

L'elettricità facile

INTRODUZIONE

Questo manuale è destinato a coloro che desiderano acquisire una maggiore conoscenza dei fenomeni elettrici e della tecnica collegata all'uso della corrente elettrica.

Le nozioni elementari, esposte in modo per quanto possibile semplice e tralasciando complesse trattazioni matematiche, permetteranno di avvicinarsi ai dispositivi elettrici con uno spirito diverso, rendendosi conto dei principi che stanno alla base del loro funzionamento e dei motivi per cui a volte le cose non vanno per il verso giusto.

Intento di questo manuale è anche quello di sfatare alcuni luoghi comuni, alcuni “si dice” che, se seguiti senza una opportuna conoscenza, portano spesso a determinare situazioni di pericolo o, quanto meno, dei malfunzionamenti.

Vorrei tuttavia ricordare, anche a costo di ripetere frasi scontate, che l'utilizzo della corrente elettrica comporta notevoli pericoli, se non si osservano gli adeguati criteri di protezione e sicurezza.

Pertanto, l'uso di questo manuale e dei consigli che vi si trovano, non può e non deve sostituirsi all'intervento di personale qualificato, il solo che può garantire il funzionamento sicuro di un impianto elettrico e la necessaria incolumità delle persone che lo usano.

L'autore

L'elettricità in casa

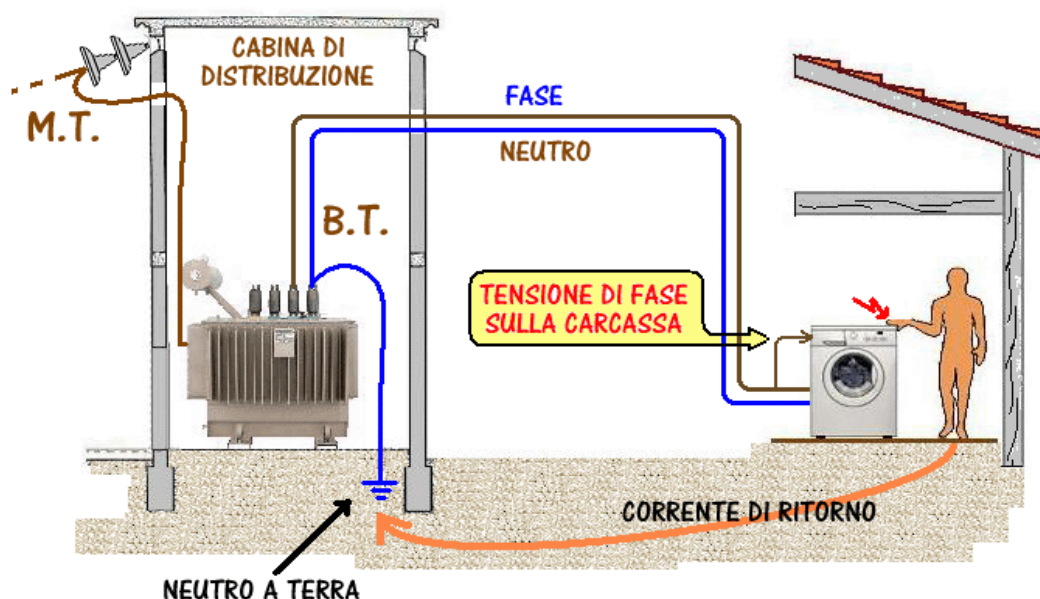
Folgorazione e corrente di guasto verso terra



La corrente elettrica che usiamo nelle nostre case, per quanto ci riguarda, parte dal contatore installato dall'Enel (figura a lato). E' a valle di esso che possiamo, e dobbiamo, intervenire per fare in modo che l'uso dell'energia elettrica sia sicuro e non si trasformi in causa di incidenti alle persone e alle cose.

Sappiamo che toccando un filo scoperto o una superficie metallica sotto tensione si prende "la scossa", ovvero si verifica quella che viene definita "folgorazione"; in altre parole, una corrente più o meno intensa attraversa il nostro corpo e si scarica a terra. Nell'immagine che segue è illustrato il percorso della corrente in caso di incidente: dal secondario del trasformatore della cabina di distribuzione che trasforma la media tensione (M.T.) in bassa tensione (B.T.) viene prelevata l'energia che va ad alimentare l'abitazione (a destra nella figura). Quando tutto funziona in modo regolare, la corrente scorre sui

due fili, quello di fase ed il neutro, ovvero arriva su uno e rientra sull'altro. Supponiamo che si verifichi un guasto nell'isolamento del circuito elettrico della lavatrice e che le sue superfici metalliche non siano collegate a terra: il filo di fase, andando a toccare la carcassa metallica, porterà quest'ultima alla tensione di 220 V .

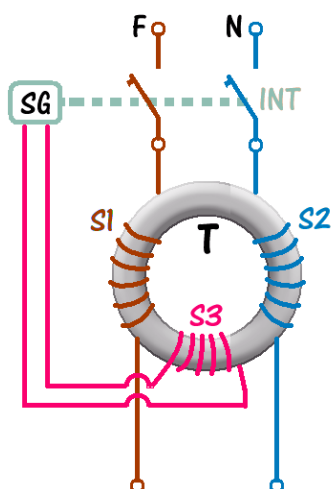


Se una persona accidentalmente tocca la carcassa della lavatrice, il suo corpo si trova a fare da circuito di ritorno: la corrente in arrivo, invece di rientrare al trasformatore percorrendo l'altro filo, attraversa il corpo dello sfortunato e ritorna alla cabina attraverso la terra; nella cabina di distribuzione, infatti, il neutro è collegato a terra.

Questa corrente che rientra alla cabina in modo anomalo, seguendo un percorso che non è quello abituale, costituisce una "corrente di guasto verso terra".

I sistemi di distribuzione per abitazioni sono in genere del tipo visto in figura, e vengono definiti con la sigla "TT"; essa sta ad indicare che il neutro e le masse sono collegati a due impianti di terra indipendenti, per cui una eventuale corrente di guasto a terra ritorna al nodo di alimentazione attraverso il terreno.

L'interruttore differenziale



Un apparecchio in grado di individuare le correnti di guasto che vanno verso terra, e di proteggere le persone dal pericolo di scosse elettriche, è l'**interruttore differenziale**. Come si vede nella figura che segue, la corrente di rete passa attraverso i due avvolgimenti, S1 e S2, collocati su un toroide T di materiale magnetico; in condizioni normali, i campi magnetici generati dalle correnti in S1 e S2 sono esattamente uguali ed opposti, per cui si annullano uno con l'altro. In caso di guasto verso terra, una delle due correnti risulterà più bassa dell'altra: si originerà allora un campo magnetico residuo che farà nascere una corrente indotta nell'avvolgimento S3; tale corrente azionerà il circuito di sgancio SG, che aprirà l'interruttore INT, interrompendo il passaggio di corrente.

L'aspetto esterno di un interruttore differenziale (a volte anche chiamato "salvavita") è quello della figura a destra. Si nota la leva d'interruzione, che può essere azionata anche manualmente, nel caso si desideri interrompere l'erogazione di energia, e che scatta automaticamente in caso di corrente di fuga verso terra.

Il tasto piccolo T ha la funzione di test dell'apparecchio; esso va azionato di tanto in tanto (più o meno una volta al mese): se tutto è regolare, premendo il tasto T l'interruttore deve scattare e sganciarsi.

Nello scegliere un interruttore differenziale occorre tenere conto di alcune caratteristiche. Non è detto che un interruttore differenziale sia in grado di scattare (ovvero di togliere l'alimentazione) per qualunque tipo di corrente di fuga. Quelli usati comunemente nelle abitazioni sono di tipo **AC** ed intervengono solo per correnti alternate sinusoidali. Ma esistono anche apparecchi di tipo **A**, sensibili alle correnti pulsanti unidirezionali, e di tipo **B**, in grado di intervenire anche se la corrente di fuga è una corrente continua.

In relazione al tempo di intervento, oltre al tipo **G**, di uso generale, sono disponibili interruttori selettivi di tipo **S** che hanno un tempo di ritardo fisso, ed altri in cui è possibile ritardare l'intervento di un tempo liberamente selezionabile.

Molto importante è la sensibilità, ovvero la capacità dell'interruttore di sganciarsi anche con correnti di fuga di basso valore. Quelli a bassa sensibilità intervengono con correnti differenziali di 0,1 – 0,3 – 0,5 A o superiori; quelli ad alta sensibilità intervengono anche con correnti di fuga di solo 30 mA od anche 10 mA. La scelta più comune per un appartamento dotato di impianto elettrico in buone condizioni è una sensibilità da 30 mA. In linea generale, sembrerebbe logico, ai fini della sicurezza, scegliere un interruttore di sensibilità più alta possibile; occorre tuttavia considerare che in alcuni impianti, specie se di vecchia costruzione, possono essere presenti delle dispersioni, ovvero correnti di basso valore che per deterioramento dell'isolamento, per eccessiva umidità o per altri motivi, fluiscono verso terra. Queste correnti potrebbero provocare lo scatto dell'interruttore, ed impedirne il riarmo. In casi del genere diventa necessario individuare ed eliminare le dispersioni, oppure suddividere l'impianto in più sezioni e proteggere ogni sezione con un suo differenziale di sensibilità adeguata.



L'interruttore magnetotermico

Molti sono i malfunzionamenti che possono verificarsi in un impianto elettrico. Abbiamo visto, parlando della potenza elettrica, che con una tensione di rete di 220 V, si possono alimentare apparecchi che consumano alcuni kW (1 kW = 1000 W); ad una potenza assorbita di 2200 W, corrisponde per esempio una corrente di circa 10 A nei cavi dell'impianto.

Ma supponiamo che un apparecchio si guasti, che al suo interno si verifichi quello che viene definito "corto circuito", e cioè che i due fili di rete vengano in contatto: in una situazione del genere, venendo a mancare la normale resistenza dell'apparecchio utilizzatore, la corrente non trova più ostacoli e il suo valore diventa pericolosamente elevato. Nei cavi transitano correnti che possono anche raggiungere qualche centinaio di ampere, i cavi si surriscaldano e possono facilmente incendiarsi; si rischia di fondere l'impianto elettrico e, nei casi peggiori, di incendiare la casa!

Occorre pertanto provvedere ad un'altra forma di sicurezza, in grado di porre un limite alla corrente che può passare nei cavi.



Il dispositivo che risolve questo problema è l'interruttore magnetotermico (figura a lato).

Come suggerisce il nome, tale dispositivo è composto da due sezioni separate, ciascuna destinata a fornire un tipo diverso di protezione.

La sezione "magnetica" è costituita da un solenoide, o elettrocalamita: in caso di corto circuito, la forte corrente che l'attraversa crea un potente campo magnetico che attira un' ancorina e provoca l'apertura istantanea dell'interruttore.

Diversa è la situazione del sovraccarico, che si verifica quando l'assorbimento di corrente è più alto del normale, a causa di più utenze collegate contemporaneamente (per esempio, forno, lavatrice, ferro da stiro). In tal caso entra in gioco la sezione "termica", basata su di un elemento bimetallico sensibile alla temperatura: per effetto della maggiore corrente che circola, questo elemento si riscalda e, dopo un certo tempo, si incurva al punto di provocare lo scatto dell'interruttore. Il tempo di intervento dipende dall'entità del sovraccarico, ed è tanto più rapido quanto maggiore è la corrente assorbita dall'impianto.

Gli interruttori magnetotermici sono disponibili per diversi valori di corrente di intervento e con caratteristiche di comportamento differenziate; i più largamente utilizzati per le esigenze di un ambiente domestico sono quelli della caratteristica "C". Ogni interruttore è dimensionato per un certo valore di **corrente nominale, I_n** ; la caratteristica C prevede che si verifichi lo sgancio termico (caso di sovraccarico) per valori di corrente che siano da 1,13 a 1,45 volte la corrente I_n , mentre l'interruzione istantanea di tipo magnetico (caso del cortocircuito) avviene per valori da 7 a 10 volte la corrente I_n .

La scelta dell'interruttore in base al valore di **I_n** deve tenere conto delle caratteristiche dell'impianto, ovvero della sezione dei cavi utilizzati e del tipo di prese; i valori più comuni per abitazioni private sono di 10, 16, 25, 32 A.

Se, per esempio, i cavi dell'impianto hanno una sezione modesta, che non può sopportare correnti maggiori di 10 A, è obbligatorio scegliere un magnetotermico con I_n di 10 A; se invece ci sono sezioni di impianto realizzate con cavi di sezione diversa o con prese di diversa portata, è senz'altro conveniente proteggere ciascuna sezione con un suo interruttore, proporzionato alla portata dei cavi di quella sezione.

Scelta dei cavi per l'impianto domestico

Nel realizzare un impianto elettrico o parte di esso, di fondamentale importanza è la scelta dei cavi. Ogni tipo di cavo è caratterizzato dalla massima corrente che può trasportare, pena il suo surriscaldamento per effetto Joule (l'effetto Joule si manifesta quando una corrente I attraversa un conduttore di resistenza R ; parte della potenza viene dissipata in calore, secondo la formula $P = R \times I^2$, con surriscaldamento del rame e deterioramento del materiale isolante).

Un altro effetto negativo dovuto alla resistenza dei conduttori è la caduta di tensione, che è tanto più marcata quanto più lunga è la linea, maggiore è la corrente che transita e più piccola è la sezione del cavo.

Per quanto detto, si comprende come non sia possibile realizzare un impianto utilizzando del cavo avanzato, trovato qua è la, ma sia necessario rifarsi ad apposite tabelle che indichino le portate in corrente in funzione della sezione del cavo.

Solo per fornire qualche esempio, si riportano di seguito alcuni valori:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Diametro (mm) | 1,13 | 1,38 | 1,78 | 2,26 | 2,76 | 3,57 | 4,51 | 5,64 |
| Sezione (mm ²) | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 |
| Portata (A) | 13 | 17 | 24 | 32 | 41 | 57 | 76 | 101 |

Dalla tabella si vede come un cavo avente diametro di 1,13 mm e quindi sezione di 1 mm² possa trasportare al massimo una corrente di 13 A

La caduta di tensione dal contatore all'apparecchio utilizzatore dovrebbe sempre essere contenuta entro il 4% del valore nominale dell'impianto (non più di 8 o 9 V per una rete a 220 V). Effettuata la scelta del cavo in base alla portata in corrente, è opportuno fare una verifica della caduta di tensione corrispondente; si può usare la formula:

$$\Delta V = 2 \times I \times R^1 \times L$$

dove I è la corrente di linea, R^1 è il valore della resistenza del cavo ricavato dalla tabella che segue (il valore è espresso in Ω per km di cavo) ed L è la lunghezza del tratto di linea (che per omogeneità va espressa in km)

Considerando che nell'impiego domestico gli assorbimenti di corrente più critici sono dovuti ad elementi riscaldanti, per motivi di semplificazione nella formula si è trascurata la caduta dovuta alla reattanza.

| | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sezione (mm ²) | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 |
| R¹ (Ω per km) | 22,1 | 14,8 | 8,91 | 5,57 | 3,71 | 2,24 | 1,41 | 0,89 |



Nell'uso dei cavi è sempre consigliabile rispettare i colori previsti dalle norme, anche per agevolare il lavoro di un tecnico che dovesse successivamente intervenire per riparazioni o modifiche all'impianto. Occorre usare cavi di colore giallo/verde per i conduttori di messa a terra e di colore blu per il neutro; per il conduttore di fase si usa il marrone, ma sono ammessi anche altri colori (nero, grigio, bianco, ecc.)

Criteri generali di progetto

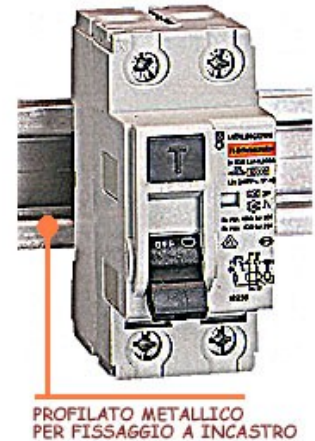
Molte sono le soluzioni adottabili per realizzare un impianto domestico, in funzione delle esigenze, della spesa prevista e di vari altri fattori; quanto esposto di seguito vale solo a titolo di esempio, come criterio di massima, ed è senz'altro migliorabile in uno o più dei settori trattati.



In prossimità del contatore installato dall'Enel, che in ogni caso rimane il punto di partenza di qualsiasi impianto, occorrerà posizionare una scatola (meglio se a incasso) che dovrà contenere il cosiddetto "salvavita" (figura a sinistra); al suo interno si monteranno un interruttore differenziale ad alta sensibilità (corrente nominale di intervento 30 mA) ed un magnetotermico che, per una potenza installata di 3kW, deve avere una corrente

nominale di 25A.

In alternativa, si può installare un interruttore differenziale – magnetotermico, ovvero un componente unico che integra in un solo blocco le due funzioni di protezione descritte in precedenza. Queste scatole adatte al montaggio del differenziale / magnetotermico sono dotate di un profilato metallico a norme "DIN", (figura a destra) sul quale vanno ad incastrarsi gli interruttori, che essendo di tipo modulare hanno dimensioni standardizzate.



Nei pressi di tale scatola installeremo poi una cassetta di derivazione che definiremo "principale", poiché da essa partiranno i collegamenti verso le altre cassette di derivazione, che installeremo, una almeno, per ciascun locale dell'appartamento.

E' in genere buona norma suddividere l'impianto in almeno due circuiti:

- uno che alimenterà le luci e le prese da 10A, e che sarà a sua volta protetto da un secondo interruttore magnetotermico di minore corrente nominale (per esempio, 10A)
- uno che alimenterà le prese di corrente da 16A, e quindi sarà protetto a sua volta da interruttore magnetotermico della stessa corrente nominale (16 A)

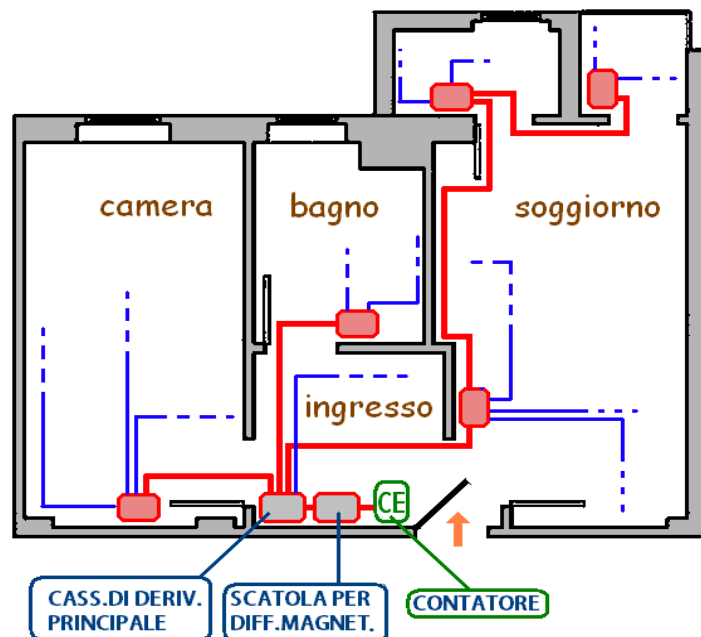
In tal modo si otterrà una più efficiente protezione dai sovraccarichi, poiché l'eventuale eccesso di corrente assorbita in uno dei circuiti farà prontamente scattare il relativo interruttore magnetotermico, grazie alla sua bassa corrente nominale.

I due interruttori magnetotermici aggiuntivi, da cui si dipartono i due impianti distinti, possono essere collocati nella cassetta di derivazione principale, che dovrà pertanto avere dimensioni adeguate.

Nella pagina che segue è raffigurata la disposizione dei vari elementi descritti, per un piccolo appartamento ipotetico.

Accanto alla porta di entrata è presente il contatore dell'Enel, da cui è derivata la linea che va alla scatola (o "quadretto") del salvavita e quindi alla scatola di derivazione principale, dove, come detto, possono essere alloggiati anche gli interruttori magnetotermici secondari.

Da tale scatola, o cassetta, partono le linee cosiddette "dorsali" (raffigurate in rosso) che vanno ad alimentare le varie cassette presenti nei diversi locali dell'appartamento.



Da queste cassette partono poi le linee secondarie (in colore blu) che portano corrente alle singole utenze, come prese, punti luce, ecc.

Poiché nelle linee dorsali passa tutta la corrente che dovrà poi dividersi fra le varie diramazioni, occorre che tali linee siano realizzate con cavo di maggiore sezione (6 mm^2); le linee in blu, dove passa la corrente destinata alle singole utenze, possono avere sezione minore: per esempio 4 mm^2 per alimentare le prese da 16A e $2,5 \text{ mm}^2$ per i punti luce e le prese da 10A.

Un discorso a parte merita l'**impianto di terra**, ovvero il collegamento a potenziale zero di tutte le parti metalliche (tubazioni, elettrodomestici, ecc.) presenti nell'appartamento.

Si è detto in precedenza che l'interruttore differenziale assicura la protezione nel caso che, per un guasto, parti metalliche, per esempio di elettrodomestici, vengano a trovarsi sotto tensione. Cosa succede in tal caso? Nel momento in cui una persona viene a contatto con la parte sotto tensione, la corrente di dispersione che fluisce attraverso il suo corpo determina l'intervento del differenziale, proprio all'istante iniziale di quella che potrebbe essere una folgorazione.

Se invece è presente un impianto di terra, la corrente di dispersione verso terra in caso di guasto inizia a fluire immediatamente, facendo scattare il differenziale prima che qualcuno venga in contatto con la superficie in tensione. Inutile dire che questa seconda modalità di intervento è sicuramente preferibile alla prima.

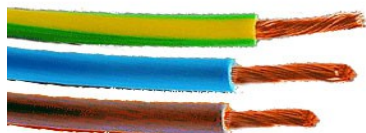
In fase di progetto potrebbe essere opportuno prevedere anche l'installazione di SPD (Surge Protection Device), ovvero dispositivi di protezione contro le sovratensioni che possono essere causate da fulmini o da manovre eseguite sulla rete elettrica. Gli SPD, detti anche **scaricatori**, vengono inseriti fra i due cavi di linea; normalmente rappresentano un circuito aperto: in presenza di sovratensione, la loro impedenza decresce istantaneamente, per cui viene a crearsi un cortocircuito che devia la corrente di scarica, limitando la sovratensione nelle apparecchiature a valle.

Degli scaricatori e degli impianti di terra si parlerà più in dettaglio nei prossimi capitoli.

I materiali

Naturalmente, essendo molteplici le situazioni e le esigenze, ogni impianto dovrà essere realizzato con la giusta tecnica e scegliendo i materiali di volta in volta più adeguati. In questo breve manuale non sarebbe possibile trattare dettagliatamente le norme ed i criteri pratici che solo in seguito ad una competenza tecnica ed un' esperienza adeguata possono diventare patrimonio personale.

Si descriveranno brevemente i materiali di uso più comune, raccomandando in ogni caso di rivolgersi a personale qualificato per qualunque dubbio, soprattutto in materia di sicurezza.



Per i collegamenti all'interno degli appartamenti, per il trasporto dell'energia, si useranno dei cavi unipolari privi di guaina, isolati in PVC, del tipo definito con la sigla **N07V-K** ; si useranno cavi di colore giallo/verde per la messa a terra, di colore blu per il neutro e di colore marrone (od anche nero o grigio) per la fase.



I cavi correranno all'interno di tubazioni, realizzate per esempio con tubo corrugato. Si tratta di tubi di materiale plastico, disponibili in varie misure e colori: i diametri più usati sono 16, 20 e 32 mm, ed occorre scegliere di volta in volta la misura adatta a contenere tutti i cavi previsti, con una certa disponibilità di spazio libero.

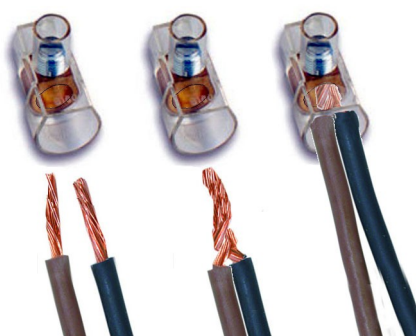
Naturalmente tali tubi andranno posati "sottotraccia", ovvero dopo aver scavato nei muri le canalette per ospitarli.



I tubi corrugati correranno da una cassetta all'altra; le cassette hanno dei fori già segnati, su cui basta fare pressione per far saltare il sottile diaframma e far entrare il tubo (figura a lato).

Una volta posizionate le cassette ed i tubi, al loro interno si potranno finalmente far passare i cavi; allo scopo è necessario utilizzare una apposita "**sonda passacavi**" che consiste in un filo di nylon piuttosto rigido, dotato di anello di serraggio ad una estremità; legato il cavo da passare alla testa della sonda, si infila questa nei tubi e la si fa scorrere fino ad uscire all'altra estremità: a quel punto basterà tirare la sonda per

tirarsi dietro il cavo da passare.

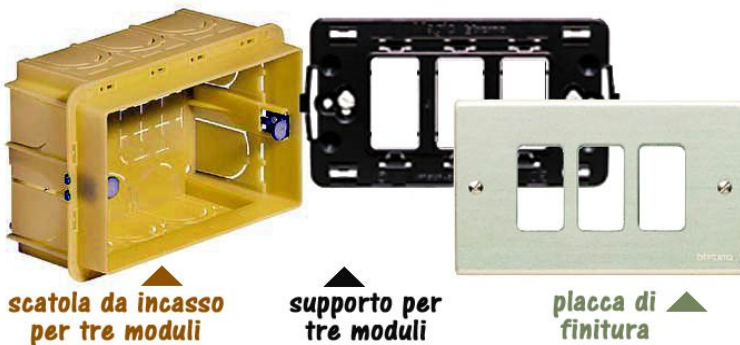


All'interno delle cassette di derivazione i cavi vengono giuntati con varie tecniche; una possibilità, come si vede nella figura a lato, è quella di spellarli per una lunghezza di circa 2 cm, quindi attorcigliare i filetti di rame ed inserirli in appositi cappellotti o morsetti, dove saranno fermati saldamente con la vite di cui essi sono provvisti. Questi morsetti vengono venduti in stecche, e si trovano con fori di diversa misura, in modo da adattarsi alla sezione ed al numero dei cavi che devono entrarvi.

Occorre fare in modo che i cavi entrino nel morsetto e ne sporgano solo per la parte rivestita di isolante; non devono mai rimanere filetti di rame che fuoriescono dal morsetto.

Per attrezzare l'ambiente domestico con tutte le prese, gli interruttori e gli altri dispositivi disponibili, esistono le serie componibili cosiddette "modulari": ogni componente, in funzione della sua complessità, andrà ad occupare uno spazio pari ad un modulo, oppure multiplo, cioè

di due o tre moduli. Nel momento in cui si pratica lo scasso nella parete per installare una cassetta, occorre decidere a priori quali elementi vogliamo montarci e quindi scegliere una cassetta della misura corrispondente. Nella figura a lato si vedono i componenti per il montaggio di tre moduli: le dimensioni di tutti i pezzi sono coordinate, dalla cassetta, al

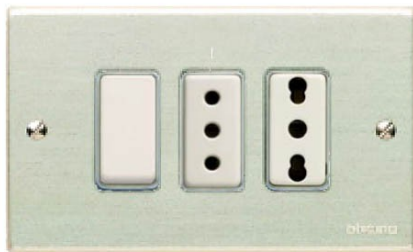


scatola da incasso per tre moduli

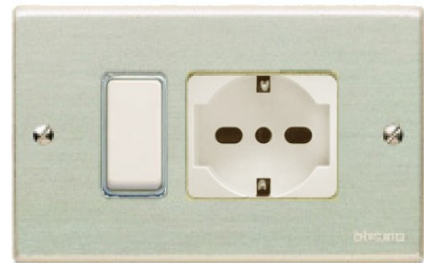
supporto per tre moduli

placca di finitura

supporto ove si monteranno le prese e gli interruttori, alla placca esterna di rifinitura.



Nel caso specifico potremo montare un interruttore e due prese da 1 modulo (figura a sinistra), oppure due interruttori e una presa da 1 modulo, o ancora un interruttore ed una presa multistandard da 2 moduli (figura a destra); in questo



ultimo caso sarebbe necessario usare una placca esterna con diversa finestratura.

Nel caso di impianti elettrici in locali di servizio, come box o cantine, può essere vantaggioso utilizzare dei tubi rigidi da montare a parete, fissandoli con appositi fissatubi muniti di tassello, e quindi senza praticare alcuno scasso nei muri. Nella figura che segue si vedono i principali accessori disponibili per questo tipo di montaggio.



tubi rigidi

curva

curve a 90°

pressacavo

manicotto

giunzioni a T

raccordo

manicotto flessibile



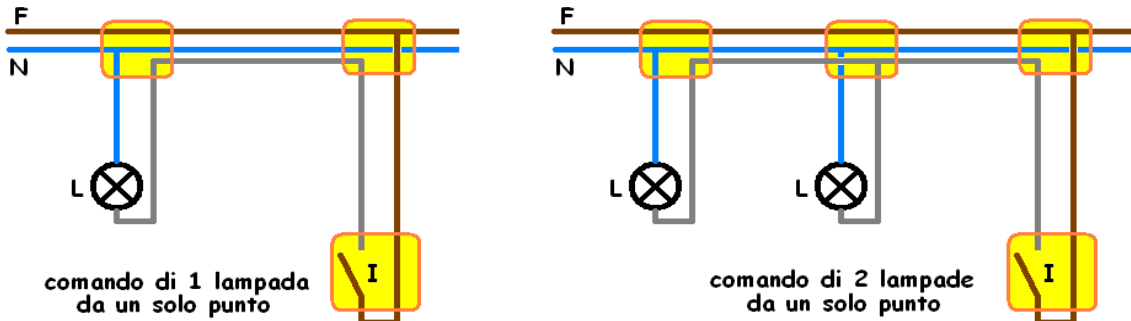
interruttori e prese in contenitori da parete

Realizzando questo tipo di impianti, occorre usare un'apposita serie di interruttori e prese, ciascuno con un proprio contenitore, eventualmente dotato anche di sportellino di protezione (specialmente utile in locali umidi). Sui contenitori sono già previsti fori di entrata per i tubi; è sufficiente tagliare alla giusta misura, servendosi di una lama, la membrana che protegge il foro. Anche questi componenti vanno fissati alla parete con normali tasselli a vite.

Schemi pratici

Vengono descritti di seguito alcuni semplici schemi elettrici, raffigurati in modo da rendere il più possibile evidenti i collegamenti ed i raggruppamenti dei cavi nelle varie cassette.

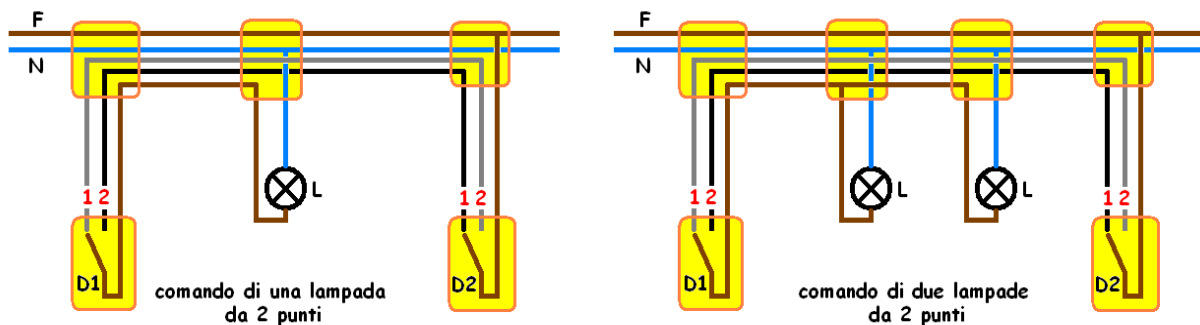
Comando di lampade da un punto (le aree in colore giallo indicano le cassette)



è il più semplice degli schemi; la lampada L viene accesa o spenta dall'interruttore I. Come si vede nello schema, il neutro arriva direttamente alla lampada, mentre la fase viene prelevata in un'altra cassetta in corrispondenza dell'interruttore e portata alla lampada col filo grigio.

Nel caso che si vogliano comandare due lampade, l'alimentazione della seconda andrà derivata dalla prima, collegandola in parallelo a questa.

Comando di lampade da due punti

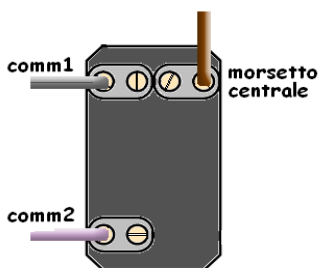


Per accendere o spegnere una lampada da due punti diversi occorre usare non un interruttore, ma due deviatori. Il deviatore è in pratica un interruttore con un contatto in più:

a seconda della posizione della levetta, il contatto viene deviato dal punto 1 al punto 2.

In tal modo, anche quando un deviatore è commutato in modo che alla lampada non arrivi tensione, è sempre possibile, per l'altro deviatore, recuperare la tensione sull'altro filo ed inviarla alla lampada.

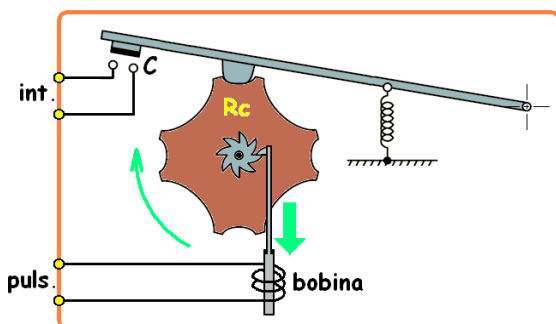
Anche per questo schema, una eventuale seconda lampada va collegata in parallelo alla prima, facendo correre i relativi cavi nelle tubazioni, fino a realizzare lo schema indicato.



Mentre per collegare un interruttore non si incontrano difficoltà, nell'uso dei deviatori occorre individuare con sicurezza a quale dei tre morsetti corrisponde il contatto centrale, ovvero quello che commuta su uno o sull'altro dei due contatti derivati (in caso di errore si noterà che non sarà possibile accendere o spegnere la luce dai due punti). Nella figura a lato si vede un deviatore dal lato dei collegamenti: il **morsetto centrale** è quello a destra, e, in funzione della posizione del tasto, viene deviato su **comm1** o su **comm2**

Comando di lampade da tre o più punti

Quando occorre comandare l'accensione di un gruppo di lampade da tre punti diversi, o anche da un numero maggiore di punti, il circuito comincia a diventare troppo complesso, richiedendo l'uso

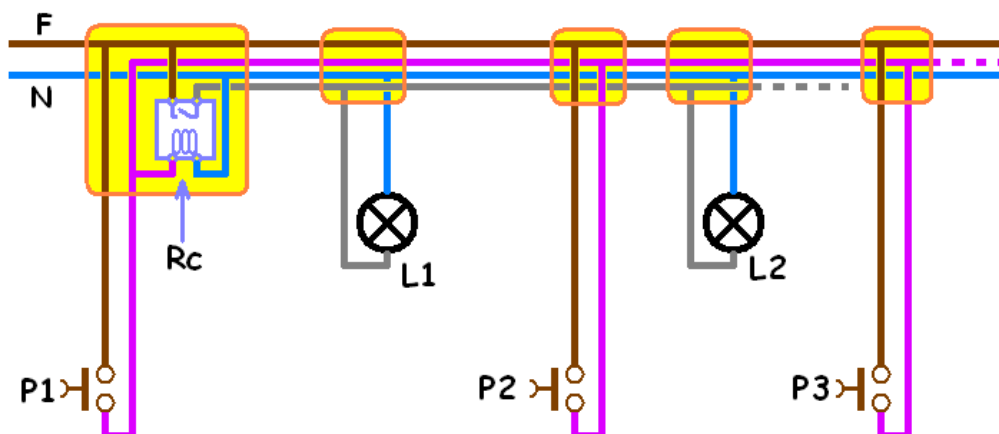


di deviatori ed invertitori. In tali casi risulta allora più conveniente utilizzare un dispositivo detto “**relè ciclico**”.

Come si vede nella figura a lato, esso è composto da una ruota Rc sagomata con delle camme; ogni volta che si eccita la bobina, l'alberino viene attratto verso il basso e provoca l'avanzamento di uno scatto della ruota Rc. A seconda della posizione in cui si ferma la ruota, il contatto C risulta aperto o chiuso, per cui, se tramite un pulsante si invia corrente alla bobina, ad ogni pressione del pulsante il contatto C cambia il suo stato; è possibile disporre quanti pulsanti si desidera,

tutti in parallelo, uno in ogni posto da cui si vuole comandare l'accensione delle luci.

Il relè ciclico è caratterizzato dal valore della tensione di funzionamento della bobina, che può funzionare a 220V oppure a bassa tensione (12 o 24V), e dal numero di contatti utilizzabili come interruttori; spesso i contatti sono più di uno, e ciascuno ha una diversa sequenza di funzionamento in relazione alla successione degli scatti.



In alto si vede lo schema applicativo di un relè ciclico. Il relè è posizionato nella prima cassetta a sinistra; la sua bobina è direttamente collegata al neutro (azzurro) mentre la fase gli arriva col filo viola, attraverso il pulsante P1. Alla pressione di P1 la bobina si eccita e chiude il contatto in alto: in tal modo, la fase arriva alle lampade tramite il filo grigio. E' possibile aggiungere quanti pulsanti si vuole, da qualunque posto, derivandoli (in parallelo) dalla fase e dal filo viola. Ugualmente, altre lampade possono essere aggiunte, sempre in parallelo alla prima, derivandole dal neutro e dal filo grigio.

Precisiamo che, a differenza dell'interruttore, il pulsante è un dispositivo che chiude un contatto solo per il tempo che il tasto viene premuto; non ha quindi la possibilità di fermarsi stabilmente in una posizione o nell'altra. Nel caso specifico, premendo una volta il pulsante, la luce si accende; premendo ancora, si spegne, e così via.

Il pulsante deve essere di tipo “NO” ovvero “normalmente aperto”, e cioè deve chiudere il contatto solo quando viene premuto; esistono invece pulsanti di tipo “NC”, normalmente chiusi, che, quando premuti, aprono il contatto.

Tipi di lampade

Lampade a incandescenza

Fra i vari compiti che affidiamo all'elettricità, vi è quello, certamente non secondario, di illuminare le nostre case. Fino a tempo fa la scelta era limitata ad alcuni tipi di lampade, fra cui le più usate erano quelle a incandescenza (figura a lato). In tali lampade, un filamento di tungsteno, attraversato dalla corrente, raggiunge temperature elevatissime (circa 2500 °C), per cui produce un bel po' di calore e, ciò che interessa nel caso specifico, la luce.



A causa del calore generato, il rendimento di tali lampade è piuttosto basso, anche se la loro luce è calda e gradevole. Dal punto di vista elettrico, il filamento di queste lampade si comporta come una resistenza; poiché a freddo il valore della resistenza è piuttosto basso, all'istante dell'accensione si verifica un picco di assorbimento di corrente, che rappresenta uno stress per il filamento e contribuisce ad accorciarne la durata.

Il collegamento alla rete avviene attraverso due punti di contatto: uno è il bottone metallico sotto la lampada, l'altro è invece costituito dalla ghiera con attacco a vite.

Le lampade di questo tipo (il cui attacco è denominato "Edison") si trovano in due misure: quelle con attacco E27, più grandi e in genere di maggiore potenza, e quelle con attacco E14, più piccole e adatte ad abat-jour e simili.

Lampade fluorescenti a catodo caldo

Una lampada caratterizzata dal basso consumo in rapporto alla luce fornita, è la "lampada fluorescente a catodo caldo"; l'aspetto esteriore è quello di un tubo, che può essere dritto o, come per le lampade da cucina, circolare. Il tubo, che è di vetro, contiene vapori di mercurio, e la sua superficie interna è ricoperta da fosfori.



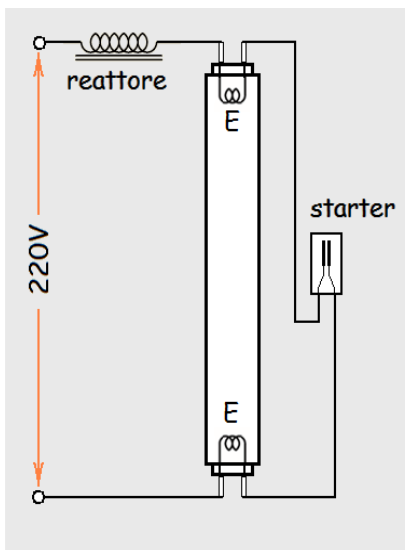
La luce viene generata da un arco elettrico (ovvero una scarica continua) che si instaura fra due terminali o elettrodi; gli atomi di mercurio, sollecitati dall'arco, emettono radiazioni che, andando a colpire i fosfori depositati sulla superficie del tubo, vengono trasformate in radiazioni visibili, e cioè in luce.

Purtroppo, per funzionare, queste lampade richiedono alcuni componenti aggiuntivi, che sono il reattore e lo starter.

Il **reattore** è un'induttanza (spire di filo avvolte su nucleo magnetico) ed ha lo scopo di limitare la corrente che il tubo assorbe all'accensione (infatti si sfrutta la "reattanza", cioè la resistenza che una induttanza oppone alla corrente alternata).

Lo **starter** è invece il componente che avvia il funzionamento della lampada. Consiste in un'ampollina di vetro, ripiena di gas (neon), ed al cui interno si trovano due lamelle metalliche; quando allo starter viene applicata la tensione di 220V, si verifica una scarica ad arco fra le due lamelle, le quali, scaldandosi, si deformano e vanno a toccarsi. Lo starter agisce quindi come un interruttore, in cui il contatto è realizzato dalle due lamelle sensibili alla temperatura.

Lo schema di funzionamento della lampada al neon, detta anche lampada a scarica, è illustrato nella figura che segue.



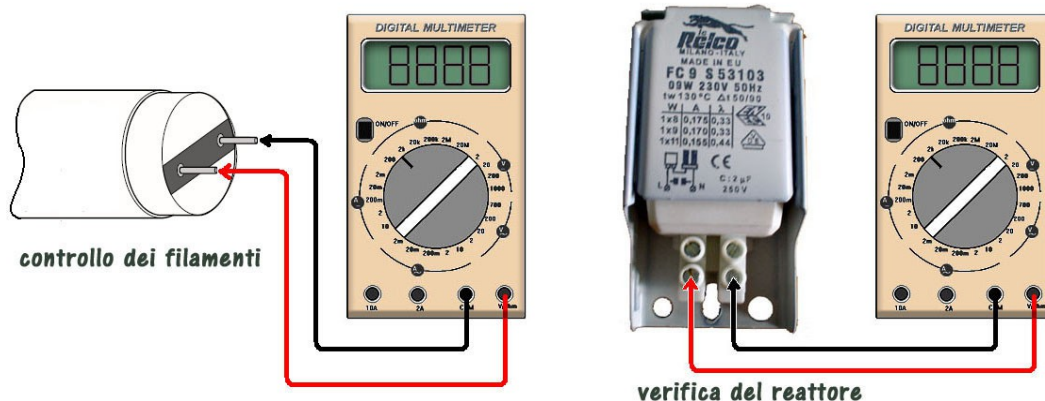
Nel momento in cui si dà tensione alla lampada, non circola alcuna corrente perché il circuito risulta aperto; la tensione di 220V arriva quindi direttamente allo starter, che si scalda e chiude il contatto. La corrente comincia a scorrere, mentre si riscaldano i filamenti E alle estremità del tubo.

Nello starter, intanto, essendo cessata la scarica, le lamelle si sono raffreddate, per cui si allontanano, aprendo il contatto; a causa dell'induttanza del reattore, l'improvvisa apertura del circuito fa nascere una sovratensione, in grado di causare la scarica fra gli elettrodi, con ionizzazione del gas della lampada che quindi si accende.

Con la lampada in funzionamento normale (a regime), la corrente passa nel reattore e quindi attraversa il tubo in virtù della scarica che permane fra i due elettrodi; con il passaggio della corrente, si determina una caduta di

tensione nell'induttanza, per cui allo starter arriva una tensione ridotta, di circa 130V, che non è in grado di provocare una scarica; le lamelle dello starter rimangono pertanto separate (contatto aperto).

Naturalmente, sia il reattore che lo starter devono essere adatti al tipo di tubo cui vanno collegati, pena un funzionamento difettoso ed una vita più breve.



Quando un tubo al neon comincia a dare segni di cattivo funzionamento, sorge sempre il dubbio: sarà da sostituire il tubo, lo starter o il reattore? Vediamo allora quali controlli si possono fare prima di decidere come intervenire.

Occorre un tester, il cui uso sarà illustrato nei capitoli che seguono. Smontato il tubo dal portalampada lo si poggia su di una superficie morbida, quindi si prepara il tester per la di resistenze (bassa portata, dell'ordine delle centinaia di ohm). Misurando la resistenza fra i terminali posti alle estremità del tubo, si deve trovare un valore compreso fra 2 e 10 ohm; se da una delle estremità il valore risulta infinito (cioè non c'è continuità) vuol dire che il filamento è interrotto (occorre sostituire il tubo).

Anche un tubo che presenti annerimento alle estremità è da sostituire perché ormai esaurito.

Si misura poi la resistenza del reattore: il suo valore deve essere di qualche decina di ohm; se il valore è zero, il reattore è in cortocircuito, se il valore è infinito, l'avvolgimento è interrotto (sostituire il reattore).

Un tester per amico

Anche se nel campo dell'elettricità applicata l'uso del tester non risulta assolutamente indispensabile, ci sono casi in cui poterne disporre è senz'altro di aiuto. Per la verità, le prestazioni che gli si richiedono non sono eccezionali, essendo limitate alla misura di qualche tensione e di qualche resistenza.



vecchio tester analogico



tester digitale economico



tester autoranging

I tester disponibili sul mercato sono davvero tantissimi, ma nel caso nostro direi che la scelta è semplice: un modello semplice ed economico andrà bene senz'altro. Non è certo il caso di orientarsi sui vecchi modelli analogici a lancetta, poco pratici da leggere, e nemmeno su di un modello professionale, magari con selezione automatica delle portate (autoranging). Teniamo presente che a noi servirà più che altro per vedere se c'è tensione o meno, e per controllare la continuità di un circuito o di un avvolgimento. Concludendo, orientiamoci su un tester per uso hobbistico, che può costare dai 10 ai 20 euro, purché abbia almeno due portate per misure di tensioni alternate.

Qualunque tester dispone di due cavetti, uno rosso e uno nero, che da un lato hanno uno spinotto da inserire nella corrispondente boccia del tester, e dall'altro hanno l'estremità appuntita, per toccare con precisione un singolo punto del circuito da misurare.

Sul tester sono in genere presenti tre bocchie: una nera, identificata con "COM" che sta per "comune"; è infatti la boccia dove, in tutti i casi, inseriremo il cavetto nero. Ci sono poi due bocchie rosse: una è quella che useremo di più, ed è marcata con "V ohm mA VAC DC"; è in pratica la boccia dove va inserito il cavetto rosso per quasi tutte le misure (tensioni continue, alternate, resistenze). L'altra boccia, sempre rossa, si usa in genere solo per le misure di corrente, che però, trattandosi di corrente continua, non sono di nostro interesse.



Vedremo adesso più in dettaglio come impostare le funzioni di un tester, facendo riferimento al modello raffigurato a sinistra. Supponiamo di

voler misurare la tensione di rete, che sappiamo essere di circa 230V. Per prima cosa ruotiamo il selettore giallo, sulla posizione che si vede nella figura a destra; infatti vi si legge "250V", valore leggermente superiore a quello che vogliamo misurare. Non potevamo scegliere la posizione "200V" perché il tester sarebbe andato **fuori scala**. Sulla destra dei numeri vediamo, in bianco, il simbolo V seguito da un'onda, che ci indica che siamo nel settore delle tensioni alternate. Sul lato sinistro del selettore vediamo invece i valori da 200m (che sta per mV) a 250V, ma con l'indicazione V seguita da due linee, che indicano le tensioni continue.



L'impianto di terra

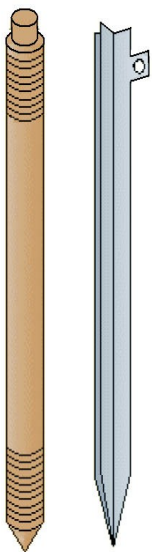
Come dice il nome, si tratta di un impianto il cui scopo è quello di collegare alla terra tutte le parti metalliche, e quindi conduttrici, delle apparecchiature funzionanti con la corrente elettrica e pertanto suscettibili di trovarsi sotto tensione.

Come si è visto nei capitoli precedenti, nei sistemi detti “TT” il neutro viene collegato alla terra nella cabina di distribuzione; per tale motivo, collegare a terra le parti metalliche di un impianto elettrico dipendente da tale cabina, equivale a collegare tali parti a potenziale “zero” (naturalmente si tratta di uno “zero” relativo a quel sistema di distribuzione).

E' facile avere una prova di quanto si è appena detto: se l'impianto di terra è perfetto, si può per esempio accendere una lampada collegandola alla fase e al cavo di terra, invece che tra fase e neutro della rete, senza rilevare differenza nel funzionamento; naturalmente questa prova non è attuabile in presenza di un interruttore differenziale, che svolgerebbe la sua funzione scattando immediatamente per togliere l'alimentazione.

Il collegamento a terra delle parti metalliche degli elettrodomestici, delle tubazioni e di tutto quanto può essere toccato da un utente, fa sì che, in caso di una eventuale dispersione, la corrente di guasto venga dirottata verso terra, facendo scattare immediatamente l'interruttore differenziale.

Un buon impianto di terra serve anche per garantire la protezione catodica di alcune strutture metalliche come serbatoi interrati di GPL, caldaie, ecc.



Il collegamento con la terra si realizza conficcando nel terreno appositi elementi metallici, detti **dispersori** (figura a lato), che possono essere tubi, tondini, picchetti massicci, piastre o altro in acciaio zincato o in rame. Questi elementi devono essere scelti tenendo conto delle caratteristiche del terreno, come la resistività, che può variare sensibilmente in base alla granulometria, all'umidità e alla presenza di sali.

A questi dispersori che vengono installati appositamente, e vengono quindi detti “intenzionali”, è buona norma collegare i cosiddetti “dispersori di fatto”, ovvero quelle strutture che fanno parte dell'edificio, come le armature metalliche delle fondamenta.

Tramite il conduttore di terra, i vari dispersori vengono collegati fra loro e ad un collettore principale, costituito da una sbarra in rame o da una morsettiera, cui fanno capo le altre parti dell'impianto di terra, come i collegamenti equipotenziali provenienti dalle masse estranee che arrivano dall'esterno (per esempio, tubazioni dell'acqua e del gas).

Dal collettore partirà poi il conduttore di protezione “PE” principale (detto anche “montante”), che arriverà nell'abitazione per essere utilizzato dall'impianto.

E' bene precisare che per “collegamenti equipotenziali” si intendono quei collegamenti realizzati fra masse estranee diverse (tubazioni, termosifoni, ecc.) ed il conduttore PE.

Per collegare in modo affidabile i conduttori di terra ai dispersori occorre usare degli appositi morsetti con serraggio a vite.

Si è già detto che la resistività del terreno varia grandemente in funzione della sua tipologia. A titolo di esempio si forniscono alcuni valori indicativi espressi in ohm-metro:

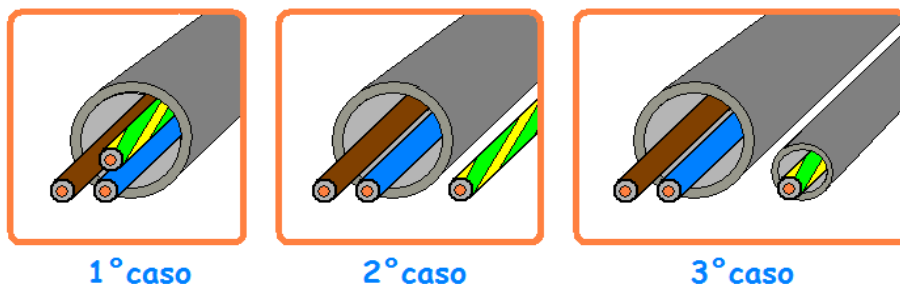
| | | | | |
|---------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| sabbia marina | terreno argilloso | terreno agricolo | terreno roccioso | terreno sabbioso |
| da 1 a 4 | da 5 a 20 | da 25 a 100 | da 250 a 1000 | da 500 a 2000 |

La caratteristica principale di un impianto di terra è la sua resistenza: minore è la resistenza, meglio una eventuale corrente di guasto riesce a diffondersi nel suolo. Se la resistenza di terra è troppo alta, il passaggio di una corrente intensa può dare luogo ad una tensione elevata, che si ritrova su tutte le parti metalliche che vi sono collegate.

Il valore della resistenza di terra è determinato, come si è detto, dalla resistività del terreno, dal tipo di dispersori, dal loro numero e da come sono piazzati nel terreno stesso. Disponendo più dispersori, il valore complessivo della resistenza diminuisce in modo proporzionale, ma per ottenere un vantaggio sensibile occorre mantenere fra un dispersore e l'altro una distanza di almeno qualche metro.

Il conduttore di terra, che unisce i vari dispersori, è in genere una corda o una piattina. Nel caso sia nudo ed interrato, essendo in intimo contatto col terreno esso svolge anche la funzione di dispersore; la sua sezione deve essere almeno di 35 mm² se è in rame, o 50 mm² se in acciaio zincato. Nel caso invece il conduttore di terra sia in cavo isolato, e quindi protetto dalla corrosione, si può utilizzare una sezione di 16 mm² (sia per il rame che per l'acciaio).

Il conduttore di protezione PE è quello che collega l'impianto di terra alle masse presenti nell'abitazione; esso deve essere di colore giallo/verde e la sua sezione va scelta in base al seguente criterio:



1° caso: il conduttore di protezione fa parte della conduttura di alimentazione

- se la sezione del filo di fase S_f è minore o uguale a 16 mm² la sezione del conduttore di terra PE deve essere uguale ad S_f
- se la sezione del filo di fase S_f è di 25 mm² o di 35 mm² la sezione del conduttore di terra PE deve essere di 16 mm²
- se la sezione del filo di fase S_f è maggiore di 35 mm² la sezione del conduttore di terra PE deve essere uguale alla metà di S_f

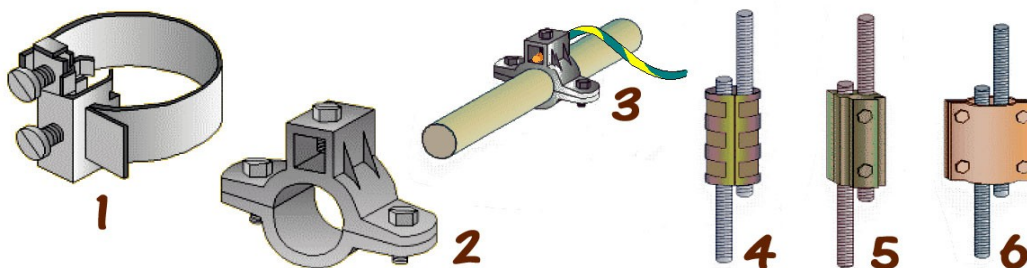
2° caso: il conduttore di protezione non fa parte della conduttura di alimentazione e corre a parte senza una protezione meccanica: in tal caso la sua sezione non deve essere inferiore a 4 mm²

3° caso: il conduttore di protezione non fa parte della conduttura di alimentazione ma corre in una propria protezione: in tal caso la sua sezione non deve essere inferiore a 2,5 mm²

I collegamenti equipotenziali collegano all'impianto di terra le masse estranee (tubazioni, termosifoni, strutture metalliche fisse, ecc.); la sezione del cavo da utilizzare dipende dal cavo usato per il PE, come indica la tabella che segue (le sezioni sono in mm²):

| Sezione del conduttore PE | <=10 | 16 | 25 | >35 |
|---------------------------------------|------|----|----|-----|
| Sezione del conduttore equipotenziale | 6 | 10 | 16 | 25 |

L'impianto di terra deve far capo ad un **collettore principale di terra**, che può essere una piastra in rame stagnato o acciaio zincato, oppure una morsettiera. A tale collettore arrivano tutti i conduttori provenienti dai vari elementi dell'impianto di terra; al fine di garantire la massima durata nel tempo, sia come contatto elettrico sia come stabilità meccanica, i collegamenti devono essere eseguiti con la massima cura, utilizzando metodi ed accessori specifici, come quelli illustrati nella figura che segue.



- 1 – collare adatto al collegamento di un cavo su di un tubo
- 2 – morsetto adatto al collegamento di un cavo su di un tubo
- 3 – collegamento di un cavo su di un tubo col morsetto n. 3
- 4, 5, 6 – esempi di collegamenti fra corde nude

La corrosione da correnti galvaniche

Realizzando l'impianto di terra occorre tenere presente anche il problema della corrosione, dovuta alle correnti galvaniche che si generano fra un metallo e l'altro, tanto più intense quanto maggiore è la differenza fra i potenziali elettrochimici dei due metalli.

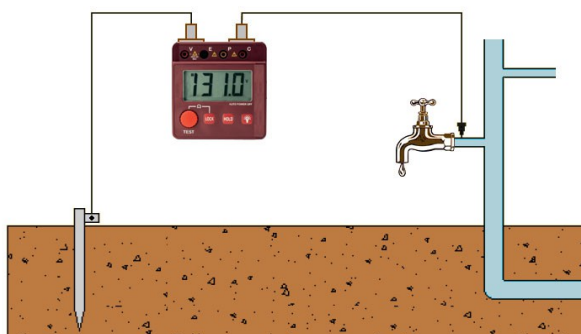
Il ferro, ad esempio, ha un potenziale di $-0,43$ mentre per il rame il valore è di $+0,35$. Mettendo a contatto parti in ferro con parti in rame, i due metalli si troveranno sottoposti alla corrosione da corrente galvanica causata dalla differenza di potenziale di $0,78$ V.

Per tale motivo, nell'unire parti dell'impianto in metalli diversi occorre utilizzare elementi di giunzione realizzati con un metallo adatto alla situazione.

Per collegare ad esempio un cavo di rame ad un dispersore in ferro zincato, sarà opportuno applicare in testa al cavo un capocorda in rame stagnato; in alternativa, si può utilizzare un morsetto in ottone.

Misura della resistenza di terra

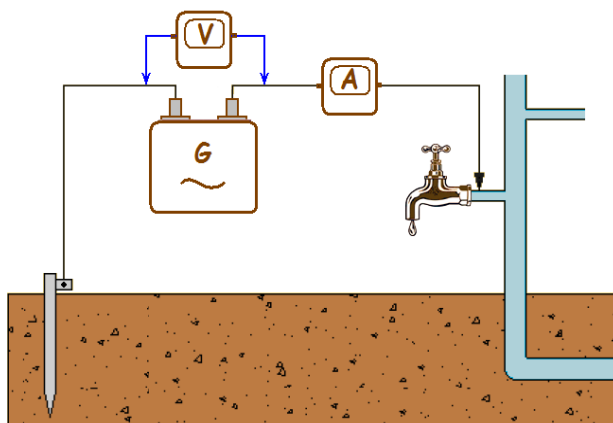
Dopo aver sistemato i dispersori, distesi i cavi della giusta sezione e fatti i collegamenti con i materiali più adatti, sorge la curiosità di sapere quanto è buono l'impianto realizzato; in altre parole, se la resistenza di terra complessiva è sufficientemente bassa.



E' bene chiarire subito che la misura della resistenza di terra non è un'operazione proprio semplice; occorrono strumenti di misura adatti allo scopo e una buona conoscenza dei metodi da seguire. Ma anche con tali presupposti, non sempre si ottengono risultati validi.

Senza quindi dilungarsi in descrizioni poco utili, vediamo brevemente l'unico metodo di misura abbastanza facile da mettere in pratica, magari anche con mezzi di fortuna.

Il metodo viene detto “dei due punti” e per potersene servire è necessario che esista non lontano una massa metallica che faccia le funzioni di dispersore con resistenza trascurabile; per esempio, una tubazione dell'acqua costituita da tubi metallici ed abbastanza estesa (figura alla pagina precedente). Senza scendere troppo nei dettagli, usando uno strumento apposito si fa passare una certa corrente fra il dispersore realizzato e quello di riferimento (cioè la tubazione); essendo nota la tensione applicata, è semplice calcolare la resistenza del dispersore, dividendo la tensione per la corrente. Il metodo si basa sull'assunto che il dispersore scelto come riferimento abbia resistenza trascurabile, e quindi tutta la resistenza trovata col calcolo sia da attribuire al dispersore sottoposto a misura.



Come accennato, il metodo è applicabile anche non disponendo dello strumento misuratore della resistenza di terra. In effetti (figura a lato) sarebbe sufficiente disporre di un qualsiasi generatore di tensione alternata (**G**), in grado di far passare una corrente di qualche decina di milliampere; misurando tale corrente con un milliamperometro (**A**) e la tensione applicata con un voltmetro (**V**) si potrebbe avere un'idea approssimativa del valore della resistenza.

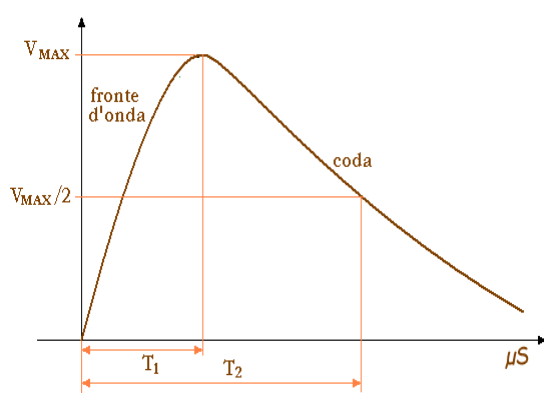
Non è opportuno usare un generatore di tensione continua, poiché la misura potrebbe risultare alterata a causa della presenza di correnti galvaniche nel terreno.

La protezione dalle sovratensioni

Le sovratensioni nella rete elettrica possono essere causate da scariche atmosferiche (fulmini), oppure da problemi sulla linea, come manovre di commutazione, improvvise diminuzioni del carico, guasti verso terra, ecc.

Nel corso di temporali, per cause non ben definite, le nuvole tendono ad elettrizzarsi, dando luogo ad un campo elettrico che si stabilisce fra le masse d'aria ed il suolo. Quando l'intensità di tale campo diventa tale da superare la rigidità dielettrica dell'aria, si verifica la scarica, ovvero il comune fulmine. Il fenomeno del fulmine coinvolge energie enormi, che possono dar luogo a correnti di scarica di 200 kA o maggiori.

Le sovratensioni hanno sempre carattere impulsivo e sono caratterizzate da un fronte d'onda in cui la tensione sale rapidamente, ed una coda in cui la tensione decresce più o meno lentamente.



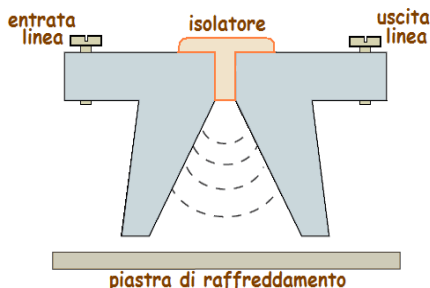
Osservando il grafico a lato, che mostra lo sviluppo temporale di una sovratensione, si individuano un tempo di salita T_1 , che va dall'inizio fino all'istante in cui la tensione raggiunge il valore massimo, ed un tempo T_2 , detto "all'emivalore", che va dall'inizio fino all'istante in cui il valore della tensione si dimezza. Questi due tempi caratteristici permettono di definire il tipo di onda: parlando per esempio di onda 8/20, ci si riferisce ad un'onda in cui il valore della tensione raggiunge il suo massimo dopo 8 μs e si dimezza dopo 20 μs .

Le sovratensioni, che possono manifestarsi fra un conduttore e l'altro della linea, oppure fra un

conduttore e la terra, rappresentano un pericolo notevole, essendo in grado di danneggiare parti dell'impianto elettrico, nonché elettrodomestici ed altri utilizzatori domestici; in certi casi, possono anche risultare pericolose per l'incolumità delle persone.

E' quindi buona norma mettere in atto le precauzioni possibili, ricorrendo all'uso dei dispositivi che la tecnologia mette a nostra disposizione.

I principali dispositivi di protezione, detti anche "**SPD**" (dall'inglese Surge Protection Device), sono essenzialmente di due tipi: spinterometri e varistori.



Gli **spinterometri** (figura a lato) sono costituiti da due elettrodi separati semplicemente dall'aria o da un gas. Alla tensione di esercizio presentano un'impedenza elevata e nessuna dispersione (ovvero corrente di fuga nulla). In presenza di una sovratensione, si innesca un arco fra gli elettrodi e la tensione ai loro capi viene rapidamente ridotta a pochi volt. Sono caratterizzati da elevate correnti di scarica, che possono arrivare anche a 100 kA, a seconda della forma dell'onda.

il **varistore** è un dispositivo realizzato con ossido di zinco o carburo di silicio. Alla tensione di esercizio presenta un'impedenza molto elevata; in caso di sovratensione l'impedenza si riduce quasi a zero, determinando un corto circuito che causa la dispersione della corrente verso terra. Le correnti di scarica possono arrivare a circa 10 O 15 kA.

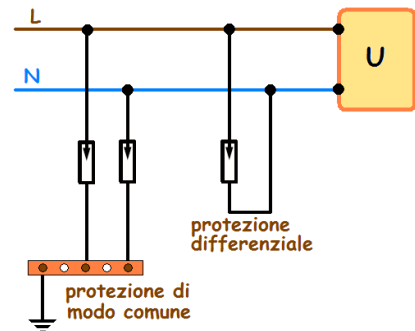


varistor

A causa di una debole corrente di fuga, costantemente presente alla normale tensione di esercizio, il varistore si degrada nel tempo; dopo ogni intervento in seguito a sovratensione, la corrente di fuga aumenta, fino a provocare la distruzione del dispositivo.

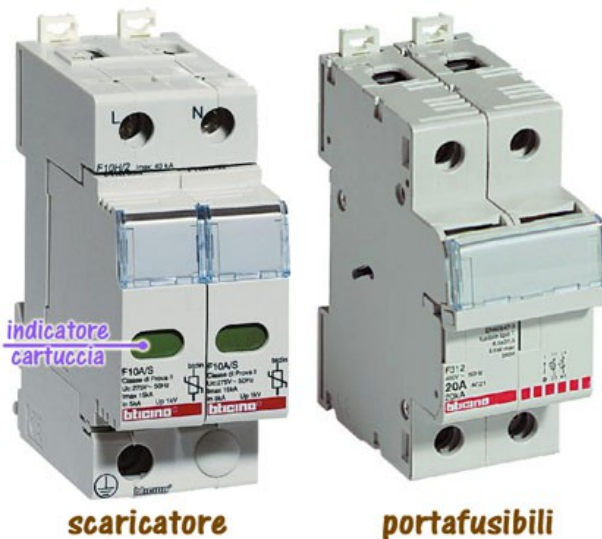
La protezione da sovratensioni può essere di modo comune o di modo differenziale; nel primo caso la sovratensione si manifesta fra i conduttori di linea e la terra, mentre nel secondo essa risulta presente fra un conduttore e l'altro.

Per quanto detto, la collocazione dei dispositivi di protezione deve seguire criteri diversi, come illustrato nella figura a destra: la protezione di modo comune si realizza disponendo gli scaricatori fra ciascuno dei conduttori e la terra; la protezione differenziale si ottiene invece tramite uno scaricatore inserito fra un conduttore e l'altro. Le sovratensioni di modo differenziale hanno un effetto particolarmente dannoso per tutte le apparecchiature collegate alla rete elettrica, specialmente per quelle più delicate.



Gli scaricatori vanno installati prima dell'interruttore differenziale, per evitare che questo possa essere attraversato e danneggiato dalla sovratensione.

Nello scegliere uno scaricatore è bene orientarsi su un modello con elevata corrente di scarica I_n ; anche se può avere un prezzo maggiore, durerà senz'altro più anni ed offrirà una migliore protezione, specialmente in quei luoghi più soggetti a fulminazione, come le zone montuose. Il valore di corrente di scarica che risulta più conveniente come rapporto fra prezzo di acquisto e durata, è compreso fra 15 e 20 kA; con una densità di fulmini media, un simile scaricatore può durare anche 20 anni.



scaricatore

portafusibili

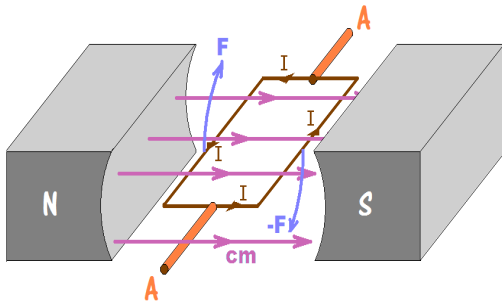
Quasi tutti i modelli di scaricatori hanno cartucce estraibili, che vanno sostituite quando giungono a fine vita; tale condizione viene segnalata da un apposito indicatore, che cambia colore e diventa rosso (figura a lato).

Sia gli spinterometri che i varistori necessitano di una protezione a monte, detta "di back-up", atta a preservarli dal cortocircuito, e che può anche consistere in un fusibile (figura a lato): occorre infatti notare che uno spinterometro potrebbe non essere in grado di estinguere l'arco dovuto alla scarica, anche al cessare della sovratensione, mentre un varistore, giunto a fine vita, equivale in pratica ad un cortocircuito.

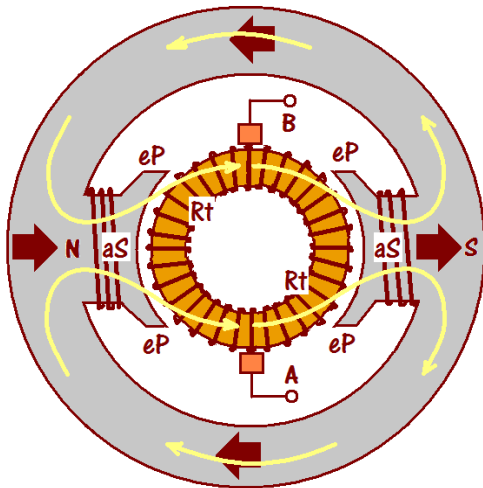
Alla fine, la soluzione più affidabile consiste nell'utilizzare una tecnica "combinata", ovvero che sfrutti le caratteristiche migliori sia degli spinterometri che dei varistori; i dispositivi di questo tipo sono spesso già configurati in modo da garantire la protezione verso le sovratensioni sia di modo comune che di modo differenziale, e in molti casi integrano anche la protezione di back-up.

Motori a collettore in corrente continua

I motori elettrici funzionano grazie a diversi principi fisici; in base alla legge di Lorentz, per esempio, se un conduttore immerso in un campo magnetico è percorso da una corrente I , sul conduttore stesso agisce una forza, proporzionale all'intensità del campo magnetico ed alla corrente I .

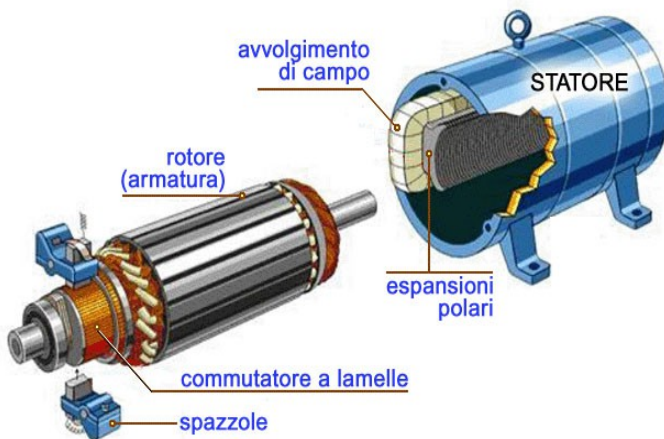


Se il conduttore immerso nel campo magnetico cm ha la forma di una spirale, e questa è attraversata da corrente, per effetto di tale campo la spirale risulta soggetta ad una coppia meccanica $F, -F$, che tende a farla ruotare (figura a lato).



Si comprende quindi come sia possibile realizzare un motore disponendo di una struttura fissa, in grado di generare un campo magnetico, e di un elemento che, ricevendo corrente dall'esterno, sia in grado di ruotare all'interno di questo campo. La parte fissa è detta **statore**, e può generare il campo magnetico avvalendosi di magneti permanenti, oppure grazie a degli avvolgimenti percorsi da corrente. La parte rotante, detta **rotore**, è composta da vari avvolgimenti, ognuno dei quali fa capo ad una coppia di lamelle metalliche, disposte su di una struttura circolare detta **collettore**: la tensione, prelevata da un circuito esterno, viene applicata al collettore attraverso un paio di **spazzole**, che di volta in volta, a seconda della posizione del rotore, fanno arrivare corrente ad uno o all'altro degli avvolgimenti. Il motore che stiamo qui descrivendo è detto motore a collettore in corrente continua.

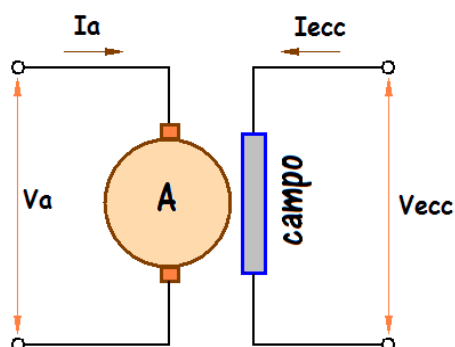
Nella figura a lato si notano gli avvolgimenti di statore **aS**: essi hanno lo scopo di creare il campo magnetico che, attraverso le espansioni polari **eP**, si diffonde intorno al rotore **Rt**. Le spazzole **A** e **B** fanno arrivare corrente agli avvolgimenti del rotore.



Nella figura a lato si vede lo statore, con l'avvolgimento di campo e le relative espansioni polari; l'indotto, detto anche armatura, è in materiale ferromagnetico, realizzato con lamierini allo scopo di ridurre le perdite per correnti parassite e per isteresi che si generano in seguito alla rotazione nel campo magnetico induttore. Nel pacco di lamierini sono ricavate delle scanalature o "cave" dove vengono alloggiati i conduttori che costituiscono l'avvolgimento di indotto.

Ogni avvolgimento fa capo ad un paio di lamelle sul collettore (o commutatore); su tali lamelle strisciano le spazzole, che di volta in volta danno corrente all'avvolgimento che corrisponde al paio di lamelle con cui sono in contatto.

In conseguenza di come sono collegati gli avvolgimenti dello statore e del rotore, i motori possono essere del tipo ad eccitazione separata o del tipo ad eccitazione serie.



Il motore ad eccitazione separata è, tra i motori a corrente continua, quello più usato in ambito industriale, considerando che consente di regolare indipendente l'una dall'altra le correnti che circolano nel rotore e quelle di statore. Anche i motori in cui il circuito elettrico di eccitazione è sostituito da magneti permanenti, rientrano in questa categoria.

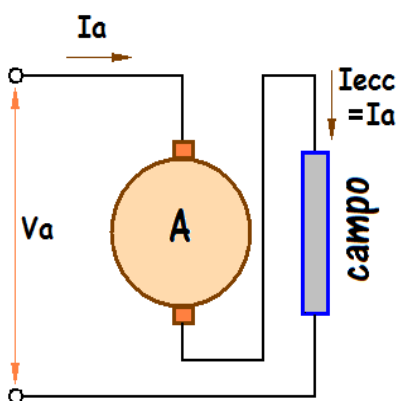
Il rotore indotto (immagine a lato), indicato con A (armatura), viene alimentato con una sua tensione V_a ed assorbe quindi una corrente I_a ; l'avvolgimento di campo (lo statore) viene alimentato con una tensione di eccitazione V_{ecc} ed assorbe una corrente I_{ecc} .

La tensione con cui viene alimentato il rotore determina la sua corrente di spunto, che risulta limitata unicamente dalla resistenza dell'avvolgimento indotto e dalla caduta di tensione nel contatto fra lamelle e spazzole; si tratta di una corrente di valore elevato, che il motore può sopportare per un tempo limitato.

Grazie alla eccitazione separata, è possibile regolare indipendentemente la corrente negli avvolgimenti del rotore: aumentando la tensione di alimentazione, aumentano la coppia e la corrente allo spunto, così come la velocità della macchina.

Regolando invece la corrente negli avvolgimenti dello statore si osserva che ad un maggior flusso di eccitazione corrisponde una minore velocità del motore ed una maggiore coppia di spunto, mentre rimane invariata la corrente di spunto.

Un caso particolare si verifica nel caso in cui, in assenza di coppia resistente, il flusso di statore venga annullato, mentre risulta presente la tensione applicata al rotore: il motore tende allora a ruotare ad una velocità teoricamente infinita, verificandosi quella condizione indicata come fuga in velocità del motore a corrente continua; tale condizione è assolutamente da evitare, considerato che può portare alla distruzione del motore stesso.



Nel motore ad eccitazione serie, gli avvolgimenti del rotore e quelli che generano il campo (cioè quelli di statore) sono collegati in serie, per cui sono percorsi dalla stessa corrente $I_a = I_{ecc}$ (figura a lato).

I conduttori dell'avvolgimento di eccitazione devono quindi essere dimensionati in modo tale da sopportare la forte corrente che attraversa il rotore; per tale motivo la forza magnetomotrice di eccitazione è ottenuta con avvolgimenti di poche spire realizzati con filo grande sezione.

La potenza erogata dal motore ad eccitazione in serie rimane praticamente costante in un ampio intervallo di velocità di rotazione; per tali caratteristiche è stato a lungo

utilizzato per la trazione elettrica.

Un vantaggio del motore ad eccitazione serie è quello di poter funzionare sia in corrente continua che in corrente alternata; questo poiché, nel momento in cui il verso della corrente si inverte, si invertono entrambi le polarità sia dello statore che del rotore, col risultato che le forze magnetiche, e quindi la coppia generata, rimangono inalterate. Come motore in corrente alternata, il motore ad eccitazione in serie è oggi abbastanza diffuso in presenza di alimentazioni monofase, dove assume la denominazione di motore monofase a collettore o motore universale.

Come si è detto in precedenza, l'avvolgimento del rotore viene alimentato tramite il contatto fra spazzole e collettore. Durante la rotazione, le spazzole, strisciando sulla superficie del collettore, commutano al momento giusto la corrente tra le varie lamelle. Il termine commutazione indica l'inversione della corrente negli avvolgimenti del rotore quando una delle bobine viene messa in cortocircuito attraverso il contatto simultaneo dei suoi terminali con la spazzola; si tratta di un aspetto molto importante e delicato nel funzionamento della macchina a collettore.

Una buona commutazione dipende dal materiale delle spazzole e del collettore, dalla pressione delle spazzole sulle lamelle, dalla densità di corrente nella zona di contatto e da condizioni ambientali come temperatura, umidità, ecc.

A causa della presenza di tensioni autoindotte e tensioni dovute al flusso di reazione, si può verificare in determinate condizioni uno scintillio, che corrisponde all'arco elettrico che si innesca fra spazzola e lamella prima che il relativo contatto sia venuto meno. Lo scintillio influisce negativamente sul corretto funzionamento della macchina, poiché accelera l'usura delle spazzole e del collettore; nei casi peggiori, può causare il cortocircuito tra le spazzole tramite archi elettrici che interessano tutto il collettore.

Questi fenomeni dannosi possono essere controllati scegliendo, per esempio, spazzole di maggiore resistività; d'altra parte questa scelta porta a maggiori perdite nel motore. Sono anche possibili altri accorgimenti, come la riduzione dell'induttanza delle bobine del rotore, l'aumento del tempo di commutazione, ottenuto tramite spazzole di maggiore estensione, o attraverso la predisposizione di poli ausiliari, detti poli di commutazione.

Il motore universale, che come si è detto è un motore ad eccitazione in serie alimentato in corrente alternata, differisce da quello alimentato in continua per il circuito magnetico che, dovendo essere sottoposto ad un campo magnetico variabile, viene costruito usando un pacco di lamierini, similmente al rotore.

Le principali caratteristiche di tale motore sono una elevata coppia di spunto, le dimensioni compatte ed un elevato numero di giri; trova largo impiego nel campo dei piccoli elettrodomestici (frullatori, asciugacapelli, ventilatori, ecc) e degli utensili per uso hobbistico (quindi discontinuo, come aspirapolvere, trapani, seghe ecc.)

I motori asincroni trifase

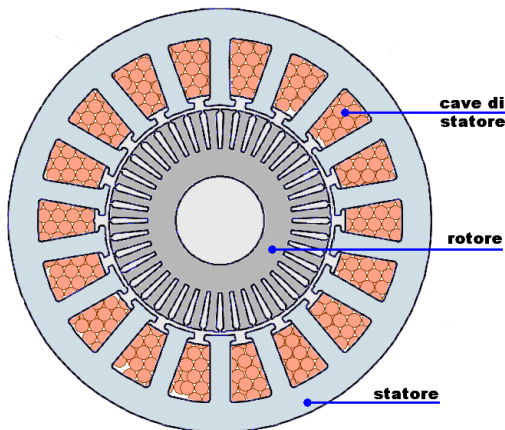


Aspetto esterno di un motore asincrono

Detto anche “motore ad induzione”, il motore asincrono trifase è una macchina altamente affidabile, richiede pochi interventi di manutenzione e si adatta agli impieghi nei settori più diversi, dalle pompe ai ventilatori, dagli ascensori alle gru, dagli impianti frigoriferi ai compressori.

Sul mercato sono reperibili motori la cui potenza spazia dal centinaio di watt fino a motori che superano i 600 kW.

L'unico lato negativo di questi motori è la velocità di rotazione, che risulta praticamente costante, anche se, con la moderna elettronica di potenza, è possibile regolare tale velocità abbastanza agevolmente.



I motori trifasi sono composti da uno statore e da un rotore (figura a lato).

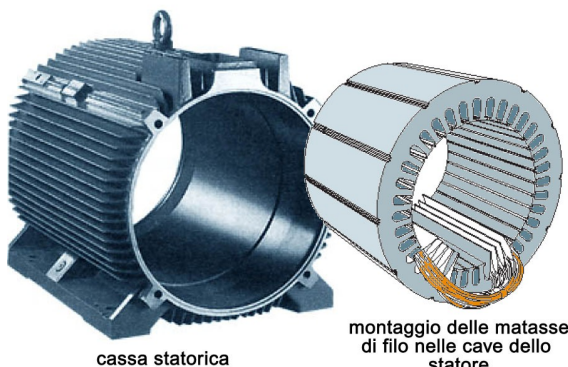
Lo statore, che è la parte fissa, è costituito da lamierini all'acciaio - silicio, isolati l'uno dall'altro; al suo interno sono ricavate delle cave dove vengono montati gli avvolgimenti induttori, in numero di tre, destinati a creare quello che viene definito “campo magnetico rotante”.

All'interno dello statore è collocato il rotore, che costituisce il circuito indotto. Se il rotore è a gabbia di scoiattolo, risulta formato da un insieme di sbarre di rame o di alluminio, che vengono chiuse in cortocircuito da due anelli situati uno per ogni

estremità. Le correnti che circolano in tali sbarre perché indotte dallo statore, danno origine al campo magnetico indotto, che determina il movimento del rotore.

Le parti della macchina sono contenute in una la carcassa, dotata di alette per smaltire il calore prodotto dagli avvolgimenti; al raffreddamento contribuisce anche una ventola, che ruota solidalmente all'albero motore.

L'albero, in genere scanalato per agevolare il collegamento meccanico con la macchina utilizzatrice, ruota sostenuto da due cuscinetti; è inoltre presente una morsettiera di connessione, cui fanno capo gli avvolgimenti dello statore.



Il campo magnetico rotante

Si cercherà adesso di illustrare, in modo semplice per quanto possibile, come ha origine il campo magnetico rotante.

Come prima condizione, sono necessari tre avvolgimenti uguali, aventi lo stesso numero di spire N , disposti con i loro assi a 120° geometrici l'uno dall'altro; in tali avvolgimenti devono quindi circolare tre correnti alternate sinusoidali, aventi uguale frequenza f , uguale valore massimo I_{max} e sfasate nel tempo di 120° l'una dall'altra.

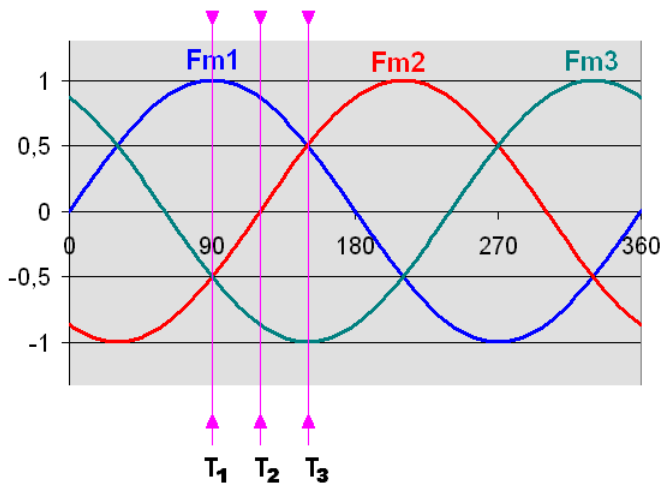
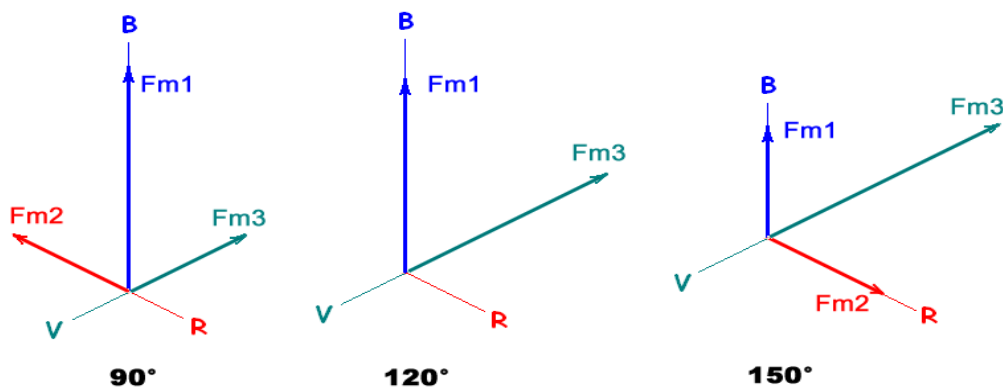


Grafico delle FMM

In seguito al passaggio di queste correnti, (figura a lato) in ciascuno dei tre avvolgimenti si crea una forza magnetomotrice ortogonale al piano dell'avvolgimento stesso. Nei grafici che seguono indicheremo la prima con Fm1, raffigurata in colore blu, la seconda con Fm2, in colore rosso, e la terza con Fm3, in colore verde. In ogni istante, il campo presente all'interno dello statore è la risultante vettoriale delle forze magnetomotrici generate dai tre avvolgimenti.

A titolo di esempio analizzeremo adesso la situazione relativa a tre istanti, scelti a caso: l'istante T₁, che coincide con la

dicitura **90°** del grafico e col massimo valore della Fm1, l'istante T₂, ritardato di 30° rispetto a T₁ (che coincide quindi con **120°**), e l'istante T₃, ritardato di altri 30° rispetto a T₂ e quindi coincidente con **150°**.



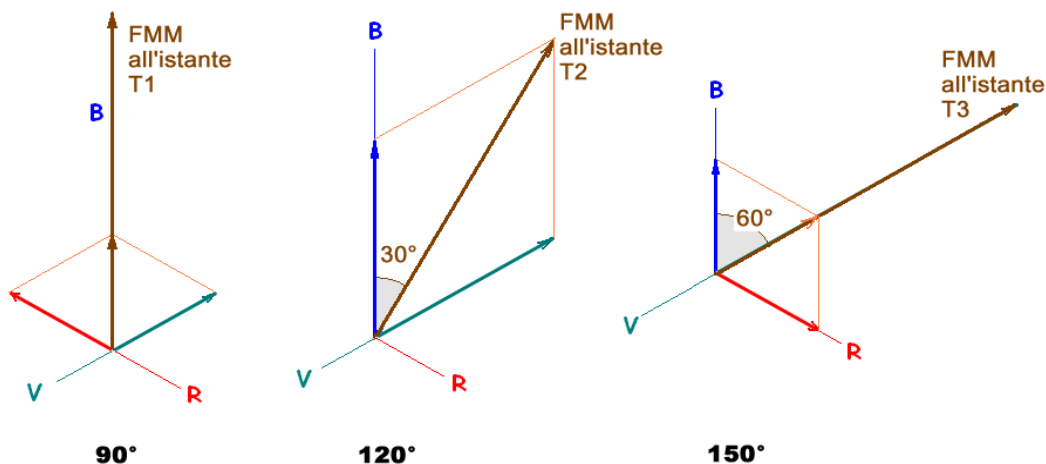
La tavola sopra mostra la rappresentazione vettoriale delle varie forze magnetomotrici, ognuna delle quali è tracciata sull'asse corrispondente: la **Fm1** sull'asse verticale **B**_{lu}, quindi, ruotando in senso orario, la **Fm2** sull'asse **R****osso** e la **Fm3** sull'asse **V****erde**.

Istante T₁ (corrispondente ai **90°** del grafico delle FMM):
 si riporta sull'asse blu la Fm1, che ha il valore massimo; la Fm2 e la Fm3, che hanno entrambe lo stesso valore, ma negativo, vengono riportate sul lato negativo rispettivamente dell'asse rosso e dell'asse verde

Istante T₂ (corrispondente ai **120°** del grafico delle FMM):
 si riporta sull'asse blu la Fm1, il cui valore è leggermente diminuito rispetto al caso precedente; la Fm2 vale zero, per cui non la si grafica, ed infine si riporta sul lato negativo dell'asse verde la Fm3, il cui valore ha raggiunto quasi il massimo negativo

Istante T₃ (corrispondente ai **150°** del grafico delle FMM):
 si riportano i valori come per i casi precedenti (la Fm3 ha raggiunto il massimo negativo)

Eseguendo la composizione dei vettori, per ciascuno dei casi precedenti è possibile determinare la forza magnetomotrice risultante, come si vede nella tavola sotto:



Si nota che il vettore FMM, che rappresenta il campo magnetico nel rotore, ha in ogni caso lo stesso valore, ma risulta di volta in volta ruotato di 30° passando da T₁ a T₂ ed a T₃; ciò avviene per effetto della composizione delle forze magnetomotrici relative a ciascuna fase, che variano da istante a istante, seguendo l'intensità delle correnti che circolano nei rispettivi avvolgimenti.

Quanto appena descritto è in accordo con ciò che dichiara l'enunciato del teorema di Galileo Ferraris:

Tre avvolgimenti con lo stesso numero di spire, disposti nello spazio a $2\pi/3$ tra loro e percorsi da una terna equilibrata di correnti alternate, con pulsazione ω e sfasate tra loro nel tempo di $2\pi/3$, originano un campo magnetico rotante con velocità ω e di ampiezza pari ad una volta e mezzo quella del campo massimo prodotto da ogni singolo avvolgimento.

Precisiamo che l'espressione $2\pi/3$ indica uno spazio sia angolare che temporale.

Considerando che l'intero angolo giro (360°) corrisponde a 2π , l'espressione $2\pi/3$ equivale ad un terzo di angolo giro, ovvero a 120°

Riferendosi invece all'aspetto temporale, 2π corrisponde ad un periodo, ovvero all'intervallo di tempo in cui si susseguono tutti i valori di una grandezza sinusoidale; $2\pi/3$ equivale quindi ad $1/3$ del periodo della sinusoide.

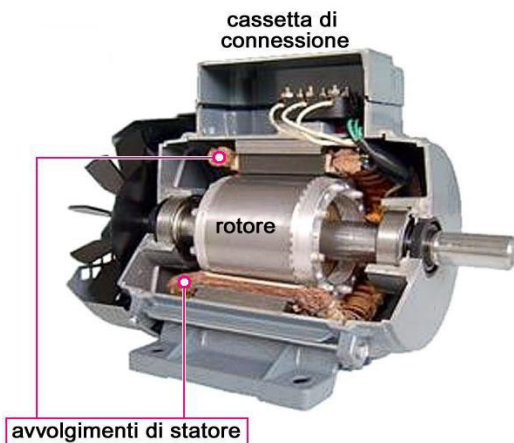
La grandezza ω indica invece la cosiddetta "pulsazione", un valore caratteristico delle funzioni periodiche sinusoidali; la pulsazione è data dalla formula $\omega = 2\pi f$ dove f è la frequenza, che indica il numero di periodi contenuti nell'unità di tempo.

Si conclude pertanto che il campo magnetico prodotto dallo statore ruota con una velocità che dipende in primo luogo dalla frequenza della tensione con cui si alimenta il motore.

La velocità di rotazione di un motore si calcola con la formula $n = 60 \times f / p$ dove n indica il numero di giri al minuto, f è la frequenza di rete e p è il numero di coppie polari presenti nello statore.

In base a tale formula, con una frequenza della tensione di alimentazione di 50 hz e per un motore con una sola coppia polare, la velocità di rotazione risulta di 3000 giri/minuto. La velocità decresce proporzionalmente al numero di coppie polari: con due coppie polari diventa di 1500 giri/min, con 3 coppie polari diventa di 1000 giri/min e così via.

Nei motori con un maggior numero di coppie polari, lo statore ha dimensioni che risultano proporzionalmente maggiori.



Come indica il nome, il motore asincrono è una macchina in cui il rotore gira ad una velocità diversa da quella del campo magnetico rotante; il rotore quindi non ruota in sincronismo, ma ad una velocità leggermente inferiore.

Il rotore, immerso nel campo magnetico di statore, è sede di una forza elettromotrice indotta che genera a sua volta delle correnti; tali correnti creano una coppia motrice che porta in rotazione il rotore nel tentativo di opporsi alla causa che le ha generate. Il rotore pertanto accelera tendendo a eguagliare la velocità di sincronismo, ma senza mai raggiungerla; se, per assurdo, la velocità del

rotore eguagliasse quella del campo rotante, la coppia diventerebbe uguale a zero. La differenza fra la velocità di rotazione del campo magnetico di statore e la effettiva velocità del rotore viene definita "scorrimento"

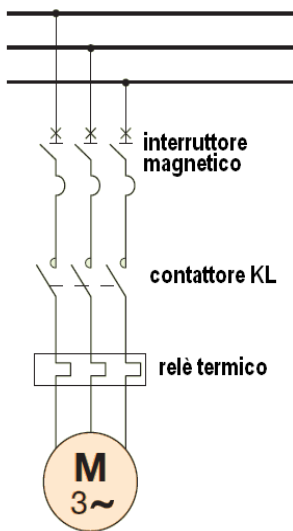
Le caratteristiche elettriche e meccaniche di un motore costituiscono i "dati di targa" e vengono riportati su di un'apposita targhetta applicata alla carcassa della macchina. Di seguito se ne elencano quelli maggiormente significativi.

- La potenza meccanica nominale disponibile all'asse; il valore può essere espresso in kW oppure in CV (cavalli); ricordiamo che 1 CV equivale a 736 W, ovvero a 0,736 kW
- La tensione di alimentazione del motore; ad esempio, l'indicazione 230V Δ , 400VY significa che il motore può funzionare a 230 V se le sue tre fasi sono collegate a triangolo, oppure a 400 V se le fasi sono collegate a stella.
- La corrente nominale in funzione della potenza, della tensione e del fattore di potenza ($\cos\phi$)
- La velocità di rotazione in giri/minuto, in funzione della frequenza di rete (50Hz o 60Hz) e del numero di poli
- il tipo di servizio, che se non specificato va inteso come "continuo"
- il grado di protezione secondo la classificazione IP, che indica quanto la macchina risulta protetta in caso di avvicinamento di persone, circa la possibilità di entrare in contatto con parti in movimento e la possibile penetrazione di corpi solidi estranei
- la protezione contro gli effetti dannosi causati dalla penetrazione di acqua
- la classe termica, che definisce la massima temperatura che può essere sopportata dagli avvolgimenti del motore.

L'avviamento del motore asincrono

L'avviamento del motore costituisce una fase critica, sia per il motore stesso che per la rete che lo alimenta; occorre pertanto utilizzare un certo numero di componenti elettrici aggiuntivi. Tali componenti servono ad esempio a fare avviare il motore, portandolo fino alla velocità di regime, a controllarne il regolare funzionamento proteggendolo dai sovraccarichi e quindi a disinserirlo dalla rete; consentono l'inversione del senso di rotazione, che, a seconda dei casi, può avvenire con motore fermo o in moto.

Avviamento diretto



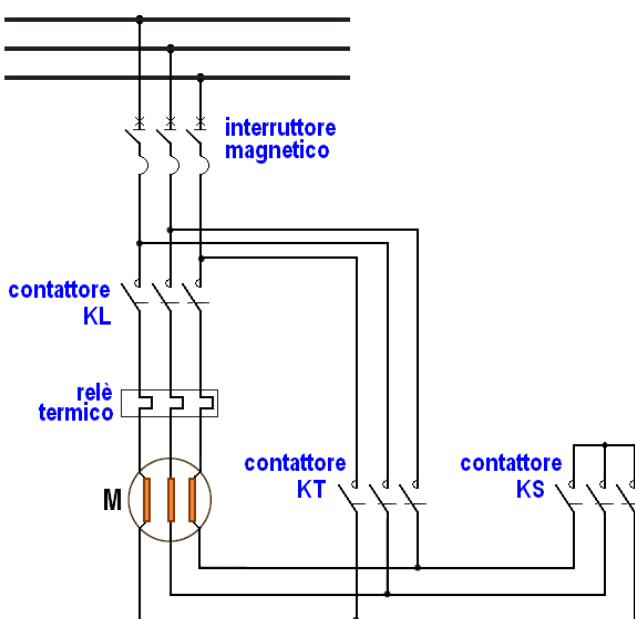
È il sistema più semplice, che si utilizza per motori di piccola potenza, anche a pieno carico: il motore viene collegato direttamente alla rete, per cui si avvia a tensione piena. La coppia di avviamento risulta elevata e la velocità di regime viene raggiunta in tempi brevi.

La corrente di spunto, che raggiunge valori pari anche a più di 10 volte la corrente nominale, può determinare abbassamenti della tensione di rete; inoltre sottopone a notevoli sforzi elettrodinamici sia i cavi di connessione che gli avvolgimenti del motore stesso, mentre le elevate coppie di spunto possono costituire uno stress per gli organi di trasmissione come cinghie e giunti.

Il circuito richiede l'impiego di un interruttore magnetico, che deve intervenire in caso di cortocircuiti, ma non per effetto della corrente elevata che il motore assorbe nella fase di avviamento; per tale motivo, all'interruttore magnetotermico si preferisce un interruttore unicamente magnetico, che garantisce una soglia di

intervento pari a circa 13 volte la corrente nominale.

Il contattore KL permette di collegare alla rete il motore e di scollegarlo a servizio terminato, anche in presenza di sovracorrenti, nel qual caso l'apertura del contattore è comandata dal relè termico.



Avviamento stella / triangolo

È un metodo di avviamento a tensione ridotta, tra i più utilizzati quando la coppia di carico iniziale è bassa e cresce con la velocità. Richiede che il motore sia dotato di sei morsetti (corrispondenti all'inizio e alla fine di ciascuna delle tre fasi) e permette di ottenere correnti di spunto e sollecitazioni meccaniche ridotte.

Come si vede nella figura a lato, l'avviamento avviene collegando gli avvolgimenti a stella, tramite la chiusura dell'interruttore magnetico, del contattore KL e del contattore KS. In tal modo, gli avvolgimenti risultano alimentati da una tensione ridotta: indicando con V_L la tensione di linea, gli avvolgimenti sono

sottoposti ad una tensione $V_A = V_L / 1,732$ (1,732 è la radice quadrata di 3)

Dopo un opportuno intervallo di tempo, il contattore KS si apre, mentre si chiude KT, collegando gli avvolgimenti a triangolo. In tale configurazione gli avvolgimenti risultano alimentati dalla piena tensione di rete e il motore funziona a regime, essendo in grado di fornire la coppia massima.

Occorre che l'intervallo di tempo fra l'apertura di KY e la chiusura di KT sia ben calcolato: se il tempo è troppo breve, si può determinare una condizione di cortocircuito, mentre, se è eccessivamente lungo, il motore decelera e, alla chiusura di KT, tende ad assorbire una corrente più elevata.

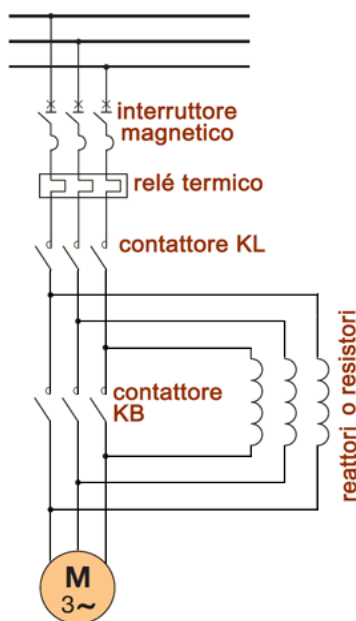
I tempi esatti che regolano il passaggio dalla configurazione a stella a quella a triangolo, e la durata stessa del collegamento a stella, vengono impostati su un apposito temporizzatore.

Avviamento con autotrasformatore

E' un ulteriore metodo di avviamento, utilizzato principalmente con motori a gabbia di scoiattolo di media o grande potenza, caratterizzati da un'inerzia elevata.

Inizialmente gli avvolgimenti vengono alimentati con una tensione ridotta, ottenuta tramite un autotrasformatore; le prese possono essere anche più di una, nel caso si voglia ottenere un avviamento ancora più graduale.

Quando il motore raggiunge l'ottanta o novanta per cento della sua velocità di regime, un apposito contattore si apre determinando un aumento della tensione; la corrente tuttavia continua a passare attraverso l'autotrasformatore, per cui la tensione non è ancora quella di rete. Solo successivamente l'autotrasformatore viene scollegato e l'alimentazione passa alla rete direttamente.



Avviamento con reattori o resistori statici

Il motore viene avviato interponendo in serie agli avvolgimenti di statore dei reattori o dei resistori, che vengono poi esclusi quando il motore raggiunge una certa velocità (figura a lato).

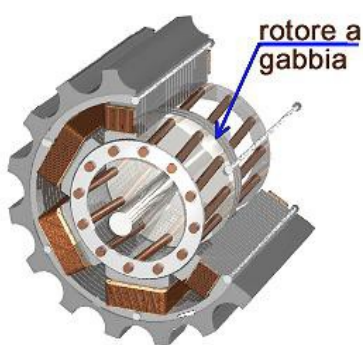
Avviamento con controllo elettronico (soft starter)

Richiede un dispositivo piuttosto costoso, ma rappresenta la soluzione che più si adatta alle esigenze di limitare le sollecitazioni all'avviamento, tenendo conto tuttavia delle esigenze del carico e quindi della coppia richiesta. Il sistema si avvale di un controllo elettronico, costituito da una sezione di potenza, che gestisce le forti correnti in gioco, e da una sezione di comando, o logica, che permette di programmare nei dettagli le modalità dell'avviamento.

TIPI DI ROTORE NEI MOTORI ASINCRONI

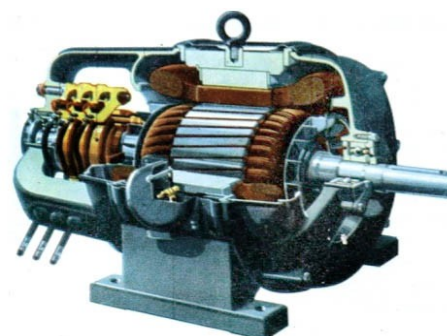
Il rotore che gira all'interno dello statore per effetto del campo magnetico indotto, viene normalmente costruito secondo due tipologie:

- 1)rotore in cortocircuito, più comunemente definito "rotore a gabbia di scoiattolo"
- 2)rotore avvolto o "ad anelli"



Il rotore a gabbia di scoiattolo (figura a lato) è costituito da una serie di sbarre di materiale conduttore, come rame o alluminio, sostenute ad ogni estremità da un anello metallico che ha anche la funzione di realizzare il cortocircuito elettrico; è piuttosto semplice da costruire, per cui il motore risulta robusto ed economico.

Il rotore avvolto (figura a destra) è costituito da veri avvolgimenti, simili a quelli dello statore, ed ha una



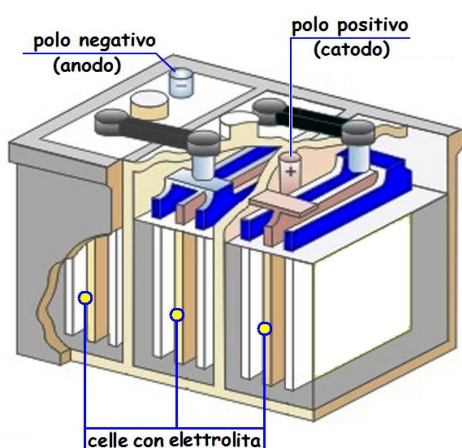
struttura notevolmente più complessa rispetto al tipo precedente. Gli avvolgimenti fanno capo a degli anelli su cui strisciano apposite spazzole: è così possibile interporre delle resistenze nella fase di avviamento. Tale vantaggio, tuttavia, non giustifica la necessità di manutenzione periodica e le sue maggiori dimensioni d'ingombro, specialmente adesso che la velocità può essere agevolmente regolata da un'apposita elettronica di controllo.

Gli accumulatori al piombo



Gli accumulatori elettrici, comunemente chiamati in modo improprio “batterie”, sono apparecchi in grado di accumulare energia elettrica, operando successive trasformazioni: in una prima fase, detta di carica, l'energia elettrica viene trasformata in energia chimica; successivamente, durante la scarica, l'energia chimica viene nuovamente convertita in energia elettrica.

Gli accumulatori al piombo sono costituiti da due elettrodi di piombo, immersi in una soluzione acquosa di acido solforico. Quando l'accumulatore è carico, l'elettrodo positivo è ricoperto di biossido di piombo, mentre l'elettrodo negativo è ricoperto di piombo spugnoso; quando l'accumulatore è scarico entrambi gli elettrodi sono ricoperti di solfato di piombo.



Ciascun elemento di un accumulatore al piombo ha una tensione convenzionale di 2 V (nell'immagine a lato sono raffigurati solo tre elementi); durante la carica la tensione ai morsetti varia da 2,1 V a 2,8 V circa, mentre durante la scarica scende a circa 1,7 V.

L'elettrolito di un accumulatore al piombo è costituito da acido solforico puro diluito in acqua distillata; la sua densità varia in funzione dello stato di carica: ha un valore di circa 1,28 kg/litro ad accumulatore carico e diminuisce man mano che l' accumulatore si scarica, arrivando a circa 1,08 kg/litro.

Un dato fondamentale degli accumulatori al piombo è la capacità, ovvero la quantità di energia elettrica, espressa in Ah, che l'accumulatore può erogare con un determinato regime di scarica, fino alla tensione prestabilita. La capacità non è un dato fisso, ma varia in funzione del regime di scarica: è tanto maggiore quanto maggiore è il tempo di scarica.

Come esempio, un accumulatore da 50 Ah dovrebbe poter erogare 5 A per 10 ore (in realtà i valori sono inferiori, poiché non si arriva mai alla scarica completa).

La quantità di energia che un accumulatore fornisce durante la scarica è sempre inferiore all'energia che ha immagazzinato durante la carica; il valore del rendimento, inteso come rapporto fra le due energie, può variare dal 90% al 95%

Un accumulatore al piombo, ben caricato, lasciato a riposo senza alcun collegamento ai suoi morsetti, perde spontaneamente ogni giorno circa l' 1% della sua carica, a causa di reazioni interne; dopo tre mesi risulta quindi completamente scarico.

La tensione di carica di un accumulatore è $V_c = E_c + R_{ic} I_c$ dove E_c è la forza controelettromotrice dell' accumulatore ed R_{ic} è la resistenza interna durante la carica

La tensione di scarica di un accumulatore è invece $V_s = E_s - R_{is} I_s$, essendo E_s la forza elettromotrice dell' accumulatore ed R_{is} è la resistenza interna durante la scarica.

La forza elettromotrice di un accumulatore al piombo è maggiore durante la carica che non durante la scarica, per la maggiore densità dell'elettrolito.

La resistenza interna ha un valore dell'ordine dei decimi di ohm per i piccoli accumulatori e dei decimillesimi di ohm per quelli più grossi.

Durante la scarica, sulle piastre della batteria si deposita solfato di piombo in cristalli; se il processo di scarica prosegue, il solfato di piombo ricopre le piastre con uno strato biancastro. Scaricando completamente l'accumulatore i normali processi elettrochimici si deteriorano, compromettendo la possibilità di ricaricare la batteria alla sua capacità nominale; nel tempo, il solfato, continuando a depositarsi sulle piastre, impedirà la ricarica della batteria, rendendola praticamente inutilizzabile. Per tale motivo, nel caso che una batteria sia lasciata inattiva per qualche tempo, è necessario effettuare una ricarica ogni uno o due mesi, o, ancora meglio, lasciarla collegata ad un apparecchio che automaticamente la mantenga sempre al giusto livello di carica.

Occorre controllare il livello dell'elettrolito per evitare che le piastre dell'accumulatore, rimanendo scoperte nella parte superiore, possano ossidarsi causa dell'ossigeno dell'aria. Dovendo provvedere al rabbocco, occorre utilizzare solo acqua distillata, versandone fino a raggiungere un livello di 1 cm al di sopra delle piastre. Eventuali impurità e sali presenti nell'acqua usata per il rabbocco possono favorire l'autoscarica della batteria. Si ricorda che, in alternativa all'acqua distillata venduta nei supermercati, è possibile usare l'acqua di scarico della condensa dei condizionatori.

Alcune batterie vengono dichiarate dai costruttori "esenti da manutenzione"; in realtà anche per tali batterie può tornare utile un controllo seguito da eventuale rabbocco con acqua distillata. Purtroppo con questo tipo di accumulatori può essere difficoltoso aprire i tappi di caricamento, che spesso risultano sigillati da piastrine ad incastro. Quando per l'evaporazione dell'acqua l'elettrolito diventa eccessivamente acido, le piastre possono sfaldarsi, facendo cadere sul fondo della batteria materiale conduttivo che può determinare il cortocircuito di uno o più elementi, rendendo inutilizzabile la batteria stessa.

Gli accumulatori per uso automobilistico sono formati da sei celle collegate in serie, per cui forniscono una tensione di 12,73 V in condizioni di piena carica.

La corrente di spunto di un accumulatore (o batteria) è la massima corrente di picco, erogabile per un tempo non superiore ad alcuni secondi, che viene utilizzata per avviare i motori; in genere ha un valore che va da 6 a 8 volte la corrente nominale. Una scarica prolungata con livelli di corrente così elevati può deformare le piastre fino a mandarle in cortocircuito, rendendo l'accumulatore definitivamente inutilizzabile.

Può capitare che la batteria di un'auto tenda a caricarsi in modo insufficiente o, al contrario, in modo eccessivo.

Una carica insufficiente può essere causata dai troppi utilizzatori montati sull'auto (fari, lunotti termici, scaldia sedili elettrici, ecc.), oppure da un uso limitato a percorsi brevi, che non consentono una sufficiente ricarica, o ancora da un generatore (alternatore e relativi circuiti di controllo) difettoso.

Una carica eccessiva dipende in genere dal regolatore del generatore difettoso, che tende ad erogare una tensione più alta di quella ottimale; in tal caso si può notare che le lampadine dei fari tendono a bruciarsi piuttosto spesso. A causa della sovraccarica si determina un consumo di acqua eccessivo, per cui gli elettrodi si corrodono rapidamente.

Quando la batteria ha una capacità insufficiente rispetto alle esigenze, i cicli di scarica e ricarica si susseguono troppo rapidamente, con conseguente danneggiamento della batteria.



Per determinare il livello di carica di una batteria occorre verificare la densità dell'elettrolito o, in alternativa, la tensione presente ai suoi morsetti.

La tensione può essere misurata facilmente tramite un semplice tester o multimetro digitale del costo di una decina di euro (figura a lato).

Occorre che alla batteria non sia collegata alcuna apparecchiatura in grado di assorbire corrente e che, naturalmente, il motore si a spento. In base alla tabella che segue si potrà avere un'idea dello stato di carica.

| | | | | | | |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tensione | 99,00% | 90,00% | 80,00% | 70,00% | 60,00% | 50,00% |
| Carica | 12,91 | 12,8 | 12,66 | 12,52 | 12,38 | 12,06 |



La densità dell'elettrolito viene controllata servendosi di un densimetro (immagine a lato), un semplice strumento che, immerso nelle varie celle della batteria, dopo averne rimosso i tappi, permette di aspirare una piccola quantità di liquido; un galleggiante sospeso nel liquido elettrolitico affonderà di più o di meno, a seconda della sua densità, ed il valore sarà leggibile su di una scala graduata presente sul galleggiante.

Il rapporto fra la densità riscontrata e la relativa carica è indicato nella tabella che segue:

- Densità 1,265 Kg/l - Carica al 100%
- Densità 1,225 Kg/l - Carica al 75%
- Densità 1,190 Kg/l - Carica al 50%
- Densità 1,155 Kg/l - Carica al 25%
- Densità 1,120 Kg/l - Completamente scarica

Le batterie al piombo acido non hanno l'effetto "memory", quindi non ha senso scaricare totalmente la batteria prima della ricarica; ogni scarica totale, invece, si traduce in un danno per la batteria.

Dovendo ricaricare un accumulatore occorre rispettare la corrente di carica, che viene stabilita dal costruttore; in genere tale corrente è pari in valore ad un decimo della capacità in Ah: ad esempio, per un accumulatore da 60 Ah, la corrente di carica è di circa 6 A.

La ricarica si effettua collegando ai morsetti dell'accumulatore i cavi di uscita di un caricabatterie; tali cavi sono normalmente muniti di apposite pinze: fare attenzione a collegare quella di colore rosso al morsetto positivo, indicato dal segno "+"

La scelta del caricabatteria deve considerare alcuni fattori:

- la presenza di un amperometro che indichi con quale corrente si sta caricando la batteria può risultare utile; non è tuttavia indispensabile se il caricabatteria ha poca potenza e la corrente

che può fornire non supera i 3 o 4 ampere

- un selettore della corrente di carica (con relativo amperometro) può essere utile se occorre caricare batterie con caratteristiche diverse



Caricabatteria con amperometro e selettori di carica

- alcuni caricabatteria di maggior prezzo possono autoregolarsi e consentire anche la cosiddetta modalità di mantenimento: è una modalità che risulta utile nel caso di autovetture lasciate ferme per mesi, o anche per batterie di motociclette o imbarcazioni di uso stagionale; il caricabatteria provvede automaticamente ad erogare la debole corrente necessaria a mantenere al giusto livello la carica dell'accumulatore.

Nel ricaricare la batteria di un'auto è buona norma scollegare almeno uno dei due morsetti dal resto dell'impianto; le auto attuali infatti fanno molto uso di elettronica, ed usando un caricabatterie di qualità magari non eccellente può capitare che una tensione eccessiva arrivi per esempio alla centralina dell'auto, causandone malfunzionamenti od anche la distruzione.

Ricordare che una ricarica lenta con correnti basse è sempre da preferire ad una ricarica rapida con correnti elevate. Come già descritto, la corrente di carica non dovrebbe superare il valore di 1/10 della capacità dell'accumulatore; a maggior ragione, se la batteria è ermetica, del tipo "senza manutenzione", la corrente di ricarica dovrà essere ancora più bassa, pari a circa 1/20 della sua capacità

La ricarica con correnti basse evita il riscaldamento dell'accumulatore ed il conseguente ribollire del liquido elettrolitico, che si verifica alla temperatura di circa 40°.

L'emissione di qualche saltuaria bollicina è comunque da considerarsi normale. L'ebollizione va invece evitata poiché fa evaporare il liquido e porta le piastre a scoprirsi.

Se durante la carica la temperatura dell'acido supera i 55°C, occorre interrompere la carica stessa e attendere che l'acido torni alla temperatura normale.

Provvedere sempre ad una buona ventilazione nel locale in cui si effettua la ricarica, evitando di fumare e di accendere fiamme in genere.

Acquistando una batteria nuova, questa ci verrà garantita come "già carica"; in realtà è buona norma, prima di utilizzarle, effettuare una ricarica lenta, cioè a bassa corrente, fino a ripristinare il 100% della carica.

Un tipo particolare di accumulatore è rappresentato dalle "batterie a ricombinazione".

Si tratta di uno sviluppo della batteria classica a piombo-acido, che utilizza un elettrolito denso in forma di gel. Gli elettrodi sono realizzati in una lega piombo / calcio, mentre è presente una valvola di sicurezza che interviene in caso di sovra-pressione.

I gas di ossigeno e idrogeno che si formano durante la carica, raffreddandosi tornano allo stato liquido, ricombinandosi come acqua; solo in caso di sovraccarica il gas fuoriesce dalle valvole di sicurezza.

Le batterie a ricombinazione non richiedono alcuna manutenzione, non presentano il rischio di fuoriuscita del liquido elettrolitico, resistono a molti cicli di carica e scarica ed alle scariche profonde.

Indice generale

| | |
|--|----|
| INTRODUZIONE..... | 2 |
| L'elettricità in casa..... | 3 |
| Folgorazione e corrente di guasto verso terra..... | 4 |
| L'interruttore differenziale..... | 5 |
| L'interruttore magnetotermico..... | 6 |
| Scelta dei cavi per l'impianto domestico..... | 7 |
| Criteri generali di progetto..... | 8 |
| I materiali..... | 10 |
| Schemi pratici..... | 12 |
| Tipi di lampade..... | 14 |
| Un tester per amico..... | 16 |
| L'impianto di terra..... | 18 |
| La protezione dalle sovratensioni..... | 22 |
| Motori a collettore in corrente continua..... | 24 |
| I motori asincroni trifase..... | 27 |
| Gli accumulatori al piombo..... | 34 |