un interruttore.



Zona a: condizione non verificata

Zona b: condizione verificata

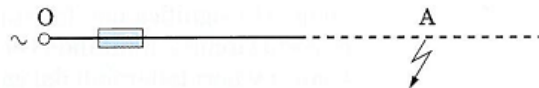
35

Protezione dal cortocircuito

Per un fusibile, la condizione richiesta è verificata per tutte le correnti di cortocircuito maggiori o uguali di I_a , che rappresenta pertanto un valore di limite inferiore.

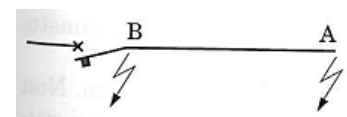
Considerata l'impedenza propria del cavo, la corrente di cortocircuito diminuisce allontanandosi dal punto di installazione del fusibile (a inizio linea).

Detto A il punto in cui la corrente di cortocircuito presunta assume il valore I_a , il tratto OA assume il significato di distanza limite, oltre la quale la protezione non è efficace.



Per un interruttore, la condizione richiesta è verificata solo nella zona b, per valori della corrente di cortocircuito presunta compresi tra I_a e I_b .

I_a rappresenta il limite inferiore della corrente minima di cortocircuito (a fine linea) e I_b il limite superiore della corrente massima di cortocircuito (a inizio linea).



36