

Concetti Base

Principio di Conservazione dell'Energia

L'energia non si crea, non si distrugge, ma solo si trasforma.

Per produrre qualsiasi tipo di energia bisogna trasformare un altro tipo di energia.

L'energia elettrica viene prodotta principalmente nelle **centrali elettriche**, dove i generatori elettrici trasformano altre forme di energia in energia elettrica.

- **Centrali idroelettriche:** producono energia elettrica sfruttando l'energia potenziale dell'acqua.
- **Centrali termoelettriche e nucleari:** producono energia elettrica sfruttando l'energia del vapore ad alta pressione prodotto attraverso la combustione del gas naturale, petrolio, fissione nucleare.
- **Centrali eoliche:** producono energia elettrica sfruttando l'energia del vento.

La produzione di energia elettrica è molto diffusa perché:

- E' relativamente semplice produrre energia elettrica .
- Può essere facilmente trasportata attraverso le linee ad alta tensione.
- Gli utilizzatori elettrici (dispositivi che trasformano l'energia elettrica in altre forme di energia) sono molti....elettrodomestici, lampade, motori.....

Ciclo dell'energia elettrica

Le centrali elettriche trasformano una altra forma di energia in energia elettrica per permettere agli utilizzatori elettrici di trasformare l'energia elettrica in altre forme di energia.

Obiettivo di qualsiasi impianti,circuito elettrico è quello di permettere il corretto funzionamento degli utilizzatori elettrici . (L'utilizzatore elettrico trasforma l'energia elettrica in altre forme di energia grazie alla corrente elettrica, cioè a un flusso ordinato di elettroni)

CORRENTE ELETTRICA: è un flusso ordinato e naturale di elettroni da una zona dove sono presenti molti elettroni ad una zona dove sono presenti pochi elettroni collegate tra loro da un conduttore.

Verso reale della corrente : dalla zona con più elettroni (-) alla zona con meno elettroni (+)

Verso convenzionale della corrente : dal + al -

INTENSITA' DI CORRENTE : è la quantità di corrente che scorre in un conduttore in un secondo.

Si indica con la lettera I e la sua unità di misura è l'Ampere (A)

$$I (A) = Q(C) / t (sec.)$$

TENSIONE ELETTRICA o differenza di potenziale : è la differenza di numero di elettroni tra due punti di un conduttore o di un circuito.

Si indica con la lettera U e la sua unità di misura è il Volt (V)

RESISTENZA ELETTRICA : è l'opposizione naturale dei diversi materiali al passaggio di elettroni .

Si indica con la lettera R e la sua unità di misura è l'ohm (Ω).

Minore è la resistenza migliore è la qualità di un conduttore; maggiore è la resistenza peggiore è la qualità di un conduttore.

Obiettivo di tutti i circuiti elettrici, impianti elettrici far scorrere corrente elettrica nell'utilizzatore elettrico permettendo il suo corretto funzionamento.

Condizioni necessarie e sufficienti per poter far scorrere corrente elettrica in un utilizzatore sono:

La presenza di alimentazione (di due zone con diverso numero di elettroni cioè di differenza di potenziale d.d.p.) , il corretto collegamento tra utilizzatore e linea di alimentazione.

ELEMENTI ESSENZIALI DI UN CIRCUITO ELETTRICO

GENERATORE: garantisce la d.d.p. elettrico

UTILIZZATORE : trasforma la corrente in altre forme di energia

CONDUTTORI : collegano il generatore all'utilizzatore permettendo il trasferimento di energia

Esistono due tipi di generatori:

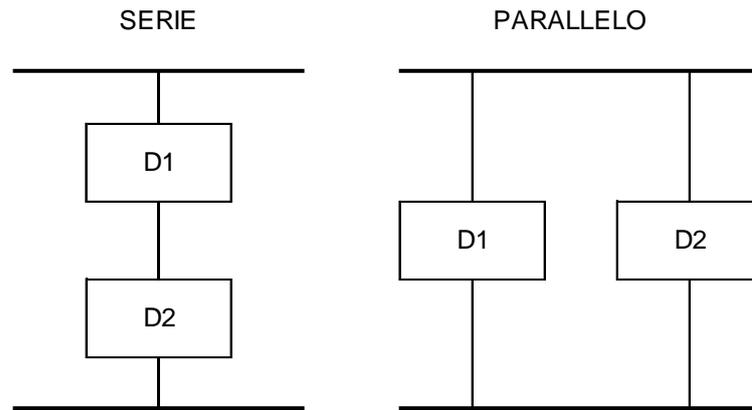
Generatori di tensione continua : producono una tensione costante il cui valore non cambia nel tempo (es pile, batterie...)

Un generatore di tensione continua da origine ad **una corrente continua**

Generatore di tensione alternata sinusoidale : producono una tensione alternata il cui valore cambia nel tempo seguendo l'andamento di una sinusoide con valore medio uguale a zero (semionda positiva = semionda negativa)

Un generatore di tensione alternata sinusoidale da origine ad **una corrente alternata sinusoidale**

Tipologie di collegamento



Collegamento serie

due dispositivi sono in serie quando l'uscita del primo è collegata all'ingresso del secondo.

I dispositivi in serie sono attraversati dallo stesso valore di corrente ; per questo motivo per misurare il valore di intensità di corrente che scorre in un dispositivo si utilizza uno strumento di misura chiamato AMPEROMETRO che deve essere collegato in SERIE al dispositivo interessato alla misura.

Collegamento parallelo

Due o più dispositivi sono collegati tra loro in parallelo quando i loro morsetti di ingresso sono tra loro collegati ed anche i morsetti di uscita sono tra loro collegati.

I dispositivi in parallelo hanno ai loro capi la stessa tensione o differenza di potenziale ; per misurare il valore di tensione ai capi di un dispositivo si utilizza uno strumento di misura chiamato VOLTMETRO che deve essere collegato in PARALLELO al dispositivo interessato alla misura di tensione

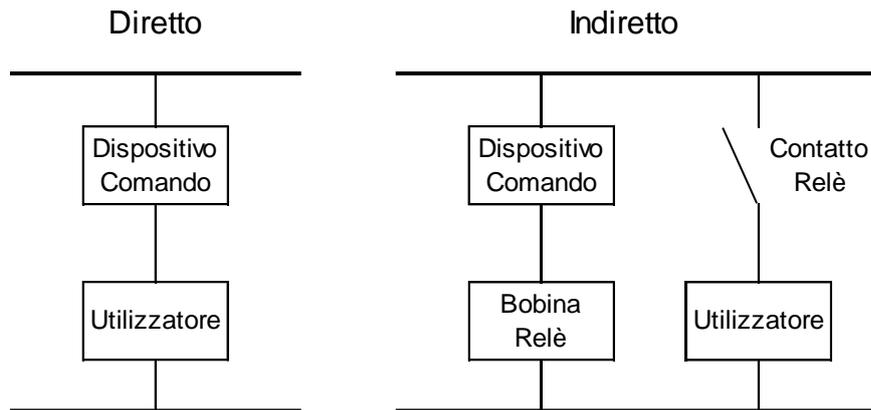
Osservazioni

- nel collegamento in serie il mancato funzionamento di un dispositivo compromette il funzionamento di tutti gli altri dispositivi (perchè non può scorrere corrente) . Questa caratteristica viene sfruttata per controllare gli utilizzatori mediante i DISPOSITIVI DI COMANDO (dispositivi che controllano il funzionamento di un utilizzatore attraverso il blocco / non blocco del passaggio di corrente ; per questo sempre collegati in serie all'utilizzatore che controllano)
- nel collegamento in parallelo il mancato funzionamento di un dispositivo NON compromette il funzionamento degli altri.
- la misura di corrente , a differenza di quella di tensione , prevede un intervento fisico sul circuito per poter collegare in serie l'amperometro

Modalità controllo utilizzatore

Diretto quando la corrente che scorre nel dispositivo di comando è la stessa che scorre nell'utilizzatore

Indiretto quando la corrente che scorre nel dispositivo di comando è diversa da quella che scorre nell'utilizzatore



Nel **controllo indiretto** generalmente i **dispositivi di comandi** sono di **tipo impulsivo** (hanno una condizione di riposo definita come per es . i pulsanti) in modo da riposizionare l'impianto nelle condizioni di riposo in caso di un ripristino di alimentazione

Relè

Dispositivo elettrico costituito al suo interno da due circuiti:

circuito di ingresso: formato dalla bobina

circuito di uscita: formato da una serie di contatti, che possono essere aperti o chiusi, singoli (solo nei relè di potenza) o in scambio

Nota bene

Bobina e singoli contatti sono fisicamente separati.

E' quindi possibile alimentare bobina e singoli contatti con tensioni di alimentazione diverse

Dati di targa

Tensione di alimentazione della bobina

Tensione massima e corrente massima supportata dai singoli contatti

Bobina e suoi contatti vengono identificati con la stesso nome (es K1, K2, Ka, Kb....)

Funzionamento

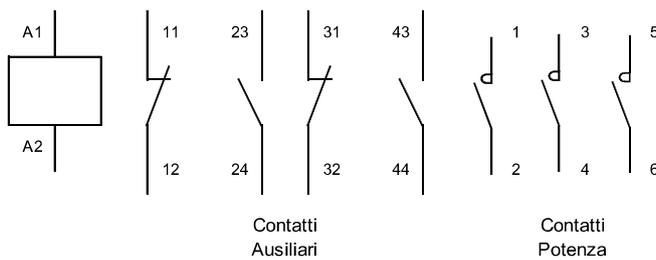
se la bobina è attraversata da corrente si crea un campo magnetico che provoca la commutazione dei contatti (il contatto aperto si chiude, quello chiuso si apre)

se la bobina non è attraversata da corrente i contatti si trovano nello stato iniziale (cioè di riposo).

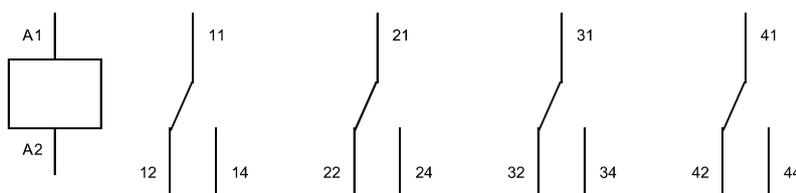
Le modalità di commutazione classificano i relè in 4 famiglie:

1. relè monostabili / monostabili di potenza o teleruttori o contattori)
2. relè temporizzati alla attrazione
3. relè temporizzati alla ricaduta
4. relè termici

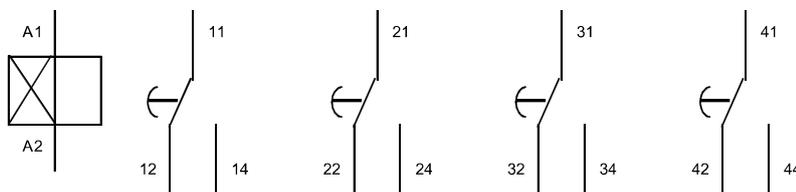
SIMBOLOGIA - NUMERAZIONE MORSETTI - FUNZIONAMENTO



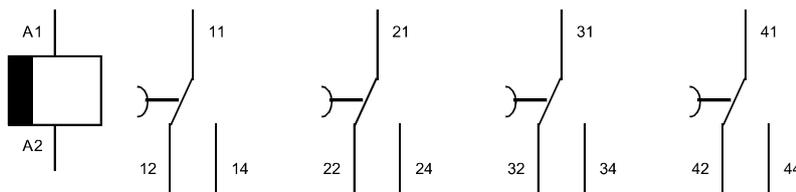
RELE' MONOSTABILE DI POTENZA o TELERUTTORE / CONTATTORE quando la bobina è attraversata da corrente i contatti commutano immediatamente



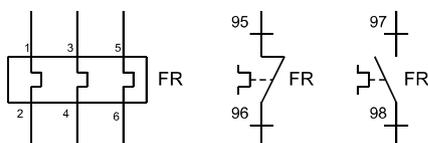
RELE' MONOSTABILE quando la bobina è attraversata da corrente i contatti commutano immediatamente



RELE' TEMPORIZZATO ALLA ATTRAZIONE quando la bobina è attraversata da corrente i contatti commutano dopo il tempo "t" fissato dall'operatore



RELE' TEMPORIZZATO ALLA RICADUTA quando la bobina è attraversata da corrente i contatti commutano immediatamente e ritornano nelle condizioni iniziali dopo il tempo "t" fissato dall'operatore (stesso funzionamento del RELE' LUCI SCALE)



RELE' TERMICO CON DUE CONTATTI AUSILIARI quando la corrente che scorre nei contatti di potenza del relè supera quella relativa ai dati di targa i contatti di potenza si aprono, mentre quelli ausiliari commutano

Modalità di individuazione dei morsetti

I morsetti della bobina vengono identificati con due lettere maiuscole A1 e A2 oppure A e B

I morsetti dei contatti in scambio con due numeri:

- il primo indica il numero del contatto in scambio
- il seconda indica le caratteristiche del morsetto a riposo
 - il numero 1 morsetto comune
 - il numero 2 morsetto che a riposo è chiuso
 - il numero 4 morsetto che a riposo è aperto

I morsetti dei contatti ausiliari singoli con due numeri:

- il primo indica il numero del contatto
- il seconda indica le caratteristiche del morsetto
 - il numero 1 morsetto ingresso contatto chiuso
 - il numero 2 morsetto uscita contatto chiuso
 - il numero 3 morsetto ingresso contatto aperto
 - il numero 4 morsetto uscita contatto aperto

Collegamento di dispositivi elettrici al relè

Alla bobina vengono collegati tutti i dispositivi di comando il cui compito è quello di controllare la sua attivazione e/o disattivazione. Di norma tutti questi dispositivi sono di tipo impulsivo (es pulsanti, finecorsa, sensori...)

Il circuito che è collegato alla bobina viene chiamato **circuito di comando**

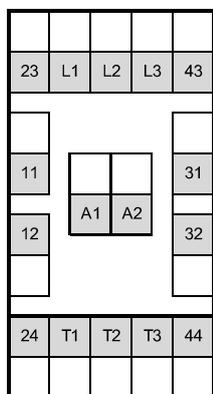
Ai contatti vengono collegati gli utilizzatori del circuito di segnalazione e di potenza

Il circuito di segnalazione è il circuito dove sono presenti delle segnalazioni luminose che collegate ai contatti del relè ha lo scopo visualizzare con delle spie lo stato di funzionamento dell'impianto

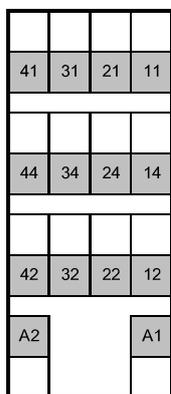
Il circuito di potenza è il circuito dove i contatti del relè sono collegati agli utilizzatore di potenza (Motori) dell'impianto

Con la sola esclusione dei relè di potenza, i relè monostabili e i relè temporizzati sono montati (a baionetta / a innesto) su appositi supporti chiamati porta relè o zoccolini. A seconda del numero di contatti in scambio presenti sul relè, i porta relè, possono avere le seguenti configurazioni.

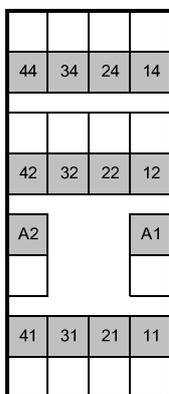
RELE' DI POTENZA



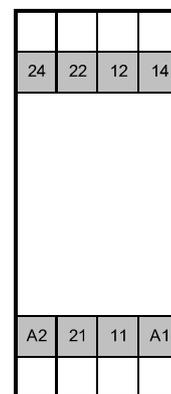
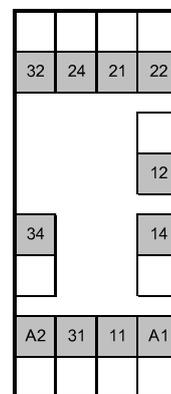
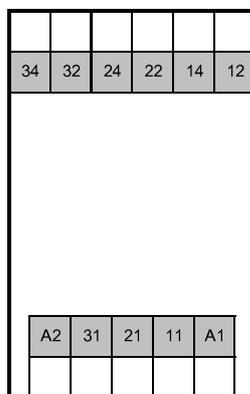
CONFIGURAZIONI MORSETTI PORTA RELE' MONOSTABILI E TEMPORIZZATI



Portarele 4 contatti in scambio

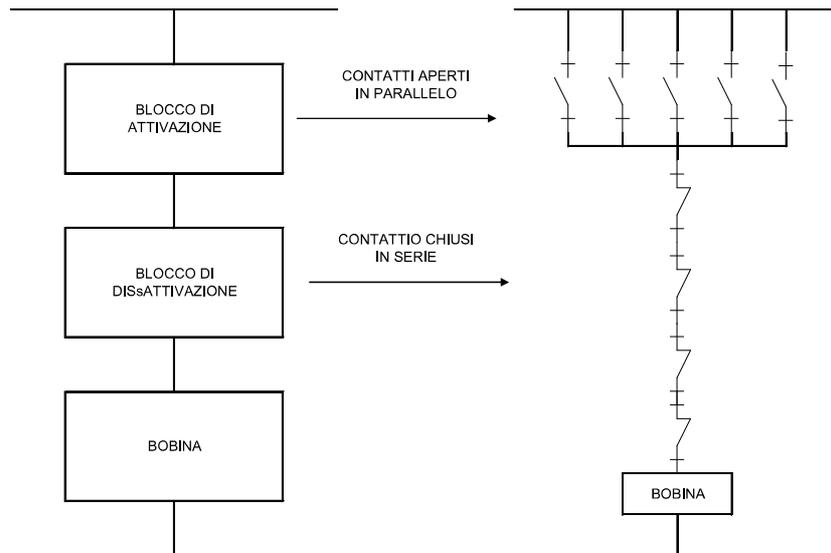


Portarele 3 contatti in scambio



Portarele 2 contatti in scambio

I relè sono quindi dei dispositivi che possono trovarsi in due stati: bobina attiva oppure bobina disattiva. Proprio per questo il circuito che controlla la bobina può essere così schematizzato



Il blocco di attivazione è costituito da contatti aperti collegati in parallelo

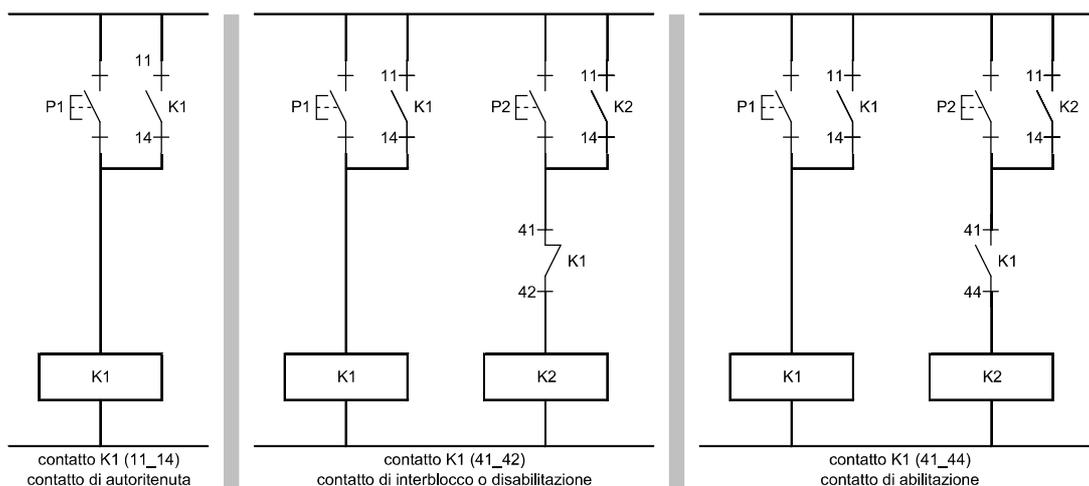
Il blocco di disattivazione costituito da contatti chiusi collegati in serie

Nota bene

Si definisce **Contatto di autoritenuta** un contatto aperto di una bobina che viene inserito nel suo blocco di attivazione per permettere la memorizzazione dei segnali che attivano la bobina

Si definisce **Contatto interblocco o di disabilitazione** un contatto chiuso di una bobina K1 che viene inserito nel blocco di disattivazione di altre bobine in modo che queste non possano essere attivate se K1 è attiva

Si definisce **Contatto di abilitazione** un contatto aperto di una bobina K1 che viene inserito nel blocco di disattivazione di altre bobine in modo che queste possano essere attivate solo se K1 è attiva



TELERUTTORI O CONTATTORI

Il teleruttore o contattore è un dispositivo meccanico di manovra avente una sola posizione di riposo, ad azionamento non manuale e capace di chiudere mantenere e interrompere correnti notevoli, anche in condizione di sovraccarico.

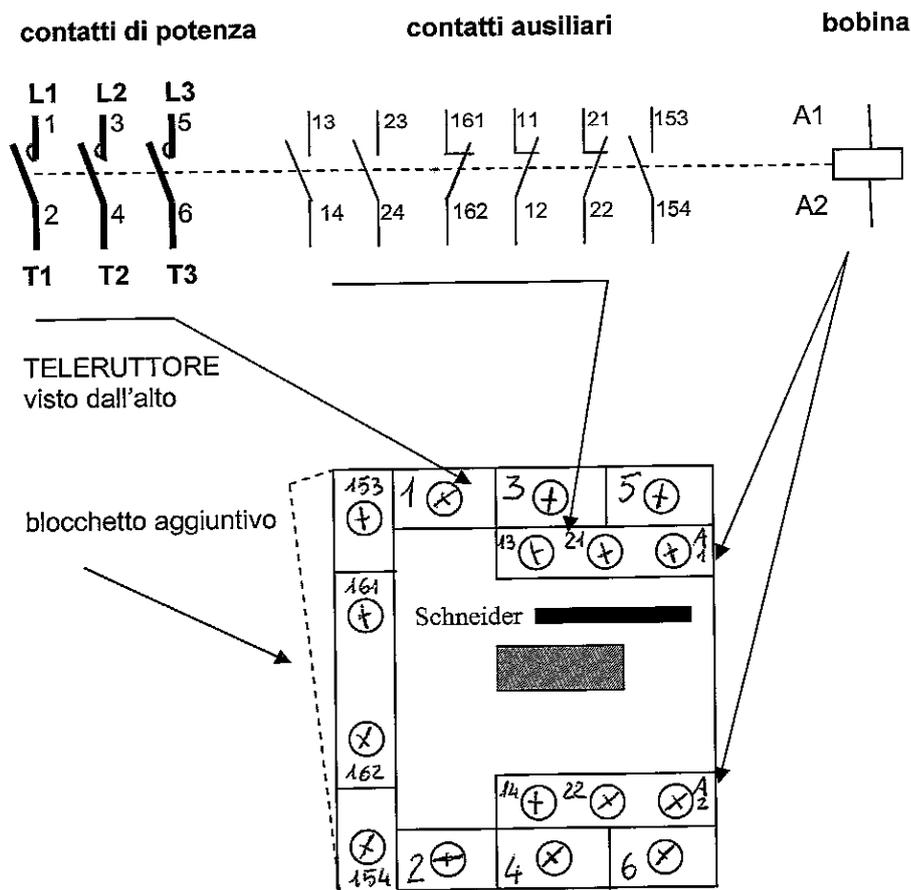
I teleruttori sono costituiti da un circuito magnetico dove è posta una **bobina di eccitazione** e da un'**ancora mobile**, solidale al supporto isolante che trattiene e guida i **contatti mobili**.

La bobina, dopo essere stata eccitata, attira l'ancora mobile; si chiudono i tre contatti principali di potenza (quelli in serie alle tre fasi $L_1 - L_2 - L_3$) e si commutano i contatti ausiliari (che servono per le segnalazioni, gli interblocchi, l'autoritenuta e per comandare altri dispositivi).

I parametri elettrici o di targa sono:

- Numero dei poli o contatti principali
- Corrente termica **Ith** che è il valore di corrente nei contatti principali che in 8 ore di funzionamento continuo è sopportata senza superare i limiti di temperatura
- Tensione di lavoro che è quella sopportata nelle prove elettriche, superiore a quella di impiego
- Corrente e potenza nominali di esercizio
- Numero cicli di lavoro che sono le fasi di apertura e chiusura del teleruttore prima della manutenzione
- Tensione di alimentazione della bobina (AC o DC 24 – 48 – 115 – 230 Volt)
- Categoria di impiego: AC1 – AC2 – **AC3** per tensioni alternate e DC1 – DC2 – DC3 per tensioni continue
- Eventuali blocchetti aggiuntivi con contatti ausiliari

Per l'individuazione dei contatti seguire lo schema indicato



ok

IL SALVAMOTORE 0 RELE' TERMICO

Il salvamotore è costituito da un contenitore di materiale isolante contenente tre coppie di morsetti e tra ognuna delle quali è inserita una spirale di conduttore resistivo avvolta e isolata su di una lamina bimetallica. Essendo un relè, contiene anche dei contatti ausiliari.

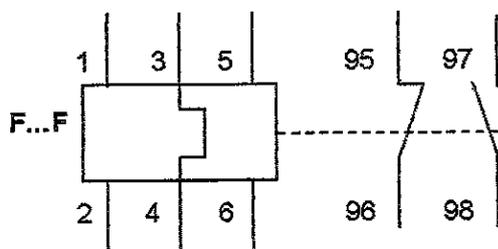
Quando la corrente (in questo caso del motore) che percorre gli elementi resistivi è superiore a quella di taratura, fa aumentare la temperatura delle spirali che deformano le lamine bimetalliche. Quest'ultime, agendo su un meccanismo a scatto rapido, scambiano la condizione dei contatti ausiliari contenuti.

All'intervento del relè si ottiene l'interruzione indiretta dell'alimentazione trifase e la segnalazione della disfunzione del circuito con l'accensione di una spia gialla.

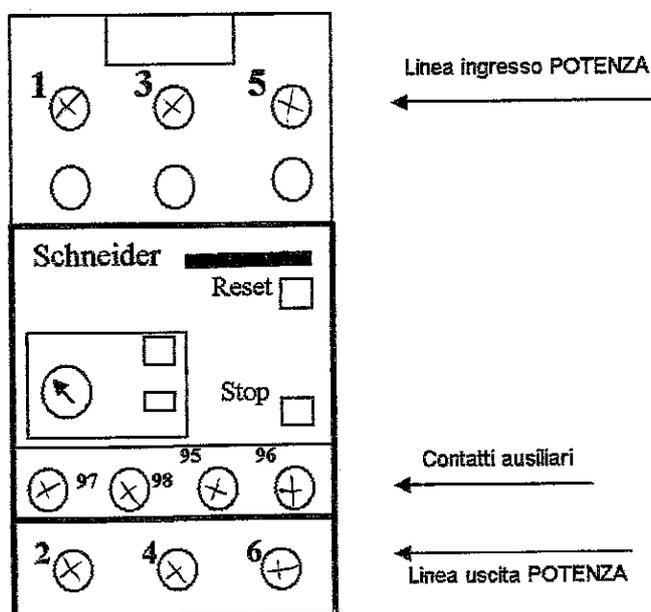
I relè termici sono dotati di un tastino di reset col quale si ripristina il funzionamento. Altri dispongono anche di un tasto di test per effettuare un controllo preventivo dello sgancio. Con un cacciavite è possibile regolare la corrente di taratura ad un valore approssimativo del 10% oltre la corrente nominale assorbita dal motore ($I_{TARATURA} = I_{nominale\ Motore} \times 1,1$).

Le principali cause che determinano l'intervento della protezione sono: sovraccarico meccanico sull'albero del motore – guasto meccanico per usura dei cuscinetti – guasto elettrico di un avvolgimento del motore – diminuzione della tensione di alimentazione – mancanza di una fase di alimentazione (per bruciatura di un fusibile).

Segni grafici e simboli



RELE TERMICO(vista dall'alto)



I salvamotori sono forniti in due versioni: un tipo da inserire direttamente sui morsetti di potenza di uscita del teleruttore e un secondo tipo con una struttura autonoma da fissare sulla barra a Ω .

In questo secondo tipo (già impiegato nell'avviamento manuale di un MAT), oltre a contenere gli stessi congegni del primo tipo, ha inseriti dei contatti di potenza opportunamente manovrabili dall'esterno per mezzo di comandi manuali a tasto o a manopola.

IL FUSIBILE

Il fusibile rappresenta il mezzo più tradizionale, più economico, più efficace per proteggere un impianto dai cortocircuiti e sovraccarichi.

Il fusibile è costituito da un filo calibrato in modo che il suo riscaldamento per effetto Joule lo porti a fusione per un determinato valore di corrente che lo percorre.

Il fusibile lo si alloggia nel proprio portafusibile e lo si collega a monte(prima) dell'impianto da proteggere. I parametri che lo distinguono sono:

- Corrente nominale I_N o portata(A) è il valore di corrente che può sopportare senza intervento.
- Tensione nominale V (Volt) è la massima tensione di lavoro alla quale il fusibile è destinato a lavorare.
- Potere d'interruzione (kA) è la massima corrente che il fusibile può interrompere(I corto circuito) senza che il portafusibile possa essere danneggiato(≤ 200 kA).

La portata è indicata sulla cartuccia(contenitore) ; spesso però si può trovare un indicatore di fusione colorato a cui corrisponde il valore (es. rosso = 10 A).

Un metodo semplice per la scelta della portata del fusibile è il seguente: $I_N = I_{\text{circuito}} \times (1,1 \div 1,2)$.

Il fusibile si può classificare in funzione del:

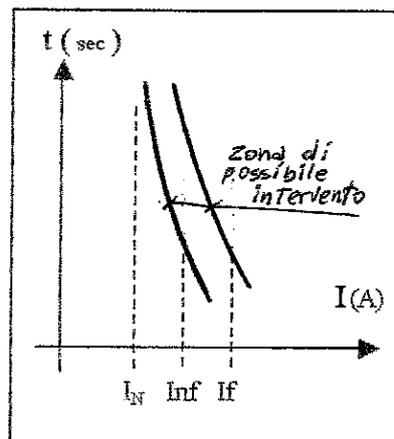
- Campo di funzionamento = g intervento rapido a intervento ritardato
 - Campo di applicazione = G o I impiego generale M impiego per carichi induttivi
- (es. gG = intervento rapido e impiego generale - aM = intervento ritardato per carichi induttivi)

Il funzionamento: in condizione di regime il fusibile si porta ad una temperatura di funzionamento tale da non provocare l'intervento ($I_N \leq I_{nf}$).

In caso di sovraccarico o cortocircuito, la temperatura del filo fusibile cresce rapidamente fino a provocarne la fusione.

Il grafico a lato indica la caratteristica di un generico fusibile in cui:

- I_N corrente nominale
- I_{nf} corrente di non fusione
- I_f corrente di fusione



I pro e i contro dei fusibili:

- Non invecchiano
- Garantiscono sempre l'intervento in caso di guasto
- Sono economici

- Bisogna sempre sostituire la cartuccia....
- per cui i tempi si allungano
- Non c'è unificazione delle forme e misure

DISPOSITIVI DI PROTEZIONE : L'INTERRUTTORE AUTOMATICO MAGNETOTERMICO

L'interruttore magnetotermico è un apparecchio di manovra in grado d'interrompere la corrente di un circuito mediante un intervento manuale o in *automatico* quando il valore della corrente del circuito supera il valore nominale dell'apparecchio.

Il magnetotermico è corredato dello *sganciatore termico* e di quello *magnetico* : quello termico apre il circuito in caso di sovraccarico mentre il magnetico apre in caso di cortocircuito.

Gli sganciatori, collegati in serie fra loro(e in serie al circuito), sono inseriti in un contenitore dove si trovano anche gli interruttori di potenza.

Le caratteristiche fondamentali dell'interruttore automatico magnetotermico sono specificate da:

➤ **Corrente nominale I_N** (in Ampere) che è il valore massimo di corrente che attraversa l'interruttore senza provoca l'intervento degli sganciatori.

➤ **Tensione nominale V** (in volt) ed è la tensione che l'interruttore può manovrare in condizioni nominali.

➤ **Potere d'interruzione** (in kA) che rappresenta il massimo valore di corrente di cortocircuito che l'interruttore può interrompere senza che i suoi contatti subiscano danni (≤ 50 kA).

➤ **Poli** rappresenta il numero di conduttori che l'interruttore automatico interrompe allo sgancio.

Versioni: 1P - 2P - 3P - 4P - 1P+N - 2P+N ecc.

➤ **Tipo di curva caratteristica:** tale caratteristica tempo/corrente rappresenta la velocità di intervento in funzione dei carichi collegati. Questa classificazione è relativa alla corrente d'intervento degli sganciatori:

- tipo **B**, $I_{(sgancio)}$ fra $3 \div 5 I_N$ è rapido e adatto ad eliminare cortocircuiti di piccola entità.

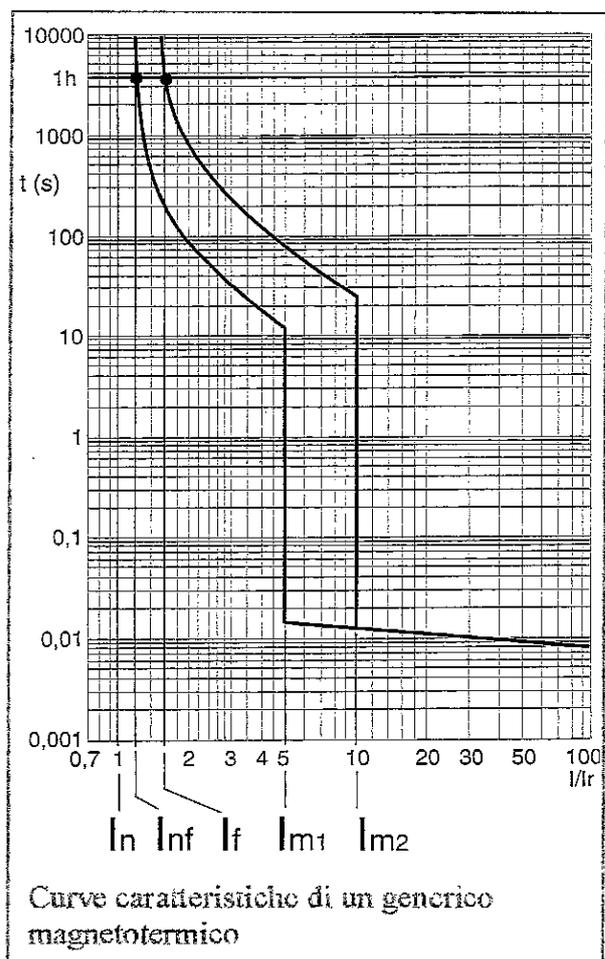
- tipo **C**, $I_{(sgancio)}$ fra $5 \div 10 I_N$ è universale e copre la maggior parte dei casi.

- tipo **D**, $I_{(sgancio)}$ fra $10 \div 20 I_N$ è ritardato e protegge i circuiti soggetti a forti impulsi di corrente iniziali come motori e trasformatori ecc.

Esistono altre curve caratteristiche per impieghi particolari: tipo **K** ($I_{(sgancio)}$ fra $10 \div 14 I_N$) per cavi con elevate correnti di avviamento - tipo **Z** ($I_{(sgancio)}$ fra $2,4 \div 3,6 I_N$) per circuiti elettronici - tipo **MA** ($I_{(sgancio)}$ fra $12 \div 14 I_N$) per cavi che alimentano motori privi di termica.

Analizzando il grafico si nota che la parte a sinistra indica valori di non intervento, mentre la parte a destra indica valori di sicuro intervento(in tempi compresi fra 8 e 25 secondi). L'interno della caratteristica corrisponde al campo di regolazione termico e magnetico(possibili interventi).

I_N = corrente nominale - I_{nt} (non intervento termico) = $I_N \times 1,1$ - I_t (sicuro intervento termico) = $I_N \times 1,5$ - I_{m1} = corrente che non fa intervenire lo sganciatore magnetico - I_{m2} = corrente che fa intervenire lo sganciatore magnetico.

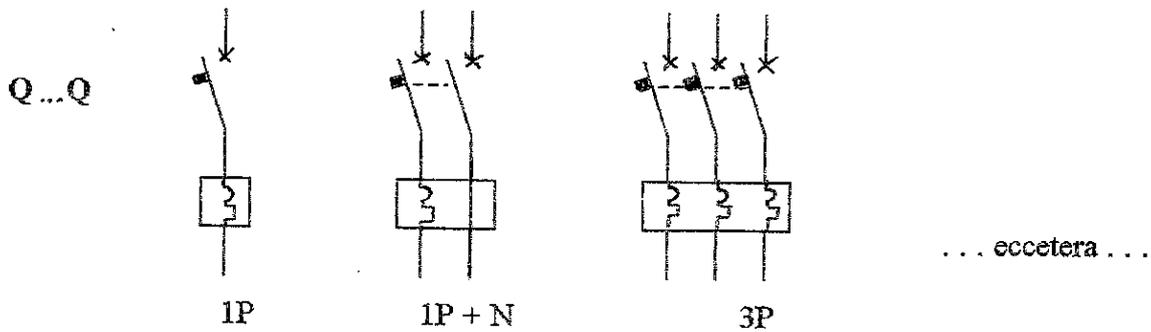


La norma CEI EN 60898 definisce tre caratteristiche di intervento (B-C-D) che rappresentano la soglia di intervento magnetico ed identificano i diversi campi di impiego degli interruttori automatici. La norma CEI EN 60947-2 invece non definisce delle caratteristiche di intervento ma lascia al costruttore la responsabilità di dichiarare le soglie di intervento.

La gamma di interruttori modulari Btdin è disponibile nelle diverse caratteristiche definite dalla norma CEI EN 60898; le caratteristiche K-Z ed MA sono definite invece dal costruttore. Gli interruttori in curva K - Z - MA rispondono alla norma CEI EN 60947-2.

Caratteristica	Soglia di intervento magnetico	Impiego tipico
B	$3 \div 5 I_n$	Protezione di generatori e di cavi di notevole lunghezza
C	$5 \div 10 I_n$	Protezione di cavi e impianti che alimentano apparecchi utilizzatori classici
D	$10 \div 20 I_n$	Protezione di cavi che alimentano utilizzatori con elevate correnti di avviamento
K	$10 \div 14 I_n$	Protezione di cavi che alimentano utilizzatori con elevate correnti di avviamento
Z	$2,4 \div 3,6 I_n$	Protezione di circuiti elettronici
MA	$12 \div 14 I_n$	Protezione di cavi che alimentano motori (senza però la protezione termica)

Individuazione e simboli



IL DIFFERENZIALE NEGLI IMPIANTI CIVILI E INDUSTRIALI

L'interruttore differenziale (salvavita) rappresenta la miglior garanzia per la protezione sia dai contatti diretti che dai contatti indiretti; inoltre offre un valido contributo contro gli incendi causati dagli effetti termici provocati da correnti di guasto verso terra. L'azione conclusiva del differenziale è quella di aprire il circuito.

In condizioni normali di isolamento dell'impianto la corrente differenziale o di guasto (I_d) è nulla; essa assume un valore diverso da zero solo se si manifesta un guasto verso terra (perdita di isolamento degli avvolgimenti di un MAT; contatto di una persona con parti in tensione).

Costruttivamente il dispositivo è costituito da: un anello di materiale ferromagnetico (toroide) 5, che rileva la corrente differenziale attraverso due avvolgimenti gemelli 6 (per il tipo civile – tre o quattro per il tipo industriale). Questa corrente induce nella bobina di rivelazione 7 il segnale che comanda il dispositivo 8 di apertura 2 dei contatti 1. Un tasto di prova 10 consente la verifica delle condizioni di efficienza del differenziale.

L'interruttore differenziale può essere realizzato individualmente (puro) o in combinazione con gli sganciatori di massima corrente. Inoltre, per i tipi industriali, il segnale di sgancio può essere utilizzato per comandare un contattore esterno di linea ed eventualmente una segnalazione luminosa.

A seconda della corrente differenziale I_d di intervento si dividono in due categorie: ad alta sensibilità (I_d da 10 a 30 mA) e a bassa sensibilità (I_d da 0,3 a 2 A).

A seconda della corrente a cui reagiscono possono essere: del tipo AC (per sola corrente alternata), del tipo A (per corrente alternata e correnti pulsanti) e del tipo B (per corrente alternata, correnti pulsanti e continue).

Per ottenere la selettività tra i differenziali si impiega un dispositivo a monte dell'impianto; per quelli installati a valle si deve far in modo che la somma delle correnti differenziali dev'essere pari alla metà del differenziale principale posto a monte. Questo, perché la corrente di non intervento della protezione è di norma compresa tra 0 e 0,5 I_d ; anche i tempi di intervento dei vari dispositivi devono essere decrescenti a partire da quello a monte.

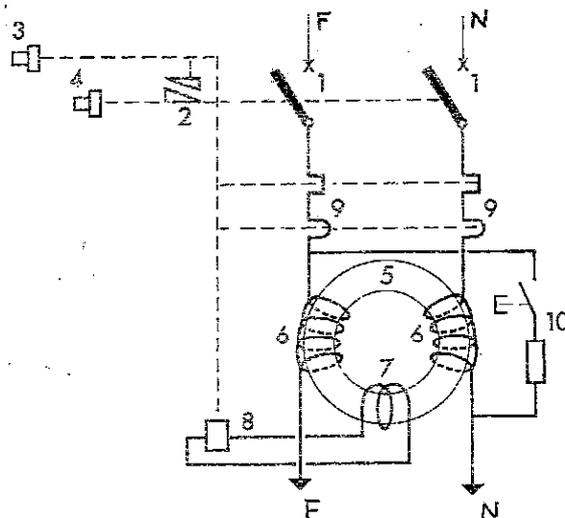
I differenziali industriali dispongono anche di una regolazione della corrente differenziale e del tempo di intervento.

I differenziali trifasi aprono l'alimentazione del circuito quando la somma algebrica delle correnti è diversa da zero.

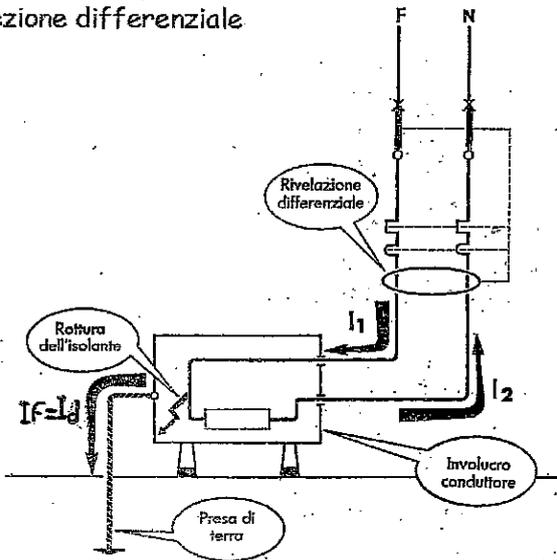
Struttura interna di un differenziale monofase

legenda:

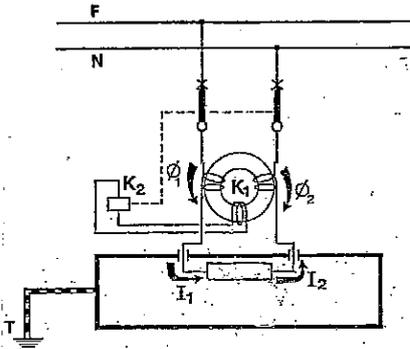
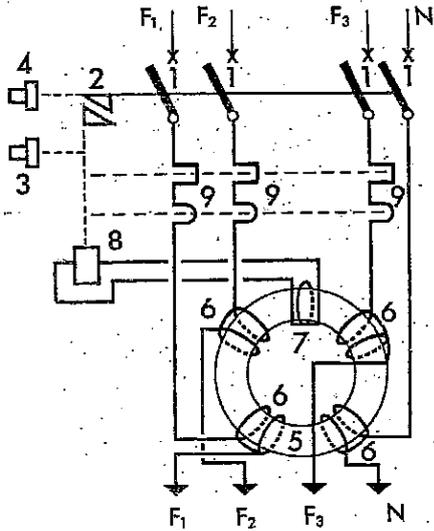
- 1) contatti di potenza
- 2) aggancio meccanico
- 3) sgancio manuale
- 4) riarmo manuale
- 5) toroide magnetico
- 6) avvolgimenti principali
- 7) bobina di rivelazione
- 8) relè di rivelazione per lo sgancio 2
- 9) protezioni magnetotermiche
- 10) pulsante di TEST



Schema di principio di una Protezione differenziale



Struttura interna di un differenziale Magnetotermico tetrapolare

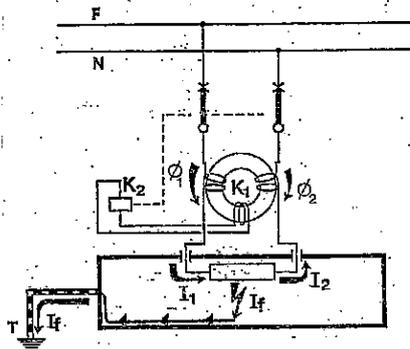


RIASSUMENDO...

IN ASSENZA DI DISPERSIONI DOVUTE A DIFETTI:

$I_f = 0$ dunque...
 $I_1 = I_2$
 $\phi_1 = \phi_2$
 $\phi_1 - \phi_2 = 0$

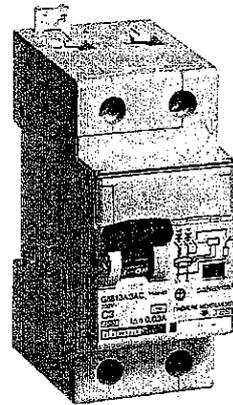
Nessuna corrente indotta nella bobina K_1 ; la bobina K_2 non è eccitata. I contatti non si aprono e il circuito funziona normalmente.



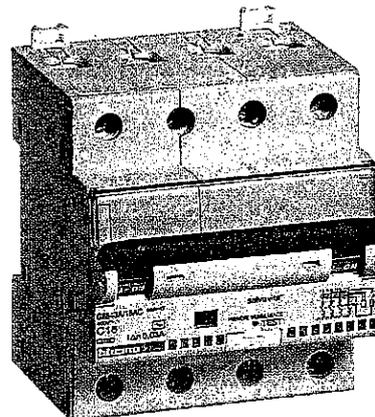
IN PRESENZA DI DISPERSIONE DOVUTE AD UN DIFETTO DI ISOLAMENTO:

$I_f \neq 0$ dunque...
 $I_1 > I_2$
 $\phi_1 > \phi_2$
 $\phi_1 - \phi_2 \neq 0$

Una corrente è dunque indotta nella bobina K_1 ...



Interruttore magnetotermico differenziale compatto 1P+N



Interruttore magnetotermico differenziale compatto 4P

IL MOTORE ASINCRONO TRIFASE

Il motore asincrono trifase (MAT) è una macchina che trasforma energia elettrica in meccanica, vale a dire in lavoro.

Il MAT è una macchina assai versatile e impiegabile in situazioni estremamente diverse, che lo rendono molto diffuso.

L'analisi riguarda essenzialmente le caratteristiche principali, le grandezze elettriche e quelle meccaniche e il funzionamento.

Le caratteristiche principali sono:

- infinite condizioni di impiego, infatti possono essere installati senza problemi di posizione e nelle condizioni ambientali più disparate.
- in commercio si trova un vastissimo assortimento di potenze utilizzabili che vanno da poche decine di Watt a decine di ~~centinaia~~ di Kilowatt. 200 - 300 KW
- il funzionamento è silenzioso e pronto, senza vibrazioni o fuoriuscite di gas tossici.
- vasto campo di regolazione della velocità, mediante l'impiego di Mat a più polarità o l'utilizzo di INVERTER elettronici.

Le principali grandezze elettriche e meccaniche si riassumono come segue:

- la tensione (Volt), ossia il valore efficace del sistema trifase;
- la corrente (Ampère);
- la potenza (Kilowatt), definisce il lavoro effettuato e si distingue in assorbita (potenza elettrica) e potenza resa (potenza meccanica);
- il rendimento è il rapporto tra la potenza resa e la potenza assorbita; mentre la loro differenza indica le perdite del motore; $\eta = Pr / Pa$ perdite = $Pa - Pr$.
- la velocità di rotazione è espressa in giri al minuto (giri/min.)
- la coppia motrice è la forza(sforzo) prodotta per trascinare il rotore col carico

Le parti principali che compongono il motore sono le seguenti:

- lo statore o induttore, è composto da una serie di lamierini magnetici a forma di anello dallo spessore fra 0,3 - 0,5 mm. All'interno dell'anello si trovano le cave, dei canali opportunamente strutturati dove trovano alloggio gli avvolgimenti. Questi, hanno una distribuzione tale da indurre, quando sono percorsi da corrente trifase, un campo magnetico rotante.
- il rotore o indotto, è posto all'interno dello statore ed è formato anch'esso di lamierini magnetici. Il rotore è detto in corto circuito o a gabbia (esiste anche il tipo a doppia gabbia), perché le cave sono riempite da sbarre di alluminio e saldate alle estremità con due anelli frontali. Esiste anche un rotore con avvolgimenti rotorici detto ad anelli (in via di estinzione).
- il traferro è lo spazio che rimane tra la superficie interna dello statore e quell'esterna del rotore e ha la funzione di permettere la rotazione priva di sfregamenti.
- gli avvolgimenti statorici sono posti nelle cave dello statore.
- gli avvolgimenti rotorici sono posti all'interno del rotore.
- le parti meccaniche sono quelle che non hanno funzioni magnetiche o elettriche e sono: la carcassa, dove è fissato lo statore e gli scudi portacuscini, i quali fanno da supporto e rotazione del rotore. Sulla carcassa è inoltre fissata la morsettiera alla quale arrivano i capi dei tre avvolgimenti; si collegano i conduttori di alimentazione e dove si effettua l'eventuale cambio tensione. Completano le parti meccaniche l'albero sul quale è montato il rotore, la ventola che serve a smaltire il calore prodotto dalle perdite e il sistema di fissaggio o supporto del motore.

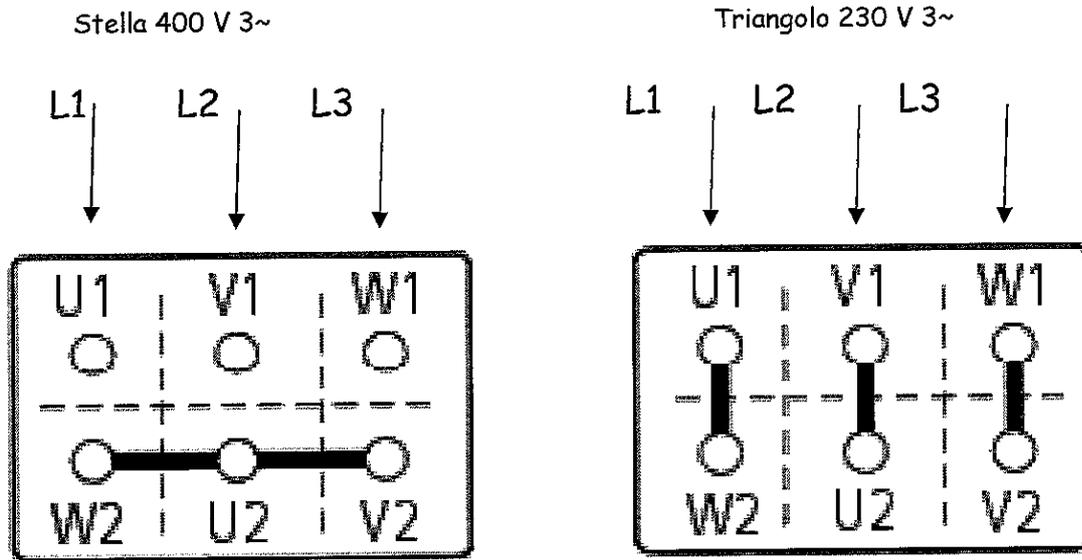
Il funzionamento del MAT con rotore a gabbia è il seguente:

alimentando lo statore (coil. stella) con una tensione trifase, si può dimostrare che al suo interno (dove c'è il rotore) si genera un campo magnetico rotante, con frequenza di rotazione uguale a quella di alimentazione. Poiché le spire della gabbia tagliano le linee di flusso del campo rotante, si generano in esse delle correnti indotte che interagiscono con il campo magnetico stesso. Da ciò deriva un

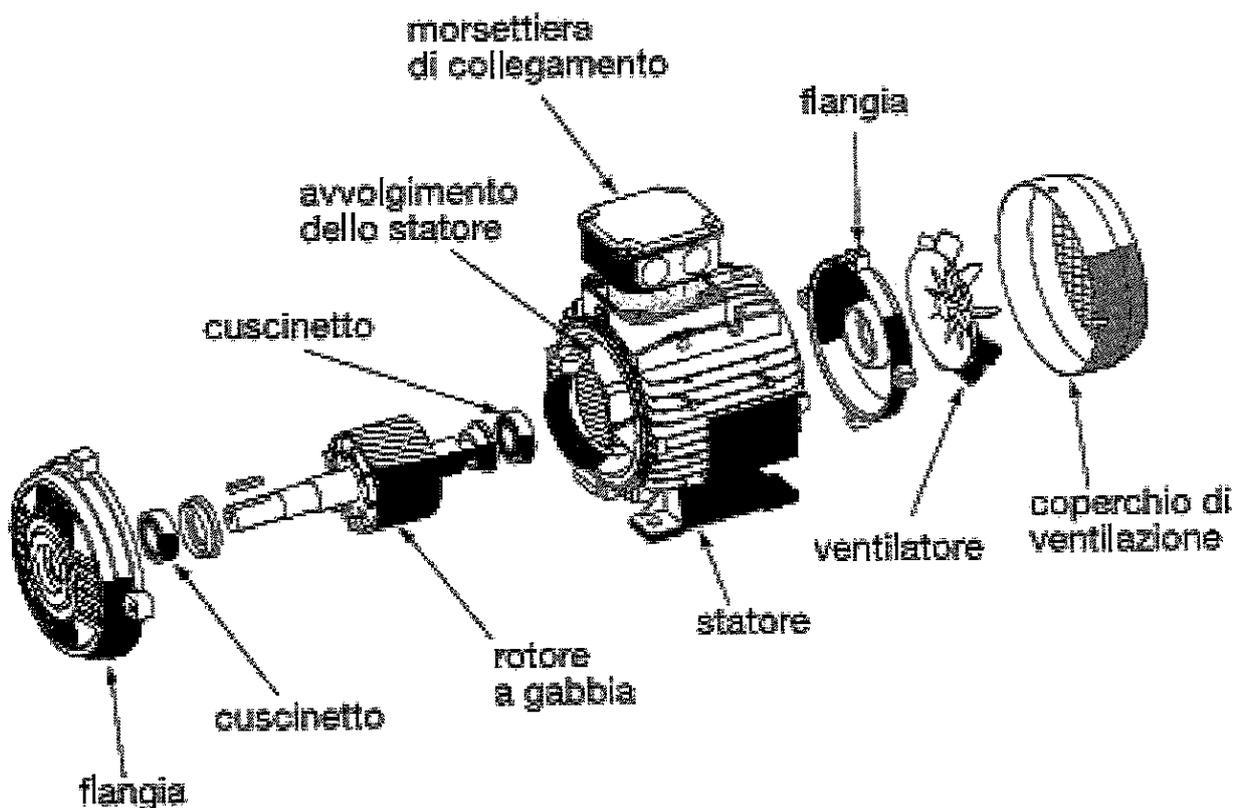
complesso di forze che pongono in rotazione la gabbia, e dunque l'albero del motore ad essa connessa, nello stesso verso del campo rotante induttore. La velocità del rotore non potrà mai raggiungere la velocità di rotazione del campo statorico; per tale ragione il motore viene detto **asincrono**.
 I motori asincroni trifasi possono funzionare anche con una tensione monofase a 230 volt (con una perdita di potenza di circa 30 - 40 %), impiegando un condensatore di opportuna capacità.

La formula che si utilizza è: $C = P \times 10^6 / 2\pi \times f \times V^2$

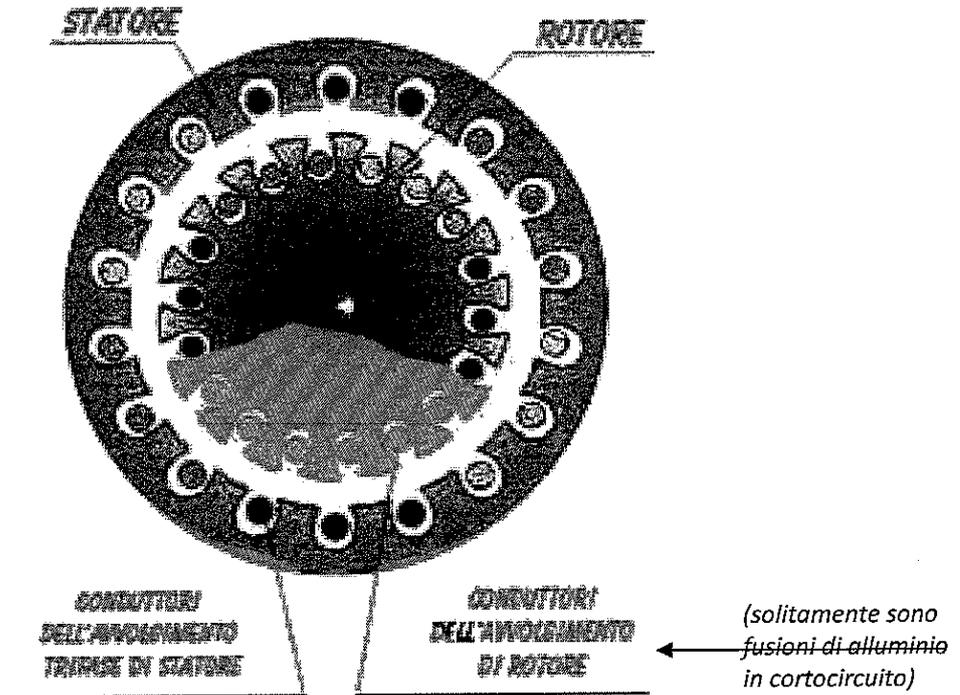
I collegamenti che si realizzano (funzionamento trifase):



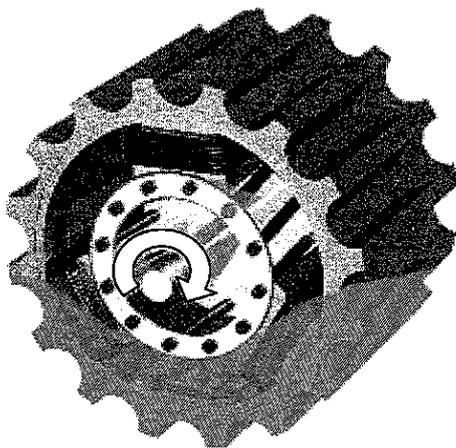
Parti costituenti il MAT



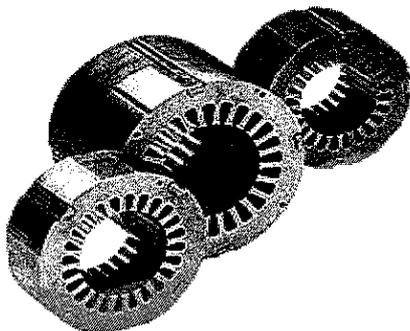
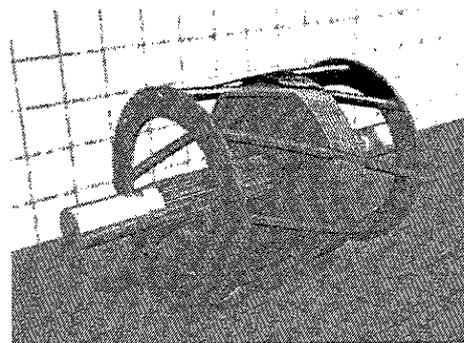
I lamierini che compongono il pacco statore ed il pacco rotore



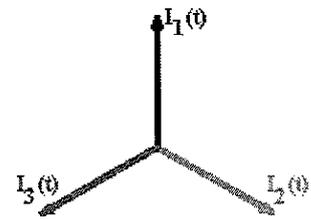
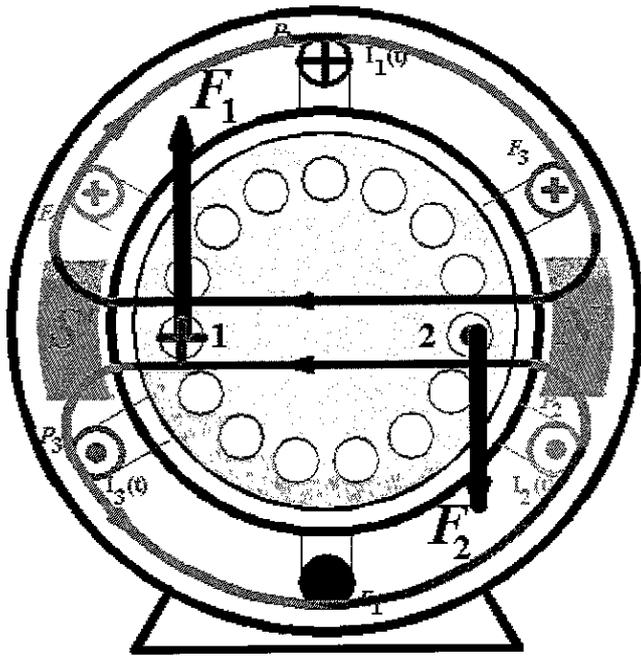
Lo statore con gli avvolgimenti



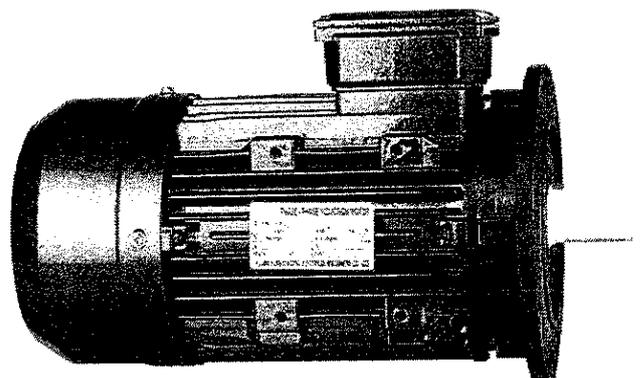
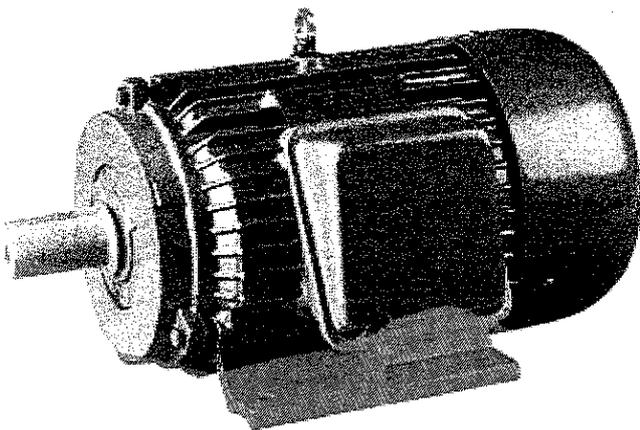
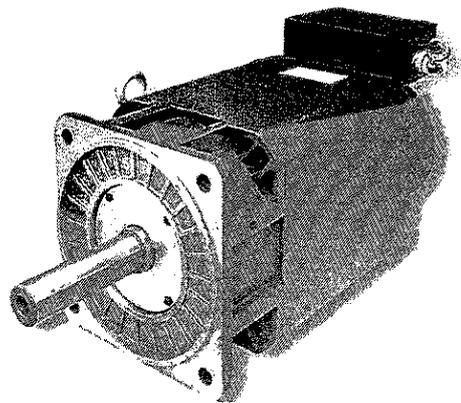
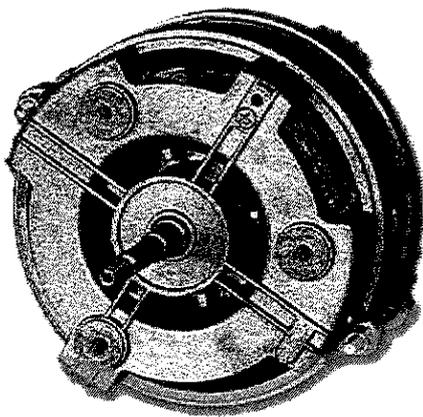
Il rotore a gabbia di scoiattolo (con avvolgimenti in cortocircuito)



di funzionamento



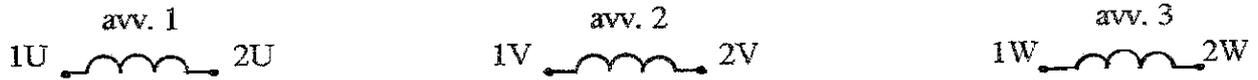
Alcune forme costruttive



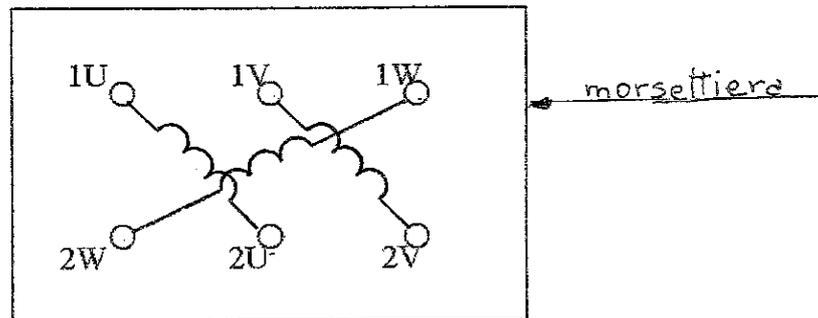
IL CAMBIOTENSIONE DI UN MOTORE ASINCRONO TRIFASE

La sezione elettrica che costituisce un motore trifase è realizzata da tre avvolgimenti elettrici uguali, i cui terminali si collegano ad una morsettiere, fissata sul fianco del motore.

Ogni avvolgimento ha un terminale d'inizio e un terminale di fine e vengono siglati nel modo seguente:



I terminali dei tre avvolgimenti sono collegati dal costruttore nel seguente modo.

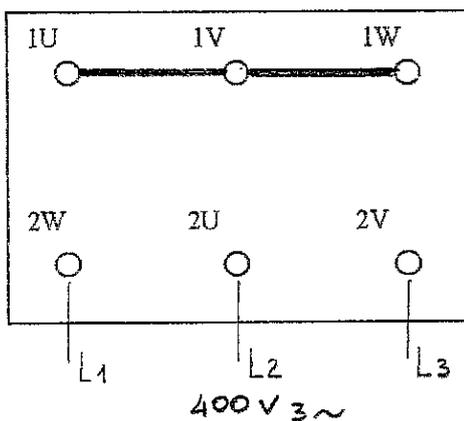


Quando la tensione di linea è di 400 volt 3_{AC} , si realizza il collegamento a stella, cioè occorre cortocircuitare tre capi (1U-1V-1W oppure 2U-2V-2W) dei singoli avvolgimenti.

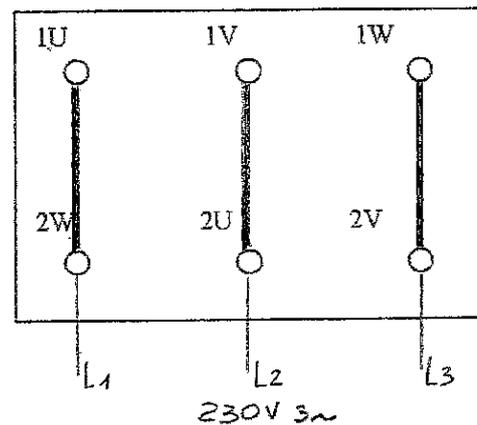
Gli altri tre capi si collegano all'alimentazione.

Nel caso in cui la tensione di linea è di 230 volt 3_{AC} , si realizza il collegamento a triangolo, cioè occorre collegare il capo d'inizio di un avvolgimento con quello terminale di un altro avvolgimento, per un totale di tre ponticelli.

Collegamento a stella.



Collegamento a triangolo.



Se, per errore, il collegamento rispetto alla tensione di alimentazione dovesse essere errato si riscontreranno due difetti:

- collegamento a stella con alimentazione a 230 volt = il motore perde circa 2/3 di potenza.
- collegamento a triangolo con alimentazione a 400 volt = il motore brucia dopo pochi minuti.

NB: per effettuare i collegamenti nella morsettiere, il costruttore fornisce in dotazione al motore tre ponticelli di rame o di ottone.



Tabella 2.9 - Coordinamento fra contattori, relè termici e fusibili (o interruttori automatici) per la protezione contro i sovraccarichi ed i corto circuiti.

Motore 380 V		Contattore I_{th}	Taratura relè termico	Fusibili		Interruttore automatico	
(kW)	(A)	(A)	(A)	classe gI	classe aM	I_n	Regol. magnet.
				(A)	(A)	(A)	(A)
0,09	0,35	20	0,25 ÷ 0,4	2	1	3	8
0,12	0,5	20	0,35 ÷ 0,6	2	1	3	8
0,185	0,65	20	0,6 ÷ 1	2	1	3	8
0,25	1	20	0,6 ÷ 1	4	2	3	13
0,37	1,25	20	1 ÷ 1,7	4	2	3	13
0,55	1,6	20	1 ÷ 1,7	6	2	3	18
0,75	2	30	1,6 ÷ 2,7	6	4	3	23
1,1	2,6	30	1,6 ÷ 2,7	10	4	3	28
1,5	3,5	30	2,5 ÷ 4,2	10	6	7	42
2,2	5	30	4 ÷ 6,6	16	8	7	54
3	6,6	30	6 ÷ 10	20	10	7	66
4	8,5	30	6 ÷ 10	25	12	15	94
5,5	11,5	30	9,5 ÷ 15,5	25	16	15	120
7,5	15,5	40	14 ÷ 22	32	20	30	190
11	22	45	14 ÷ 22	50	32	30	240
15	30	54	20 ÷ 32	63	40	30	340
18,5	37	75	30 ÷ 50	80	50	50	420
22	45	75	30 ÷ 50	100	63	50	500
30	60	110	45 ÷ 65	100	80	100	636
37	72,5	170	55 ÷ 85	125	100	100	804
45	85	210	55 ÷ 85	160	125	100	972
55	105	210	85 ÷ 130	200	160	160	1300
75	138	250	120 ÷ 180	(¹)	200	160	1650
90	170	250	120 ÷ 180	(¹)	200	250	1800
110	205	300	185 ÷ 250	(¹)	250	250	2150
132	245	300	220 ÷ 300	(¹)	315	250	2500
160	300	450	300 ÷ 400	(¹)	400	400	3300
200	370	450	300 ÷ 400	(¹)	400	400	4000
250	475	700	390 ÷ 660	(¹)	630	630	5200

(¹) Per questi valori è consigliabile l'uso dei soli fusibili tipo aM.

LA FRENATURA DEL MOTORE ASINCRONO TRIFASE

In alcune condizioni particolari di arresto (servizio o emergenza) dei MAT si richiede l'impiego di un sistema di frenatura. Ciò viene realizzato per evitare problemi meccanici provocati dall'inerzia di rotazione del rotore, dal momento in cui viene tolta la tensione di alimentazione.

Si possono realizzare diversi sistemi di frenatura che dipendono dal tipo di impiego dei MAT.

Per frenare un MAT si adottano modi diversi:

- ❖ Motore autofrenante (venduto in commercio)
- ❖ Sistema di frenatura in controcorrente (si adotta un particolare MAT)
- ❖ Sistema di frenatura meccanica a cono (venduto in commercio)
- ❖ Sistema di frenatura in corrente continua

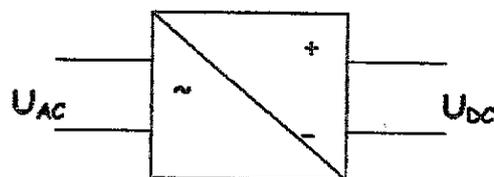
Il sistema di frenatura in corrente continua (DC) consiste nell'applicare una tensione continua agli avvolgimenti del motore (logicamente dopo aver eliminata la terna alternata di alimentazione). La tensione continua fa scorrere negli avvolgimenti una corrente che genera un campo magnetico costante il quale frena rapidamente il rotore del motore.

Si può realizzare la frenatura in DC di servizio in cui la corrente continua equivale circa alla corrente nominale assorbita dal motore. E' bene non superare il tempo di applicazione della corrente continua di 2 ÷ 3 secondi, per non danneggiare gli avvolgimenti.

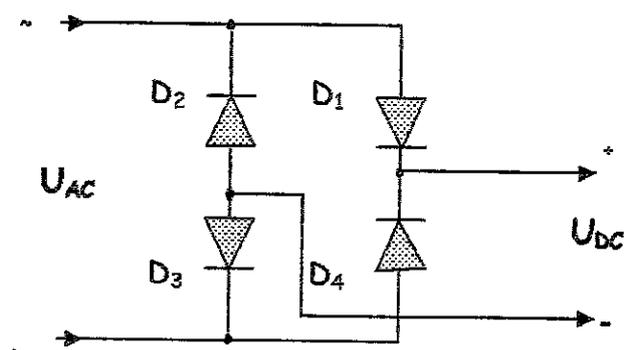
L'altro tipo di frenatura in DC è quella di emergenza in cui la corrente continua che viene fatta scorrere negli avvolgimenti può arrivare fino a 10 volte il valore della corrente nominale del motore. Si fa presente che il tempo di applicazione non deve superare 1 ÷ 2 secondi, e in qualsiasi caso questo metodo si deve sempre rendere automatico mediante un temporizzatore.

La tensione continua si può ottenere semplicemente utilizzando un trasformatore riduttore di tensione (di opportuna potenza), collegando in uscita, sul secondario, un ponte di diodi che svolge la funzione di raddrizzamento.

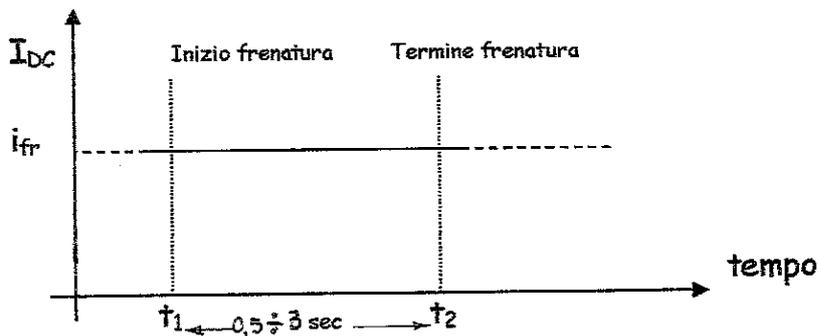
Apparecchiatura (simbolo) per la conversione della grandezza alternata in continua



Circuito elettrico interno al ponte di diodi (GRAETZ)



Frenatura in DC



$i_{fr} = I_{\text{assorbita dal MAT}}$ (vedi dati di targa)

$U_{DC} =$ tensione continua da calcolare

$R_{avv.} =$ resistenza avvolgimenti
(misurata con DMM)

$$U_{DC} = R_{avv.} \times I_{\text{assorbita dal MAT}}$$

Esempio: $I_{\text{ass.}} = 1,8 \text{ A}$ $R_{avv.} = 16 \Omega$

$$U_{DC} = 16 \times 1,8 = 28,8 \text{ volt}$$

Rapida descrizione degli altri sistemi di frenatura

Il motore autofrenante dispone nella parte posteriore di un'elettrocalamita, che alimentata col motore stesso, libera la rotazione staccando il disco del freno. Alla mancanza di tensione una molla antagonista riporta il freno nella posizione operativa, frenando rapidamente il motore.

La frenatura in controcorrente (occorre un MAT predisposto) consiste nell'applicare la terna di alimentazione con due fasi scambiate (vedi teleinversione) per un tempo assai breve ($0,5 \div 1 \text{ sec}$) che comporta l'arresto immediato del motore.

Il sistema di frenatura meccanico a cono adotta un meccanismo omnidirezionale secondo il principio dell'indotto che si sposta assialmente quando il motore, in mancanza di tensione di alimentazione, riduce la velocità. Nel momento in cui la velocità diminuisce del $20 \div 30 \%$ una molla antagonista riporta il tronco di cono del rotore contro il pattino di frenatura che rapidamente ferma il motore.

M.A.T. : l'avviamento stella / triangolo

Gli impianti elettrici analizzati finora avviano i motori asincroni trifasi in modo diretto, fornendo la tensione di linea a 400 volt - 3 ac ; i motori assorbono dalla linea di alimentazione una corrente di spunto fino a 8 volte quella nominale.

Esistono altri tipi di avviamenti che mirano soprattutto a ridurre questa corrente di spunto, evitando l'indesiderato intervento di fusibili o protezioni magnetiche a monte dell'impianto, e sono: l'avviamento stella-triangolo - con resistenze o impedenze statoriche - con autotrasformatore.

L'avviamento stella-triangolo richiede motori con morsetti a sei terminali. Gli avvolgimenti sono costruiti per funzionare con la tensione di linea (400v), corrispondente a quella che si viene a trovare ai capi degli stessi, collegati a triangolo. Inoltre questo avviamento avviene a vuoto (per motori di media-grande potenza > a 5 kW) con conseguente riduzione della coppia di spunto.

Analizzando lo schema di potenza (che vedremo in seguito) si nota che l'avviamento è strutturato in modo che, nella prima fase gli avvolgimenti sono collegati a stella e successivamente si collegano a triangolo.

Questo sistema permette di ridurre di 3 volte la corrente di spunto assorbita dal motore, mentre la coppia si limita ad 1/3 rispetto all'avviamento diretto.

Per l'impiego, questo avviamento trova l'utilizzo nel movimento di pompe centrifughe, ventilatori e macchine utensili.

Generalmente l'impianto viene realizzato con tre teleruttori, uno per il collegamento della linea di alimentazione, uno per il collegamento degli avvolgimenti a stella e un per il collegamento degli stessi a triangolo.

La commutazione tra i due collegamenti può avvenire manualmente (con commutatore rotativo o due pulsanti in sequenza) oppure automaticamente con l'impiego di un timer; questa si effettua quando il motore ha raggiunto per lo meno l'80% della velocità nominale.

I tipici impianti che impiegano questo avviamento sono quelli adottano motori di media-grande potenza; lo richiedono per ridurre la corrente di spunto e per l'impiego dei sistemi di protezione normali.

Collegamenti pratici fra gli avvolgimenti del motore e i teleruttori esterni

L1 }
L2 } linea di alimentazione trifase
L3 }

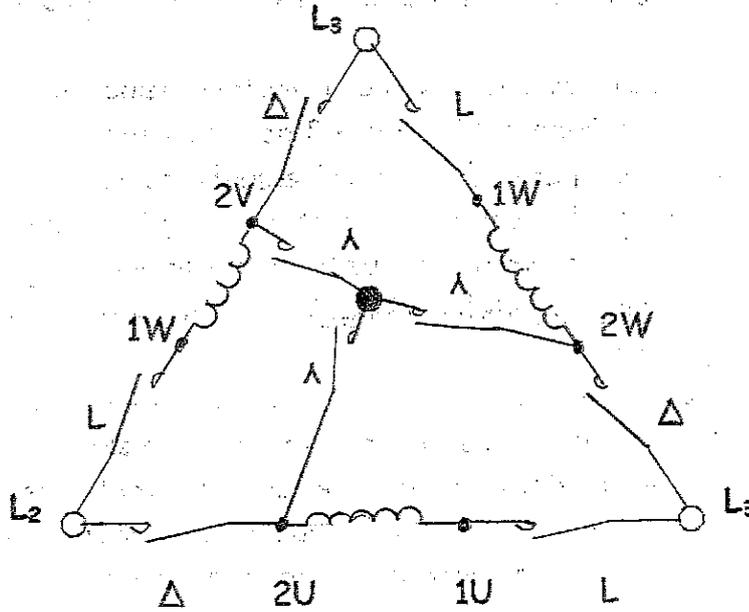
K... L = teleruttore di linea

K... λ = teleruttore per collegamento a stella

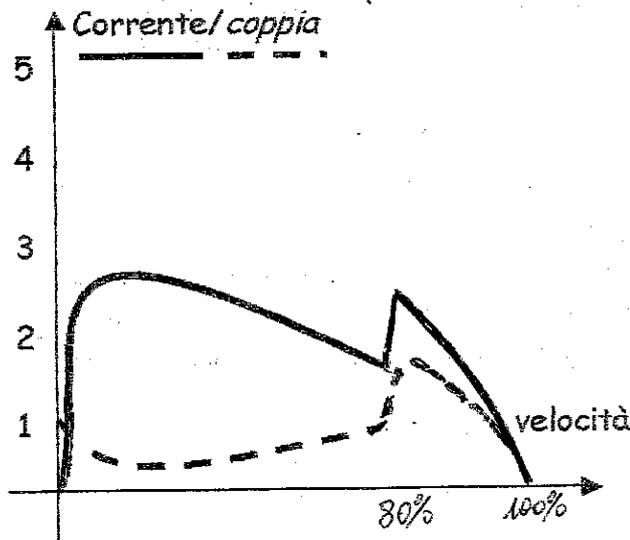
K... Δ = teleruttore per il collegamento a triangolo

NB: col DMM è possibile distinguere il MAT per l'avviamento stella-triangolo perché i tre avvolgimenti sono elettricamente isolati fra di loro.

Schema elettrico di principio



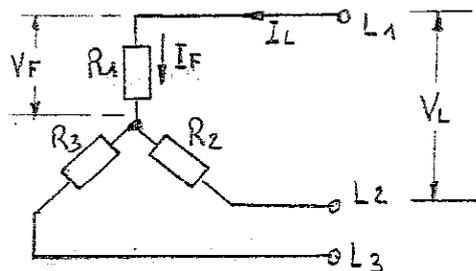
Caratteristica dell'avviamento stella - triangolo



Ci si può chiedere: " Come mai nell'avviamento $\lambda \Delta$, prima a λ poi a Δ , la corrente di linea si riduce di 3 volte?



- V_L (tensione di linea) = 400 volt
- V_F (tensione di fase) = ?
- $I_L = I_F$
- $R_1 = R_2 = R_3 = 10 \Omega$

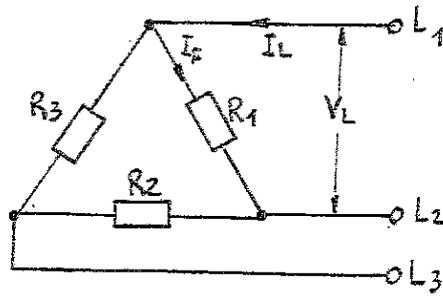


$$V_F = V_L / \sqrt{3} = 400 / 1,73 = 230 \text{ v}$$

$$I_{L\lambda} = I_F = V_F / R_1 = 230 / 10 = \underline{23 \text{ A}} \text{ a } \lambda$$

$$V_L = V_F$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = 10 \Omega$$



$$I_F = V_L / R_1 = 400 / 10 = 40 \text{ A}$$

$$I_{L\Delta} = I_F * \sqrt{3} = 40 * 1,73 = \underline{70 \text{ A}} \text{ a } \Delta$$

... infatti $I_{L\Delta} / I_{L\lambda} = 70 / 23 = 3$ ecco dimostrato che la corrente di linea è 3 volte minore nel collegamento a λ rispetto al Δ .

Confronto fra i diversi schemi di avviamento meccanico.

Tipo di avviamento	Corrente di avviam.	Coppia di avviam.	tipo	Motore potenza	Tipo di utilizzo	Manutenzione	Costo
Diretto	alta	alta	gabbia	piccola	partenza a vuoto	minima	molto basso
Stella triangolo	bassa	bassa	gabbia (1)	media	partenza a vuoto con coppia crescente (2)	minima	basso
Resistenze statoriche	media	media	gabbia	media	coppia resistente all'avviamento inferiore alla nominale (3)	media	medio
Autotrasformatore	graduale	graduale	gabbia	elevata	idem. c.s.	media	elevato
Resistenze rotoriche	bassa	alta	rotore avvolto	elevata	partenza a pieno carico (4)	frequente	medio

(1) - Con avvolgimenti normalmente collegati a stella
 (2) - Utilizzi tipici: pompe e ventilatori
 (3) - Esempio: azionamenti a cinghia
 (4) - Cesoie, calandre, ecc.

IL MOTORE DAHLANDER

La velocità di un motore asincrono trifase si esprime con la seguente relazione:

$$n^{\circ} \text{ giri} = t \times f / \text{c.p.} = 60 \times 50 / \text{c.p.}$$

dove $n^{\circ} \text{giri}$ è la velocità in giri al minuto, f è la frequenza di alimentazione e c.p. sono le coppie di poli del motore. Si deduce che la velocità è direttamente proporzionale alla frequenza e, inversamente, alle coppie di poli.

Si può notare che il tempo e la frequenza sono impossibili da modificare, mentre si può agire sulle coppie di poli.

La commutazione di polarità di un MAT si realizza sugli avvolgimenti statorici suddivisi ciascuno in due parti uguali, tramite il semplice cambiamento delle connessioni portate all'esterno dalla morsetteria.

In commercio si trovano motori con due distinti avvolgimenti statorici (lavatrici industriali) oppure motori con un solo avvolgimento con connessioni secondo lo schema DAHLANDER.

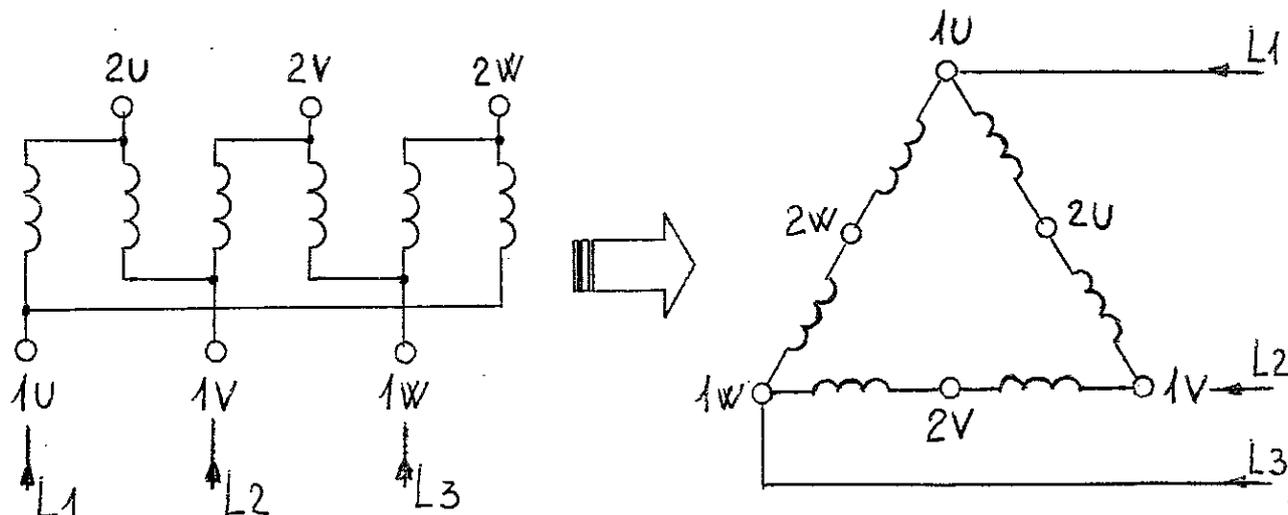
Nella morsetteria di questi motori si possono realizzare due distinti collegamenti: il collegamento a triangolo Δ (velocità minore), e il collegamento a doppia stella Y (velocità maggiore).

Il rapporto fra le due velocità è di $\frac{1}{2}$; mentre la potenza resa alla minor velocità è circa il 75% della potenza resa alla maggior velocità.

I circuiti che andiamo a proporre utilizzano tre teleruttori per realizzare i collegamenti a triangolo e a doppia stella all'esterno della morsetteria.

Analizziamo praticamente i collegamenti alla morsetteria:

- Minor velocità Δ = maggior n° coppie di poli $\left\{ \begin{array}{l} \text{Alimentazione } 1U - 1V - 1W \\ \text{Morsetti } 2U - 2V - 2W \text{ non collegati} \end{array} \right.$



- Maggior velocità $\lambda \lambda$ = minor n° coppie di poli

Alimentazione 2U - 2V - 2W
 Morsetti 1U - 1V - 1W in cto. cto.

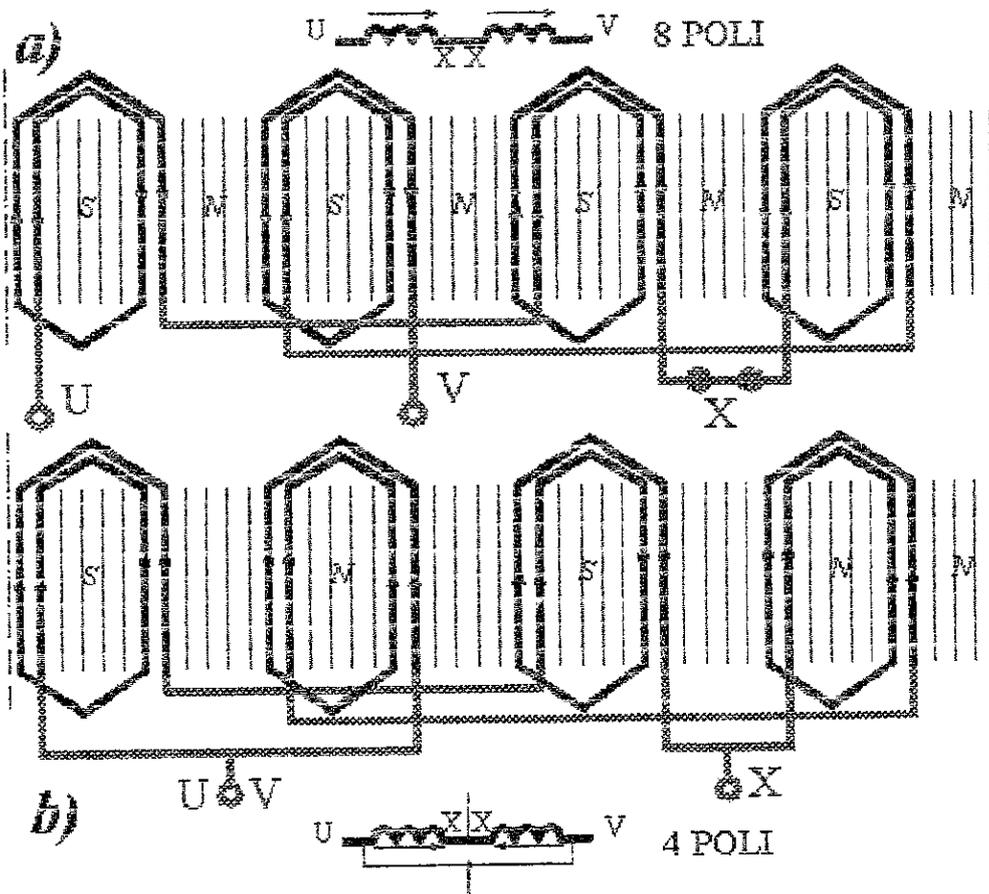
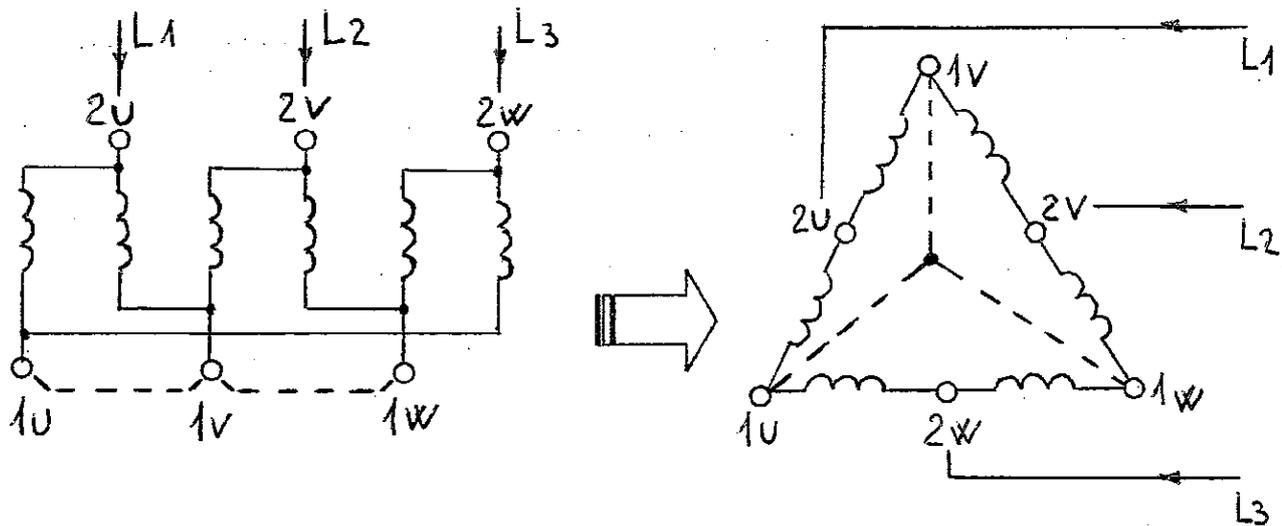


Figura a): - una fase dell'avvolgimento statorico con collegamento in serie a bobine alternate per la velocità più bassa; b): inversione della corrente in un ramo del parallelo e conseguente raddoppio di velocità per dimezzamento dei poli.

NB: con il DMM è possibile distinguere il motore Dahlander perché gli avvolgimenti risultano sempre collegati fra loro (come una maglia chiusa) e, a seconda dei morsetti in cui si verifica la continuità elettrica, si rilevano valori resistivi diversi.

IL MOTORE ASINCRONO MONOFASE

La struttura dei motori asincroni monofasi MAM si differiscono minimamente dai tipi trifasi. Fa sola eccezione l'avvolgimento statorico che è monofase; mentre il rotore è normalmente il tipo a gabbia.

Dato il fatto che non è possibile creare una coppia motrice con un solo avvolgimento, se ne aggiunge un secondo detto ausiliario o di avviamento (motore bifase).

Per far ruotare il motore, si deve inserire fra gli avvolgimenti un condensatore (del tipo polarizzato) affinché si ottengano correnti sfasate che attivano il campo magnetico rotante.

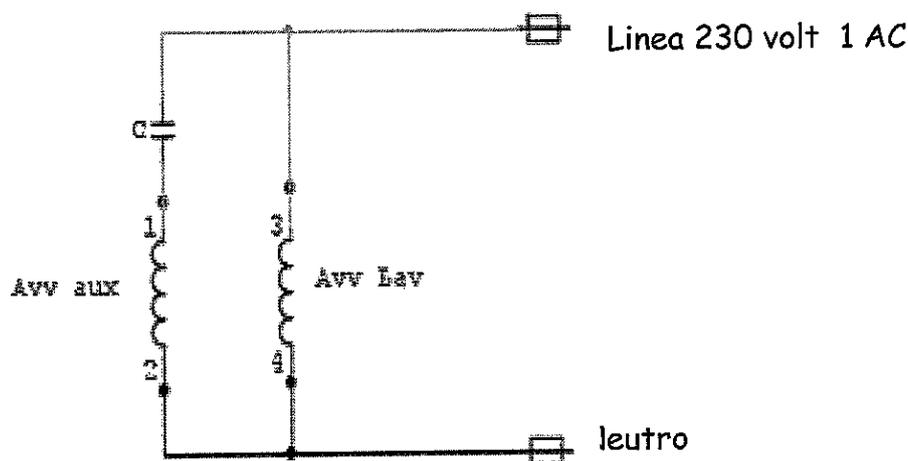
I motori MAM sono costruiti per basse potenze ($0,1 \div 2 \text{ Kw} \approx 3\text{HP}$) perché il rendimento è inferiore rispetto ai tipi trifasi ($n = 60-70\%$).

La capacità da utilizzare è in funzione della potenza.

Per esempio $0,1 \text{ Kw} = 6 \text{ uF}$; $0,5 \text{ kW} = 25 \text{ uF}$

Schema di collegamento del motore MAM con:

Avvolgimento di lavoro - Avvolgimento ausiliario - condensatore di sfasamento

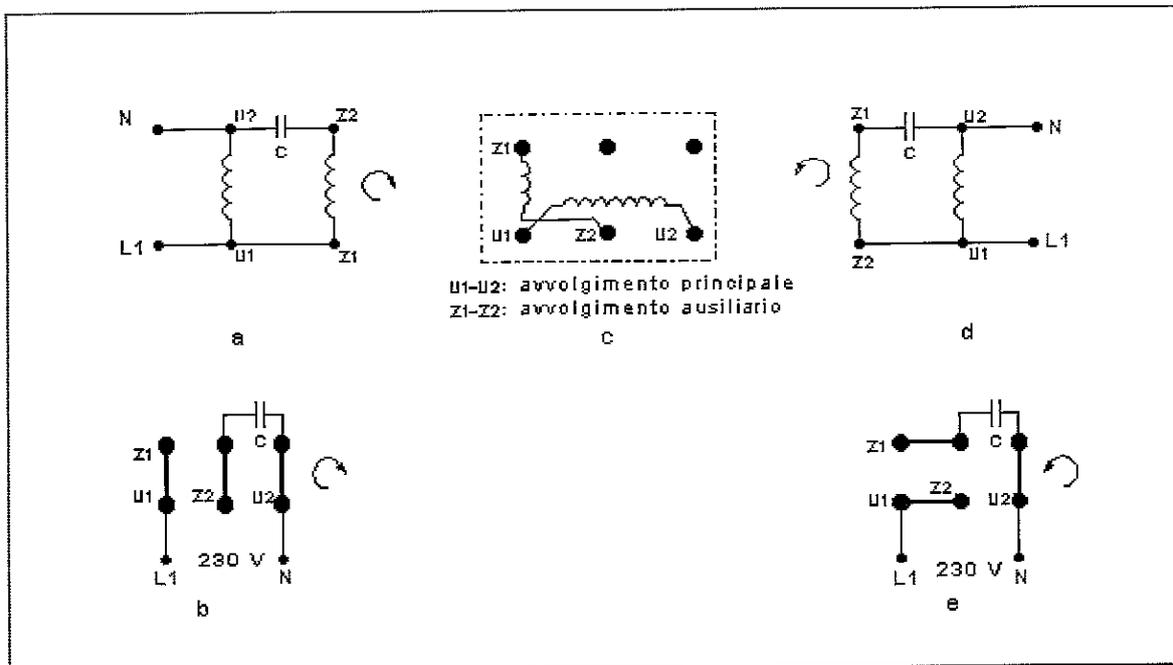


Calcolo della capacità in modo empirico: $C = P_{(\text{Watt})} \times 10^6 / 6,28 \times f \times U^2 = \dots \mu\text{F}$

$$C = P_{(\text{HP})} \times 50 \times (230/U^2) \times 50/f = \dots \mu\text{F}$$

...dove U è la tensione di funzionamento del motore monofase e f la frequenza.

Morsettiera e schema di collegamento per la rotazione a destra e sinistra



Alcune esempi in commercio

