

# Guida Tecnica

## *Il coordinamento del comando e della protezione motore*

Tecnologie, schemi elettrici, simboli,  
norme, definizioni e consigli pratici



**Magrini Galileo**

**Merlín Gerin**

**Modicon**

**Num**

**Sarel**

**Schyller**

**Square D**

**Telemecanique**



# **Il coordinamento del comando edella protezione motore**

---

<b>1. Introduzione</b>	<b>2</b>
<b>2. Il motore asincrono</b>	<b>2</b>
<b>3. Strutture di una partenza motore</b>	<b>5</b>
<b>4. Il sezionatore</b>	<b>5</b>
<b>5. Il contattore</b>	<b>6</b>
<b>6. La scelta del contattore in funzione del tipo di impiego</b>	<b>9</b>
<b>7. La scelta del contattore per circuiti in corrente continua</b>	<b>13</b>
<b>8. Il sovraccarico e la protezione termica tradizionale</b>	<b>13</b>
<b>9. La protezione a sonda termica</b>	<b>18</b>
<b>10. La protezione elettronica</b>	<b>19</b>
<b>11. La protezione contro le correnti di cortocircuito</b>	<b>20</b>
<b>12. Il fusibile</b>	<b>20</b>
<b>13. L'interruttore automatico</b>	<b>24</b>
<b>14. Confronto tra fusibili ed interruttori automatici</b>	<b>26</b>
<b>15. Il coordinamento degli apparecchi nella partenza motore</b>	<b>27</b>

---

# Il coordinamento del comando edella protezione motore

## 1. Introduzione

Gli argomenti trattati in questo Dossier Tecnico si propongono di analizzare quei temi con i quali, tecnici e utenti possono confrontarsi, ogni qualvolta necessiti uno studio relativo al dimensionamento ed alla scelta della componentistica per il comando e la protezione di un motore

comunemente conosciute con il nome di "Partenze Motore".

L'esposizione, non ha la presunzione di prendere in esame tutte le caratteristiche ed i particolari delle utenze, degli apparecchi e dei fenomeni che li coinvolgono.

Vuole semplicemente offrire al lettore una guida di facile lettura, che consenta di comprendere i parametri di base necessari per effettuare una scelta rapida e sicura degli apparecchi, ovvero di un contattore, di un relé termico, di un interruttore automatico etc.

## 2. Il motore asincrono

Poiché gli argomenti trattati in questo Dossier vertono sullo studio degli apparecchi destinati al comando ed alla protezione di un motore, appare indispensabile richiamare alcuni concetti fondamentali, di carattere costruttivo e funzionale di questa macchina che è una delle utenze più diffuse nel settore elettrico industriale e del terziario.

Il motore asincrono trifase con rotore a gabbia è sicuramente, ancor oggi, la macchina rotante più semplice e robusta.

Le sue caratteristiche costruttive e di funzionamento, lo rendono economico, affidabile, longevo e quasi completamente privo di necessità di manutenzione, a parte la normale sostituzione delle parti meccaniche soggette ad usura: ad esempio i cuscinetti.

Proprio per queste ragioni, possiede il più esteso campo di applicazioni e gode del favore unanime degli utenti e dei tecnici che lo propongono.

### 2.1 Il principio di funzionamento

Il principio di funzionamento dei motori asincroni è basato sulla produzione di un campo magnetico rotante.

Consideriamo un magnete permanente (NS) e un disco di rame capace di ruotare attorno al proprio asse (XY) come in fig. 2.

Quando il magnete, azionato per un artificio qualunque, ruota, il campo magnetico da esso prodotto gira nella stessa direzione ed investe il disco. Quest'ultimo, interessato da questo campo magnetico variabile, diventa sede di correnti indotte che lo percorrono.

L'interazione di queste correnti indotte e del campo rotante creano una coppia motrice sufficiente a vincere la coppia resistente dovuta agli attriti ed a provocare la rotazione del disco.

Il senso della rotazione, indicato dalla legge di Lenz, tende ad opporsi alla variazione del campo magnetico che ha dato origine alle correnti indotte.

Il disco è dunque trascinato nello stesso senso del campo ad una velocità leggermente inferiore dallo stesso, definita di scorrimento.

Se il disco girasse alla stessa velocità

del campo (velocità di sincronismo), non si creerebbero più delle correnti indotte, la coppia motrice risulterebbe nulla ed il disco rallenterebbe.

In pratica il disco ruota ad una velocità inferiore a quella del campo; per questo motivo il motore viene definito *asincrono*.

Nei motori asincroni trifasi (fig. 3) il campo magnetico rotante è prodotto da 3 bobine fisse (statore), percorse da corrente alternata trifase: queste bobine dette anche avvolgimenti, sono scalate tra loro fisicamente ed elettricamente di  $120^\circ$ .

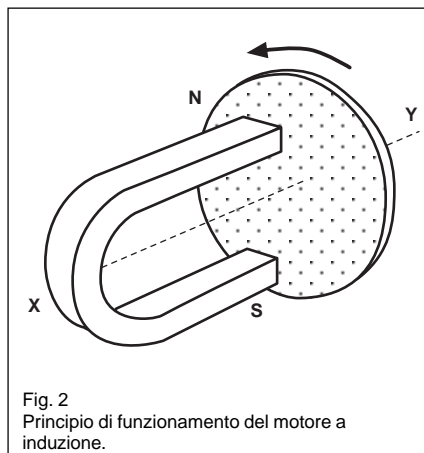


Fig. 2  
Principio di funzionamento del motore a induzione.

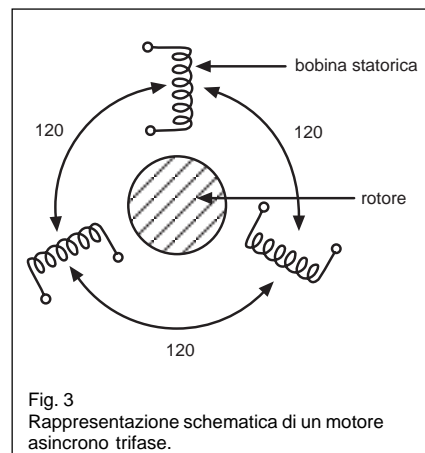


Fig. 3  
Rappresentazione schematica di un motore asincrono trifase.

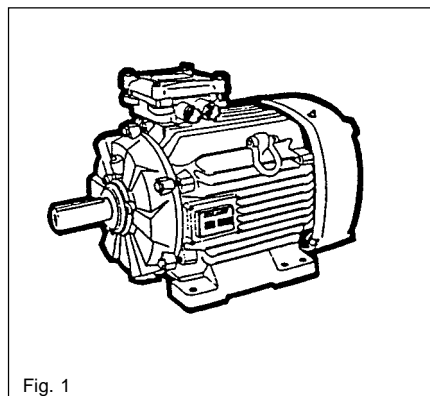


Fig. 1

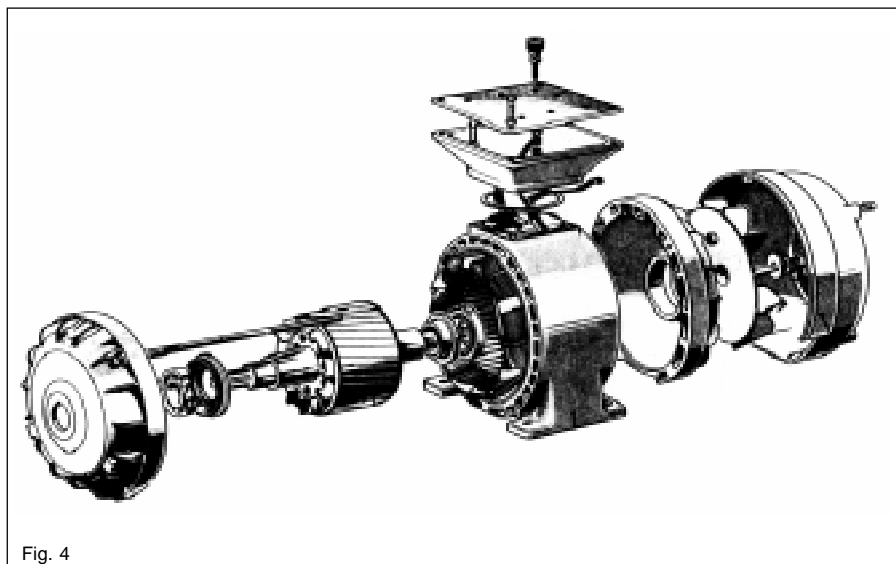


Fig. 4

## 2.2 Struttura del motore asincrono

Il motore è composto da due parti distinte:

- lo statore;
- il rotore.

Lo statore è la parte fissa del motore. È costituita da una carcassa metallica su cui viene fissata una corona di lamierini in acciaio speciale, provvisti di apposite scanalature.

Gli avvolgimenti elettrici sono ripartiti all'interno di queste scanalature; il loro insieme è definito "avvolgimento statorico". L'avvolgimento statorico è costituito da tanti circuiti indipendenti quante sono le fasi dell'alimentazione (nel motore trifase sono ovviamente tre) (fig. 4).

Il rotore costituisce la parte mobile del motore; è collocato all'interno dello statore ed è costituito da un cilindro (formato da lamierini d'acciaio impilati) calettato su un albero anch'esso cilindrico.

I tipi più usati sono due:

- il rotore a gabbia di scoiattolo;
- il rotore avvolto.

Nel caso di rotore a gabbia, i conduttori elettrici (che costituiscono l'avvolgimento statorico) sono sistemati, entro scanalature, sulla periferica del cilindro, parallelamente al suo asse. A ciascuna estremità le barrette conduttrici sono raccordate tra loro a mezzo di una corona metallica. L'insieme ha l'aspetto di una gabbia di scoiattolo, da cui prende il nome.

Nel caso di rotore avvolto nelle scanalature periferiche sono alloggiati degli avvolgimenti identici a quelli dello statore. Una estremità di ciascun avvolgimento è collegata ad un punto comune (collegamento a stella). Le estremità libere vengono solitamente raccordate su degli anelli di materiale conduttore solidali al rotore. Su questi anelli strisciano delle spazzole in grafite collegate al dispositivo di avviamento (fig. 5).

In questo tipo di circuito rotorico possono essere inserite delle resistenze; in funzione del valore di queste resistenze varia la coppia di avviamento. È così possibile ottenere coppie di avviamento di valore superiore a 2,5 volte la coppia nominale.

Il motore a rotore avvolto è meno utilizzato della versione con rotore a gabbia. È più voluminoso, più caro e necessita di maggior manutenzione. Viene solitamente impiegato quando necessita una forte coppia in avviamento (avviamento sotto carico) come nei sistemi di sollevamento.

## 2.3 Collegamenti degli avvolgimenti

Gli avvolgimenti statorici di un motore asincrono trifase possono essere collegati in due modi a stella od a triangolo.

Tali collegamenti dipendono dal sistema con cui vengono raccordati i capi degli stessi avvolgimenti sulla morsetteria del motore, come rappresentato schematicamente nelle fig. 6-7-8.

L'alimentazione degli avvolgimenti statorici si effettua attraverso i morsetti U - V - W (detti morsetti d'entrata) della morsetteria.

La connessione a stella od a triangolo avviene invece attraverso i morsetti Z - X - Y (detti morsetti di uscita).

**Nota:** Per poter funzionare correttamente un motore deve sempre avere gli avvolgimenti accoppiati. La scelta del tipo di accoppiamento dipende dalla tensione massima ammissibile sugli avvolgimenti stessi.

### Collegamento stella Y (fig. 6)

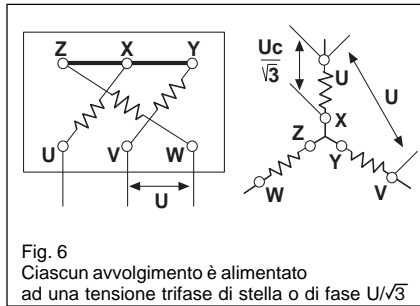


Fig. 6  
Ciascun avvolgimento è alimentato ad una tensione trifase di stella o di fase  $U/\sqrt{3}$

I 3 avvolgimenti hanno un punto comune (XYZ). Il collegamento viene effettuato in morsetteria a mezzo di barrette conduttrici e

Riassumendo:

Tensione riportata sulla targhetta	127-220		220-380		380-660	
Tensione di rete	127	220	220	380	380	660
Accoppiamento	$\Delta$	$\lambda$	$\Delta$	$\lambda$	$\Delta$	$\lambda$

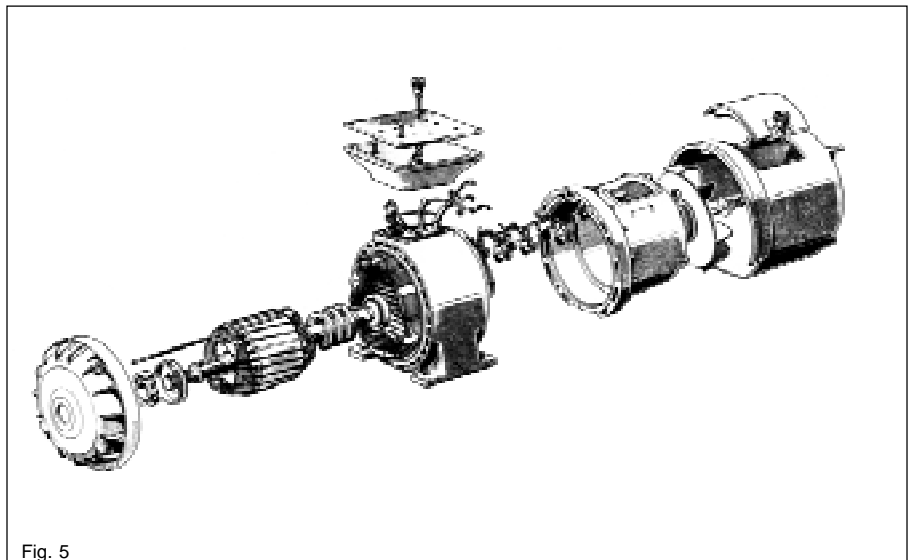


Fig. 5

permette di alimentare ciascuna bobina con la tensione  $U/\sqrt{3}$  (tensione stellata o di fase).

Esempio: un motore "220/380 V" con una rete di distribuzione a 380 V sarà collegato a stella. (Gli avvolgimenti saranno soggetti ad una tensione massima di 220 V.)

### Collegamento triangolo (fig. 7)

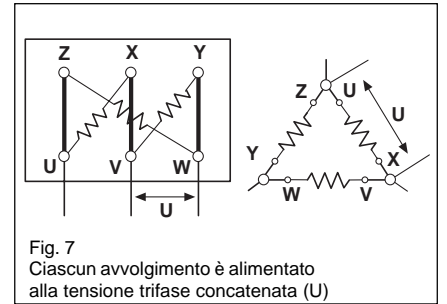


Fig. 7  
Ciascun avvolgimento è alimentato alla tensione trifase concatenata (U)

Il collegamento a triangolo consente di alimentare ciascun avvolgimento alla tensione concatenata della rete di distribuzione (tensione fase/fase).

Esempio: un motore "380/660 V" sarà collegato a triangolo su una rete avente tensione concatenata 380 V.

### Collegamento stella/triangolo (fig. 8)

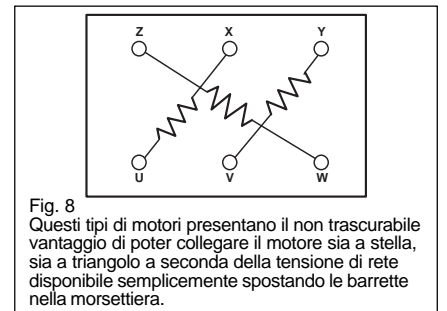


Fig. 8  
Questi tipi di motori presentano il non trascurabile vantaggio di poter collegare il motore sia a stella, sia a triangolo a seconda della tensione di rete disponibile semplicemente spostando le barrette nella morsetteria.

# Il coordinamento del comando edella protezione motore

## 2.4 Parametri principali del motore asincrono a gabbia

In generale i parametri elettrici che vengono riportati sulla targhetta dei motori sono i seguenti:

- $P_n$  potenza nominale (kW): è la potenza meccanica nominale disponibile sull'albero;
- $U$  tensione (V): è la tensione d'alimentazione dello statore;
- $I$  corrente nominale (I): intensità della corrente nominale sullo statore;
- $\cos \varphi$ : fattore di potenza;
- $\eta$ : rendimento (rapporto tra la potenza meccanica disponibile sull'albero e la potenza elettrica assorbita);
- $C_n$  coppia nominale: è la coppia meccanica nominale del motore;
- $N$  velocità (giri/min): è la velocità di rotazione del motore può anche essere espressa in rad/sec.

La potenza elettrica "attiva" assorbita dal motore può essere calcolata partendo dalla formula:

$$P_a = \sqrt{3} U I \cos \varphi$$

La potenza nominale ( $P_n$ ) definita anche potenza resa, disponibile sull'albero, è data da:

$$P_n = \sqrt{3} U I \cos \varphi \cdot \eta$$

In stato di funzionamento a regime, la corrente nominale assorbita ( $I$ ) è definita da:

$$I = \frac{P_n}{\sqrt{3} U \cos \varphi \cdot \eta}$$

La potenza nominale " $P_n$ " sull'asse può anche essere calcolata nel

seguinte modo:

$$P_n = \omega \cdot C \text{ dove:}$$

" $C$ " è la coppia nominale del motore e " $\omega$ " Velocità angolare espressa da:

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \text{ in rad/sec.}$$

## 2.5 Caratteristiche del motore (fig. 10) asincrono a gabbia in fase di avviamento (o in regime transitorio)

Un motore asincrono a gabbia durante la prima fase di avviamento è caratterizzato dai seguenti parametri:

- corrente d'avviamento ( $I_a$ ) = da 4 a 8  $I_n$ ;
- coppia d'avviamento ( $C_a$ ) = da 1,5 a 2  $C_n$ ;
- corrente massima di spunto (corrente di picco) ( $I_p$ ) = da 8 a 10  $I_n$  (valore di cresta 14÷17  $I_n$ );
- fattore di potenza ( $\cos \varphi$ ) = 0,35 a 0,65;

Il motore si avvia secondo queste sue caratteristiche naturali, che dipendono dalla tecnologia costruttiva del rotore.

Il motore a gabbia assorbe una grande intensità di corrente all'atto dell'avviamento.

### Commento sul regime di avviamento

Come si nota quindi dalla fig. 10/A, i motori ad avviamento diretto assorbono una corrente molto elevata il cui valore ed il cui tempo di durata, sono variabili e dipendono dalle caratteristiche costruttive dei motori e dal tipo di macchina azionata. Occorre, spesso, limitare e controllare queste correnti soprattutto nei casi in cui il loro transito nelle linee d'alimentazione può provocare

abbassamenti di tensione tali da compromettere il lavoro delle altre utenze attive.

Nasce quindi l'esigenza di studiare e scegliere un sistema capace di avviare i motori limitando questi fenomeni elettrici che oltre ai citati inconvenienti, causano anche forti sollecitazioni meccaniche dannose per il motore da avviare.

È proprio a tale scopo che sono stati concepiti sistemi di avviamento come: l'avviatore stella-triangolo, l'avviatore statorico, l'avviatore rotorico e gli avviatori elettronici di nuova generazione.

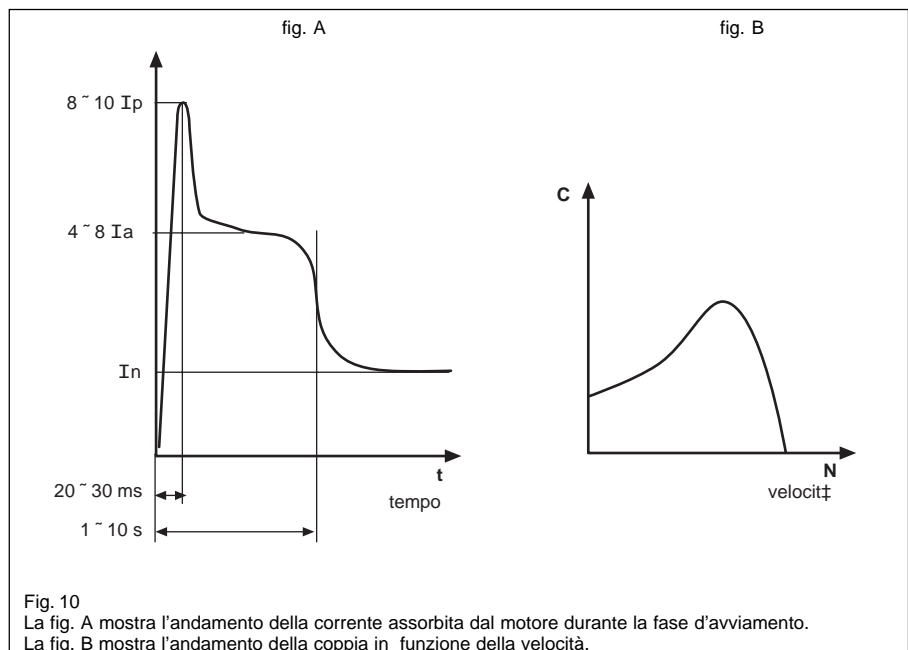
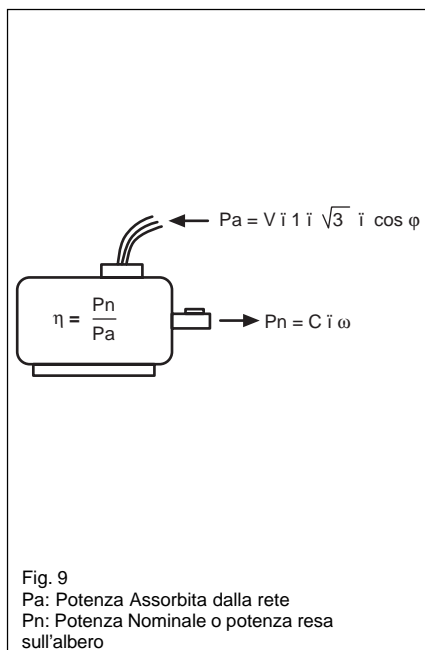
## 2.6 Motore asincrono a rotore avvolto

- Si utilizza quando occorre poter regolare il valore della coppia o della corrente in fase di avviamento e di crescita della velocità (utilizzo tipico nel sollevamento);
- si utilizza anche quando sono necessarie cadenze molto elevate (il rotore si scalda meno che nella versione a gabbia).

I parametri elettrici riportati sulla targhetta del motore sono gli stessi visti per il motore a gabbia; occorre aggiungere i parametri relativi al rotore:

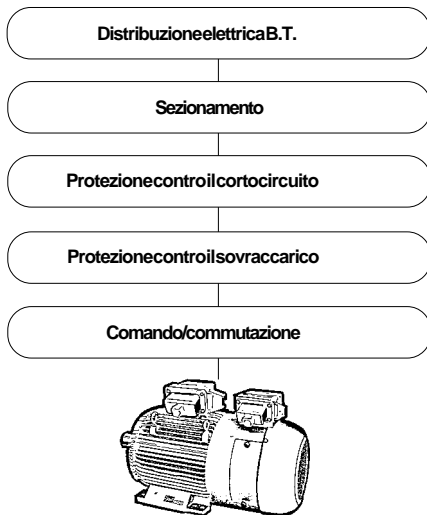
- $I_r$  (A) = corrente rotorica;
- $U_r$  (V) = tensione rotorica a vuota (collettore aperto);
- $R_u$  (W) = resistenza rotorica (che permette di ottenere la coppia nominale a velocità nulla).

È importante ricordare che la corrente di avviamento ( $I_d$ ) è notevolmente ridotta rispetto a quella del motore a gabbia:  $I_d = 1,5 \div 2,5 I_n$ .



### 3. Struttura di una partenza motore

In riferimento a quanto prescrivono le Norme IEC 947.4.1 - CEI EN 60 947.41, una partenza motore deve sempre essere equipaggiata da un insieme di apparecchi capaci di assolvere le funzioni fondamentali schematizzate in figura:



#### 3.1 Le funzioni

Le quattro funzioni base sono generalmente garantite ciascuna da un apparecchio specifico: in alcuni casi possono esistere apparecchi che assolvono più funzioni come ad esempio gli interruttori salvamotori GV2 o GV7 di Telemecanique che operano in qualità di sezionatori, protezione contro cortocircuito e protezione termica. Oppure gli interruttori automatici magnetotermici che assicurano sia la protezione contro il cortocircuito sia il sezionamento della linea di alimentazione:

■ **il sezionamento**, funzione quasi sempre assunta da apparecchi chiamati sezionatori. Permette di isolare a monte tutti i conduttori attivi della partenza motore al fine di poter intervenire a valle senza pericolo;

■ **la protezione contro le correnti di cortocircuito**, funzione assunta sia dai fusibili che dagli interruttori automatici.

Controlla tutte le correnti di elevata intensità e deve intervenire nel più breve tempo possibile per limitare e contenere gli effetti termici e dinamici delle correnti, dannosi per l'impianto e per lo stesso motore;

■ **la protezione contro le correnti di sovraccarico**, funzione assunta dai relé termici.

Deve essere capace di rilevare tutti gli aumenti persistenti di corrente che possono provocare sovratemperature dannose sia per i conduttori di linea sia per il motore;

■ **il comando o la commutazione**, riveste due aspetti: il comando funzionale che consiste nello stabilire ed interrompere la circolazione della corrente di servizio, ed il comando di sicurezza, da prevedere, per la protezione dell'impianto quando si manifestano delle anomalie di funzionamento.

Il comando è generalmente demandato ai contattori e solo in particolari applicazioni agli interruttori automatici.

### 4. Il sezionatore

#### 4.1 Definizione

Le Norme di riferimento IEC 947.3 / CEI EN 60947-3 definiscono il sezionatore come un dispositivo meccanico di manovra che in posizione di aperto soddisfa le prescrizioni specificate per la funzione di sezionamento.

#### 4.2 La composizione (fig. 11 e 12)

Esso può essere composto da:

- 3 o 4 poli di potenza;
- 1 o 2 contatti ausiliari di preapertura che permettono la separazione del circuito in due tempi:
  - primo - apertura del circuito di comando
  - secondo - apertura del circuito di potenza
- inoltre può essere munito di un dispositivo di protezione contro la marcia in mono fase mediante l'utilizzo di fusibili a percussore;
- il sezionatore è spesso munito di un dispositivo porta-fusibili che assicurano una funzione supplementare: la protezione contro le correnti di cortocircuito.

#### 4.3 Caratteristiche elettriche

I parametri fondamentali che definiscono elettricamente un sezionatore sono:

- la tensione nominale d'isolamento ( $U_i$ ) (1);
- la tensione nominale d'impiego ( $U_e$ ) (1);
- la tensione nominale di tenuta a impulso ( $U_{imp}$ ) (1);
- la corrente nominale termica convenzionale in aria libera ( $I_{th}$ ) (1). La corrente nominale ammissibile di breve durata ( $I_{cw}$ ). È il valore di corrente massimo garantito dal costruttore, che

l'apparecchio è in grado di sopportare per un tempo definito senza danneggiarsi.

(1) La definizione ed il significato di queste grandezze, sarà ripresa in modo dettagliato nel capitolo relativo ai contattori.

#### 4.4 Criteri di scelta

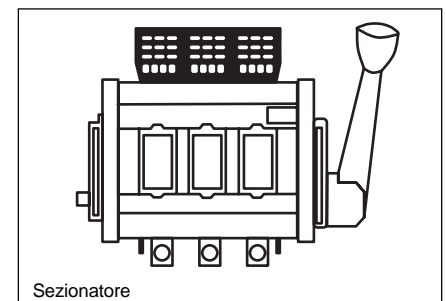
La scelta di un sezionatore per una partenza motore viene effettuata in funzione della corrente nominale e della tensione di alimentazione del circuito da proteggere, in modo tale che risulti:

■  $I_{th}$  (sez.)  $\geq I$ /nominale-circuito per una temperatura ( $T^\circ$ ) di funzionamento;

■  $U_i$  (sez.)  $\geq U_e$ /tensione d'impiego inoltre occorre tener conto della corrente ammissibile di breve durata ( $I_{cw}$ ) che deve sempre essere maggiore od uguale al valore della corrente di cortocircuito presente in linea.

In altri casi, in presenza di apparecchi di protezione di cortocircuito del tipo a limitatore di corrente (ad esempio gli interruttori scatolati) si fa riferimento alla corrente di cortocircuito condizionata dal dispositivo limitatore. La scelta del sezionatore sarà così determinata dall'esigenza di sopportare sollecitazioni termiche e dinamiche più ridotte rispetto a quelle determinate da correnti di cortocircuito non limitate.

**Nota:** Quando il sezionatore è equipaggiato con fusibili, la scelta deve tenere anche conto della "grandezza" (o "taglia") e del calibro dei fusibili (A) più idonei alla protezione.



Sezionatore

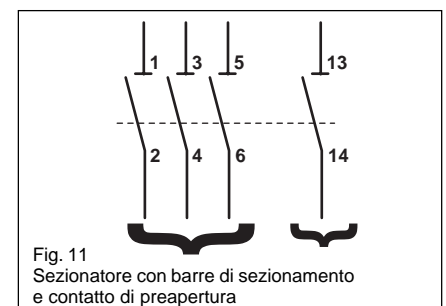


Fig. 11  
Sezionatore con barre di sezionamento e contatto di preapertura

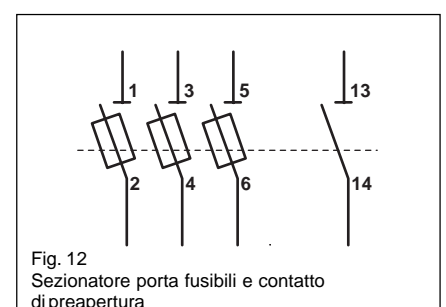


Fig. 12  
Sezionatore porta fusibili e contatto di preapertura

## 5. Il contattore

Nel circuito Partenza motore l'apparecchio più diffuso e più idoneo per assolvere la funzione di comando di potenza è il contattore.

Questi apparecchi vengono normalmente costruiti con due distinte tecnologie:

- su barra: nei quali il movimento dei contatti mobili si svolge lungo un arco di circonferenza. Sono prevalentemente utilizzati ove sono in gioco, potenze elevate o circuiti in corrente continua per tensioni da 800 a 1500 V;
- compatti: in cui il movimento dei contatti mobili è rettilineo. Sono i contattori più utilizzati sia per le loro caratteristiche elettriche sia per l'ingombro ridotto, che per la facilità di installazione e manutenzione.

### 5.1 Definizione

Le norme definiscono il contattore come "un dispositivo elettromeccanico di manovra", ad azionamento non manuale, adatto per effettuare un numero elevato di manovre, capace di stabilire, sopportare ed interrompere delle correnti in condizioni ordinarie e di sovraccarico del circuito ad esso interessato.

### 5.2 Caratteristiche costruttive (del tipo compatto)

Un contattore elettromagnetico è composto principalmente da:

- uno o più poli di potenza, racchiusi in una camera spegna arco, che assicurano il passaggio e/o l'interruzione della corrente;
- un circuito magnetico equipaggiato con una bobina che rappresenta l'organo motore del contattore;
- una serie di supporti isolanti e metallici che servono per assemblare e fissare i vari componenti;
- uno o più contatti ausiliari con azione istantanea o temporizzata.

### 5.3 Caratteristiche elettriche

Le grandezze nominali del contattore citate anche dalle norme IEC 947.4.1 / CEI EN 60 947.4.1 e alle quali si fa riferimento nelle fasi di dimensionamento e di scelta sono le seguenti:

- la corrente termica convenzionale in aria libera ( $I_{th}$ );
- la corrente d'impiego ( $I_e$ );
- la corrente temporanea ammissibile;
- il potere di chiusura;
- il potere di interruzione;
- tensione nominale d'impiego ( $U_e$ );
- tensione nominale d'isolamento ( $U_i$ );
- tensione nominale di tenuta agli shock ( $U_{imp}$ );

- la durata meccanica;
- la durata elettrica;
- le categorie d'impiego.

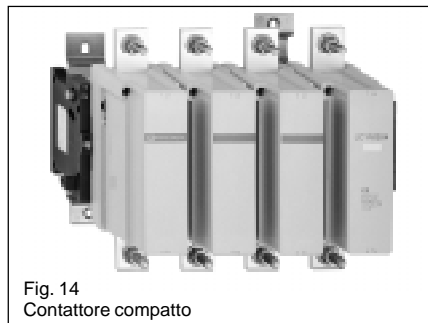
### 5.3.1 La corrente termica convenzionale in aria libera ( $I_{th}$ )

Quando i poli d'un contattore sono attraversati da una corrente, il contattore subisce un riscaldamento per effetto "joule" direttamente proporzionale al quadrato del valore di questa corrente.

Questo riscaldamento determina la caratteristica fondamentale d'un contattore che è appunto la corrente nominale termica convenzionale ( $I_{th}$ ) in aria libera.

In pratica rappresenta il massimo valore di corrente definita per una prova di riscaldamento di 8h con una temperatura ambiente di 40° C, per la quale la sopraelevazione di temperatura, sui vari componenti dell'apparecchio, sia tale da non superare i limiti stabiliti dalle norme per un corretto funzionamento.

**Nota:** Le norme obbligano i costruttori degli apparecchi a indicare questo valore che viene riportato sull'etichetta di identificazione del contattore.





### 5.3.2 Il potere di chiusura (Pc)

Il potere di chiusura è rappresentato dal massimo valore efficace di corrente che un contattore è capace di stabilire senza che si verifichi né deterioramento né saldatura dei suoi contatti di potenza.

#### Il potere di chiusura è indipendente dalla tensione d'impiego

È importante citare l'influenza che la tensione d'alimentazione del circuito magnetico, svolge su questa grandezza del contattore.

Infatti, dal valore di questa tensione in rapporto alla tensione nominale della bobina dipende la velocità di chiusura del contattore, quindi l'energia cinetica delle masse in movimento e di conseguenza il tempo necessario allo stabilimento della pressione dei contatti a partire dal momento dell'impatto. Secondo le norme, il potere di chiusura deve essere garantito per una tensione di comando compresa tra 0,85 e 1,1 Un.

### 5.3.3 Il potere di interruzione (Pi)

Tutte le volte che si aziona l'apertura sotto carico dei poli di potenza di un contattore, tende a formarsi un arco elettrico tra i suoi contatti fissi e mobili. Questo arco è la causa principale dell'usura dei contatti in quanto, la temperatura elevata che produce (4000|8000 °C), provoca la fusione e la volatilizzazione di parte del metallo degli stessi contatti.

I dispositivi di soffiaggio e di spegnimento dell'arco, di cui sono muniti i poli, assicurano un'estinzione rapida della corrente e dell'arco elettrico che essa produce, anche nel caso di interruzione durante il regime transitorio che si manifesta all'atto della messa in tensione di un'utenza (per esempio, il picco di corrente di avviamento di un motore). Ma, se la corrente da interrompere è troppo elevata, come nei casi di corto circuito, o la tensione d'impiego è di valore molto grande, l'estinzione dell'arco diventa difficile o addirittura impossibile (con conseguenze di tempi d'arco lunghi, fiamme all'esterno della camera di estinzione, reinnesco e mantenimento dell'arco), in questo caso il contattore può subire seri danni che possono giungere alla completa distruzione dell'apparecchio.

Il potere di interruzione, quindi, esprime il valore efficace massimo della corrente che un contattore può interrompere, ad un valore di tensione d'impiego assegnata, senza manifestazioni d'arco pericolose e quindi senza alcun danneggiamento dell'apparecchio. Le norme prevedono che i contatti del contattore siano aperti per 50 manovre consecutive alla massima corrente consentita, senza che ciò provochi danno alcuno.

#### Il potere di interruzione diminuisce all'aumentare della tensione d'impiego.

### 5.3.4 Corrente temporanea ammissibile

È il massimo valore di corrente che un contattore può sopportare per il tempo limitato (definito dalle norme), consecutivo a un tempo di riposo, senza che si generi un surriscaldamento dannoso per l'apparecchio. La conoscenza di questa caratteristica è particolarmente importante nel dimensionamento dei contattori per il comando di motori con correnti di spunto elevate e con tempi di avviamento lunghi e ripetitivi.

### 5.3.5 Latensione nominale d'isolamento (Ui)

È quel valore di tensione al quale le norme fanno riferimento, a seconda della concezione e del dimensionamento dell'apparecchio, per definire le prove elettriche, le linee di fuga sulle parti isolanti e le distanze in aria tra i poli di un contattore.

### 5.3.6 Latensione nominale ritenuta agli shock elettrici (Uimp)

È il valore massimo di un impulso di tensione di un profilo definito, che le parti isolanti di un contattore possono sopportare per un tempo, anch'esso definito, senza che si verifichi danneggiamento all'apparecchio.

### 5.3.7 Latensione nominale di impiego (Ue)

È quel valore di tensione che, combinato con la corrente nominale di esercizio, determina l'impiego del contattore e alla quale fanno riferimento le prove corrispondenti alle tipologie (categorie) di impiego;

- per i circuiti trifasi si esprime con la tensione tra le fasi;
- la tensione di impiego può essere inferiore o uguale alla tensione nominale di isolamento.

### 5.3.8 La corrente di impiego (Ie)

La corrente d'impiego di un contattore è la corrente nominale massima dell'utenza che il contattore può stabilire, sopportare ed interrompere in condizioni di utilizzo definite, senza superamento dei limiti di sovratemperatura ammessi e senza un deterioramento eccessivo dei contatti. In servizio continuo per il quale i contatti restano chiusi senza interruzioni per un periodo di tempo inferiore o uguale a 8 ore (circuiti di Distribuzione per esempio), o in impiego con carichi resistivi; la corrente d'impiego del contattore può essere assimilata al valore corrispondente della corrente termica (quindi  $I_e \leq I_{th}$ ) se la temperatura

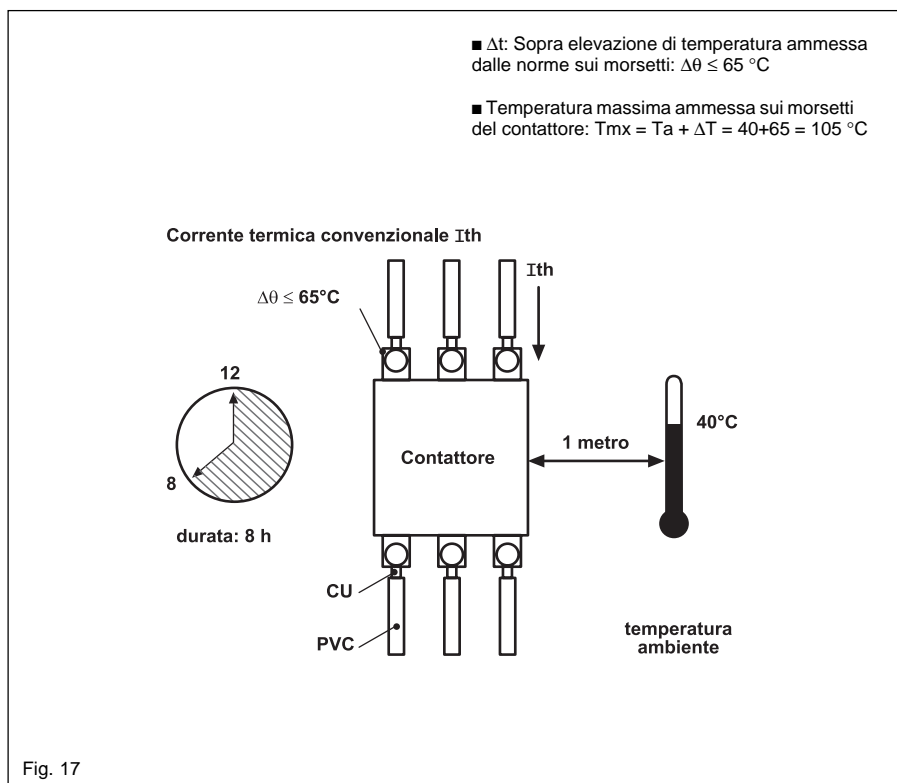


Fig. 17

# Il coordinamento del comando edella protezione motore

dell'aria ambiente risulta inferiore o uguale a 40 °C.

Ma i contattori, nella maggior parte delle loro applicazioni, sono impiegati in servizio intermittente, soprattutto nel comando dei motori asincroni a gabbia.

**Nota:** Il diagramma (fig.18) riporta un esempio tipico di un servizio intermittente o ciclico relativo alla corrente di funzionamento di un motore asincrono a gabbia.

In queste condizioni di utilizzo, il riscaldamento dei poli, non dipende soltanto dalla corrente nominale del motore e dal suo tempo di passaggio ma, anche dai valori della corrente di avviamento e dell'energia dissipata dall'arco, all'apertura dei poli stessi, che producono un surriscaldamento supplementare.

È proprio per queste ragioni che la

corrente d'impiego ( $I_e$ ) in servizio intermittente è diversa dalla corrente termica ( $I_{th}$ ), ed in generale sempre inferiore.

La corrente d'impiego d'un contattore è dunque definita in funzione del tipo della categoria di impiego, della tensione d'impiego, della frequenza di rete e della temperatura di funzionamento.

Quando l'utenza da comandare è un motore l'indicazione della  $I_e$  è sovente sostituita dal valore della potenza nominale del motore che viene espressa in Kw (o CV).

La fig. 19 mostra un esemplare di etichetta riportata normalmente sui contattori con le caratteristiche dell'apparecchio.

Sulla stessa, come si potrà notare, oltre alla conformità alle norme e alle omologazioni, sono riscontrabili i

parametri della corrente nominale termica ( $I_{th}$ ) e delle tensioni con le relative potenze d'impiego per il comando di motori asincroni a gabbia.

## 5.4 Ladurata meccanica

È definita dal numero di cicli di manovra a vuoto, ovvero senza passaggio di corrente attraverso i poli, che il contattore è in grado di effettuare senza guasti meccanici.

La relativa prova, come richiesto dalle norme, viene effettuata con la bobina alimentata alla tensione nominale.

## 5.5 Ladurata elettrica

Rappresenta il numero di cicli di manovra sotto carico che i contatti dei poli possono effettuare senza interventi di manutenzione.

Essa dipende dal tipo di impiego, quindi dalla corrente e dalla tensione nominale di impiego.

■  $T1 = T2 = Tn$

tempo di durata di un ciclo:

esso comprende un tempo di funzionamento  $t_f$  con passaggio della corrente nominale  $I_n$  ed  $I_a$  ed un tempo di riposo  $t_r$  con corrente nulla;

■ ( $t_f = 60\% T$ ) rappresenta il tempo totale di funzionamento ( $t_a + t_n$ );

■  $t_r = 40\% T$  rappresenta il tempo di riposo;

■  $F_m = t_f/T = 60/100 = 60\%$  = fattore di marcia dato dal rapporto tra il tempo di funzionamento totale e la durata del ciclo T.

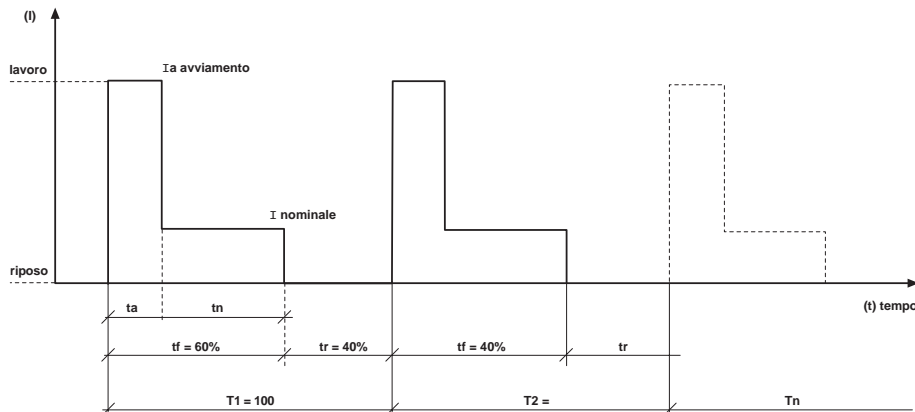


Fig. 18  
Rappresentazione grafica della corrente e del tempo di funzionamento, di un motore con servizio ciclico o intermittente



Fig. 19

## 6. La scelta del contattore in funzione del tipo di impiego

La corretta scelta di un contattore deve tener conto delle caratteristiche dell'utenza che alimenta, dei cicli di corrente assorbita e delle modalità di interruzione della corrente. Per assicurare agli utilizzatori prestazioni ben determinate, in relazione alle diverse tipologie di impiego, le norme definiscono, per i contattori, opportune categorie di impiego, per le quali indicano le modalità di funzionamento che il contattore deve garantire

### 6.1 Categorie d'impiego per contattori

Le categorie d'impiego normalizzate definiscono il valore di corrente e di tensione che il contattore deve stabilire ed interrompere in funzione di un valore definito di corrente e di tensione. Questi valori dipendono:

- dal tipo di utenza comandata. Esempio: motori a gabbia, motori ad anelli, carichi resistivi;
- dalle condizioni nelle quali si effettuano le chiusure e le aperture del circuito.

Esempio: motore in marcia o con rotore bloccato o in corso di avviamento, inversione del senso di marcia, frenatura in contro corrente.

Inoltre, l'indicazione della tensione e della corrente nominale d'impiego "I<sub>e</sub>" nell'ambito di una categoria di impiego, permette di conoscere i valori minimi del potere di chiusura e di interruzione d'un contattore, richiesti dalla Norma, e di calcolare la durata di vita elettrica dell'apparecchio, espressa in numero di manovre sotto carico.

### Contattori - Tabella A

		Condizioni di chiusura e d'interruzione corrispondenti al funzionamento normale					Condizioni di chiusura e d'interruzione corrispondenti al funzionamento occasionale						
Corrente alternata		Chiusura		Interruzione			Chiusura		Interruzione				
Applicazioni caratteristiche	Categoria d'impiego	I	U	cos φ	I	U	cos φ	I	U	cos φ	I	U	cos φ
Resistenze, carichi non induttivi o debolmente induttivi	AC-1	I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	0,95	I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	0,95	1,5 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,8	1,5 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,8
Motori													
Motori ad anelli: avviamento, interruzione	AC-2	2,5 I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	0,65	2,5 I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	0,65	4 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,65	4 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,65
Motori a gabbia: avviamento, interruzione	AC-3 I <sub>e</sub> ≤ 17 A	6 I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	0,65	I <sub>e</sub>	0,17 U <sub>e</sub>	0,65	10 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,45	8 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,45
	17 < I <sub>e</sub> ≤ 100 A	6 I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	0,35	I <sub>e</sub>	0,17 U <sub>e</sub>	0,35	10 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,45	8 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,45
Motori a gabbia o ad anelli: avviamento, inversione di marcia	AC-4 I <sub>e</sub> ≤ 17 A	6 I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	0,65	I <sub>e</sub>	0,17 U <sub>e</sub>	0,65	12 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,45	10 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,45
	17 < I <sub>e</sub> ≤ 100 A	6 I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	0,35	I <sub>e</sub>	0,17 U <sub>e</sub>	0,35	12 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,35	10 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,35
marcia ad impulsi	I <sub>e</sub> > 100 A	6 I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	0,35	I <sub>e</sub>	0,17 U <sub>e</sub>	0,35	12 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,35	10 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	0,35

### Contattori - Tabella B

		Condizioni di chiusura e d'interruzione corrispondenti al funzionamento normale					Condizioni di chiusura e d'interruzione corrispondenti al funzionamento occasionale						
Corrente continua		Chiusura		Interruzione			Chiusura		Interruzione				
Applicazioni caratteristiche	Categoria d'impiego	I	U	L/R (ms)	I	U	L/R (ms)	I	U	L/R (ms)	I	U	L/R (ms)
Resistenze, carichi non induttivi o debolmente induttivi	DC-1	I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	1	I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	1	1,5 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	1	1,5 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	1
Motori shunt: avviamento, inversione di marcia, marcia ad impulsi	DC-2	2,5 I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	2	2,5 I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	2	4 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	2,5	4 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	2,5
Motori eccitati in serie: avviamento, inversione di marcia marcia ad impulsi	DC-5	2,5 I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	7,5	2,5 I <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	7,5	4 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	2,5	4 I <sub>e</sub>	1,05 U <sub>e</sub>	15

La tabella "A" riporta i valori del potere di chiusura e di interruzione dei contattori in funzione delle categorie d'impiego per corrente alternata, previste dalle Norme IEC 947.4.1 / CEI EN 60947.4.1.

La tabella "B" indica i valori relativamente alle categorie d'impiego comando motori per corrente continua (che in questo Dossier Tecnico saranno trattate in modo volontariamente sintetico).

Naturalmente le Norme prevedono molte altre categorie d'impiego relative al comando di altre utenze. Non potendo trattarle in questo Dossier, si rimandano i lettori interessati ai fascicoli della Norma CEI attinenti.

# Il coordinamento del comando edella protezione motore

Qui di seguito sono rappresentate le categorie d'impiego principali per corrente alternata in funzionamento ordinario.

## Categoria "AC1" (fig. 22)

Si applica nel comando di tutte le utenze a corrente alternata il cui fattore di potenza è almeno uguale o maggiore a 0,95 ( $\cos \varphi \geq 0,95$  ovvero a carichi resistivi). Durante il funzionamento, il contattore stabilisce la corrente nominale d'impiego ed interrompe la stessa.

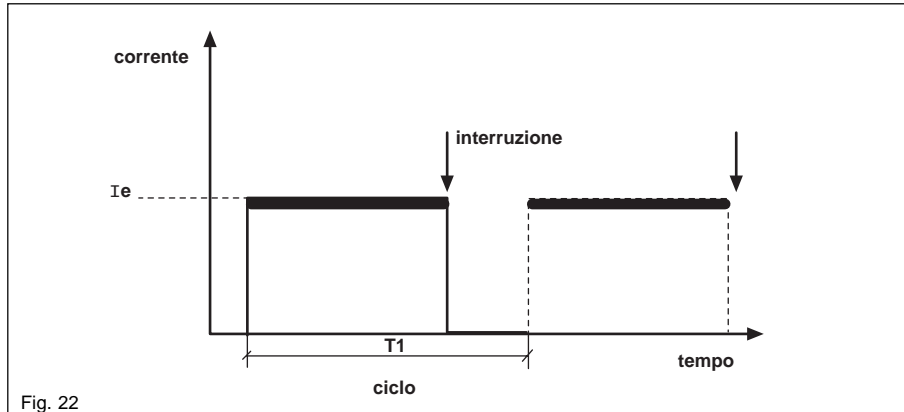


Fig. 22

## Categoria "AC2" (fig. 23)

Questa categoria si riferisce all'avviamento, alla frenatura in controcorrente ed alla marcia ad impulsi dei motori ad anelli. Alla chiusura il contattore stabilisce la corrente d'avviamento pari a circa 2,5 volte la corrente nominale del motore. All'apertura deve interrompere la stessa corrente ad una tensione massima uguale alla tensione di rete.

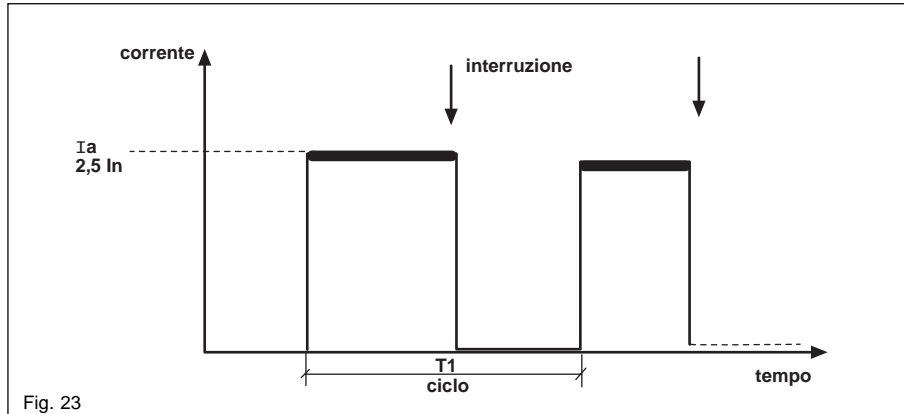


Fig. 23

## Categoria "AC3" (fig. 24)

Riguarda il comando dei motori a gabbia per i quali l'interruzione della corrente si effettua quando il motore ha già completato la fase di avviamento.

Alla chiusura il contattore stabilisce una corrente di avviamento ( $I_a$ ) compresa tra 5 e 7 volte la corrente nominale del motore.

All'apertura il contattore interrompe la corrente nominale assorbita dal motore, l'interruzione è facile.

Esempi d'impiego: tutti i motori a gabbia utilizzati abitualmente per movimentare: ascensori, scale mobili, nastri trasportatori, elevatori a tazze, compressori, ventilatori, pompe, climatizzatori etc.

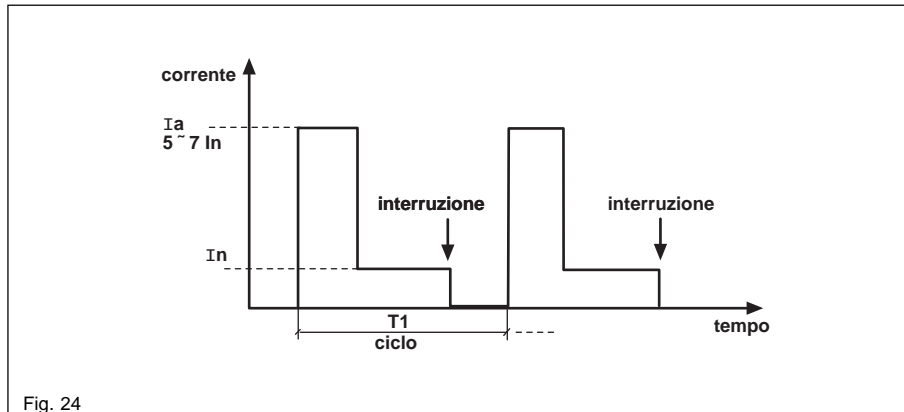


Fig. 24

## Categoria "AC4" (fig. 25)

Questa categoria riguarda le applicazioni di frenatura in controcorrente e marcia ad impulsi per motori a gabbia.

Il contattore stabilisce una corrente di avviamento che può raggiungere un valore da 5 a 7 volte la corrente nominale del motore.

Quando apre interrompe questa stessa corrente ad una tensione al massimo uguale alla tensione di rete.

La tensione ai poli del contattore è tanto più alta quanto più è bassa la velocità del motore. L'interruzione della corrente è molto gravosa.

Esempi d'impiego: macchine da stampa, impianti e macchine per sollevamento, applicazioni in settori metallurgici.

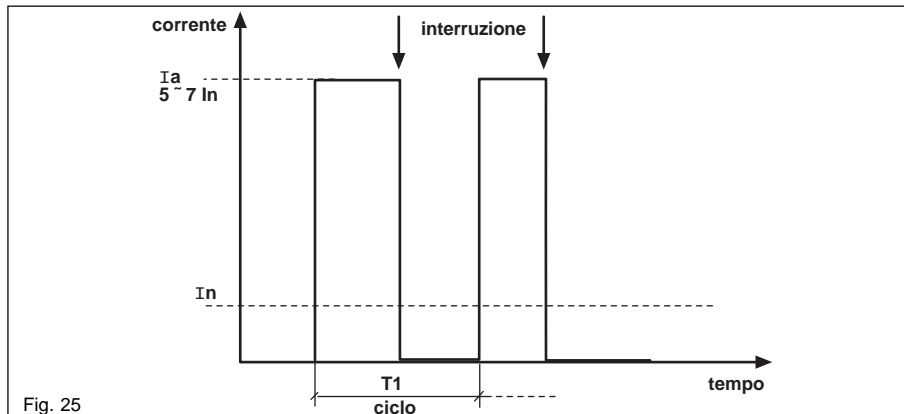


Fig. 25

## 6.2 Scelta di un contattore per comando motore in categoria AC3

Quando si opera la scelta per questo tipo di utenza occorre in genere tenere conto:

- delle caratteristiche nominali del motore: potenza, tensione di alimentazione e valori di corrente, nominale e di avviamento;

- del numero di cicli di manovre orarie;
- della durata di vita elettrica richiesta;
- delle condizioni di servizio e precisamente dell'ambiente di installazione e della temperatura dell'ambiente stesso.

Per facilitare il lavoro degli utilizzatori e permettere una scelta rapida e sicura, i principali costruttori di questi

apparecchi forniscono, sui cataloghi specifici, delle tabelle di scelta che consentono di determinare il calibro di contattore in rapporto alla categoria d'impiego per lettura diretta, senza bisogno di alcun calcolo, - come mostra ad esempio la tabella accanto relativa ad una serie di contattori Telemecanique per impiego in categoria AC3.

La tabella (C) fornisce il tipo di contattore in funzione della corrente, della tensione e della potenza di impiego.

**Tabella di scelta secondo le categorie AC3-**

Calibro dei contattori		LC1-LP1-	LC1-LP1-	LC1-LP1-	LC1-	LC1-	LC1-	LC1-	LC1-	LC1-	LC1-	
		K06	K09	K12	K16	D09	D12	D18	D25	D32	D38	D40
Corrente d'impiego max in AC-3	≤440 V A	6	9	12	16	9	12	18	25	32	38	40
Potenza nominale d'impiego P (potenze normalizzate dei motori)	220/240 V kW	1,5	2,2	3	3	2,2	3	4	5,5	7,5	9	11
	380/440 V kW	2,2	4	5,5	7,5	4	5,5	7,5	11	15	18,5	18,5
	415 V kW	2,2	4	5,5	7,5	4	5,5	9	11	15	18,5	22
	440 V kW	3	4	5,5	7,5	4	5,5	9	11	15	18,5	22
	500 V kW	3	4	4	5,5	5,5	7,5	10	15	18,5	18,5	22
	660/690 V kW	3	4	4	4	5,5	7,5	10	15	18,5	18,5	30
	1000 V kW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22

La tabella (D) invece permette di conoscere la potenza massima d'impiego d'un contattore in AC3 per servizi gravosi: ovvero per applicazioni speciali in cui le manovre orarie diventano elevate ed il fattore di marcia assume un ruolo importante, di cui bisogna tenere conto, ai fini di evitare un surriscaldamento inaccettabile per il contattore.

**Tabella di scelta in funzione delle frequenze massime di manovre-**

Fattore di marcia	Potenza d'impiego	LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	LC1-D38	LC1-D40				
		≤ 85%	P	-	-	-	-	1200	1200	1200	1200	1000
	0,5 P	-	-	-	-	3000	3000	2500	2500	2500	2500	2500
≤ 25%	P	-	-	-	-	1800	1800	1800	1800	1200	1200	1200

Inoltre, sugli stessi cataloghi, vengono forniti dei diagrammi con una serie di curve che consentono, per lettura diretta, di definire la durata di vita elettrica del contattore, in rapporto alla categoria d'impiego scelta. Nella fig. 27 è riportato un diagramma tipico delle curve di durata di vita elettrica dei contattori.

Esempio: per il contattore LC1-D12 adatto al comando di un motore da 5,5 kW/380 V avente una corrente nominale  $I_n=11,5$  A, il diagramma fornisce una durata di vita elettrica pari a 2 milioni di cicli di manovra. È bene evidenziare che le curve del diagramma forniscono la durata di vita elettrica dei contattori in funzione della corrente interrotta  $I_c$ : pertanto, trovandoci in categoria AC3, come già esaminato in precedenza, la corrente interrotta coincide con la corrente nominale motore ( $I_c=I_n$ ) ovvero  $I_c=I_n=11,5$  A  $\approx 12$  A.

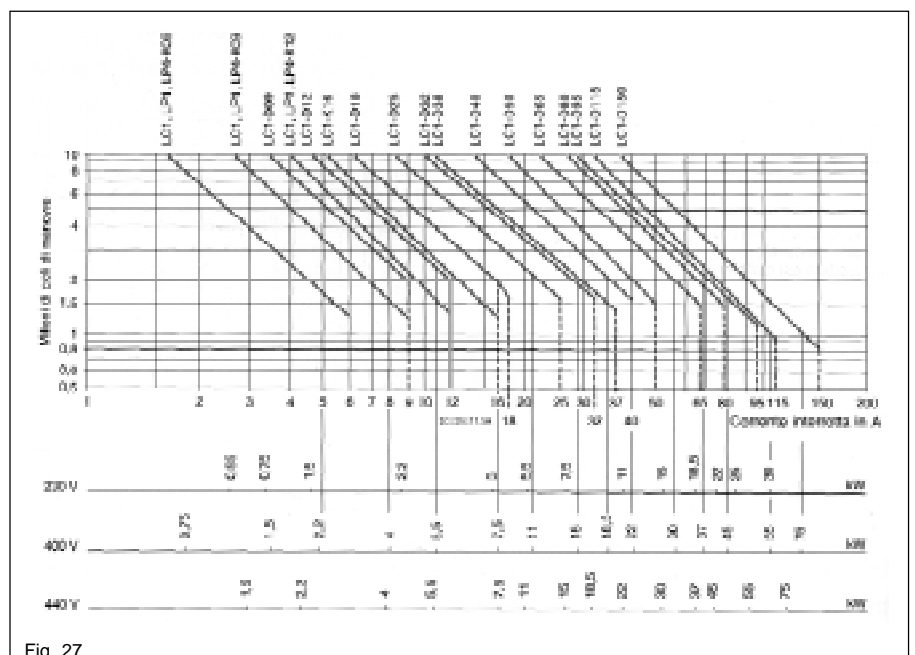


Fig. 27

# Il coordinamento del comando edella protezione motore

## 6.3 Scelta di un contattore in categoria AC4

Una volta definito un contattore per comandare un motore in Categoria AC3, si può porre la domanda se lo stesso apparecchio possa funzionare anche in categoria AC4.

La risposta, salvo applicazioni particolari, è affermativa, infatti le prestazioni d'un contattore come la corrente nominale termica  $I_{th}$ , ed il potere di chiusura e di interruzione sono comunque atti a soddisfare tutte le sollecitazioni termiche e dinamiche che questo tipo di categoria d'impiego impone: chiusura e apertura della corrente di avviamento, inversione brusca del senso di marcia e frenatura in contro corrente.

Il risultato che ne deriva per un contattore dimensionato in AC3 e chiamato a funzionare in AC4, è quello di vedere l'esaurimento rapido della sua vita elettrica a parità di potenza del motore comandato. Il diagramma della fig. 28, relativo alle curve di durata in categoria AC4 degli stessi contattori, permette di rilevare questa differenza.

Infatti, riferendoci sempre al comando del motore esaminato (5,5 kW/380 V/  $I_n = 11,5$  A) avremo il contattore LC1-D12 che per un servizio del 100% AC3 fornisce sul diagramma fig. 27 una durata di vita elettrica di 2 milioni di cicli di manovra, mentre, per l'utilizzo al 100% AC4, sul diagramma della fig. 28, per la corrente interrotta  $I_c$  (corrispondente a  $6I_n = 11,5 \times 6 = 69$ ), si rilevano solamente 0,08 milioni di cicli di manovre.

Naturalmente, quando il numero di manovre, anche se ridotte, è accettabile, il contattore può ritenersi idoneo, diversamente, occorre scegliere un contattore di calibro superiore.

## 6.4 Scelta di un contattore per servizio misto AC3/AC4

Una volta individuato il calibro di contattore in funzione della potenza, della tensione o della corrente d'impiego occorre calcolare la durata elettrica in numero di manovre (N) per un servizio misto specificato.

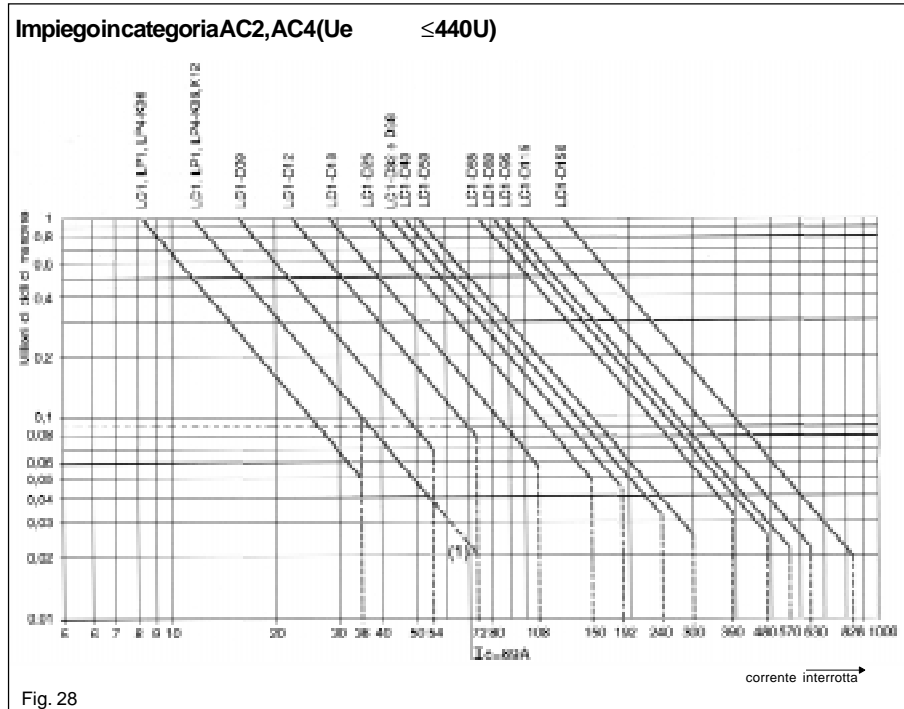


Fig. 28

La formula

$$N = \frac{N_{AC3}}{1 + \frac{X}{100} \left( \frac{N_{AC3}}{N_{AC4}} - 1 \right)}$$

permette di calcolare questo valore, dove:

■  $N_{AC3}$  rappresenta la durata elettrica del contattore per la corrente interrotta in AC3;

■  $N_{AC4}$  rappresenta la durata elettrica dello stesso contattore per la corrente interrotta in AC4;

■ X è la percentuale di interruzioni in categoria AC4 che si vuole effettuare sul numero totale delle manovre.

Esempio: se si prende in esame il contattore LC1-D12 per il comando del motore da 5,5 Kw/380 V e si vuole conoscere qual è la sua durata per un servizio misto del 90% AC3 e 10% AC4 troveremo:

■  $N_{AC3} = 2$  milioni di cicli di manovre;

■  $N_{AC4} = 0,08$  milioni di cicli di manovre

$$X = \frac{10}{100} = 0,1$$

e quindi:

$$N = \frac{2}{1 + \frac{10}{100} \left( \frac{2}{0,08} - 1 \right)} = 0,59 \text{ milioni / man.}$$

## 6.5 Scelta di un contattore per comando motore in categoria AC2

Come già verificato, trattasi del comando dei motori asincroni ad anelli. Anche in questo caso la scelta del contattore viene effettuata sui parametri del motore analogamente a quanto visto per la scelta del comando dei motori in AC3. La verifica o il calcolo della durata di vita elettrica dei contattori sarà effettuata sul diagramma di fig. 28 considerando un valore della corrente interrotta  $I_c$  pari a  $2 I_n$  che è appunto la corrente media di avviamento per questo tipo di motore.

## 7. La scelta del contattore per circuiti in corrente continua

### 7.1 Le categorie di impiego per motori alimentati in corrente continua

Come avviene per i motori alimentati in corrente alternata anche per i motori in corrente continua sono state definite delle categorie di impiego.

Tuttavia, poiché la trattazione del presente lavoro è specificatamente dedicata ai motori asincroni ad alimentazione in corrente alternata siamo costretti a limitare le tematiche relative alle categorie di impiego in corrente continua alla loro elencazione, in base alle caratteristiche definite dalla normativa IEC.

Si avranno quindi:

### 7.2 Categorie di impiego DC1

Si applica al comando di tutte le utenze a corrente continua in cui la costante di tempo (L/R) è inferiore od uguale ad 1 ms. In pratica all'impiego con carichi prevalentemente resistivi.

### 7.3 Categorie di impiego DC3

Si riferisce ad utenze con costante di tempo  $< 2$  ms.

In pratica all' "avviamento" alla frenatura in controcorrente ed alla marcia ad impulso di motori c.c. shuntati.

Alla chiusura il contattore stabilisce una corrente di avviamento prossima a 2,5 volte la corrente nominale del motore.

All'apertura il contattore dovrà interrompere una corrente inferiore od uguale a 2,5 volte la corrente di avviamento ad una tensione che sarà al massimo eguale a quella di rete.

Tensione che sarà tanto più elevata quanto più è ridotta la velocità del motore e quindi poco influente la sua forza controelettromotrice.

L'interruzione avviene quindi in condizioni difficili.

### 7.4 Categorie di impiego DC5

La categoria riguarda l'avviamento, la frenatura in controcorrente e la marcia ad impulsi di motori c.c. eccitati in serie e quindi con costante di tempo  $< 7,5$  ms.

Il contattore si chiude su una corrente di avviamento che può raggiungere le 2,5 volte la corrente nominale del motore.

All'apertura si dovrà interrompere una corrente di intensità pari a quella di avviamento con tensione pari al massimo a quella di rete.

Il valore di tensione sarà, anche in questo caso, tanto più elevato, quanto più è bassa la velocità di rotazione del motore.

Questo tipo di interruzione, pur essendo meno gravoso di quello precedente e comunque da considerarsi severo.

## 8. Il sovraccarico e la protezione termica tradizionale

### 8.1 Introduzione

Il difetto più frequente che si riscontra sui motori elettrici è il sovraccarico, che induce un aumento anomalo della loro temperatura nominale fino a pregiudicare la tenuta del loro isolamento elettrico e quindi il funzionamento dei motori stessi.

Il fenomeno si manifesta per un incremento della corrente nominale assorbita e per gli effetti termici che ne derivano dovuti all'aumento del valore resistivo degli avvolgimenti della macchina.

Le cause del sovraccarico possono essere molteplici:

- l'aumento della coppia resistente;
- una mancanza di fase in alimentazione;
- cadute o squilibri di tensione;
- bloccaggio del motore a causa di un guasto meccanico ecc....

I limiti di normale riscaldamento per un motore elettrico ad una temperatura ambiente di 40°C è definito dalle Norme IEC 34.1 in funzione della classe di isolamento del motore stesso.

Tutti i superamenti della temperatura limite delle macchine, conducono ad una riduzione della loro vita elettrica, in quanto provocano l'invecchiamento precoce degli isolanti.

È stato verificato, per esempio, che la durata di vita elettrica di un motore è ridotta al 50% se la sua temperatura in regime di funzionamento permanente, supera di 10°C quella definita della sua classe di isolamento.

Ciò premesso è evidente che una scelta corretta della protezione termica

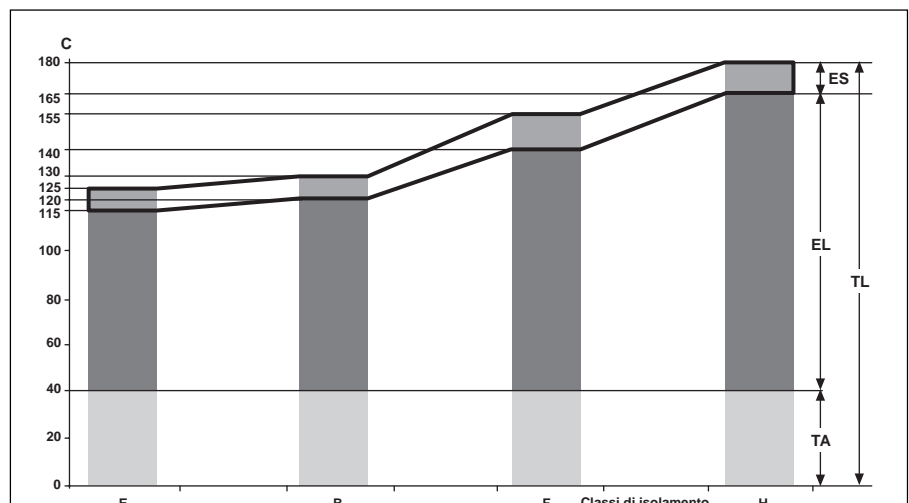


Fig. 29

Il diagramma in figura riporta i limiti della temperatura ammissibile, stabiliti dalle norme, in rapporto alla classe di isolamento delle macchine

#### Legenda:

TA = temperatura ambiente

EL = riscaldamento ammesso sulla macchina funzionante a corrente nominale

ES = riscaldamento supplementare che tiene conto della temperatura media degli avvolgimenti

TL = temperatura limite di funzionamento

contro il sovraccarico diventa indispensabile al fine di:

- ottimizzare la durata di vita elettrica dei motori interdichendo il loro funzionamento in condizioni irregolari di riscaldamento;
- assicurare la continuità di esercizio delle macchine e delle installazioni evitando gli arresti intempestivi;
- poter riavviare i motori il più presto possibile, dopo un arresto per

intervento termico e nelle migliori condizioni di sicurezza.

A tale proposito sono da molto tempo presenti sul mercato apparecchi, capaci di offrire una protezione adeguata per ogni condizione di funzionamento del motore:

- i relé termici a lamina bimetallica;
- i relé termorivelatori a sonda (PTC);
- i relé termici elettronici multifunzione;
- ecc.....

# Il coordinamento del comando edella protezione motore

## 8.2 Il relé termico a lamina bimetallica

È il tipo di apparecchio più semplice e più diffuso nell'ambito della protezione dei motori contro il sovraccarico. La sua affidabilità ed il suo costo, relativamente basso, lo rendono altamente competitivo (fig. 30).

## 8.3 Definizione

Le Norme IEC 947.4 definiscono "relé o sganciatore di sovraccarico a lamina bimetallica" un dispositivo a tempo inverso la cui azione è determinata dall'effetto termico della corrente che percorre la sua parte sensibile, costituita da due lamelle di metalli diversi (con differente coefficiente di dilatazione) detta appunto "lamina bimetallica". Gli apparecchi comunemente offerti dal mercato sono:

- tripolari: ovvero costruiti in origine per agire su tutte e tre le fasi della rete trifase normalmente usata per l'alimentazione dei motori in c.a.

Tuttavia indipendentemente da ciò possono funzionare sia in corrente alternata che continua ed inoltre su circuiti sia trifasi, sia bifasi, sia monofasi;

- compensati: cioè insensibili alla variazione della temperatura ambiente (per esempio da  $-15 \text{ } ^\circ\text{C}$  a  $+60 \text{ } ^\circ\text{C}$ );
- in grado di rilevare la mancanza di una fase: e quindi di evitare il funzionamento anomalo del carico;
- riarmabili: sia in modo manuale che automatico;
- regolabili: ovvero la corrente nominale del motore da proteggere viene presa come valore di riferimento per la taratura del termico.

## 8.4 Criteri costruttivi ed funzionamento

La soluzione costruttiva più comune è basata sull'impiego di 3 lamine bimetalliche, con differenti coefficienti di dilatazione termica, ciascuna di esse è inserita in un circuito riscaldatore percorso dalla corrente nominale motore.

Quando la corrente tende a superare i valori massimi di taratura, l'effetto termico derivante agisce sulle lamine in modo proporzionale al loro coefficiente di dilatazione termica. Essendo le lamine solidali e di metalli diversi la struttura si deforma. La deformazione provoca, attraverso leverismi meccanici l'apertura di un contatto elettrico connesso in serie al circuito ausiliario che alimenta la bobina del contattore. Ne consegue quindi l'apertura dei contatti di potenza del contattore per effetto della sovratemperatura. Un relé termico per adempiere alla sua funzione, deve quindi essere associato ad un dispositivo di comando ovvero più comunemente ad un contattore.

La norma IEC 947.4-1, recepisce questa combinazione identificandola in un apparecchio composto di nome "avviatore", che viene definito: "associazione coordinata di due dispositivi atti al comando ed alla protezione termica di un motore".



Fig. 30  
Relé a lamina bimetallica della serie "d"

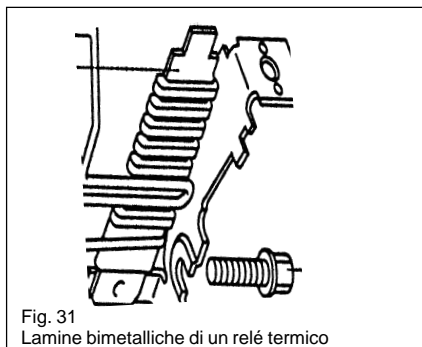


Fig. 31  
Lamine bimetalliche di un relé termico

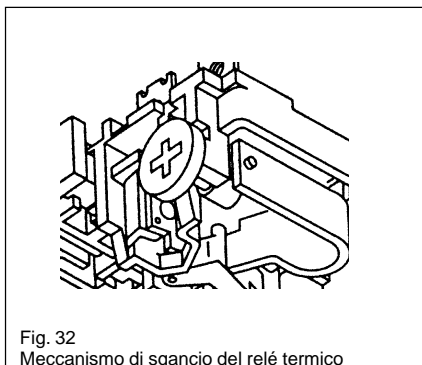


Fig. 32  
Meccanismo di sgancio del relé termico

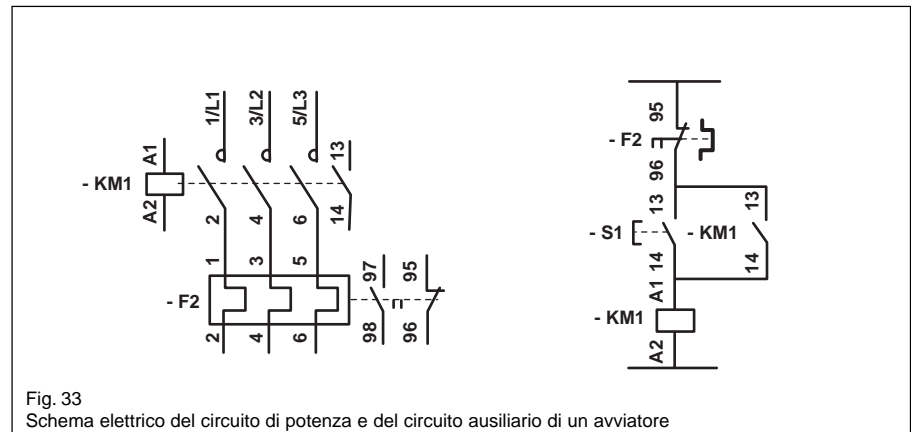


Fig. 33  
Schema elettrico del circuito di potenza e del circuito ausiliario di un avviatore

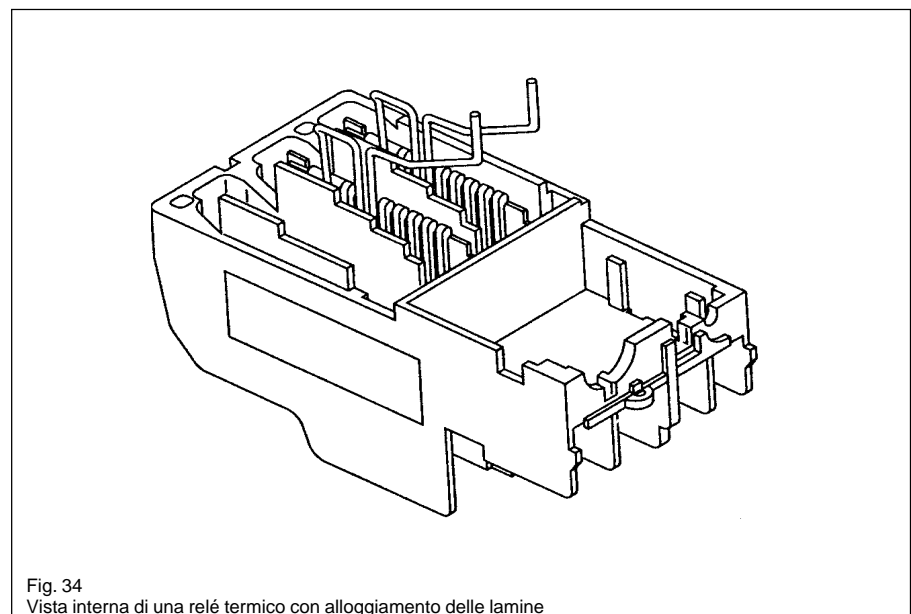


Fig. 34  
Vista interna di una relé termico con alloggiamento delle lamine



### 8.5 Caratteristiche di funzionamento

I tempi di intervento d'un relé termico sono proporzionali ai valori di corrente di sovraccarico che lo attraversano in funzione di caratteristiche stabilite dalle Norme IEC 947.4-1.

La fig. 35 mostra la caratteristica tipica di funzionamento associata agli altri parametri principali di un relé termico.

#### Corrente Limitata di intervento:

definita  $I_r$  la corrente di regolazione del relé termico, un sovraccarico di  $1,05 I_r$  non deve operare lo sganciamento del relé prima di 2 ore. Se invece il valore della sovracorrente diventa  $1.2 I_r$  l'intervento del relé deve verificarsi prima di 2 ore.

### 8.6 Corrente limitata di autoprotezione (ATL)

Il punto finale della curva (a freddo) ATL, rappresenta il valore massimo di corrente (sempre con riferimento alla corrente di regolazione) per il quale l'apparecchio riesce ancora ad intervenire autoprotettendosi, ovvero senza subire danneggiamento. Questo valore, a seconda del tipo di apparecchio, può essere compreso tra 10 e 17 volte la corrente di regolazione massima del relé.

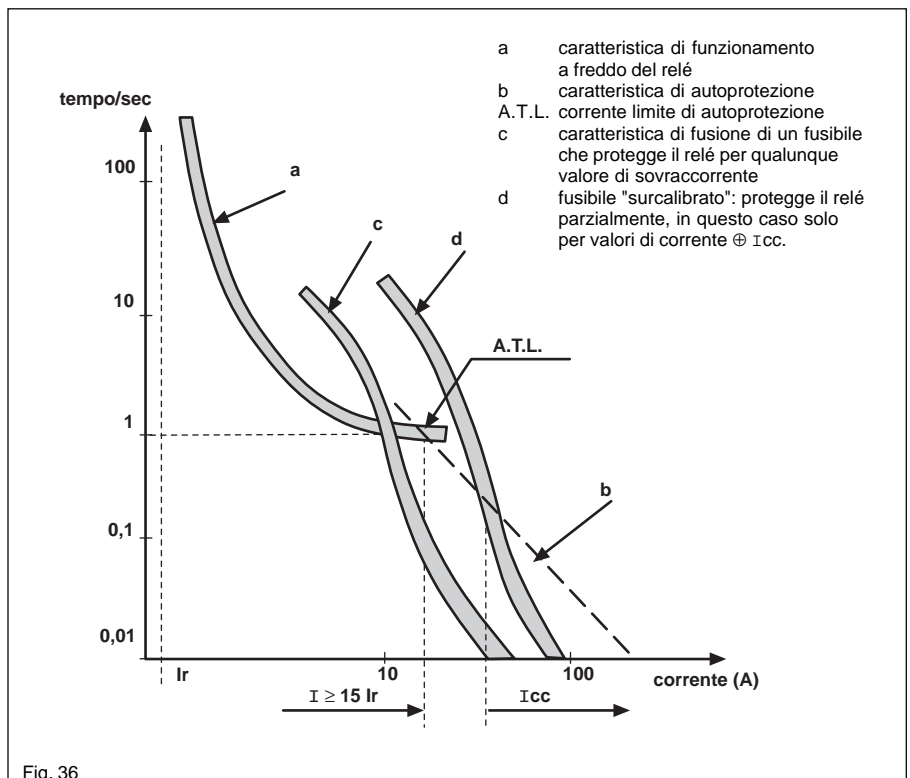
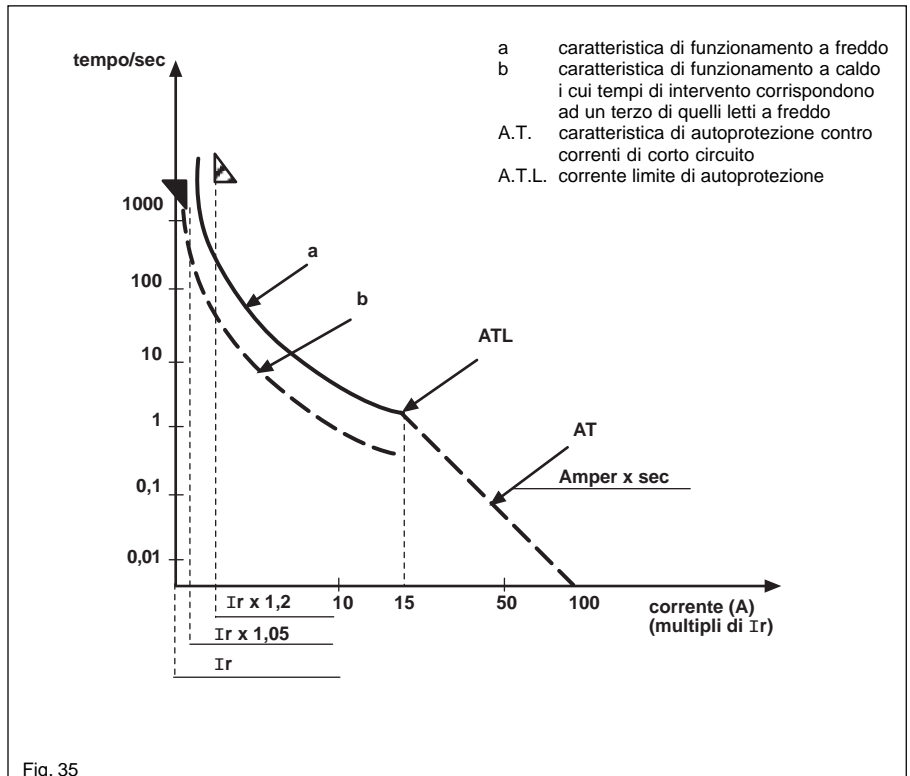
### 8.7 Curva di autoprotezione contro le correnti di cortocircuito (A.T.)

Tutti i valori di correnti che superano il punto ATL possono causare un danneggiamento del relé che in pratica può subire:

- deformazione permanente delle lamine bimetalliche;
  - alterazione delle loro giunzioni;
  - fusione del circuito riscaldatore;
  - alterazione dei supporti isolanti.
- È evidente quindi che le correnti di cortocircuito (i cui valori sono molto elevati) possono causare gravi danni sia al relé, sia, di conseguenza, al carico che il relé dovrebbe proteggere. La caratteristica AT (espressa in Amper al secondo) fornisce i tempi di passaggio delle correnti di corto circuito, che il relé termico può sopportare senza che intervengano danneggiamenti. Naturalmente il controllo e l'interruzione di queste correnti dovrà essere garantito da adeguati dispositivi di protezione come i fusibili o gli interruttori automatici.

### 8.8 Protezione di un relé termico contro le correnti di cortocircuito attraverso fusibili

La fig. 36 mette in evidenza la protezione (totale o parziale) di un relé termico, svolta dai fusibili in funzione del calibro associato.



In genere i cataloghi specifici riportano i valori (calibri) massimi dei fusibili capaci di garantire ai relé termici questo tipo di protezione.

# Il coordinamento del comando edella protezione motore

## 8.9 Protezione di un relé termico contro correnti di c.t. mediante interruttore automatico

La fig. 37 mette in evidenza le caratteristiche di funzionamento dell'associazione relé termico interruttore automatico.

Il relé è adeguatamente protetto per tutti i valori di correnti di corto circuito inferiori a  $I_{cc}$ .

Per valori di corrente  $I_{cc}$  superiori inizia il rischio di danneggiamento del relé.

## 8.10 Classi di intervento (o disgiaccio)

I relé termici, come abbiamo detto proteggono i motori contro le correnti di sovraccarico.

Le fasi di avviamento dei motori danno però luogo a sovracorrenti temporanee (necessarie a fornire la coppia di spunto al motore).

È evidente che questo sovraccarico temporaneo dovuto alla punta di corrente in avviamento non dovrà dare luogo ad intervento del relé; quest'ultimo dovrà intervenire unicamente qualora il tempo di permanenza nel circuito di questa corrente si allungasse e diventasse quindi pregiudizievole per il motore. In funzione delle caratteristiche dei motori, la durata del tempo di avviamento può variare da alcuni secondi (per motori che si avviano a vuoto o con macchine a bassa inerzia), a qualche decina di secondi (per azionamento di macchine a pieno carico od a grande inerzia).

È dunque necessario che i relé termici di protezione possano adeguarsi a queste esigenze.

Per rispondere a questo bisogno, le norme IEC 947.4.1 hanno definito per i relé di protezione termica tre classi distinte di intervento:

■ **relé in classe 10 (per avviamento normale);** adatti ad applicazioni in cui il tempo di avviamento risulti  $\leq$  a 10 sec.

Con una punta di corrente pari a  $7,2 I_n$ .

■ **relé in classe 20 (per avviamento pesante);** per tempi di avviamento  $\leq$  a 20 sec. Con una punta di corrente  $7,2 I_n$ .

■ **relé in classe 30 (per avviamenti speciali);** per tempi di avviamento  $\leq$  a 30 sec. Con una punta di corrente  $7,2 I_n$ .

È bene ricordare che la classe 10 e 20 viene attribuita ai relé termici a lamina bimetallica mentre la classe 30 è normalmente attribuita ai relé termici elettronici generalmente predisposti per tutte e tre le opzioni. La fig. 38 mostra le tre diverse caratteristiche di funzionamento dei termici in rapporto alla classe di appartenenza partendo dallo stato freddo ( $T=20^\circ\text{C}$ ) (1).

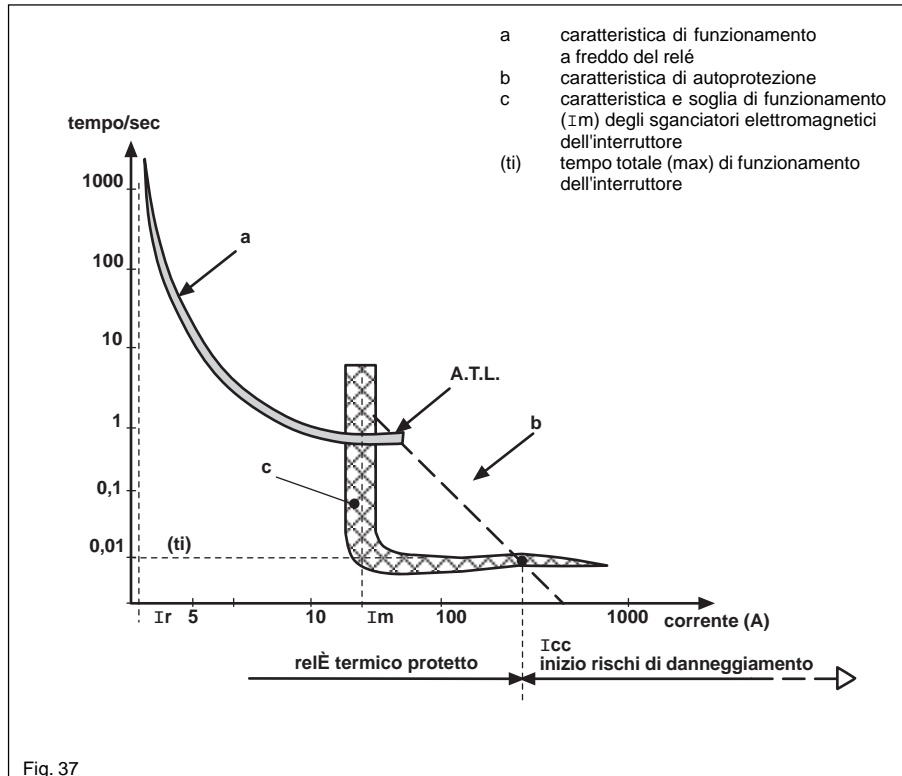


Fig. 37

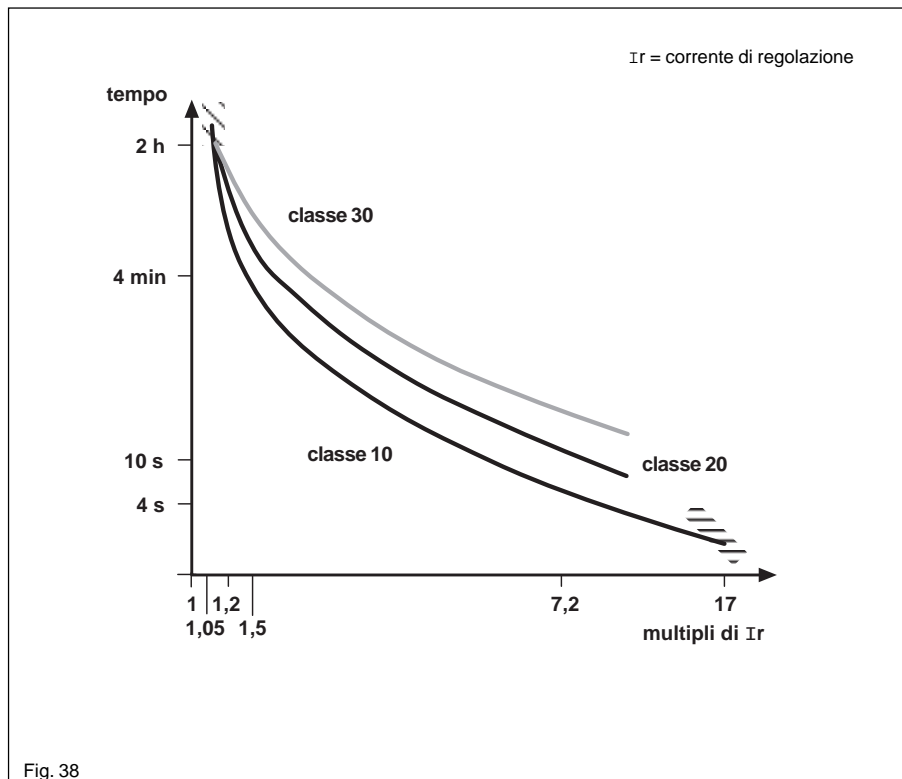


Fig. 38

tempi di intervento IEC 947.4 dei relé termici (2)				
classe	$1,05 I_r$	$1,2 I_r$	$1,5 I_r$	$7,2 I_r$
10 A (3)	$>2 \text{ h}$	$<2 \text{ h}$	$<2 \text{ min}$	$2 < T_p \leq 10 \text{ s}$
10	$>2 \text{ h}$	$<2 \text{ h}$	$<4 \text{ min}$	$4 < T_p \leq 10 \text{ s}$
20	$>2 \text{ h}$	$<2 \text{ h}$	$<8 \text{ min}$	$6 < T_p \leq 20 \text{ s}$
30	$>2 \text{ h}$	$<2 \text{ h}$	$<12 \text{ min}$	$9 < T_p \leq 30 \text{ s}$

(1) Le curve corrispondenti a caldo non rappresentate, possono essere derivate da quelle a freddo, considerando un tempo di intervento ridotto di 1/3 a parità di corrente di sovraccarico.

(2) Tabella riepilogativa delle correnti e dei tempi di intervento convenzionali dei termici stabilite dalle Norme IEC.

(3) La classe 10 A è riferita alla protezione dei motori per il mercato americano.

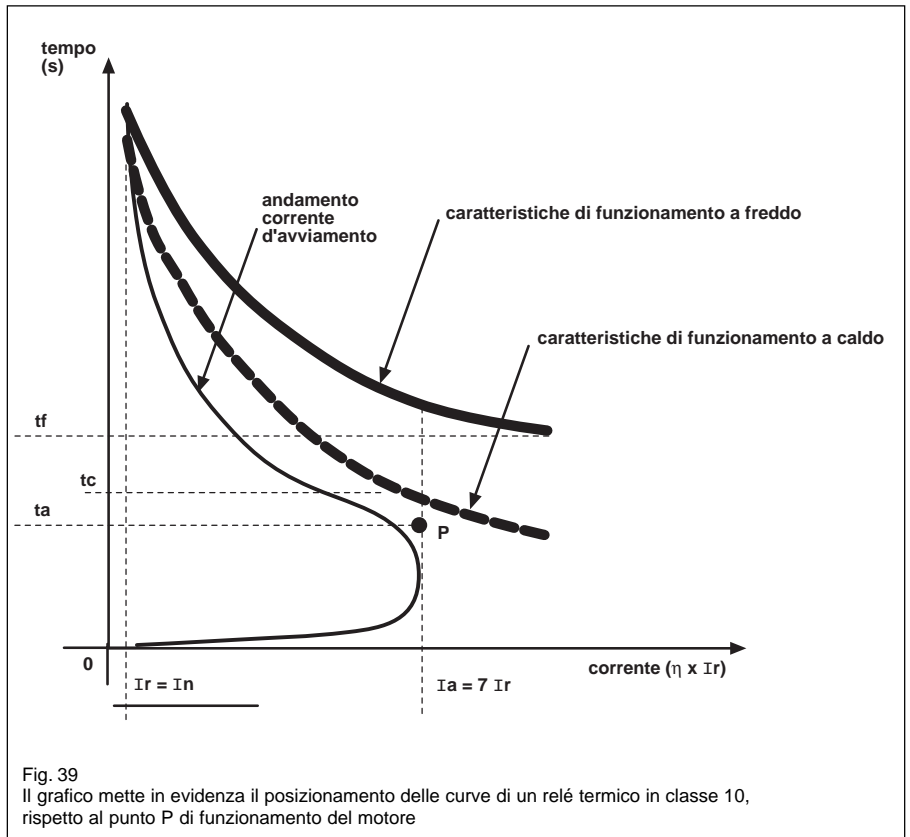
### 8.11 Scelta di un relé termico per la protezione di un motore

In generale, è nota la corrente nominale del motore ( $I_n$ ), la corrente di avviamento ( $I_a$ ) ed il valore del tempo di avviamento ( $t_a$ ) della macchina.

Si dovrà scegliere un relé termico che, oltre a contenere la corrente ( $I_n$ ) nel suo campo di regolazione, appartenga ad una classe di intervento le cui curve di sgancio (a freddo ed a caldo) corrispondenti, risultino posizionate immediatamente dopo il punto "P" (avente come coordinate i valori della corrente di avviamento " $I_a$ " e del tempo di avviamento del motore " $t_a$ ") come indicato in fig. 39.

Valutare una corrente ( $I_a$ ) costante per tutto il tempo di avviamento ( $t_a$ ), vuol dire assumere le condizioni più severe per la scelta del termico: evitando i rischi di sgancio intempestivi in fase di avviamento.

**Nota bene:** Per dimensionare un relé termico per la protezione di un motore ad avviamento ciclico intensivo o per avviamenti lunghi e ripetitivi che superano le 30-60 manovre/h, è sempre bene consultare il costruttore per avere le necessarie informazioni.



## 9. La protezione a sonda termica

### 9.1 Relé termorivelatore a sonda (PTC)

Un controllo più preciso della temperatura interna del motore può essere affidato alle sonde a termistore PTC, inserite dallo stesso costruttore della macchina all'interno degli avvolgimenti e collegate ad un relé di sgancio e segnalazione.

I termistori PTC sono resistenze con coefficiente positivo di temperatura. Il valore ohmico di queste resistenze aumenta, bruscamente, non appena la temperatura raggiunge una soglia definita TNF (temperatura nominale di funzionamento). Questo effetto può essere utilizzato sia per misurare la temperatura interna sia per far intervenire il relé di protezione del motore.

L'impiego di questa tipologia di protezione è ampiamente giustificato sia nella protezione dei motori ad elevata cadenza di manovre, sia nei casi in cui il surriscaldamento del motore può trovare origine in cause, differenti dai normali fenomeni di sovracorrente.

Ad esempio in una temperatura ambiente troppo elevata od un difetto di ventilazione o refrigerazione, che non generano alcuna variazione apparente della corrente di assorbimento.

**Nota:** Ricordiamo che questo tipo di protezione non garantisce la protezione del motore per il caso di sovraccarico a "rotore bloccato" l'incremento termico sugli avvolgimenti per effetto della corrente, risulta molto più rapido della soglia temporale di intervento delle sonde PTC.



Fig. 40  
Relé per la protezione a sonde termistore - PTC

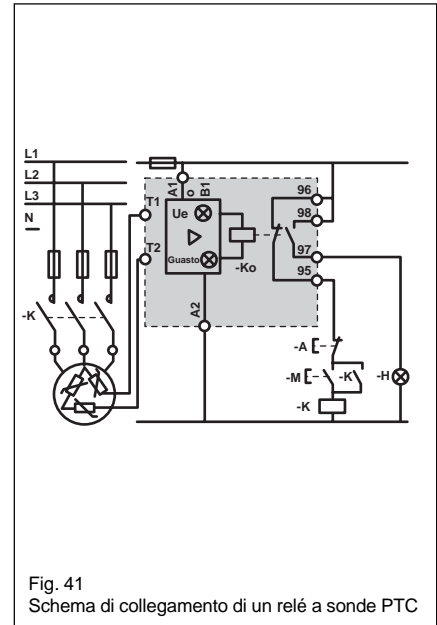
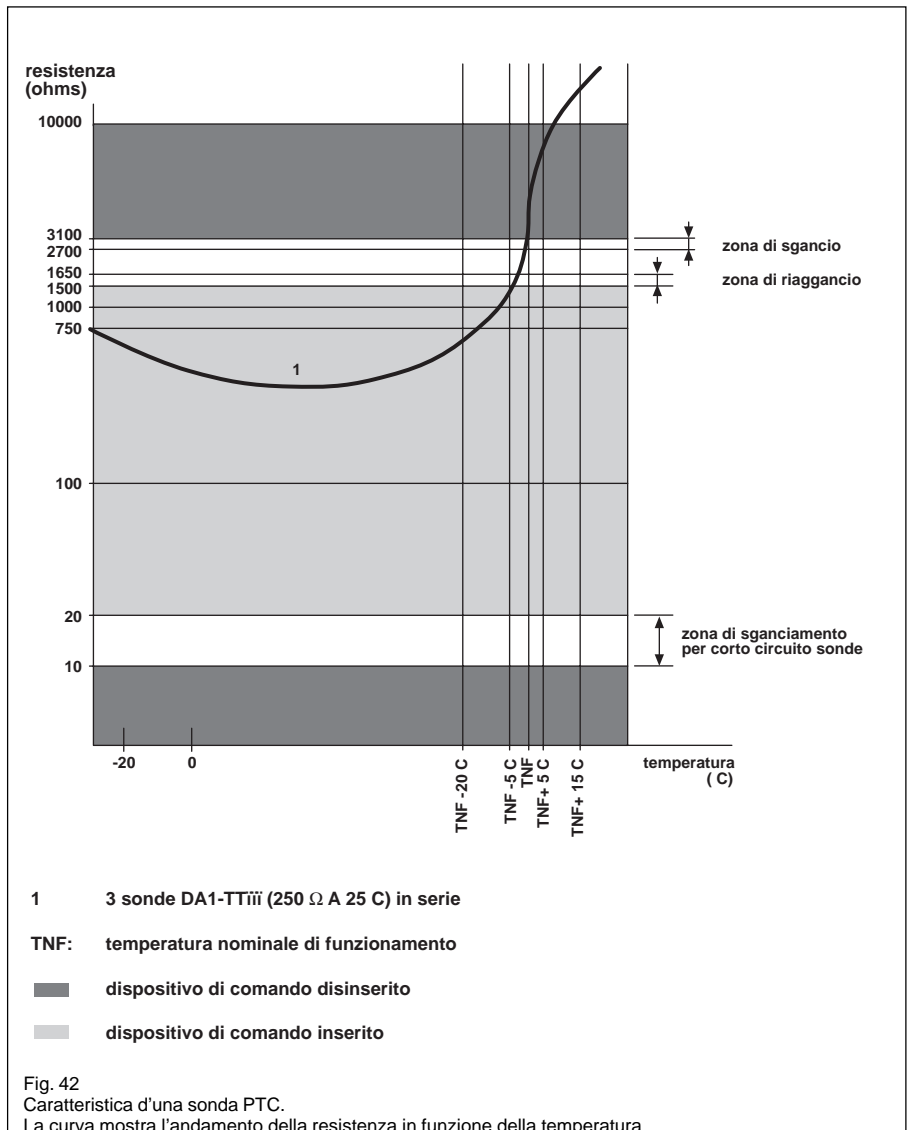


Fig. 41  
Schema di collegamento di un relé a sonde PTC



## 10. La protezione elettronica

### 10.1 Relé termico elettronico

#### **multifunzione:**

*Principio di funzionamento e confronto con il relé tradizionale (a lamina bimetallica).*

Mentre nei relé tradizionali si sfrutta la deformazione termica delle lamine bimetalliche per rilevare le condizioni di sovraccarico del motore, nei relé elettronici invece, il rilevamento è affidato ad un sistema di calcolo a microprocessore dal quale dipendono tutte le unità funzionali dell'apparecchio.

Questo sistema, permette di calcolare le variazioni di corrente nel tempo, e quindi di costruire un'immagine termica del motore, che può essere visualizzata all'esterno dell'apparecchio, in ogni condizione di funzionamento.

Per ottenere la costruzione dell'immagine termica, sarà sufficiente imputare sullo apparecchio i parametri caratteristici del motore da controllare e della tipologia di protezione termica necessaria:

- corrente nominale;
- corrente di avviamento;
- classe di funzionamento del relé (10, 20, 30).

Quando l'energia termica calcolata dal relé diventa tale da causare temperature interne superiori a quelle ammesse dalla classe d'isolamento del motore, lo stesso relé interviene per causare l'arresto della macchina. Il sistema a microprocessore che controlla tutte le funzioni del relé è in grado di evitare ogni genere di intervento intempestivo.

Cosa impossibile per i relé a lamina bimetallica che, a causa della loro differente inerzia termica, rispetto a quella del motore, non sono immuni da questo difetto.

Infatti nei servizi ciclici o negli avviamenti lunghi e ripetitivi, non sempre le condizioni di sovraccarico, interpretate dal relé a lamine bimetalliche, sono effettivamente dannose per un motore appositamente dimensionato per un servizio gravoso.

In questi casi ci troveremo quindi in presenza d'un funzionamento

intempestivo: il riscaldamento della parte sensibile del relé è superiore al riscaldamento effettivo del motore. Questo implica un arresto inutile della macchina a discapito della produzione. Ecco quindi le ragioni per cui in queste applicazioni è decisamente preferibile l'utilizzo di un relé elettronico, rispetto a soluzioni più economiche.

Questi relé elettronici vengono definiti "multifunzione" in quanto oltre a fornire un'eccellente protezione termica, con una classe di intervento 10-20-30 commutabile, assolvono ad altre funzioni sempre più richieste, per impianti e macchine operatrici impiegate in sofisticati processi di lavorazione.

Queste funzioni sono:

- controllo diretto della temperatura mediante sonde termistore PTC;
- rilevamento dello squilibrio e mancanza di fase;
- rilevamento della corrente di fuga verso terra: (mancanza di isolamento);
- protezione contro gli avviamenti troppo lunghi;
- protezione contro il bloccaggio del rotore;
- protezione contro gli aumenti bruschi di corrente o di sovraccoppia;
- protezione contro la marcia a vuoto;
- protezione contro l'inversione della sequenza delle fasi;
- protezione contro lo sfasamento eccessivo (misura del fattore di potenza  $\cos \varphi$ );
- verifica della caduta di tensione in linea per le punte congiunte delle correnti di avviamento dei motori.

Inoltre questi relé, come mostra

la figura 44, possono essere connessi

in linea seriale con un PLC e con

sistemi di supervisione, consentendo

la visualizzazione e la gestione

remotata dei parametri delle

macchine.

Le fig. 43 e 44 mostrano un moderno relé elettronico multifunzione Telemecanique di Schneider Electric.

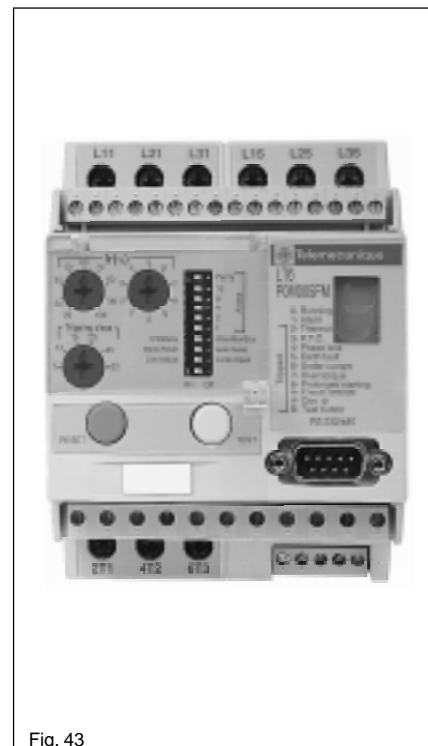


Fig. 43



Fig. 44

## 11. La protezione contro le correnti di corto circuito (1)

### 11.1 Dispositivi di protezione

In caso di corto circuito, le parti dell'impianto o della macchina interessate al guasto, vengono sottoposte a delle sollecitazioni termiche e dinamiche che sono proporzionali al quadrato della corrente di corto circuito ed al tempo di durata del guasto.

Le conseguenze degli effetti d'una corrente di corto circuito possono quindi essere devastanti per gli impianti e le utenze, oltre ad essere dannose per le persone.

Nasce quindi l'esigenza di limitare ed interrompere nel più breve tempo possibile il fenomeno al fine proteggere operatori, impianti e macchine.

I dispositivi normalmente utilizzati per garantire questo tipo di protezione sono di due tipi:

- le valvole fusibili dette più semplicemente "fusibili";
- gli "interruttori automatici" che in funzione dei dispositivi di protezione che integrano possono essere: magnetici o magnetotermici.

(1) Il lettore che desiderasse approfondire il tema sulle correnti di cortocircuito può fare riferimento alla seguente pubblicazione: DOSSIER TECNICO NUOVA MAGRINI GALILEON. 1 - "CALCOLO PRATICO DELLE CORRENTI DI CORTO-CIRCUITO".

## 12. Il fusibile

### 12.1 Funzione e principio di funzionamento

I fusibili sono dei dispositivi di protezione contro le sovracorrenti il cui principio di funzionamento è basato sull'effetto Joule e cioè, sul riscaldamento rapido, fino alla fusione, di un conduttore attraversato dalla corrente.

### 12.2 Caratteristiche costruttive (fig. 45)

I fusibili per i circuiti bassa tensione, sono tutti del tipo detto "a fusione controllata".

Ovvero il conduttore (filo o lamella) che costituisce l'elemento fusibile e inserito in una cartuccia di materiale plastico o ceramico, riempita di polveri deionizzanti (comunemente sabbie a base di quarzo), il cui compito è quello di soffocare e spegnere rapidamente l'arco elettrico, creatosi per la fusione del conduttore interno per effetto termico della corrente di guasto.

### 12.3 Le norme di riferimento

Per le regole generali si fa riferimento alla norme:

- CEI 32.1;
- IEC 269.1.

Le prescrizioni per i fusibili ad uso industriale sono invece definite dalle norme:

- CEI 32.4;
- IEC 269.2.

### 12.4 Caratteristiche elettriche nominali

■ tensione nominale ( $U_n$ ): è il valore di tensione massima alla quale può essere impiegato il fusibile per garantire le caratteristiche dielettriche ed il corretto funzionamento all'atto del cortocircuito;

■ corrente nominale ( $I_n$ ): è la corrente che il fusibile può sopportare in condizioni normali di funzionamento senza che questa provochi né la fusione né un riscaldamento eccessivo delle sue parti.

Definisce il "calibro" del fusibile.

■ potere di interruzione nominale: è il massimo valore di corrente, (ad un valore di tensione assegnato), che il fusibile può interrompere senza esplodere o comunque danneggiare la base porta-fusibili od altri componenti vicini. Il suo valore è generalmente compreso tra 50-70-100 kA.

### 12.5 Caratteristiche di fusione (o di intervento)

È la curva caratteristica (a tempo inverso) che indica il tempo di fusione di un fusibile in funzione dell'intensità di corrente di corto circuito. I costruttori di fusibili indicano normalmente la curva media di fusione (ricavata dai valori di tempo di prearco e di fusione totale) come indicato nella fig. 46.

Le caratteristiche del fusibile devono rispettare i limiti di funzionamento dettati dalle Norme CEI 32.1-4 / IEC 269... che variano a seconda del tipo di dispositivo.

Il mercato propone molti tipi di fusibili: questa trattazione si limiterà a verificare i limiti per quelli più diffusi ovvero dei fusibili tipo gG (gl secondo la precedente denominazione) e di quelli di tipo aM.

### Limiti di funzionamento per fusibili Tipo "gG":

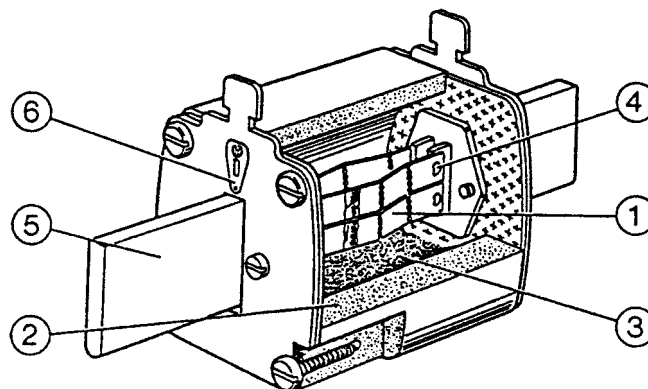
Si definiscono:

■ la corrente convenzionale di non fusione ( $I_{nf}$ ): è il valore di corrente che può essere sopportato dal fusibile per un tempo stabilito (tempo-convenzionale, tc) senza che si verifichi la fusione.

Viene espressa in multipli della corrente nominale  $I_n$ :  $I_{nf}=1,25 I_n$ ;

■ la corrente convenzionale di fusione ( $I_f$ ): è il valore di intensità corrente che provoca la fusione entro un tempo stabilito convenzionalmente (tempo convenzionale, tc):  $I_f=1,6 I_n$ .

La fig. 47 riporta questi limiti diversificati per calibri di fusibili tipo gG.



La figura mostra le parti componenti un fusibile.

- Elemento fusibile.
- ▴ Corpo del fusibile.
- Polvere deionizzante.
- ⊙ Collegamento tra fusibili e coltelli.
- ( ) Coltelli per il collegamento del fusibile alla base di supporto.
- ) Sistema di segnalazione (a percussore) di intervento

Fig. 45

### Limiti di funzionamento per fusibili

#### Tipo "aM"

A differenza dei precedenti questi dispositivi si attivano per intensità di corrente pari a  $I_f = 4 I_n$  entro un limite temporale massimo di 60 secondi. Per intensità di corrente  $I_f = 12,5 I_n$  il tempo d'intervento si riduce a  $a \leq 0,5$  sec. La fig. 48 evidenzia i limiti di funzionamento per un fusibile tipo aM.

#### 12.6 Caratteristiche di limitazione della corrente di corto circuito

Definisce la capacità del fusibile di limitare (durante il primo semiperiodo dell'onda di corrente) il valore di cresta massima della corrente di corto circuito. A tale proposito, i costruttori mettono a disposizione diagrammi specifici (detti "caratteristiche di limitazione") sui quali sono riportate le correnti di cresta limitate dai fusibili ( $I_e$ ), in funzione del valore efficace della corrente presunta di corto ( $I_{ccp}$ ). La fig. 49 riporta una tipica rappresentazione di queste caratteristiche.

#### 12.7 Caratteristiche di limitazione dell'energia passante

Anche in questo caso il produttore fornisce diagrammi che riportano i valori dell'energia specifica lasciata passare dai fusibili durante il tempo d'interruzione, in funzione della corrente di corto circuito presunta.

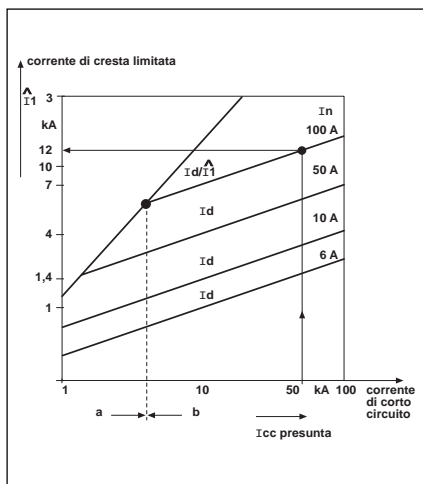


Fig. 49

Un fusibile da 100 A ( $I_n$ ) limita una corrente presunta di 50 kA efficaci ad un valore di 12 kA di cresta.

Per valori di corrente minori di "a" non si ha limitazione.

Per valori maggiori o uguali di "b" si incomincia ad avere l'effetto di limitazione.

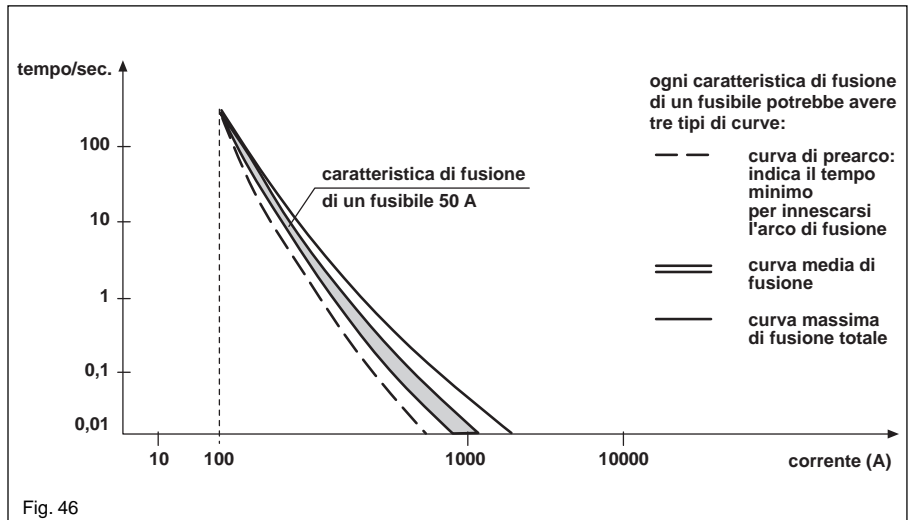


Fig. 46

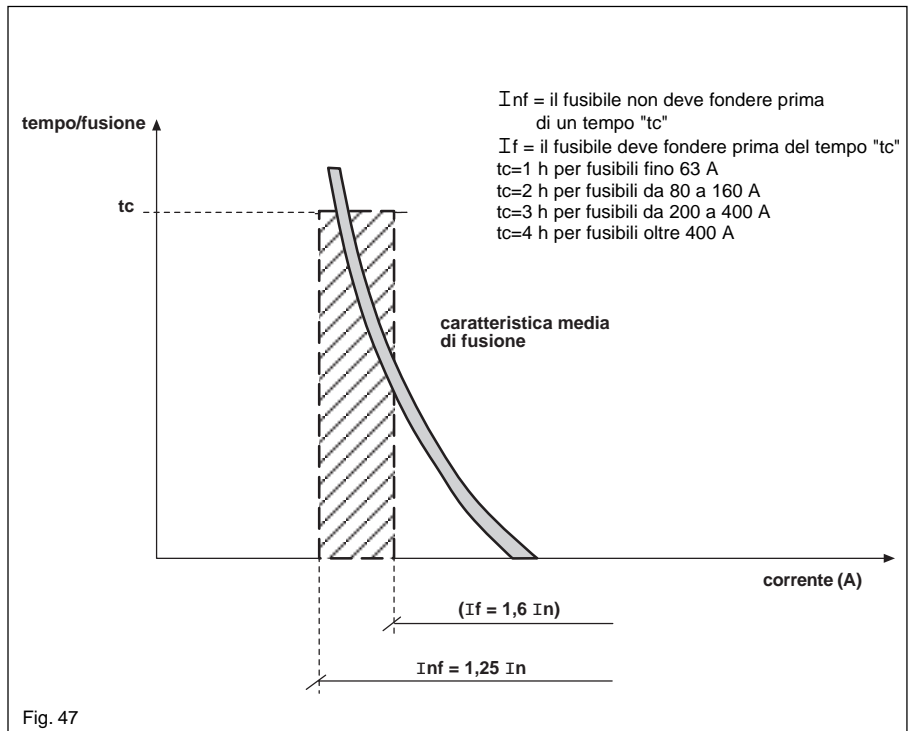


Fig. 47

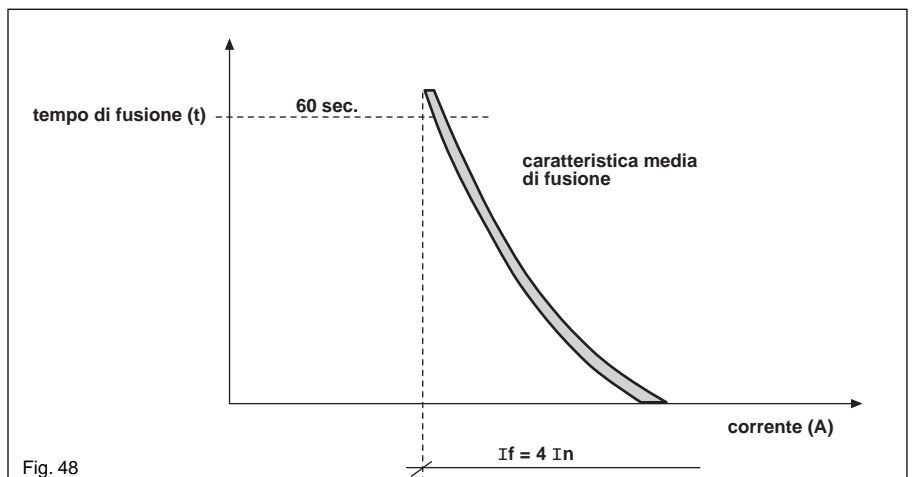


Fig. 48

# Il coordinamento del comando edella protezione motore

A titolo d'esempio vengono proposte qui di seguito i diagrammi che riportano le curve di fusione per fusibili tipo gG ed aM (fig. 50 e fig. 51).

## 12.8 Classificazione ed impiego dei fusibili tipo "gG" ed "aM"

I fusibili tipo gG proteggono i circuiti elettrici e le utenze dai corto circuiti e dai sovraccarichi, sia di debole che di forte intensità.

Vengono normalmente impiegati per proteggere le linee di distribuzione e tutte le utenze in generale.

I fusibili tipo "aM", definiti normalmente per uso combinato e detti altresì "accompagnamento motore", proteggono contro corto circuiti e sovraccarichi di elevata intensità. Sono concepiti infatti per sopportare, senza intervenire, i ripetuti avviamenti dei motori e per completare il livello di protezione debbono essere necessariamente associati a dispositivi di protezione termica per deboli sovraccarichi.

## 12.9 Criteri di scelta dei fusibili per la protezione motore

È evidente che la scelta del fusibile dovrà essere fatta sulla base di un valore di corrente maggiore od uguale alla corrente nominale motore ( $I_n$ ), oltre a ciò occorrerà confrontare la compatibilità della sua curva caratteristica di fusione con la curva caratteristica (tempo, corrente di avviamento) del motore e con quella del relé termico associato (tarato sulla corrente nominale del motore). Inoltre, secondo quanto prescritto dalla Norma IEC 947.4.1, il fusibile prescelto non dovrà intervenire né in fase di avviamento del motore né in condizione di rotore bloccato. L'intervento del relé termico dovrà sempre precedere quello del fusibile. Infine, sempre in aderenza alla normativa IEC di riferimento, il potere di interruzione del fusibile scelto, dovrà essere di valore maggiore o uguale alla intensità massima della corrente di corto circuito presunta (nel punto di installazione).

## Influenza della temperatura

Normalmente le caratteristiche dei fusibili sono definite in base ad una temperatura di funzionamento di 20°C. Tali caratteristiche si mantengono pressoché inalterate fino a temperature di 40-45 °C. Per temperature superiori è normalmente raccomandato di surclassare il fusibile del 5% per ogni 10°C di aumento della temperatura.

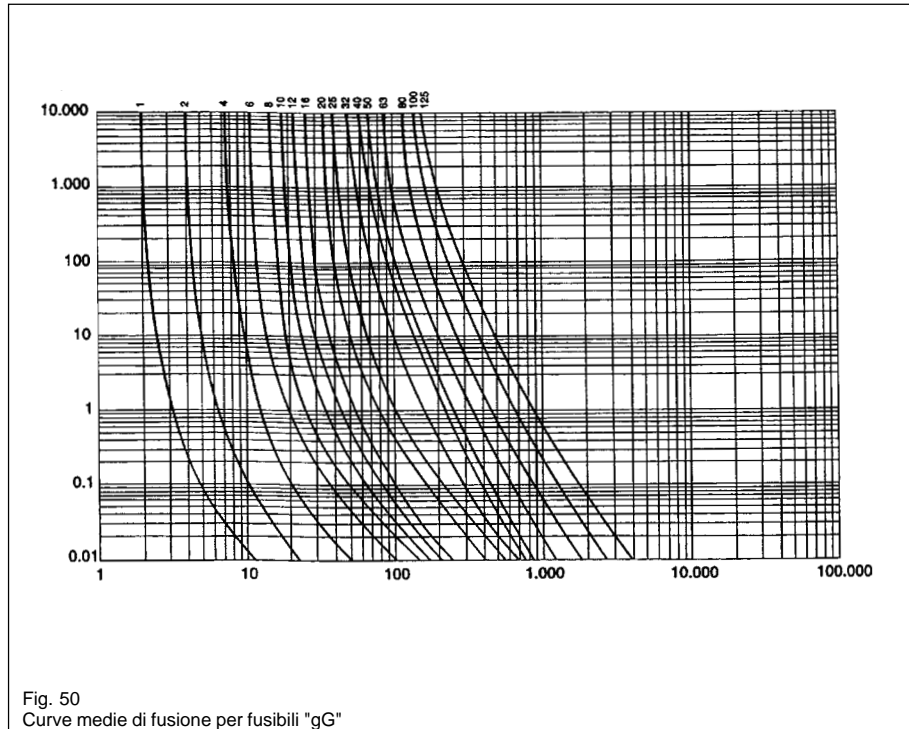


Fig. 50  
Curve medie di fusione per fusibili "gG"

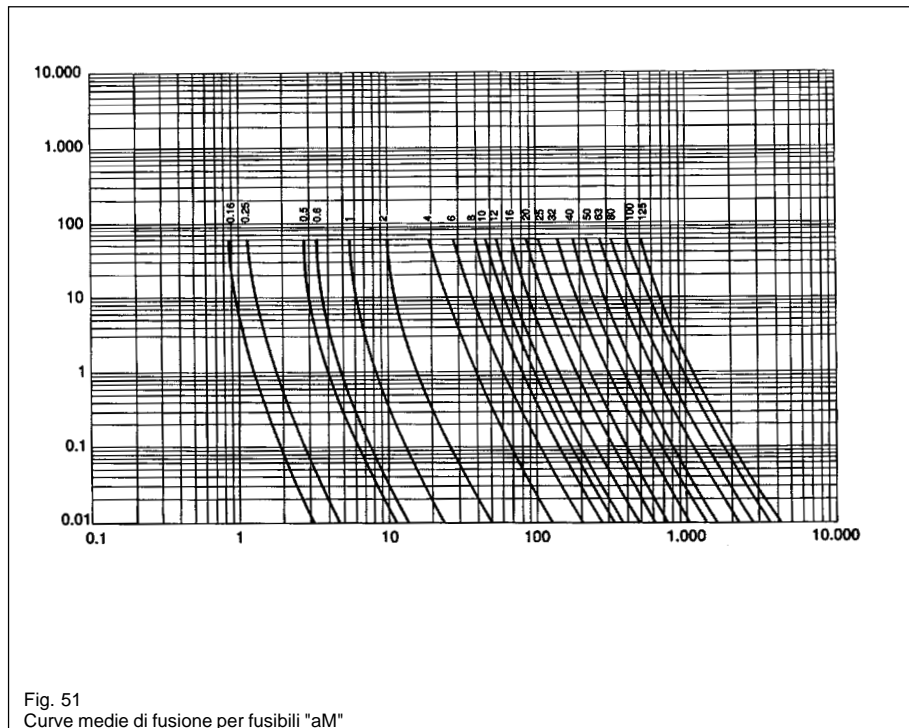


Fig. 51  
Curve medie di fusione per fusibili "aM"

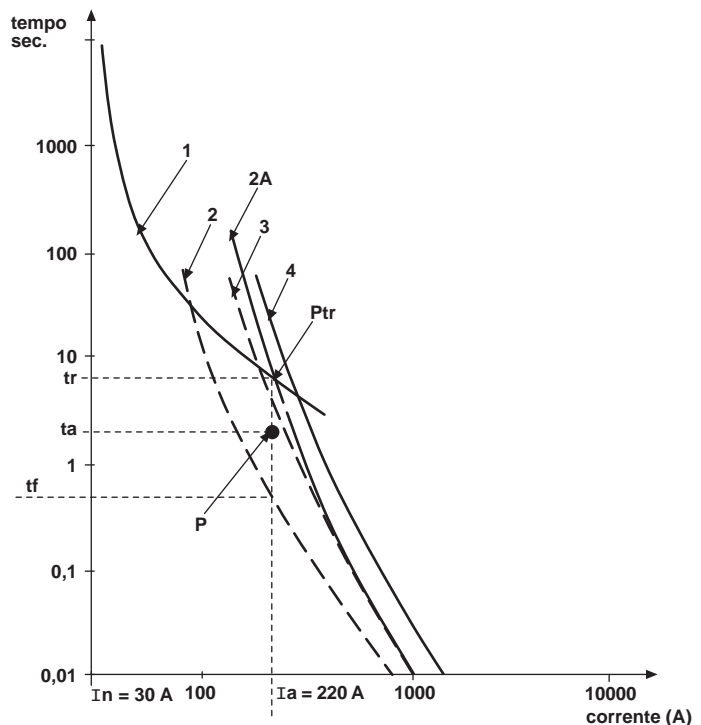


In fig. 52 sono rappresentate le scelte: CORRETTA ed ERRATA di fusibili di tipo gG ed aM per la protezione di un motore:

- potenza 15 kW;
- tensione 380 V;
- intensità di corrente nominale  $I_n=30$  A;
- intensità di corrente di avviamento  $I_a=7.2 I_n=7.2 \cdot 30 \text{ A} \cong 220 \text{ A}$ ;
- tempo di avviamento  $t_a \leq 2$  sec.;

**Raccomandazione in generale per la corretta interpretazione della curva caratteristica di funzionamento del fusibile**

L'energia di prearco (valore minimo dell'energia passante capace di innescare la fusione) condiziona sensibilmente il funzionamento del fusibile: per tenere conto di questo valore e quindi per evitare interventi impestivi, è raccomandabile che la caratteristica media di funzionamento venga scelta in funzione di un punto immaginario avente le coordinate del punto "P" maggiorate cautelativamente del 10%.



- (1) Caratteristiche di funzionamento a freddo del relé termico tarato a 30 A.
- (2) Caratteristica del fusibile (gG) da 40 A (scelta ERRATA). Il fusibile pur essendo di un calibro superiore alla  $I_n$  del motore ( $40 > 30$  A), non soddisfa le condizioni di avviamento del motore: per valori di  $I_a$ , interviene infatti in un tempo  $t_f < t_a$ .
- (2a) Caratteristica del fusibile (gG) da 63 A SCELTA CORRETTA. Il fusibile soddisfa tutte le condizioni pur risultando sovradimensionato rispetto al calibro da 40 A (aM) che soddisfa le stesse condizioni.
- (3) Caratteristica del fusibile (aM) da 32 A SCELTA ERRATA: il fusibile soddisfa le condizioni di avviamento del motore però, in condizioni di rotore bloccato (a causa della corrente  $I_a$ ) interviene prima del relé termico.
- (4) Caratteristica del fusibile da 40 A (aM) SCELTA CORRETTA:
- (P) Punto massimo di funzionamento del motore ( $I_a \times T_a$ )
- (Ptr) Punto di intervento del relé termico in condizione di rotore bloccato. L'intervento dei fusibili da 40 A (aM) e 63 A (gG) è preceduto dal funzionamento del termico. Per la protezione dei motori vengono generalmente impiegati i fusibili tipo "aM".  
Si è voluta rappresentare anche la scelta di fusibili tipo "gG", per venire incontro alle esigenze di utenti che per motivi tecnici o per scelte di capitolato adottano ancora questo tipo di protezione.
- (tr) Tempo di funzionamento a rotore bloccato.

Fig. 52

## 13. L'interruttore automatico

### 13.1 Introduzione

È un apparecchio che svolge un ruolo determinante nelle applicazioni elettriche. Le sue funzioni fondamentali sono quelle di sezionare e proteggere una rete od un utenza elettrica. In questa trattazione l'interruttore verrà considerato per le funzioni di protezione che è in grado di svolgere nello ambito della partenza motore.

### 13.2 Le caratteristiche elettriche

Indipendentemente dalle caratteristiche costruttive e dalle funzioni a cui assolve, un interruttore automatico viene sempre definito attraverso le seguenti caratteristiche fondamentali.

### 13.3 Tensione nominale di impiego ( $U_e$ )

È il valore di tensione che a cui può venire comunemente impiegato l'apparecchio ed alla quale sono riferite le prestazioni dello stesso. Per gli interruttori multipolari viene espressa come tensione concatenata e deve sempre essere maggiore od uguale alla tensione della rete di alimentazione.

### 13.4 Tensione nominale di isolamento ( $U_i$ )

È la tensione alla quale fanno riferimento le prove di isolamento dell'interruttore; ovvero la tensione massima a cui l'apparecchio può essere utilizzato in assoluta sicurezza. La tensione d'isolamento rappresenta quindi la massima tensione nominale d'impiego dell'apparecchio:  $U_e \leq U_i$ .

### 13.5 Tensione nominale di tenuta agli shock ( $U_{imp}$ )

Corrisponde al valore massimo di tensione di impulso che l'apparecchio può sopportare, per un tempo definito, senza che si abbia danneggiamento delle parti isolanti.

### 13.6 Corrente nominale termica ( $I_{th}$ )

È la corrente massima che l'interruttore può sopportare in normali condizioni di servizio, ad una temperatura di funzionamento di 40°C, senza che il suo riscaldamento superi i limiti imposti dalle norme.

### 13.7 Potere di interruzione $I_{cu}$ e $I_{cs}$

La nuova Norma IEC 947.2 definisce due poteri di interruzione distinti:

- il potere di interruzione estremo ( $I_{cu}$ ): rappresenta la più elevata intensità di corrente di cortocircuito (espressa in kA efficaci) che un interruttore automatico può interrompere ad una tensione d'impiego assegnata.

Il valore è definito dal superamento di una sequenza di manovre in cortocircuito secondo il ciclo O-CO definita dalle norme IEC.

È il parametro che, al momento della scelta andrà confrontato con il valore della corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione dell'interruttore, la scelta sarà corretta quando:  $I_{cu} \geq I_{ccp}$ .

- il potere di interruzione di servizio ( $I_{cs}$ ):  $I_{cu}$ , definito al punto precedente rappresenta la corrente di cortocircuito massima che l'interruttore potrebbe essere chiamato ad interrompere. In realtà il calcolo della corrente di cortocircuito presunta si fa con ipotesi di massima che vanno tutte a favore della sicurezza, in particolare si ipotizza:
  - il corto circuito avviene contemporaneamente su tutte le fasi
  - il corto circuito è privo di arco elettrico ("imbullonato"), e quindi non si considerano valori resistivi
  - le resistenze di collegamento non vengono considerate
  - il cortocircuito viene ipotizzato sui morsetti lato valle dell'interruttore senza interposizione di cavi
  - le resistenze di collegamento sono calcolate alla temperatura ambiente o alla temperatura normale di funzionamento dei cavi, mentre in realtà, durante il cortocircuito, queste resistenze diventano maggiori all'aumentare della corrente ed a causa degli effetti termici che questa stessa induce.

Ne risulta quindi che al verificarsi di un cortocircuito, il suo valore reale della corrente sarà notevolmente ridotto rispetto a quello presunto ( $I_{ccp}$ ).

Per queste ragioni la norma IEC 947.2 identifica un nuovo parametro  $I_{cs}$  definendolo "Potere di interruzione di servizio".

È il valore della massima corrente di cortocircuito che l'interruttore è in grado di interrompere per tre volte, secondo il ciclo (O-CO-CO) alla corrispondente tensione nominale di impiego: questo valore viene dichiarato dal costruttore utilizzando valori percentuali del potere di interruzione estremo ( $I_{cu}$ ). Lo scopo di questa nuova caratteristica è quello di fornire al dispositivo, non solo la capacità di interrompere in tutta sicurezza le correnti di corto circuito ma, anche l'attitudine a conservare le normali condizioni di servizio dopo aver interrotto la corrente di guasto. Le condizioni previste per la verifica dell'interruttore prevedono infatti che lo stesso dopo l'effettuazione del ciclo di interruzione O-CO-CO assicuri il normale funzionamento a corrente nominale.

Nella fig. 53 viene riassunta la questione del potere di interruzione secondo la definizione delle vecchie Norme IEC e di quelle attuali.

Potere di interruzione
<b>IEC 157.1</b> 2 poteri di interruzione: - Pdi ciclo P1 (O-CO) - Pdi ciclo P2 (O-CO-CO)
<b>Nuova norma IEC 947.2</b> potere di interruzione estremo: $I_{cu}$ ciclo O-CO
Prestazioni di attitudine al servizio
<b>IEC 157.1</b> nessuna prescrizione
<b>Nuova norma IEC 947.2</b> prestazione di interruzione servizio: $I_{cs}$ ciclo O-CO-CO + verifica dell'attitudine all'impiego

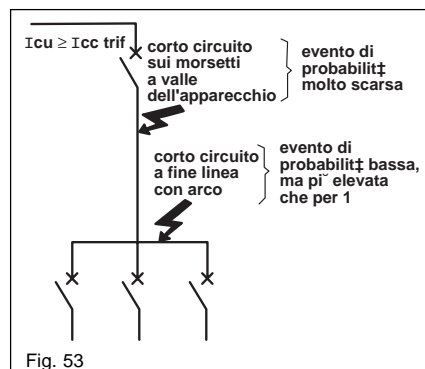


Fig. 53



Fig. 54  
Interruttore automatico della serie NS Merlin Gerin.

### 13.8 Il potere di chiusura ( $I_{cm}$ )

Rappresenta la più alta intensità di corrente di corto circuito (espressa in kA di cresta) che l'interruttore può stabilire alla tensione nominale di impiego. È definita dal costruttore come multiplo di coefficiente  $n$  del potere di interruzione  $I_{cu}$  secondo valori specificati dalla citata norma IEC.  $I_{cm} = I_{cu} \times n$  dove  $n = 1.5 - 2.2$ .

#### Notabiliografica

Il lettore che desiderasse approfondire le tematiche relative agli Interruttori Automatici (aspetti normativi, evoluzione costruttiva e tecnologica, tecniche di interruzione, modalità d'impiego etc.), può fare riferimento alle seguenti pubblicazioni:

- Dossier tecnico n. 2 Nuova Magrini Galileo - Evoluzione degli interruttori BT con le norme IEC 947.2;
- Dossier tecnico n. 5 Nuova Magrini Galileo - Interruttori in BT per limitazione di corrente.

Nella trattazione abbiamo infatti richiamato soltanto le caratteristiche degli interruttori automatici che vengano considerate nell'impiego degli stessi per la protezione dei motori.

### 13.9 Criteri di scelta degli interruttori automatici nella protezione motore (fig.55)

Gli orientamenti di scelta di un interruttore automatico con funzioni di protezione dai cortocircuiti nelle partenze motore fanno riferimento ai seguenti parametri:

- tensione della rete di alimentazione del motore ( $U$ ).

La tensione nominale d'impiego ( $U_e$ ) dell'interruttore deve essere sempre di valore maggiore o uguale a quella di alimentazione del motore.  $U_e \geq U$ ;

- corrente di cortocircuito presunta ( $I_{ccp}$ ). Il potere di interruzione estremo ( $I_{cu}$ ) dell'interruttore per la tensione d'impiego assegnata dovrà essere di valore maggiore o uguale alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione:  $I_{cu} \geq I_{ccp}$ ;

- corrente nominale del motore ( $I_n$ ). La corrente nominale di funzionamento ( $I_{th}$ ) dell'interruttore dovrà essere maggiore o uguale alla corrente nominale del motore ( $I_n$ ) in considerazione della temperatura normale di funzionamento.  $I_{th} \geq I_n$ ;

- tipo di associazione.

Se l'interruttore automatico dovrà essere associato ad un avviatore

già provvisto di relé termico contro i sovraccarichi, potrà essere scelto con protezione solo magnetica (sganciatori magnetici).

- corrente di avviamento motore ( $I_a$ ) e scelta della soglia degli sganciatori magnetici ( $I_m$ ).

L'interruttore dovrà essere scelto con sganciatori magnetici a soglia d'intervento ( $I_m$ ) compatibile con la corrente di avviamento motore ( $I_a$ ), ovvero tale da non provocare sganci intempestivi in fase di avviamento.  $I_m > I_a$ .

La fig. 56 mostra un esempio di scelta degli sganciatori di un interruttore per la protezione di un motore di:

- potenza 45 kW;
- tensione 380 V;
- corrente nominale  $I_n = 85A$  ed  $I_a \approx I_n \approx 85A$ ;
- corrente di avviamento  $I_a = 7.2 I_n = 7.2 \times 85 \approx 600A$ .

La soglia di sgancio ( $I_m$ ) degli sganciatori è sempre compresa in una fascia di valori di corrente i cui limiti (definiti dalla norma IEC) variano percentualmente da -20 a +20  $I_m$ . Onde evitare sganci intempestivi dell'interruttore è necessario scegliere sganciatori il cui valore minimo della soglia di sgancio ( $I_m$ ) risulti almeno

maggiore del 20% rispetto alla ( $I_a$ ) del motore:  $I_m = I_a + 20\% I_a$ .

Ad esempio, l'interruttore Compact NS100 avente una soglia magnetica  $I_m = 1300 A$  soddisfa ampiamente queste condizioni in quanto risulta  $I_m - 20\% > I_a$  (ovvero  $1040 A > 600 A$ ).

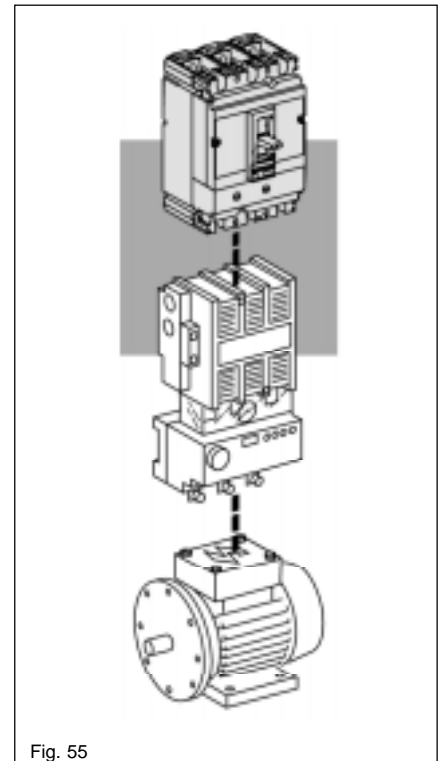


Fig. 55

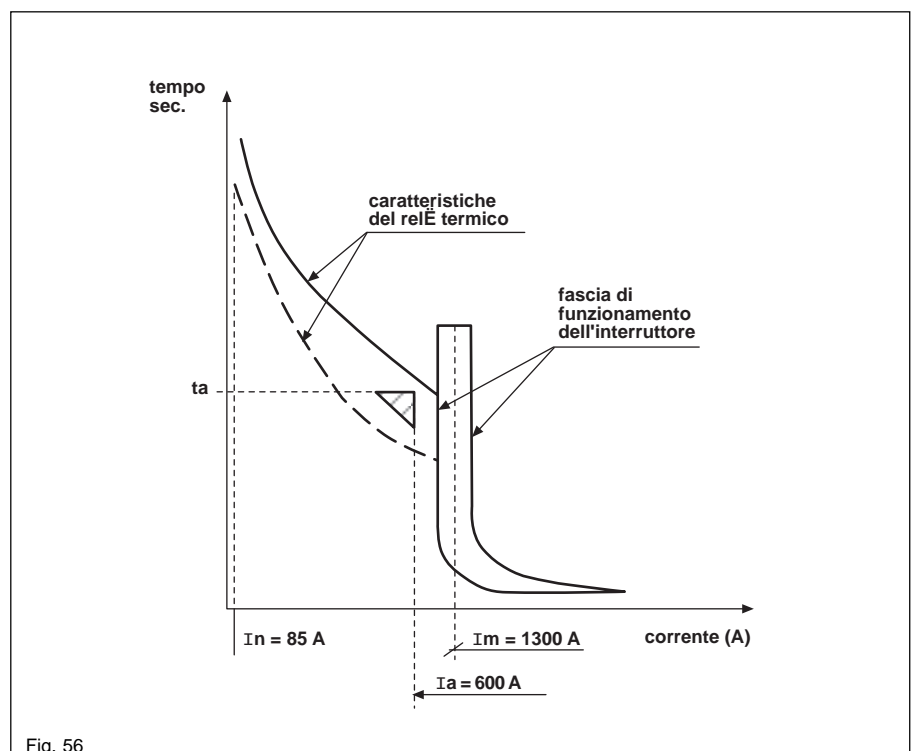


Fig. 56

## 14. Confronto tra fusibili ed interruttori automatici

### 14.1 Tabella di confronto

La tabella propone una sintetica analisi dei due sistemi comparandone vantaggi e svantaggi.

Fusibili	Caratteristica	Interruttori
Possibile con prodotti e schemi adeguati →	Protezione onnipolare	← Si sempre
Si sempre →	Limitazione correnti di corto circuito	← Si con prodotti specifici
Basso ma non trascurabile (soprattutto se più fusibili in serie) →	Autoconsumo	← Trascurabile
Limitata →	Accessoriabilità	← Vastissima
Possibile con precauzioni e prodotti adeguati →	Uso come apparecchio di manovra	← Possibile senza limitazioni
Semplice →	Manutenzione	← Praticamente nulla
Laborioso →	Ripristino dopo guasto	← Immediato
Discreta →	Praticità di montaggio	← Alta
Basso se non si creano schemi particolari →	Costo	← Medio/Alto

## 15. Il coordinamento degli apparecchi nella partenza motore

### 15.1 Introduzione

Gli apparecchi normalmente impiegati per assolvere le funzioni di comando e protezione dei motori elettrici come più volte affermato sono: i contattori, i relé termici, i fusibili e gli interruttori automatici.

Questi apparecchi permettono di comandare, proteggere, isolare (sezionare) i circuiti elettrici e le utenze ed al contempo garantire la protezione degli operatori.

Però, affinché gli stessi possano svolgere la loro funzione in modo ottimale, la loro associazione deve avvenire secondo precise regole di coordinamento suggerite dalle norme relative agli avviatori.

Nelle pagine seguenti verificheremo e studieremo le modalità di coordinamento di un avviatore diretto associato a dispositivi di protezione, quali il fusibile o l'interruttore automatico secondo le norme IEC 947.4 / CEI EN 60 947.4.1

### 15.2 Verifica del potere di chiusura ed interruzione del contattore associato a dispositivi di protezione

Quando una associazione di contatore e relé termico è presa in esame per comandare un motore, la sua scelta, oltre a seguire i criteri verificati in precedenza, deve garantire, secondo le norme IEC, che il potere di chiusura (Pc) e di interruzione (Pi) del contattore siano in grado di permettere allo stesso di stabilire od interrompere tutte le correnti inferiori o uguali alla corrente  $I_c$ .

Il valore di  $I_c$  viene stabilito in corrispondenza del punto di intersezione tra la caratteristica di funzionamento a freddo del termico e la caratteristica di funzionamento del dispositivo di protezione (interruttore o fusibile).

La corrente  $I_c$  rappresenta il valore di corrente che le norme prendono come riferimento per la discriminazione tra la soglia di intervento del relé termico e quella del dispositivo di protezione.

Nei grafici riportati qui a fianco, fig. 57 e 58, viene rappresentato il valore di (Pc) e (Pi) di un contattore associato ad un relé termico in combinazione sia con un fusibile, sia con un interruttore automatico.

### 15.3 Coordinamento di un avviatore (contattore + relé termico) associato a fusibile secondo norme IEC 947.4 / CEI EN 60947.4.1

Il grafico della fig. 59 riporta la rappresentazione tipica del coordinamento degli apparecchi destinato al comando e alla protezione di un motore di:

- potenza 22 kW;
- tensione 380 V;
- corrente  $I_n=45$  A, ed  $I_a=315$  A;
- tempo di avviamento in classe 10.

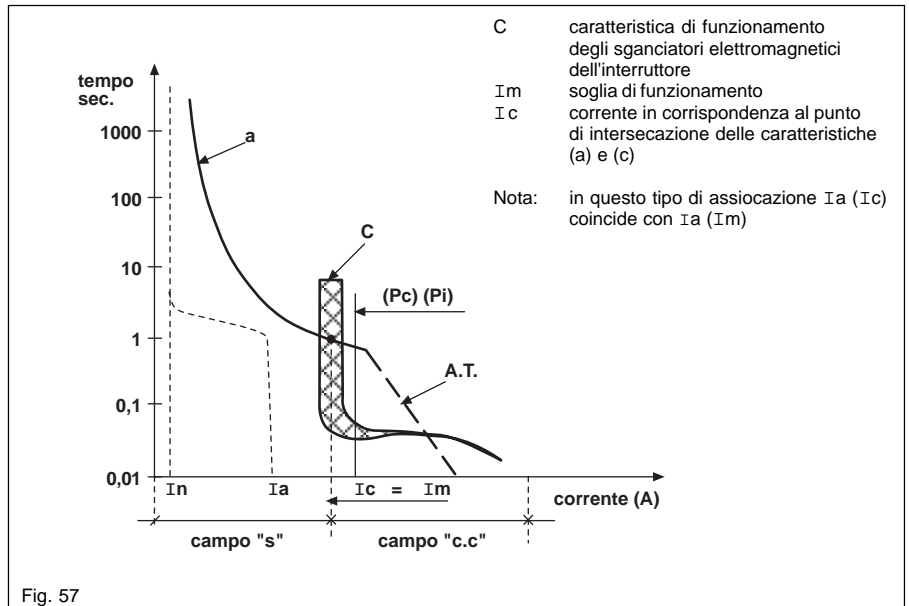


Fig. 57

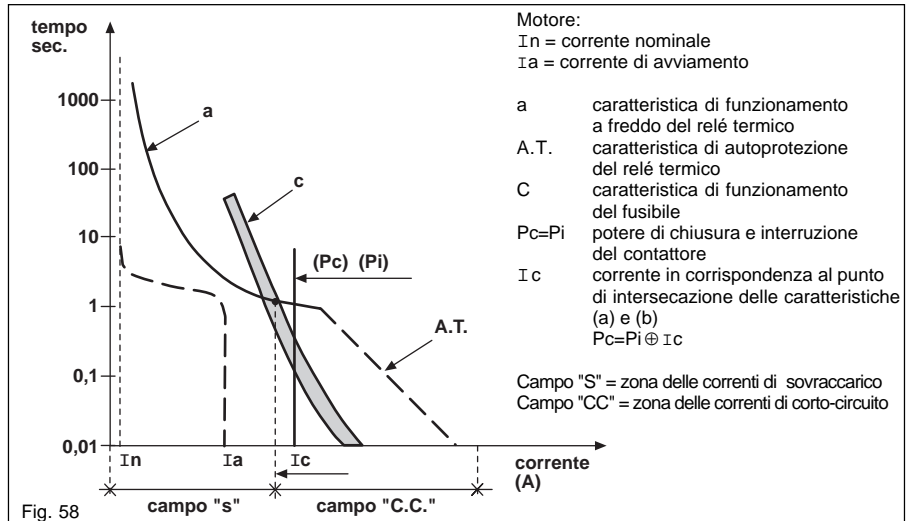


Fig. 58

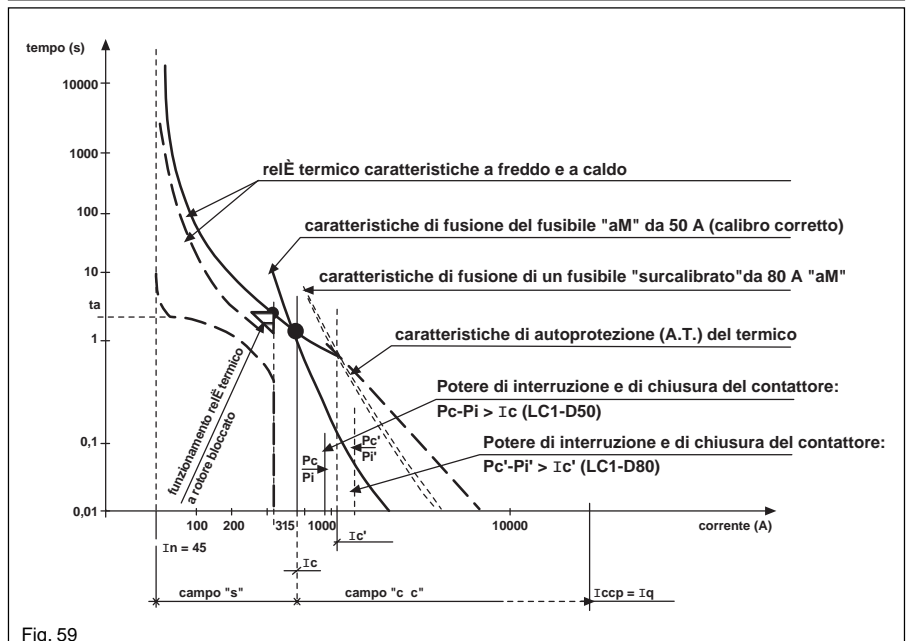


Fig. 59

# Il coordinamento del comando edella protezione motore

Riepilogando le funzioni degli apparecchi avremo:

■ **relé termico:**

□ protegge il motore e la linea di alimentazione da tutte le correnti di sovraccarico comprese nel campo "S"  
 □ deve permettere il passaggio della corrente di avviamento ( $I_a$ ) per l'intervallo di tempo ( $t_a$ ) senza intervenire

□ deve intervenire invece in caso di blocco del rotore, punto (A.T.) proteggendo sia il motore che il fusibile

■ **contattore:** apparecchio di manovra, con potere di chiusura (Pc) e di interruzione (Pi), deve poter stabilire ed interrompere oltre alla corrente nominale ( $I_n$ ) e quella di avviamento ( $I_a$ ), tutti i valori di corrente comprese tra quest'ultima e la corrente ( $I_c$ ), quando il relé lo richiede;

■ **fusibile:** al dispositivo è demandata l'interruzione delle correnti di cortocircuito che superano il valore della corrente  $I_c$  fino al valore massimo di corrente di cortocircuito presunta ( $I_{ccp}$ ). Il suo potere di interruzione avrà pertanto un valore corrispondente ad  $I \oplus I_{ccp}$ .

Il fusibile non dovrà intervenire né allo stabilirsi della corrente di avviamento ( $I_a$ ) né per qualunque altro valore di corrente inferiore alla ( $I_c$ ), il relé termico precederà il suo funzionamento.

Sul diagramma è evidenziata la completa protezione offerta dal fusibile (50 A) nei confronti del relé termico per qualunque valore di corrente di cortocircuito e la protezione solo parziale fornita da un fusibile (da 80 A) sovracalibrato.

Da ciò risulta evidente che, quando si dovrà scegliere un fusibile di calibro sovradimensionato, occorrerà impiegare anche un contattore di calibro superiore tale da disporre di un potere di chiusura e di interruzione maggiori, per rispondere alla nuova condizione dettata dalla corrente  $I_c$  in modo da avere:  
 $P_c$  e  $P_i > I_c$ .

## 15.4 Coordinamento di un avvitatore (contattore+relé termico) associato con interruttore automatico secondo Norme IEC 947.4/CEI EN 60947.4.1

Per questo tipo di associazione, la rappresentazione tipica del coordinamento degli apparecchi è quella indicata nella fig. 60 che evidenzia il caso di comando e protezione di un motore di:

- potenza 45 kW;
- tensione 380 V;
- corrente  $I_n=85$  A,  $I_a=600$  A;
- tempo di avviamento in classe 10.

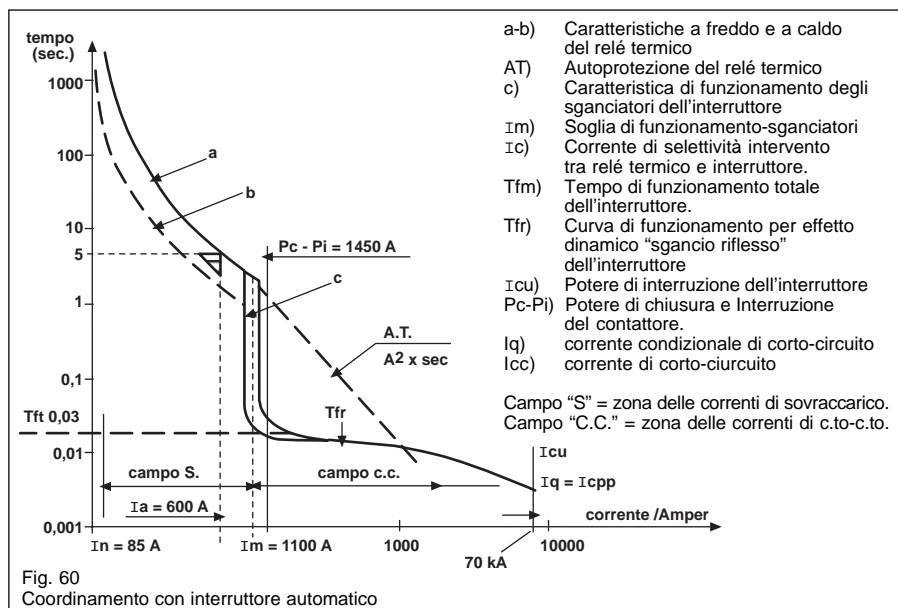


Fig. 60  
Coordinamento con interruttore automatico

- a-b) Caratteristiche a freddo e a caldo del relé termico
- AT) Autoprotezione di relé termico
- c) Caratteristica di funzionamento degli sganciatori dell'interruttore
- $I_m$ ) Soglia di funzionamento-sganciatori
- $I_c$ ) Corrente di selettività intervento tra relé termico e interruttore.
- $T_{fm}$ ) Tempo di funzionamento totale dell'interruttore.
- $T_{fr}$ ) Curva di funzionamento per effetto dinamico "sgancio riflesso" dell'interruttore
- $I_{cu}$ ) Potere di interruzione dell'interruttore
- $P_c-P_i$ ) Potere di chiusura e Interruzione del contattore.
- $I_q$ ) corrente condizionale di corto-circuito
- $I_{cc}$ ) corrente di corto-circuito

Campo "S" = zona delle correnti di sovraccarico.  
 Campo "C.C." = zona delle correnti di c.to-c.to.

Come nel caso di coordinamento con fusibili, gli apparecchi debbono rispettare i seguenti principi di funzionamento.

■ Il relé termico controlla tutte le correnti di sovraccarico delineate dal campo "S" richiamando il contattore per l'interruzione;

■ il valore minimo del potere  $P_c/P_i$  del contattore deve sempre risultare maggiore o uguale alla corrente ( $I_c$ ) che in questa associazione coincide con la soglia di funzionamento ( $I_m$ ) degli sganciatori magnetici dell'interruttore;

■ l'interruttore: come dimostra la sua caratteristica (c) non interviene allo stabilirsi della corrente di avviamento ( $I_a$ ) e protegge il circuito e gli apparecchi dalle correnti di corto circuito comprese tra la corrente  $I_c$  ed il valore massimo di corrente presunta  $I_{ccp}$ . Nel diagramma è evidente la zona in cui il relé termico risulta protetto dall'interruttore.

## 15.5 Tipico coordinamento per gli avvitatori, stabilito dalle norme IEC 947.4/CEI EN 60947.4.1.

Un avvitatore è comunque attraversato dalla corrente di corto circuito, anche quando questa viene interrotta dal dispositivo di protezione ad esso associato.

L'avvitatore, nonostante l'interruzione della corrente di cortocircuito avvenga in tempi rapidi, può subire dei danneggiamenti.

Le normative citate ammettono e classificano questi danneggiamenti, identificando due tipi di coordinamento chiamati "tipo 1" e "tipo 2".

## Coordinamento di tipo 1

■ L'avvitatore che è stato sottoposto a correnti di corto circuito non è tenuto ad assicurare la continuità di servizio, se non dopo essere stato sottoposto ad operazioni di manutenzione o sostituzione;

■ non si deve però verificare nessuna manifestazione esterna pericolosa (archi, gas, fiamme, materiali incandescenti, etc.) tale da recare danno alle persone o ad agli altri apparecchi circostanti.

## Coordinamento di tipo 2

■ L'avvitatore assoggettato a correnti di corto circuito, non deve subire alcun danno, fatta eccezione per l'eventuale saldatura dei contatti del contattore; danno che si ritiene accettabile se i contatti sono facilmente separabili (ad es. mediante cacciavite) o facilmente sostituibili;

■ l'avvitatore, quindi, deve essere in grado di garantire la continuità di servizio dopo interventi leggeri di manutenzione.

## 15.6 Correnti di prova per la definizione del coordinamento

Le norme IEC 947.4/CEI EN 60 947.4.1 richiedono che i coordinamenti vengano verificati, mediante l'esecuzione di prove di tipo che ne garantiscono il buon funzionamento in caso di corto circuito a valle dell'avvitatore.

I valori di corrente di prova sono denominati rispettivamente  $I_q-I_r$  e  $I_c$  con i seguenti significati:

■ **corrente ( $I_q$ ):** corrente condizionale di corto circuito. È il massimo valore della corrente di corto circuito presunta sopportabile dall'avvitatore ed interrotta dal dispositivo di protezione;

■ corrente ( $I_r$ ): corrente di prova. È un particolare valore di corrente critica che mira a verificare il buon funzionamento del contattore e, come tale, è definito dalla norma in funzione della corrente nominale di impiego in categoria AC3 del contattore;

■ corrente ( $I_c$ ): corrente di selettività. È il valore di corrente preso come riferimento per la discriminazione di intervento tra il relé termico ed il dispositivo di protezione:

- per  $0,75 I_c$  solo intervento del termico
- per  $1,25 I_c$  solo intervento del dispositivo di protezione.

**Notabene:** Nell'associazione con gli interruttori automatici  $I_c=I_m$ .

### **15.7 Coordinamento totale e continuità di servizio**

Stabilito dalle Norme IEC 947.6-2 / CEI EN 60 947.6-2

Trattasi di una nuova norma che si applica agli apparecchi integrati destinati ad assicurare sia la funzione di comando che quella di protezione contro i sovraccarichi e le correnti di cortocircuito (APC).

Questi apparecchi possono inoltre svolgere anche la funzione supplementare di sezionamento. È una norma che prevede una serie di verifiche e di prove più severe di quelle previste per gli avviatori tradizionali nel coordinamento con fusibili od interruttori automatici. Gli apparecchi integrati infatti, dopo l'interruzione d'un guasto debbono garantire le proprie prestazioni e la continuità di servizio restando in funzione senza alcun bisogno né di verifiche ispezionali né di manutenzione.

Qui di seguito sono riassunte le principali prove previste dalle Norme per questo tipo di apparecchi:

■ 1 ciclo di prova P2 (O-CO-CO) con una corrente di corto circuito di valore pari al potere di interruzione di esercizio (ICS) dichiarata.

Senza alcuna possibilità di saldatura dei poli;

■ una prova dielettrica con tensione pari a  $2 U_i$  ( $U_i$ =tensione di isolamento);

■ una prova di funzionamento a  $U_e$  d'impiego e  $I_e$  d'impiego per 1500 manovre: ovvero l'apparecchio dopo le prove di corto circuito deve garantire una durata elettrica dei propri contatti per almeno altri 1500 cicli di manovra;

■ una prova di riscaldamento a ( $I_e$ ) d'impiego.

Gli apparecchi "Integral" Telemecanique di Schneider Electric rispondono e sono omologati a questa Norma.

### **15.8 Considerazioni finali**

Se il fusibile "aM" è di calibro uguale o immediatamente superiore alla corrente nominale del motore, il coordinamento è del "tipo 2" per tutti i valori di corrente di cortocircuito inferiori o uguali al valore presunto  $I_{ccp}$  previsto nel circuito.

Quando il fusibile invece, è "sovracalibrato" rispetto alla corrente nominale del motore il relé termico rischia il deterioramento ed il contattore può essere soggetto a saldatura dei contatti.

Il coordinamento potrebbe diventare del "tipo 1".

Per continuare a garantire il coordinamento di "tipo 2" occorre utilizzare un contattore di calibro superiore.

Fino a ieri il coordinamento di un avviatore con fusibili era l'unica associazione capace di fornire una classe di coordinamento "tipo 2" che non implicasse se non minimamente

il declassamento dell'avviatore. Con l'impiego dell'interruttore automatico limitatore si riusciva a fornire un "tipo 2" ma il declassamento del contattore e la protezione per il relé termico mediante trasformatori di corrente che ne derivava, rendeva questa combinazione poco attrattiva dal punto di vista economico. Il coordinamento diventava ancora meno economico quando livelli di corrente di corto circuito diversi potevano richiedere l'impiego di interruttori meno performanti, come il tipo standard o ad alto potere di interruzione (H).

Oggi la situazione è decisamente cambiata.

L'evoluzione tecnologica degli interruttori automatici, l'impiego di materiali sempre più sofisticati e la ricerca di nuove tecniche di interruzione, consentono a questi apparecchi di avere, in fase di corto circuito, prestazioni veramente eccellenti.

Infatti, la capacità di limitazione delle sovracorrenti e della relativa energia passante dell'attuale offerta di interruttori automatici è tale da competere con quella offerta dai fusibili.

Un esempio di queste prestazioni, viene dagli interruttori automatici "serie NS" Merlin Gerin di Schneider Electric che permettono il raggiungimento del coordinamento "tipo 2" a condizioni economiche vantaggiose.

### **15.9 Allegati**

A titolo d'esempio, in allegato nelle pagine seguenti, sono riportate le tabelle di coordinamento del tipo 1 e del tipo 2 per avviatori protetti con fusibili e interruttori automatici.

# Il coordinamento del comando edella protezione motore


	CLIENTE
	<b>TPM-027-2N</b>
COORDINAMENTO AVVIATORI B.T.	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> Q <input type="checkbox"/> R

Tabella di coordinamento interruttori e avviatori Schneider

Norma: CEI EN 60947-4-1  
Avviamento: diretto normale  
Coordinamento: tipo 2

Ue=380/415 V - 50 Hz  
Corrente di corto circuito  $I_q = 70$  kA

motore		interruttore automatico			contattore	relé termico			
Pn (kW)	In (A)	tipo	In (A)	Irm (A)	tipo	tipo	reg. min	reg. max	
0.06	0.3	NS80H	1.5	9	LC1D09	LR D-03	0.25	0.4	(1)
0.09	0.4	NS80H	1.5	9	LC1D09	LR D-03	0.25	0.4	(1)
0.12	0.45	NS80H	1.5	9	LC1D09	LR D-04	0.4	0.63	(1)
0.185	0.6	NS80H	1.5	9	LC1D09	LR D-04	0.4	0.63	(1)
0.25	0.8	NS80H	1.5	10.5	LC1D09	LR D-05	0.63	1	(1)
0.37	1.03	NS80H	2.5	15	LC1D09	LR D-06	1	1.6	(1)
0.55	1.6	NS80H	2.5	20	LC1D09	LR D-07	1.6	2.5	(1)
0.75	2	NS80H	2.5	25	LC1D09	LR D-07	1.6	2.5	(1)
1.1	2.6	NS80H	6.3	38	LC1D18	LR D-08	2.5	4	(1)
1.5	3.5	NS80H	6.3	44	LC1D18	LR D-08	2.5	4	(1)
2.2	5	NS80H	6.3	63	LC1D25	LR D-10	4	6	(1)
3	6.6	NS80H	12.5	88	LC1D32	LR D-12	5.5	8	(2)
4	8.5	NS80H	12.5	112	LC1D32	LR D-14	7	10	(2)
5.5	11.5	NS80H	12.5	150	LC1D32	LR D-16	9	13	(2)
7.5	15.5	NS80H	25	200	LC1D32	LR D-21	12	18	(2)
10	20	NS80H	25	250	LC1D40	LR D3322	17	25	(2)
11	22	NS80H	25	300	LC1D40	LR D3322	17	25	(2)
15	30	NS80H	50	400	LC1D40	LR D3353	23	32	(3)
18.5	37	NS80H	50	500	LC1D50	LR D3355	30	40	(3)
22	44	NS80H	50	550	LC1D50	LR D3357	37	50	(3)
30	60	NS80H	80	800	LC1D65	LR D3359	48	65	(3)
37	72	NS80H	80	960	LC1D80	LR D3363	63	80	(3)
45	85	NS100H	100	1100	LC1D115	LR D4365	80	104	(3)
55	105	NS160H (D)	150	1350	LC1D150	LR D4367	95	120	(3)
75	138	NS160H (D)	150	1800	LC1D150	LR D4369	110	140	(3)
90	170	NS250H (D)	220	2200	LC1F185	LR9F53 71	132	220	(3)
110	205	NS250H (D)	220	2640	LC1F225	LR9F53 71	132	220	(3)
132	245	NS400H	320	3200	LC1F265	LR9F73 75	200	330	(3)
160	300	NS400H	320	3840	LC1F330	LR9F73 75	200	330	(3)
200	370	NS630H	500	5000	LC1F400	LR9F73 79	300	500	(3)
220	408	NS630H	500	5500	LC1F500	LR9F73 79	300	500	(3)
250	460	NS630H	500	6000	LC1F500	LR9F73 79	300	500	(3)

NOTE:

- A) MOTORI CON CARATTERISTICHE STANDARD ( $I_{sp} < 8I_n$ )  
 B) TUTTI GLI INTERRUPTORI SONO EQUIPAGGIATI CON SGANCIATORI DI TIPO MA  
 C) PER TENSIONE DI IMPIEGO 415V VERIFICARE LA SCELTA CORRETTA DEL RELE' TERMICO IN FUNZIONE DELLA CORRENTE NOMINALE DEL MOTORE  
 D) PER  $I_{cc} \leq 36$  kA SOSTITUIRE INTERRUPTORI NS160H CON NS160N E NS250H CON NS250N

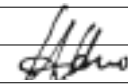
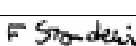
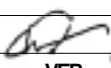
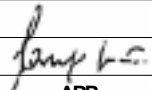
RELE' TERMICI IN ALTERNATIVA:

- (1) LT6 POM005FM - 0.2/5 A  
 (2) LT6 POM025FM - 5/25 A  
 (3) LT6 POM005FM - CON TA

CONDIZIONI DI UTILIZZAZIONE:

CATEGORIA DI IMPIEGO = AC3  
 NUMERO DI MANOVRE/ORA = 30  
 TEMPERATURA MAX INTERNO QUADRO = 65°C

**ICS = ICU**

					24/01/2001
<b>B</b>	<b>REVISIONE</b>				30/03/99
<b>REV.</b>	<b>MODIFICA</b>	<b>COMP.</b>	<b>VER.</b>	<b>APP.</b>	<b>DATA</b>





CLIENTE

**TPM323-2N**

COORDINAMENTO AVVIATORI B.T.

A  B  C  D  E  F  G  H  I  L  M  N  O  P  Q  R

Tabella di coordinamento interruttori e avviatori Schneider

Norma: IEC 947-4-1

Ue=380/415 V - 50/60 Hz

Avviamento: diretto normale

Corrente di corto circuito Iq = 50 kA

Coordinamento: tipo 2

motore		interruttore automatico			contattore	relé termico		
Pn (kW)	In (A)	tipo	In (A)	Irm (A)	tipo	tipo	reg. min	reg. max
0.06	0.3	GV2-L03	0.4	5	LC1D09	LR D-03	0.25	0.4
0.09	0.4	GV2-L03	0.4	5	LC1D09	LR D-03	0.25	0.4
0.12	0.45	GV2-L04	0.63	8	LC1D09	LR D-04	0.4	0.63
0.185	0.6	GV2-L04	0.63	8	LC1D09	LR D-04	0.4	0.63
0.25	0.8	GV2-L05	1	13	LC1D09	LR D-05	0.63	1
0.37	1.2	GV2-L06	1.6	22.5	LC1D09	LR D-06	1	1.6
0.55	1.6	GV2-L06	1.6	22.5	LC1D09	LR D-07	1.6	2.5
0.75	2	GV2-L07	2.5	33.5	LC1D09	LR D-07	1.6	2.5
1.1	2.6	GV2-L07	2.5	33.5	LC1D09	LR D-08	2.5	4
1.5	3.5	GV2-L08	4	51	LC1D09	LR D-08	2.5	4
2.2	5	GV2-L10	6.3	78	LC1D18	LR D-10	4	6
3	6.6	GV2-L14	10	138	LC1D18	LR D-12	5.5	8
4	8.5	GV2-L14	10	138	LC1D18	LR D-14	7	10
5.5	11.5	GV2-L16	14	170	LC1D18	LR D-16	9	13
7.5	15.5	NS80H	25	200	LC1D32	LR D-21	12	18
9	18	NS80H	25	250	LC1D40	LR D3322	17	25
11	22	NS80H	25	300	LC1D40	LR D3322	17	25
15	30	NS80H	50	400	LC1D40	LR D3353	23	32
18.5	37	NS80H	50	500	LC1D50	LR D3355	30	40
22	44	NS80H	50	550	LC1D50	LR D3357	37	50
30	60	NS80H	80	800	LC1D65	LR D3359	48	65
37	72	NS80H	80	960	LC1D80	LR D3363	63	80
45	85	NS100H	100	1100	LC1D115	LR D4365	80	104
55	105	NS160H	150	1350	LC1D150	LR D4367	95	120
75	138	NS160H	150	1800	LC1D150	LR D4369	110	140
90	170	NS250H	220	2200	LC1F185	LR9F53 71	132	220
110	205	NS250H	220	2640	LC1F225	LR9F53 71	132	220
132	245	NS400H	320	3200	LC1F265	LR9F73 75	200	330
160	300	NS400H	320	3840	LC1F330	LR9F73 75	200	330
200	370	NS630H	500	5000	LC1F400	LR9F73 79	300	500
220	408	NS630H	500	5500	LC1F500	LR9F73 79	300	500
250	460	NS630H	500	6000	LC1F500	LR9F73 79	300	500

NOTE:

A) MOTORI CON CARATTERISTICHE STANDARD (Isp<8In)

B) TUTTI GLI INTERRUTTORI SONO EQUIPAGGIATI CON SGANCIATORI DI TIPO MA

C) PER TENSIONE DI IMPIEGO 415V VERIFICARE LA SCELTA CORRETTA DEL RELE' TERMICO IN FUNZIONE DELLA CORRENTE NOMINALE DEL MOTORE

CONDIZIONI DI UTILIZZAZIONE:

CATEGORIA DI IMPIEGO = AC3

NUMERO DI MANOVRE/ORA = 30

TEMPERATURA MAX INTERNO QUADRO = 65°C

**ICS = Icu**

					24/01/2001
<b>A</b>	<b>REVISIONE</b>				30/03/99
<b>REV.</b>	<b>MODIFICA</b>	<b>COMP.</b>	<b>VER.</b>	<b>APP.</b>	<b>DATA</b>

# Il coordinamento del comando edella protezione motore


	CLIENTE																
	<b>TPMFU323-2N</b>																
COORDINAMENTO AVVIATORI B.T.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabella di coordinamento interruttori e avviatori Schneider

Norma: IEC 947-4-1

Ue=380/415 V - 50/60 Hz

Avviamento: diretto normale

Corrente di corto circuito Iq = 50 kA

Coordinamento: tipo 2

motore		fusibile tipo "aM"	contattore	relé termico		
Pn (kW)	In (A)	corrente nominale (A)	tipo	tipo	reg. min	reg. max
0.06	0.3	2	LC1D09	LR D-03	0.25	0.4
0.09	0.4	2	LC1D09	LR D-03	0.25	0.4
0.12	0.45	2	LC1D09	LR D-04	0.4	0.63
0.185	0.6	2	LC1D09	LR D-04	0.4	0.63
0.25	0.8	2	LC1D09	LR D-05	0.63	1
0.37	1.2	2	LC1D09	LR D-06	1	1.6
0.55	1.6	2	LC1D09	LR D-07	1.6	2.5
0.75	2	4	LC1D09	LR D-07	1.6	2.5
1.1	2.6	4	LC1D09	LR D-08	2.5	4
1.5	3.5	6	LC1D09	LR D-08	2.5	4
2.2	5	6	LC1D09	LR D-10	4	6
3	6.6	8	LC1D09	LR D-12	5.5	8
4	8.5	12	LC1D09	LR D-14	7	10
5.5	11.5	16	LC1D12	LR D-16	9	13
7.5	15.5	20	LC1D18	LR D-21	12	18
9	18	25	LC1D25	LR D-22	16	24
11	22	32	LC1D25	LR D-22	16	24
15	30	40	LC1D32	LR D-35	30	38
18.5	37	50	LC1D40	LR D3355	30	40
22	44	63	LC1D50	LR D3357	37	50
30	60	80	LC1D65	LR D3359	48	65
37	72	100	LC1D80	LR D3363	63	80
45	85	100	LC1D95	LR D3365	80	104
55	105	125	LC1D115	LR D4367	95	120
75	138	160	LC1D150	LR D4369	110	140
90	170	200	LC1F185	LR9F53 71	132	220
110	205	250	LC1F225	LR9F73 75	200	330
132	245	315	LC1F265	LR9F73 75	200	330
160	300	400	LC1F330	LR9F73 75	200	330
200	370	500	LC1F400	LR9F73 79	300	500
220	408	500	LC1F500	LR9F73 79	300	500
250	460	630	LC1F500	LR9F73 81	300	630

NOTE:

A) MOTORI CON CARATTERISTICHE STANDARD (Isp<8In)

B) TUTTI GLI INTERRUTTORI SONO EQUIPAGGIATI CON SGANCIATORI DI TIPO MA

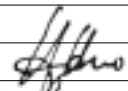
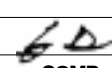
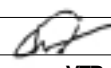
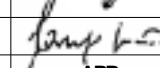
C) PER TENSIONE DI IMPIEGO 415V VERIFICARE LA SCELTA CORRETTA DEL RELE' TERMICO IN FUNZIONE DELLA CORRENTE NOMINALE DEL MOTORE

CONDIZIONI DI UTILIZZAZIONE:

CATEGORIA DI IMPIEGO = AC3

NUMERO DI MANOVRE/ORA = 30

TEMPERATURA MAX INTERNO QUADRO = 65°C

					24/01/2001
<b>A</b>	<b>EMISSIONE</b>				30/03/99
<b>REV.</b>	<b>MODIFICA</b>	<b>COMP.</b>	<b>VER.</b>	<b>APP.</b>	<b>DATA</b>



CLIENTE

**TPM-027-1N**

COORDINAMENTO AVVIATORI B.T.

A  B  C  D  E  F  G  H  I  L  M  N  O  P  Q  R

Tabella di coordinamento interruttori e avviatori Schneider

Norma: CEI EN 60947-4-1  
 Avviamento: diretto normale  
 Coordinamento: tipo 2

Ue=380/415 V - 50 Hz  
 Corrente di corto circuito  $I_q = 70$  kA

motore		interruttore automatico			contattore	relé termico			
Pn (kW)	In (A)	tipo	In (A)	Irm (A)	tipo	tipo	reg. min	reg. max	
0.06	0.3	NS80H	1.5	9	LC1D09	LR D-03	0.25	0.4	(1)
0.09	0.4	NS80H	1.5	9	LC1D09	LR D-03	0.25	0.4	(1)
0.12	0.45	NS80H	1.5	9	LC1D09	LR D-04	0.4	0.63	(1)
0.185	0.6	NS80H	1.5	9	LC1D09	LR D-04	0.4	0.63	(1)
0.25	0.8	NS80H	1.5	10.5	LC1D09	LR D-05	0.63	1	(1)
0.37	1.03	NS80H	2.5	15	LC1D09	LR D-06	1	1.6	(1)
0.55	1.6	NS80H	2.5	20	LC1D09	LR D-07	1.6	2.5	(1)
0.75	2	NS80H	2.5	25	LC1D09	LR D-07	1.6	2.5	(1)
1.1	2.6	NS80H	6.3	38	LC1D09	LR D-08	2.5	4	(1)
1.5	3.5	NS80H	6.3	44	LC1D09	LR D-08	2.5	4	(1)
2.2	5	NS80H	6.3	63	LC1D09	LR D-10	4	6	(1)
3	6.6	NS80H	12.5	88	LC1D09	LR D-12	5.5	8	(2)
4	8.5	NS80H	12.5	112	LC1D09	LR D-14	7	10	(2)
5.5	11.5	NS80H	12.5	150	LC1D12	LR D-16	9	13	(2)
7.5	15.5	NS80H	25	200	LC1D18	LR D-21	12	18	(2)
10	20	NS80H	25	250	LC1D25	LR D-22	16	24	(2)
11	22	NS80H	25	300	LC1D25	LR D-22	16	24	(2)
15	30	NS80H	50	400	LC1D32	LR D-32	23	32	(3)
18.5	37	NS80H	50	500	LC1D40	LR D3355	30	40	(3)
22	44	NS80H	50	550	LC1D50	LR D3357	37	50	(3)
30	60	NS80H	80	800	LC1D65	LR D3359	48	65	(3)
37	72	NS80H	80	960	LC1D80	LR D3363	63	80	(3)
45	85	NS100H	100	1100	LC1D95	LR D3365	80	104	(3)
55	105	NS160H (D)	150	1350	LC1D115	LR D4367	95	120	(3)
75	138	NS160H (D)	150	1800	LC1D150	LR D4369	110	140	(3)
90	170	NS250H (D)	220	2200	LC1F185	LR9F53 71	132	220	(3)
110	205	NS250H (D)	220	2640	LC1F225	LR9F53 71	132	220	(3)
132	245	NS400H	320	3200	LC1F265	LR9F73 75	200	330	(3)
160	300	NS400H	320	3840	LC1F330	LR9F73 75	200	330	(3)
200	370	NS630H	500	5000	LC1F400	LR9F73 79	300	500	(3)
220	408	NS630H	500	5500	LC1F500	LR9F73 79	300	500	(3)
250	460	NS630H	500	6000	LC1F500	LR9F73 79	300	500	(3)

NOTE:

- A) MOTORI CON CARATTERISTICHE STANDARD ( $I_{sp} < 8I_n$ )
- B) TUTTI GLI INTERRUTTORI SONO EQUIPAGGIATI CON SGANCIATORI DI TIPO MA
- C) PER TENSIONE DI IMPIEGO 415V VERIFICARE LA SCELTA CORRETTA DEL RELE' TERMICO IN FUNZIONE DELLA CORRENTE NOMINALE DEL MOTORE
- D) PER  $I_{cc} \leq 36$  kA SOSTITUIRE INTERRUTTORI NS160H CON NS160N E NS250H CON NS250N

RELE' TERMICI IN ALTERNATIVA:

- (1) LT6 POM005FM - 0.2/5 A
- (2) LT6 POM025FM - 5/25 A
- (3) LT6 POM005FM - CON TA

CONDIZIONI DI UTILIZZAZIONE:

CATEGORIA DI IMPIEGO = AC3  
 NUMERO DI MANOVRE/ORA = 30  
 TEMPERATURA MAX INTERNO QUADRO = 65°C

					24/01/2001
<b>B</b>	<b>REVISIONE</b>				30/03/99
<b>REV.</b>	<b>MODIFICA</b>	<b>COMP.</b>	<b>VER.</b>	<b>APP.</b>	<b>DATA</b>

# Il coordinamento del comando edella protezione motore

---



# Il coordinamento del comando edella protezione motore

---