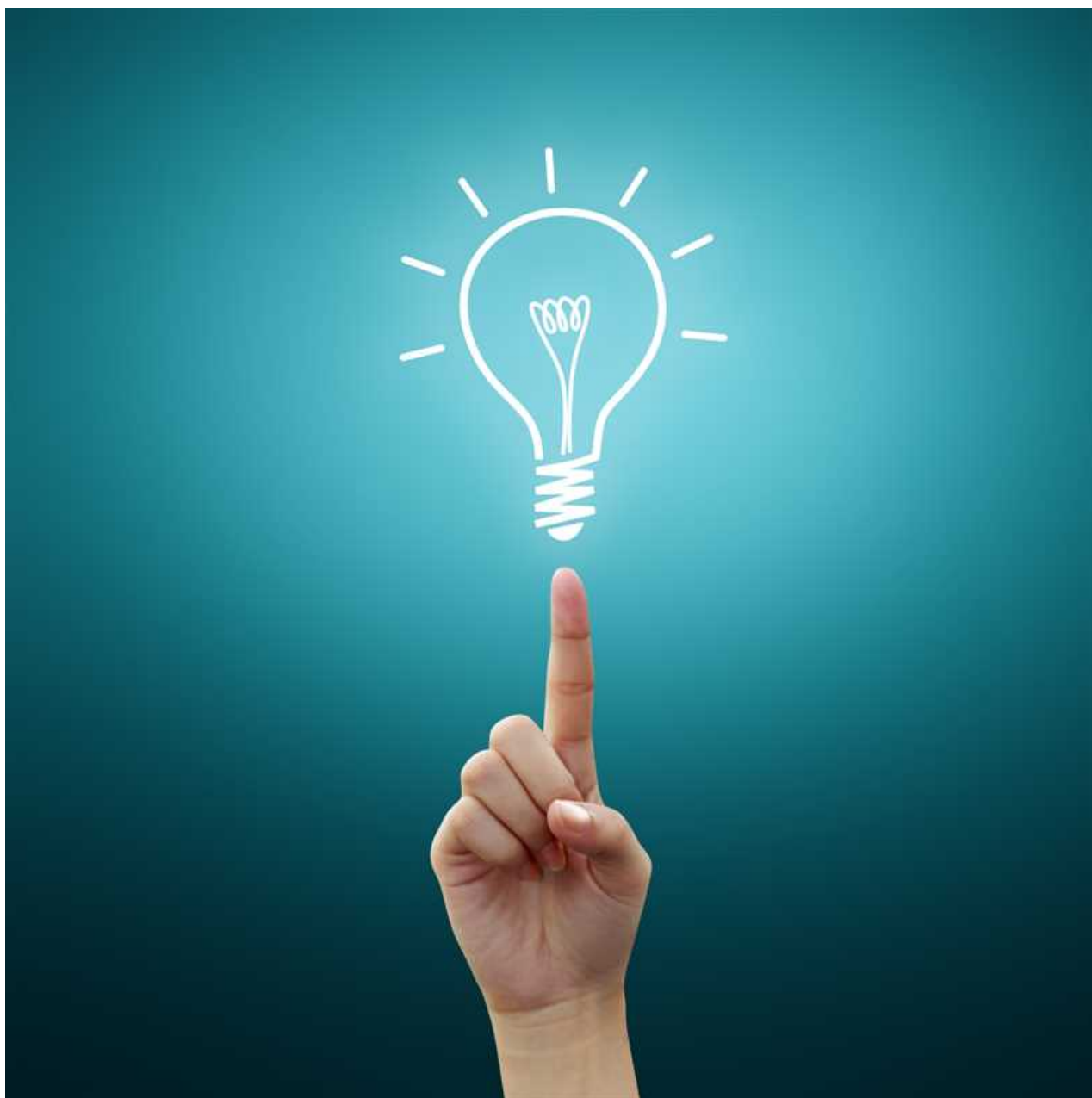


TECNOLOGIA

IMPIANTI ELETTRICI



INDICE

LA TENSIONE	pag 3
LA CORRENTE	pag 4
CORRENTE ALTERNATA / CORRENTE CONTINUA	pag 5
RESISTENZA E LEGGE DI OHM	pag 7
RESISTENZE IN SERIE	pag 8
RESISTENZE IN PARALLELO	pag 9
RESISTENZE IN CIRCUITI MISTI	pag 10
POTENZA	pag 11
ENERGIA	pag 12
INTERRUTTORE DIFFERENZIALE	pag 13
IMPIANTO DI MESSA A TERRA	pag 14
INTERRUTTORE MAGNETOTERMICO	pag 16
FOLGORAZIONE	pag 19
AVVIAMENTO STELLA TRIANGOLO MAT	pag 26
AVVIAMENTO CON SOFT-STARTER	pag 29
TRASFORMATORE	pag 30
MOTORE ASINCRONO	pag 31
ALIMENTARE UN MOTORE TRIFASE CON CORRENTE ALTERNATA MONOFASE	pag 34
CALCOLO DEL CONDENSATORE	pag 35
ESEMPIO DI TELEINVERTITORE CON COMANDO MANUALE PER MOTORE ASINCRONO TRIFASE E PER MOTORE ASINCRONO MONOFASE	pag 36
IL CONTATTORE o TELERUTTORE	pag 38
PULSANTE – INTERRUTTORE	pag 43
RELE' AUSILIARI	Pag 44
RELE' TEMPORIZZATI	pag 45
AVVIAMENTO DI UN MOTORE ASINCRONO TRIFASE: AUTORITENUTA	pag 49

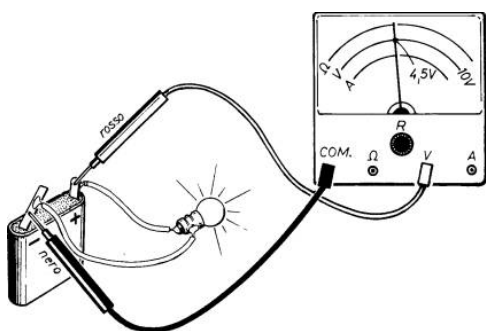
LA TENSIONE

Detta anche F.E.M. (forza elettromotrice) e d.d.p. (differenza di potenziale) **è la forza che permette la circolazione degli elettroni** (corrente).

Possiamo paragonarla alla forza che fa muovere l'acqua dentro un tubo: perché avvenga il movimento dell'acqua però il tubo deve avere una differenza di altezza cosicchè l'acqua si possa spostare dal punto più alto al punto più basso.

Così la corrente elettrica si muove dal potenziale più alto al potenziale più basso.

L'unità di misura della Tensione è il **Volt (V)**. Lo strumento di misura è il VOLTMETRO.



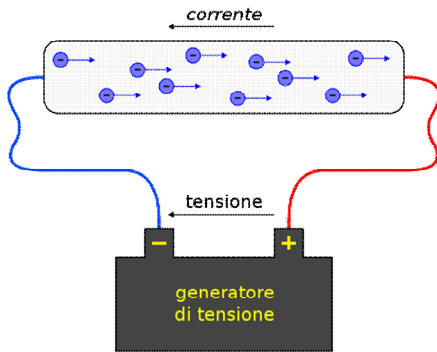
Valori più comuni di utilizzo:

- In casa la tensione di rete è pari a circa 230 V.
- Nell'industria viene impiegata spesso la tensione trifase a 400 V.
- Nei circuiti di comando degli impianti di automazione industriale (macchine) vengono utilizzati 12 o 24 V.
- Batterie (pile) da 1,5V; 9V; 12V



TENSIONE: simbolo: V – unità di misura: Volt – strumento di misura: VOLTMETRO

LA CORRENTE

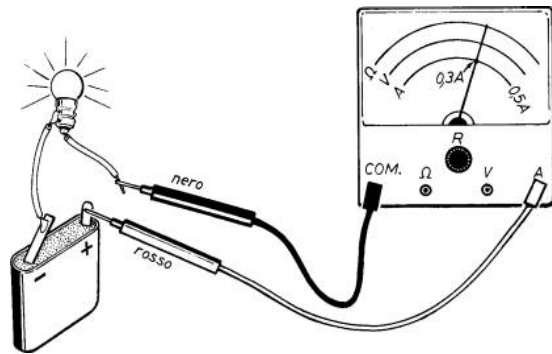
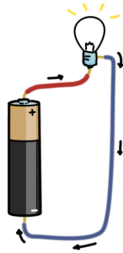


La corrente elettrica è un flusso ordinato di elettroni; cioè avviene all'interno di un conduttore (filo elettrico).

Nell'esempio idraulico fatto in precedenza è la quantità di acqua che circola in un tubo (spinto da una forza); la portata.

La corrente elettrica (I) è quindi la quantità di cariche elettriche che si muovono nell'unità di tempo: si misura in **AMPERE** (A).

La corrente si misura come se si volesse misurare l'acqua che passa in un tubo (pensa al contatore d'acqua che hai a casa): lo strumento di misura si chiama Amperometro e viene messo in serie all'utilizzatore.



CORRENTE: simbolo: I – unità di misura: Ampere – strumento di misura: Amperometro

CORRENTE ALTERNATA E CORRENTE CONTINUA



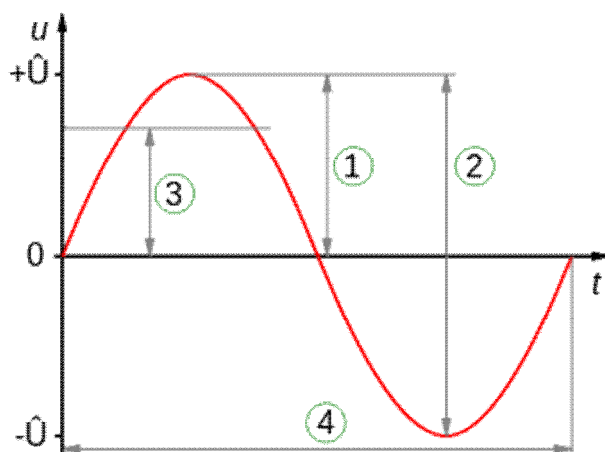
Esistono due modi di utilizzo della corrente elettrica.

Il primo viene prodotto dalle centrali tradizionali, distribuito, consegnato ed utilizzato nelle case, fabbriche ecc.

Gli elettrodomestici che utilizziamo a casa funzionano a

CORRENTE ALTERNATA.

Viene identificata con il simbolo AC (Alternating Current) e/o col simbolo in figura.



- 1) Tensione di picco
- 2) Tensione picco picco
- 3) Valore efficace (230V)
- 4) Periodo

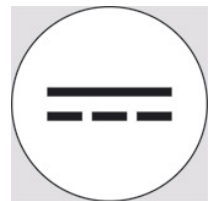
Nel grafico si nota il movimento della corrente alternata nel tempo che rappresenta un PERIODO; nella nostra rete elettrica abbiamo 50 periodi al secondo, valore che rappresenta la FREQUENZA (50 Hz).

Importante sapere che la tensione di picco non corrisponde alla tensione che utilizziamo in rete (valore efficace); la normale tensione elettrica domestica monofase ha $V_{eff} = 230 \text{ V}$, per cui si ha una tensione di picco $V_p = 325,27 \text{ V}$, questo valore è ricavabile moltiplicando la tensione efficace (valore nominale della rete elettrica) per $\sqrt{2}$ (approssimabile a 1,41).

Il secondo è quello utilizzato generalmente nell'elettronica come l'utilizzo di batterie (pile) o l'alimentazione di apparecchi come computer portatili, smartphones Questi utilizzano la **CORRENTE CONTINUA** ovvero quando la corrente utilizzata ha un valore fisso nel tempo.

(Anche la corrente prodotta dai pannelli fotovoltaici è una corrente continua).

Viene spesso identificata con il simbolo DC (Direct Current) o con un simbolo simile ad un "uguale" =.



Nel grafico vediamo l'andamento della corrente nel tempo (fisso e stabile).

LA RESISTENZA E LEGGE DI OHM

Ogni conduttore elettrico offre una propria resistenza al passaggio della corrente.

Per resistenza elettrica si definisce l'impedimento al passaggio della corrente elettrica; in parole povere la "fatica" che deve essere consumata per attraversare un determinato conduttore.

La resistenza – il cui simbolo è R – si misura in ohm (Ω).

Esiste una relazione che lega le grandezze elettriche fin qui citate: **LA LEGGE DI OHM.**

La resistenza R è data dal rapporto tra la tensione (V) e la corrente (I).

$$\mathbf{R = V / I}$$



ESEMPIO CALCOLI

Se un circuito elettrico è alimentato ad una tensione V pari a 10 V ed ha un consumo di corrente I pari a 2 A, a quanto corrisponde la resistenza R ?

$$\text{Se } R = V / I \text{ allora } R = 10 / 2 \rightarrow \underline{5 \Omega}$$

Se in un circuito elettrico viene assorbita una corrente I pari a 1.5 A con una resistenza totale installata pari a 12.5 Ω , a quale tensione è alimentato tale circuito ?

$$\text{Se } R = V / I \text{ allora } V = R * I \rightarrow 1.5 * 12.5 = \underline{18.75 V}$$

Se un circuito elettrico è alimentato a 230 V e vi è inserito un carico da 120 Ω a che valore ammonta la corrente circolante ?

$$\text{Se } R = V / I \text{ allora } I = V / R \rightarrow 230 / 120 = \underline{1.92 A}$$

La resistenza è legata anche da alcuni fattori fisici che compongono il conduttore:

- Materiale del conduttore. ρ , resistenza specifica o resistività ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
- Lunghezza del conduttore L (m)
- Sezione del conduttore s (mm^2)

Con la formula **$R = \rho * L / s$** vengono messe in relazione.

Alcuni coefficienti ρ : acciaio 0.1; argento 0.016; ferro 0.1; oro 0.022; Rame 0.017; stagno 0.12.

ESEMPIO CALCOLO

Si vuole calcolare la resistenza di un conduttore in rame della lunghezza di 250 m e dello spessore di 0.5 mm^2 .

$$R = \rho * L / s \rightarrow 0.017 * 250 / 0.5 = \underline{8.5 \Omega}$$

Si vuole calcolare la sezione di un cavo in rame della lunghezza di 870 m per una resistenza massima pari a 10.5 Ω

$$R = \rho * L / s \rightarrow 10.5 = 0.017 * 870 / s \text{ (che è l'incognita)} \rightarrow s = \rho * L / R \rightarrow 0.017 * 870 / 10.5 = \underline{1.408 \text{ mm}^2}$$

RESISTENZE IN SERIE

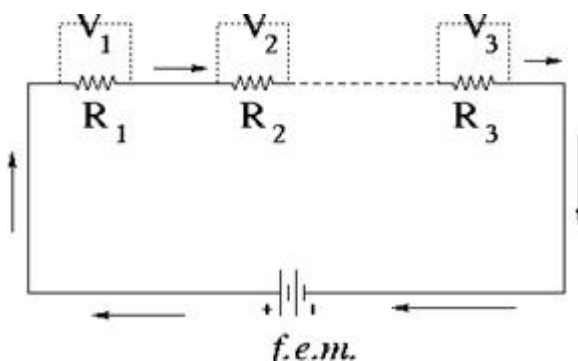
Si parla di collegamento in serie quando due o più componenti sono collegati in modo da formare un percorso unico per la corrente elettrica che li attraversa; nel caso di componenti elettrici a due terminali (detti bipoli) il collegamento in serie prevede che l'estremità di ciascuno di essi sia collegata solo con l'estremità di un altro, l'alimentazione viene fornita tramite i morsetti liberi del primo e dell'ultimo bipolo.

Nel collegamento IN SERIE abbiamo il passaggio costante di corrente e la tensione che si “divide” ai capi di ciascuna resistenza (caduta di tensione); valori che possiamo calcolare utilizzando la LEGGE DI OHM.

La resistenza totale R_{tot} in un circuito in serie è data dalla formula:

$$R_{tot} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$

Per il calcolo della corrente (costante) dobbiamo immaginare la serie delle resistenze come UNA RESISTENZA UNICA (R_{tot}) per poi applicare la LEGGE DI OHM.



Esempio

$$R_1 = 10 \, \Omega$$

$$R_2 = 25 \, \Omega$$

$$R_3 = 15 \, \Omega$$

Il circuito è alimentato con una tensione di 230 V.

Calcolare la corrente totale e le cadute di tensione su ciascuna resistenza (V_1 , V_2 e V_3)

$$R_{tot} = 10 + 25 + 15 = 50 \, \Omega$$

$$R_{tot} = V / I \quad \rightarrow \quad I = V / R_{tot} = 230 / 50 = \underline{4.6 \, A}$$

$$V_1 = R_1 \cdot I = 10 \cdot 4.6 = \underline{46 \, V}$$

$$V_2 = R_2 \cdot I = 25 \cdot 4.6 = \underline{115 \, V}$$

$$V_3 = R_3 \cdot I = 15 \cdot 4.6 = \underline{69 \, V}$$

È possibile fare un conto di prova per controllare i risultati: La V di alimentazione è data dalla somma delle rispettive cdt (cadute di tensione) ovvero

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 46 + 115 + 69 = \underline{230 \, V}$$

RESISTENZE IN PARALLELO

Si parla di collegamento in parallelo quando componenti sono collegati ad una coppia di conduttori in modo che la tensione elettrica sia applicata a tutti quanti allo stesso modo. Riprendendo l'esempio delle persone, queste sono disposte fra due corde distese e parallele, ed ogni persona stringe ciascuna corda con una mano in modo che ognuno tenga con la mano destra la stessa corda che tutti gli altri tengono con la mano destra, e lo stesso per la mano sinistra. Inoltre gli utilizzatori sono paralleli l'uno all'altro e svolgono funzione indipendente: se uno non funziona gli altri funzionano.

Nel collegamento in parallelo la corrente circolante in ciascuna resistenza è diverso mentre rimane costante la tensione di alimentazione.

Tutti gli impianti elettrici civili sono collegati in parallelo.

La resistenza equivalente (R_{eq}) per le resistenze in parallelo si calcola con la formula.

$$R_{eq} = 1 / [(1/R_1) + (1/R_2) + (1/R_3) + ... (1/R_n)]$$

ESEMPIO

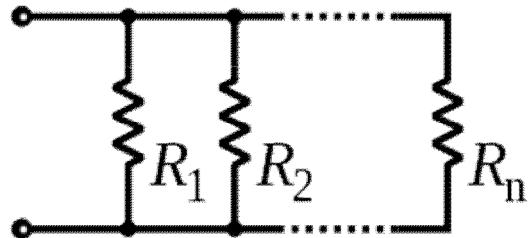
Dato lo schema qui sotto si calcoli la corrente totale assorbita, le correnti parziali di ogni resistenza (I_1 , I_2 e I_n). Il circuito è alimentato a 24 V.

$$R_1 = 10 \, \Omega$$

$$R_2 = 25 \, \Omega$$

$$R_3 = 15 \, \Omega$$

$$R_{eq} = 1 / [(1/10) + (1/25) + (1/15)] = \underline{4.85 \, \Omega}$$



$$I_1 = 230 / 10 = \underline{23 \, A}$$

$$I_2 = 230 / 25 = \underline{9.2 \, A}$$

$$I_3 = 230 / 15 = \underline{15.3 \, A}$$

La corrente totale assorbita è la somma delle singole correnti = $23+9.2+15.3 = 47.5 \, A$

RESISTENZE IN CIRCUITI MISTI: SERIE E PARALLELO

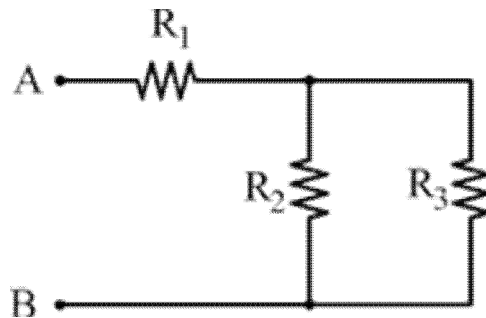
Dati

$$R_1 = 10 \, \Omega$$

$$R_2 = 25 \, \Omega$$

$$R_3 = 15 \, \Omega$$

Tensione di alimentazione 230 V



Si calcoli:

Le varie cadute di tensione;

Le varie correnti circolanti.

Per eseguire i calcoli di un circuito misto bisogna calcolare prima le parti in parallelo tra di loro e dopo le parti in serie.

In questo caso molto semplice abbiamo R₂ ed R₃ in parallelo tra di loro.

Calcoliamo quindi la $R_{eq} = 1 / [(1/R_2) + (1/R_3)] = 1 / [(1/25) + (1/15)] = \underline{9.34 \, \Omega}$

Possiamo immaginare quindi la R_{eq} (2 3) in serie con la R₁.

$$R_{tot} = R_1 + R_{eq23} = 10 + 9.34 = \underline{19.34 \, \Omega}$$

La corrente totale che circola è data da

$$I = V / R_{tot} = 230 / 19.34 = \underline{11.89 \, A}$$

Ora possiamo calcolare la caduta di tensione su R₁ e su R₂-R₃ (che è uguale).

$$V_1 = R_1 * I = 10 * 11.89 = 118.9 \, V$$

$$V_{23} = R_{eq23} * I = 9.34 * 11.89 = 111.053 \, V$$

Facendo il conto di prova possiamo verificare i valori $V = V_1 + V_{23} = 118.9 + 111.053 = \text{ca } 230 \, V$

OK, VERIFICATO !!

Le singole correnti che circolano nel tratto in parallelo saranno ...

$$I_2 = 111.05 / 25 = 4.442 \, A$$

$$I_3 = 111.05 / 15 = 7.404 \, A$$

Facendo il conto di prova possiamo verificare i valori $I = I_2 + I_3 = 4.442 + 7.404 = 11.85 \, A$

OK VERIFICATO.

POTENZA

In [elettrotecnica](#), la potenza elettrica (o semplicemente potenza) è in particolare il [lavoro elettrico](#) svolto su una [carica elettrica](#) da un [campo elettrico](#) nell'unità di [tempo](#), che tramite le [grandezze](#) comunemente impiegate si esprime come:

$$P = V * I$$

Dove V è la tensione di alimentazione

I la corrente assorbita

La potenza si misura in Watt (W) (J/sec)

ESEMPIO

Un generatore di corrente produce una tensione di 230 V con una corrente di 8 A. qual'e la sua potenza ?

$$P = 230 * 8 = 1840 \text{ W} = 1.84 \text{ kW}$$

Un elettrodomestico funziona a 230 V ed ha una potenza di 2500 W. Quanta corrente assorbe ?

$$I = P / V = 2500 / 230 = 10.86 \text{ A.}$$

POTENZA ATTIVA

La potenza attiva è detta anche potenza reale in quanto è la media della potenza istantanea sul periodo

$$P = V * I * \cos\phi \text{ (in genere per i circuiti monofase si tiene } \cos\phi = 0.9)$$

POTENZA APPARENTE

È la potenza teorica ($P = V \cdot I$) ma si differenzia dalla precedente per l'unità di misura: VA (voltampere).

ENERGIA

Col termine ENERGIA vogliamo quantificare la corrente elettrica utilizzata per far funzionare i nostri dispositivi e le nostre luci di casa; con questo valore Hera o Enel predispongono le bollette elettriche dopo aver conteggiato per mezzo del contatore l'energia consumata.



L'unità di misura dell'energia (elettrica consumata) è il chilowattora (kWh).

È possibile calcolare l'energia che utilizza un faro, una lavatrice, un forno ecc.

Se osserviamo bene l'unità di misura possiamo scomporla in una potenza (kW) ed un tempo in ore (h).

Questa è appunto la formula dell'energia

$$E = P * \text{tempo}$$

ESEMPIO

Se abbiamo un forno la cui potenza di funzionamento è pari a 2000 W e lo utilizziamo per cucinare una torta per un tempo di 1 ora avremo consumato

$$E = 2000 * 1 = 2000 \text{ Wh} \rightarrow 2 \text{ kWh}$$

Ricordiamoci che ogni dispositivo piccolo o grande che viene utilizzato consuma energia.

Ad oggi il costo dell'energia per un'abitazione è pari a circa (valore medio) a 0.22 €/kWh

Quindi per l'utilizzo del forno dell'esempio sopra avremo speso circa $0.22 * 2 = 0.44$ € di energia elettrica.

NON dimentichiamo il lato ambientale: per produrre energia elettrica si inquina (oggi meno grazie alla crescita di produzione da fonti rinnovabili).

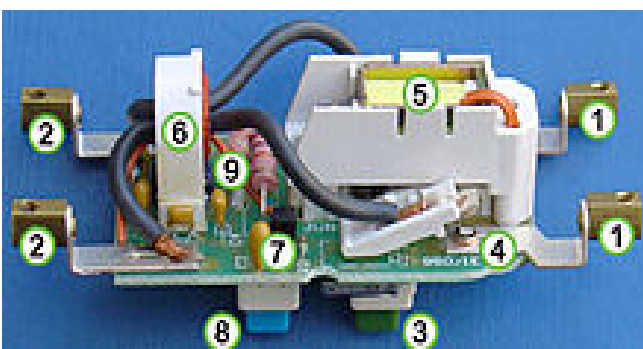
I 2 kWh elettrici consumati dal forno sono equivalenti a circa 4.84 kWh di energia primaria (gas) bruciato per produrla e trasportarla il che significa un'emissione in atmosfera di inquinamento pari a 2.1 kg CO₂.

INTERRUTTORE DIFFERENZIALE

L'interruttore differenziale è un dispositivo di sicurezza in grado di interrompere il flusso elettrico di energia in un circuito elettrico di un impianto elettrico in caso di guasto verso terra ([dispersione elettrica](#)) o [folgorazione](#) fase-terra, fornendo [dunque](#) protezione anche verso macroshock elettrico, sia diretto che indiretto, sulle persone a rischio. È detto differenziale, perché basa il suo funzionamento sulla rilevazione [dell'](#)eventuale differenza di [correnti elettriche](#) rilevata in ingresso e in uscita al sistema elettrico in caso di dispersione. Poiché nelle centrali di distribuzione della [rete elettrica](#) e nelle [cabine di trasformazione mt/bt](#) (media tensione/bassa tensione) il punto neutro è collegato a [terra](#), qualunque collegamento tra una [fase](#) della linea elettrica e terra subisce un passaggio di corrente. Questa corrente si disperde a terra e non ritorna attraverso l'interruttore differenziale a monte dell'impianto, il quale rileva che la somma delle correnti di nodo non è più nulla ed interviene aprendo il circuito elettrico. Per evitare che sia un [corpo umano](#) a realizzare il ponte fase-terra e agevolare il lavoro dell'interruttore differenziale è necessario che gli apparecchi con carcassa metallica siano collegati ad un adeguato impianto di [messa a terra](#). **Si parla, in questo caso, di protezione contro i contatti indiretti.** Nel caso invece in cui una persona tocchi una parte che è normalmente in tensione, come ad esempio un conduttore elettrico non isolato, si parla di contatto diretto. Anche in questo caso l'interruttore differenziale fornisce, nella maggior parte dei casi, una buona protezione, purché sia del tipo ad alta sensibilità, cioè con corrente differenziale nominale minore o uguale a 30 mA, ed abbia un tempo di intervento sufficientemente breve (pochi millisecondi).



Struttura e funzionamento



Interruttore differenziale aperto:

- 1 Morsetti di ingresso
- 2 Morsetti di uscita (verso il carico)
- 3 Pulsante di inserimento
- 4 Contatti di interruzione
- 5 Solenoide che tiene chiusi i contatti
- 6 Trasformatore di corrente (sensore)
- 7 Circuito elettronico amplificatore
- 8 Pulsante di test
- 9 Filo (arancio) che alla pressione di test è attraversato da una corrente sbilanciata

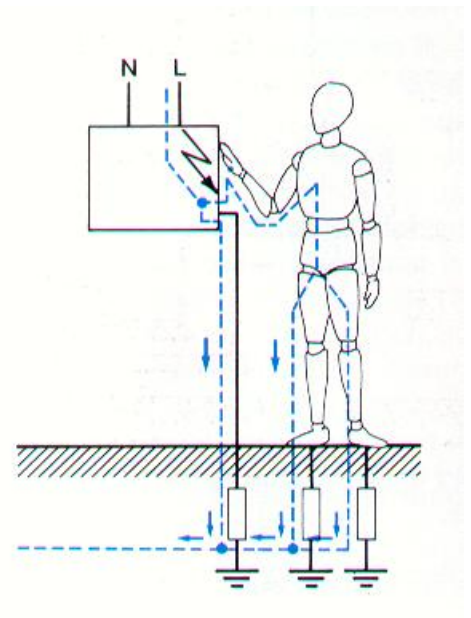
In un interruttore differenziale è presente un circuito magnetico su cui sono avvolti dei [solenoidi](#) (uno per filo da proteggere) in modo tale che in condizioni di equilibrio il [flusso magnetico](#) prodotto si annulli reciprocamente. In caso di squilibrio, il flusso magnetico non è più nullo ed è sufficiente per attirare una ancorina, la quale provoca lo scatto di una molla che apre l'interruttore.

Per verificare la continuità di funzionamento è prescritta l'effettuazione di un test con cadenza mensile, premendo un apposito pulsante presente sull'apparecchio.

L'IMPIANTO DI MESSA A TERRA

Nel sistema di protezione contro i contatti indiretti la funzione dell'impianto di terra è quella di convogliare verso terra la corrente di guasto, provocando l'intervento delle protezioni ed evitando così il permanere di tensioni pericolose sulle masse.

La messa a terra consiste in una serie di accorgimenti atti ad assicurare alle masse metalliche il potenziale [della](#) terra, evitando che le stesse possano venire a trovarsi in tensione tra loro o tra loro e la terra. Dato che i cavi in tensione assumono rispetto al terreno un determinato potenziale, che per gli impianti [delle](#) abitazioni civili è di 230 [V](#), si possono [verificare](#) situazioni di pericolo quando parti dell'impianto elettrico che normalmente non sono in tensione, come le carcasse degli elettrodomestici, a seguito di guasti o imprevisti acquisiscono un potenziale elettrico rispetto al terreno.



La messa a terra di protezione protegge le persone dal rischio di [folgorazione](#). Essa consiste in un dispersore collocato nel terreno. Lo scopo della messa a terra è quindi far sì che le masse degli elettrodomestici siano al potenziale del terreno.



In caso di guasto la messa a terra correttamente collegata alle masse (carcasse metalliche, finestre...) assicura l'intervento automatico dell'[interruttore differenziale](#).

La messa a terra di protezione non interessa solo l'impianto elettrico, ma anche gli altri impianti e parti metalliche dell'edificio (tubazioni, impianto idraulico, travi, impianto termico e così via), in modo che lo stabile risulti messo in sicurezza anche rispetto a un fulmine che lo investe.

Gli scopi fondamentali della messa a terra sono:

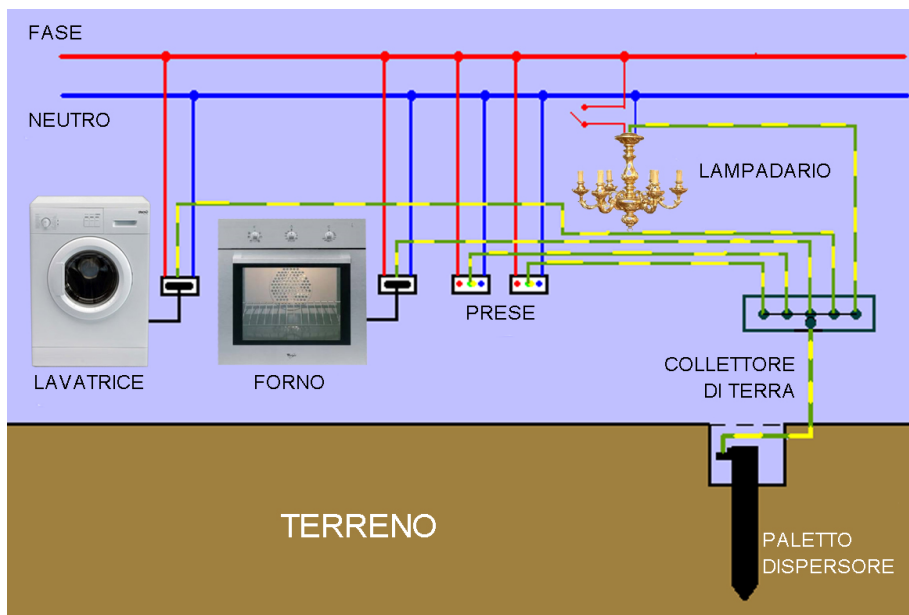
- Offrire protezione contro i [contatti indiretti](#).
- Permettere l'intervento dell'[interruttore differenziale](#) in caso di guasto verso terra.
- Proteggere persone e impianti da tensioni elettriche di qualsiasi origine.
- Impedire l'accumulo di [elettricità statica](#) e prevenire [scariche elettrostatiche](#) dannose per apparati elettronici e di telecomunicazione. In [bioedilizia](#) le scariche sono considerate dannose anche per l'essere umano.
- Scaricare i disturbi elettromagnetici e fornire un potenziale di riferimento

La sezione dei conduttori di messa a terra deve essere almeno pari a quella dei cavi che portano l'energia elettrica all'area protetta e non inferiore ai limiti stabiliti dalla [norma CEI 64-8](#).

L'impianto è elettricamente connesso al terreno per mezzo di dispersori. Questi possono essere:

- picchetti in [rame](#) o [acciaio](#) zincato a sezione circolare o a croce, infissi nel suolo per uno o due metri;
- cavo in rame non isolato, in gergo *corda*, interrato intorno all'edificio ad una profondità maggiore di 0,5 metri;
- qualora le caratteristiche costruttive lo consentano, si possono usare le strutture delle armature di acciaio del [calcestruzzo armato](#) come dispersore naturale, tale configurazione ha il vantaggio di schermare l'involucro edilizio dalle scariche atmosferiche.

La messa a terra va oltre il collegamento con un cavo, è qualcosa di complesso e richiede competenze



progettuali specifiche. Si tratta di mantenere *equipotenziali* le strutture anche in caso di forti [correnti](#) impulsive, dovute per esempio ai fulmini. Per questo motivo gli impianti di un edificio, elettrico, idraulico, termico, di trasporto del gas, devono essere coordinati tra loro. Si supponga per esempio che un fulmine colpisca il tetto e si scarichi lungo la linea di messa a terra. Data

l'elevatissima corrente che circola nel conduttore, come dice la [legge di Ohm](#) si avrà un potenziale elevato anche sugli elettrodomestici collegati. Se l'impianto idraulico non è coordinato si potrà avere una pericolosa differenza di potenziale tra lavatrice e rubinetto. In un sistema coordinato le masse metalliche hanno lo stesso potenziale. Nell'eventualità prima descritta tutto il bagno si porterebbe a potenziale elevato, ma non ci sarebbero differenze di potenziale pericolose tra le parti.

Per questo motivo devono essere opportunamente collegati all'impianto di messa a terra i tubi degli impianti idraulico, termico, del gas e tutte le altre masse metalliche dell'edificio.

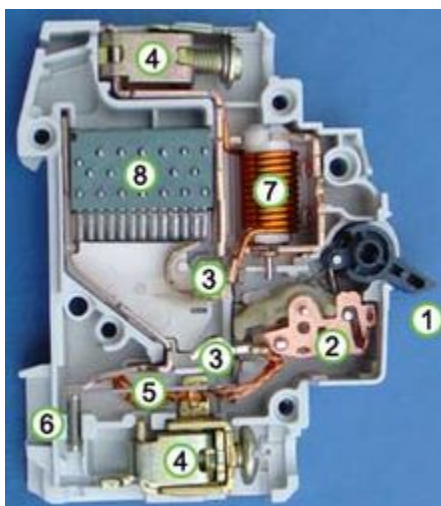
La normativa [CEI](#) stabilisce che i conduttori dell'impianto di messa a terra (conduttori di protezione, conduttori di terra e collegamenti equipotenziali) debbano essere di due colori [giallo-verde](#).

L'INTERRUTTORE MAGNETOTERMICO

L'interruttore magnetotermico, detto impropriamente "interruttore [automatico](#)", è un dispositivo di sicurezza in grado di interrompere il flusso di corrente elettrica in un circuito elettrico di un impianto elettrico in caso di sovracorrente; quest'ultima può essere causata da un mal funzionamento (sovraccarico) oppure da un guasto (corto circuito).

Sostituisce sia l'interruttore termico che il fusibile, con il vantaggio rispetto a quest'ultimo di una maggior precisione d'intervento e di essere facilmente ripristinabile con la pressione di un pulsante o l'azionamento di una leva. Deriva il suo nome dal fatto che esibisce un funzionamento diverso nell'interruzione da cortocircuito (meccanismo di tipo magnetico) rispetto all'interruzione da sovraccarico (meccanismo di tipo termico).

Funzionamento



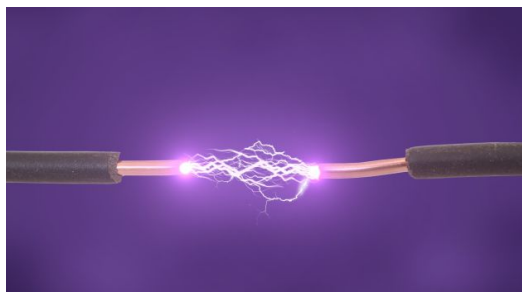
Interruttore magnetotermico aperto:

- 1 Leva di comando
- 2 Meccanismo di scatto
- 3 Contatti di interruzione
- 4 Morsetti di collegamento
- 5 Lamina bimetallica (rilevamento sovraccarichi)
- 6 Vite per la regolazione della sensibilità (in fabbrica)
- 7 Solenoide (rilevamento cortocircuiti)
- 8 Sistema di estinzione d'arco

I due fenomeni considerati, cortocircuito e sovraccarico hanno caratteristiche ben diverse e devono essere considerati separatamente. Come si nota dal nome, all'interno di un interruttore magneto-termico sono presenti due ben distinte sezioni che rilevano i due fenomeni per mezzo di differenti principi fisici. Inizialmente l'interruttore deve essere chiuso agendo sul comando manuale oppure, nei modelli più grandi, per mezzo di motori elettrici. In questo modo viene caricata una molla che tende a provocare l'apertura dei contatti, ma è trattenuta da un'ancorina. Quando una sezione del dispositivo rileva un guasto, la molla viene liberata e si ha lo scatto, cioè l'apertura dell'interruttore. La forza prodotta dalla molla deve essere tanto più elevata quanto maggiore è l'intensità della corrente da interrompere, ovvero il potere di interruzione del dispositivo.

Protezione dal cortocircuito (Parte magnetica)

Questo tipo di guasto si verifica quando due conduttori a differente potenziale (nel caso generale della [corrente alternata trifase](#): fase - neutro; fase L1 - fase L2; fase L1 - fase L3; fase L2 - fase L3) entrano in diretto contatto tra loro, provocando un elevatissimo e istantaneo flusso di corrente.



La rilevazione di questo evento avviene per mezzo di un [solenioide](#) avvolto su una barra magnetica, in pratica un [relè](#). L'elevato impulso di corrente induce un [campo magnetico](#) che attira un' ancorina, la quale provoca l'apertura dell'interruttore. La caratteristica di intervento è istantanea, in modo da evitare sollecitazioni termiche e meccaniche dovute all'elevata corrente di corto circuito, dannose per le condutture e le

apparecchiature elettriche.

Protezione del sovraccarico (Parte termica)

Questo problema si verifica quando l'intensità di corrente supera un valore prefissato a causa per esempio di troppi carichi accesi contemporaneamente. Il limite di corrente è determinato da limiti costruttivi dell'impianto e in particolare dalla capacità dei fili conduttori di smaltire il calore prodotto per [effetto Joule](#).

La rilevazione avviene per mezzo di una "resistenza elettrica" costituita da una lamina bimetallica. A causa della differenza nella [dilatazione termica](#) di due [metalli](#) accoppiati (vincolati o tramite incollaggio o grappette metalliche), la lamina si piega fino a provocare lo scatto dell'interruttore. Il tempo di intervento non è istantaneo ma dipende, con funzione caratteristica dei diversi modelli di magnetotermici, dall'inverso dell'entità del superamento del valore di soglia.



Protezione selettiva



Modello obsoleto di magnetotermico [BTicino](#).

In un impianto esteso è vantaggioso suddividere il sistema in zone di protezione separate, in modo tale che l'intervento di un dispositivo di protezione in caso di sovraccarico o guasto isoli un'area limitata senza lasciare "al buio" l'intero edificio. Questa caratteristica è definita [selettività dell'impianto](#) o [protezione selettiva](#) cioè garantisce lo scollegamento, in caso di sovraccarico o corto circuito, di un singolo carico o di una parte di un circuito elettrico con più carichi, in modo da isolare i guasti senza coinvolgere l'intero circuito elettrico, che continuerà a funzionare normalmente.

A questo scopo si usa strutturare l'impianto secondo una logica gerarchica, con un interruttore generale a monte, seguito da diversi apparecchi a protezione di macrozona, a loro volta seguiti da altri apparecchi a protezione del ramo finale del circuito. L'interruttore generale deve avere una soglia di intervento sufficientemente elevata da garantire l'assorbimento massimo di tutto l'impianto, mentre gli apparecchi di zona devono avere una soglia inferiore in funzione dell'assorbimento previsto per il ramo protetto.

È necessario inoltre che i dispositivi siano tra loro coordinati in modo tale che in caso di guasto intervenga solamente l'elemento voluto e non gli apparecchi a monte.



Per consentire la realizzazione della protezione selettiva vengono prodotti apparecchi con differenti curve di intervento (velocità di intervento in funzione del superamento della soglia nominale), in modo tale che impiegando apparecchi differenti il progettista sia in grado di coordinarne le priorità di intervento. Le curve di intervento standard secondo la normativa di prodotto CEI EN 60898-1 sono contraddistinte da una lettera alfabetica e sono, in ordine decrescente di sensibilità: B, C, D. Precedentemente B e C erano denominate rispettivamente L ed U.

La curva C è in grado di tollerare sovracorrenti fino a cinque-dieci volte la corrente di intervento per brevi periodi ed è largamente usata negli impianti domestici. La curva D consente ampi superamenti della soglia per tempi brevi (10-20 volte), ed è utile per evitare interventi indesiderati nel caso in cui i carichi protetti assorbano elevate correnti di spunto all'avvio (es. motori elettrici industriali). B è la curva che presenta la maggiore sensibilità (3-5 volte la corrente nominale).

In foto il nuovo tipo di contatore elettronico fornito dall'[ENEL](#) per usi domestici, i primi contatori di nuovo tipo avevano un magnetotermico D63 (curva D 63 Ampere), quelli più moderni hanno un C63

FOLGORAZIONE



Segnale di pericolo per la presenza di tensione elettrica pericolosa

La **folgorazione**, comunemente detta **scossa**, è il passaggio di una forte [corrente elettrica](#) attraverso il [corpo](#). In [medicina](#) il termine è usato relativamente agli effetti patologici di tale fenomeno su chi lo subisce.

Il termine **elettrocuzione** può avere due significati:

- si riferisce all'esecuzione di una [sentenza di morte](#) mediante il passaggio di una corrente elettrica attraverso il corpo del condannato. Il termine, reso anche da **elettroesecuzione**, è riferito alla [sedia elettrica](#);
- scarica accidentale di una corrente elettrica sull'organismo umano (nell'uso comune detta *scossa* o *scossa elettrica*), che può avere effetto mortale o essere causa di ustioni, di disturbi del ritmo cardiaco ([fibrillazione](#)), di lesioni degenerative dei muscoli e del [sistema nervoso](#).

ACCENNI DI ELETTROFISIOLOGIA

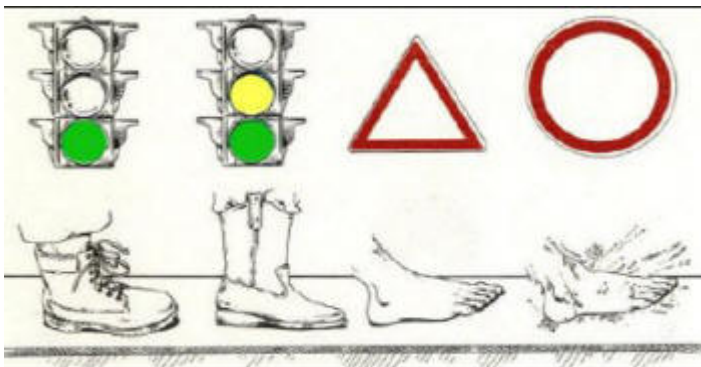
L'organismo animale è costituito da [cellule](#) al cui interno è presente una [soluzione acquosa](#) salina e da una matrice extracellulare che riempie gli spazi tra cellula e cellula, anch'essa assimilabile ad una soluzione salina. Tali soluzioni contengono quindi [ioni](#) come Na^+ , K^+ , Cl^- ecc.



Poiché tali ioni sono presenti in concentrazione differente tra l'interno della cellula (maggiore concentrazione di K^+) e l'ambiente extracellulare (maggiore concentrazione di Na^+), esiste una differenza nella distribuzione delle cariche positive e negative. Ciò comporta una [differenza di potenziale](#) elettrico tra l'interno e l'esterno delle cellule, denominato *potenziale di riposo*, che nei mammiferi è pari a circa 70 mV (negativo all'interno della cellula relativamente all'ambiente extracellulare). Se ad una cellula viene applicata una differenza di potenziale inversa a quella di riposo si ha un aumento del passaggio di ioni sodio verso l'interno, che porta ad un annullamento del potenziale indotto ed una successiva inversione. Il fenomeno, noto come [potenziale d'azione](#), si manifesta se il potenziale applicato supera una *soglia di eccitabilità* che diminuisce con l'aumentare del tempo di applicazione.

Questo meccanismo è alla base della propagazione del segnale nervoso, della percezione degli stimoli e della contrazione muscolare. **Pertanto, il passaggio di una corrente elettrica esterna attraverso il corpo ha, fra l'altro, l'effetto di interferire con i potenziali d'azione delle cellule nervose e muscolari, alterando la trasmissione nervosa e stimolando i muscoli e gli organi attraversati.**

IMPEDENZA DEL CORPO, TENSIONE E CORRENTE



Dal punto di vista circuitale un corpo sottoposto a differenza di potenziale elettrico costituisce un'impedenza, il cui valore varia in funzione del soggetto (fattori individuali, sesso, età), delle condizioni della pelle (secca, bagnata, sudata) e dalla [frequenza](#) (Hz) della tensione applicata. **In conseguenza della legge di Ohm, la corrente circolante attraverso l'impedenza rappresentata dal**

corpo è direttamente proporzionale alla tensione applicata ($Z = V / I$). Poiché gli effetti termici e biologici sono determinati essenzialmente dall'intensità di corrente, si ha che la [tensione elettrica](#) non è un [indice diretto della pericolosità dell'elettricità](#). Una sorgente di tensione elevata ma con limitata riserva di carica oppure impedenza elevata può non costituire un pericolo. È il caso delle scosse elettriche subite a volte scendendo da un'automobile quando l'aria è secca, in cui la tensione creatasi può raggiungere decine di migliaia di [volt](#).

SOGLIE DI PERICOLOSITÀ

Gli effetti fisiologici del passaggio di una corrente elettrica a frequenza industriale (50/60 Hz) attraverso il corpo umano sono generalmente classificati in base ai seguenti intervalli:

- inferiore a 0,5 mA (soglia di percezione): non si ha alcun danno o percezione dolorosa per tempi indefiniti
- fino a 10 mA (limite di rilascio): non si hanno effetti pericolosi oltre alla percezione dolorosa, ed è possibile rilasciare la muscolatura;
- 10-50 mA: non si è in grado di rilasciare i muscoli contratti dalla corrente ([tetanizzazione](#)) e la pericolosità della scarica è in funzione del tempo di applicazione;
- >50 mA: intensità pericolosa per qualunque durata temporale.

In corrente continua i predetti valori vanno corretti rispettivamente a: 2, 40 e 500 mA.

Sebbene la pericolosità di uno shock elettrico sia definita dall'intensità della corrente elettrica, ai fini pratici si preferisce definire soglie di tensione di rischio. In base alla norma tecnica IEC 60479-1 **la soglia di tensione minima considerata pericolosa è di 120 V in corrente continua e 50 V in corrente alternata.**

Per tensioni minori, in base alla [legge di Ohm](#), l'impedenza del corpo umano normalmente non permette il passaggio di una intensità di corrente pericolosa.

Per confronto la [distribuzione dell'energia elettrica](#) per uso domestico avviene a tensioni di 220-230 V AC in [Italia](#), [Europa](#) e altre parti del mondo, ed a 120 V negli [Stati Uniti](#), in [Giappone](#) e altre nazioni, ben al di sopra quindi della soglia di pericolosità trattandosi di corrente alternata.

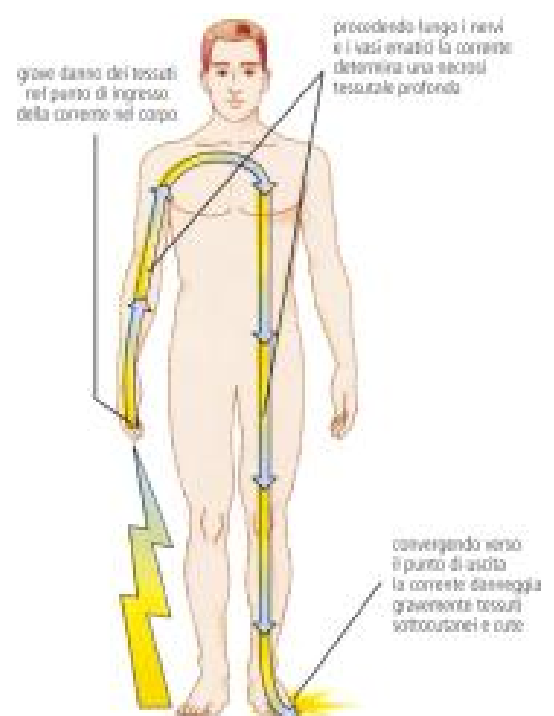
CORRENTE ALTERNATA E CORRENTE CONTINUA

L'effetto della corrente elettrica sull'organismo cambia drasticamente se la corrente è [continua](#) o [alternata](#) e in questo secondo caso anche in funzione della frequenza. Nel [XIX secolo](#) lo scontro tra i sostenitori della corrente continua (tra cui [Thomas Alva Edison](#)) e della corrente alternata (tra cui [Nikola Tesla](#)), cosiddetta [guerra delle correnti](#), verteva anche sulla differente pericolosità intrinseca. **La conclusione del dibattito è che la corrente alternata alle frequenze industriali adottate di 50 e 60 Hz costituisce un pericolo maggiore in quanto è in grado di indurre spasmi muscolari e fibrillazione cardiaca.**

Gli effetti neuroeccitanti (causa di contrazioni e percezione della scossa) della corrente continua sono inferiori poiché le cellule sottoposte ad uno stimolo continuo manifestano un effetto di [accomodamento](#), per cui la [soglia di eccitabilità](#) aumenta con il tempo

EFFETTI FISIOLOGICI

In base al variare dei parametri descritti l'effetto dell'elettricità sul corpo umano può essere molto variabile. In generale **gli effetti fisiologici diretti indotti dalla corrente elettrica sono principalmente dovuti a contrazioni muscolari involontarie (spasmi) ed effetti termici.** Particolarmente determinante è il percorso seguito dalla corrente elettrica nell'attraversare il corpo.





Se il contatto si ha, come avviene spesso, tra mano e piede, la regione cardiaca è parzialmente investita, se invece il contatto è tra mano e mano o tra piede e piede il flusso di corrente che interessa il **torace** è molto ridotto, tanto che la CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) riporta per questi percorsi un fattore di riduzione del rischio di due volte e mezzo.

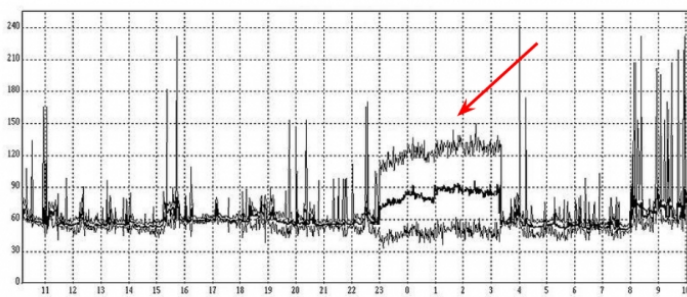
In alcuni casi il passaggio di corrente interessa solamente regioni periferiche del corpo, per esempio mano-avambraccio, e le eventuali conseguenze sono limitate a tale regione.

La scarica ad alta tensione di un **fulmine** tende a scorrere sulla superficie del corpo (per via della rapidità con cui essa insorge e si estingue e dell'**effetto pelle**), con una maggiore probabilità di arresto respiratorio. **Nel caso di una folgorazione da corrente industriale invece il danno maggiore è a carico degli organi interni e il pericolo più grave è rappresentato dall'arresto cardiaco.**

CONTRAZIONE MUSCOLARE, BLOCCO RESPIRATORIO E FIBRILLAZIONE CARDIACA

Per correnti a frequenza industriale (50/60 Hz), un'intensità di alcune decine di **milliampere** può già causare spasmi muscolari dei muscoli scheletrici, sui muscoli della respirazione e sul cuore. La contrazione muscolare involontaria della mano indotta dall'elettricità può impedire di rilasciare il conduttore se questo è stato afferrato nel palmo. Per questo motivo, in caso di incertezza, è buona norma toccare i cavi col dorso.

Elettrocardiogramma che evidenzia un **episodio di fibrillazione atriale**: ritmo alterato del battito.



Se una corrente alternata nell'ordine dei 50 mA attraversa il **torace**, è in grado di indurre spasmi sul muscolo cardiaco (**fibrillazione**). In corrente continua l'intensità necessaria sale a 300-500 mA. Paradossalmente, correnti alternate di 200 mA e oltre possono anche prevenire la fibrillazione, bloccando però il **cuore** per effetto delle contrazioni prodotte nei muscoli ad esso circostanti. In entrambi i casi l'azione di

pompaggio è pregiudicata, con esiti letali se non si ripristina la funzionalità cardiaca in tempi brevi.

Correnti elettriche a frequenze molto elevate, da migliaia di [hertz](#) in su, non sono in grado di provocare spasmi e quindi arresto cardiaco o respiratorio, e l'effetto termico diventa l'unico rilevante.

EFFETTI TERMICI

La corrente elettrica che fluisce nel corpo genera calore per [effetto Joule](#) e può provocare ustioni gravi e profonde.

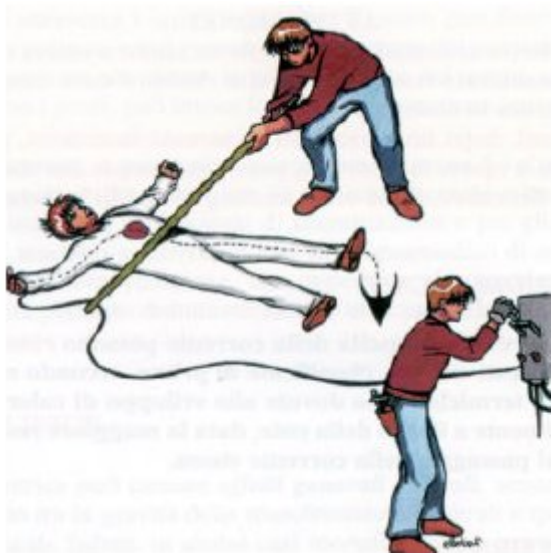
EFFETTI NEUROLOGICI

L'interessamento della testa può avere conseguenze a livello neurologico che spaziano da una temporanea perdita di coscienza a danni neurologici permanenti.

TRAUMI INDIRETTI

Lo sviluppo di un [arco elettrico](#) in seguito ad un guasto può rappresentare un pericolo a causa dell'elevato calore generato, l'esplosione dell'aria rapidamente riscaldata, dalla vaporizzazione di metalli e dall'intensa emissione di raggi ultravioletti. **I danni prodotti all'organismo sono di tipo termico (ustioni) e meccanico (fratture, danni agli organi interni). La contrazione muscolare involontaria può provocare movimenti bruschi e pericolosi, cadute e altri incidenti.**

SOCCORSO DI UN SOGGETTO FOLGORATO



Nota importante: nel prestare soccorso ad una vittima di folgorazione **è fondamentale assicurarsi di avere interrotto l'energia elettrica staccando la spina o l'interruttore generale per evitare di diventare una seconda vittima.** Nel caso questo non sia attuabile, si deve isolare la vittima dal conduttore con un mezzo isolante.

Se per esempio il soggetto è in contatto elettrico con un asciugacapelli, cercare di allontanare l'apparecchio con un bastone in [legno](#) ben asciutto. Non toccare l'infortunato se non si è certi che sia isolato dalla sorgente elettrica. Nel toccare una prima volta il soggetto non afferrarlo subito

con il palmo della mano, piuttosto toccarlo con il dorso delle dita. Se una tensione pericolosa è presente, la chiusura involontaria della mano provoca l'immediato allontanamento delle dita.

Il quadro patologico che deve essere affrontato in caso di [pronto soccorso](#) verso un soggetto vittima di folgorazione comprende:

- **Arresto cardiaco**
- **Blocco respiratorio**
- **Ustioni**
- **Danni neurologici**
- **Traumi indiretti dovuti a cadute o movimenti incontrollati dei muscoli**

Il comportamento da seguire è il seguente:

- Per prima cosa chiamare il soccorso sanitario ([118](#)) segnalando il tipo di infortunio accaduto, il luogo esatto dove è avvenuto e lo stato del paziente.
- Verificare che non sussistano ulteriori pericoli oltre alla già citata disconnessione dell'energia elettrica.
- Determinare lo stato della vittima: se cosciente o meno, se respira, se battito cardiaco regolare. Se necessario e solamente se si ha un'adeguata formazione, effettuare la [rianimazione cardiopolmonare](#). Evitare di muovere l'infortunato, non somministrare bevande o medicinali, non applicare medicinali alle eventuali ustioni.



PREVENZIONE

La prevenzione della folgorazione si basa su tecniche di protezione passive ed attive dal contatto con le parti soggette a tensione elettrica. Le protezioni passive implicano opportuni materiali isolanti, dispositivi per impedire il contatto con gli alveoli in tensione delle [prese elettriche](#), definizione della [classe di isolamento](#) e la [messa a terra](#). **La principale protezione attiva è l'[interruttore differenziale](#).**

Applicazione deliberata di energia elettrica

TORTURA E PENA CAPITALE

L'applicazione di una corrente elettrica al corpo umano è utilizzata come forma di [tortura](#). È particolarmente efficace perché consente di dosare con precisione l'intensità del dolore senza avere necessariamente esiti letali. Inoltre in genere non lascia traccia di lesioni esterne sul corpo della vittima e rende più difficile dimostrare il crimine.

La folgorazione, in questo caso chiamata elettrocuzione, è usata per eseguire la [pena capitale](#) per mezzo della [sedia elettrica](#). Sebbene questo utilizzo sia in declino in quanto ritenuto inumano, è ancora legalmente utilizzato in alcuni stati degli [Stati Uniti d'America](#).

TERAPIA MEDICA



Una scarica elettrica opportunamente calcolata, applicata attraverso il [cervello](#) in particolari condizioni, è alla base della [terapia elettroconvulsivante](#) (elettroshock). Tale controversa tecnica è impiegata nel trattamento di alcuni disturbi neurologici.

Una corrente continua opportunamente applicata al petto e con un determinato contenuto energetico può efficacemente interrompere una fibrillazione cardiaca in atto. La tecnica è largamente usata in casi di emergenza per mezzo di un apparecchio chiamato [defibrillatore](#).

L'[elettrobisturi](#) sfrutta la peculiarità delle correnti elettriche alternate ad alta frequenza di non influenzare la muscolatura o il sistema nervoso ma di produrre effetti termici, in questo caso sfruttati per tagliare e coagulare.

Bibliografia

- IEC 60479-1, *Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects*, IV edizione, 2005.

FONTE

<https://it.wikipedia.org/wiki/Folgorazione>

AVVIAMENTO STELLA TRIANGOLO

L'avviamento stella triangolo è il più conosciuto e forse il più utilizzato tra i metodi di avviamento a tensione ridotta e serve ad avviare il motore riducendo le sollecitazioni meccaniche e limitando le correnti durante l'avviamento; per contro rende disponibile, come già detto, una coppia di spunto ridotta.

Può essere impiegato per motori dotati di morsettiera con 6 morsetti ed aventi la doppia tensione di alimentazione. Risulta prevalentemente idoneo per partenze a vuoto o con coppia di carico bassa e costante o leggermente crescente, quali ad esempio ventilatori o pompe centrifughe di piccola potenza. Con riferimento allo schema elettrico di figura 6, la modalità di avviamento prevede la fase iniziale di avviamento con connessione degli avvolgimenti a stella che si realizza con la chiusura dell'interruttore, del contattore di linea KL e di stella KY.

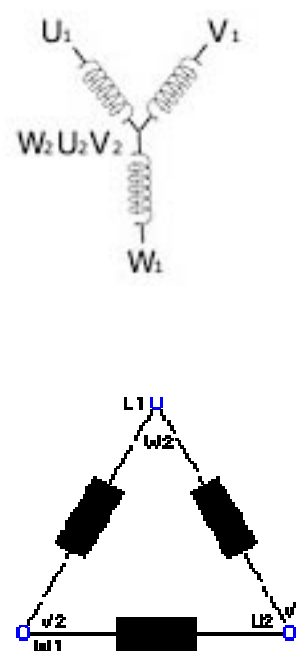
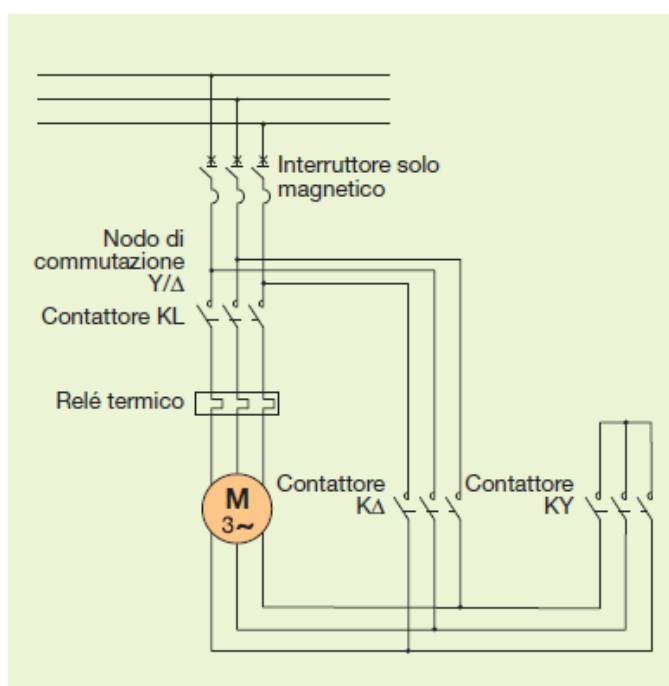
Dopo un periodo di tempo idoneo e opportunamente calibrato si passa alla connessione degli avvolgimenti a Δ attraverso l'apertura del contattore KY e la chiusura di $K \Delta$, che è anche la configurazione della marcia a regime.

Questi apparecchi sono interessati da correnti, relative alle diverse fasi di avviamento, che risultano inferiori rispetto alla corrente nominale del motore.

Anche la protezione termica, che solitamente è inserita a valle del nodo di commutazione Y/ Δ , dovrà essere impostata per una corrente inferiore rispetto alla nominale del motore. Inoltre la protezione termica installata in questa posizione è sensibile alle correnti di terza armonica che si generano per la saturazione del ferro e che rimangono rinchiusi nel circuito di triangolo.

Analizziamo un po' più nel dettaglio le varie fasi dell'avviamento:

Figura 6: Schema di principio per avviamento stella/triangolo



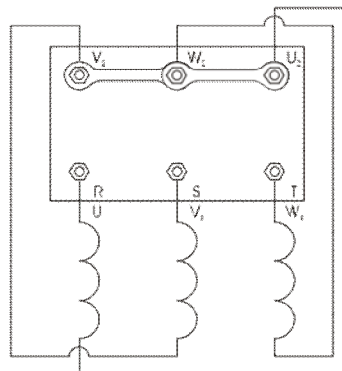
Fase di stella (Y)

È la fase di avviamento nella quale gli avvolgimenti del motore sono appunto connessi a stella e su di essi è presente la tensione $V_L / \sqrt{3}$.

La corrente negli avvolgimenti del motore e nella linea risulta essere $I_{MY} = V_L / (\sqrt{3} \cdot Z_w)$

Con Z_w si indica l'impedenza dell'avvolgimento.

Come detto, questa fase dell'avviamento coincide con la fase di accelerazione e deve avere una durata necessaria affinché venga quasi raggiunta la velocità di regime. Una durata troppo breve non consentirebbe di ottenere quella riduzione delle sollecitazioni che caratterizza questa tipologia di avviamento e che quindi si ripresenterebbero nella successiva fase di triangolo, riproducendo condizioni di avviamento simili al diretto.



Fase di commutazione

È la fase in cui, con le manovre di apertura e chiusura dei contattori dedicati, si passa dalla fase di stella a quella di triangolo. Sono importanti la durata e la calibrazione della commutazione infatti il tempo di transizione deve essere tale da consentire l'estinzione dell'arco elettrico sul contattore di stella e impedire che una chiusura troppo anticipata del contattore di triangolo faccia scaturire una condizione di cortocircuito. Tuttavia un tempo di passaggio da Y a Δ troppo elevato provocherebbe invece la decelerazione del motore, con conseguenti picchi di corrente che nascerebbero nella fase di triangolo.

La commutazione è regolata da temporizzatori analogici o digitali e a livello indicativo, il tempo di commutazione può essere impostato mediamente a 50ms. Sul temporizzatore si imposta anche il tempo di durata della fase di stella, cioè il tempo di accelerazione o di avviamento che, a livello generale, può essere considerato funzione della differenza tra la coppia motrice media del motore e la coppia resistente media del complesso motore macchina.

Una buona commutazione, necessaria per rendere effettivi i vantaggi che teoricamente caratterizzano l'avviamento Y/ Δ , deve anche essere fatta prendendo in considerazione il senso di rotazione e la sequenza delle connessioni degli avvolgimenti che si realizzano sui morsetti del motore nel passaggio Y a Δ .

Se la commutazione avvenisse in un momento in cui il magnetismo residuo del rotore si trovasse in opposizione di fase con il campo magnetico generato dalla corrente di statore, la richiesta di corrente potrebbe essere anche molto elevata, con valori che potrebbero raggiungere anche 20 volte la corrente nominale. Le conseguenze che scaturiscono da una commutazione non ben calibrata hanno impatto, oltre che sul motore, anche sul comportamento degli apparecchi che costituiscono il coordinamento provocandone un funzionamento non idoneo e non prevedibile.

Fase di triangolo (Δ)

A commutazione avvenuta si passa nella fase finale del processo di avviamento, che rappresenta anche la condizione di marcia a regime in cui gli avvolgimenti di statore risultano connessi a triangolo e sono sottoposti alla piena tensione di rete V_L e il motore riprende la piena coppia, mentre la corrente che attraversa gli avvolgimenti è

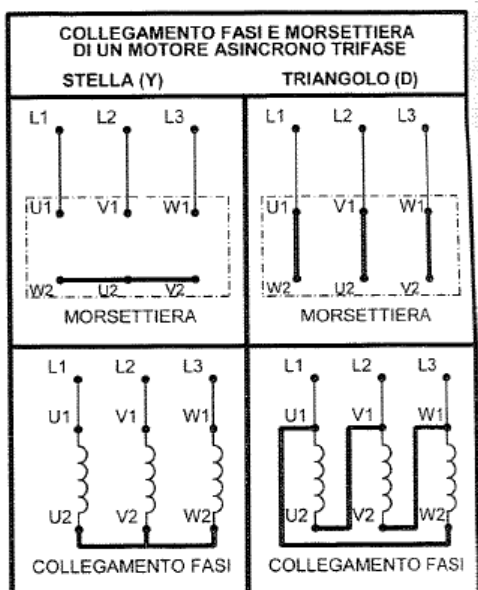
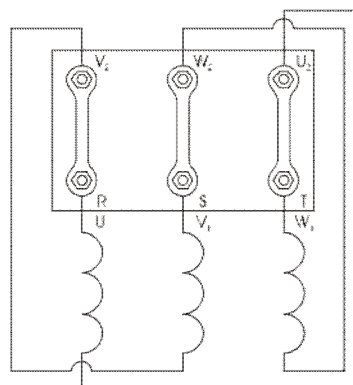
$I_{M\Delta} = V_L / Z_W$ e la corrente assorbita dalla linea (corrente nominale " I_e " del motore) è

$$I_{L\Delta} = V_L / Z_W * \sqrt{3}$$

Analizzando le espressioni delle correnti e delle tensioni in precedenza fornite, si vede come la fase di avviamento a Y avvenga ad un valore di tensione pari a 0.577 volte la tensione di rete V_L e richieda un assorbimento (sia dalla linea che negli avvolgimenti a Y) di una corrente che risulta essere 0.33 volte rispetto a quella che il motore assorbirebbe dalla linea se avviato con avviamento diretto e motore connesso a triangolo.

Dalla relazione precedente relativa alla corrente nella fase di Y e alla corrente di linea nella fase di Δ si deduce appunto che $I_{MY} = I_{L\Delta} / 3$. Dalle leggi dell'elettrotecnica si deduce come la riduzione delle correnti assorbite riduca della stessa quantità gli sforzi elettrodinamici, mentre la riduzione della tensione riduca con andamento quadratico (quindi di 3 volte) la coppia di spunto.

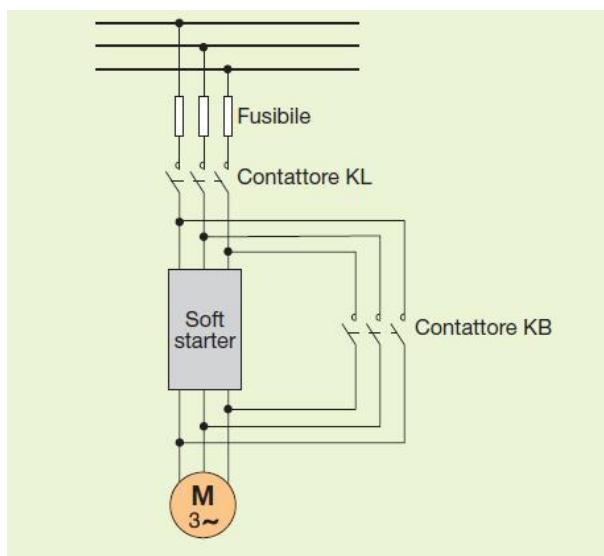
Le ragioni e le caratteristiche in precedenza addotte a motivazione dell'uso del sistema di avviamento Y/ Δ , (cioè la riduzione dell'elevata caduta di tensione provocata dalla corrente di spunto e la riduzione dell'eccessiva coppia di spunto che causerebbe danni al giunto di accoppiamento della macchina operatrice), spesso in alcune trattazioni o commenti tecnici non sono considerati elementi significativi e reali per far ritenere valido il metodo di avviamento Y/ Δ .



Rimane comunque il fatto che tale metodo risulta utilizzato con buona frequenza nelle più classiche applicazioni industriali che prevedono l'uso di motori asincroni.

AVVIAMENTO CON SOFT STARTER

Un metodo moderno per realizzare l'avviamento è quello di utilizzare avviatori statici elettronici comunemente chiamati soft starters. L'utilizzo di questi dispositivi permette di ridurre la corrente di avviamento, determinare la coppia e impostare il tempo di avviamento. Tutto ciò rende possibile un'alimentazione del motore molto graduale che viene incrementata durante l'intera procedura, al fine di ottenere un avviamento lineare, evitando sollecitazioni elettriche o alle parti meccaniche. Il soft starter è costituito da un'unità di potenza e da un'unità di comando e controllo. Lo schema di connessione tipicamente utilizzato è quello di seguito rappresentato e definito "in linea".



Schema collegamento per avviamento di un motore asincrono con soft starter

I fusibili potrebbero essere sostituiti da un interruttore che però non consente di realizzare in modo appropriato la protezione dei tiristori in caso di guasto. Inoltre quando la tipologia di soft starter utilizzata non prevede una protezione termica implementata al proprio interno, è necessario utilizzare una protezione termica esterna installata a monte del nodo di by_pass.

Tipicamente la fase di avviamento avviene con KL chiuso e KB aperto in modo che il soft starter possa controllare l'avviamento; successivamente si ha la chiusura di KB con l'esclusione della parte di potenza interna al soft starter, lasciando attiva la parte di controllo.

IL TRASFORMATORE

Il trasformatore è una [macchina elettrica](#) statica (perché si muovono solo gli elettroni e non contiene parti in movimento) e [reversibile](#), che serve per variare (trasformare) i parametri in ingresso ([tensione](#) e [intensità di corrente](#)) rispetto a quelli in uscita, mantenendo costante la [potenza elettrica apparente](#).

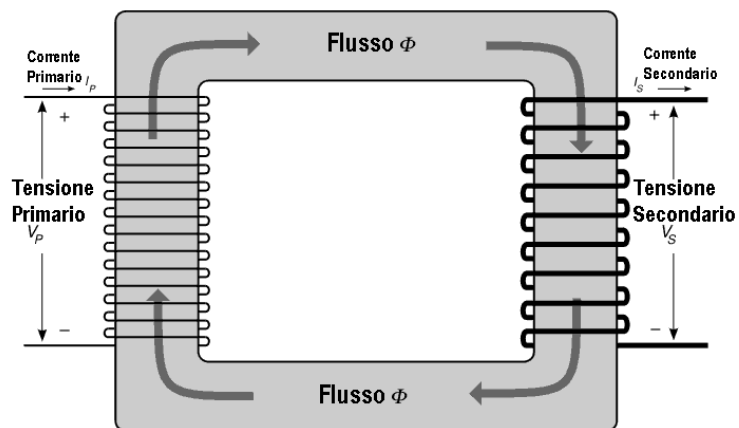
Il trasformatore trasferisce [energia elettrica](#) da un [circuito elettrico](#) a un altro tramite dei conduttori accoppiati induttivamente: gli [avvolgimenti](#) del trasformatore.

Un trasformatore a corrente elettrica nell'avvolgimento primario genera un [flusso magnetico](#) variabile nel nucleo del trasformatore e di conseguenza un [campo magnetico](#) variabile attraverso l'avvolgimento secondario ([legge di Faraday](#) e [legge di Lenz](#)).

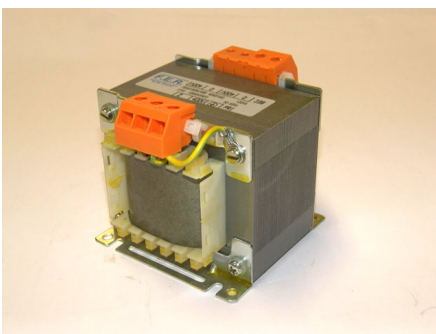
Questo campo magnetico variabile induce una [forza elettromotrice](#), o [tensione](#), nell'avvolgimento secondario.

Il trasformatore è una macchina in grado di operare essenzialmente in [corrente alternata](#), perché in genere sfrutta i principi dell'[elettromagnetismo](#) legati ai flussi variabili. Il [rendimento](#) di un trasformatore è molto alto e le perdite sono molto basse.

Se un [carico elettrico](#) è collegato all'avvolgimento secondario, una corrente elettrica vi scorre e l'[energia](#), tramite il trasformatore, viene trasferita dal circuito primario al carico. In un trasformatore ideale, la tensione indotta nell'avvolgimento secondario è in proporzione alla tensione primaria (V_P), ed è data dal rapporto fra il numero delle spire dell'avvolgimento primario (N_P) e il numero di spire dell'avvolgimento secondario (N_S) come segue: **$V_S / V_P = N_S / N_P$**



Principio di Funzionamento



Il trasformatore più semplice è costituito da due conduttori elettrici ([solenoidi](#)) avvolti su un anello di materiale ferromagnetico detto [nucleo magnetico](#). L'avvolgimento al quale viene fornita energia viene detto primario, mentre quello dal quale l'energia è prelevata è detto secondario.^[12] I trasformatori sono [macchine reversibili](#), per cui l'avvolgimento primario potrebbe essere anche visto come secondario e viceversa.

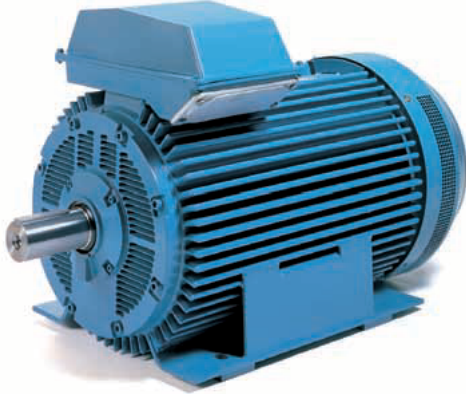
Quando sul primario viene applicata una tensione elettrica alternata [sinusoidale](#), per effetto dell'[induzione magnetica](#) si crea nel nucleo un [flusso magnetico](#) con andamento sinusoidale. Per la [legge di Faraday-Neumann-Lenz](#), questo flusso variabile induce nel secondario una tensione sinusoidale (AC).

A scuola useremo generalmente trasformatori alimentati a 230 V (V_P) con uscita a 24 V (V_S) per i circuiti di comando.

Il motivo dell'utilizzo di una bassissima tensione (24V) nei circuiti di comando è legata alla cosa più importante che deve sempre essere tenuta in considerazione: la SICUREZZA. Col fatto che fanno parte del circuito di comando quelle parti di impianto in cui l'operatore addetto all'utilizzo della macchina dovrà mettere le mani siamo così ad avere un buon livello di sicurezza.

IL MOTORE ASINCRONO TRIFASE

I motori asincroni trifase possono essere considerati tra le macchine elettriche più affidabili; svolgono la loro funzione per molti anni con interventi di manutenzione assai ridotti e si adattano a prestazioni diverse in base alle esigenze, coprendo sia applicazioni di produzione sia di servizio.



I motori trovano come detto impiego nei settori industriali più svariati, come esempio possiamo citare le industrie alimentari, chimiche, metallurgiche, le cartiere o in impianti di trattamenti acque o di tipo estrattivo. Le applicazioni riguardano quelle macchine con organi in movimento a velocità fissa o variabile quali ad esempio i sistemi di sollevamento come ascensori o montacarichi, di trasporto come nastri trasportatori, i sistemi di ventilazione e climatizzazione (unità trattamento aria), senza dimenticare forse il più comune impiego come pompe e compressori.

Da queste indicazioni si evince come il motore asincrono trifase possa essere considerato come la macchina elettrica più diffusa in ambiente industriale (il consumo di energia dei motori elettrici è circa il 75% del totale consumo del settore industriale).

A fronte di questo dato si capisce come possa essere importante per l'economia aziendale (il costo di un motore nella propria vita è dovuto per circa il 98% al consumo di energia e per il rimanente 2% alle spese di acquisto e manutenzione) e per il miglioramento dell'efficienza energetica in senso lato, attuare una riduzione dei consumi elettrici ricorrendo ad esempio all'utilizzo di azionamenti a velocità variabile attraverso inverter, oppure realizzando il rifasamento per avere un $\cos\phi$ idoneo per evitare di incorrere in penali, o ancora più direttamente utilizzando motori ad alta efficienza identificati con la sigla "EFF1", aventi caratteristiche costruttive e materiali particolarmente evoluti, che permettono di ridurre i consumi di energia elettrica fino al 20%.

Il motore asincrono trifase può essere:

- con rotore avvolto chiamato anche ad anelli, oppure
- con rotore in cortocircuito o più comunemente definito come rotore a gabbia di scoiattolo.

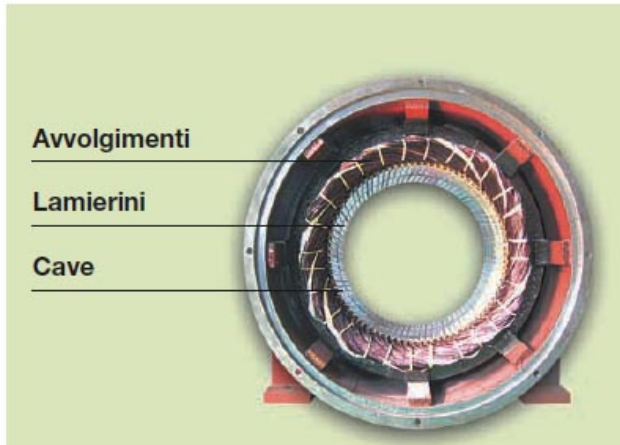
La principale differenza tra i due tipi risiede nella struttura del rotore e più precisamente per il primo tipo il rotore è costituito da avvolgimenti veri e propri come quelli dello statore, presenta una struttura più complessa e delicata (spazzole che strisciano sul rotore, con possibile interposizione di resistenze per il controllo della fase di avviamento) con necessità di manutenzione periodica e dimensioni d'ingombro elevate, mentre il secondo tipo ha un rotore costituito da sbarre chiuse in cortocircuito, quindi grazie ad una maggiore semplicità costruttiva dà origine ad un tipo di motore molto semplice, robusto ed economico.

Grazie allo sviluppo dell'elettronica di controllo che permette la regolazione della velocità in modo molto semplice ed efficace, tutte quelle applicazioni che vedevano l'impiego di motori più facilmente soggetti ad avere nel proprio comportamento intrinseco la possibilità di una regolazione della velocità (motori in corrente continua o motori ad anello) hanno lasciato il posto ai motori asincroni, in particolare a quelli a gabbia di scoiattolo che vengono comunemente utilizzati per comandare pompe ventilatori compressori e molte altre applicazioni industriali.

Struttura del motore asincrono

Per meglio comprendere come è strutturato un motore asincrono trifase, di seguito forniamo una breve descrizione delle principali parti che compongono la macchina rotante e nelle quali si generano i fenomeni elettrici da cui ne scaturisce il funzionamento.

Il primo elemento che descriviamo è lo statore che può essere definito come l'insieme delle parti fisse che svolge la funzione di sostenere almeno parzialmente la macchina, ma fondamentalmente costituisce la parte del circuito magnetico che contiene gli avvolgimenti induttori alloggiati in apposite cave in esso ricavate in corrispondenza della sua superficie interna.



Lo statore, di cui viene fornita una rappresentazione in figura sotto, è costituito da lamierini in lega d'acciaio-silicio o in acciaio massiccio, isolati tra di loro. Dalla sua struttura dipende quanto sia interessato da flussi magnetici variabili nel tempo che provocano perdite per isteresi (legate alla magnetizzazione non lineare del materiale) e per correnti indotte parassite.

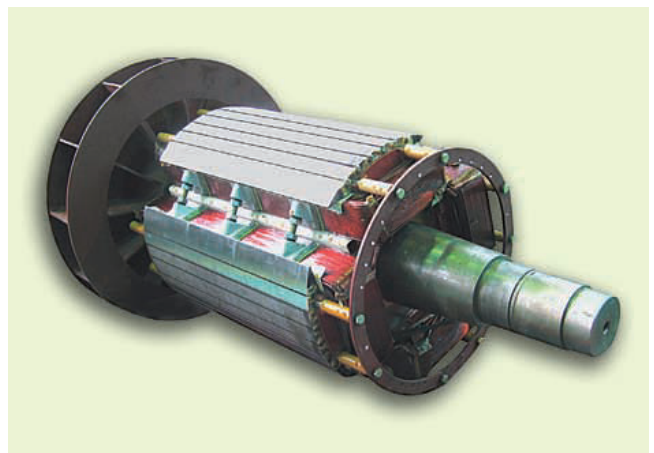
Nelle cave ricavate nella struttura dei lamierini sono inseriti tre avvolgimenti primari (ognuno costituito da più bobine diversamente collegate tra loro), ai quali viene applicata la tensione di alimentazione e che generano il campo magnetico.

Gli avvolgimenti statorici trifase possono essere collegati a stella oppure a triangolo, la cosa è possibile con motori dotati di morsettiera con 6 morsetti, permettendo di alimentare lo stesso motore con tensioni trifase di rete differenti.

Ad esempio la doppia indicazione potrebbe essere 230VΔ - 400VY oppure 400VΔ - 690VY dove il simbolo Y o Δ si riferisce al collegamento degli avvolgimenti di statore e si intende ad esempio per il secondo caso (400VΔ - 690VY), che gli avvolgimenti del motore connessi a Δ possono essere collegati ad una rete trifase a 400V (tensione concatenata cioè tra fase e fase), mentre se per lo stesso motore la connessione degli avvolgimenti di statore è fatta a Y il motore stesso può essere connesso ad una rete di alimentazione a 690V (gli avvolgimenti a Y saranno sottoposti alla tensione di rete ridotta di $\sqrt{3}$ volte).

Il secondo elemento è il rotore che viene posizionato all'interno dello statore, e costituisce il circuito indotto della macchina. Per un motore a gabbia di scoiattolo il rotore, come rappresentato in figura a lato, è costituito da un sistema di sbarre conduttrici (rame o alluminio) coassiali all'asse di rotazione, e pressofuse direttamente nelle cave ricavate lungo tutta la periferia esterna del nucleo ferromagnetico.

Le sbarre vengono chiuse in cortocircuito da due anelli conduttori posti agli estremi che costituiscono anche un fissaggio meccanico per le sbarre stesse. Si ottiene così un rotore estremamente compatto e robusto, al quale si fissa anche l'albero del motore.

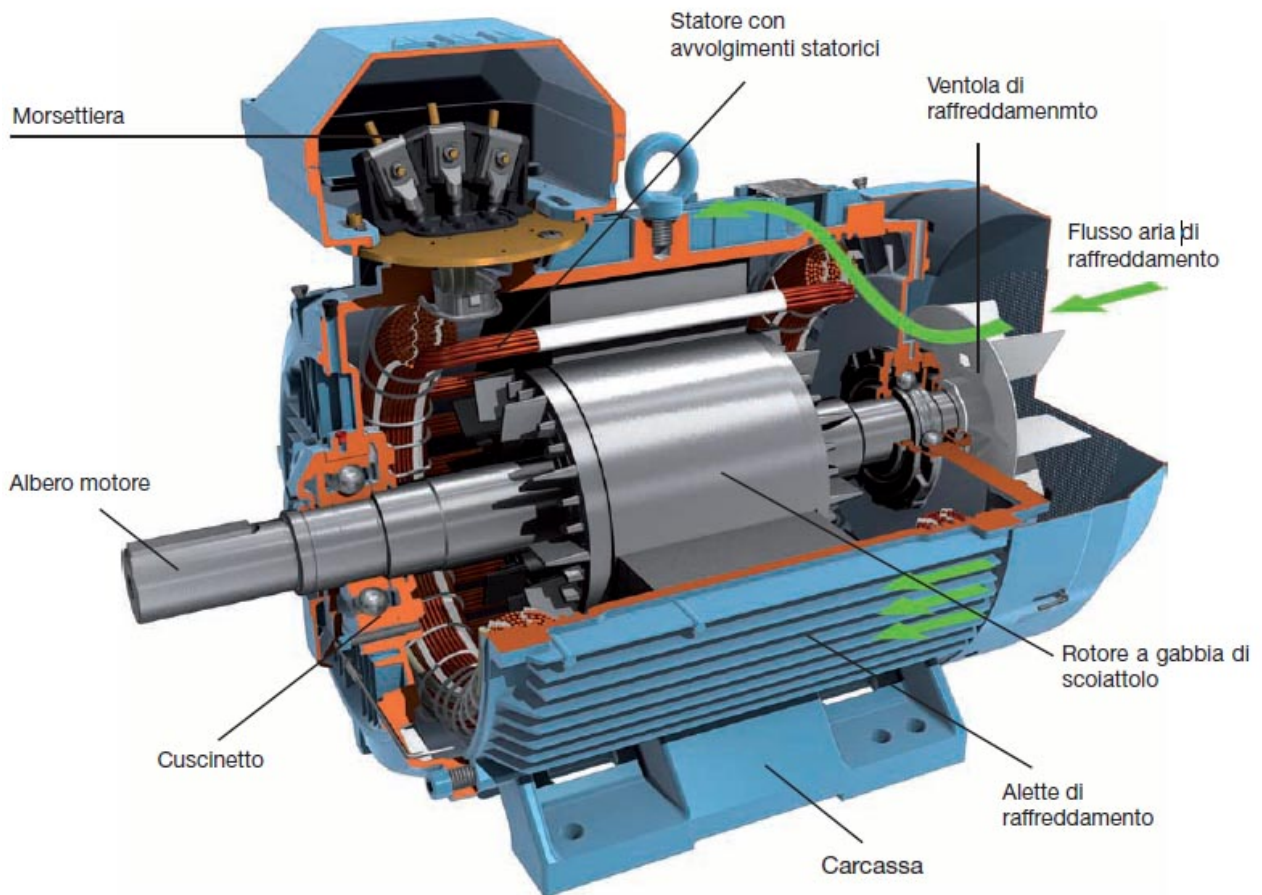


Il campo magnetico indotto che costituisce il principio di funzionamento del motore, porta quindi in rotazione l'albero del motore convertendo così energia elettrica in meccanica.

Sono presenti altri componenti meccanici che costituiscono il motore, i principali sono:

- i due cuscinetti montati sullo statore con la funzione di sorreggere l'albero del motore;
- la carcassa, che con le alette smaltisce il calore prodotto soprattutto dallo statore e contiene anche la morsettiera di connessione;
- la ventola, che provvede al raffreddamento.

Una rappresentazione generale di insieme e uno spaccato del motore asincrono trifase a gabbia è riportata nella figura sotto.



Alimentare un motore trifase con corrente alternata monofase.

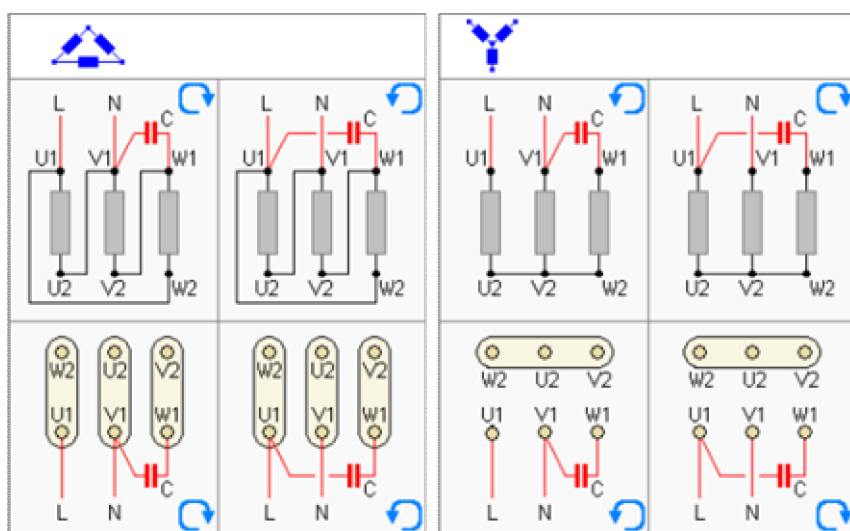
Il motore asincrono trifase per poter funzionare deve essere alimentato con tre sinusoidi sfasate fra di loro di 120° . Nei casi in cui la potenza richiesta non è il 100% può essere utilizzato anche con alimentazione monofase sfasando un ramo per mezzo di un condensatore.

La potenza e il rendimento non saranno elevati perché lo sfasamento così ottenuto non è quello ottimale ma per molte applicazioni è sufficiente, ad esempio, ventilatori, pompe, trapani, mole a smeriglio, piccoli torni e qualsiasi altra applicazione che non richiede elevate correnti allo spunto funzionerà correttamente.

Collegamenti del condensatore.

La maggioranza dei casi riguarderà il collegamento a triangolo, adatto per un motore 220-380 V trifase alimentato con 220 V monofase.

Nella figura seguente sono riportati i collegamenti per motori asincroni trifasi alimentati in monofase con collegamento a stella e a triangolo e con senso di rotazione orario e antiorario.



Cosa fa il condensatore.

Il condensatore genera un ritardo al segnale elettrico che lo attraversa riproducendo lo sfasamento necessario per ottenere un campo magnetico rotante all'interno del motore. L'entità dello sfasamento è la risultante della capacità e della corrente in gioco, per questo motivo lo sfasamento non potrà mai essere ottimale, varia con il carico e sarà sempre un compromesso.

Prestazioni del motore.

Un motore così alimentato non potrà mai fornire la potenza di targa, con il valore qui calcolato la potenza si riduce al 60-70% ed è un compromesso per il funzionamento con carichi limitati e medi.

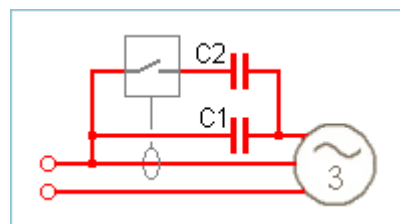
Per i casi in cui il carico è sempre elevato è possibile aumentare la capacità per ottenere maggior potenza, attenzione però, in tal caso non deve lavorare a vuoto o con deboli carichi, si rischia di bruciare il motore.

Fase di avviamento.

La maggiore penalizzazione di questo tipo di collegamento si verifica in fase di avviamento, la coppia disponibile è il 30-40 % di quella ottenibile con il motore alimentato normalmente.

Per ovviare a questo problema è possibile collegare un secondo condensatore di pari capacità in parallelo al primo commutandolo con un relè amperometrico.

Il secondo condensatore deve entrare in funzione solo quando la corrente supera il valore stabilito per fornire maggiore coppia di spunto ma non deve mai essere collegato dopo l'avviamento.



Avvertenze.

Si ricorda che in questa particolare applicazione il condensatore è soggetto a correnti elevate e ripetute inversioni di polarità, se non è adatto al lavoro da svolgere può **esplodere**.

Utilizzare solo condensatori non polarizzati con tensione massima di lavoro del 15-20 % superiore a quella di alimentazione del motore e realizzati per la corrente alternata.

CALCOLO DEL CONDENSATORE

Il motore asincrono trifase può funzionare in monofase collegando un condensatore in derivazione su due morsetti, qualunque sia il tipo di collegamento utilizzato per collegare le fasi del motore. Il condensatore deve avere l'effetto di trasferire sul morsetto non alimentato del motore una tensione che deve essere, in ampiezza e fase, la più possibile corrispondente a quella mancante. Questo tipo di soluzione offre i migliori risultati con motori di piccole dimensioni fino ad una potenza nominale all'albero non superiore a circa 3,4 kW. La soluzione ottimale, in particolare per i motori che devono avviarsi sotto carico, è quella di utilizzare due condensatori: uno in fase di spunto e di avviamento e uno, di capacità inferiore, da utilizzare solo quando il motore è in marcia a regime. In pratica basta collegare un secondo condensatore, in parallelo al primo, che viene escluso ad avviamento avvenuto. La manovra può essere effettuata manualmente o automaticamente.

$$C = 50 * P * (220 / V)^2 * 50 / f$$

Dove:

C: capacità del condensatore [μF]

P = potenza motore [HP] $\rightarrow$ (1 kW = 1.36 HP)

V = Tensione di rete monofase [V]

f = Frequenza di rete [hz]

FORMULA SEMPLIFICATA $\rightarrow C = 50 * P$

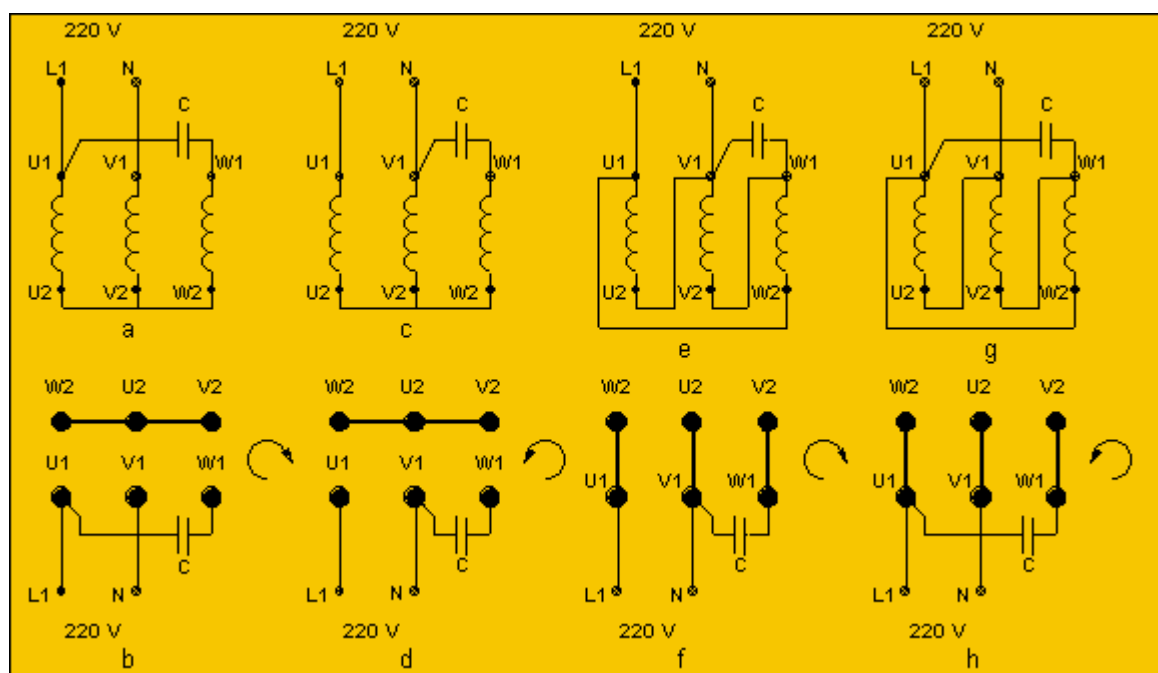
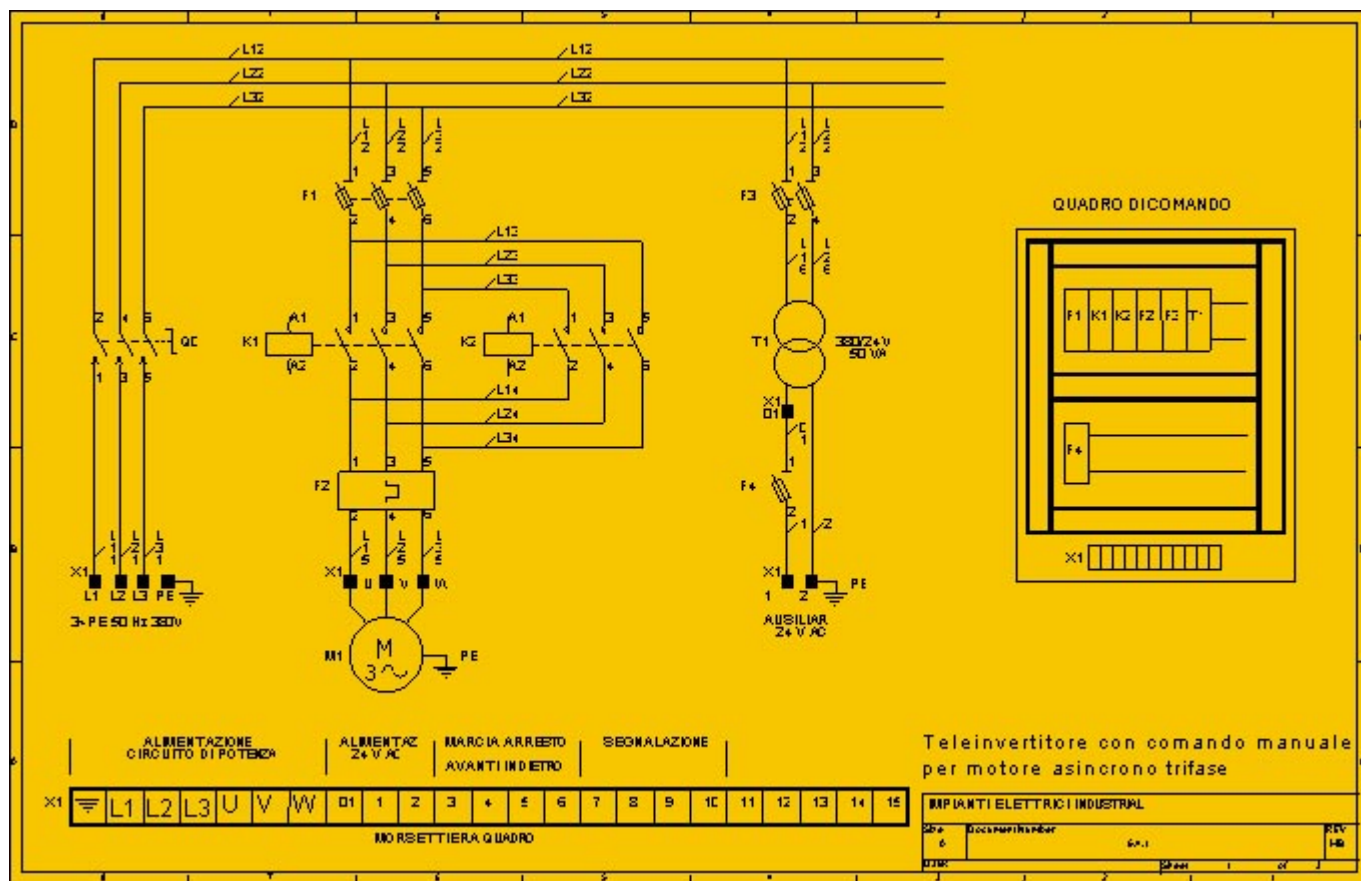
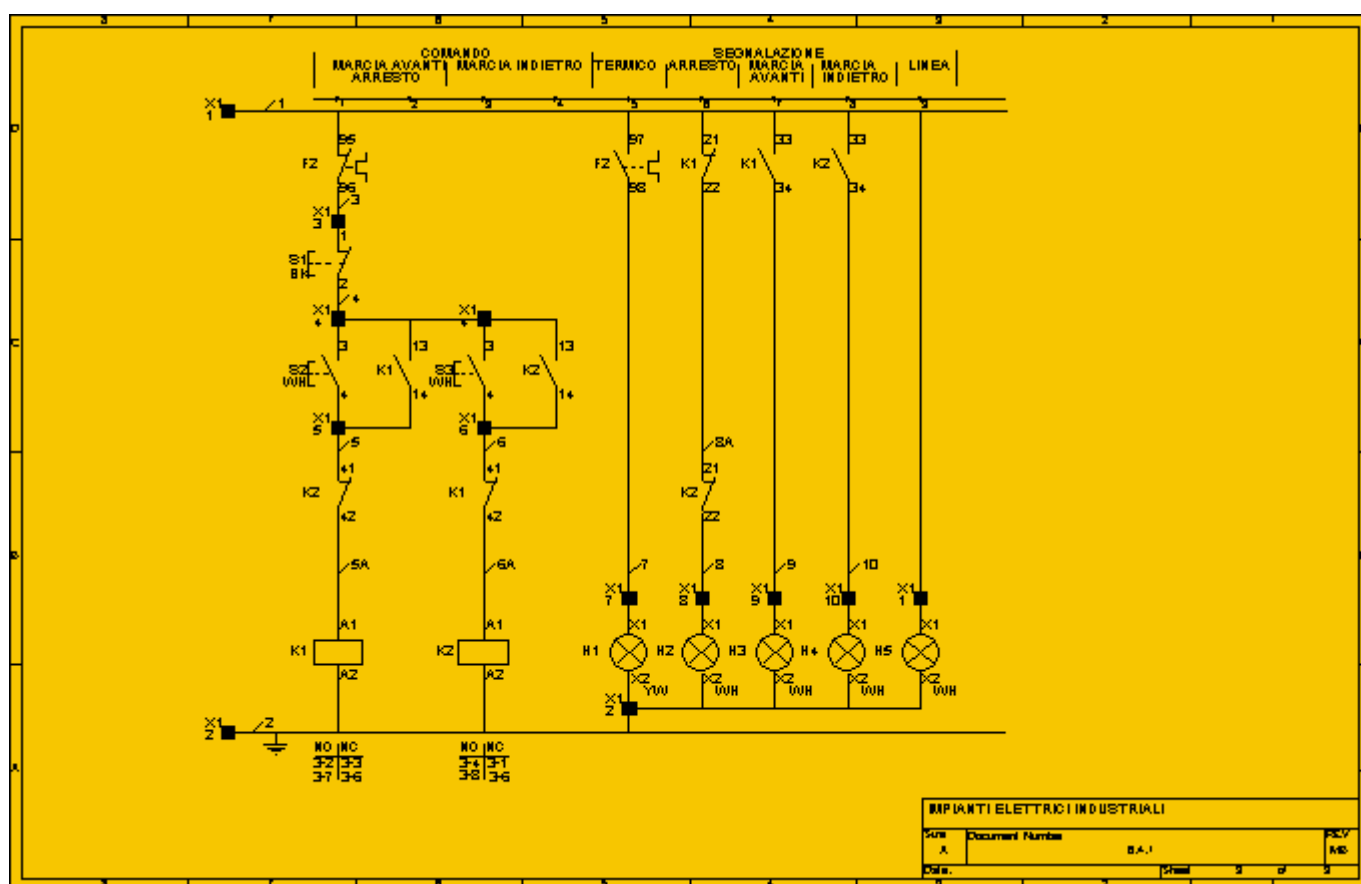
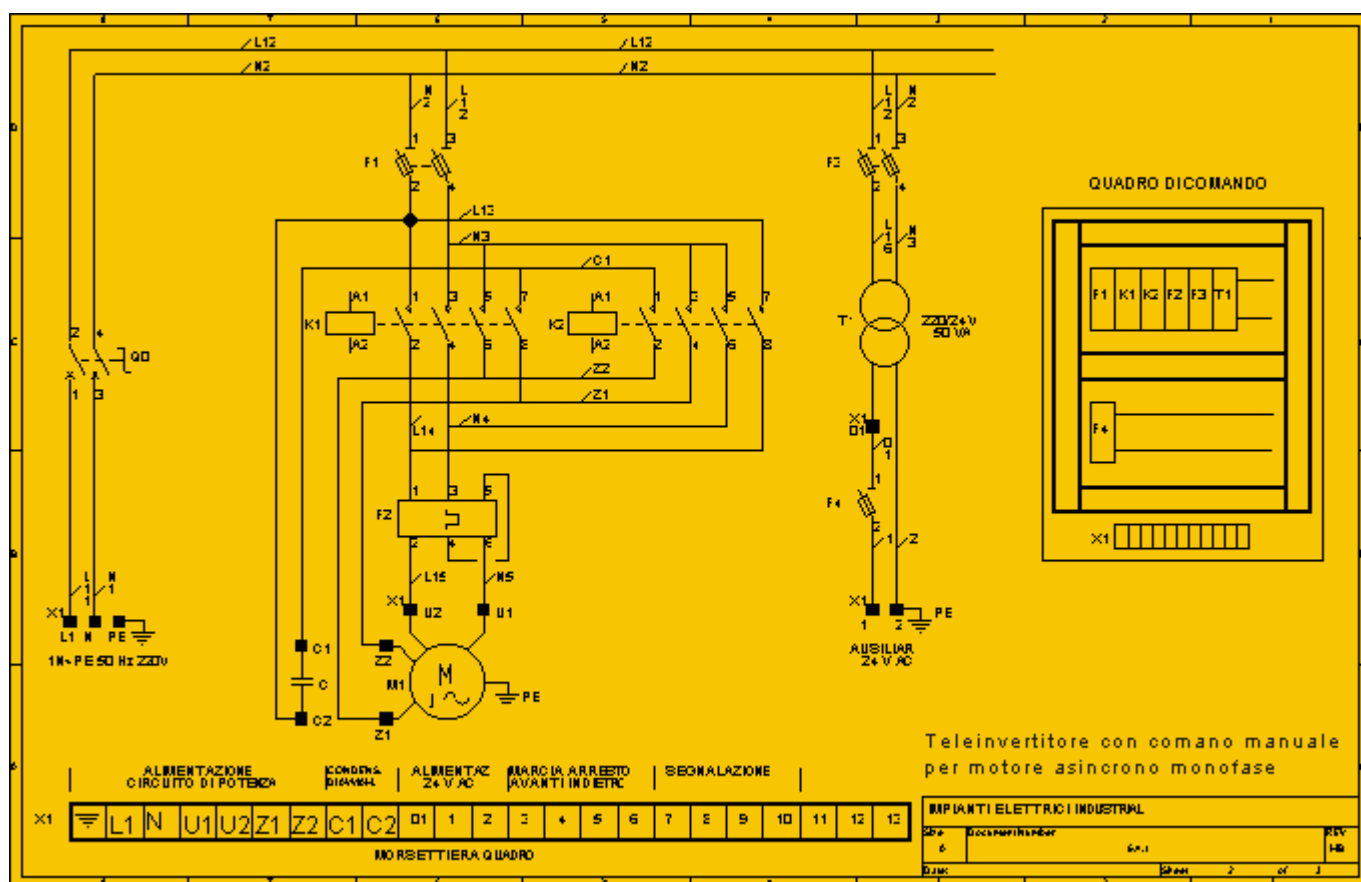


Fig. - Esempi di collegamento per l'alimentazione monofase a 220 V di motori asincroni trifasi. Motori 125 V/220 V: a) collegamento a stella con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione orario - b) relativo schema di collegamento della morsettiera - c) collegamento a stella con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione antiorario - d) relativo schema di collegamento della morsettiera. Motori 220 V/380 V: e) collegamento a triangolo con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione orario - f) relativo schema di collegamento della morsettiera - g) collegamento a triangolo con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione antiorario - h) relativo schema di collegamento della morsettiera.

ESEMPIO DI TELEINVERTITORE CON COMANDO MANUALE PER MOTORE ASINCRONO TRIFASE E PER MOTORE ASINCRONO MONOFASE

Il primo impianto proposto prevede nella tavola 1 il circuito di potenza per l'inversione di marcia di un motore asincrono trifase: si nota come, comandando alternativamente o il contattore K1 o il contattore K2, sia possibile invertire la fase L1 con la fase L3 permettendo così l'inversione di marcia del motore M1. Nella seconda tavola viene invece proposto il circuito di potenza per l'inversione del senso di marcia di un motore asincrono monofase dove, comandando alternativamente o il contattore K1 o il contattore K2, si può invertire il senso della corrente nell'avvolgimento d'avviamento o ausiliario. Il senso di rotazione è quello che si vede stando di fronte all'estremità d'albero unica o di fronte all'estremità d'albero più grande se il motore ha più di un'estremità. Il motore asincrono monofase prevede l'uso di un condensatore di avviamento C1 sempre inserito e collegato in serie con l'avvolgimento ausiliario come descritto precedentemente. Nella terza tavola invece è possibile vedere lo schema funzionale, comune ad entrambi gli schemi di potenza, nel quale troviamo i seguenti comandi: pulsante S2 motore marcia avanti, pulsante S3 motore marcia indietro, pulsante S1 arresto motore. Il circuito di comando prevede l'arresto del motore qualora il relè termico F2 intervenga. Questo impianto consente di invertire il senso di rotazione del motore solamente dopo aver arrestato il motore stesso mediante S1, solo allora è possibile premendo uno dei due pulsanti (S2 o S3) un cambiamento del senso di marcia. Nel caso del motore monofase è necessario lasciare che il rotore del motore si arresti prima di comandare l'inversione del senso di marcia: in caso contrario non è possibile effettuare l'inversione, in particolare se la velocità del rotore è prossima a quella nominale. Il circuito prevede un contatto di interblocco in serie alla bobina di ogni contattore, infatti il contattore K1 ha un contatto NC collegato in serie alla bobina di K2 e viceversa per evitare che i due contattori si eccitino contemporaneamente determinando un cortocircuito tra le due fasi invertite L1 e L3 nel caso si tratti di un motore trifase; qualora invece si tratti di un motore monofase, se è fermo non parte, se è in marcia continua a funzionare, ma in modo non corretto in quanto aumenta la corrente assorbita dalla rete





IL CONTATTORE o TELERUTTORE

Il Contattore è un **dispositivo elettromeccanico** in quanto il suo funzionamento è legato a quello di un **elettromagnete** ed il suo utilizzo nei circuiti elettrici consiste nello stabilire contatti, cioè **aprire e chiudere un circuito "sotto carico"**; nella condizione di riposo, ad elettromagnete diseccitato, il contattore risulta aperto, ovvero i suoi contatti principali di potenza sono normalmente aperti (**NO**).

Parti costituenti di un contattore

In sostanza il contattore è costituito da due equipaggi, uno fisso e l'altro mobile. Il primo realizza un opportuno movimento ed è bilanciato da molle antagoniste che oppongono una certa resistenza al movimento dell'equipaggio mobile e lo riportano nello stato di riposo. Gli elementi che costituiscono il contattore sono:

- l' **elettromagnete di comando**, il cui nucleo è realizzato a colonne o a mantello, ed è diviso in due sezioni; quella con la bobina di eccitazione fa parte dell'equipaggio fisso, mentre l'altra fa parte dell'equipaggio mobile;
- i **contatti**: gli elementi che, con il loro movimento, stabiliscono od interrompono la continuità metallica di un conduttore. Si distinguono in:
 - **contatti fissi**, montati sull'incastellatura del contattore;
 - **contatti mobili**, montati sulla parte mobile comandata dall'elettromagnete;
 - **contatti principali**, destinati all'apertura e chiusura del circuito di potenza;
 - **contatti ausiliari**, utilizzati per comandare i circuiti relativi a blocchi elettrici, segnalazioni, allarmi, ecc. Questi contatti possono essere di tipo normalmente aperto o normalmente chiuso; poiché supportano un'intensità di corrente inferiore a quella dei contatti principali risultano essere di dimensioni più piccole.
- i **separatori**, diaframmi interposti fra le coppie di contatti principali con la funzione di delimitare l'arco elettrico durante l'apertura dei singoli contatti; hanno caratteristiche costruttive differenti a seconda della portata dei contatti.

parametri essenziali di un contattore

- parametri fissi che caratterizzano un contattore dipendono dalle caratteristiche strutturali dello stesso, e rappresentano i valori massimi teorici di impiego;
- parametri variabili che invece rappresentano i reali valori di impiego.

parametri fissi

- **tensione nominale U_i** : è il valore di tensione al quale sono riferite le prove dielettriche. Qualora non fosse indicato dal costruttore coincide con la tensione più elevata di impiego U_e
- **corrente nominale termica I_{th}** : valore dichiarato dal costruttore che il contattore può sopportare per la durata di 8 ore con i contatti principali chiusi ed in assenza di operazioni di apertura/chiusura. E' la massima corrente d'impiego del contattore in condizioni normali;
- **frequenza nominale di alimentazione**: valore di frequenza per il quale il contattore è previsto ed al quale sono riferiti gli altri valori nominali;
- **durata meccanica**: indica il numero di manovre (chiusura/apertura) che un contattore è in grado di effettuare a vuoto (senza carico collegato) dopo il quale necessita di una revisione ; valori normali sono (in milioni di manovre) :0,001-0,003-0,1-0,3-1-3-10

parametri variabili

- **Tensione nominale di impiego U_e** : è il valore di tensione al quale si riferiscono i poteri di chiusura/apertura e determina l'utilizzo del contattore;

- **Corrente nominale di impiego I_e :** dichiarato dal costruttore, specifica le prestazioni del contattore in funzione della tensione e della frequenza nominale di impiego, del tipo di servizio normale e della categoria di impiego;
- **Frequenza nominale di impiego f_e :** può essere diversa da quella di alimentazione
- **Numero di cicli a carico:** risultano dipendenti dalla categoria di impiego e dalla frequenza di manovre, cioè dalla tipologia di servizio;
- **Potere di chiusura e di interruzione nominale:** sono i valori di corrente che il contattore può stabilire e interrompere per un determinato numero di manovre, e sono espressi come multipli della corrente di impiego in funzione della categoria di impiego (I / I_e)
- **Numero di cicli a carico:** numero di manovre di chiusura/apertura che il contattore può effettuare sotto carico prima che necessitino interventi di manutenzione. La durata è funzione dell'intensità di corrente elettrica che il contattore dovrà interrompere. I valori sono in genere indicati da diagrammi che indicano il numero di cicli in relazione alla corrente di impiego, o alla potenza del carico alimentato.
- **Durata di vita dei contattori:** si può determinare dal numero di cicli a carico ammessi in condizioni normali di esercizio in funzione delle ore di servizio giornaliere con gli anni di vita ed il numero di cicli totali, con l'uso di tabelle

Un'altra caratteristica importante del contattore è quella di dover sopportare la corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione per il tempo che occorre alle protezioni di intervenire, evitando che i contatti si danneggino o si saldino.

Per completare l'informazione occorre considerare anche i gradi di protezione stabiliti dalle Norme applicati agli involucri costituenti materiale elettrico per tensione nominale non superiore ai 72,5 kV, ovvero il **grado di protezione IP** utilizzato con due cifre caratteristiche e con delle lettere aggiuntive per eventuali specifiche.

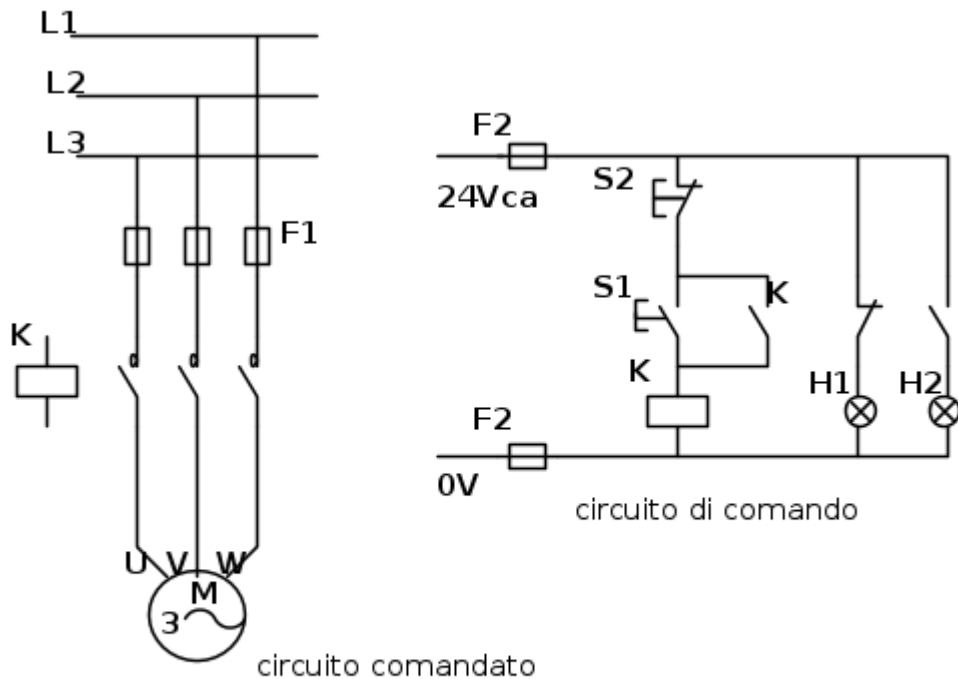
In questo codice la prima cifra indica il grado di protezione delle persone contro il contatto con parti pericolose ed il grado di protezione dei materiali contro l'ingresso di corpi solidi estranei; mentre la seconda cifra indica il grado di protezione dei materiali contro l'ingresso dannoso dell'acqua.

circuiti del contattore

In un circuito elettrico in cui è presente un contattore, i circuiti che interessano quest'ultimo sono:

- **Il circuito comandato:** è il carico cioè il circuito di potenza che interessa i contatti principali del contattore che hanno il compito di alimentarlo/disalimentarlo. Ad esempio il motore asincrono trifase.
- **Il circuito di comando,** distinto dal precedente, assolve il compito di eccitare/diseccitare la bobina di comando dell'elettromagnete. Ad esempio il circuito di avviamento (comando start/stop) del motore asincrono trifase mostrato in figura.
- **Il circuito ausiliario:** controllato dai contatti ausiliari del contattore, che si muovono in sincronismo con quelli principali e controllano circuiti di segnalazione, blocco etc., gli ausiliari appunto.

È importante aver presente che il circuito comandato ed il circuito di comando possono essere alimentati con tensioni di alimentazione di diverso tipo e valore, per quanto concerne il circuito di comando usualmente si utilizzano tensioni di 24 V (DC/AC) ed anche in alcuni casi: 48 V ,110 Vca, 230 Vca.

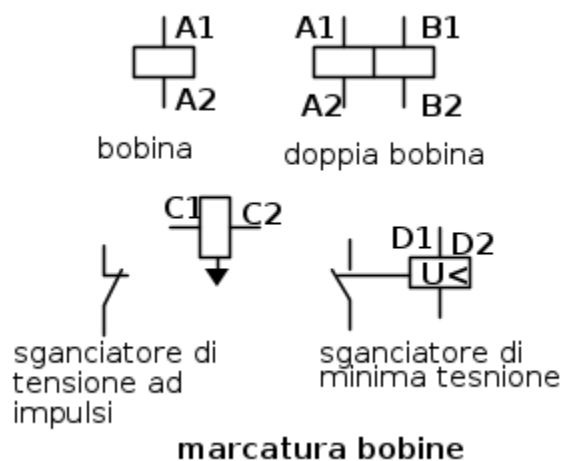


avviamento diretto di motore asincrono trifase con segnalazione

individuazione dei morsetti del contattore

L'individuazione dei morsetti nel contattore assume una certa importanza in quanto indica la funzione specifica di ogni morsetto, e pertanto deve essere precisa; in questo senso le Norme CEI forniscono i principi base per l'identificazione dei morsetti.

- **I morsetti delle bobine** vengono indicati con un sistema alfanumerico e caratteri maiuscoli, nei contattori ad esempio la bobina viene indicata con A1 ed A2
- **I morsetti dei contatti** utilizzano un sistema di designazione di tipo numerico, dove il numero inferiore dispari indica l'entrata mentre il numero superiore pari indica l'uscita
- **I morsetti principali**, ovvero quelli di potenza vengono designati con un numero ad una sola cifra
- **I morsetti dei contatti ausiliari** utilizzano un sistema di designazione con un numero a due cifre, dove la prima indica il tipo di funzione, e la seconda indica il numero di sequenza, ovvero il numeri di funzione 1 e 2 indicano i contatti di apertura (NC) ed i numeri 3 e 4 quelli di chiusura (NO) ed i numeri 5 e 6 i contatti di apertura con particolare funzione, e di numeri 7 e 8 come i precedenti ma di chiusura, per particolare funzione si intende un contatto ad esempio ritardato...
- **La numerazione** sul contattore viene realizzata da sinistra verso destra iniziando dal piano più vicino a quello di fissaggio.



criteri di scelta di un contattore

Il criterio di scelta di un contattore tiene in considerazione le condizioni di esercizio che potranno essere, a seconda dell'applicazione:

- **Condizioni di servizio leggero,**

- Per carichi resistivi e non per motori, ad esempio riscaldatori saldatrici-circuiti di illuminazione, categoria d'impiego AC1

- **Condizioni di servizio normale,** che potrà essere di tipo continuo, intermittente o di durata limitata,

- Per motori a gabbia e ad anelli
 - Inserzione da fermo
 - Disinserzione durante la marcia :Impiego tipo: compressori montacarichi mescolatori pompe-centrifughe scale mobili areatori trasportatori forni
 - Inserzione fino a 6 x la I_n del motore
 - Disinserzione fino a 1x corrente nominale del motore
 - Categoria d'impiego : 99,5% AC3,AC2—AC4

- **Condizioni di servizio gravoso,** per motori a gabbia e ad anelli

- Inserzione da fermo
 - Disinserzione durante la marcia normale:Eccezionalmente comando ad impulsi ,frenatura in controcorrente, inversione diretta
 - Impiego tipo: gru a ponte miscelatori elevatori elettrici trasportatori argani centrifughe macchine edili
 - Caratteristiche elettriche parte come in servizio normale e parte come in servizio gravosissimo
 - Categoria d'impiego. 90%AC3,10%AC4 – 50%AC2

- **Condizioni di servizio gravosissimo** per motori a gabbia

Per motori a gabbia

- Tipo di servizio : comando ad impulsi, frenatura in controcorrente, inversione diretta.
 - Tipo di impiego:macchine per stampa trafile centrifughe
 - Inserzione 6 x la corrente nominale
 - Disinserzione 6 x la corrente nominale
 - Categoria d'impiego AC4 senza pericolo di cortocircuito all'inversione anche con tensione di comando $U=110\%U_c$

- **Servizio gravosissimo**

- Per motori ad anelli
 - Tipo di servizio : comando ad impulsi, frenatura in controcorrente, inversione diretta.
 - Tipi di impiego macchine ad elevata automazione ausiliari di laminatoi
 - Inserzione 2,5 x la corrente nominale
 - Disinserzione 2,5 x corrente nominale
 - Categoria d'impiego : AC2 AC4 senza pericolo di cortocircuito all'inversione anche con tensione di comando $U=110\% U_c$

dati da considerare per l'acquisto di un contattore

- **Circuito comandato**

- Tensione di impiego

- Tipo di corrente, (continua o alternata)
 - Frequenza nominale(corrente alternata)
 - Numero dei poli e dei contatti ausiliari
 - Natura del carico (motore condensatore resistenza...)
 - Corrente o potenza del carico
 - Categoria d'impiego
 - Numero di manovre orarie
 - Vita minima richiesta per i contatti
- **Circuito di comando**
 - Tipo di comando (normale a ritenuta magnetica o meccanica)
 - Tensione d'impiego
 - Tipo di corrente (continua o alternata)
 - Frequenza nominale (corrente alternata)
- **Relè di protezione**
 - Numero delle fasi protette
 - Tipo di relè (termico o magnetico)
 - Campo di taratura della corrente di scatto
 - Esecuzioni particolari (ritardate etc..)
- **Avviatore (dati complementari)**
 - Tipo di motore (a gabbia o ad anelli)
 - Tipo di macchina azionata
 - Velocità del motore adottato
 - Servizio previsto
 - Esecuzione costruttiva (a giorno in cassetta etc)

Pulsante

Il **pulsante** è un dispositivo elettrico con una sola posizione di riposo (monostabile), una volta azionato una molla lo riporta alla posizione di partenza appena viene rilasciato.

Nell'impiantistica civile si utilizza spesso per accendere e spegnere la luce per mezzo di un [relè](#), per suonare il [campanello](#) o per chiamare l'[ascensore](#) al proprio piano.

Gli impianti civili che utilizzano i pulsanti e i relè appartengono alla categoria dei comandi indiretti. Sono detti così perché la corrente che scorre nell'organo di comando non è la stessa che scorre nella lampada.

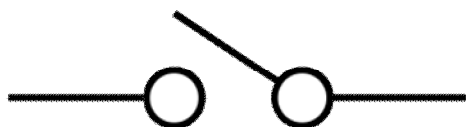
Nell'impiantistica industriale esistono due tipi di pulsanti:

- *Normally open (NO)*: in italiano "normalmente aperto", appena viene premuto chiude il circuito, ad esempio per alimentare la bobina del teleruttore che farà partire il motore asincrono;
- *Normally closed (NC)*: in italiano "normalmente chiuso", appena viene premuto apre il circuito, ad esempio per arrestare un motore funzionante.

Interruttore

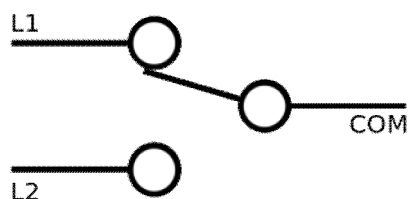
L'**interruttore** è un dispositivo elettrico o anche un dispositivo elettronico (wired o wireless) in grado di interrompere un [circuito elettrico](#).

Quando l'interruttore è configurato in modo da consentire il passaggio di corrente si definisce **chiuso**, quando invece il passaggio è interdetto si definisce **aperto** (è l'opposto della terminologia usata in [idraulica](#)).



È un semplice interruttore on-off: agendo sull'interruttore i due contatti possono essere connessi e disconnessi tra di loro.

Deviatore



Semplice deviatore con un contatto (COM, Common) che può essere connesso o con L1 o con L2.

RELE' AUSILIARI (soccorritori)

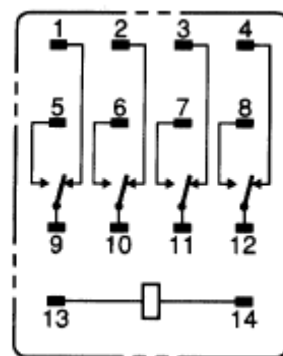
Un relè (in impianti di automazione industriale) è un dispositivo molto simile ad un teleruttore dove – a differenza di quest'ultimo – mancano i contatti di potenza; viene appunto impiegato nel circuito di comando in soccorso ad eventuali esigenze logiche di impianto.

Si tratta quindi di un dispositivo dotato di una bobina (nel nostro caso funzionante a 24V AC) che – una volta alimentata – fa cambiare lo stato dei contatti presenti al suo interno.

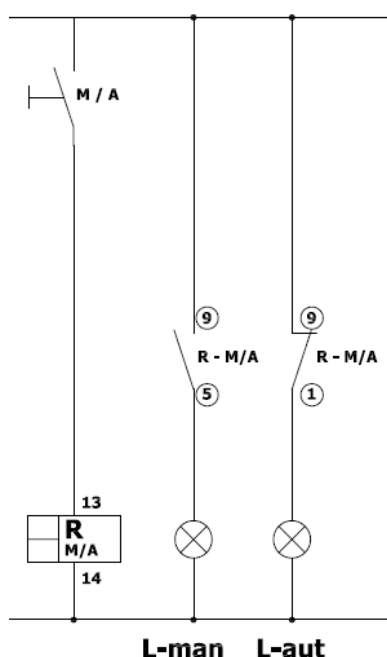


Il cablaggio avviene su un apposito supporto chiamato zoccolo che viene posizionato sulla barra din: per procedere al giusto cablaggio deve essere fatta – prima di quest'ultimo – la giusta scelta dei numeri (che corrispondono ai morsetti, ndr) in base alle esigenze di impianto (contatti normalmente aperti e contatti normalmente chiusi – vedi schema a lato).

A seconda del modello del relè sono presenti nel relè 4 deviatori ovvero 8 contatti teorici; in realtà – la maggioranza delle volte – sono utilizzabili solo 4 contatti n.c. o n.o.



La bobina di alimentazione – parte fondamentale del relè – deve essere collegata ai numeri 13 e 14 (quelli che nel teleruttore chiamavamo A1 ed A2).



Per la scelta dei numeri dei contatti va individuato prima il numero “comune” del deviatore (9, 10, 11 e 12) che è indispensabile usare ed abbinarlo col rispettivo “aperto” (5, 6, 7 o 8) o col rispettivo “chiuso” (1, 2, 3 o 4).

Ad esempio un contatto aperto può essere realizzato usando la coppia di numeri 9-5, 10-6, 11-7 o 12-8; un contatto chiuso invece può essere realizzato con la coppia 9-1, 10-2, 11-3 o 12-4.

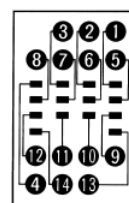
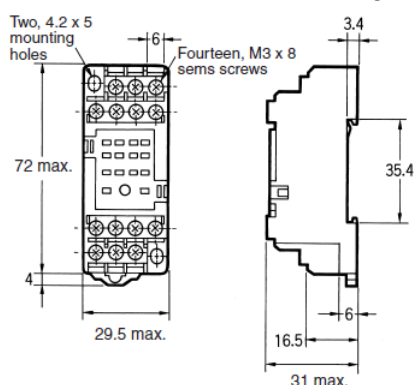
Importante sottolineare che i comuni li troviamo in entrambi gli abbinamenti.

Durante la fase di scelta delle coppie di numeri ricordiamo di utilizzarli una sola volta.

Unico caso in cui posso usare tutti i numeri disponibili è come quello nell'esempio a sinistra: il relè ha due contatti (uno aperto ed uno chiuso) che hanno origine dallo stesso punto comune.

Come si vede è stato utilizzato per entrambi i contatti il comune “9”; in pratica tale collegamento è fatto una volta sola mentre le rispettive “uscite del contatto” vanno alla destinazione assegnata (il “5” NO va alla L-man e il numero “1” va alla L-aut).

In figura a lato possiamo vedere schematicamente lo zoccolo su cui effettuare il cablaggio.



RELE' TEMPORIZZATI

Oltre ai relè (istantanei) visti in precedenza esistono altri tipi di relè con diversi ritardi (temporizzatori).

Le esigenze di conteggio di tempo in automazione sono tantissime. Si pensi ad esempio al comando di un motore per un determinato tempo, o un sistema di irrigazione che deve funzionare mezz'ora ogni due giorni ecc.

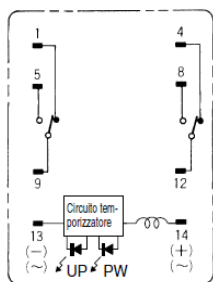
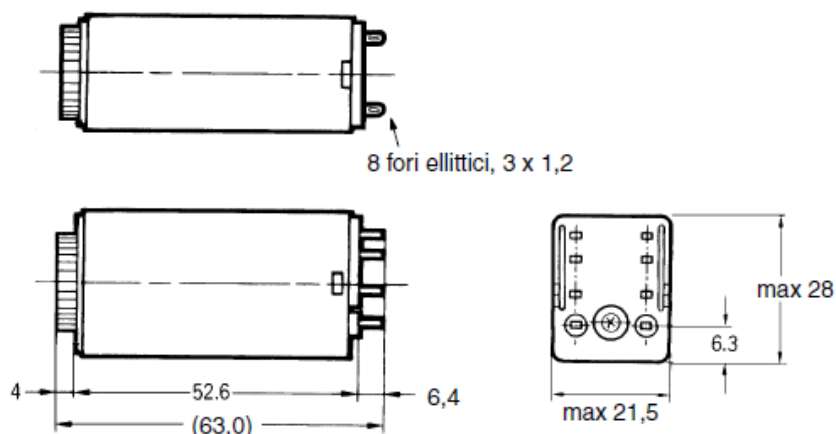
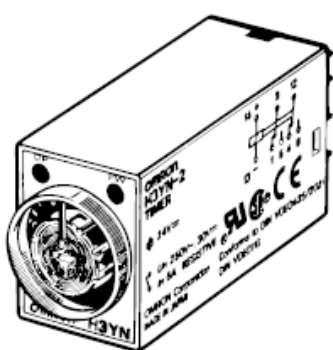
Sul mercato esistono innumerevoli varietà di temporizzatori che possiamo semplificare in due macro gruppi.

1. Relè Temporizzati con ritardo all'eccitazione RE
2. Relè Temporizzati con ritardo alla diseccitazione RD

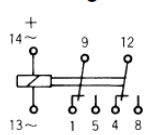
Relè temporizzati con ritardo all'eccitazione RE

Il funzionamento di questi relè è spiegato nel nome: ritardato all'eccitazione. Una volta alimentata la bobina del relè, inizia il conteggio del tempo programmato: una volta terminato il conteggio i contatti presenti al suo interno, si scambiano. Va specificato che – se la bobina dovesse essere diseccitata – il conteggio si interrompe quindi l'alimentazione è essenziale ci sia per tutto il tempo del conteggio; se lo scambio dei contatti dovesse essere indispensabile per realizzare un particolare comando, deve essere mantenuta l'eccitazione della bobina. In caso di diseccitazione della bobina avviene un RESET.

H3YN-2/-21 Montaggio retroquadro



Simbologia DIN



L'utilizzo di questo tipo di relè è simile ai relè ausiliari istantanei: si scelgono i numeri in base alle esigenze dell'impianto e si procede al cablaggio.

Anche per questi relè esistono modelli a due e modelli a 4 contatti. Generalmente (a scuola) utilizziamo i modelli a due contatti che possono essere posti su zoccoli a 2 ma anche a 4 contatti, avendo l'accortezza di scegliere solo i numeri presenti nel relè (vedi schema a sinistra).

Esistono vari tipi di RE dai più semplici (con poche funzioni) ai più complessi (con molte funzioni) Questi ultimi vanno programmati in due modalità:

- Tempo di ritardo
- modalità di funzionamento.

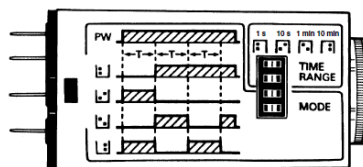
La programmazione del tempo di ritardo va eseguita partendo dalla scala dei tempi che è gestibile dai pin più alti presenti sul lato del corpo del relè: in base a come li posiziono ho una scala diversa ad esempio nel modello H3YN-2 se li posiziono entrambi a destra il temporizzatore potrà contare al massimo fino a 10' (minuti).

Per completare la programmazione devo - in seguito alla programmazione della scala – programmare il display ovvero la parte alta del relè. È presente una scala che va da 0 a 1. a questo punto, in base all'esigenza dell'impianto si posizionerà la freccia nel punto calcolato in proporzione.

Scale di temporizzazione

Modello	Scala di temporizzazione	Campo di impostazione tempo	Impostazione	Regolazione di fabbrica
H3YN-2, H3YN-4 H3YN-4-Z	1 s	0,1 ... 1 s		Sì
	10 s	1 ... 10 s		No
	1 min	0,1 ... 1 min		No
	10 min	1 ... 10 min		No
H3YN-21, H3YN-41 H3YN-41-Z	1 min	0,1 ... 1 min		Sì
	10 min	1 ... 10 min		No
	1 h	0,1 ... 1 h		No
	10 h	1 ... 10 h		No

Nota: I due pin superiori dei selettori sono utilizzati per selezionare le scale di temporizzazione.



ESEMPIO:

mi occorre programmare un tempo di 8" (secondi). SCALA: posiziono i pin sulla scala subito maggiore del tempo da me richiesto, in questo caso la scala dei 10" (pin alto a destra, pin basso a sinistra) per poi

posizionare su 0.8 la freccia del display.

Mi occorre programmare un tempo di 30" (secondi). SCALA: posiziono i pin sulla scala subito maggiore del tempo da me richiesto, in questo caso la scala di 1' (minuto) (pin alto a sinistra, pin basso a destra) per poi posizionare su 0.5 la freccia del display (30" sono la metà di 60" che equivale ad un minuto).

Spia uscita (arancione)
(Accesa: uscita ON)

Manopola impostazione tempo
Impostare il tempo desiderato nella scala selezionata mediante i selettori



Spia alimentazione/funzionamento (verde)
(Accesa: alimentazione presente)

Dai due pin più in basso è possibile programmare la modalità di funzionamento.

Le prime due opzioni riguardano lo scambio dei contatti all'eccitazione della bobina.

Le seconde due opzioni riguardano la modalità di CLOCK o lampeggio (posso utilizzare questo tipo di temporizzatore per creare un'intermittenza su una lampada, su una sirena o anche su un motore che deve trasportare dei pezzi ogni x secondi). La base del tempo è comunque la stessa, programmata in precedenza.

Modi di funzionamento

Modo di funzionamento	Impostazione	Regolazione di fabbrica
ritardo all'eccitazione		Sì
Ritardo passante alla eccitazione		No
Ritardo a intermittenza con inizio OFF		No
Ritardo a intermittenza con inizio ON		No

Nota: I due pin inferiori dei selettori sono utilizzati per selezionare i modi di funzionamento.

Relè temporizzati con ritardo alla diseccitazione RD

Il funzionamento degli RD è diverso rispetto ai precedenti RE.

Per semplificare la spiegazione è possibile paragonarlo al funzionamento del temporizzatore delle scale di un condominio: quando spingo il pulsante le luci si accendono e dopo il tempo programmato si spengono automaticamente.

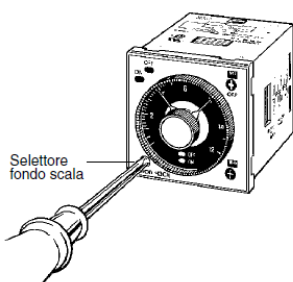
In effetti quando spingo il pulsante alimento la bobina che scambia immediatamente i contatti (se accende le luci il contatto NO si chiude); il pulsante lo spingo per un tempo molto piccolo (1 secondo circa).



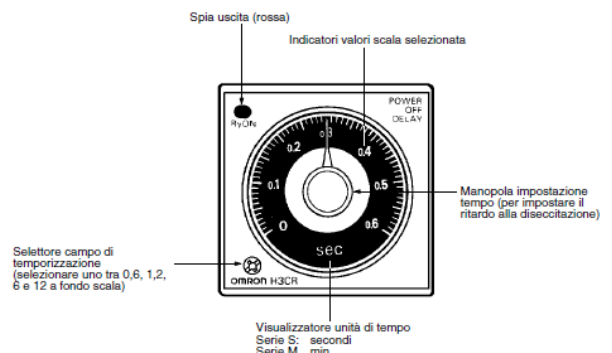
Qui è possibile notare che l'RD può completare il suo conteggio nonostante sia diseccitato (non alimentato); è dotato infatti al suo interno di una componentistica che garantisce una alimentazione sufficiente per poter terminare le operazioni di conteggio del tempo. Fisicamente è del tutto diverso dal precedente RE !!

Scale di temporizzazione

Unità di tempo		Serie S s (secondi)	Serie M min. (minuti)
Impostazione	0,6	0,05 ... 0,6	
	1,2	0,12 ... 1,2	
	6	0,6 ... 6	
	12	1,2 ... 12	
Tempo minimo di attivazione dell'alimentazione		0,1 s min.	2 s min.
Periodo di ripetizione del funzionamento temporizzato		3 s min.	
Periodo di ripetizione del riassetto forzato		3 s min.	



Il range di programmazione è inserito solo sul display programmabile: è possibile programmarlo impostando la scala con un cacciavite e di



seguito la freccia direttamente sul display.

Come per tutti i relè (temporizzati e non) vanno scelti i numeri da utilizzare.

La bobina è alimentata coi numeri 7-2.

Sono presenti due deviatori che creano teoricamente 4 contatti ma realmente 2.

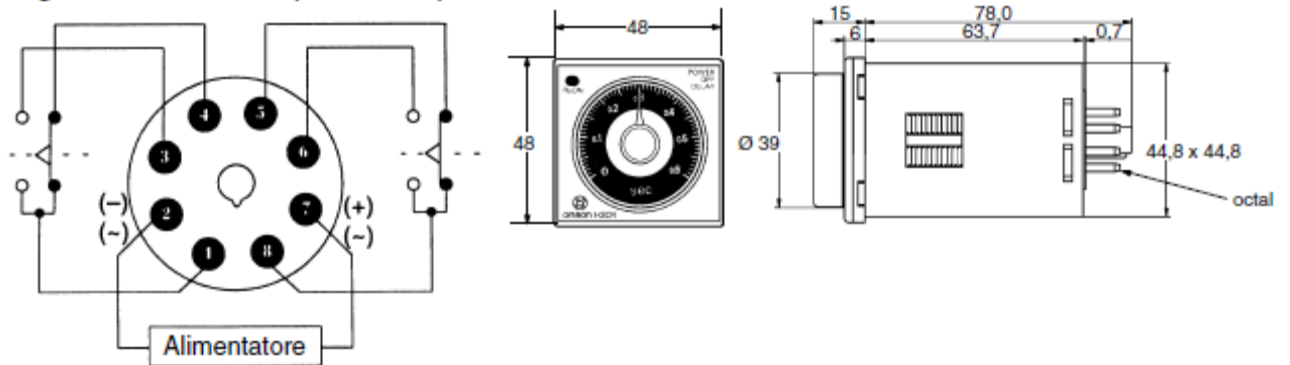
Contatti NO 1-3 e 8-6

Contatti NC 1-4 e 8-3

Si nota sempre come i numeri comuni (1 e 8) debbano essere utilizzati in tutti i casi.

Modelli octal

Senza ingresso di riassetto (H3CR-H8L)

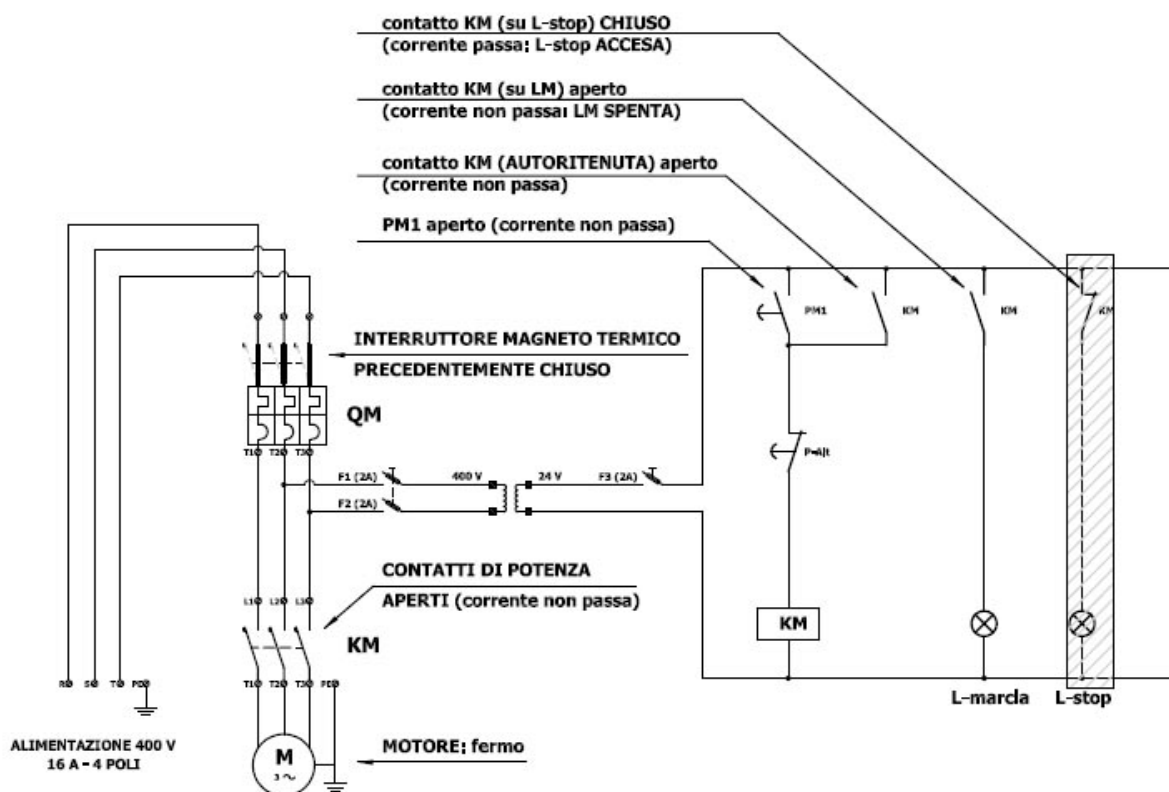


AVVIAMENTO DI UN MOTORE ASINCRONO TRIFASE: AUTORITENUTA

Per avviare un motore è necessaria l'alimentazione del circuito di potenza (400 V AC) e del circuito di comando (trasformatore 24V AC).

Come si nota dallo schema l'interruttore magnetotermico è già stato chiuso in modo da alimentare il trasformatore.

Qui vogliamo rendere chiaro il concetto di AUTORITENUTA del circuito di comando: un contatto NO collegato in parallelo al pulsante di marcia PM1 (in questo caso).

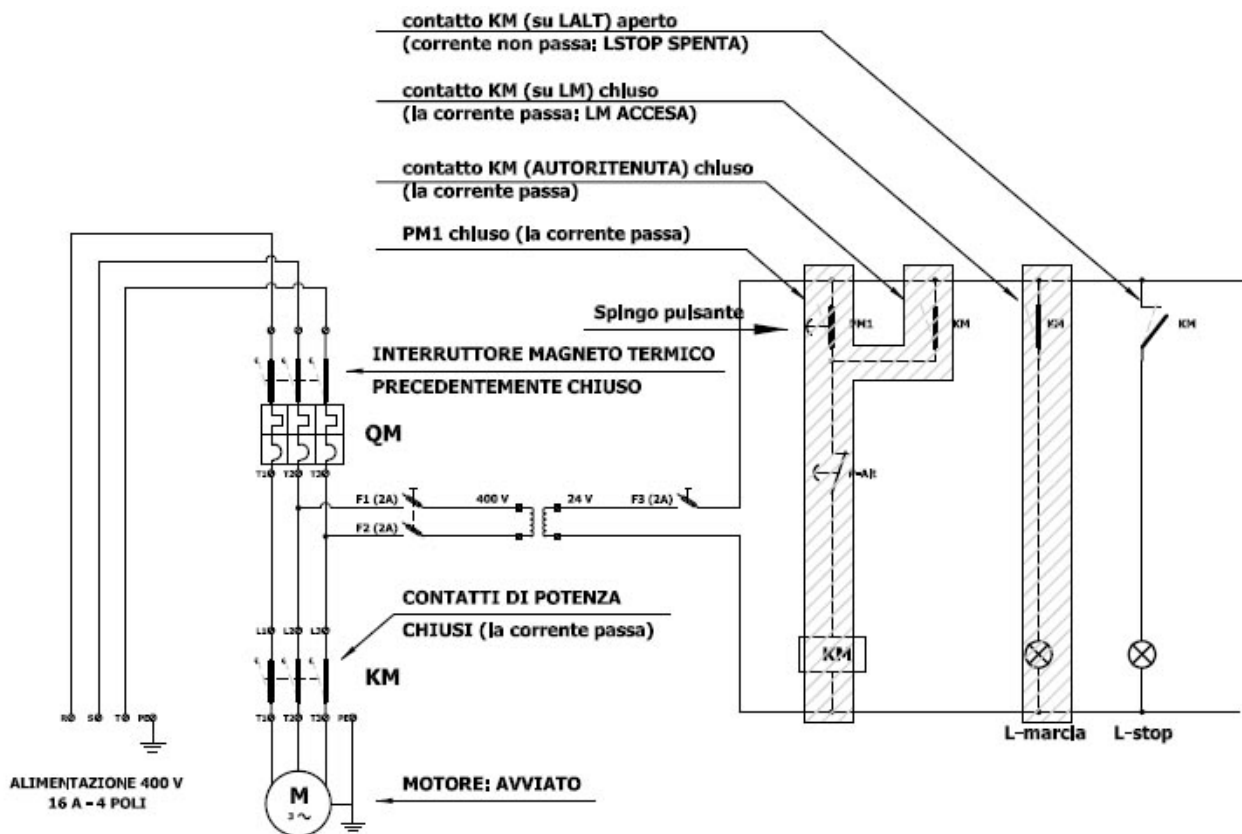


1: IMPIANTO FERMO

Spingendo PM1 il pulsante da NO diventa chiuso permettendo il passaggio della corrente che giunge alla bobina del teleruttore KM.

Praticamente istantaneamente i contatti di potenza si chiudono permettendo così l'azionamento del motore; anche i contatti di comando cambiano di stato permettendo così:

- l'azionamento dell' autoritenuta,
- l'accensione della lampada di avviamento motore Lmarcia
- lo spegnimento della lampada di arresto (motore fermo) Lstop.



2: Avvio impianto

Una volta avviato il motore continuerà a funzionare fino a quando un operatore andrà tramite il pulsante di arresto Palt (che è un pulsante NC) ad aprire nuovamente il circuito, togliendo così l'alimentazione alla bobina del teleruttore e riportando il sistema allo stato iniziale (1: impianto fermo).

