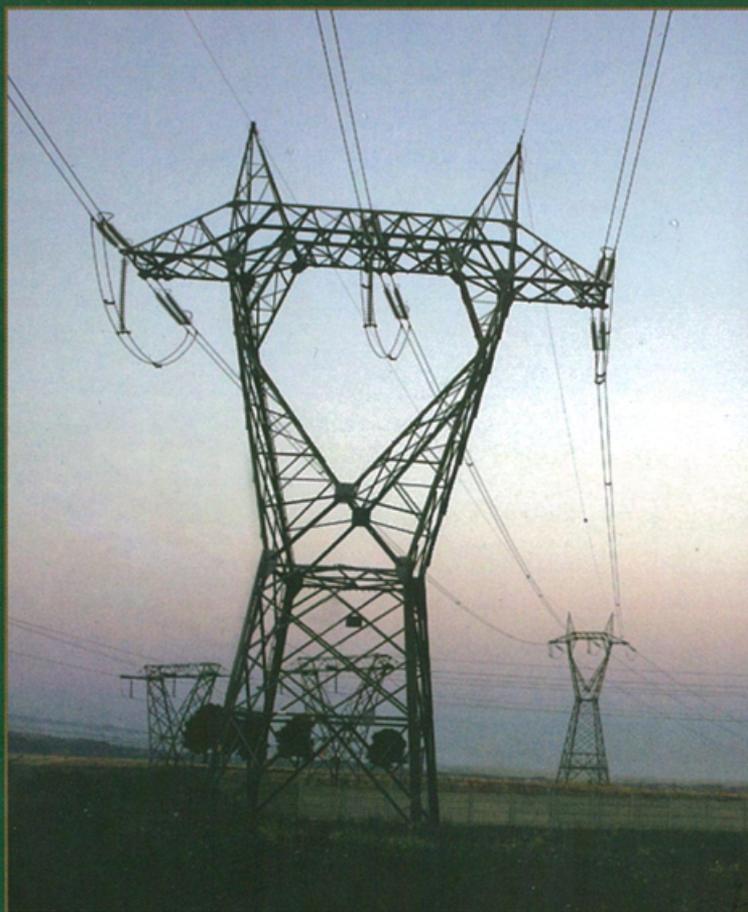


Centro Studi S.C.E.C.e S. - Direttore Fausto Linguiti

Dizionario di nozioni elettriche ad uso di professionisti, studenti, tecnici e... curiosi

*Elementi d'impianti e componenti elettrici, curiosità tecniche,
sintesi delle relative normative: CEI, antinfortunistiche
ed impatto ambientale. La semplicità del linguaggio e
dei disegni facilitano a tutti gli operatori del settore
la comprensione del testo*



QUADERNO N. 8

EdiBios



Centro studi della S.C.E.C. e S.
Sistemi Certificazione Europea Controllo e Sicurezza
Direttore Prof. Ing. Fausto Linguiti

Dizionario di nozioni elettriche Ad uso di professionisti, studenti, tecnici e... curiosi

*Elementi d'impianti e componenti elettrici, curiosità
tecniche, sintesi delle relative normative: CEI,
antinfortunistiche ed impatto ambientale. La semplicità del
linguaggio e dei disegni facilitano a tutti gli operatori del
settore la comprensione del testo*

Quaderno n.8

EdiBios

ISBN 978-88-97181-17-0

© 2012 by EdiBios

Via G. De Rada, 10 - Tel. 0984-458692 - 87100 Cosenza

www.edibios.it - e-mail: info@edibios.it

Tutti i diritti riservati - All rights reserved

Nessuna parte del presente volume può essere riprodotta con qualsiasi mezzo (fotocopia compresa) senza il consenso scritto dell'editore

PREMESSA

L'elettrotecnica e gli impianti elettrici non solo sono difficilmente ri-pilogabili a seguito delle difficoltà intrinseche degli argomenti, ma in particolar modo per l'intreccio di norme tecniche che sono di difficile sintesi, dovendo conciliare teoria, tecnica e normativa.

Questo quaderno cerca di rispondere alle eventuali domande, relative alle problematiche del settore, descrivendo i principi fisici fondamentali e fornendo schemi semplificati, utili ad una rapida comprensione.

Certamente le informazioni sintetiche ed elementari fornite, mirate ad evidenziare gli aspetti macroscopici essenziali, hanno trascurato, a volte, aspetti che, in determinate occasioni, potrebbero assumere importanza ma, in ogni caso, sono valide essenzialmente per un primo orientamento, soprattutto per chi non ha avuto la possibilità di approfondire la conoscenza degli argomenti svolti.

Non è assolutamente un testo teorico o un manuale, non fornisce indicazioni numeriche ma individua la via da seguire, per cercare di comprendere la materia in oggetto ed invogliare il lettore ad integrare le sue cognizioni su testi di ben differente livello.

Si è cercato di evidenziare quale deve essere l'impostazione comune del ragionamento propria di chi opera nel settore e di sviluppare la sua curiosità, conoscenza ecologica ed antinfortunistica.

Questo dizionario ha un'impostazione nuova, diversa, veloce, frutto dell'esperienza di molti tecnici del settore, che sanno parlare ai loro collaboratori e che hanno avuto la fortuna rara di lavorare nel settore che amano.

In ogni caso, gli autori si augurano di aver incuriosito il lettore, dato che si può cominciare a leggere il libro da una qualsiasi voce. Consigliamo, tuttavia, di considerare, innanzi tutto, i fenomeni del magnetismo, che producono i fenomeni elettrici.

Ci scusiamo con i teorici della materia per aver preferito la chiarezza, la sintesi e la semplicità al rigore scientifico.

Gli autori

Il responsabile del presente quaderno è il Prof. Ing, Fausto Linguiti

1) ACCUMULATORI

1a) Accumulatori al piombo

Sono pile ricaricabili. Durante la scarica funzionano come una pila (voce: 61) trasformando la loro energia chimica in energia elettrica; durante la carica funzionano in senso contrario, cioè ricevono energia elettrica e la trasformano in energia chimica. Sono realizzati in diversa maniera in relazione al loro utilizzo, ad esempio gli accumulatori delle automobili sono costruiti in modo da fornire, anche se quasi scarichi, una corrente che dura pochi secondi, sufficiente per azionare il motorino di avviamento e poi interrompere del tutto l'invio della corrente, mentre quelli per fornire corrente per le luci di emergenza ubicate in una sala operatoria, nelle stesse condizioni di carica, segnalano lentamente la loro condizione e non cessano di colpo l'invio della stessa.

La **capacità** è una delle caratteristiche che contraddistingue un accumulatore. È definita come la massima quantità di elettricità utilizzabile durante la scarica, la cui unità di misura è l'amperora

Sono in uso vari sistemi di misure per valutare la capacità, che forniscono valori non direttamente confrontabili. Uno di questi, utilizzato nel settore automobilistico, è il "C20" che si ottiene moltiplicando la quantità di corrente che la batteria può erogare continuamente per venti ore prima di scendere a 10,5 volt che, per questo sistema, è il valore convenzionale di batteria scarica. Ad esempio, consideriamo una batteria da 100 Ah.

La corrente che può erogare per 20 ore, prima di scendere a 10,50 vale:

$$100 \text{ Ah} / 20 \text{ h} = 5 \text{ amperora}$$

Notiamo che il consumo per ogni messa in moto è di circa 5 A.

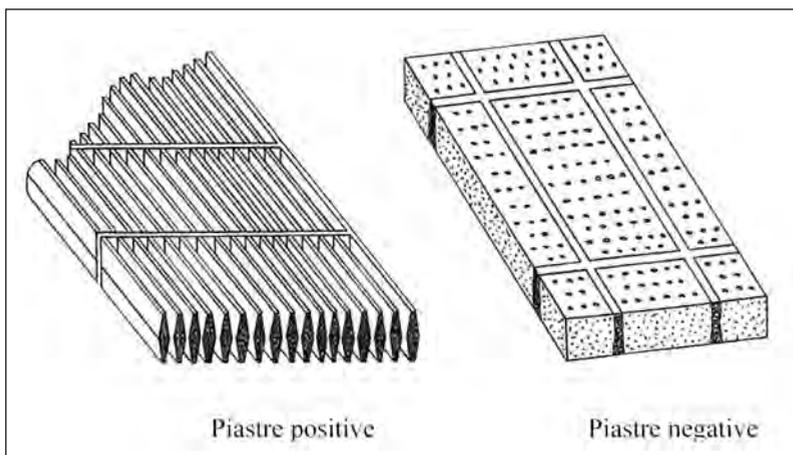
Il **rendimento in quantità** di un accumulatore è il rapporto fra la quantità d'elettricità resa durante la scarica e la quantità richiesta durante la carica.

Il **rendimento in energia** è il rapporto fra l'energia ottenuta durante la scarica e quella richiesta per la carica.

Gli accumulatori al ferro nichel, usati essenzialmente nei sommergibili e per la trazione, sono meno pesanti ma più costosi.

1a) Accumulatori al piombo

Sono i più usati per ogni applicazione; sono costituiti essenzialmente da due lastre di piombo che pescano in una soluzione diluita di acido solforico. Il sistema inizia con il polo positivo della prima coppia, il cui polo negativo è collegato a quello della seconda coppia, e così di seguito con le altre coppie, fino a terminare con il polo negativo dell'ultima coppia, realizzando un collegamento in serie delle singole coppie di piastre (voce: 61). Negli accumulatori le lastre positive sono costituite da alette di piombo per aumentare la superficie di contatto; quelle negative sono realizzate con una griglia di piombo che contiene nelle sue celle piombo spugnoso.



Nella **fase di carica**, si collegano le due piastre ad un generatore di corrente continua (c.c.) ed al passaggio della corrente avvengono reazioni chimiche idonee a trasformare una piastra in biossido di piombo e l'altra in piombo spugnoso. Terminata la carica si constata che esse forniscono energia elettrica; infatti, se colleghiamo le stesse due piastre ad un circuito elettrico, avviene la **fase di scarica**, costituita da reazioni chimiche in senso inverso a quelle di prima e, quando l'accumulatore è scarico, le due lastre sono ritornate di piombo. Possono quindi essere assimilabili a pile ricaricabili (voce: 61).

I riferimenti Normativi per la sicurezza degli Accumulatori Elettrici sono D.P.R. del 27/04/1955 n. 547 Art 302 ed Art 303 in particolare l'art 302 recita: *"Le batterie di accumulatori che comportino tensioni nominali superiori ai 220 V devono essere: a) disposte in modo che non sia possibile per lo stesso lavoratore il contatto accidentale con elementi aventi una differenza di potenziale superiore a tale limite, b) contornate da una pedana isolante, se fisse"*S.

Le batterie più diffuse sono quelle con tensione inferiore a 25 V, che possono alimentare un circuito di sicurezza a bassa tensione, senza pericolo di contatti diretti; tuttavia resta il pericolo di ustioni, per chi accidentalmente provochi un corto circuito (voce: 26) tra le parti attive di batterie con forti correnti di scarica.

È molto importante ricordare che è pericoloso custodire gli accumulatori in luoghi chiusi e poco areati dato che possono formarsi miscele gassose esplosive. A tale proposito l'articolo 303 recita, fra l'altro, che: *I locali devono essere ben ventilati; non contenere macchine di alcun genere né apparecchi elettrici o termici; essere illuminati mediante un impianto antideflagrante (voce: 46); tener esposto sulla porta d'accesso un avviso con il divieto di fumare e di introdurre lampade od altri oggetti a fiamma libera.* (vedi in bibliografia il libro dell'ing. Vito Carestia: Fondamenti di sicurezza elettrica, editore Hoepli).

IL Decreto legislativo 11 febbraio 2011 – PILE, ACCUMULATORI E LORO RIFIUTI modifica in alcune parti il D.L. n°188 del 20 nov. 2008.

Detti decreti normano tutto quello che può interessare gli operatori del settore ed in special modo trattano della loro immissione sul mercato, uso, riciclaggio e i relativi trattamenti per il loro smaltimento. In particolare l'allegato terzo al punto n°3 lettera b del D.L. 188 definisce tre categorie di accumulatori e di pile distinte secondo la loro tipologia. **La prima categoria** comprende fra l'altro le pile di zinco con carbonio, o cloruro o argento e successivamente quelle alcaline, al litio ecc.

La seconda è relativa agli accumulatori industriali al piombo, al nichel, al cadmio o atri.

La terza evidenzia gli accumulatori (batterie) per l'auto trazione anche queste del tipo nichel cadmio ed altri elementi.

Per quanto riguarda l'impatto ambientale bisogna tener presente che gli accumulatori sono particolarmente inquinanti e per tale motivo il loro smaltimento e l'eventuale riciclo, dei vari materiali che li costituiscono, deve essere eseguito da ditte qualificate.

Lo smaltimento in genere consiste nella loro frantumazione, seguita da un sistema di separazione dei vari materiali recuperabili, costituiti essenzialmente da metalli e plastica.

Sfruttando la diversa densità dei vari componenti frantumati questi vengono separati in due parti: plastiche e metalli. La plastica costituita normalmente da PVC e polipropilene, dopo un ulteriore trattamento e lavaggio è pronta per un qualsiasi utilizzo (gran parte viene riutilizzata per realizzare nuovi involucri per batterie). La parte metallica, ridotta in blocchi o allo stato liquido (fusa), è ulteriormente trattata. In seguito, utilizzando idonei reagenti, si ottiene un piombo che dopo essere stato raffinato se ne può ottenere uno puro fino al 99,97%, o un metallo idoneo a produrre leghe di piombo, con l'aggiunta altri metalli.

La parte liquida dell'accumulatore, costituita da una soluzione acquosa di acido solforico, viene trattata con calce idrata, che neutralizza l'acido e lo trasforma in un sostanza che decanta e che può essere eliminata. I costi di questi trattamenti variano notevolmente e non sono facilmente stimabili. È doveroso affermare che, per produrre un kg di piombo riciclato, occorre circa un terzo dell'energia necessaria a lavorare un minerale estratto dalla terra.

Riportiamo i segni grafici usati per gli schemi elettrici per indicare le pile e gli accumulatori con accanto i relativi riferimenti normativi. Quanto scritto per questa prima voce relativamente ai segni grafici riportati in questa pagina sarà segnalato negli argomenti successivi con la sola scritta: **segni grafici**

Pile e Accumulatori		Riferim. Norm.
	Elemento di pila o accumulatore	CEI 3-18
	Batteria di accumulatori o di pile	CEI 3-18

(Vedi anche la fine della voce Pila)

2) AMPERE

L'unità di misura dell'intensità di corrente è l'Ampere (simbolo A): È la corrente che percorrendo una resistenza di un ohm (simbolo Ω), produce l'energia di un watt (simbolo W). Vedi voci relative. Si misura con appositi strumenti denominati AMPEROMETRI disposti in serie (voce: 19), che si basano sulla legge di Ohm:



AMPEROMETRO: strumento di misura dell'intensità di corrente. L'unità di misura è l'Ampere, che è definito quale intensità di corrente che si stabilisce in un circuito, della resistenza di 1 Ohm, alimentato da una tensione di 1 Volt.

3) ARCO ELETTRICO

L'aria e i gas sono normalmente isolanti. Qualsiasi sia la forma ed il materiale che costituisce l'isolante, se lo sottoponiamo ad una data tensione, si ha una scarica elettrica che assume la forma di una scintilla. L'aria nelle vicinanze della scintilla si riscalda e si ionizza, nell'aria riscaldata una parte degli atomi si trasformano in ioni positivi e negativi (voce: 50), che consentono il passaggio della corrente, pertanto l'arco elettrico non è che una specie di conduttore gassoso incandescente che ne permette il transito.

L'arco elettrico si forma all'atto dell'apertura (extra corrente di apertura: voce: 37) di un circuito in tensione (sotto carico), che per gli interruttori degli impianti luce casalinghi, si riduce ad una scintilla più o meno grande mentre per quello della f.e.m. (forza elettromotrice) può essere un vero e proprio arco generato dalla scarica elettrica (voce: 49).

4) ATOMO

L'atomo di un elemento è la sua frazione più piccola in grado di conservarne le proprie caratteristiche chimiche e fisiche.

5) AUTO INDUZIONE

In un qualsiasi circuito percorso da c.a.(vedi voci corrente alternata e magnetismo) variando l'intensità della corrente che lo percorre varia il

campo magnetico ed il suo flusso Φ ed ad ogni variazione di questo nasce una corrente autoindotta che per la legge di Lenz produce un'altro flusso Φ_1 (flusso indotto) che si oppone alla variazione di flusso che l'ha generato. In definitiva la corrente autoindotta ostacola sempre la variazione della corrente principale e quindi il suo flusso. Per meglio capire il fenomeno, l'autoinduzione può essere paragonata all'inerzia meccanica, dato che se in un'auto in moto si toglie la forza di trazione, questa impiegherà un certo tempo a fermarsi perché l'inerzia ostacola la diminuzione di velocità ed ovviamente si ha anche il fenomeno opposto all'avviamento dell'auto.

Analogamente una corrente elettrica tende a mantenersi in circolazione anche quando il circuito viene aperto (passaggio della corrente da un dato valore a zero) o chiuso (Incremento della corrente da zero ad un dato valore).

L'autoinduzione spiega quindi il fenomeno delle **extracorrenti di chiusura ed apertura di un circuito**, infatti sia alla chiusura che all'apertura di un circuito si è in presenza di una notevole variazione della corrente **I** con la conseguente variazione del campo magnetico che comporta una corrente di autoinduzione che si oppone rispettivamente alla chiusura o all'apertura del circuito.

6) BOBINA

In elettrotecnica è l'avvolgimento di un conduttore elettrico generalmente attorno ad un supporto cilindrico ferromagnetico (voce: 57).

7) CABINE DI DISTRIBUZIONE

7a) *Trasformatori di tensione*

La distribuzione dell'energia elettrica (voce: 30) interessa una vasta casistica di diverse tensioni, che per semplicità possiamo dividere in tre categorie: alta, media e bassa.

A) L'**alta tensione** interessa i grandi utenti, che utilizzano grandi quantità di energia elettrica a cui arriva ad una tensione da 20 KV a 500 KV ed anche maggiore; ad esempio agli alti forni ed ai grandi complessi industriali;

B) La **media tensione** che interessa molte realtà industriali che utilizzano tensioni medio-alte in genere minori a 10 KV;

C) La **bassa tensione**, che interessa il più grande numero di utenti arriva, dal luogo di produzione alla *sotto stazione di trasformazione ad una tensione*, in genere, di qualche migliaio di V; dove *subisce un primo notevole abbassamento di tensione* prima di essere inviata alla *cabina di distribuzione o stazione di distribuzione che la distribuisce* agli utilizzatori.

In questa voce tratteremo le cabine di quest'ultimo caso e cioè quelle

più diffuse, in cui la tensione della corrente che arriva è chiamata comunemente di alta tensione.

Quindi, queste cabine servono a trasformare l'energia elettrica dall'alta tensione alla bassa, da distribuire alle utenze servite; per tale motivo devono essere possibilmente ubicate nel perimetro delle utenze ed avere l'accesso diretto dal suolo pubblico.

Le cabine o stazioni di distribuzione sono costituite da due parti distinte e separate, adiacenti e collegate fra di loro. La prima è quella dove arriva l'energia di alimentazione, che è in realtà a media tensione (M.T.), la seconda è quella dove i trasformatori abbassano la tensione ai valori generalmente di 380 V e 220V che sono quelli che distribuiscono la bassa tensione agli utilizzatori.

7a) Trasformatori di tensione (voce: 82)

Costituiscono l'elemento essenziale della cabina, possono essere divisi in tre categorie: *in olio, a secco, in resina*.

Per i trasformatori in olio, il raffreddamento è dato dall'olio, che può essere olio minerale o silicico. In questo caso occorre prevedere un idoneo pozzetto di raccolta.

Per i trasformatori a secco il raffreddamento è dato dall'aria ambientale.

Per i trasformatori in resina, che hanno tutti gli avvolgimenti inglobati completamente dalle resine epossidiche che li contraddistinguono, il raffreddamento è costituito dall'aria ambientale.

L'attrezzatura elettrica necessaria per l'allestimento di una cabina di trasformazione varia, quindi, con le esigenze tecniche ed economiche degli impianti utilizzatori a bassa tensione.

In sintesi gli elementi fondamentali che costituiscono una cabina di trasformazione sono i seguenti. *Il circuito primario a MT* di arrivo è costituito da:

- un sistema di sbarre metalliche conduttrici, sistemi d'apertura e chiusura dell'allacciamento alla cabina, cioè di manovra e di protezione, sezionatori (voce: 75) di arrivo e di messa a terra e dai vari interruttori automatici. Tutte queste apparecchiature sono poste a monte del trasformatore;
- il trasformatore o trasformatori delle caratteristiche tecniche necessarie.

Il circuito secondario di uscita dal trasformatore è costituito da:

- quadro di BT e il circuito o circuiti secondari di bassa tensione relativi alla partenza della energia dai morsetti secondari del trasformatore; sbarre, linee elettriche di partenza, apparecchiature di manovra e di protezione.

Impianto di terra (voce: 18). All'interno della cabina, che è consigliabile realizzare ampia, capace di ospitare un successivo ampliamento delle attrezzature e di almeno un altro trasformatore, possono trovare posto, ad esempio, i condensatori di rifasamento (voce: 70) ed altre

apparecchiature elettriche (sezionamento e smistamento delle linee elettriche di uscita ed altro).

Nel caso che la cabina sia privata, la misurazione dell'energia dovrà avvenire dal lato di ingresso della corrente ed in modo che il personale dell'ente, che distribuisce l'energia elettrica, possa accedervi con facilità in qualsiasi momento.

Si ripete che i trasformatori sono la parte fondamentale di una cabina di distribuzione.

Per avere all'uscita due tensioni disponibili, cioè la tensione di fase o stellata a 220 V, utilizzata per le utenze domestiche, che si ha con il collegamento fra fase e neutro, e quella a 380 V utilizzata per impianti tecnici (tensione di linea o concatenata) che si ha con il collegamento fra fase e fase, gli avvolgimenti di questi trasformatori sono in genere a stella. Con questo sistema si ha il quarto conduttore, il neutro, collegabile con i conduttori di fase. (vedi disegno della distribuzione dell'energia elettrica - voce: 30), dove all'uscita della cabina le linee che vanno agli utenti sono quattro, cioè i tre conduttori di fase e il conduttore del neutro. La distribuzione con il neutro ammette la possibilità di squilibri nel sistema trifase di utilizzazione.

Per quanto riguarda la normativa, restano valide sia il D.P.R. 547 sia le norme CEI 11-1. CEI 11-8 e CEI6 4-8. *Sulla porta della cabina* deve essere affisso: un cartello con il divieto d'accesso alle persone non autorizzate; una targa indicante il pericolo di morte con il contrassegno del teschio. In ogni caso la porta, deve essere sempre chiusa a chiave.

All'interno del locale devono esserci, un idoneo fioretto di manovra (trattasi di un palo di determinate caratteristiche opportunamente isolato); guanti isolanti, una pedana isolante di tipo antiribaltamento oppure un tappeto isolante adatti al valore della tensione di arrivo, un cartello con i soccorsi da prestarsi ai colpiti dalla corrente, un estintore ad anidride carbonica, un secchio di sabbia, una eventuale ulteriore targa indicante il pericolo di morte con il contrassegno del teschio, una schema elettrico del sistema di trasformazione con ulteriori cartelli indicanti i valori della tensione presenti in cabina, una lampada con batteria incorporata a ricarica automatica e una candela con fiammiferi.

Tutte le parti metalliche della cabina devono essere collegate al nodo principale di terra, (voce: 18).

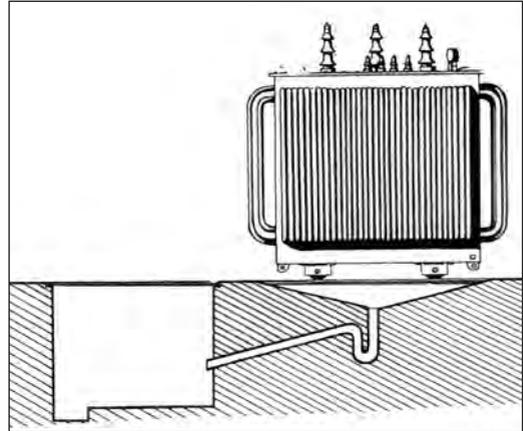
L'impianto in oggetto deve essere realizzato, a regola d'arte, seguendo esattamente la normativa. In pratica s'installa lungo il perimetro del locale, un anello realizzato con un adatto conduttore di rame, al quale sono collegate tutte le masse metalliche.

In certi casi è imposta una rete equipotenziale, costituita da un tondino di acciaio zincato a caldo di diametro 10 mm, installata sotto il pavimento ad una profondità di mezzo metro che può essere considerata un'ulteriore sicurezza, nel caso che si interrompa il collegamento con il dispersore.

Per quanto riguarda l'impatto ambientale, nelle vicinanze delle cabine, come per tutte le altre sottostazioni di trasformazione dell'energia

elettrica, ed in genere dei luoghi dove si utilizzano rilevanti quantità di questa ultima, è sempre, in teoria, presente, in un modo un più o meno evidente, un minimo inquinamento elettromagnetico (vedi Appendice).

Questo diminuisce sensibilmente allontanandosi anche di pochi metri dalle pareti esterne dei luoghi interessati ed è praticamente trascurabile per la totalità delle cabine di trasformazione. Relativamente allo smaltimento delle attrezzature delle cabine in disuso, non ci sono problemi, data la possibilità di recuperare grandi quantità di rame e di altri metalli, che coprono le spese di dismissione. Per quanto riguarda l'olio di raffreddamento dei trasformatori, quello recuperato deve essere smaltito, come tutti gli altri oli esausti, da una ditta specializzata. Nella figura a lato è indicato un trasformatore ad olio, con pozzetto e vasca di recupero.



Segni grafici:

Vedi in bibliografia. Biblioteca tecnica Hoepli il libro: *Prontuario d'impianti elettrici civili ed industriali. Normative e criteri di dimensionamento*

Stazioni e Cabine		Riferim. Norm.
	Segno grafico generale per stazioni o cabine in progetto (a) e in esercizio (b)	CEI 3-23
	Stazione o cabina all'aperto in progetto (a) e in esercizio (b)	CEI 3-23 (*)
	Stazione o cabina sotterranea in progetto (a) e in esercizio (b)	CEI 3-23 (*)
	Stazione o cabina in edificio o locale in progetto (a) e in esercizio (b)	CEI 3-23 (*)
	Cabina a palo in progetto (a) e in esercizio (b)	CEI 3-23 (*)

per la progettazione e l'installazione. Di Giovanni e Luigi Tannoia; ristampa del 1992.

8) CABLAGGIO E COLORI D'IDENTIFICAZIONE

L'insieme dei cavi, delle morsettiere e degli eventuali dispositivi di giunzione, che costituiscono i collegamenti fra i diversi componenti di un impianto elettrico, costituiscono il cablaggio.

In questa voce indicheremo solamente alcune delle varie norme di buona tecnica a cui si devono attenere gli addetti all'installazione di un impianto elettrico.

Il sistema di cablaggio è così costituito:

- i cavi devono essere posizionati fra le morsettiere senza giunzioni intermedie;
- le estremità dei cavi multipolari devono essere fissate in modo da avere su ogni conduttore una uguale trazione, per evitare eccessivi sforzi sui singoli conduttori;
- i conduttori di circuiti diversi che funzionano ad uguale tensione possono essere posizionati fianco a fianco; se funzionano a tensioni diverse devono essere idoneamente separati, oppure devono avere tutti un isolamento che deve uguagliare quella del conduttore che funziona con la tensione più alta.

L'identificazione per colori prevede che il **giallo-verde** sia quello dei conduttori di protezione (cioè dell'impianto di terra), mentre il **blu chiaro** contraddistingue il conduttore del neutro. È buona norma che questi due colori debbano essere sempre usati il primo per il circuito di protezione ed il secondo per il neutro.

In ogni caso la normativa CEI 16-4/ EN 60446 stabilisce per i cavi elettrici un codice colore. Ogni conduttore è contraddistinto da una guaina sia a tinta unita sia a strisce alternate di due diversi colori.

La norma fornisce perciò una tabella con numerose alternative fra cui segnaliamo le più indicative, fermo restando che i colori: giallo-verde per la terra e blu chiaro per il neutro, restano invariati.

I conduttori di fase sono contraddistinti dal **NERO** e dal **MARRONE**, i conduttori per gli usi generali sono il **ROSSO** e l'**ARANCIO**; il conduttore **PEN** (voce: 18) è blu chiaro ma termina con il giallo verde o viceversa giallo verde ma termina blu chiaro.

Infine per i conduttori per uso generale si possono utilizzare i colori: viola, grigio, bianco, rosa, e turchese.

In Italia, da anni, i conduttori tripolari per la bassa tensione sono rispettivamente: *nero, marrone e grigio*.

Altri colori ad esempio il rosso, possono indicare determinati utilizzi che devono essere chiaramente indicati, mediante cartellonistica, da chi ha posto in opera il cavo e/o dal fabbricante.

I colori sono molto importanti per la sicurezza, rendendo più facilmente rilevabile la configurazione del cablaggio, la tipologia d'uso, le fasi ed il neutro. L'uso della cartellonistica, che è sempre utile, diventa indispensabile quando non si utilizzano più i colori tradizionali (giallo-verde per la terra, blu chiaro per il neutro, nero e marrone per le fasi ed il grigio per l'uso generale).

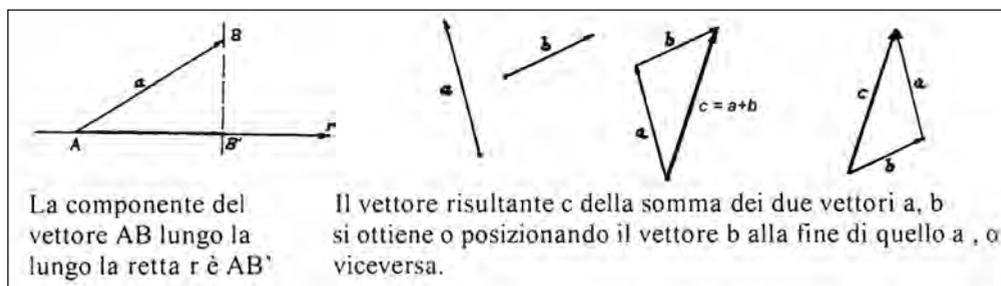
Le condutture di un impianto elettrico di bassa tensione sono costituite da cavi e dagli ovvi organi di sostegno e protezione. Queste ultimi sono in genere tubazione in plastica, rigida o pieghevole, incassate dentro i muri, dove i cavi elettrici si possono infilare o sfilare, che devono avere determinate caratteristiche e dimensioni.

I canali di plastica di contenimento dei cavi, che sono a vista, sono chiusi e facilmente apribili, con un'adeguata copertura che permette una facile ispezione. Non richiedendo opere murarie sono meno costosi e molto utilizzati per locali di lavoro.

9) CALCOLO VETTORIALE (cenni)

Per sapere cosa sia un vettore cioè una grandezza vettoriale vedi prima la voce GRANDEZZE

La componente di un vettore secondo una orientazione è data dalla sua proiezione sulla retta orientata. Il vettore applicato ha la sua grandezza in una data scala (ad esempio, può rappresentare il valore di una forza o di una velocità), costituita dal modulo lungo AB ed ha una proiezione AB' lungo **la retta orientata r**. Quindi AB' è la proiezione di AB. Se ϕ (si legge fi) è l'angolo fra il vettore AB e a retta r si ha che: $AB' = AB \cdot \cos \phi$ (vedi la voce Elementi di trigonometria). La somma di due o più vettori si ottiene spostando parallelamente i vettori dati, in modo che nel punto dove termina il primo vettore si posiziona l'origine del secondo e così di seguito. Il vettore che ha origine dove ha origine il primo vettore e termina dove termina l'ultimo vettore è la Somma o Risultante.



10) CAMPO

Il campo è una regione dello spazio che risente dell'influenza di una **grandezza**. Tutti noi viviamo sia nel **campo gravitazionale** che è quello dove è presente l'attrazione gravitazionale, sia nel **campo magnetico** terrestre tanto è che l'ago della bussola si posiziona secondo le linee di forza di detto campo magnetico.

In generale un campo magnetico è definibile come lo stato magnetico che si ha nello spazio adiacente a magneti permanenti o di conduttori percorsi da corrente (in questo ultimo caso si tratta dell'elettromagnetismo).

Un **campo magnetico** variabile genera nello spazio un **campo elettrico** e viceversa un campo elettrico variabile genera un campo magnetico, infatti i motori elettrici sono azionati da campi magnetici.

Usatissimi negli ascensori sono i motori asincroni trifasi a due o quattro o più polarità (voce: 59a)

11) CARICO ELETTRICO

È la potenza necessaria ad un generico impianto per poter funzionare secondo le prestazioni previste dal relativo progetto. Si hanno varie altre definizioni di carico, fra le quali ricordiamo, ad esempio:

- il **carico connesso** è la somma delle potenze nominali di tutte le apparecchiature elettriche di un dato circuito;
- il **carico nominale** è la potenza che una macchina può erogare e che un circuito può sopportare per un dato tempo, senza deteriorarsi.

Si dice che **un circuito è sotto carico quando è funzionante**, cioè quando la corrente elettrica circola.

12) CAVI E CONDUTTORI ELETTRICI

12a) Sigle di designazione-isolamento

12b) Guaine di protezione

12c) Cavi resistenti al fuoco

12d) Cavi a fibre ottiche

Con cavi e conduttori si indicano, nella lingua parlata, i conduttori elettrici; infatti in entrambi può transitare la corrente elettrica. Il termine cavo, inoltre, è utilizzato impropriamente anche per indicare le funi, specialmente quelle metalliche.

Cerchiamo di definire e di distinguere, per quanto sarà possibile, il significato dei due termini usati comunemente sia in elettrotecnica sia per gli impianti elettrici.

Un cavo consiste in un fascio di **fili conduttori**, rivestito da uno strato di materiale plastico isolante e di protezione.

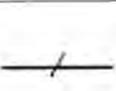
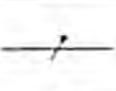
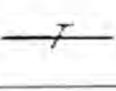
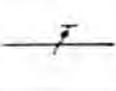
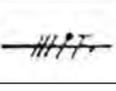
Un conduttore elettrico o un cavo elettrico di energia o un cavo d'energia è un corpo che ha la proprietà di lasciarsi attraversare dalla corrente elettrica, offrendo una certa resistenza, che dipende dalla sua natura (voce: 69).

Negli impianti industriali, che richiedono notevoli potenze e di conseguenza, per un determinato voltaggio della corrente e rilevanti amperaggi, sono diffuse le sbarre conduttrici di rame elettrolitico, generalmente

posizionate in alto vicine al soffitto (Norme CEI 7-,4, fascicolo 47) con larghezze e spessore variabile da 10·2 mm a 100·5 mm.

I cavi elettrici sono di molti tipi, con caratteristiche costruttive diverse, costituiti da un unico filo (cavo unipolare) o più fili (multi polari) di rame, nudi o inguainati e da un isolante (in gomma di vario tipo o PVC) che li ricopre.

Per soddisfare le varie esigenze di utilizzo si hanno vari tipi di formazioni, che vano dai cavi unipolari, che possono essere a corda rigida o flessibile, ecc... o a quelli multipolari. I cavi tripolari sono realizzati i da tre fili di rame separati, inguainati singolarmente e protetti con un rivestimento esterno isolante.

Identificatori di Conduttori Particolari		Riferim. Norm.
	Conduttore. Il numero dei conduttori è indicato da trattini o da un numero	CEI3-15
	Conduttore neutro	CEI 3-23
	Conduttore di protezione	CEI 3-23
	Conduttore neutro avente anche funzione di conduttore di protezione (PEN)	CEI 3-23
	Esempio di conduttura trifase con conduttore di protezione	CEI 3-23

12a) Sigle di designazione - Isolamento dei cavi

Le sigle di designazione danno tutta una serie d'informazioni sulla loro costituzione come ad es. Il tipo d'isolante, la guaina e sui valori della tensione d'esercizio e d'*isolamento*. Questo ultimo è l'elemento che maggiormente caratterizza il cavo dato che, per ogni tipo d'isolante, si ha la temperatura di lavoro. Questa determina la portata del cavo in quanto individua la *corrente che può sopportare* a regime permanente, oltre la quale si avrebbe la fusione della guaina, che comporterebbe un cortocircuito (voce: 26).

La tensione nominale d'isolamento dei cavi per la trasmissione d'energia elettrica è prevista nella seguente maniera dove U_0 è il valore efficace della tensione (voce: 22) tra uno qualsiasi dei conduttori e la terra (rivestimento metallico del cavo o terra dell'ambiente circostante); mentre U rappresenta il valore efficace della tensione tra due conduttori qualsiasi del cavo.

Simbolo 03	Tensione nominale di isolamento	$U_0/U = 300/300 \text{ V}$
Simbolo 05	Tensione nominale di isolamento	$U_0/U = 300/500 \text{ V}$
Simbolo 07	Tensione nominale di isolamento	$U_0/U = 450/750 \text{ V}$
Simbolo 1	Tensione nominale di isolamento	$U_0/U = 0,6/ 1 \text{ KV}$

I dati indicati sono tratti dall'elaborato: Progettazione d'impianti elettrici del prof. ERMANNIO CARDELLI- Università di Perugia – Cavi elettrici Larapedia che, oltre a dettagliare idoneamente la normativa citata, è completa ed esaustiva ed è stata elaborata sulla base delle Norme CEI 20 – 27.

Le sovracorrenti di breve durata, ad esempio quelle d'avviamento dei motori, non sono considerate; in ogni caso occorre porre attenzione alle sollecitazioni dovute a sovracorrenti improvvise, dovute ad esempio all'arresto di macchine alimentate dalla stessa linea, o da corto circuito (voce: 26).

I cavi per la distribuzione dell'energia elettrica, oggi utilizzati, sono numerosissimi e non è possibile elencarli tutti, dati i limiti di questi libri. Una suddivisione, può

essere effettuata in base al tipo d'energia elettrica che devono distribuire ed alle condizioni di utilizzo; si possono suddividere nel modo seguente.

- A) *Cavi per la distribuzione dell'energia in bassa tensione; con un isolamento, sulla base della tabella sopra riportata, fino a 0,6 KV. Tali cavi hanno le guaine di rivestimento in neoprene, polietilene reticolato o PVC (vedi paragrafo seguente).*
- B) *Cavi per la distribuzione dell'energia in media tensione fino a 30 KV con i conduttori di rame o alluminio isolati, in genere, in gomma etilenpropilenica EP.*
- C) *Cavi per applicazioni speciali con le varie caratteristiche che sono elencate nella normativa.*
 - C₁) *Cavi resistenti al fuoco ed alle alte temperature, senza emissione di gas tossici e/o corrosivi (vedi paragrafo: cavi resistenti al fuoco)*
 - C₂) *Cavi per applicazioni gravose; che devono sopportare stress meccanici, quali sforzi di trazione, flessione, abrasione; condizioni atmosferiche estreme; resistenza ai liquidi anche aggressivi ed infine agli attacchi chimici da prodotti corrosivi*

12b) Protezione dei cavi

Le condutture di un impianto elettrico di bassa tensione sono costituite da cavi e dagli ovvi organi di sostegno e protezione. Queste ultime sono in genere tubazione di plastica, rigida o pieghevole, incassate den-

tro i muri, dove i cavi elettrici si possono infilare o sfilare, che devono avere determinate caratteristiche e dimensioni. I canali di plastica di contenimento dei cavi sono chiusi e facilmente apribili, con un'ideale copertura che permette una facile ispezione. Non richiedendo opere murarie sono meno costose e molto utilizzate per locali di lavoro.

La portata di un cavo si calcola in base a vari fattori indicati in apposite tabelle, fra i quali rileviamo: il tipo del cavo e dell'isolante, le condizioni dell'installazione per quanto riguarda la dispersione del calore prodotto per effetto Joule, ed infine la temperatura dell'ambiente.

Per quanto riguarda i colori di identificazione e di protezione, (voce: 8).

Quanto sopra riportato è regolarizzato dalle Norme: CEI 20 - 11 e 20 - 13.

Si osserva che per quanto riguarda i collegamenti di messa a terra (voce: 18) si parla sempre ed unicamente di conduttori; infatti si hanno: i conduttori di terra CT, quello di protezione generale PE, quello equipotenziale principale EQP e del conduttore equipotenziale supplementare EQS.

12c) Cavi elettrici resistenti al fuoco

La resistenza al fuoco indica la capacità che ha un cavo elettrico di poter continuare ad essere operativo anche se direttamente esposto al fuoco, per un tempo prestabilito in minuti, durante il quale il cavo continua regolarmente a funzionare.

Questi cavi continuano a funzionare durante l'incendio e garantiscono che, in determinate condizioni, possono assicurare per un certo tempo, espresso in minuti, un regolare funzionamento. Per essere così definiti, devono superare due tipi di prove la prima delle quali è la seguente:

- uno spezzone di cavo rettilineo *sotto tensione*, che alimenta una lampada (o un carico elettrico equivalente) da 0,25 A, protetto da fusibili di corrente nominale di 2 A, sottoposto ad una fiamma di 750°C di temperatura, per 90 minuti, supera la prova, se durante l'applicazione della fiamma e fino a 15 minuti dopo il suo termine, la lampada continua ad essere alimentata e nessun fusibile si è fuso.

La normativa relativa è la seguente:

- | | |
|----------------------------------|---------------------------|
| - Per i cavi di energia estrusi* | 0,6/1 KV, CEI 20- 36/2-1, |
| - Per i cavi a fibre ottiche | CEI 20- 36/2-5, |
| - Per i cavi di segnale | CEI 20- 36/2-3. |

La seconda prova, più severa di quella sopra evidenziata, rispetta la

* I cavi elettrici estrusi sono fabbricati con fili di rame. L'estrusione è un procedimento di lavorazione dei metalli e d'altri materiali (plastici), che consiste nel forzare il transito del materiale attraverso un'apertura sagomata (nel nostro caso un foro) al fine d'ottenere un filo di rame di sezione circolare.

norma EN 50200 (CEI 20- 36/4-0), relativa ai cavi elettrici, di segnale ed a fibre ottiche (vedi avanti 12d) fino a 20 mm di diametro, e la EN 50362 (CEI 20- 36/5-0) che si applica ai cavi superiori a 20 mm.

Questa prova prevede una fiamma di 830°C, che lo spezzone sia piegato ad U, e sottoposto a dati shock meccanici, con vari tempi di prova.

È previsto dalle norme che i cavi resistenti al fuoco abbiano una propria stampigliatura di riconoscimento che li differenzi dai cavi normali.

I materiali utilizzati per la fabbricazione di questi cavi sono generalmente a base di allumina calcinata, silice e mica, ed altri, sono prodotti opportunamente lavorati con recenti e speciali processi industriali, quali la sinterizzazione selettiva a mezzo della tecnologia Laser. Questa tecnologia consente la compattazione e la trasformazione di polveri in un composto indivisibile ed è effettuata in genere con un raggio laser che fonde, in tempi successivi, date polveri di materiale ceramico disposte a strati, e trasforma questi strati di polveri in strati di materiale ceramico, con caratteristiche di notevole resistenza al fuoco.

12d) Cavi a fibre ottiche

Le fibre ottiche sono sottilissimi fili di vetro o di polimeri (dell'ordine di un milionesimo di metro) lungo ed all'interno dei quali la luce scorre senza attraversare le pareti del filo.

Per questa proprietà sono classificate come guide d'onda.

Si hanno due tipi di fibre ottiche:

- la prima è stata quella di silice purissima (che è praticamente vetro) è fragile e meno facilmente lavorabile;
- la seconda chiamata fibra polimerica non è fragile, i suoi fili hanno generalmente un diametro leggermente maggiore, sono lavorabili con maggiore facilità rispetto alle fragili fibre di vetro. Questi ultimi hanno un'*attenuazione* (cioè una riduzione di intensità del flusso che le transita) più elevata di quelle di vetro e scarsa resistenza termica, ma una maggiore resistenza meccanica

I costi dei due tipi descritti differiscono poco.

La fibra ottica è una specie di specchio tubolare (che ha le dimensioni evidenziate) che permette alla luce di propagarsi mediante una serie di riflessioni, come se si usassero specchi microscopici contrapposti, che si rinviano fra di loro un raggio di luce inclinato di un angolo di piccola entità, in modo che il raggio avanza a zigzag lungo il filo.

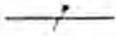
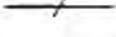
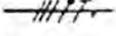
Una singola coppia di fibre può trasmettere, a velocità elevatissima, fino ad alcune centinaia di canali di frequenze diverse fra loro.

Vengono utilizzate per illuminare o per osservare punti non facilmente raggiungibili (per esempio in medicina per gli esami endoscopici) o per trasmettere informazioni codificate sotto forma di segnali luminosi (ad esempio nelle reti telefoniche o in quelle televisive in via cavo).

Praticamente un cavo è costituito da una fibra di vetro o di plastica

protetto da un'idonea guaina. Nella tecnologia moderna i cavi hanno fibre sempre più piccole e possono trasmettere un numero enorme d'informazioni.

Segni grafici:

Identificatori di Conduttori Particolari		Riferim. Norm.
	Conduttore. Il numero dei conduttori è indicato da trattini o da un numero.	CEI3-15
	Conduttore neutro	CEI 3-23
	Conduttore di protezione	CEI 3-23
	Conduttore neutro avente anche funzione di conduttore di protezione (PEN)	CEI 3-23
	Esempio di conduttura trifase con conduttore di protezione	CEI 3-23

13) CELLULA FOTOELETTRICA O FOTOCELLULA

È un dispositivo elettronico basato sull'effetto fotoelettrico, cioè sulla emissione di elettroni da parte di certe sostanze colpite da una radiazione luminosa (un raggio di luce).

La luce è una radiazione elettromagnetica sensibile all'occhio umano compresa fra le radiazioni elettromagnetiche violette e quelle rosse.

Semplificando, una cellula fotoelettrica è costituita da un polo positivo ANODO alimentato da corrente continua ed un CATODO collegato al polo negativo. Il catodo è rivestito da sostanze fotosensibili e quando viene illuminato emette elettroni, che sono attratti dall'anodo.

In questo modo si crea all'interno del circuito in cui è inserita la cellula fotoelettrica una corrente elettrica, la cui intensità è proporzionale all'intensità di illuminazione. Se qualche cosa (un oggetto o una persona) si interpone fra la sorgente luminosa ed il catodo, questo non emette più elettroni e la corrente si interrompe. Le cellule fotoelettriche sono adoperate ad es. per le porte automatiche degli ascensori, e ne impediscono la chiusura se un qualsiasi oggetto interrompe il circuito, o nei dispositivi di allarme dove l'interruzione del segnale luminoso provoca un suono e/o l'accensione di una luce e nei cancelli ad apertura automatizzata dove provocano l'arresto del movimento o la loro riapertura.

SEGNO GRAFICO della FOTOCELLULA:
Dispositivo che converte la luce in corrente elettrica



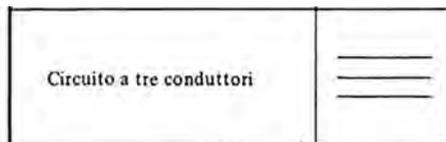
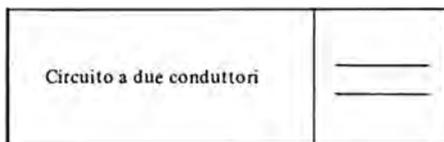
14) CIRCUITO ELETTRICO

È un conduttore elettrico che collega una serie di componenti elettrici attraverso i quali scorre la corrente elettrica. Un conduttore elettrico è costituito da un materiale che ha una resistenza specifica o resistività (voce: 69) piccola.

In certi casi la migrazione di elettroni può avvenire attraverso l'aria (fulmini tra nubi e terra o tra nubi e nubi) o nel caso dell'arco elettrico (voce: 3) per una scarica elettrica.

La differenza tra scarica elettrica e corrente elettrica è che la prima può durare pochi secondi o frazione di secondi, mentre la seconda deve durare nel tempo infatti, la corrente elettrica è un flusso continuo di elettroni.

I segni grafici più comunemente usati per indicare un circuito elettrico sono i seguenti:



15) CLASSI DI ISOLAMENTO - DOPPIO ISOLAMENTO - APPARECCHI DI CLASSE III

La IEC (International Electrotechnical Commission), per limitare i rischi di folgorazione conseguenti ad un guasto, ha raggruppato gli **apparecchi elettrici** nelle quattro classi numerate da zero a tre che sono l'oggetto del presente paragrafo.

Le classi individuano gli apparecchi elettrici nel seguente modo:

- **Classe 0**, gli apparecchi elettrici che appartengono a questa classe sono obsoleti e non hanno la possibilità di collegarsi all'impianto di terra del luogo dove operano, dato che hanno la spina a due contatti questi ultimi non sono più in produzione. Nonostante ciò in alcuni paesi si possono ancora trovare nelle vecchie costruzioni mentre in Italia è vietato il loro uso, dato che un qualsiasi guasto può causare folgorazione. Il loro isolamento era costituito fra la loro carcassa e il sistema di azionamento (isolamento principale).
- **Classe I**, gli apparecchi elettrici che appartengono a questa classe hanno protezione che si basa su due realtà:

- la prima che abbiano un idoneo isolamento principale;
- la seconda che possano collegarsi all'impianto di terra del luogo dove sono utilizzati.

Esiste la possibilità che, in casi di guasto, un conduttore di fase vada in contatto con la loro carcassa, provocando un passaggio di corrente attraverso il conduttore di protezione, con il pericolo, al limite, di folgorazione dell'utente.

Per evitare questo inconveniente occorre: un idoneo impianto di terra ed un interruttore differenziale, con un potere d'interruzione dato da: $\Delta = 0,003$ (voce: 49).

Esempi di apparecchi di questo tipo sono i forni elettrici, le lavatrici, e le lava stoviglie. ecc

- **Classe II**, gli apparecchi elettrici che appartengono a questa classe **hanno il doppio isolamento e non hanno la connessione a terra** (massa a terra). Le parti in tensione del sistema d'azionamento sono protette, in genere, da un doppio strato di materiale isolante o da isolamenti potenziati in varie maniere. Sono marcati con la scritta "classe II" o con il simbolo di due quadrati concentrici che rappresenta il doppio isolamento. Simbolo grafico:



Esempi di apparecchi di questo tipo sono la maggior parte delle lampade da tavolo, i televisori, i videoregistratori, le radio.

- **Classe III**; gli apparecchi elettrici che appartengono a questa classe sono utilizzati nei sistemi a bassissima tensione (voce: 76) che lavorano con correnti inferiori a 50 V per la corrente alternata ovvero a 120 V per la corrente continua.

Nel sistema SELV non è prevista la messa a terra di protezione (voce: 76_a).

La IEC (International Electrotechnical Commission) relativa agli apparecchi elettromedicali non riconosce gli apparecchi di classe III, dato che non ritengono sufficiente ad assicurare la sicurezza del paziente, la sola limitazione della tensione.

16) CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI a c.a. - Definizione della bassissima tensione - prefissi moltiplicativi per le unità di misura

La classificazione degli impianti a c.a. è la seguente: Categoria ZERO fino a 50 V; PRIMA da 50 V a 1 KV; SECONDA da 1KV A 30 KV; Terza categoria per tensioni superiori a 30KV. Tuttavia si continua per semplicità a definire come bassa tensione (BT) gli impianti fino a 1.000 V e di media tensione (MT) per gli impianti fino a 30KV.

Si definisce **BASSISSIMA TENSIONE** l'intervallo di tensione elettrica compreso, per la corrente alternata (c.a.) tra 0 e 50 volt (valore efficace) e per la corrente continua (c.c.) da 0 a 120 volt non ondulata (voce: 76).

La c.c. non ondulata è quella fornita da un accumulatore o da speciali raddrizzatori elettronici, che trasformano una c.a. in un'altra c.a. pulsante, che viene successivamente trasformata elettronicamente in una corrente continua non ondulata (voce: 66).

Con i seguenti prefissi occorre moltiplicare le unità di misura per i corrispondenti valori:

M	Mega	1.000.000	cioè	10^6
K	chilo	1.000	"	10^3
h	etto	100	"	10^2
D	deca	10	"	10
d	deci	1/10	"	10^{-1}
c	centi	1/100	"	10^{-2}
m	milli	1/1000	"	10^{-3}
μ	micro	1/1.000.000	"	10^{-6}
p	pico	1/1.000.000.000.000	"	10^{-12}

Molto usati il chilovolt 1 KV = 1000 V ed il millesimo di Volt: mV = 1/1000 V

17) CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI ELETTRICI IN RELAZIONE DELLA MESSA A TERRA. Sistema IT-M per i locali ad uso medico

I sistemi di distribuzione elettrica sono individuati da due lettere:

- **la prima indica la funzione del neutro**, individuata **con T se il neutro è collegato a TERRA direttamente o con I se è isolato da terra o collegato a terra** tramite un'impedenza (per comprendere meglio l'argomento vedi voci relative ma in particolare devono essere lette tutte le voci della c.a. e del collegamento a terra);
- **la seconda indica le condizione delle masse: con T se sono collegate a terra o con N se le masse sono collegate al conduttore neutro.**

Riepilogando:

- con il sistema elettrico TT il neutro è collegato direttamente a terra. Le masse sono collegate ad una terra distinta ed indipendente da quella del neutro.
- con il sistema elettrico TN il neutro è collegato direttamente a terra, mentre le masse sono collegate al conduttore neutro per mezzo del

conduttore di protezione principale PE (voce: 18 - Impianti di terra e relativo schema generale dell'impianto di terra).

Il sistema TN si distingue a sua volta con due tipi di sistemi elettrici:

- 1°) nel primo il conduttore di protezione PE o quello del neutro N sono separati.
- 2°) nel secondo sono uniti in un solo conduttore. In quest'ultimo caso il conduttore che svolge sia la funzione del conduttore di protezione PE, sia quella del neutro N è denominato PEN.

Pertanto:

- con il sistema elettrico TN-S: Il conduttore di protezione PE e quello del neutro sono due conduttori separati, ma hanno lo stesso collegamento a terra;
- con il sistema elettrico TN-C le funzioni dei due conduttori, di protezione e neutro, sono svolte dal solo conduttore PEN;
- con il sistema elettrico TN-C-S le funzioni di protezione e del neutro sono in parte separate o in parte combinate in un solo conduttore;
- con il sistema elettrico IT si ha il neutro isolato o collegato a terra tramite un'impedenza, mentre le masse sono collegate ad un impianto di terra che può essere unito a quello eventuale del neutro ovvero distinto ed indipendente.

Il sistema elettrico IT-M è un sistema di protezione di tipo IT destinato all'alimentazione dei locali ad uso medico di gruppo 2; la lettera M indica l'applicazione specifica per i locali in oggetto (voce: 56).

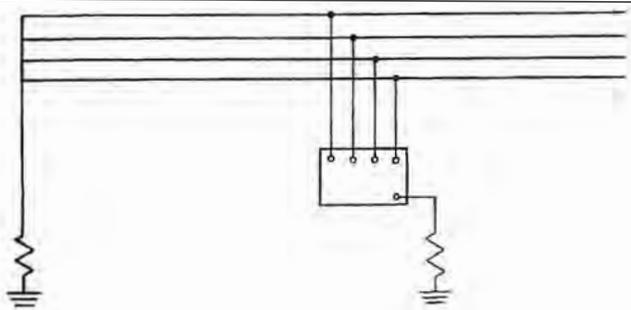
È costituito, fra l'altro, da un trasformatore per uso medico (voce: 82_a) e da un dispositivo di controllo permanente della resistenza di isolamento verso terra in grado di rilevare, a mezzo di un monitor, il decadimento di un isolamento e di segnalare il primo guasto a terra; il dispositivo non deve poter essere disinserito.

Con il trasformatore d'isolamento garantiamo la continuità di funzionamento in caso di guasto a terra

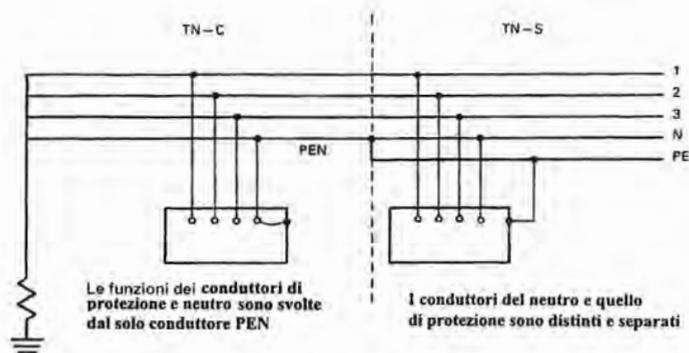
Per meglio comprendere quanto sopra puntualizziamo:

- in un impianto tradizionale, efficiente e regolarmente protetto, al verificarsi di un guasto (dispersione, sovraccarico, cortocircuito) l'alimentazione si interrompe. Tale interruzione di corrente non è ammissibile in una sala operatoria, dove è indispensabile mantenere l'alimentazione per non interrompere bruscamente l'attività dei medici ed il funzionamento delle apparecchiature elettriche indispensabili ad assicurare la salute e/o la vita del paziente.

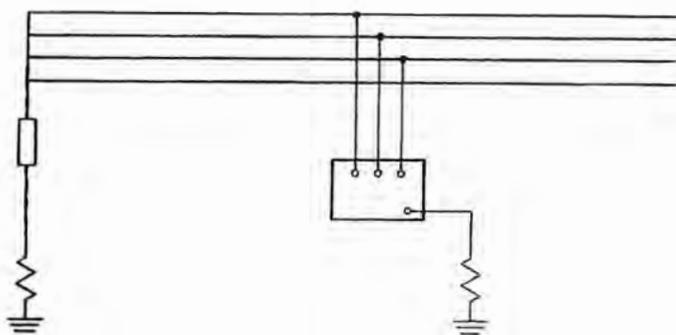
Per tale motivo il sistema di distribuzione IT-M assicura la continuità dell'alimentazione in caso di primo guasto a terra, ma lo segnala all'operatore a mezzo di un monitor, in modo che quest'ultimo possa intervenire, ad esempio, quando un intervento operatorio è terminato, ed il paziente è stato trasferito in altro locale.



Con il sistema TT il neutro è collegato direttamente a terra, mentre le masse sono collegate a un impianto di terra locale indipendente elettricamente da quello del neutro



Con il sistema elettrico TN il neutro è collegato direttamente a terra. Le masse sono collegate al conduttore di neutro, direttamente (TN-C) o tramite un conduttore di protezione PE (TN-S). Il conduttore che svolge la funzione sia di neutro (N) sia di conduttore di protezione (PE) assume la denominazione di conduttore PEN



Con il sistema elettrico IT il neutro è isolato, o connesso a terra tramite un'impedenza. Le masse sono collegate a un impianto di terra locale, che può essere separato o unito a quello eventuale del neutro.

Nota: gli schemi sopra evidenziati sono stati elaborati sulla base di quelli riportati nel testo del Prof. Vito Carrescia - *Fondamenti di sicurezza elettrica* (vedi bibliografia)

18) COLLEGAMENTI ED IMPIANTI DI MESSA A TERRA

18a) Valori indicativi della resistenza ohmica dei terreni – Pozzetto di terra

18b) Concetto di messa a terra

18c) Il pericolo di elettrocuzioni (folgorazioni)

18d) Gli effetti fisiologici della corrente elettrica

Premessa

Si hanno i seguenti tipi di messa a terra:

- 1) **Messa a terra di funzionamento.** È quella che consente la chiusura di un circuito con la messa a terra di due punti.
- 2) **Dispersione dell'elettricità statica.** Si ha per determinate parti di macchine che per disperdere energia statica hanno un'ideale messa a terra (è indispensabile per i veicoli addetti ai trasporti dei prodotti infiammabili).
- 3) **Messa a terra per lavori.** Trattasi di un collegamento a terra temporaneo per la messa fuori servizio di una parte d'impianto soggetta a lavori.
- 4) **Protezione delle scariche atmosferiche.** Vedi la voce: gabbia di Faraday- Fune di guardia.
- 5) **Protezione del circuito stesso.** Un esempio può essere la messa a terra di protezione del circuito di manovra di un ascensore infatti collegando opportunamente un dato punto del circuito di manovra a terra (terra voluta), se avviene una massa (cioè una messa a terra accidentale) in un qualsiasi altro punto del circuito, questo si chiude fra le due terre e scatta un interruttore o si brucia una valvola tarata.
- 6) **Protezione contro le tensioni di contatto delle persone.** È l'oggetto della presente voce in cui indicheremo solo alcune nozioni basilari, che devono essere assolutamente considerate come una prima superficiale informazione sull'argomento.

I problemi connessi con gli impianti di terra e con la sicurezza degli impianti sono stati e sono oggetto di studi pubblicati su decine di libri e centinaia d'articoli tecnici e scientifici, pertanto non è possibile riepilogare in poche pagine tali argomenti.

18a) Valori indicativi della resistenza ohmica dei terreni

Per comprendere l'argomento è necessario iniziare dalle proprietà elettriche del terreno, cioè dalla sua resistenza ohmica chiamata resistività ρ (si legge **ro**). La resistenza ohmica dipende notevolmente dall'umidità e dalla granulometria dei vari strati del terreno ed ovviamente dalla sua natura complessiva. A titolo orientativo la resistività ρ (voce: 69) dei vari tipi di terreno, espressa in Ω ohm può essere desunta dai seguenti dati:

scisti, torbe, humus, argille	10 Ω
sabbia umida, ghiaia	100 Ω
sabbia asciutta	1.000 Ω
Basalti	10.000 Ω
Carbone	100.000 Ω
Cemento	1.000.000 Ω
acqua di mare	$\rho = 1$

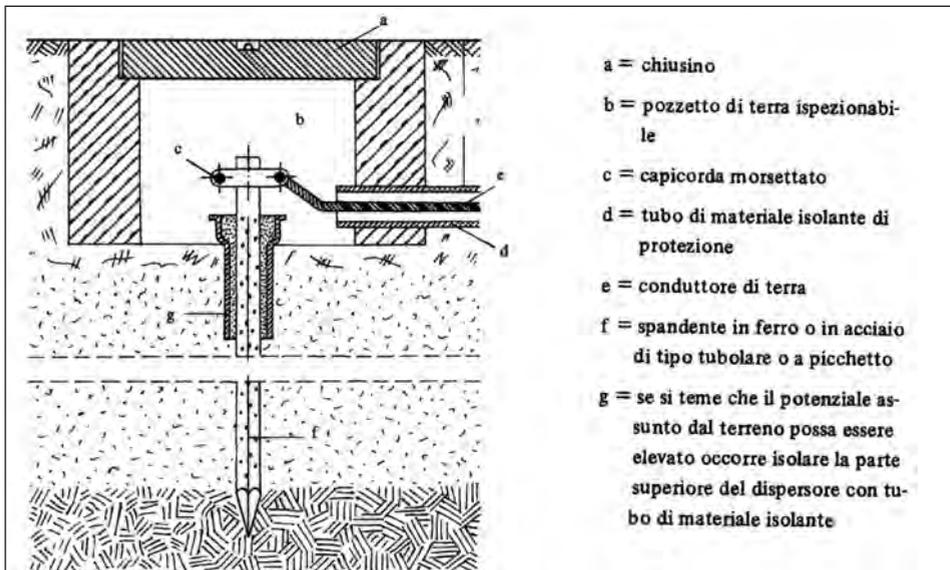
Un impianto di terra è realizzato da:

Un pozzetto di terra – dispersore intenzionale

Nella seguente figura è indicato come deve essere realizzato *un pozzetto facilmente ispezionabile* per i collegamenti a terra adatto a contenere uno spandente di terra cilindrico (praticamente un tubo di ferro lungo circa due metri). Questo tipo di pozzetto di terra, è stato realizzato volutamente, ed ha questo unico scopo, che ci permette di effettuare un collegamento a terra, efficiente e facilmente ispezionabile. Per questo motivo è chiamato **dispersore intenzionale**.

Dispersore di fatto

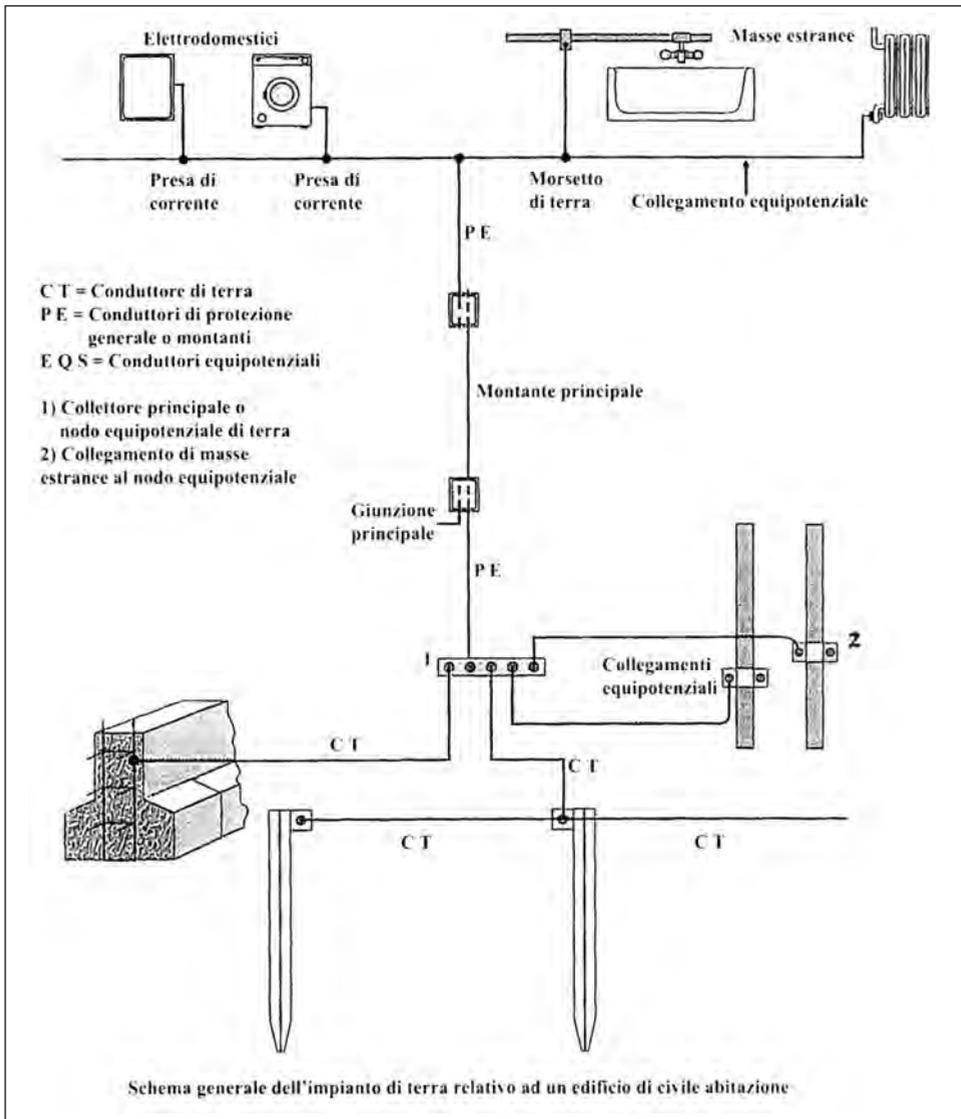
Trattasi normalmente di un elemento intrinseco alla struttura e realizzato per altri scopi, che può essere utilizzato come collegamento a terra, dato che ha le stesse funzioni che può avere un dispersore collegato a terra (infatti deve essere ubicato nel terreno); come indicato nella figura seguente, dove i ferri di una struttura di cemento armato, pertinenti al plinto di fondazione, sono utilizzati come **dispersori di fatto**.



Questa soluzione, a parere degli autori della presente pubblicazione, non è da preferire perché, fra l'altro rende più difficoltosi gli accertamenti periodici di controllo degli impianti di terra e **le unioni con il conduttore principale di terra (sigla CT) con un dispersore di fatto non sono facilmente ispezionabili.**

I dispersori di terra chiamati anche puntazze, spandenti, o picchetti possono essere collegati, possibilmente con una idonea canalizzazione fra di loro, fino, se realizzabile, a chiudere con un anello, di vari dispersori, l'edificio che si vuole proteggere.

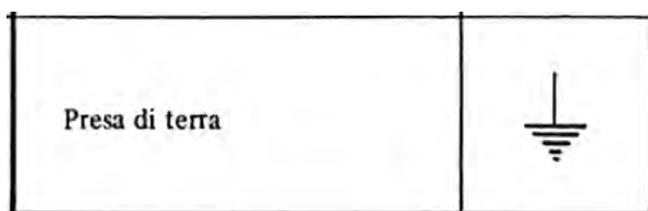
Nella figura seguente è indicato uno schema di massima di come si dovrebbe realizzare un impianto di terra. Dal basso notiamo:



- Il dispersore di fatto realizzato con i ferri del plinto, ma, si ripete, è preferibile quando possibile, non utilizzare tali dispersori di fatto.
- I picchetti che rappresentano i dispersori voluti.
- Il nodo equipotenziale di terra, o collettore principale di terra, è realizzato fisicamente con una sbarra di rame, dove si collegano idoneamente i vari conduttori del circuito di terra. È rappresentato con la sbarretta al centro del disegno ed indicato con il numero 1.

Riprenderemo la descrizione dello schema in seguito, perché per capire meglio il principio di funzionamento è opportuno definire il concetto di "messa a terra".

Il segno grafico usato negli schemi elettrici per indicare il collegamento a terra è il seguente:



18b) Concetto di Messa a Terra

Quando si collega una massa metallica di qualsiasi natura con un conduttore, detto di terra, ad uno spandente di terra, si esegue ciò che è comunemente detto **"messa a terra."**

Il picchetto, che è la parte terminale del circuito di terra è destinato a disperdere nel terreno le correnti di guasto. Queste ultime, nascono fra una parte in tensione e la carcassa metallica della macchina (ad esempio un conduttore d'alimentazione del motore di un elettrodomestico in funzione, che va accidentalmente in contatto con la sua carcassa metallica).

Uno scaffale metallico o un termosifone sono masse metalliche estranee, che possono trovarsi in tensione solo nel caso di un contatto accidentale con una massa accidentalmente in tensione (ad es. un termosifone, che si trovi in contatto accidentale con una parte logora di conduttore elettrico sotto tensione, che alimenta un aspira polvere). Queste masse metalliche estranee devono essere collegate a terra. Il conduttore di terra (CT) conduce la corrente di guasto al picchetto (dispersore), che la scarica a terra.

I criteri di scelta e di dimensionamento dei componenti di un impianto di terra, in Italia, sono dettati dalle norme CEI (Comitato elettrotecnico italiano).

Con riferimento a quanto sopra evidenziato ed allo schema della figura si nota quanto segue:

Il conduttore di terra CT, che collega il picchetto o i picchetti di

terra al nodo equipotenziale, è costituito, in genere, da una corda formata da una treccia di fili di rame che può essere installata nuda, cioè senza nessuna protezione meccanica e contro la corrosione, o isolata in PVC. Il suo dimensionamento è indicato dalla normativa vigente; tuttavia è possibile affermare che una corda isolata con una guaina in PVC, *deve avere una sezione minima di 16 mm²*

Il nodo principale di terra o nodo equipotenziale o collettore, costituito da una barretta di rame, riceve il conduttore di protezione generale PE ed inoltre tutti i possibili altri collegamenti con le masse estranee, effettuate tramite il conduttore di terra CT ed i collegamenti con il picchetto (definiti anche dispersori intenzionali) e/o con i ferri delle strutture di fondazione (dispersori di fatto).

Il conduttore di protezione generale o montante PE, cioè quello che collega il collettore principale di terra (o nodo equipotenziale) ai conduttori di protezione, diramati per raggiungere le masse metalliche è realizzato con un idoneo conduttore, contraddistinto con la guaina giallo-verde, posizionato in genere dentro le tubazioni del montante che contiene i conduttori elettrici di alimentazione.

Quindi *il conduttore di protezione PE connette il nodo principale di terra con le masse metalliche.*

Il conduttore di protezione terminali PE, che collega gli involucri metallici degli utilizzatori, mediante prese elettriche con la terra, ai conduttori dal montante principale è di colore giallo-verde ed è posizionato dentro le tubazioni dei conduttori elettrici d'alimentazione.

Osservando la figura, ed in particolare le masse estranee notiamo che alcune appartengono direttamente agli elementi dell'impianto da collegare a terra (il rubinetto della vasca da bagno, il termosifone, gli elettrodomestici), mentre le tubazioni verticali, pur essendo masse estranee, non appartengono direttamente all'impianto.

Si hanno quindi *due tipologie di masse estranee collegate entrambe al conduttore di protezione generale PE*. Quelle delle tubazioni adduttrici (gas, acqua fredda e calda, acqua per i termosifoni), sono connesse con i **collegamenti equipotenziali principali**, rappresentati con la sigla EQP (nello schema sopra richiamato sono quelle rappresentate con il N°2), mentre le tubazioni dei servizi igienici (nello schema in alto a destra) sono collegate con il **conduttore equipotenziale supplementare EGS**.

Lungo il montante PE sono evidenziate due giunzioni principali in genere costituite da morsetti che non richiedono il taglio del conduttore per effettuare le derivazioni.

Il conduttore PEN, non evidenziabile in figura, è quello che, in un sistema di bassa tensione, svolge sia la funzione del conduttore di protezione che del neutro (vedi classificazione dei sistemi elettrici in relazione della messa a terra). *Per tale motivo ha una doppia colorazione*, infatti è un blu chiaro, colore che contraddistingue il neutro, (voce: 8), mentre termina con il giallo verde (colore dei conduttori di protezione e di quelli del collegamento a terra).

Lungo il montante PE sono evidenziate due giunzioni principali, in genere costituite da morsetti che richiedono il taglio del conduttore generale PE per effettuare le derivazioni.

18c) Il pericolo di Elettrocuzione (Folgorazione)

Elettrocuzione è la contrazione della parola elettroesecuzione, e perciò definisce la pena di morte inflitta mediante sedia elettrica.

In elettrotecnica indica un contatto di un uomo con una componente metallica sotto tensione.

La folgorazione può avvenire, in due casi, per contatto diretto o indiretto.

Il primo si ha nel caso di contatto, quasi sempre di mani o piedi, con una componente metallica generalmente sotto tensione (un conduttore elettrico scoperto e usurato, un morsetto, una presa a spina deteriorata, ecc.). In questo caso il pericolo è rilevante. La messa a terra è inefficiente. Solamente l'intervento di un interruttore differenziale, con un intervento di 30 mA (cioè 30 millesimi di ampere) ha qualche possibilità di salvare la vita al malcapitato (vedi avanti il paragrafo relativo agli effetti fisiologici della corrente elettrica sul corpo umano).

Il secondo si ha nel caso di contatto con una parte metallica generalmente non in tensione che, per un guasto d'isolamento, si trova accidentalmente sotto tensione. In questo caso, se esiste un impianto di terra bene eseguito ed è stato previsto un interruttore differenziale idoneo, c'è una possibilità concreta di salvezza. Dato che un interruttore differenziale, anche ad alta sensibilità, non garantisce da solo la sicurezza in caso di guasto, occorre sempre il suo coordinamento con un idoneo impianto di terra

Quindi le probabilità di salvezza dipendono essenzialmente dall'interruttore differenziale e dall'impianto di terra. Si ripete che l'interruttore differenziale senza la messa a terra è inutile.

18d) Gli effetti fisiologici della Corrente Elettrica

Gli effetti in oggetto non possono essere previsti con certezza per le troppe variabili che intervengono in caso di folgorazione. I numerosi studi statistici effettuati hanno permesso di trarre delle conclusioni che sono elencate nella figura sottostante con le quattro zone A-B-C-E-D che descriviamo:

- A) Le correnti fino a 0.5 mA non costituiscono pericolo, (linea A della figura seguente).
- B) Quelle da 0,5 a 10 mA possono provocare una forte scossa e dolore, ma generalmente non si hanno danni irreversibili, (curva B).
- C) Da 10 a 30 mA si presenta il pericolo di paralisi muscolare, che, se il malcapitato non riesce a staccarsi dal contatto, può provocare danni irreversibili.

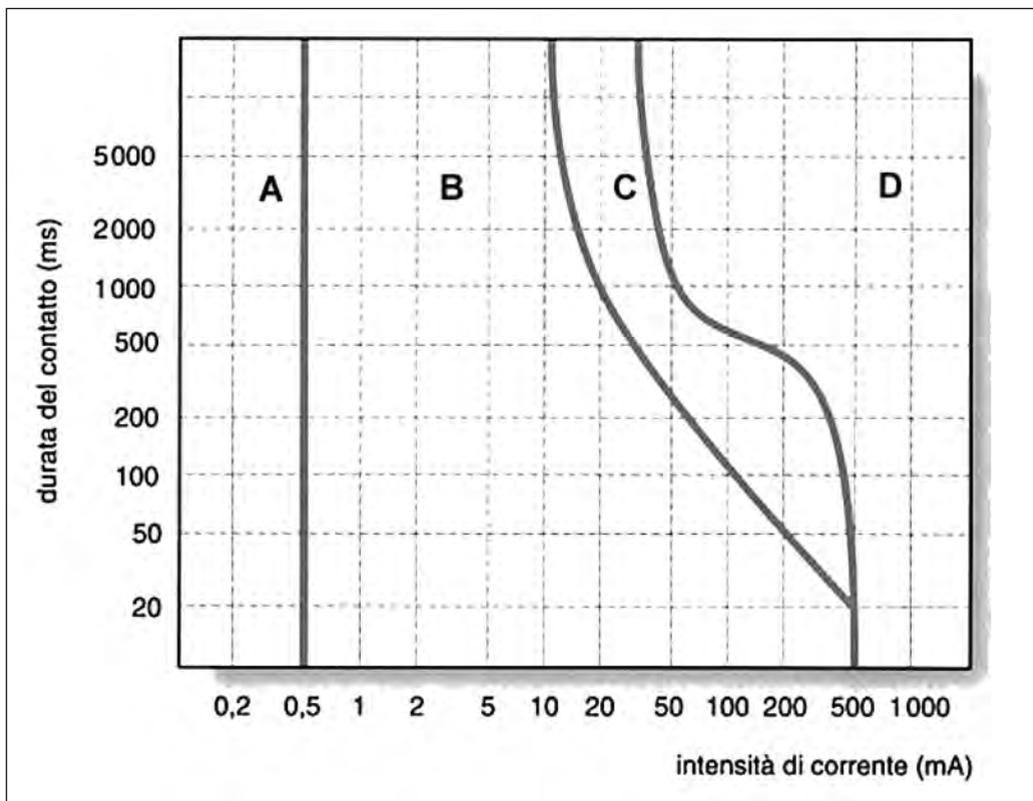
In questi casi anche la presenza di un interruttore differenziale da 30 mA non può assicurare una protezione al 100%.

D) Oltre la curva D si ha in genere la morte per arresto cardiaco. Solamente l'immediato trattamento con un defibrillatore ha qualche speranza di poter salvare l'infortunato.

Dalla figura si può dedurre quanto segue: l'area A è definibile come relativamente sicura nel senso che dipende dall'età e condizioni fisiche dell'infortunato e del luogo (umidità, l'efficienza dell'isolamento) che hanno una importanza rilevante, ovviamente anche per l'altre zone della figura.

La zona B evidenzia che mediamente fino ad un tempo di 20 millesimi di secondo si possono sopportare correnti di 500 millesimi di ampere, cioè mezzo ampere, che scendono solo a 10 millesimi di Ampere per 5.000 millesimi di secondi cioè per mezzo secondo! Quindi anche se l'infortunato non dovrebbe subire danni irreversibili si può essere certi che ha subito un trauma notevole.

La zona compresa fra le curve C e D, esalta quanto sopra evidenziato, e dalla zona D difficilmente si esce vivi.



19) COLLEGAMENTI IN SERIE ED IN PARALLELO

Più resistenze sono collegate in serie se i rispettivi morsetti di collegamento elettrico sono connessi uno dopo l'altro in modo che esse vengano percorse *tutte dalla medesima corrente*. La resistenza elettrica equivalente totale R_T è data dalla somma delle resistenze parziali:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3.$$

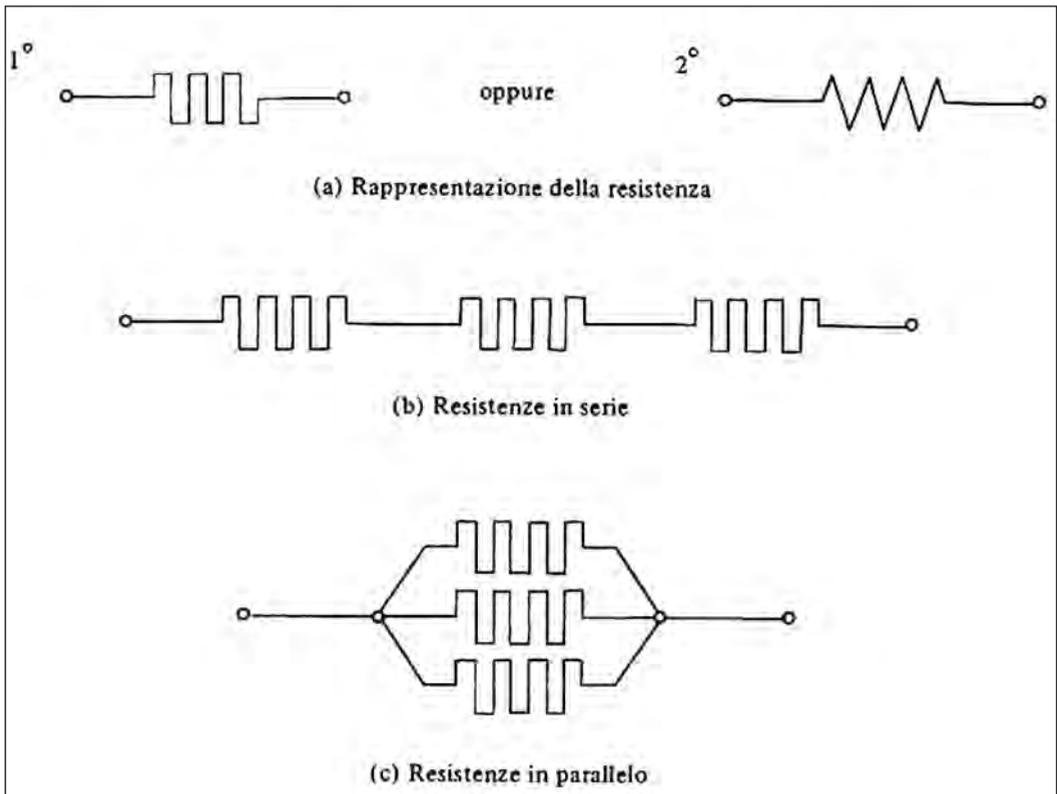
Più resistenze sono collegate in parallelo (**o in derivazione**), se i morsetti di tutte sono riunite insieme ai due estremi in modo che *a ciascuno di essi sia applicata la medesima tensione*. Si può dimostrare che l'inverso della resistenza R_T , equivalente ad un gruppo di resistenze in parallelo, è data dalla somma degli inversi delle singole resistenze. In questo caso si ha la seguente espressione:

$$1/R_T = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3.$$

La corrente I che transita in ogni resistenza (voce: 55) è inversamente proporzionale al valore della resistenza stessa:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = V/R_1 + V/R_2 + V/R_3.$$

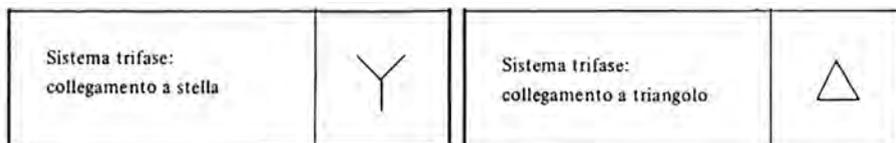
La resistenza induttiva (voce: 45), si rappresenta normalmente come indicato nella figura n° 2 del sottostante disegno.



20) COLLEGAMENTI TRIFASI A STELLA ED A TRIANGOLO

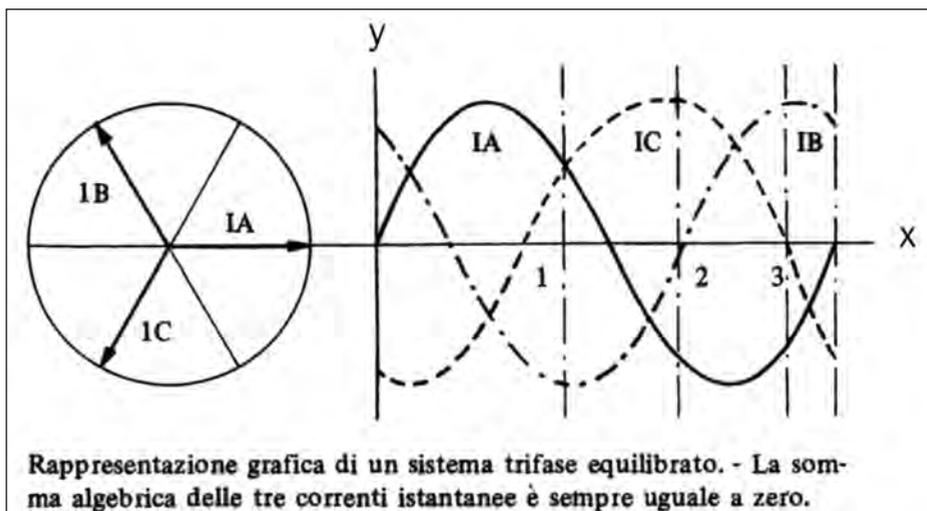
Prima di leggere la seguente voce, è opportuno conoscere i concetti fondamentali della c.a. (vedi voci 22 e 23)

I collegamenti in oggetto sono rappresentati graficamente negli schemi elettrici con i seguenti segni grafici:

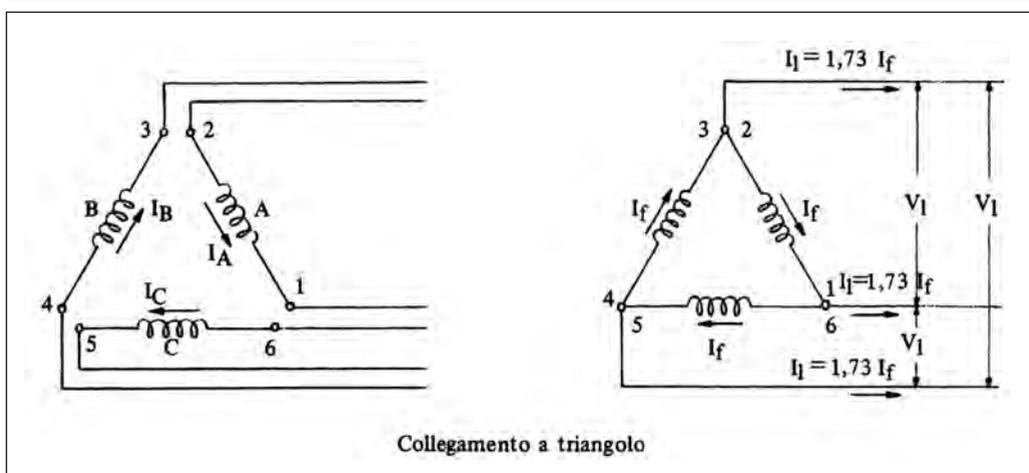
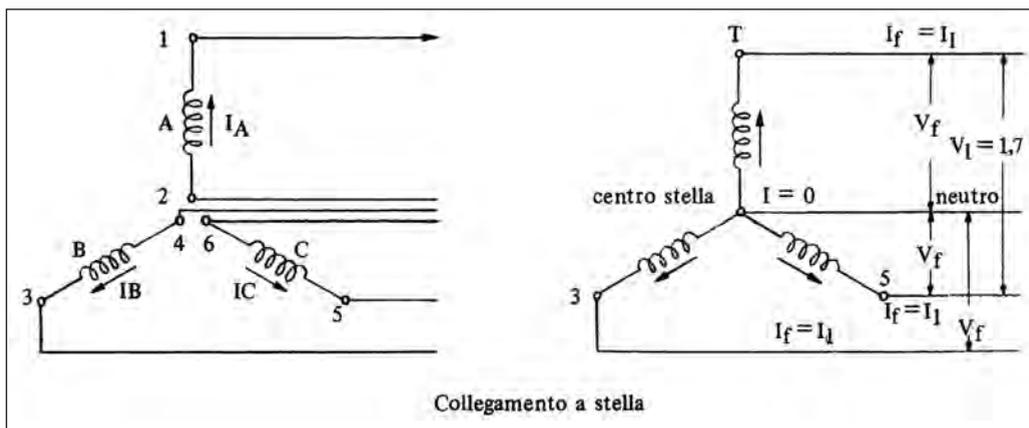


Se si hanno tre sistemi di spire, rigidamente collegate a 120° l'una dall'altra, che ruotano con velocità angolare ω costante in un campo magnetico uniforme, in ogni sistema di spire nasce una forza elettromotrice alternata.

Queste tre forze elettromotrici costituiscono un sistema trifase. (vedi il disegno alla voce correnti alternate bifasi, trifasi e polifasi.). I tre avvolgimenti posti a 120° , sono sedi rispettivamente di tre f.e.m. e di tre correnti alternate; rappresentate dalle tre sinusoidi della figura seguente:



I tre avvolgimenti possono essere collegati a stella o a triangolo.



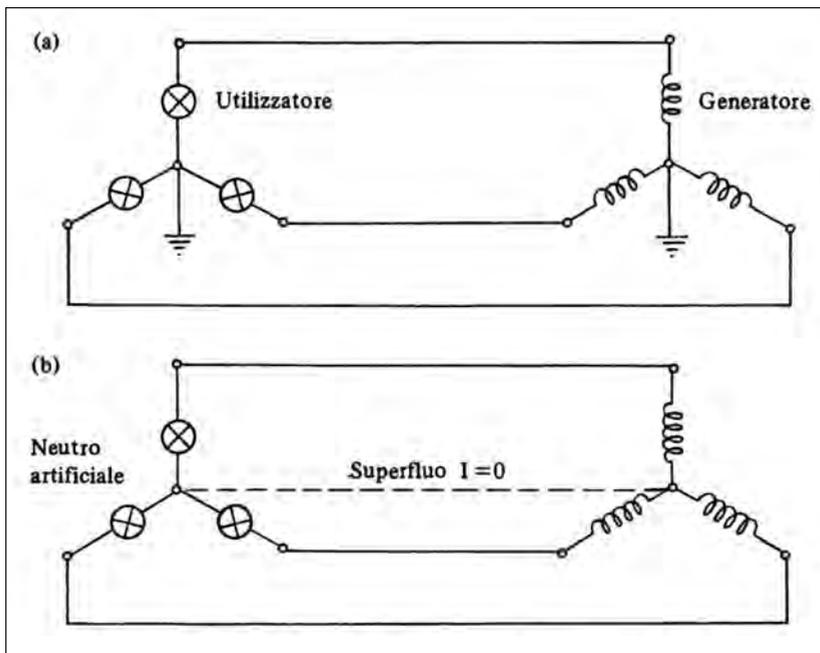
Il collegamento ottenuto unendo i tre capi interni dei tre avvolgimenti in modo da formare un unico conduttore, mentre dai capi esterni partono i conduttori di fase o di linea è quindi detto **a stella o a Y (ipsilon)**. Il neutro è il conduttore che esce dal centro stella ed, in questo caso, se le correnti di fase sono equilibrate, nel centro non circola nessuna corrente; infatti, la somma algebrica delle correnti circolanti **nei tre avvolgimenti a, b, c, è in ogni istante zero**:

$$I_A + I_B + I_C = 0.$$

Inoltre la somma di due correnti è uguale ed opposta alla terza. Si ricorda che, ciascuna delle tre sinusoidi rappresentano sia la corrente di fase: I_A, I_B, I_C , che la tensione di fase V_f di ciascuna delle tre fasi (V_A, V_B, V_C). Per comprendere il fenomeno osserviamo la figura delle tre sinusoidi che, in questo caso, rappresentano le tre correnti sfasate fra di loro a 120° , se in un qualsiasi punto delle ascisse (ad esempio in 1 ovvero 2 o 3) si leggono le tre ordinate corrispondenti alle tre correnti di fase, la loro somma è sempre zero.

Per maggiore chiarezza, se in qualsiasi punto dell'ascissa, confrontiamo le lunghezze rispettive dei tre segmenti corrispondenti alle tre correnti, dato che l'intensità della corrente rappresentata dalle ordinate sono positive se sopra l'asse dell'ascisse e negative se sotto l'asse, è facilmente rilevabile che la loro somma è zero.

Per questo il conduttore del neutro potrebbe in molti casi essere eliminato.

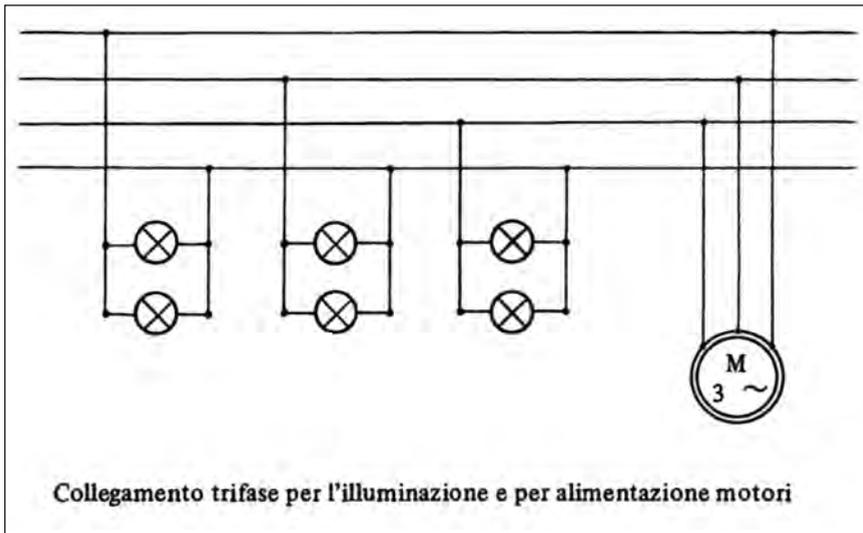


Praticamente il neutro (vedi disegno successivo) viene utilizzato **quando la corrente trifase serve per alimentare contemporaneamente motori elettrici trifasi, cioè collegati alle tre fasi con una tensione di 380 V, per la forza elettromotrice (f.e.m), mentre per l'illuminazione ed elettrodomestici, il collegamento avviene fra fase e neutro, e si ha una tensione di 220 V.**

Quanto sopra, oltre che dalla realtà quotidiana di milioni di collegamenti di questo tipo, che avvengono in Italia, si può dimostrare con il fatto che la tensione di linea V_1 , che si ottiene con allacciamento fra fase e fase, ha un valore che si ottiene moltiplicando la tensione di fase per $\sqrt{3}$.

Si ha perciò: $\sqrt{3} = 1,73$; da cui: $V_1 = 1,73 V_f$.

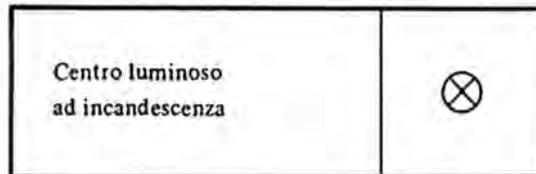
Con l'allacciamento fra due fasi, si ha la tensione di linea concatenata di $380V_c$; se l'allacciamento è realizzato fra una fase ed il neutro si ha la tensione di fase o stellata di $220V_f$.



In figura sono stati utilizzati sei segni grafici uguali che rappresentano sei centri luminosi; il segno grafico qui riprodotto rappresenta un motore a c.a. trifase



Il segno grafico usato per rappresentare un centro luminoso è il seguente:



Se i tre avvolgimenti della macchina elettrica vengono connessi uno di seguito all'altro, cioè in serie, si ha il **collegamento a triangolo** dei vertici dal quale partono i tre conduttori elettrici che costituiscono la linea esterna. Osservando le tre sinusoidi della figura, supponendo che ora rappresentino le tensioni, possiamo affermare che la somma di due tensioni è uguale ed opposta alla terza, cioè che la somma delle tre tensioni è sempre uguale a zero, Quindi nella figura relativa al **TRIANGOLO**. La tensione fra i punti 2 e 5 (somma tra 1-2 e 5-6) è uguale ed opposta alla tensione fra 3 e 4: $V_A + V_C = V_B$. Ovviamente quanto sopra vale anche per gli altri vertici del triangolo, per cui in questo collegamento non c'è pericolo di circolazione interna. Si può dimostrare che le stesse considerazioni indicate per la corrente nel collegamento a stella, valgono per le tensioni nel collegamento a triangolo.

Quindi, riepilogando, si ha:

per il collegamento a stella:

- tra un fase ed il neutro del collegamento c'è la tensione di fase o stellata (220 V);
- tra le fasi c'è la tensione di linea o concatenata (380 V);
- nel conduttore neutro, se il sistema è equilibrato non circola corrente; perciò tale conduttore può essere collegato a terra oppure eliminato.

per il collegamento a triangolo:

- agli estremi di ciascuna fase del sistema c'è la tensione di linea o concatenata (380);
- in ciascuna fase del sistema circola una corrente di fase pari alla corrente di linea divisa per $\sqrt{3}$ ovvero 1,73.

Per meglio comprendere, supponiamo di avere un motore alimentato da una linea trifase la cui tensione di linea (o concatenata) valga 380 V. Supponiamo che sia **collegato a stella** e che a pieno carico ci sia un assorbimento di **5 A**.

La tensione di fase V_f vale 220 V. Ciascun avvolgimento del motore è sottoposto perciò ad una tensione di 220 V e percorso da una corrente di 5 A.

Se fosse **collegato a triangolo** ciascun avvolgimento sarebbe sottoposto alla tensione di linea o concatenata $V_l = 380$ V, ma la corrente che circola nel motore (corrente di fase) è pari alla corrente di linea divisa per 1,73, cioè si avrebbe:

$$I_f = \frac{I_l}{1,73} = \frac{5}{1,73} = 2,89 \text{ A}$$

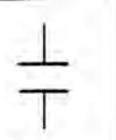
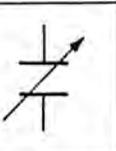
Ovviamente, in entrambi i casi, il motore fornisce la stessa potenza, ma con il collegamento a stella gli avvolgimenti del motore devono sopportare una tensione di 220 V e la corrente di 5 A, con quello a triangolo gli avvolgimenti devono sopportare una tensione di 380 V ed una corrente di 2,29 A che, per la legge di Joule, provoca un riscaldamento molto minore pari al rapporto delle correnti al quadrato cioè:

$$\frac{25}{5,24} = 4,77$$

COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA
(Vedi APPENDICE)

21) CONDENSATORE

I segni grafici generalmente usati negli schemi elettrici per rappresentare un condensatore sono i seguenti:

Condensatore	
Capacità variabile	

È un componente di un circuito elettrico atto a trasformare l'energia da elettrica, con cariche in movimento, in elettrostatica, con cariche ferme e viceversa. È costituito da due conduttori, di forma piana o cilindrica, **detti armature**, separate da un isolante (voce: 29). Infatti i più usati hanno in genere forme semplici con superfici piane di area **S** o cilindriche separate con un isolante di spessore uniforme **d**; **la capacità** di un condensatore di assorbire una carica elettrica è direttamente proporzionale alla superficie **S** ed inversamente proporzionale allo spessore di separazione **d**.

Inoltre un parametro che influenza la capacità è la **costante dielettrica relativa K** che, per l'aria, è stabilita pari ad 1 ed ovviamente è variabile per le altre sostanze. Cioè, detta C_a la capacità di un condensatore con le superfici separate dall'aria e C_d quella che si ha con un dato dielettrico, si ha che:

$$C_d = KC_a, \text{ da cui: } K = C_d / C_a$$

dove K è sempre maggiore di 1.

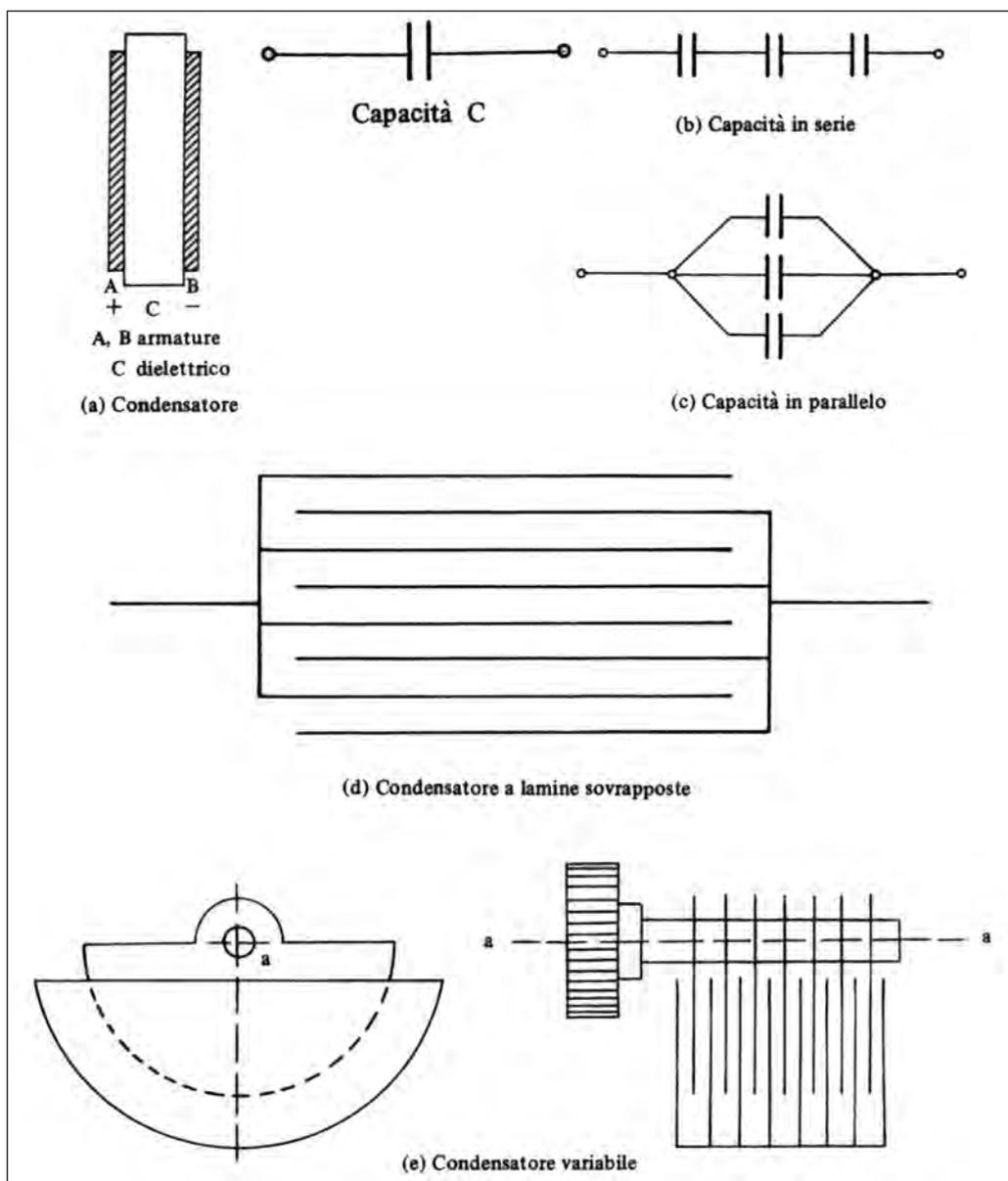
Il dielettrico caratterizza di conseguenza i tipi di condensatori che possono essere a poliestere, ceramici, a mica, ad elettrolitici, ad aria ecc.

Collegando un condensatore ad un generatore elettrico si ha un trasferimento di cariche elettriche (elettroni) da un'armatura all'altra. Si manifesta quindi fra i morsetti del condensatore una differenza di tensione (cioè: di potenziale o di voltaggio) **V** che cresce mentre le cariche si accumulano sulle armature; quando la tensione ai morsetti raggiunge il valore della f.e.m. (forza elettro motrice) del generatore il condensatore è carico: L'energia elettrostatica così immagazzinata tra le armature, è chiamata **capacità elettrostatica C e si misura in coulomb**, che viene restituita nella fase di scarica.

I condensatori possono essere collegati in serie per aumentare la tensione applicabile o in parallelo per ottenere una maggiore capacità.(vedi la voce Corrente alternata. Effetto della sola capacità, reattanza di capacità). È importante (specialmente per i circuiti elettronici) tener presente

che, sia durante la fase di carica che quella di scarica, un condensatore tende a mantenere costante la tensione ai suoi morsetti. La capacità si definisce pure come un rapporto tra la carica elettrica ed il potenziale V di un conduttore: $C = Q / V$.

La capacità si misura in farad simbolo F che è un'unità molto grande, perciò sono usati i suoi sottomultipli come il micro-farad μF (milionesimo di farad), il millimicrofarad $m\mu F = 1/1000 \mu F$, ed il micromicro-farad $\mu\mu F = 1/1.000.000 \mu F$.



22) CORRENTE ALTERNATA (c. a.) per gli usi civili ed industriali

22a) Corrente alternata - Alternatori

22b) Valori efficaci

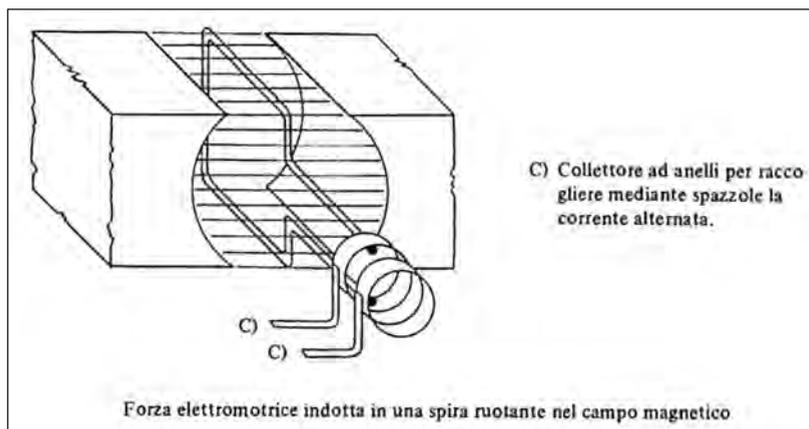
22c) Fattore di potenza

22d) Potenza effettiva o reale, reattiva, apparente

22a) Corrente alternata - Alternatori

È prodotta da macchine chiamate alternatori: il principio di costruzione di queste macchine è quello descritto alla voce magnetismo, corrente indotta a cui si rimanda per comprendere il fenomeno. In realtà gli alternatori sono macchine più complesse ed in genere a molte polarità.

L'alternatore è considerato una macchina reversibile; infatti, qualora si potesse fornire potenza alle spazzole (vedi figura), potrebbe diventare, con opportuni accorgimenti, un motore (voce: 59a). In sintesi ogni macchina elettrica è costituita da una parte fissa detta **statore** e da un **rotore** che costituisce la parte rotante mobile. Poniamo che **lo statore** sia una calamita fissa che genera il campo magnetico e che **il rotore** sia costituito da avvolgimenti di spire che ruotano in detto campo, dove nasce la corrente indotta, raccolta da apposite spazzole che costituiscono il collettore.

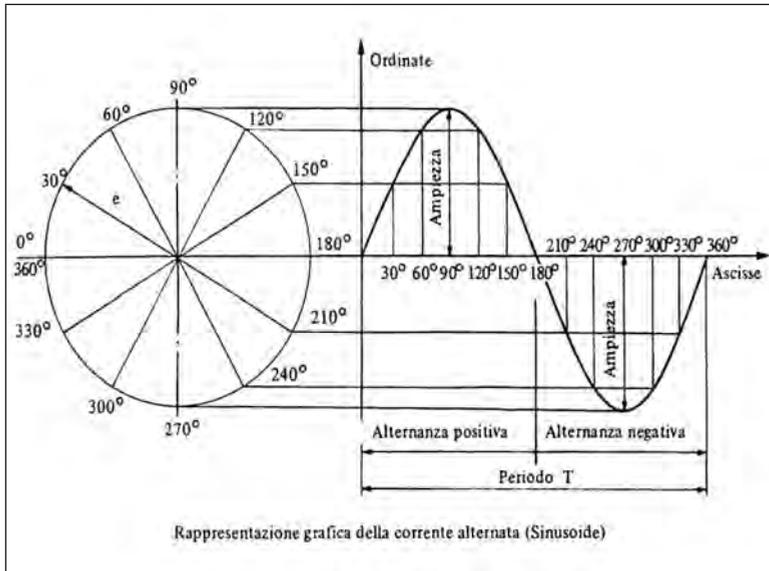


Osservando la figura è facile intuire che ad ogni giro del rotore si ha un ciclo della corrente alternata. Il valore di questa varia da zero, quando le spire disposte in orizzontale e sono parallele alle linee di forza magnetica del campo e quindi non abbracciano nessuna linea, arrivando ad un massimo positivo, quando hanno ruotato di 90° e quindi abbracciano tutte le spire e poi tornano a zero a 180° per tornare ad un massimo negativo a 270° e successivamente a zero a 360° . Il senso si inverte in quanto i bracci della spira hanno invertito la loro posizione e la variazione di flusso avviene in senso contrario.

In conclusione, in una spira che ruota a velocità angolare costante, in un campo magnetico nasce, **per induzione elettromagnetica, una**

f.e.m. alternata, che chiamiamo sinusoidale, (e che **se la spira è chiusa da luogo ad una corrente alternata** sinusoidale di data intensità).

Le semionde superiori sono quelle positive e rappresentano la corrente che si sposta nel conduttore in un determinato senso, mentre le semionde inferiori sono negative e rappresentano la corrente che si sposta nel conduttore in senso contrario al precedente.



Sull'ascissa si riportano i tempi impiegati dalla spira per compiere le rotazioni di 30° , 60° , 90° , ecc e sull'ordinata i valori corrispondenti o alla tensione o all'intensità di corrente. Quindi in realtà si hanno due sinusoidi; una per la f.e.m. e la seconda per l'intensità. Tali sinusoidi possono essere in fase o sfasate.

La f.e.m. e l'intensità della corrente sono due grandezze vettoriali (voce: 44), che variano sinusoidalmente al variare della direzione della spira, che ruotando varia sempre la sua direzione. Nel caso in cui i due vettori **V** ed **I** che originano le rispettive sinusoidi **formano un angolo di zero gradi, risultano in fase** e i due vettori hanno la stessa direzione (retta d'azione), verso e punto d'applicazione. La loro somma vettoriale è data da un modulo, uguale alla loro somma algebrica dei due moduli (voce: 9), che si ottiene ponendoli uno dietro l'altro, dando origine al vettore **risultante**, che agisce lungo la direzione comune.

Sempre in riferimento alla figura **si chiama periodo il tempo T in cui la spira compie un giro completo.**

Notiamo che in un periodo ci sono sia la semionda positiva che quella negativa pertanto una grandezza alternata assume due volte il valore massimo (uno positivo e l'altro negativo) in un periodo.

Il valore dell'ordinata massima definisce **l'ampiezza.**

La frequenza f è il numero dei periodi in un secondo. La sua unità

di misura è l'hertz, un periodo al secondo. Perciò detto T il tempo massimo per compiere un periodo si ha: $f = 1/T$ da cui $T = 1/f$ e $fT = 1$. Con il valore della frequenza f di 50 periodi al secondo, cioè a 50 Hz (si legge erz,) il periodo è dato da: $T = 1/f = 1/50 = 1/50 = 0,02$ s, cioè due centesimi di secondo.

Multipli dell'Hz sono i chilohertz (KHz) pari a 1.000 Hz e il Megahertz (MHz), pari 10.000Hz.

Si chiama *pulsazione* il valore: $\omega = 2\pi f$

22b) Valori efficaci

Gli effetti che una c.a. produce su una resistenza devono essere calcolati *non* in base ai valori massimi di questa, ma in base ai suoi **“valori efficaci”**, cioè in base a dei valori che tengano conto del continuo variare della c.a.

Si chiama *valore efficace* il valore massimo (Ampiezza) moltiplicato per 0,707.

La sinusoide in figura può rappresentare sia l'intensità della corrente sia la tensione.

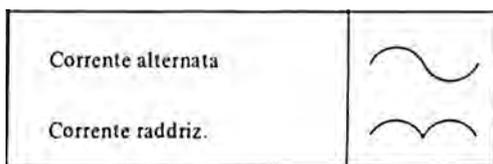
Quindi l'ampiezza può rappresentare sia il valore massimo dell'intensità della corrente, sia quello della tensione, per cui i corrispondenti valori efficaci sono: **per l'intensità della corrente:**

$$I_{\text{eff}} = 0,707 \cdot I_{\text{max}} \text{ e per la tensione } V_{\text{eff}} = 0,707 \cdot V_{\text{max}}$$

Questi valori corrispondono all'intensità della corrente ed alla tensione, che dovrebbe avere una corrente continua circolante in una resistenza, per produrre nello stesso tempo la stessa quantità di calore per effetto Joule (vedi relativa voce).

Gli strumenti di misura amperometro e voltmetro rilevano sempre i valori efficaci della corrente alternata.

I segni grafici che negli schemi elettrici rappresentano la corrente alternata e quella raddrizzata (voce: 66) sono i seguenti:



22c) Fattore di Potenza

Nel caso invece che i due vettori, intensità della corrente e tensione non siano in fase, cioè allineati, l'angolo che formano si chiama **angolo di sfasamento ϕ** (si legge **fi**), la loro somma si calcola sommando al vettore **V** la proiezione del vettore **I** lungo la retta d'azione di **V** (voce: 9). Il coseno dell'angolo ϕ (vedi elementi di trigonometria) si chiama anche **FATTORE DI POTENZA**.

Nota: per coerenza la voce *Fattore di potenza*, sopra evidenziata sarà ripetuta al suo posto alfabetico.

22d) Potenza effettiva o reale – reattiva – apparente

In un circuito percorso da c.a. dove il vettore che rappresenta la corrente **I** è sfasato dell'angolo ϕ , il vettore che rappresenta la tensione **V** moltiplicato per il fattore di potenza $\cos \phi$ mi fornisce il valore della potenza reale o effettiva data da : $P_e = VI \cos \phi$, dove $I \cos \phi$ rappresenta la corrente attiva.

Ovviamente il circuito è interessato anche dalla *corrente reattiva* $I \sin \phi$ che genera la potenza reattiva **$P_r = VI \sin \phi$** .

Questa corrente circola nella reattanza e produce il campo magnetico; la concomitante potenza reattiva (misurata in VAR voltampere reattivi) non viene segnalata quando facciamo le misure con il Wattmetro perché in quadratura con la tensione (a 90° in ritardo) ma è sempre un carico inutile sulla linea elettrica e sulle macchine.

La potenza reattiva P_r sopra espressa, al contrario della potenza effettiva P_e , cresce all'aumentare dello sfasamento e contribuisce a caricare passivamente le linee elettriche e le eventuali macchine.

Negli impianti industriali e di illuminazione normalmente il **$\cos \phi$** vale intorno a 0,7÷0,8 ma a volte può scendere a valori più bassi (ad esempio negli impianti di illuminazione con lampade fluorescenti o con motore funzionate a vuoto), bisogna pertanto rifasare la corrente opportunamente (voce: 70).

Oltre alla potenza effettiva e reattiva, occorre considerare che ogni linea o macchina elettrica ha i conduttori adatti ad essere percorsi da una certa corrente **I**, in base alla loro sezione ed alle condizioni di ventilazione e raffreddamento; inoltre l'isolamento dei conduttori stessi è stato predisposto per una data tensione **V**, quindi al massimo per una data potenza **VI**.

Se il fattore di potenza di una macchina è 0,7 questa darà effettivamente il 70% della potenza in base alla quale i suoi conduttori ed il suo isolamento sono stati progettati, e che quindi possono poter sopportare la potenza **VI**. Occorre perciò considerare anche un'altra potenza **PA** detta *apparente*, data dal prodotto della tensione efficace **V** per la corrente efficace **I**, che prescinde da ogni considerazione di sfasamento. Tale potenza apparente P_a si misura in voltampere (VA) o in chilovoltampere (KVA). È con questa potenza apparente che viene ordinata ai costruttori la maggior parte delle macchine elettriche (ad esempio un trasformatore da 500VA, un alternatore da 100 KVA (cento chilovoltampere) ecc.

Riepilogando, si hanno tre potenze:

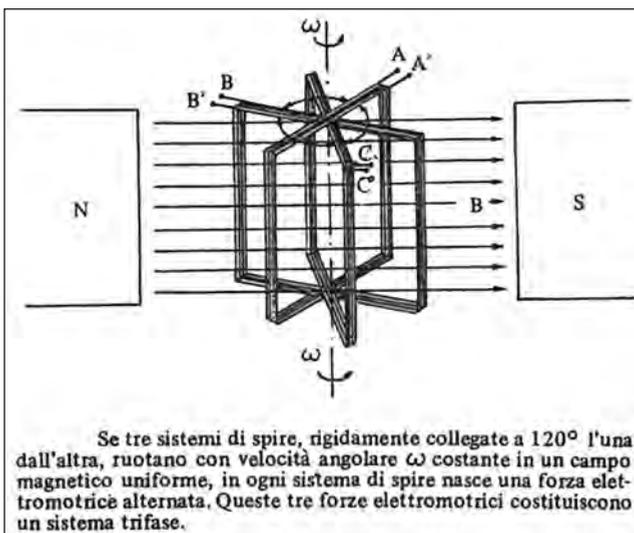
- Potenza effettiva o reale $P_e = VI \cos \phi$
- Potenza reattiva $P_r = V \sin \phi$
- Potenza apparente $P_a = VI$

Le tre potenze sono proporzionali a lati di un triangolo rettangolo con i due cateti dati da P_e e P_r e l'ipotenusa da P_a . Pertanto per il teorema di Pitagora si ha:

$$P_a = \sqrt{P_e^2 + P_r^2}$$

23) CORRENTE ALTERNATA BIFASE, TRIFASE E POLIFASE

La c.a. considerata in questa voce è quella prodotta dalla rotazione di una spira (in realtà trattasi di un avvolgimento) fra i poli di una calamita, cioè da un sistema mono-avvolgimento, definito come monofase. Se consideriamo due avvolgimenti, di uguali caratteristiche disposti a 90° l'uno rispetto all'altro, che ruotano attorno allo stesso asse, in un campo magnetico avremo un sistema bifase equilibrato, che fornisce una corrente bifase. Se consideriamo tre avvolgimenti disposti a 120° avremo analogamente un sistema trifase equilibrato ed una corrente trifase e se più di tre avremo un sistema polifase.

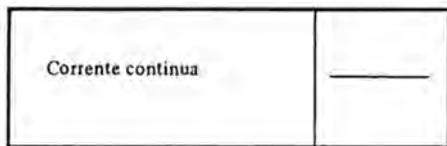


24) CORRENTE CONTINUA

La c.c. è stata scoperta da Alessandro Volta nel 1799 ed è quella prodotta dalle pile elettriche (ad esempio quelle delle lampadine tascabili), dagli accumulatori (ad esempio le batterie delle automobili che funzionano sul principio della pila elettrica ma al contrario di queste sono ricaricabili) e dai generatori elettrici (ad esempio la dinamo delle luci

delle biciclette). L'energia prodotta dalle pile e dagli accumulatori elettrici proviene dall'energia chimica, mentre la dinamo trasforma l'energia meccanica in elettrica.

Simbolo grafico:



25) LA CORRENTE ELETTRICA

Non è altro che un movimento di cariche elettriche in un corpo solido, liquido o gassoso sottoposto ad un campo elettrico. Tali cariche sono rappresentate nei solidi da elettroni, quindi si ha una migrazione di elettroni, (cioè da particelle costituenti l'atomo, vedi relativa voce, dotate di carica negativa) che transitano nel corpo conduttore per sostituzioni reciproche; in pratica gli elettroni che partono vanno a sostituire quelli dei primi atomi incontrati lungo il conduttore, che a loro volta sostituiscono altrettanti elettroni incontrati lungo il conduttore fra due punti di un circuito che hanno diverso potenziale (o una differente tensione o voltaggio). Si ha cioè una specie di staffetta tra atomi contigui che si passano gli elettroni.

Nei liquidi, ad esempio in una soluzione di acqua e sale, le cariche sono costituite da ioni, cioè da atomi o gruppi di atomi dotati di carica positiva o negativa (in quanto hanno elettroni in eccesso o in difetto rispettivamente).

Nei gas, infine, in presenza di agenti ionizzanti, (vedi l'arco elettrico) le cariche sono formate ancora da ioni. La corrente elettrica si manifesta quindi con modalità differenti nelle varie sostanze.

L'intensità della corrente elettrica **I** che circola in un circuito elettrico (voce: 14) si misura in Ampere, il cui simbolo è (A), con uno strumento chiamato amperometro (voce: 2) disposto in serie (voce: 19)

la tensione o differenza di potenziale si misura in volt (V) e si misura in derivazione; la resistenza **R** si misura in Ohm il cui simbolo è Ω con idonei strumenti chiamati Ohmetri, che si basano essenzialmente sulla legge di Ohm.

La corrente continua (c.c.) è quella il cui senso di spostamento degli elettroni rimane immutato nel tempo mentre la corrente alternata (c.a.) è quella il cui senso di spostamento muta continuamente.

Attenzione! È consigliabile per una migliore comprensione dei fenomeni provocati dalla corrente continua ed alternata leggere prima la voce Magnetismo.

26) CORTOCIRCUITO

Il cortocircuito è la condizione che si verifica in un circuito elettrico quando la resistenza (impedenza, nel caso di c.a.) tra due punti del circuito stesso sottoposti ad una differenza di potenziale (o voltaggio o tensione) assume valori molto più piccoli del normale. Per la legge di Ohm (voce: 55) se la resistenza diminuisce notevolmente la corrente, che si stabilisce nel circuito, tende ad assumere valori molto maggiori di quelli di progetto (corrente di cortocircuito o sovracorrenti). Poiché la quantità di calore che si sviluppa in un conduttore cresce con il quadrato della corrente (voce: 52), la temperatura dei componenti coinvolti del circuito in oggetto, assumono rapidamente dei valori che possono compromettere l'integrità dei materiali isolanti e provocare la fusione dei conduttori.

27) DEFINIZIONE DI ALTA E BASSA TENSIONE

Il DPR n 547 del 27/4/1955 stabilisce il limite fra alta e bassa tensione a 400 V per la corrente alternata c.a. (tensione nominale) e a 600 V per la corrente continua c.c; successivamente per gli impianti degli stabilimenti industriali preesistenti tale limite venne stabilito, per dati casi, a 500 V. Le norme CEI 11-8 porta tale limite a 1000 V quando gli utenti utilizzano una cabina propria di trasformazione.

28) DENSITÀ DELLA CORRENTE ELETTRICA

(Da non confondere con l'intensità della corrente)

Si misura in **ampere al mm² (A/mm²)**. La **densità** decresce al crescere delle sezioni dei conduttori. dato che più è grande la sezione di un conduttore maggiori sono le difficoltà di raffreddamento. Si ha infatti che per una sezione di 3 mm² la densità ammissibile è normalmente di 4A/mm²; da 3 mm² a 20 mm² la densità ammissibile è di 3A/mm²; successivamente fino a 70 mm² la densità è di soli 2 A/mm²

29) DIELETTICI - RIGIDITÀ DIELETTICA

La rigidità dielettrica è l'attitudine degli **isolanti** a resistere alla alta tensione senza perforarsi. Per un dato isolante, l'isolamento sarà tanto maggiore quanto è maggiore lo spessore dell'isolante stesso.

Quelli che hanno una notevole rigidità dielettrica si chiamano "dielettrici" ed hanno una resistività specifica o resistività ρ (voce: 69) altissima.

Esempi di isolante:

- tra i **materiali solidi**, la porcellana (molto usata per gli isolatori), il vetro, i materiali ceramici e plastici e vari altri;
- tra **quelli liquidi** hanno particolare importanza gli oli minerali (usati soprattutto nei trasformatori e negli interruttori di grandi e medie dimensioni) che però sono infiammabili, tranne quelli al silicone che hanno inoltre una rigidità dielettrica elevata
- tra **quelli gassosi**, specie se sotto pressione, si riscontrano non raramente rigidità dielettriche superiori a quelle dei solidi e dei liquidi. In genere sono molto usati l'aria, l'azoto e l'esaffluoruro di zolfo.

30) DISTRIBUZIONE ED UTILIZZAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA Disegni indicativi di distribuzione nei fabbricati civili

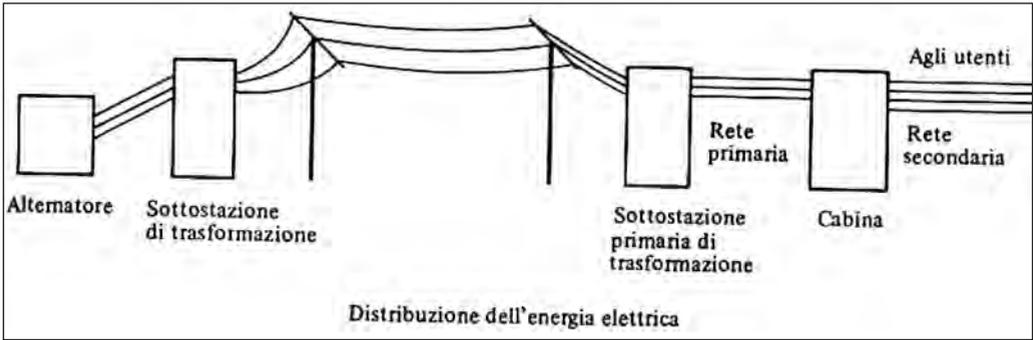
La figura indica come avviene schematicamente la trasmissione dell'energia elettrica dalla centrale di produzione ai vari utenti.

L'energia elettrica prodotta dagli alternatori, opportunamente trasformata in alta tensione, (dell'ordine anche di più di 300.000 V) è inviata in forma trifase, ai centri di utilizzazione, attraverso linee elettriche ad alta tensione, perché a parità di potenza trasmessa più è elevata la tensione più è bassa la corrente e più basse sono le perdite lungo le linee per effetto Joule.

Normalmente nelle trasmissioni d'energia elettrica in alta tensione manca il neutro, in quanto si può presumere che il sistema sia simmetrico ed equilibrato (cioè che la somma algebrica delle correnti che circolano nei tre conduttori ad alta tensione sia uguale a zero; (voce: *20 - collegamenti trifasi a stella ed a triangolo*) ciò consente di risparmiare il costo del quarto conduttore. Nelle vicinanze del centro d'impiego si ha un primo abbassamento della tensione che avviene nella sottostazione primaria di trasformazione. La tensione poi subisce un ulteriore abbassamento nelle cabine di trasformazione, (vedi relativa voce) che alimentano a loro volta le singole utenze. Le distribuzioni a valle della cabina avvengono sempre con il neutro (cioè con 4 cavi), in quanto si ammettono squilibri nel sistema trifase di utilizzazione.

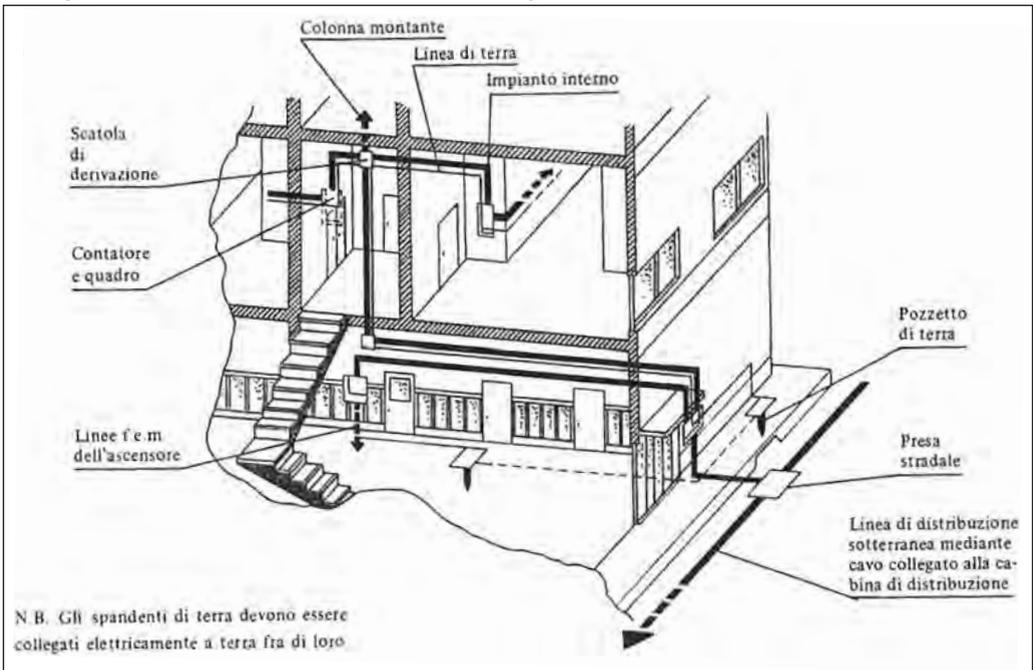
Ogni cabina distribuisce la corrente ai singoli utenti in un raggio di circa 300 – 500 metri; pertanto da queste partono le linee (aeree, in genere in campagna, e meglio in cavo sotterraneo, nei centri urbani) di distribuzione che alimentano gli utenti.

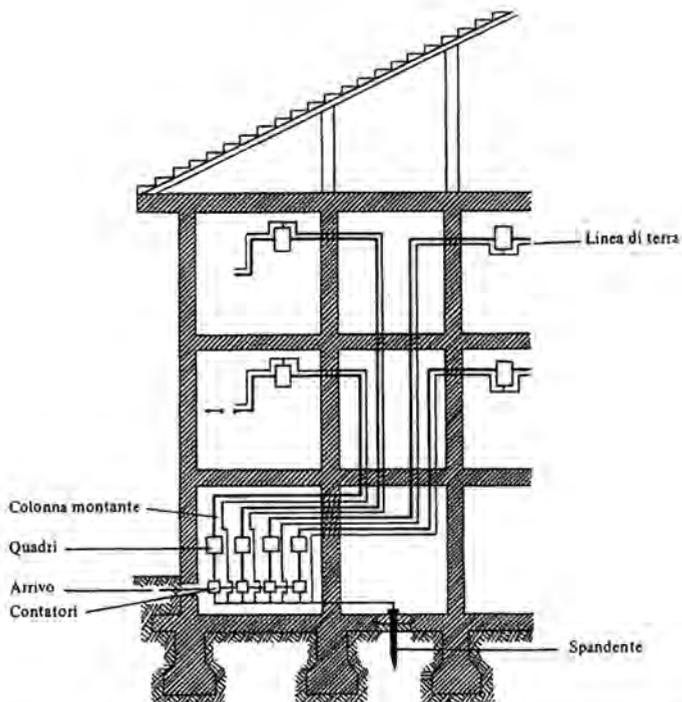
La distribuzione agli utenti delle case di civile abitazione può avvenire con una sola *colonna montante* e con i contatori in ogni singolo appartamento ovvero con questi ultimi centralizzati in un apposito vano e con tante colonne montanti per quanti sono gli utenti. Le linee della f.e.m. dell'ascensore e della caldaia per il riscaldamento devono essere indipendenti da tutte le altre, e diramarsi direttamente dal quadro generale del fabbricato. Il circuito di terra va al relativo pozzetto che deve essere elettricamente collegato con tutti gli altri pozzetti.



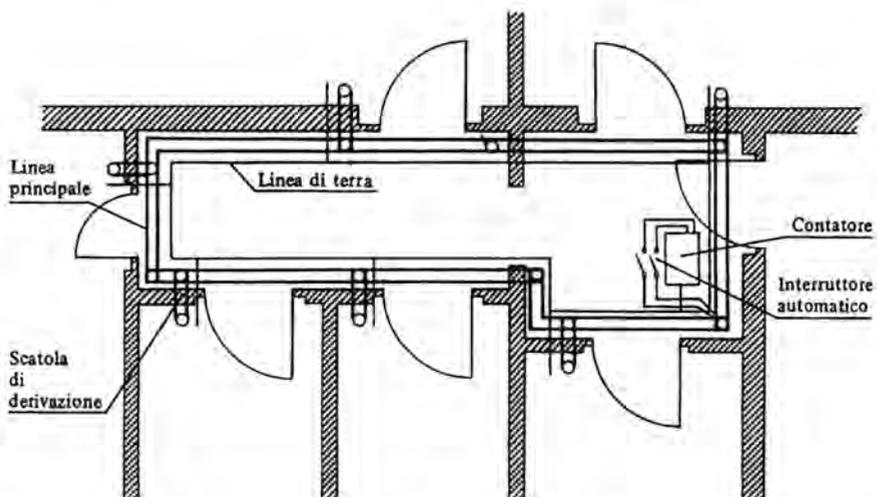
In definitiva l'impianto d'ogni appartamento comprende, oltre al contatore a monte di questo, un quadro che porta a un interruttore automatico con cui l'utente può distaccarsi dalla rete di distribuzione. Dal quadro si diramano, secondo lo schema di massima della figura, i cavi d'allacciamento di tutti i gruppi utilizzatori. Normalmente la linea principale che si snoda in un appartamento ha una sezione unica costante e da questa, a mezzo di *scatole di derivazione* (trattasi di contenitori in generale di plastica più o meno resistente idonei a contenere i dispositivi di giunzione, derivazione e, nel caso siano previsti più circuiti, eventualmente anche setti separatori) partono gli allacciamenti ai singoli apparecchi utilizzatori. Negli edifici di civile abitazione è necessario effettuare la distribuzione con il conduttore di terra; quindi occorrono sempre tre conduttori, di cui uno di terra. L'impianto di terra è parte integrante di quello elettrico d'alimentazione.

Disegni indicativi di distribuzione nei fabbricati civili:





Impianto in casa d'abitazione con contatori riuniti in un ambiente apposito: vi sono tante colonne montanti quanti sono gli utenti. La linea di terra va al pozzetto (o a più pozzetti) e si divide nelle colonne montanti per arrivare ad ogni utenza



Schema di massima di impianto elettrico in un appartamento. La distribuzione è effettuata con un unico cavo tripolare, costituito dai due conduttori e dal conduttore di terra

31) EFFETTI DELLA RESISTENZA OHMICA, DELL'INDUTTANZA E DELLA CAPACITÀ SULLA c. a.

Le due grandezze vettoriali f.e.m. ed intensità risultano in fase quando il circuito collegato al generatore di corrente alternata è composto solamente da resistenze ohmiche e sfasate quando è composto pure da reattanze induttive o di capacità. Questo sfasamento è dovuto al coefficiente L di autoinduzione del circuito (avvolgimenti di vario tipo, motori elettrici, solenoidi ecc) ovvero da capacità (dovute ai condensatori).

In sintesi si hanno tre casi:

1) **se un circuito avesse solo resistenze ohmiche ed il generatore produce c.a.** si avrebbero gli stessi effetti che si verificano con la c.c.; *basta ovviamente riferirsi ai valori efficaci della tensione e della corrente* (voce: 22b).

Tuttavia, a causa della variabilità della c.a. e del flusso magnetico che l'accompagna, il circuito sarebbe necessariamente sede di una **ulteriore f.e.m. di autoinduzione**, provocata dalla corrente alternata e proporzionale al **coefficiente di autoinduzione L del circuito** (definito come la f.e.m. espressa in Volt che il circuito induce su se stesso, quando c'è la variazione di corrente di un Ampere in un secondo (voce: 37).

Se il coefficiente L fosse molto piccolo rispetto alla resistenza, la f.e.m. autoindotta sarebbe trascurabile. Per esempio tutte le lampadine con il filamento ad incandescenza, dato che il loro L è piccolo, sono considerate solo resistenze ed in questo caso la c.a. si comporterebbe come un c.c.

2) **se il circuito avesse solo reattanze induttive ed il generatore produce c.a.** cioè quando il circuito comprendesse avvolgimenti di conduttori elettrici come nei motori, bobine ecc. il coefficiente L non sarebbe più trascurabile e si avrebbe una f.e.m. di autoinduzione (vedi legge di Lenz) ed una relativa **corrente indotta che risulterebbe sempre opposta alla c.a. che l'ha generata**; si avrebbe, di conseguenza, una f.e.m. che si opporrebbe sempre a qualsiasi variazione della c.a.

Teoricamente **la corrente potrebbe essere ritardata di 90°** rispetto alla tensione, fino ad arrivare, al limite teorico **di 90°** , se il circuito fosse costituito solamente da una induttanza pura. *La reattanza induttiva, per quanto evidenziato, rappresenta la difficoltà con cui una c.a. transita in circuito* ed è del tutto simile ad una resistenza e si misura in Ohm.

3) **se il circuito avesse solo reattanze di capacità, ed il generatore produce c.a.** cioè quando il circuito, è costituito essenzialmente da un condensatore avvengono vari fenomeni elettrici dovuti al fatto che i morsetti, ai quali è collegato il condensatore, divengono alternativamente positivo e negativo o negativo e positivo, quindi si ha una successione indefinita di cariche e scariche del condensatore, con la stessa frequenza della tensione alternata.

Queste certe continue variazioni provocano vari fenomeni ed, in definitiva, si ha che la reattanza di capacità pura ha caratteri opposti a quelli della reattanza induttiva pura, per cui, anziché sfasare la corrente di 90° in ritardo rispetto alla tensione, la sfasa **in anticipo di 90°** .

In ogni circuito elettrico si hanno le resistenze, le reattanze induttive, dovute ai motori, ai generatori elettrici, alle bobine ecc, e quelle capacitive dovute dai condensatori naturali: quali i conduttori delle linee elettriche e la terra, i conduttori elettrici e il relativo mantello metallico (ovviamente collegato a terra) ecc che costituiscono per se stessi condensatori.

Quindi In realtà non avremo mai in un circuito elettrico un anticipo o un ritardo di 90° , dato che, in ogni circuito elettrico, sono sempre presenti le tre grandezze: resistenza pura, reattanze induttive e di capacità, cioè in una sola parola avremo **l'impedenza** (voce: 45) che una grandezza caratteristica del circuito che tiene conto globalmente delle tre grandezze sopra definite.

32) EFFETTO PELLE

Quando la c.a. percorre un conduttore si rileva un addensamento verso l'esterno del conduttore in una zona, tanto più ristretta quanto maggiore è la frequenza. La c.a. utilizza poco la parte centrale, come se si avesse un'apparente riduzione della sezione Al contrario la c.c. si distribuisce in tutta la sezione del conduttore.

Il fenomeno descritto, chiamato "**effetto pelle**" è accentuato in presenza di c.a. ad alta frequenza (radiofrequenza).

Si ha quindi la realtà che sia la c.c. sia la c.a, di uso corrente (50 Hz), siano molto più pericolose di quella ad alta frequenza.

L'effetto in oggetto, oltre che sui conduttori elettrici si manifesta anche sul corpo umano. In caso di guasto a terra e di contatto accidentale con una carcassa metallica, un uomo può anche eccezionalmente sopportare tensioni di 10.000 V, se la c.a. è in altissima frequenza, mentre tensioni anche di poche decine di volte possono essere fatali per la corrente alternata e per la corrente continua.

33) EFFETTO TERMICO DELLA CORRENTE – EFFETTO JOULE

Un conduttore percorso da corrente si riscalda, quindi l'energia elettrica si trasforma in energia termica.

La potenza elettrica **P è data da: $P = V \cdot I$** .

La tensione **V** per la legge di Ohm è data da: **$V = R \cdot I$** .

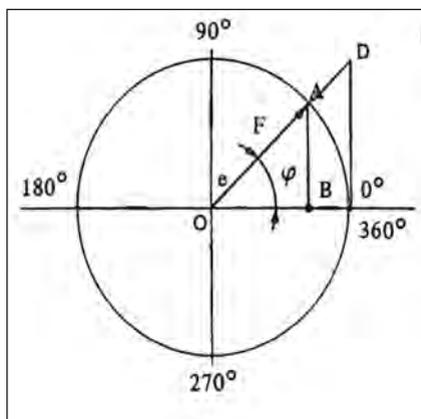
La potenza assorbita che si trasforma in calore è data da:

$$P = V \cdot I = R \cdot I^2$$

La potenza che si trasforma in calore è data dalla resistenza espressa in Ω per l'intensità della corrente espressa in Ampere elevata al quadrato.

34) ELEMENTI DI TRIGONOMETRIA

Data la vastità dell'argomento ci limiteremo a definire il seno, il coseno e la tangente. Consideriamo un cerchio di centro O e raggio e uguale ad 1 (una unità di misura di una grandezza di una certa specie quale una lunghezza, il peso, il tempo, assunta come base di riferimento per la valutazione delle altre grandezze della stessa specie). In figura il raggio e , è lungo una unità, i tre rapporti seguenti rappresentano rispettivamente: AB è il seno dell'angolo ϕ ; OB è il coseno ϕ ; $0^\circ D$ è la tangente.



Dato che il raggio e è lungo una unità si ha:

$$\text{sen } \phi = AB ;$$

$$\text{cos } \phi = OB ;$$

$$\text{tang } \phi = 0^\circ D.$$

35) ELETTROLISI

In sintesi è il contrario di quanto avviene nella pila di Volta, dato che trasformiamo l'energia elettrica del generatore di corrente continua in energia chimica. Se mettiamo nell'acqua del sale da cucina (cloruro di sodio), l'acqua diventa conduttrice, perché il sale si dissocia in ioni positivi (a base di sodio) e negativi (a base di cloro), ma non solo i sali rendono conduttrice l'acqua, infatti anche gli acidi ed altre sostanze chiamate in chimica basi la rendono conduttrice.

ELETTRONI

(vedi la voce Atomo)

36) ENERGIA

È la capacità di compiere un lavoro. La vita sulla terra è possibile solo grazie al costante apporto di energia proveniente dal sole. Le forme di energia sono svariate, in questo quaderno si considerano solamente alcuni effetti dell'energia elettrica e la sue molteplici possibili trasformazioni. Le dimensioni dell'energia per il Sistema internazionale sono quelle del lavoro in particolare **il joule** è proprio l'unità di misura dell'energia adottata nel sistema internazionale (voce: 33 - Effetto termico della corrente legge di Joule).

Attenzione a non confonderla con la potenza, che rappresenta la velocità con cui viene compiuto un lavoro.

37) EXTRA CORRENTI DI CHIUSURA ED APERTURA

È un fenomeno dovuto all'autoinduzione del circuito, che provoca una corrente autoindotta, che ostacola qualsiasi variazione della corrente che circola e che si manifesta principalmente all'atto della chiusura del circuito ed alla sua apertura (vedi voci: 31 e 45 - effetti della resistenza ohmica, dell'induttanza e della capacità sulla c.a. e quella dell'impedenza).

Alla chiusura di un circuito la corrente impiega un certo tempo per raggiungere il valore I che le compete (per la legge di ohm : $I = V/R$), ciò è dovuto all'auto induzione, che fa nascere una f. e.m. contraria al senso della corrente, dato che rallenta il movimento degli elettroni. Si ha quindi una extra corrente di chiusura.

Analogamente all'apertura del circuito la corrente diminuisce gradatamente d'intensità fino ad azzerarsi; infatti la scintilla che si nota sull'interruttore denota la tendenza della corrente a continuare a circolare (voce: 37).

38) FUSIBILI

38a) Generalità e caratteristiche

39b) Come sono realizzati

38a) Generalità e caratteristiche

È il sistema di protezione più semplice ed economico per un circuito elettrico

Possono essere definiti come dispositivi, costituiti da uno o più elementi fusibili, posti in serie in un circuito elettrico, che si fondono quando la corrente supera un prefissato valore per un tempo stabilito.

Sono caratterizzati da:

- **una corrente nominale**, che è quella che il fusibile può sopportare senza fondere e senza che si verifichino riscaldamenti anormali;
- **una tensione nominale**, che è il valore massimo della tensione che può sopportare il fusibile,
- **un potere d'interruzione**, che è il valore massimo della corrente che il fusibile è in grado d'interrompere ad una determinata tensione e condizione d'uso,
- **una limitazione di corrente**, che deve essere sensibilmente minore del valore di corto circuito

Gli aspetti positivi sono:

- basso costo,
- semplicità d'utilizzo,
- dimensioni ridotte,
- la rapidità e la certezza di intervento in caso di corto circuito.

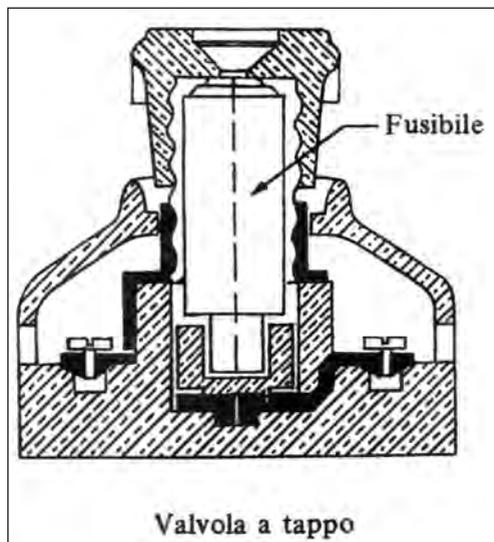
Gli aspetti negativi sono:

- rispetto ad un tempo di ripristino istantaneo di un interruttore, dato che per questo basta spostare una levetta o premere un pulsante, per i fusibili occorre una certa esperienza ed un tempo maggiore per sostituirli e quindi ripristinare il servizio. Possono essere sostituiti con altri d'uguale forma e dimensioni mai di portata maggiore, in tal caso la protezione del circuito viene annullata. Per un sistema trifase, se i fusibili sono stati posizionati per ogni fase, in caso della fusione di uno dei tre, l'alimentazione diventerebbe bifase, con un sovraccarico di tutte le componenti collegate.

38b) Come sono realizzati

Un contenitore, facilmente apribile (in genere svitando una chiusura a tappo) di materiale ceramico contiene al suo interno l'elemento fusibile. Comunemente quanto evidenziato era ed è ancora chiamato valvola. Nel linguaggio tecnico, l'insieme costituito dall'elemento fusibile e dai relativi contatti è denominato **cartuccia**; quest'ultima può essere riempita con sabbia che limita la formazione dell'arco elettrico prodotto dalla fusione.

In alcuni insiemi, che costituiscono un fusibile, l'avvenuta fusione è segnalata con un dispositivo denominato **percussore** che viene automaticamente espulso al momento dell'apertura del circuito, provocata dalla fusione.



Il *percussore*, presente in genere solamente in alcuni casi nei fusibili ad uso industriale, può azionare l'intervento di altre apparecchiature di sicurezza e di segnalazione.

Segni Grafici:

Fusibili e Interruttori con Fusibili		Riferim. Norm.
	Fusibile segno generale	CEI 3-19
	Fusibile con indicatore, mediante tratto con spessore maggiore, dell'estremo che rimane sotto tensione	CEI 3-19
	Fusibile con percussore	CEI 3-19
	Fusibile con percussore e con circuito di segnalazione, a tre morsetti	CEI 3-19
	Fusibile con percussore e con circuito di segnalazione separato	CEI 3-19
	Interruttori di manovra tripolare con apertura automatica comandata da uno qualunque dei fusibili con percussore	CEI 3-19
	Interruttore di manovra con fusibile incorporato - segno generale	CEI 3-19
	Sezionatore con fusibile incorporato	CEI 3-19
	Interruttore di manovra-sezionatore con fusibile incorporato	CEI 3-19

39) GABBIA DI FARADAY

39a) Fune di guardia

La **gabbia di Faraday** è una struttura di protezione, particolarmente efficace contro le scariche atmosferiche, che prevede che un edificio da proteggere sia ricoperto da una rete di conduttori connessi a terra, formati da maglie, di dimensioni calcolate, aventi superfici di dimensioni più o meno grandi, secondo il grado di protezione che si desidera raggiungere. La rete sopra richiamata si chiama di **captazione**, ed è sistemata sui tetti o sulla copertura a terrazza dei fabbricati, in modo da coprire tutte le zone che hanno una probabilità più alta di essere colpite dai fulmini.

Occorre quindi posizionarla, sollevata di qualche centimetro dalla superficie da proteggere, sugli spigoli perimetrali della struttura, sulle parti sporgenti del tetto (comignoli, abbaini, vani tecnici, torrette ecc), sulle linee di colmo (sono le più alte) se la pendenza del tetto è superiore al 10% e sulle superfici laterali da proteggere.

Il tipo di conduttore (chiamato anche elettrodo) più diffuso per realizzare la rete è costituito da un nastro di acciaio zincato a caldo o di alluminio o di rame spesso da 2/3 mm e largo da 40 mm se di rame o fino a 90 mm se di alluminio. I conduttori delle maglie e dei **discendenti (o calate)** ai pozzetti di terra devono essere saldamente ancorati. Se la copertura è di legno i conduttori devono essere sollevati dalla stessa di almeno 10 cm. Le giunzioni devono essere ridotte al minimo. I collegamenti devono essere ben dimensionati e particolarmente resistenti per poter sopportare le notevolissime sollecitazioni elettrodinamiche di un fulmine.

I discendenti o calate devono posizionarsi lungo le pareti almeno ogni 20 m e terminare nei pozzetti di terra, che devono essere connessi fra di loro ad anello (possibilmente chiuso) utilizzando il **conduttore principale di terra CT**, che deve formare un anello interrato di protezione intorno all'edificio da proteggere (vedi impianti di terra).

Assumono particolare importanza ai fini del dimensionamento della gabbia, sia le caratteristiche della struttura, sia il **tipo di utilizzo** della stessa e la sua ubicazione.

Il territorio nazionale, infatti, è diviso in zone definite in base ai valori medi del numero di fulmini che sono caduti terra. Quindi si terrà conto:

- del numero probabile di fulmini/anno che possono colpire il fabbricato (**volume**) da proteggere;
- del numero dei fulmini a terra per chilometro quadrato di superficie caduti in un anno nella zona in oggetto;
- del numero massimo di eventi pericolosi, associato all'entità media del danno prodotto dai fulmini caduti.

Riguardo all'utilizzo dei volumi sono state stabilite varie classi d'importanza; infatti per edifici pregevoli, per arte e storia, o di rilevante importanza o che contenga impianti, che possono interrompere un servizio pubblico essenziale, è previsto che abbia una protezione maggiore

di un semplice edificio di civile abitazione.

In ogni caso il dimensionamento di tutti gli elementi della gabbia devono rispondere alla relative norme C.E.I 81-1.

IL **LPS (Lighting Protection System)** fornisce criteri atti a proteggere le strutture dai fulmini. Sono consigliabili per la protezione dei luoghi di pubblico spettacolo, strutture commerciali, alberghi, centri di esposizione, grattacieli, ospedali, autorimesse, strutture contenenti esplosivi ecc. ecc. e dove si verifica affollamento o si utilizzano prodotti potenzialmente pericolosi.

La loro progettazione è regolamentata dalle norme CEI 10/4 a seguito di una valutazione del rischio $R=N.P.L.$ dove "N" è il numero dei fulmini/anno a terra nella zona esaminata, "P" la probabilità del danno e "L" la perdita ossia le conseguenze del danno.

39a) Fune di guardia

È costituita da una fune spiroidale (normalmente a 7 o 19 fili d'acciaio zincati avvolti ad elica) da 10 o 12 mm di diametro, che è tesa fra le sommità dei sostegni delle linee elettriche e degli impianti funiviari importanti (funivie a movimento continuo o a due portanti del tipo va e vieni ecc), per proteggere le linee o le funi d'acciaio dai fulmini.

La protezione si basa sul collegamento a terra della fune ed in pratica sul criterio protettivo della Gabbia d Faraday ridotta ad una o due funi che hanno lo scopo di raccogliere le scariche elettriche che altrimenti colpirebbero i conduttori elettrici o le funi di un impianto di risalita.

Per le linee elettriche ad alta tensione se i tre conduttori di fase sono disposti ai vertici di un triangolo si usa una sola fune, se disposti in piano si usano due funi.

40) GALVANOMETRO

È uno strumento per misurare correnti di debolissime intensità. Il galvanometro a bobina mobile, impiegato per misure in corrente continua è uno dei più diffusi. Il suo principio di funzionamento si basa sulla legge di Ohm ed è uguale a quello dell'amperometro.

41) GALVANOTECNICA

Trattasi, in sintesi, di procedimenti basati sull'elettrolisi (vedi relativa voce) che permettono, mediante il passaggio di corrente in particolari soluzioni, (di apposite sostanze chimiche, di dati elementi di certi metalli disciolti in ioni positivi e negativi) chiamate *bagni galvanici*, di formare

oggetti o rivestimenti, mediante la deposizione del metallo che li deve costituire.

La galvanoplastica; cioè la formatura di oggetti per via galvanica, ha il vantaggio di permettere riproduzioni molto fedeli ma richiede tempi notevoli. Varie altre tecnologie si basano sempre sul principio dell'elettrolisi.

42) GENERATORI ROTANTI DI CORRENTE ELETTRICA

42a) Alternatori - Cenni

42b) Dinamo - Cenni

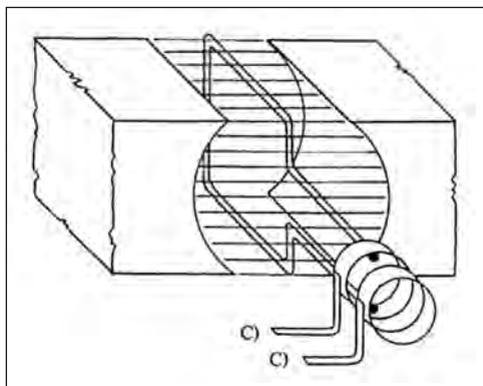
Generalità

Queste macchine trasformano l'energia meccanica in elettrica; sono composte da un rotore e da uno statore fisso.

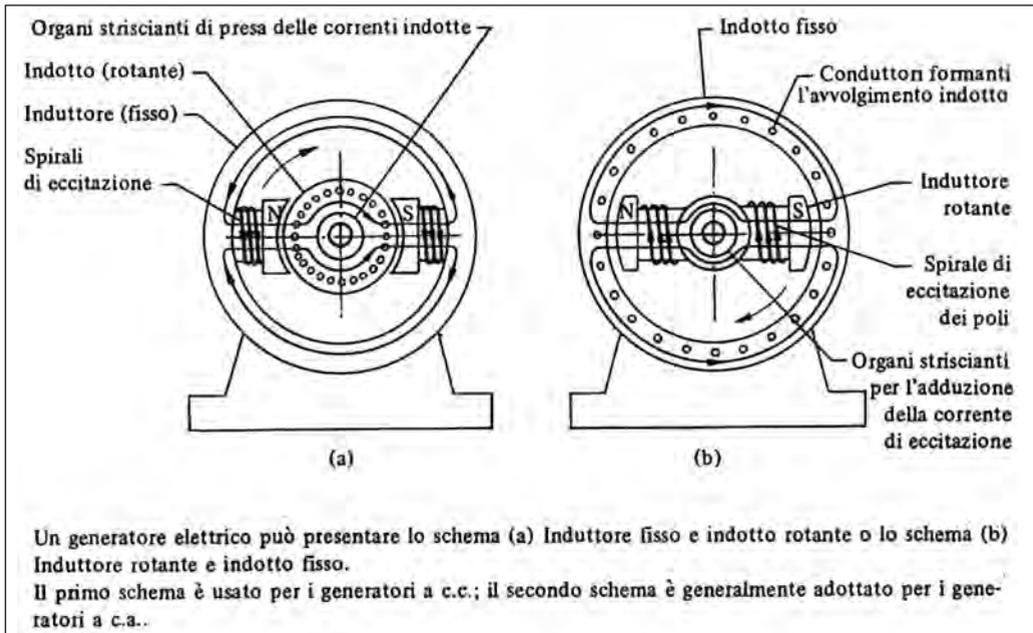
L'energia per ruotare al rotore è fornita generalmente da turbine idrauliche, a gas e da grandi motori diesel (vedi nota*).

I generatori che producono la c.a. si chiamano alternatori, quelli (ormai pochi) che producono la c.c. dinamo. In questa nota forniremo le nozioni principali relative al loro funzionamento.

Nella figura (figura a lato riportata senza didascalia da quella relativa alla corrente alternata) è indicato il principio di funzionamento di un alternatore sia come è realizzato. Lo statore è la calamita fissa, la spira è il rotore ed i due anelli dove appoggiano le spazzole consentono a queste ultime di raccogliere la corrente alternata. Ogni generatore quindi può essere costituito da un induttore fisso ed un indotto rotante (fig. a) ovvero da un induttore rotante ed un indotto fisso (fig. b). Nella figura seguente sono indicati alcuni componenti indispensabili al corretto funzionamento di tali generatori. In ogni generatore elettrico l'induttore è l'elemento che provoca campo magnetico e l'indotto è quello che lo subisce.



* L'energia atomica in Italia è ancora un sogno; la paura ci costringe ad acquistare l'energia elettrica, prodotta da centrali atomiche vicine ai nostri confini, senza considerare il pericolo dovuto dalle molte navi a propulsione nucleare che percorrono il mare Mediterraneo.



42a) Alternatori - Cenni

Sono macchine che producono c.a.

Negli alternatori, in genere, il rotore funziona da induttore e lo statore da indotto. Si costruiscono così per i seguenti motivi:

- la potenza necessaria per l'eccitazione di un alternatore è piccola, nell'ordine di grandezza di pochi punti in percentuale della potenza totale, quindi, attraverso i contatti striscianti (spazzole) transita solo poca corrente ed a tensione moderata;
- il prelevamento della c.a. prodotta a tensione elevata è realizzato mediante collegamenti fissi, con vantaggio per l'esercizio e la sicurezza delle persone. Il prelevamento d'elevate potenze attraverso contatti striscianti è sempre difficoltoso ed in casi di contatti accidentali può presentare gravi pericoli.

Ad ogni giro del rotore si ha un ciclo della c.a. prodotta, Quindi la frequenza f della corrente coincide con il numero n dei giri al secondo del rotore, si ha: $f = n$

Se il rotore invece di una sola coppia di poli, come indicato in figura, ha p coppie di poli, ad ogni giro avremo p cicli della corrente. In questo caso si ha $f = np$

Nelle macchine rotanti s'indica con N il numero dei giri al minuto e quindi si ha:

$$n = N/60.$$

Se invece con p indichiamo non più le coppie di poli ma semplicemente il numero dei poli (sempre di numero pari) si avrà ovviamente:

$$f = p/2 \cdot N/60 = N_p/120$$

dove, ripetiamo, la frequenza espressa in Hz (vedi c.a.) è data dal prodotto di N (giri al minuto) moltiplicato per il numero dei poli diviso 120.

Il numero dei giri che deve compiere l'alternatore è dato da

$$N = 120 f / p$$

Da questa relazione si può determinare per una frequenza di 50 Hz, quale debba essere il numero dei giri al minuto di un rotore di un alternatore con un dato numero di poli; infatti ponendo $f = 50 \text{ Hz}$ con un alternatore a due soli poli, cioè $p=2$ si ha: $N = 120 \times 50 / 2 = 3.000$; se i poli sono 4 i giri diminuiscono a 1.500 e continuano ovviamente a diminuire al crescere dei poli come evidenziato nella tabella "A" seguente:

TABELLA A										
n. di poli	2	4	6	8	10	12	16	20	24	48
N. giri al minuto	3000	1500	1000	750	600	500	375	300	250	125

Il numero dei poli deve essere ovviamente sempre pari dato che vanno a coppie Nord - Sud.

Un alternatore è mosso da un motore, che per produrre la c.a., ad una data frequenza, dovrà essere veloce, se ha pochi poli e lento, se ne ha molti.

Gli alternatori forniscono, in genere, grandi potenze, dell'ordine di 50.000 e più KW di c.a., mentre una dinamo che fornisce 500 KW in c.c. è già considerata una macchina di potenza elevata.

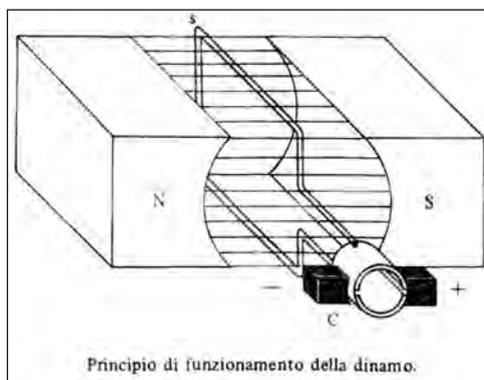
42b) Dinamo - cenni

Sono macchine che producono c.c.

Per comprendere il funzionamento osserviamo il collettore C, che raccoglie la corrente nella figura seguente, che è realizzato con due mezzi anelli metallici collegati ciascuno ad uno dei due capi della spira. Su detti mezzi anelli strisciano due spazzole per prelevare la corrente elettrica generata dalla rotazione della spira. Per avere una corrente avente sempre lo stesso senso, le spazzole devono essere installate in modo da passare da un mezzo anello all'altro nell'attimo in cui la f.e.m. nella spira si annulla e sta per nascere nel senso contrario (fenomeno della **commutazione**).

Ovviamente raccoglieremo una *corrente continua* pulsante cioè una corrente che parte da zero arriva ad un massimo e poi torna a zero, dato che non raccogliamo la corrente di senso opposto (vedi figura).

Per cercare di avere una c. c. più costante si impiegano più spire (in

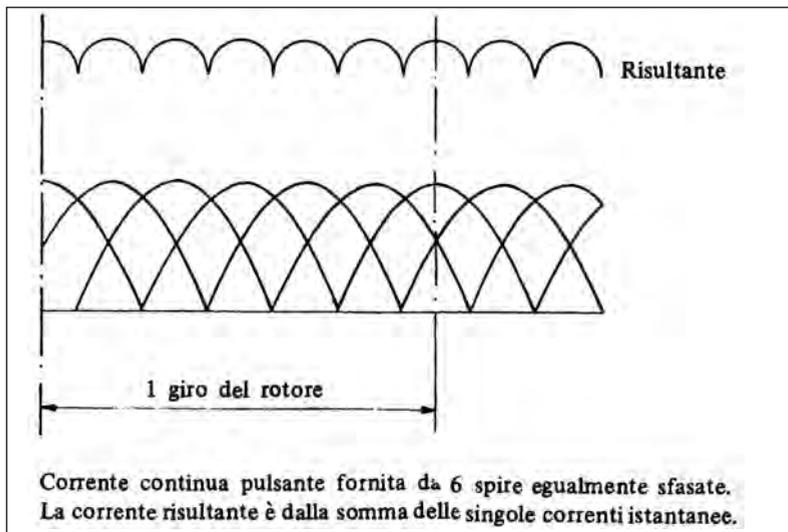
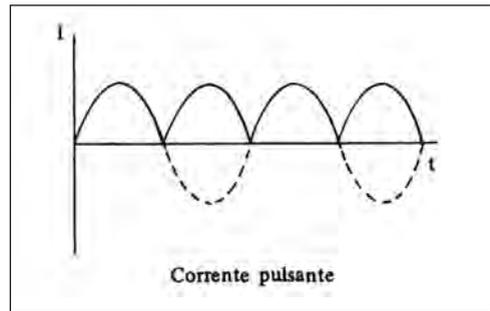


realtà si tratta di più avvolgimenti a forma di matassa) opportunamente sfasate ed aventi il capo terminale collegato con la lamella di un collettore. A tale lamella è collegata pure il capo iniziale della spira successiva.

Un collettore è costituito da più lamelle, il cui numero corrisponde al numero delle spire (o avvolgimenti) del rotore (indotto).

Se ad esempio si ha una dinamo il cui indotto è costituito da 6 spire (avvolgimenti - vedi prossima figura) risulta una corrente ondulata.

In questo caso il collettore è costituito da sei lamelle metalliche (rame



indurito) isolate fra di loro. In realtà si hanno collettori con numerose lamelle, collegate ai corrispondenti avvolgimenti dell'indotto, sopportate da un unico anello. Sul collettore strisciano le spazzole (autolubrificanti, dato che generalmente sono costituite da grafite artificiale dette carboni), che raccolgono la corrente.

Le spazzole sono sorrette da un apposito braccio. Che può ruotare di un certo angolo rispetto collettore, per ottenere una regolazione, per far avvenire la commutazione sul piano neutro (piano delle spazzole).

43) GRADI DI PROTEZIONE IP (International protection)

43a) Equivalenza fra la codifica IP e quella NEMA (National electrical manufactures association)

Gli indici di protezione IP classificano i livelli misurati contro la pene-

trazione d'oggetti all'interno di componenti elettriche, secondo la normativa UNI EN 60529, recepita dal Comitato Elettrotecnico Italiano. Gli oggetti o elementi estranei considerati sono:

- solidi di determinate dimensioni - polveri - vapori - spruzzi in qualsiasi direzione - liquidi - contro l'immersione in acqua momentaneamente o permanentemente alla profondità di un metro o di venti metri.

Questi indici di protezione (validi a condizioni STANDARD definiti dalla normativa) sono riportati nelle seguenti due tabelle dove:

- la prima cifra rappresenta l'indice di protezione contro la penetrazione d'oggetti solidi e polveri;
- la seconda contro la penetrazione di liquidi, secondo la codifica.

In queste tabelle sono chiariti i significati d'alcuni gradi di protezioni IP (vedi avanti).

(Le tabelle seguenti sono state riprodotte da: www.automationprogetti.it).

1° Cifra	Descrizione
1	<i>Protezione da oggetti solidi maggiori di 50 mm</i>
2	<i>Protezione da oggetti solidi maggiori di 12 mm</i>
3	<i>Protezione da oggetti solidi maggiori di 2.5 mm</i>
4	<i>Protezione da oggetti solidi maggiori di 1 mm</i>
5	<i>Protezione da polveri</i>
6	<i>Protezione forte da polveri</i>

Tabella 1

2° Cifra	Descrizione
1	<i>Protezione da gocce d'acqua</i>
2	<i>Protezione da gocce d'acqua deviate fino a 15°</i>
3	<i>Protezione da vapori d'acqua</i>
4	<i>Protezione da spruzzi d'acqua</i>
5	<i>Protezione da getti d'acqua</i>
6	<i>Protezione da getti forti d'acqua o mareggiate</i>
7	<i>Protezione contro l'immersione</i>
8	<i>Protezione contro l'immersione continua</i>

Tabella 2

Nelle seguenti tabelle sono riportati esempi di come interpretare correttamente alcuni gradi di protezione IP.

Grado IP	Definizione
IP 44	<i>Protezione contro la penetrazione di corpi solidi maggiori di 1 mm. Protezione contro la penetrazione di liquidi da gocce, vapori o spruzzi in qualsiasi direzione. La penetrazione di corpi solidi inferiori a 1 mm e liquidi non deve danneggiare l'apparecchiatura.</i>
IP 54	<i>Protezione totale alla penetrazione di corpi solidi. Protezione contro la penetrazione di liquidi da gocce, vapori o spruzzi in qualsiasi direzione. La penetrazione di polveri e liquidi non deve danneggiare l'apparecchiatura.</i>
IP 55	<i>Protezione totale alla penetrazione di corpi solidi. Protezione contro la penetrazione di liquidi da gocce, vapori, spruzzi e getti d'acqua in qualsiasi direzione. La penetrazione di polveri e liquidi non deve danneggiare l'apparecchiatura.</i>
IP 65	<i>Protezione totale alla penetrazione di corpi solidi e polveri. Protezione contro la penetrazione di liquidi da gocce, vapori, spruzzi e getti d'acqua in qualsiasi direzione. La penetrazione liquidi non deve danneggiare l'apparecchiatura.</i>
IP 66	<i>Protezione totale alla penetrazione di corpi solidi e polveri. Protezione contro la penetrazione di liquidi da spruzzi, mareggiate e forti getti d'acqua in qualsiasi direzione. La penetrazione liquidi non deve danneggiare l'apparecchiatura.</i>
IP 67	<i>Protezione totale alla penetrazione di corpi solidi e polveri. Protezione contro l'immersione in acqua momentanea per 30 minuti a 1 metro di profondità.</i>
IP 68	<i>Protezione totale alla penetrazione di corpi solidi e polveri. Protezione contro l'immersione in acqua permanente a 1 metro di profondità.</i>
IP 68-xx	<i>Protezione totale alla penetrazione di corpi solidi e polveri. Protezione contro l'immersione in acqua permanente a xx metri di profondità.</i>

Tabella 3

Nella seguente tabella la prima cifra che segue la scritta IP indica la protezione contro l'accesso dei corpi solidi e contatto con parti pericolose.

Livello	Dimensioni oggetto	Effetti
IP0X	Nessuna protezione	
IP1X	Protetto contro i corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm	Protetto contro l'accesso con il dorso della mano
IP2X	Protetto contro i corpi solidi di dimensioni superiori a 12 mm	Protetto contro l'accesso con un dito
IP3X	Protetto contro i corpi solidi di dimensioni superiori a 2,5 mm	Protetto contro l'accesso con un attrezzo
IP4X	Protetto contro i corpi solidi di dimensioni superiori a 1 mm	Protetto contro l'accesso di un filo
IP5X	Protetto contro la polvere	Protetto contro l'accesso di un filo
IP6X	Totalmente protetto contro la polvere	Protetto contro l'accesso di un filo

Tabella 4

In quest'altra, la seconda cifra dopo la scritta IP indica la protezione contro l'accesso dei liquidi:

Livello	Resistenza
IPX0	Non protetto
IPX1	Caduta verticale di gocce d'acqua
IPX2	Caduta di gocce d'acqua con inclinazione massima di 15°
IPX3	Pioggia
IPX4	Spruzzi
IPX5	Getti d'acqua
IPX6	Ondata
IPX7	Possibile immersione
IPX8	Possibile sommersione

Tabella 5

Successivamente, per rendere più completo il significato del codice IP, seguito come abbiamo visto delle due cifre rappresentate da XX, si è ritenuto opportuno aggiungere due lettere opzionali e, pertanto, si ottiene la scritta: IPXXab. Le due lettere opzionali **ab** hanno il seguente significato: la **a** si riferisce alla protezione contro l'accesso umano e la **b** indica la protezione contro la penetrazione del materiale.

(Attenzione: le definizioni collegate alle lettere elencate indicano determinate qualità o sistemi di prova che sono descritte nella normativa a cui si fa riferimento; questa avvertenza è valida per qualsiasi tabella o definizione tratta dalla normativa)

Lettere opzionali (ab):

Protezione contro l'accesso umano

Liv.	Effetti
a	Protetto contro l'accesso con il dorso mano
b	Protetto contro l'accesso con un dito
c	Protetto contro l'accesso con un attrezzo
d	Protetto contro l'accesso di un filo

Tabella 6

Protezione contro la penetrazione del materiale:

Liv.	Effetti
h	Apparecchiatura ad alta tensione
m	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso acqua con apparecchiatura in moto
s	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso l'acqua con apparecchiatura non in moto
w	Adatto all'uso in condizioni atmosferiche specificate

Tabella 7

43a) Equivalenza fra la codifica IP e quella NEMA (National Electrical Manufacturers Association)

La codifica NEMA (National Electrical Manufacturers Association), può essere comparata con la codifica IP come da tabella N°8 sotto evidenziata. La codifica in oggetto può includere anche altri fattori come la protezione dalla corrosione (fare riferimento alla documentazione ufficiale per maggiori dettagli).

NEMA	IP
1	10
2	11
3R	14
3	54
3S	54
4	56
4X	56
5	52
6	67
6P	67
12	52
12K	52
13	54

Tabella 8

44) GRANDEZZE (SCALARI E VETTORIALI)

Una grandezza è una qualsiasi entità misurabile, con una prescelta unità di misura di un dato sistema, ad es. Kg o libbra, centimetro o piede (inch). Le grandezze che **non** posseggono il carattere della orienta-

zione (direzione e verso) sono **scalari**, ad es. il volume, il tempo, la massa, ecc. Le grandezze che posseggono il carattere dell'orientazione sono **vettoriali**, ad es. la velocità di un punto, una forza applicata in un dato punto, ecc. Queste grandezze sono rappresentate con una freccia definite dai seguenti quattro elementi:

- 1) **la linea d'azione o retta d'azione**, coincidente con la retta secondo la quale la grandezza agisce;
- 2) **verso o senso d'azione**, che sempre restando sulla retta d'azione, indica il senso proprio dell'azione, che ovviamente sulla retta può avere una delle due direzioni opposte fra di loro;
- 3) **il punto di applicazione** o punto iniziale o di origine o il punto terminale o termine dove è applicata la freccia, cioè dove agisce. **Notiamo che questi tre elementi sono tutti geometrici.**
- 4) **il modulo**, che rappresenta il valore della grandezza vettoriale, è un'entità fisica cioè quanto vale la grandezza, rappresentata in scala con una definita unità (ad es. per la velocità in m/s), alla quale è proporzionale **la lunghezza del vettore (MODULO)**.

Un altro esempio di vettore è la forza peso, che è rappresentabile con un vettore, applicato al baricentro del corpo, che ha un dato modulo (cioè un data grandezza misurata e rappresentate in scala, ad esempio il peso espresso in Kg), direzione e verso (quella della gravità) e punto d'applicazione (il baricentro).

L'intensità della corrente elettrica misurata in Ampere e la tensione misurata in Volt sono grandezze vettoriali. (voce: 9)

45) IMPEDENZA

L'impedenza è una grandezza (simbolo Z) che permette di stabilire la relazione esistente tra la tensione applicata e la corrente alternata che circola in un circuito. Dipende quindi non solamente dalla *resistenza pura degli elementi* (R) che costituiscono il circuito, dalla *capacitanza* (effetto della capacità cioè da componenti che si comportano come condensatori) e dall'*induttanza* (il coefficiente L di autoinduzione del circuito) delle varie componenti del circuito stesso.(cioè da avvolgimenti di conduttori elettrici tipo bobine, (voce: 22), **ma anche dalle caratteristiche della c.a.**

Quindi Z , anche se si misura in Ohm (Ω), non è calcolabile solamente in funzione delle caratteristiche del circuito dato che dipende da tutte le trasformazioni di energia che avvengono nel circuito stesso quando è percorso da c.a. La circolazione di una c.a. comporta infatti: la produzione di calore per effetto joule; la creazione di un campo elettrico variabile a secondo della frequenza della c.a. con la conseguente trasformazione di energia elettrica in energia magnetica e, se nel circuito sono presenti componenti che si possono comportare come condensatori, da un assorbimento di energia sotto forma elettrostatica (carica di un condensatore).

La trasformazione di energia elettrica in calore avviene sia per la c.c. che con la c.a. mentre la variazione del campo magnetico avviene solo con la c.a. mentre le caratteristiche di un campo elettrico varia solo con il valore della tensione.

Quindi, in un circuito percorso da corrente alternata, oltre alla **resistenza**, dobbiamo tener conto dell'**autoinduzione del circuito** (effetti magnetici), della **capacità** (effetti elettrostatici), della **frequenza** e della **tensione** applicata. La somma globale dei risultati di quanto esposto è dato dalla relazione seguente dove R rappresenta la resistenza pura, L il coefficiente di auto induzione, $2\pi f$ è la pulsazione ω che è il fattore caratterizzato dalla frequenza della c.a. legata alle variazioni del campo

magnetico. Si ha perciò: $Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}$

Se applichiamo la legge di Ohm al circuito in oggetto, sostituendo alla R l'impedenza Z, si ha:

$$\underline{V = Z \cdot I}; \quad \underline{Z = V/I}; \quad \underline{I = V/Z}.$$

46) IMPIANTI ELETTRICI NEI LUOGHI CON PERICOLO DI ESPLOSIONE O DI INCENDIO (ANTIDEFAGRANTI)

46a) La normativa ATEX

NOTA: su questo importante argomento la bibliografia è ricchissima di libri e pubblicazioni tecniche, quindi quanto sintetizzato nella presente voce fornisce solamente delle informazioni di massima per un primo approccio alle varie relative problematiche.

Nei luoghi dove si è in presenza di sostanze pericolose quali materiali esplosivi, polveri e vapori infiammabili, sostanze combustibili, ecc *l'impianto elettrico deve essere di sicurezza*, e di conseguenza deve avere caratteristiche idonee a evitare sovratemperature, archi elettrici o scintille capaci d'innescare esplosioni o incendi.

La norma (UNI 64-2) detta il seguente elenco relativo alle abbreviazioni degli impianti elettrici di sicurezza.

(ATTENZIONE: le definizioni collegate alle lettere elencate indicano determinate qualità o sistemi di prova che sono descritte nella normativa a cui si fa riferimento; questa avvertenza è valida per qualsiasi definizione caratterizzante date proprietà che devono avere complessivamente o gli impianti o le varie componenti):

- AD** = a sicurezza;
- AD - A** = a sicurezza di tipo approvato;
- AD - F** = a sicurezza funzionale;

- AD - FE** = a sicurezza funzionale contro l'esplosione;
- AD - FT** = a sicurezza funzionale a tenuta;
- AD - I** = a sicurezza intrinseca;
- AD - PE** = a sicurezza a prova di esplosione,
- AD - S** = a sicurezza di tipo speciale;
- AD - SI** = a sicurezza a sovrappressione interna;
- AD - T** = a sicurezza a tenuta

Ogni tipo d'impianto ha caratteristiche di progettazione e realizzazione diverse, ottimali in funzione dei materiali infiammabili e/o combustibili depositati, della loro quantità e del luogo.

La tabella sopra riportata è seguita da un'altra relativa alle abbreviazioni delle componenti di sicurezza per gli impianti elettrici **AD** che riportiamo:

- Ex - d = protezione di sicurezza a prova di esplosione;
- Ex - e = protezione di sicurezza del tipo a sicurezza aumentata
- Ex - I = protezione di sicurezza del tipo a sicurezza intrinseca
- Ex - o = protezione di sicurezza per immersione in olio
- Ex - p = protezione di sicurezza a sovrappressione interna
- Ex - q = protezione di sicurezza per riempimento dovuto alla sabbia
- Ex - XX = grado di protezione degli involucri
- T1, T2, = classi di raggruppamento delle temperature massime
- T3, T4, = superfici ammesse per componenti d'impianti elettrici a sicurezza
- T5, T6 = secondo la norma CEI CT31 sulla classificazione delle temperature massime superficiali per la costruzione elettriche per atmosfere esplosive

Le norme in esame, per quanto riguarda la classificazione dei luoghi pericolosi, coincide con la normativa nazionale precedente ed, in relazione ai tipi di sostanze pericolose, li raggruppa in quattro classi:

- **la classe 0**, si ha, nei luoghi, dove esiste *pericolo di esplosione* per la presenza o sviluppo di sostanze esplosive;
- **la classe 1**, si ha, nei luoghi, dove sono depositate sostanze infiammabili che, in date quantità, possono formare gas, o vapori che con l'aria possono dar luogo a *miscele esplosive ed incendi*;
- **la classe 2**, si ha, nei luoghi, dove esiste il pericolo di *esplosione e incendi* per la presenza di polveri infiammabili o esplosive se sono in sospensione nell'aria;
- **la classe 3**, si ha, nei luoghi, dove c'è *pericolo d'incendio* per la presenza di notevoli quantità di sostanze combustibili; per le sostanze che, in date quantità, possono formare con l'aria miscele infiammabili a temperature superiori a quelle di lavorazione o deposito.

Le tabelle sopra esposte, relative alla normativa CEI 64-2 sono state elaborate sulla base di quanto indicato da SCAME electrical solution.

Appurata la necessità di installare in dati luoghi un impianto elettrico

di sicurezza idoneo, ricordiamo che un'esplosione può avvenire solamente se c'è **un punto d'infiammabilità o una sorgente di accensione ed ovviamente un comburente**, ad esempio l'ossigeno dell'aria, ed **un combustibile**, che nel nostro caso è la miscela esplosiva.

Quest'ultima può essere prodotta da gas, vapori e polveri che unendosi all'aria possono, in date condizioni, esplodere.

- **I gas o vapori possono essere** di: metano o idrocarburi in genere, di diluenti, vernici, solventi, alcol, benzina, coloranti, agenti chimici vari, ecc.
- **Le polveri possono essere prodotte:** dalla macinazione del grano o altri cereali, dal carbone, legno, magnesio, zolfo, zucchero, concimi, ecc.

Le classi e temperature di autocombustione per i gas e d'accensione per una nube di polvere in presenza d'aria sono le seguenti:

Tipo di gas	Classificazione	Temperatura autocombustione	Tipo di polvere	Classificazione	Temperatura accensione nube
Idrogeno	T ₁	560° C	Fuliggine	T ₁	810° C
Metano	T ₁	537° C	PVC	T ₁	700° C
Etilene	T ₂	425° C	Alluminio	T ₁	590° C
Acetilene	T ₂	305° C	Polv. grano	T ₁	510° C
Cherosene	T ₃	210° C	Zucchero	T ₁	490° C
Etere etilico	T ₄	160° C	Farina	T ₁	490° C
Disolfuro di carbonio	T ₆	95° C	Cellulosa metilica	T ₂	420° C
			Polietilene	T ₂	420° C
			Polv. carbone	T ₂	380° C

I valori delle temperature espresse dalla lettera T, con il relativo pedice, rappresentano intervalli di temperature ad es: T₁ riguarda le temperature superiori a 450° C; T₂ è relativo all'intervallo da 300°C a 450°C ; T₃ da 200°C a 300° C; T₄ da 135°C a 200°C; T₅ da 100°C a 135°C ed infine T₆ da 85°C a 100° C.

46a) La normativa ATEX

L'ATEX (acronimo dell'espressione francese di **ATmosphères EXplosibles**) è una norma della direttiva dell'Unione Europea 94/9/CE, che regola le apparecchiature, gli impianti, i macchinari, gli utensili ecc. destinati all'impiego in luoghi a rischio di esplosioni. In particolare

impone la certificazione ATEX a tutti i prodotti commercializzati nei paesi dell'Unione, se installati in luoghi a rischio d'esplosione, con determinate eccezioni quali ad esempio le apparecchiature per uso: domestico, medico, marittimo, per i mezzi di trasporto esclusi quelli usati in atmosfere esplosive ecc.

In generale tutte le normative in oggetto evidenziano la necessità di richiedere, a tutti i datori di lavoro, di effettuare una **analisi dei rischi di esplosione**, che possono accadere in stabiliti ambienti di lavoro dove sono lavorati determinati prodotti pericolosi, che possono essere innescati essenzialmente dalla concomitanza dei seguenti fattori:

- 1) **Impianti elettrici non idonei** (Vedi prima tabella della presente nota);
- 2) **Componenti per impianti elettrici non idonei** (seconda tabella);
- 3) **Luoghi pericolosi** (vedi tabella delle classi dei luoghi);
- 4) **Gruppo definito secondo la natura del prodotto esplosivo;**
- 5) **CLASSE definita secondo la temperatura d'accensione.**

Sulla base di quanto indicato è possibile identificare le varie cause di un eventuale pericolo, e di elaborare l'inizio di una analisi dei rischi, considerando che si possono avere deflagrazioni per miscele d'aria con gas o vapori, o con date polveri.

Gli impianti di sicurezza possono essere realizzati unicamente con le componenti, le cui abbreviazioni dei nomi sono state tabellate e che si riferiscono sia agli impianti elettrici delle miniere (Vedi anche l'artico 73 del D.P.R. del 20/03/ 1956 n 320 e le Norme per la Prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo) sia a tutte le industrie di superficie interessate.

Alcune delle proprietà, che deve avere un impianto elettrico di sicurezza antideflagrante, prevedono che tutte le apparecchiature elettriche vengano racchiuse in apposite custodie, molto robuste, in grado di poter contenere una eventuale esplosione interna ed idonee ad impedire la sua espansione verso l'atmosfera esterna.

Questi contenitori sono perciò adatti a sopportare la pressione sviluppata al loro interno e idonei ad impedire che i prodotti incombusti possano fuori uscire e provocare la deflagrazione.

I gas combustibili, prodotti all'interno della custodia, vengono raffreddati e trattati in modo che uscendo dalla custodia non possano provocare l'innescò della miscela presente nell'atmosfera.

Inoltre, per le spine e prese di sicurezza (voce: 64) non deve essere possibile:

- dare tensione alla presa fino a che la spina non sia completamente inserita;
- estrarre la spina dalla presa fino a che l'interruttore non venga aperto in modo che gli alveoli non siano in tensione;
- aprire il contenitore della presa fino a che non sia stato aperto l'interruttore e quindi la presa non sia sezionata.

Una sintesi, non esaustiva, delle qualità che devono caratterizzare gli impianti elettrici di sicurezza, può essere la seguente:

- Non devono essere l'origine o il mezzo di propagazione d'incendio o d'esplosione.
- Non devono sviluppare sostanze tossiche in caso d'incendio durante la loro combustione.
- L'illuminazione delle vie di fuga deve poter funzionare, più a lungo possibile, per agevolare l'evacuazione.
- Deve essere assicurata un'adeguata resistenza alla varie condizioni e sollecitazioni dovute all'uso ed alle condizioni ambientali.
- Il controllo e la manutenzione non devono e non possono trascurare nessun particolare, dato che un impianto di sicurezza, per essere tale, deve essere efficiente ed in ottime condizioni d'uso.
- Non sono ammessi i conduttori nudi.
- Le custodie protettive, i tubi, le canalette, i cunicoli di protezione dei cavi, devono essere di materiale autoestinguente.
- I conduttori elettrici, se non posizionati nei tubi, canalette o cunicoli, dovranno avere i requisiti cui la norma (CEI 20-22) e cioè di non poter propagare l'incendio.
- La sezione minima, ammessa per i conduttori elettrici è di 1,5 mm² le derivazioni e le giunzioni devono essere racchiuse in custodie di idonea protezione che dipendono dalla classe dei luoghi.
- La posa dei cavi elettrici graffettati o fissati non racchiusi in involucri è ammessa, anche se non consigliata.
- I cavi elettrici non armati* (vedi nota alla fine della voce), per un'altezza dal pavimento di 2,5 m, devono essere protetti meccanicamente per poter resistere ad eventuali azioni meccaniche.
- Le macchine devono essere protette dai sovraccarichi individualmente.
- Nei luoghi di classe 2 le prese e le spine devono essere di tipo interbloccato** (vedi nota alla fine della voce) e garantire il grado di protezione, pertinente alla classe evidenziata, sia a spina inserita sia disinserita.

Se un circuito di sicurezza deve funzionare durante un incendio, ad esempio per alimentare le pompe antincendio o il circuito d'allarme o l'illuminazione delle vie di fuga, i componenti del circuito devono, per costruzione ed installazione, essere tali da continuare a funzionare, a date condizioni di temperatura e per un tempo prestabilito, sono adatti allo scopo i cavi resistenti al fuoco ed i cavi ad isolamento minerale (gomma siliconica; vedi norme CEI 20 - 45)

* Tutti i cavi, in generale, si dicono armati se oltre all'involucro protettivo esterno di cui sono normalmente dotati, vengono ulteriormente protetti applicando su di essi tubi di piombo o di alluminio o nastri o fili d'acciaio avvolti ad elica, ed opportunamente trattati per proteggerli dalla corrosione e sistemati in apposite canalizzazioni.

** Una presa interbloccata ha la possibilità di bloccare l'interruttore nella posizione di aperto ovvero di chiuso. Un interblocco meccanico impedisce la chiusura dell'interruttore con la spina non inserita.

47) IMPIANTI ELETTRICI PER GRANDI, MEDI E PICCOLI CANTIERI

47a) Cabina elettrica di distribuzione prefabbricata

47b) Alimentazione a bassa, media tensione o con gruppo elettrogeno; alimentazione a bassissima tensione nei piccoli e medi cantieri

47c) Prese e Spine per le prolunghe

47d) Quadri di distribuzione per i cantieri di costruzione ASC

47e) Impianti elettrici dei cantieri, considerazioni relative ai vari cavi elettrici

47f) Impianto di terra

47g) Protezione contro le scariche atmosferiche

Generalità

Questa voce ha lo scopo di segnalare il notevole rischio elettrico a cui sono sottoposte le maestranze che operano in un cantiere civile provato, purtroppo, dalla statistica nazionale di circa 4 infortuni elettrici mortali al mese e di decine di incidenti alcuni dei quali rendono invalidi i malcapitati per tutta la loro vita.

La complessità dell'argomento e della correlata normativa, nelle pagine seguenti riepilogate, evidenziano la difficoltà di realizzare in un cantiere un impianto elettrico sicuro ed efficiente e la necessità di non trascurare la manutenzione.

- La norma CEI 64-17 regola gli impianti elettrici dei cantieri.
- Non è previsto l'obbligo di redigere un progetto preliminare. Per gli impianti elettrici è fondamentale approntare uno schema unifilare dell'impianto elettrico previsto e che tutti i quadri abbiano il proprio schema elettrico.
- In tutti i cantieri deve essere installato un dispositivo di **EMERGENZA GENERALE**, posto in un luogo facilmente raggiungibile e noto a tutti i lavoratori del cantiere, in modo che azionandolo si possa interrompere rapidamente l'alimentazione a tutto l'impianto elettrico (Norma 64-8/7 art. 704.537).

La normativa vigente impone che l'interruttore generale debba essere custodito a chiave nel suo contenitore e bloccato in posizione d'aperto, solamente quando si debba effettuare la manutenzione in sicurezza.

In ogni caso per azionarlo bisogna aprire, con una chiave lo sportello. Impiegando secondi che in un'emergenza possono essere determinanti.

Quindi è opportuno, per una maggiore rapidità d'intervento, che il comando d'emergenza sia realizzato con un pulsante rosso a fungo, posizionato all'esterno del luogo dove è ubicato il quadro generale, in modo che premendo detto pulsante, si possa interrompere l'alimentazione a tutti i circuiti del cantiere,

Le dimensioni di un cantiere possono essere individuate e classificate in base alla potenza elettrica nominale necessaria al funzionamento simultaneo di tutti gli utilizzatori previsti, calcolabile preventivamente sulla base delle potenze stimate indicate nella tabella seguente. Si ha

questa classificazione:

- *piccolo cantiere* se utilizza una potenza di circa 6 KW;
- *medio cantiere* se utilizza una potenza di circa 25KW;
- *grande cantiere* se utilizza una potenza di circa 50 KW e più.

Mezzi di sollevamento , una gru a torre, secondo il carico sollevabile e la sua velocità deve avere una potenza prevista in KW da:	10,0 a 15,0
Paranchi cadauno da:	1,0 a 1,5
Betoniere o centrale di betonaggio da:	2,0 a 5,0
Sega circolare (1 KW), pulisci tavole (2KW), piega ferri (5,0 KW) da:	8,0 a 12,0
Apparecchi portatili in media 0,7 cadauno da n°2 a n°15 da:	1,4 a 10,5
Energia elettrica per gli uffici e per il cantiere (esclusi i condizionatori) da:	1,5 a 3,0

Tabella delle potenze indicative di targa degli apparecchi utilizzatori, valori minimi e massimi stimati

È opportuno, almeno per i grandi cantieri, approntare una documentazione completa, che specifichi la potenza prevista, evidenzi le principali caratteristiche dell'impianto, e una planimetria che indichi la dislocazione dei vari locali tecnici, delle eventuali officine, dei depositi del materiale di costruzione (silos del cemento, depositi dei materiali utilizzati, ecc), dei vari servizi (mensa, infermeria, servizi igienici, ecc), la viabilità interna dei vari mezzi di trasporto ed operativi, quali escavatori, ruspe, gru mobili, e dei parcheggi.

È necessario quindi partire dalla fornitura dell'energia elettrica, prevedere il tipo di quadro generale, che deve essere dislocato a valle del contatore ed inoltre programmare:

- la dislocazione dei quadri derivati ed i relativi schemi, in particolare descrivere il dimensionamento ed i tipi dei cavi elettrici (molti dei quali dovranno essere previsti mobili),
- le misure di protezione contro i contatti diretti o indiretti e l'impianto di terra,
- l'analisi della possibilità dei rischi d'incendio e di scoppio (specialmente se in cantiere sono previsti depositi di carburanti, oli minerali ecc) provocati, da eventuali anomalie che potrebbero verificarsi durante il servizio.

In sintesi, a parere degli autori del presente quaderno, i responsabili dell'impianto elettrico sono: l'installatore, il fornitore dei quadri elettrici da cantiere, la ditta che eseguita l'installazione, i montatori, il capo cantiere, il responsabile della sicurezza ed infine il datore di lavoro.

Iniziamo dall'allaccio della fornitura elettrica, che può essere in *bassa*

tensione e quindi immediatamente utilizzabile o in *media tensione*, che richiede ovviamente una propria cabina di trasformazione, o se non è possibile nessuna fornitura pubblica, a mezzo di un *gruppo elettrogeno* di idonee dimensioni.

Nel caso di un possibile allaccio alla media tensione, si utilizzano cabine elettriche di trasformazione MT/BT, prefabbricate di vario tipo che, se usate con attenzione, possono essere riutilizzate varie volte, come in genere tutte le attrezzature elettriche necessarie al regolare e sicuro funzionamento di un cantiere (cavi elettrici, interruttori, quadri elettrici ecc.)

47a) Una cabina elettrica di distribuzione prefabbricata

È completa dei quadri di distribuzione, dei trasformatori e di tutte le attrezzature necessarie per distribuire una definita potenza (voce: 7).

Sono disponibili, cabine di tipo monoblocco, assemblate direttamente nei loro stabilimenti di produzione, già omologate, che vengono consegnate direttamente nei grandi cantieri.

Dispongono di **una vasca di sottopavimento stagna**, che può essere posata direttamente dopo lo scavo senza ulteriori interventi, per il passaggio dei cavi elettrici di entrata in media tensione e di uscita in bassa,

Qualora fosse necessaria una cabina di dimensioni notevoli, c'è la possibilità di progettare secondo le varie necessità e di realizzarla con pannelli componibili nel luogo richiesto.

Le caratteristiche costruttive sono praticamente le stesse di quella sopra descritta, ed in particolare, la vasca di fondazione, costituita da elementi prefabbricati deve poggiare su idonee solette di cemento armato impermeabilizzate approntate precedentemente.

47b) Alimentazione a bassa, in media tensione o con gruppo elettrogeno. Alimentazione a bassissima tensione. Alimentazione dei piccoli e medi cantieri

L'alimentazione in bassa tensione avviene generalmente con il sistema TT (neutro collegato a terra e tutte le masse collegate ad un impianto di terra indipendente) che prevede che il cantiere abbia un proprio impianto di terra dove si collegano tutte le masse del cantiere in oggetto, indipendente da quello della rete d'alimentazione pubblica (voce: 17 - Classificazione dei sistemi elettrici in relazione della messa a terra)

L'alimentazione in media tensione avviene prevedendo l'utilizzo di una propria cabina di trasformazione, utilizzando il sistema TN-S (con tale sistema il conduttore di protezione PE e quello del neutro sono due conduttori separati ma hanno lo stesso collegamento a terra – voci: 17 e 18).

In questo caso l'impianto di terra è unico e si ottiene collegando, con un idoneo conduttore di protezione PE (voce: 18) tutte le masse metalliche del cantiere, all'impianto di terra della cabina di trasformazione.

Per l'alimentazione a bassissima tensione vedi il paragrafo: Luoghi conduttori ristretti.

L'alimentazione avviene a mezzo del gruppo elettrogeno, si adopera lo stesso sistema TN-S sopra evidenziato. In ogni caso è possibile adottare altre possibili soluzioni evidenziate dalla Norma CEI 11-1

L'alimentazione a bassissima tensione è necessaria nei luoghi conduttori ristretti (vedi avanti). Avviene con il sistema **SELV** (voce: 76_a) che prevede, in sintesi, che l'alimentazione debba avere una sorgente elettrica di sicurezza o indipendente e che non devono essere presenti collegamenti a terra di nessun genere. Nel caso in esame la sorgente elettrica di sicurezza è fornita dal trasformatore di isolamento (trasformatore di sicurezza - voce 82_c), che prende corrente dal circuito a 220 V che darà la tensione all'avvolgimento primario del trasformatore e che l'abbasserà ad una tensione di uscita di 24 V.

L'alimentazione elettrica delle varie attrezzature nei piccoli cantieri, può essere ottenuta direttamente dalle prese esistenti, mediante un piccolo quadro da cantiere, del tipo di presa a spina, dotato di un trasformatore d isolamento. Si realizza, in tal modo, una protezione contro i contatti indiretti mediante separazione elettrica.

In alternativa si possono utilizzare utensili portatili che hanno il doppio isolamento.

L'alimentazione elettrica nei medi cantieri: in genere è sufficiente che debba prevedere un quadro di distribuzione principale che è alimentato dalla rete pubblica in bassa tensione, collegato direttamente con le macchine operatrici fisse o mediante prese con gli utensili mobili. Qualora l'impianto fosse installato in un cantiere di superficie notevole potrebbe essere completato con quadri di prese a spina, alimentati dal quadro di distribuzione principale.

Luoghi conduttori ristretti: i luoghi conduttori ristretti sono ad esempio l'interno dei serbatoi metallici, gli stretti passaggi tra una struttura di tubazioni di ferro e tutti gli ambienti metallici, quali ponteggi, o incastellature metalliche, che impongono passaggi di limitate dimensioni.

Un tecnico costretto ad operare in contatto con superfici metalliche, deve utilizzare apparecchiature a bassissima tensione, l'ideale sarebbe, ove possibile, adoperare utensili funzionanti con pile elettriche di voltaggio limitato, che hanno tensioni bassissime, in genere di pochi volt, ma ovviamente potenze minime e durata di funzionamento limitata. In ogni modo la tensione per gli utensili non deve superare i 50 V ed utilizzare lampade portatili a 24 volt.

47c) Prese e spine utilizzate per le prolunghe

In alcuni luoghi dei cantieri, dove l'impianto elettrico della f.e.m. e dell'illuminazione non è stato previsto, per potere lavorare, si ricorre alle prese elettriche, alle spine ed a lunghi cavi elettrici mobili ottenuti, a volte proprio a mezzo di prolunghe. In questo modo si possono alimentare gli utensili e le lampade.

Per l'ottenimento delle tensioni evidenziate si devono utilizzare trasformatori d'isolamento di sicurezza (Norme CEI 96-1) privi della messa a terra del secondario, in modo che nell'eventualità di un guasto a terra dell'utensile alimentato, non si chiuda il circuito con il collegamento fra la terra del secondario e la terra del guasto. Ricordiamo che in un trasformatore d'isolamento oltre alla separazione netta dei due avvolgimenti (indotto ed induttore), la separazione tra i detti due circuiti viene assicurata mediante il doppio isolamento oppure a mezzo di un idoneo schermo metallico messo a terra.

Le sorgenti d'energia elettrica devono essere poste all'esterno del luogo del conduttore ristretto. Ogni presa a spina deve essere:

- alimentata da un singolo trasformatore, che può servire più avvolgimenti secondari separati. Le prese e le spine devono essere per esterni e di sicurezza ed avere grado di protezione IP 44* che è valido in generale per tutte le prese e le spine elettriche dei cantieri civili (vedi avanti il paragrafo relativo ai cavi elettrici e loro collegamenti per i cantieri);
- protetta da un interruttore differenziale, (che deve servire non più di due o tre derivazioni separate, per evitare che un suo intervento non metta fuori servizio, nello stesso momento troppe linee);
- per l'utilizzo di potenze uguali o superiori ad 1 KW deve essere previsto un interblocco meccanico, per l'inserimento o disinserimento della spina. Queste operazioni devono poter essere effettuate unicamente a circuito aperto (cioè quando non c'è tensione), utilizzando un dispositivo meccanico che impedisce tali manovre se la presa è sotto tensione.

Il D.P.R. 547/1955 norma le deviazioni a spine con gli articoli -309; -310;-311.

47d) Quadri di distribuzione per i cantieri di costruzione; quadri ASC

Nei cantieri sono ammessi solamente quadri elettrici costruiti in serie, denominati ASC che è l'acronimo di: Apparecchiature assemblate per cantieri. Tali quadri devono avere caratteristiche superiori di resistenza meccanica ed alla corrosione di quelli generalmente utilizzati per altri impieghi. In particolare, devono essere conformi alla relativa norma di prodotto EN 60439-1, EN 60439-4 e CEI 17-13/1 ed essere

* La Norma CEI – EN 60529 permette di indicare attraverso il codice IP i gradi di protezione, che sono degli indici costituiti da due cifre, che rappresentano; la prima l'indice di protezione contro la penetrazione di oggetti solidi e polveri e la seconda l'indice di protezione contro la penetrazione dei liquidi all'interno di date apparecchiature, nel caso presente della coppia: spine e prese.

Pertanto l'indice IP 44 è definito come protezione contro la penetrazione di corpi solidi maggiore di 1 mm e di protezione contro la penetrazione di liquidi, da gocce, vapori, o spruzzi in qualsiasi direzione (voce: 43; tabella N°3, prima riga). La penetrazione di corpi solidi inferiori a 1 mm e liquidi non deve danneggiare l'apparecchiatura.

costruiti in conformità ad un tipo prestabilito, assemblando unicamente idonee componenti certificate. Inoltre devono:

- aver superato determinate prove;
- essere realizzati per assicurare particolari caratteristiche di resistenza meccanica ed alla corrosione;
- evidenziare in modo chiaramente leggibile:
 - a) marchio di fabbrica o nome del costruttore;
 - b) modello costruttivo di riferimento e numero di matricola;
 - c) normativa Europea di riferimento (nel caso in oggetto) EN 60439-4;
 - d) tensione massima d'esercizio, espressa in volt;
 - e) valore nominale della corrente (espresso in Ampere) e la frequenza espressa in HZ.

I quadri ASC hanno varie tipologie di costruzioni, tra queste evidenziamo:

- *Quadro d'alimentazione di entrata e di misura* (ha dimensioni variabile secondo le necessità del cantiere), è costituito da due settori:
 - il primo è formato da uno scomparto di collegamento del cavo di alimentazione di entrata e delle apparecchiature di misura (contatore).
 - il secondo contiene interruttori di protezione contro il corto circuito, le sovracorrenti e *l'interruttore generale onnipolare che deve poter essere bloccato con un lucchetto o con uno sportello chiuso a chiave per poter effettuare le operazioni di manutenzione in sicurezza.*

- *Quadri di distribuzione principale*, destinati anche ad essere contenuti nella cabina di distribuzione del cantiere, sono derivati dal quadro d'alimentazione d'entrata e di misura, con un'unità di entrata e diverse unità di uscita. Sono ubicati nei vari luoghi di lavoro (di betonaggio, degli apparecchi di sollevamento ed a tutti i locali del cantiere) e sono di medie dimensioni, ma sempre dotati di una propria alimentazione separata dalle altre e protetta con un interruttore idoneo, infatti devono avere dimensioni tali che *la corrente nominale deve essere almeno 630 A (voce: 78).*

Il loro contenitore, a forma d'armadio pensile, di materiale isolante (plastica) ha, degli anelli di sollevamento (golfari) posti sul lato superiore.

All'interno è posizionato un interruttore generale bloccabile a chiave in posizione d'aperto, che alimenta ad esempio tre punti di uscita protetti da un interruttore con una corrente nominale differenziale d'intervento non superiore a 30 mA,

Ogni interruttore deve alimentare non più di due o al massimo tre linee, dato che ***se uno stesso interruttore automatico protegge più prese, queste non potranno essere utilizzate contemporaneamente alla loro corrente nominale, ma solamente ad una corrente complessiva non superiore alla corrente nominale dell'interruttore in oggetto.***

La presa alla corrente alternata trifase deve rispondere alla normativa CEI 23-R

Il quadro deve essere collegato a terra con un conduttore di terra (giallo-verde) di almeno 2,5 mm².

- *Quadri di distribuzione* sono composti da un'unità d'entrata e da diverse unità d'uscita.

Sono di dimensioni minori del quadro precedente. *La corrente nominale deve essere superiore 125 A ma minore di 630 A.* I conduttori d'uscita alimentano direttamente le apparecchiature collegate. I cavi d'uscita possono terminare con una presa, dove si può inserire la spina.

Notiamo che la differenza più significativa fra i quadri ASC di distribuzione principale e quelli semplicemente di distribuzione è la corrente nominale.

- *Quadri di trasformazione.* L'unità d'entrata può alimentare un'unità di trasformazione da bassa tensione a bassissima tensione. Sono necessari per i lavori nei luoghi conduttori ristretti.

- *Quadro di distribuzione finale.* Non deve ricevere dal cavo di alimentazione d'ingresso una corrente superiore a 125 A. I cavi d'uscita devono essere collegati ai morsetti del quadro o alle prese a spina. Deve essere presente un interruttore differenziale con una corrente nominale differenziale d'intervento non superiore a 30mA, che deve proteggere le prese a spina e le linee.

- *Quadri di presa a spina, possono essere mobili o trasportabili.* I mobili possono essere spostati senza essere messi fuori tensione (cioè possono rimanere accesi).

I trasportabili, quando devono essere spostati, devono essere posti fuori tensione (ovvero non devono essere sotto tensione).

Tutte le prese a spina del quadro devono essere protette con un interruttore differenziale di 30 mA.

Vediamo altre proprietà per ottenere un servizio efficiente e sicuro.

Dal quadro generale di alimentazione di entrata e misura si diramano, ad esempio, 6 cavi flessibili (2 per ogni interruttore) o se necessario di più, per servire a mezzo dei vari quadri di distribuzione tutto il cantiere; i quadri devono essere posizionati ad una distanza dal suolo atta ad assicurare una curvatura dei cavi definita.

Detti cavi elettrici mobili hanno la guaina in neoprene e devono possedere, fra l'altro, le seguenti caratteristiche:

- idonea resistenza alle diverse sollecitazioni a cui possono essere sottoposti in cantiere;
- facilità di installazione e successivo immagazzinamento per un eventuale riutilizzo;
- facile reperibilità commerciale.

I quadri da cantiere ASC sono acquistati pronti all'uso, montati, collaudati e certificati dal costruttore.

Rispondono alla guida CEI 64-7 in base alle loro condizioni di utilizzo; pertanto in uscita dal quadro principale troviamo:

- vari circuiti singolarmente protetti contro le sovracorrenti e i contatti indiretti
- un dispositivo contro la sovracorrente.

Ogni quadro di un cantiere inoltre dovrà:

- 1) trovarsi in posizione verticale,
- 2) essere facilmente spostabile,
- 3) possedere un grado di protezione idoneo al suo funzionamento contro la penetrazione, al suo interno, degli oggetti di dimensione fino a 1 mm, della polvere e dell'acqua. (voce: 43 - Tabella dei gradi di protezione IP)

Ad esempio è necessario che un quadro da cantiere abbia una protezione IP44.

47e) Impianti elettrici dei cantieri. Considerazioni relative ai cavi elettrici

Dai quadri di manovra si diramano i cavi di alimentazione alla varie macchine del cantiere, occorre proteggerli per poterli usare nuovamente, la maniera più pratica ed economica è quella di posarli non a terra ma fra appositi pali di sostegno provvisori senza fune che li sorregga.

Si ricorda che il DPR 164/56 vieta di lavorare in vicinanza delle linee dell'alta tensione.

La distanza minima deve essere superiore a 5 metri.

Può sembrare incredibile, ma alla fine degli anni novanta in Italia un braccio di una gru ha toccato una linea elettrica provocando la morte per folgorazione del gruista.

Si è parlato più volte dei cavi elettrici dei cantieri senza fornire una precisa definizione; abbiamo una classificazione basata sul loro utilizzo, che prevede:

- **cavi fissi** che non vengono spostati durante le fasi di lavoro;
- **cavi mobili** che sono soggetti a spostamenti come ad esempio quelli che alimentano un utensile trasportabile, per i quali è necessaria una significativa flessibilità; come già evidenziato, bisogna sollevarli per diminuire la possibilità di danni ad una altezza che non limiti la circolazione dei mezzi da cantiere. Per evitare sollecitazioni alle connessioni, in genere realizzate mediante prese elettriche e spine è opportuno installare idonee cassette di derivazione con grado di protezione IP44.

47f) Impianto di Terra

Vale quanto già evidenziato alla voce 18. In sintesi ricordiamo che è composto dal:

- **dispersore**, che può essere un profilato metallico di assegnate dimensioni (dispersore intenzionale) o può essere sostituito dagli stessi ferri della fondazione (dispersore di fatto);

- **nodo principale di terra equipotenziale o collettore principale di terra**, costituito da una barretta di rame che riceve i conduttori dei collegamenti delle masse metalliche di colore giallo-verde; esso si collega, a mezzo del conduttore di terra, ai dispersori. In sintesi il collettore principale di terra raccoglie tutti i collegamenti a terra delle varie masse e le invia al dispersore.

Ovviamente oltre ad un idoneo impianto di terra è necessario la messa in opera di interruttori magnetotermici differenziali.

47g) Protezione contro le scariche atmosferiche

La normativa tecnica di riferimento è la CEI 81-10.

Tutte le strutture metalliche operanti nei cantieri (come ad es. le gru, i silos, i ponteggi, le betoniere ecc) possono essere colpiti dai fulmini.

Come tutte le varie strutture, il cantiere può essere protetto ad esempio da edifici nelle vicinanze più alti delle eventuali gru a torre o perché ubicato ai piedi di una collina.

In ogni caso occorre effettuare un calcolo (voce: 39) seguendo i criteri della normativa. Il calcolo deve tener conto della:

- resistività del terreno che può essere tale da non rendere necessaria la protezione ma in ogni caso, l'impianto di messa a terra deve essere previsto;
- la frequenza di fulmini nella zona interessata (numero dei fulmini a chilometro quadrato)
- la probabilità del danno ad esseri viventi ed altre disposizioni dettate dalla normativa.

In sintesi la protezione contro i fulmini è realizzata collegando ai dispersori le strutture metalliche ubicate nel cantiere.

INDUZIONE MAGNETICA

(Vedi voce 57a)

48) INTENSITÀ DELLA CORRENTE

(non confondere con la densità):

L'unità è l'Ampere (A) comunemente definita come la corrente che, percorrendo la resistenza di un Ohm (Ω) dissipa in essa la potenza di un watt (W).

Molto usati sono il milliampere: **1mA = (1 / 1000) A**; ed il microampere: **1 μ A = (1 / 1.000.000)A**

49) INTERRUTTORI

49a) Classificazione di alcuni tipi d'interruttori destinati all'impiantistica domestica in bassa tensione

49b) Gli Interruttori automatici e differenziali

49c) Per i locali ad uso medico di gruppo 2

49d) Interruttori differenziale di tipo A e B ed AC

PRIORITÀ: è necessario, che all'arrivo di ciascuna linea d'alimentazione ad un qualsiasi punto di utilizzazione in bassa tensione, sia installato un interruttore generale onnipolare magneto termico differenziale

Generalità

Hanno il compito di aprire e chiudere un circuito sotto carico; funzionano anche quando il circuito è percorso da correnti anormali, come nei casi di corto circuito. All'atto della loro apertura o chiusura si forma un arco elettrico che, per gli interruttori domestici, si riduce ad una piccola scintilla, mentre per quelli al servizio di grosse utenze si ha un vero arco elettrico, che sottopone le strutture a sollecitazioni elettriche, meccaniche e termiche.

Fino a correnti di qualche decina d'Ampere, certi interruttori in uso ancora alla fine dello scorso secolo, per spengere l'arco, avevano un caminetto, come quello rappresentato in figura.

Attualmente gli interruttori a c.c. ed a c.a, per potenze medio – piccole sono uguali.

Per correnti notevoli, dato che l'arco si spegne più difficilmente, per le correnti c.c., le caratteristiche sono diverse; infatti quando si aprono i contatti di un interruttore, la corrente sia continua che alternata tende a continuare a passare attraverso l'arco.

La c.a., data la sua forma sinusoidale, ad ogni semi onda si interrompe, per cui se 50 HZ è la sua frequenza, essa si interrompe 100 volte al secondo ed un pari numero di volte l'arco si adescherà.

Per la c.a. basta impedire il riadesamento dell'arco.

Per la c.c. invece si dovrà interrompere l'arco, cercando di sfruttare la proprietà che questo presenta una resistenza tanto maggiore quanto è maggiore la sua lunghezza.

Per interrompere l'arco si cerca di allungarlo, in modo che la sua maggior resistenza diminuisca la corrente fino al punto che questa non riesca più a mantenerlo acceso.

Dato che l'arco non è che un conduttore gassoso percorso da corrente, si può, basandosi sul principio dell'elettromagnetismo, sottoporlo ad un campo magnetico trasversale. Tale campo devierà la traiettoria dell'arco, pertanto questo risulterà allungato ed al limite interrotto.

Su questo principio si basano generalmente gli interruttori per la c.c. di notevole voltaggio ed amperaggio.

Gli interruttori di c.a. di grandi potenze sono generalmente a grande volume d'olio e l'interruzione avviene in un bagno d'olio. La bolla gasso-

sa che si forma all'apertura dei contatti smuove l'olio che raffredda l'arco e lo spegne.

Esistono vari altri tipi d'interruttori; ricordiamo gli interruttori ad olio ridotto che frazionano l'interruzione in due o tre cellule disposte in serie, e gli interruttori ad aria compressa dove l'arco elettrico è soffiato dall'aria compressa contenuta in un serbatoio.

Per medie potenze si usano spesso gli interruttori a celle deionizzanti, che frazionano l'arco in tanti piccoli archi mediante un soffio elettromagnetico, cioè praticamente mediante un campo magnetico che devia l'arco.

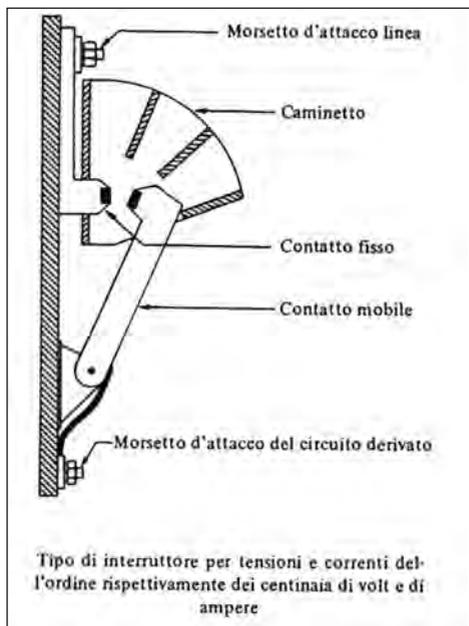
I circuiti di grande potenza in c.a. utilizzano varie tipologie per ridurre la formazione dell'arco elettrico. Un tipo diffuso è quello che, per ridurre la formazione di questo, lo fa avvenire in un bagno d'olio.

Il tempo apertura dei moderni interruttori è dell'ordine di centesimi di secondo.

Gli interruttori vengono contraddistinti da diversi parametri dettati dalle norme C.E.I, fra i quali evidenziamo: **la tensione o il voltaggio nominale**, cioè la tensione del funzionamento che deve sopportare normalmente ed **il potere di interruzione**, dato dal valore efficace della massima corrente di sovraccarico accidentale, che l'interruttore può interrompere.

Gli interruttori a c.c. ed a c.a. fino a potenze medio-piccole sono uguali. Per correnti notevoli, dato che l'arco in c.c. si spegne più difficilmente, le caratteristiche devono essere diverse. Quando si aprono i contatti di un interruttore, la corrente sia continua che alternata, tende a continuare a passare attraverso l'arco, ma la c.a., data la sua forma sinusoidale ad ogni semi onda s'interrompe, per cui, se 50 Hz è la sua frequenza, essa si interrompe 100 volte al secondo ed un pari numero di volte l'arco si adescherà.

Per la c.a. basta impedire il riadesamento dell'arco; per la c.c. occorre interrompere l'arco, cercando di sfruttare la proprietà che questo presenta una resistenza tanto maggiore quanto è maggiore la sua lunghezza. Per interrompere l'arco si cerca di allungarlo, in modo tale che la sua resistenza diminuisca la corrente fino al punto che questa non riesca più a mantenerlo acceso. Dato che l'arco non è che un conduttore gassoso percorso da corrente, si può, basandosi sui principi dell'elettromagnetismo, sottoporlo ad un campo magnetico trasversale. Tale campo devierà la tra-



iettorria dell'arco, pertanto questo risulterà allungato ed al limite interrotto.

Su tale principio si basano generalmente gli interruttori per c.c. di notevole voltaggio ed amperaggio.

Gli interruttori di c.a. di grande potenza sono generalmente a grande volume d'olio e l'interruzione avviene in bagno d'olio. La bolla gassosa che si forma all'apertura dei contatti smuove l'olio che rinfredda l'arco e lo spegne. Esistono poi altri tipi di interruttori: ricordiamo solamente gli interruttori ad olio ridotto, che frazionano l'interruzione in due o tre celle disposte in serie e gli interruttori ad aria compressa, dove l'arco elettrico è soffiato da aria compressa contenuta in un serbatoio. Per medie potenze si usano spesso gli interruttori a celle demonizzanti, che frazionano l'arco in tanti piccoli archi, mediante un soffio elettromagnetico, cioè praticamente mediante un campo magnetico che devia l'arco.

49a) **Classificazione di alcuni tipi d'interruttori destinati all'impiantistica domestica in bassa tensione**

Gli interruttori possono essere classificati nella seguente maniera:

- **Interruttore semplice, unipolare:** è costituito a due contatti metallici, *ogni contatto di un circuito elettrico è chiamato polo* e, quando è chiuso, consente il passaggio della corrente; al contrario, se aperto, la corrente non passa. L'interruttore in oggetto funziona sia posto sul conduttore di fase sia sul neutro.
- **Interruttore deviatore:** è un interruttore unipolare idoneo ad accendere o spegnere un punto luce, da due parti di un locale.
- **Interruttore bipolare (o con lo stesso principio tripolare)** può aprire o chiudere contemporaneamente sia i conduttori di fase sia quello del neutro. Si usano per scollegare completamente un utilizzatore elettrico dall'impianto.

49b) **Gli Interruttori automatici e differenziali**

Un interruttore automatico completo deve essere del tipo magnetotermico-differenziale.

- **La componente magnetica** si basa sul principio che un elettrocalamita, se la corrente elettrica supera, anche *per un tempo breve* un dato limite, attira un dispositivo che interrompe il circuito che deve proteggere. Questa interruzione avviene in tempi di decimi di secondo, ed è idonea a proteggere una qualsiasi macchina o apparecchiatura elettrica;
- **La componente termica** si basa sul principio che un data barretta metallica sottoposta, *per un certo tempo*, ad una corrente (d'intensità inferiore al valore di quella precedente, ma sempre superiore a quella prevista dal valore della corrente di taratura dell'interruttore,) si riscalda e si dilata, in modo che la sua dilatazione possa azionare un dispositivo che interrompa il circuito che deve proteggere. Questa interruzione, richiede ovviamente tempi maggiori della precedente

ma, in ogni caso, ha una importanza non trascurabile ad esempio per un motore elettrico (salva motore).

- **La componente differenziale è tale che può** aprire automaticamente in tempi da 30 a 10 millesimi di secondo (ms) il circuito, se la differenza fra la corrente che entra per alimentare il circuito e quella che esce supera un valore prestabilito.

Il simbolo di questa differenza espressa in Ampere è: Δ

Proteggono l'integrità dei circuiti e delle apparecchiature che alimentano interrompendo la corrente con i loro tempi d'intervento

L'interruttore differenziale, prima di interrompere la corrente, la limita per un tempo minimo. In questo breve periodo di tempo, la tensione verso il nodo equipotenziale può raggiungere valori elevati e l'utente può essere in pericolo se in contatto con la massa interessata al guasto e un'altra massa o una massa estranea.

Per questi motivi oltre all'interruttore magneto-termico-differenziale occorre un efficiente impianto di terra (vedi relativa voce).

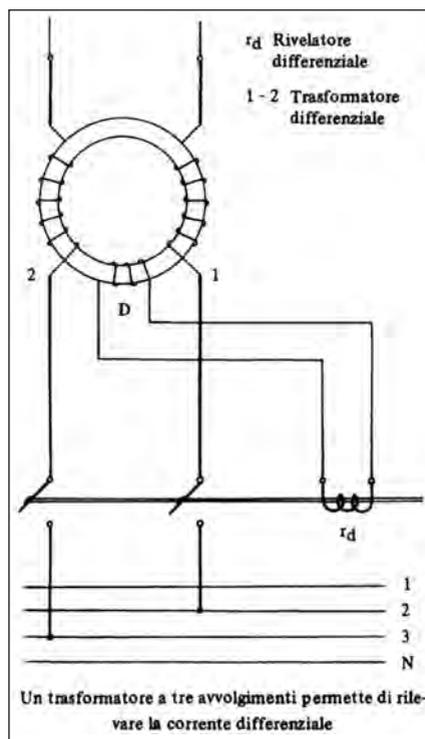
49c) Per i locali ad uso medico di gruppo 2 (vedi Classificazione dei sistemi elettrici in relazione alla messa a terra. Sistemi IT-M per i locali ad uso medico)

Per detti locali, con pericolo di microshock (che è definito alla voce 56a - Apparecchi elettromedicali), la normativa prescrive l'impiego, (unitamente al nodo equipotenziale) del sistema IT-M. Questo sistema limita le correnti di guasto verso terra, contenendo il valore delle tensioni di contatto ed assicura l'efficienza del servizio di una qualsiasi apparecchiatura, in caso di primo guasto a terra.

Data l'importanza degli interruttori differenziali e di quelli magneto-termico-differenziali, evidenziamo nelle figure seguenti il loro principio di funzionamento.

Interruttore Differenziale

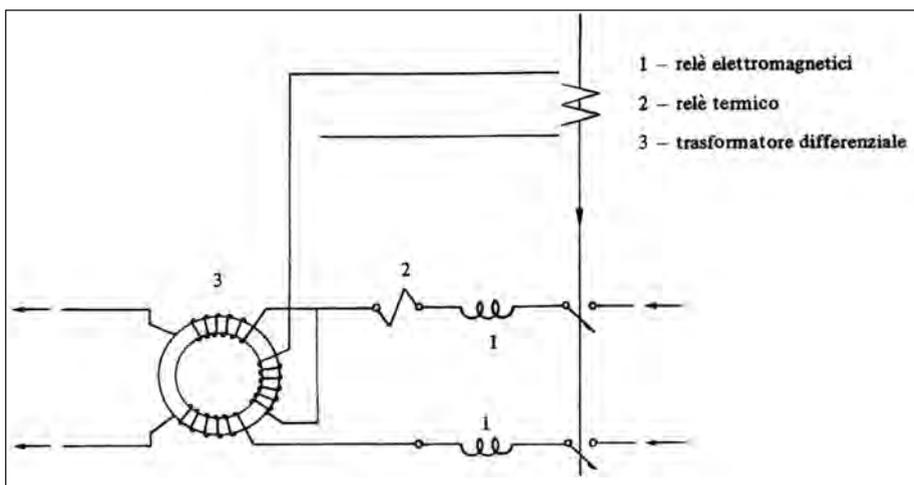
Gli avvolgimenti 1 e 2, perfettamente uguali sono percorsi, durante il funzionamento normale, alle correnti I_1 e I_2 uguali e contrarie che, nel trasformatore D, producono un flusso magnetico nullo. Se a seguito di una massa c'è differenza fra I_1 e I_2 si determina una differenza tra i flussi magnetici generati dagli avvolgimenti 1 e 2. Il flusso magnetico risultante induce sull'avvolgimento una f.e.m. indotta che eccita il relè differenziale r_d che apre il circuito (vedi la figura). Come già evidenziato l'uso di un



interruttore differenziale non esonera dalla necessità della realizzazione di un idoneo impianto di terra.

Spesso **in un unico interruttore sono riunite le tre protezioni** necessarie per ogni circuito e cioè: un relè termico per la protezione dei sovraccarichi; un relè magnetico per la protezione dei corti circuiti; un relè differenziale come quello evidenziato nella figura precedente.

Uno dei tre relè aprirà il circuito quando si manifesterà una condizione di pericolo.



49d) Cenni relativi agli interruttori differenziali di tipo A, B ed AC

Sono normalmente utilizzati vari tipi d'interruttori differenziali fra i quali evidenzieremo, per brevità, solamente quelli di tipo A; B; AC.

A volte su di una rete, monofase o trifase, alimentata da una corrente sinusoidale, come quella di rete normalmente utilizzata, gli elettrodomestici possono generare correnti non di tipo sinusoidale.

Per tale motivo gli interruttori differenziali vengono classificati **in base alla forma d'onda** delle correnti differenziali a cui sono sensibili.

Si hanno i seguenti tipi:

- A) si ha quando il loro intervento è garantito per una corrente alternata sinusoidale ed in altre forme come ad es. la corrente pulsante. Gli interruttori di tipo A sono normalmente utilizzati per le correnti monofase. Sono soggetti alla norma IEC/EN 61008 e 61009.
- B) si ha quando, oltre a quelle con la forma d'onda sopra evidenziate, si ha sensibilità anche a tutte le altre forme d'onda, alla corrente continua e alle correnti differenziali alternate sinusoidali sovrapposte ad una corrente continua priva di ondulazione.

Per questo motivo tali interruttori differenziali sono chiamati anche di tipo universale e sono utilizzati, in particolare, per i circuiti trifasi. Non sono ancora soggetti a nessuna normativa.

I differenziali di tipo A e B sono sensibili anche alle correnti impulsivi-

ve, emesse da semplici elementi elettronici che possono generare forme d'onda molto diverse da quelle sinusoidali, con picchi impulsivi che si possono presentare, ad esempio, in presenza di lampade fluorescenti, impianti di raggi X o elaborazione dati.

AC) sono adatti per tutti gli impianti a c.a. di forma sinusoidale ma non per correnti impulsive fino a 250 A; devono essere conformi alla normativa IEC/EN 61008 e 61009.

(Vedi: *Fondamenti di sicurezza elettrica* del Prof. Vito Carrescia - Ed. TNE – Hoepli it – la grande libreria on line).

Segni grafici:

Interruttori		Riferim. Norm.			
	Interruttore - segno grafico generale	CEI 3-23		Invertitore	CEI 3-23
	Interruttore con lampada spia	CEI 3-23		Variatore di intensità luminosa	CEI 3-23
	Interruttore unipolare a tempo di chiusura limitato	CEI 3-23		Interruttore unipolare a tirante	CEI 3-23
	Interruttore bipolare	CEI 3-23		Pulsante normale(a) e a tirante(b)	CEI 3-23
	Interruttore automatico (di piccola potenza)	CEI 3-23		Pulsante luminoso	CEI 3-23
	Interruttore automatico magnetotermico e differenziale bipolare	CEI 3-23		Pulsante a accesso protetto (con coperchio di vetro.ecc)	CEI 3-23
	Commutatore unipolare (ad es: per differenti gradi di illuminazione)	CEI 3-23		Temporizzatore	CEI 3-23
	Deviatore unipolare	CEI 3-23		Interruttore orario	CEI 3-23
				Controllo di roda o dispositivo di blocco elettrico con serratura	CEI 3-23

50) IONI

Gli ioni sono atomi che hanno perso o acquistato elettroni. Quelli positivi, chiamati cationi, sono atomi a cui mancano elettroni mentre quelli negativi, detti anioni, sono atomi che hanno elettroni in eccesso.. Gli ioni hanno origine dall'interazione tra atomi di elementi diversi ed in date condizioni (vedi l'arco elettrico ed elettrolisi).

51) ISOLAMENTO E SUA TIPOLOGIA: FUNZIONALE-PRINCIPALE-SUPPLEMENTARE

51a) Doppio isolamento

La prima protezione dal rischio, (cioè, ad esempio, dal pericolo che toccando una carcassa di una apparecchiatura elettrica sottotensione, una persona possa scaricare a terra una corrente elettrica, che può anche essere causa di morte) è che l'impianto elettrico debba essere realizzato a regola d'arte.

In modo particolare è necessario che la sua manutenzione sia accurata e continua e che l'isolamento delle sue componenti sia assicurato. Quindi bisogna sempre accertarsi che le prese di corrente a spina, gli interruttori elettrici e le loro scatole di contenimento, i cavi elettrici con le relative protezioni debbano essere sempre in buono stato.

Elenchiamo fra i vari tipi d'isolamento:

- **L'isolamento funzionale** è quello che deve avere ogni apparecchio elettrico, per poter funzionare; è realizzato con un isolamento tra le parti attive (cioè quelle sottotensione) e la carcassa.
- **L'isolamento principale o fondamentale:** è quello necessario per isolare le parti attive e per assicurare una maggiore protezione in caso di guasti. Le apparecchiature elettriche di questo tipo devono essere in grado di superare le prove d'isolamento indicate dalle norme. In pratica, l'isolamento totale è costituito da due parti: una ai fini funzionali e l'altra ai fini protettivi.

51a) Il doppio isolamento

Garantisce ulteriormente la sicurezza delle persone in caso di guasto. Si realizza aggiungendo all'isolamento **principale** un ulteriore **isolamento supplementare** ed in questo modo si ottiene il **doppio isolamento**, inteso come la somma di quello principale e di quello supplementare, che assicura una ulteriore sicurezza in caso di guasto.

- **L'isolamento rinforzato** si ha quando al posto dei due isolamenti distinti (principale e supplementare) si raggiunge lo stesso grado di protezione con un solo isolamento.

L'isolamento elettrico si misura in Ohm con strumenti denominati Ohmetri.

Pertanto le apparecchiature elettriche classificate con il doppio isolamento, o rinforzato o speciale o di sicurezza hanno tutte le stesse proprietà elettriche e meccaniche e lo stesso grado di protezione.

Le apparecchiature elettriche del tipo a doppio isolamento consentono il loro utilizzo in sicurezza, anche dove manca il collegamento a terra o dove non si è certi del suo sicuro funzionamento. Per tale motivo è consigliato il loro utilizzo nei cantieri provvisori di pronto intervento ed in tutti i luoghi dove non si è certi di avere a disposizione un efficiente impianto di messa a terra.

52) JOULE

Il joule è l'unità di misura del lavoro e dell'energia; un joule rappresenta il lavoro compiuto dalla forza di un newton che si sposta nella sua direzione di un metro. Ancora si usa talvolta il Chilogrammetro, lavoro prodotto da un chilogrammo-forza che si sposta nella sua direzione di un metro. Esso equivale a circa 9,8 Joule

53) LEGGE DI FARADAY E DI LENZ

Induzione ed azioni elettromagnetiche. La legge di **Faraday** afferma che: "come una corrente elettrica che si muove in un conduttore genera un campo magnetico, un conduttore che si muove in un campo magnetico genera una corrente elettrica" Il fenomeno è definito come **l'induzione elettromagnetica e la corrente che si genera è la corrente indotta.**

La legge di **Lenz** recita che: "la corrente indotta si oppone con il proprio flusso alla variazione di flusso che l'ha generata e tende a produrre un movimento di senso opposto a quello che l'ha prodotto".

54) LEGGE DI HOPKINSON - RILUTTANZA MAGNETICA R_m

Un circuito magnetico è la regione dello spazio nella quale si chiudono le linee di forza magnetica. **Sono circuiti magnetici chiusi** quelli costituiti esclusivamente da materiali ferromagnetici (vedi il nucleo del trasformatore nella relativa voce) ed aperti quelli che comprendono qualche tratto d'aria, denominato traferro.

La forza magneto motrice (f.m.m.) è la forza che genera il flusso magnetico Φ che agisce nel campo magnetico H , dove si manifestano le linee di forza magnetica. La f.m.m., è la forza che genera il flusso magnetico Φ , ed è data dall'intensità della corrente I per numero N delle spire di un qualsiasi avvolgimento, si ha:

$$\text{f.m.m.} = N \cdot I$$

La legge di Hopkinson recita che: in un circuito magnetico il flusso d'induzione Φ è dato dal rapporto fra la forza elettromotrice $N \cdot I$ e la riluttanza magnetica R_m .

Si ha dunque:
$$\Phi = N \cdot I / R_m.$$

Quindi la *riluttanza magnetica* R_m , rappresenta l'opposizione di un materiale al transito di un flusso magnetico, ed è paragonabile alla resistenza elettrica R , che oppone un materiale al transito della corrente elettrica I .

La legge di Hopkinson è anche definita come la legge di Ohm magnetica.

LEGGE DI JOULE

Vedi voci: Effetto termico della corrente; Effetto joule - Joule

55) LEGGE DI OHM, Ω

L'Ohm (Ω) è l'unità di misura della resistenza elettrica. Ha varie definizioni fra cui la seguente; "È la resistenza elettrica, tra due sezioni di un conduttore, che percorso dalla corrente di un Ampere (A), e senza essere sede di alcuna forza motrice, dà luogo fra le due sezioni considerate alla differenza di potenziale di un volt. Si ha: $1\Omega = 1V / 1A$

56) LOCALI AD USO MEDICO

56a) Definizione d'apparecchio elettromedicale (richiami normativi)

56b) Zona paziente

56c) Primo guasto a terra

56d) Gruppi: 0; 1; 2

56e) Alimentazione ed illuminazione di sicurezza, (d'emergenza)

56a) Apparecchio elettromedicale

Tutte le normative concordano che il grado di sicurezza di un impianto elettrico, installato in un locale ad uso medico e di un apparecchio elettromedicale, devono essere superiori a quelli d'uso generico. La normativa CEI 64-8/7 art. 710.2.3 e CEI 62-5 art. 2.2.15 definiscono che un apparecchio elettromedicale è un *Apparecchio elettrico*, munito di una connessione **ad una particolare rete di alimentazione** (vedi avanti), destinato alla diagnosi, al trattamento o alla sorveglianza del paziente sotto la supervisione di un medico, e che entra in contatto fisico o elettrico col paziente e/o trasferisce energia verso o dal paziente e/o rileva un determinato trasferimento d'energia verso o dal paziente.

L'apparecchio comprende tutti gli accessori definiti dal costruttore come necessari per il suo uso. La parte che è destinata ad entrare in contatto fisico con il paziente è denominata **parte applicata**.

In relazione al loro grado di isolamento possono essere di classe I o II, questi ultimi hanno il doppio isolamento (vedi classi di isolamento).

Devono essere connessi ad un apposito sistema elettrico di sicurezza denominato IT-M (è indispensabile la lettura della voce 17, relativa alla classificazione dei sistemi elettrici in relazione della messa a

terra, che sintetizza il sistema IT-M evidenziandone la caratteristica principale). Quindi bisogna considerare, sia il sicuro funzionamento degli impianti fissi d'illuminazione e di f.e.m. (prese elettriche, interruttori, conduttori ecc), sia quello degli apparecchi elettromedicali fissi o mobili ed in particolare del loro isolamento. Questi delicati strumenti, come tutte le apparecchiature elettriche, sono soggetti a malfunzionamenti a causa di disturbi elettromagnetici o da variazioni della tensione e della frequenza della corrente di rete. Pertanto è possibile affermare che, in molte circostanze, la sicurezza e la salute dei pazienti dipende dall'affidabilità degli impianti elettrici e dei dispositivi elettromedicali. L'affidabilità di un impianto dipende in sintesi:

- 1) dalla qualità del progetto e dall'esatto dimensionamento dei carichi elettrici che deve sopportare;
- 2) dalla scelta economica effettuata per la qualità dei materiali;
- 3) dall'esercizio dell'impianto e dalla frequenza delle verifiche e controlli e dalla manutenzione.

Una analisi dei rischi del settore ha evidenziato che i principali danni di origine elettrica possono essere dovuti a:

- 1) *contatti diretti o indiretti del paziente con apparecchiature elettriche.* Tali contatti possono essere causa di micro o macro shock (si ha il microshock quando anche una piccolissima differenza di potenziale viene applicata direttamente al muscolo cardiaco ed un macroshock quando due distinte e separate zone cutanee sono soggette ad una differenza di potenziale);
- 2) *interruzione improvvisa della tensione* per l'alimentazione di apparecchiature elettromedicali di importanza vitale;
- 3) *degradamento della funzionalità e delle prestazioni degli elettromedicali,* dovuti alla scarsa qualità dell'alimentazione elettrica (ad es. variazioni improvvise della tensione);
- 4) ed infine, ma raramente, *esplosioni di miscele gassose per innesco elettrico.*

Premesso quanto sopra i locali destinati ad uso medico sono classificati dalla norma CEI 64-8/710.2,5.7. nella seguente maniera.

56b) Zona paziente

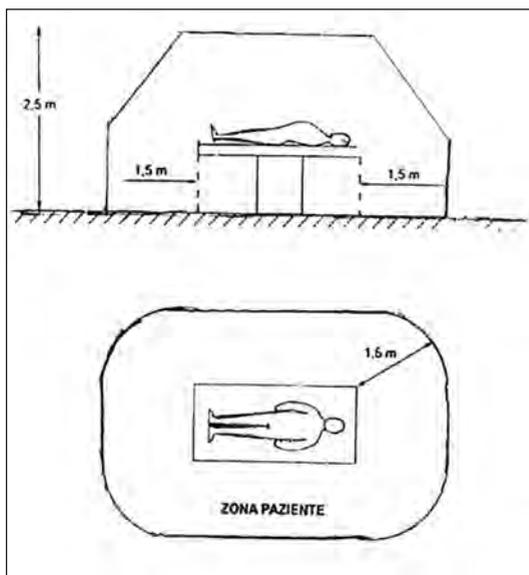
In ciascun locale ad uso medico di gruppo 1 o 2, si può definirla come ***il volume all'interno del quale un paziente, con parti applicate, può venire in contatto intenzionale, o non intenzionale, con altri apparecchi o sistemi elettromedicali o con masse estranee pericolose*** (CEI 64-8/710.2.8).

Quando la posizione del paziente o dello strumento elettromedicale non è fissa, si devono considerare tutte le possibili posizioni che il paziente o gli elettromedicali potrebbero occupare nei locali dei gruppi 1 ovvero 2. Dato che il paziente potrebbe essere soggetto a rischi di microshock per contatto diretto o indiretto con oggetti o persone sottoposti a tensione, è opportuno, per la sicurezza, porre particolare attenzione a

quanto segue:

- al collegamento al nodo equipotenziale locale delle masse sotto tensione e delle masse estranee contenute nella zona paziente dei locali del gruppo 1 e 2 (voce: 18);
- alla connessione ad un sistema che comporta l'utilizzo di un *trasformatore di isolamento per uso medicale* (voce: 82) dotato di un *indicatore permanente della resistenza di isolamento verso terra*.

Il trasformatore garantisce sia la continuità del funzionamento, in caso di un guasto a terra, sia il contenimento, entro dati limiti di sicurezza, della tensione e della corrente che potrebbero causare al paziente un microshock (voce: 17 – sistema elettrico IT-M).



56c) Primo guasto a terra

Il sistema IT-M (voce: 17) è realizzato in modo che un circuito protetto da un trasformatore di isolamento medicale (voce:82) non possa interrompere il suo funzionamento per un guasto a terra. Questa evenienza non è pericolosa soprattutto se è prevista la presenza di un operatore medico che può, al limite, interrompere l'utilizzo dell'apparecchio e tenere sotto controllo il valore della resistenza verso terra del circuito interessato. Il pericolo di un corto circuito avviene solamente se *contemporaneamente* si è in presenza di un secondo guasto a terra, che consente la chiusura di un circuito fra le due terre, cioè di un corto circuito con la presenza della relativa corrente di corto circuito (vedi relativa voce) e di un elevato pericolo per il paziente.

56d) Locali dei Gruppi 0-1-2

Gruppo 0, trattasi di locali ad uso medico (ambulatori) nei quali non si utilizzano apparecchiature elettromedicali con parti applicate. **In sintesi** la normativa detta che a questo tipo di locali si applica la Normativa generale degli impianti elettrici e **non** la Norma sui locali ad uso medico.

In conclusione in questi locali è sufficiente un impianto elettrico di tipo ordinario ma di sicura efficienza.

Per definire meglio le proprietà che devono avere i locali dei gruppi 1 e 2 è opportuno evidenziare prima i seguenti concetti:

Gruppo 1, trattasi di locali ad uso medico nei quali si utilizzano apparecchi elettromedicali con parti applicate senza anestesia generale, **utilizzate sul paziente esternamente o anche invasivamente entro qualsiasi parte del corpo, esclusa la zona cardiaca.**

Ad esempio: camere o gruppi di camere dove i pazienti sono alloggiati; locali dove si effettua la fisioterapia in cui i pazienti possono essere collegati ad apparecchi elettromedicali di misura e controllo; locali dove si effettua l'idroterapia (fanghi, vapori ecc.); reparti di radiologia in cui si utilizzano apparecchi radiologici; locali per la terapia fisica dove il paziente è sottoposto a onde magnetiche, calore, vibrazioni, raggi ultravioletti, massaggi, ginnastica curativa, ecc; sala parto ecc. Nei locali di gruppo 1 e 2 devono essere applicate le misure di protezione indicate nella normativa CEI 64-8, sez. 710, che tengano conto della zona paziente.

La tensione di contatto deve essere di 25 V.

Se è utilizzato un sistema TN dove la tensione vale 230 V, le protezioni dei circuiti terminali devono intervenire per un guasto a terra entro 0,2 sec. (e non 0,4 sec come nei locali ordinari).

Sui circuiti (di distribuzione) che alimentano i quadri elettrici è ammesso un tempo fino a 5 sec. Non sono ammessi i sistemi TN-C. I circuiti delle prese di corrente (fino a 32 A) devono essere protetti con interruttori differenziali di tipo A o B (voce: 49d).

Le masse e le masse estranee (vedi impianti di terra) esistenti nella zona paziente devono esser collegate direttamente al nodo equipotenziale.

È ammesso un solo sub-nodo tra una qualsiasi massa o massa estranea e il nodo equipotenziale.

Il punto di raccolta (polo di terra) di tutte le prese del locale deve essere collegato al nodo equipotenziale, anche se ubicate fuori della zona paziente, infatti l'apparecchio elettromedicale collegato alle prese esterne può essere introdotto nella zona paziente.

Gruppo 2, trattasi di locali destinati ad ambulatorio chirurgico dove persone o animali sono sottoposti ad operazioni chirurgiche; locali per sorveglianza o terapia intensiva di pazienti sottoposti a controllo ed eventualmente a stimolazione o sostituzione di determinate funzioni vitali attraverso apparecchiature elettromedicali; locali per anestesia dove si praticano anestesi generali o analgesie generali; locale per cateterismo cardiaco; locale per esami agiografici o emodinamici; sale chirurgiche dove persone o animali sono sottoposti ad interventi chirurgici come ad esempio le camere operatorie, preoperatorie, di risveglio, di lavaggio, di sterilizzazione e le sale parto se collegate alle camere operatorie.

In sintesi questi locali sono destinati ad **essere utilizzati ad effettuare applicazioni delicatissime quali interventi intracardiaci, operazioni chirurgiche o trattamenti vitali** dove il mancato funzionamento di una apparecchiatura può comportare il pericolo di vita e pertanto vanno accuratamente controllati quotidianamente.

Nei locali in oggetto, oltre a quanto sopra evidenziato, è necessario che il trasformatore d'isolamento ad uso medico sistema usato con il sistema IT- M sia dotato di un dispositivo di controllo permanente dell'isolamento verso terra (voce 17 - Classificazione dei sistemi elettrici in relazione della messa a terra- ultimo periodo).

Per la rapidità di consultazione riteniamo utile elencare, i locali più comuni ad uso medico, con l'indicazione del rispettivo gruppo d'appartenenza e quindi soggetti alla normativa EN 64-8/7.

Elenco non esaustivo dei locali ad uso medico soggetti alla norma EN 64.8-7	Gruppo
Ambulatorio medico dove non sono utilizzati apparecchi elettromedicali mentre si utilizzano apparecchi senza parti applicate	0
Locali adibiti ad uso estetico	0
Ambulatorio medico in cui si utilizzano apparecchi elettromedicali senza anestesia generale ma con parti applicate	1
Camera o gruppi di camere di degenza adibite ad uso medico, dove i pazienti soggiornano per la durata necessaria in ospedale o in altro locale ad uso medico	1
Locali per terapia fisica in cui si sottopongono i pazienti ad onde elettromagnetiche, vibrazioni, calore, massaggi, raggi ultravioletti, ginnastica curativa, ecc.	1
Locale per idroterapia per cure mediante acqua, fanghi, vapore, ecc.	1
Reparto di radiologia in cui sono utilizzati apparecchi radiologici	1
Ambulatorio chirurgico dove persone ed animali sono sottoposti ad operazioni chirurgiche.	2
Locale per anestesia dove sono effettuate anestesie o analgesie generali	2
Locale per applicazioni di cateterismo cardiaco	2
Locale per esami emodinamici o angiografici	2
Locale per sorveglianza o terapia intensiva di pazienti sottoposti a controlli medici ed eventualmente a stimolazioni o sostituzioni di determinate funzioni vitali attraverso apparecchiature elettromedicali	2
Sale operatorie chirurgiche dove i pazienti sono sottoposti ai relativi interventi; camere operatorie, locali preparatori, locali di risveglio, di lavaggio, sterilizzazione	2
Sala parto se collegata ai locali dove si effettuano interventi chirurgici	2

Riepiloghiamo le proprietà, che oltre a tutte quelle dei locali del gruppo 1, devono avere i locali di gruppo 2.

Nei locali del gruppo 2 si applicano le misure indicate nella norma CEI 64-8, sez. 710, inoltre: le prese del locale e gli apparecchi utilizzati, che possono entrare nella zona paziente, devono essere alimentate da un trasformatore d'isolamento ad uso medico (voce: 82), dotato di un dispositivo di controllo dell'isolamento (sistema IT-M), ad eccezione degli apparecchi radiologici o di potenza superiore a 5 KVA e le relative prese.

56e) Alimentazione ed illuminazione di sicurezza

Nei locali ad uso medico occorre garantire l'erogazione dell'energia elettrica, in caso di mancanza dell'alimentazione ordinaria, alle utenze più importanti per la sicurezza delle persone (CEI 64-8/2) utilizzando idonei gruppi elettrogeni d'emergenza. In relazione ai locali sopra definiti ed all'attività svolta, sono prescritte le classi di continuità in base ai tempi necessari per la commutazione dalla rete normale a quella di sicurezza (emergenza) nei vari locali. I tempi di commutazione previsti sono due: il primo prevede una interruzione massima di 0,5 secondi; il secondo di 15 secondi. Appartengono al primo le seguenti sale: parto; endoscopiche; per l'anestesia; per la chirurgia; per la preparazione; per il postoperatorio; per i cateteri cardiaci; per le cure intensive; per gli esami angiografici ed emodinamici; ed infine per i prematuri. Appartengono al secondo praticamente tutti gli altri locali quali ad esempio: le sale per massaggi; le camere di degenza; gli ambulatori; i locali per l'urologia, per la diagnostica radiologica e le radio terapie, per gli esami elettrici in generale quali gli elettrocardiogrammi, gli elettroencefalogrammi e simili.

57) MAGNETISMO – ELETTROMAGNETISMO

57a) Induzione magnetica o densità di flusso B

57b) Flusso Φ costituito dalle linee di forza magnetiche

57c) Corrente indotta

57d) Densità H del flusso magnetico

57e) Permeabilità magnetica

57f) Magnetismo residuo

Generalità

Come è noto fin dall'antichità alcuni minerali di ferro hanno la capacità di attrarsi o di respingersi reciprocamente. Solo molto più tardi si è notato che gli stessi fenomeni si possono provocare servendosi di un conduttore percorso da corrente elettrica (**Elettromagnetismo**).

57a) Induzione magnetica o densità di flusso B

I magneti ed anche le piccole calamite ed i conduttori percorsi da corrente sono sempre caratterizzati da due poli, chiamati positivo o negativo o nord e sud. Fra i due poli (sono sempre in coppia) si genera **un campo magnetico o di induzione magnetica B** con le linee di forza del campo magnetico disposte come nelle figure indicate, che generano un flusso Φ (si legge **fi**)

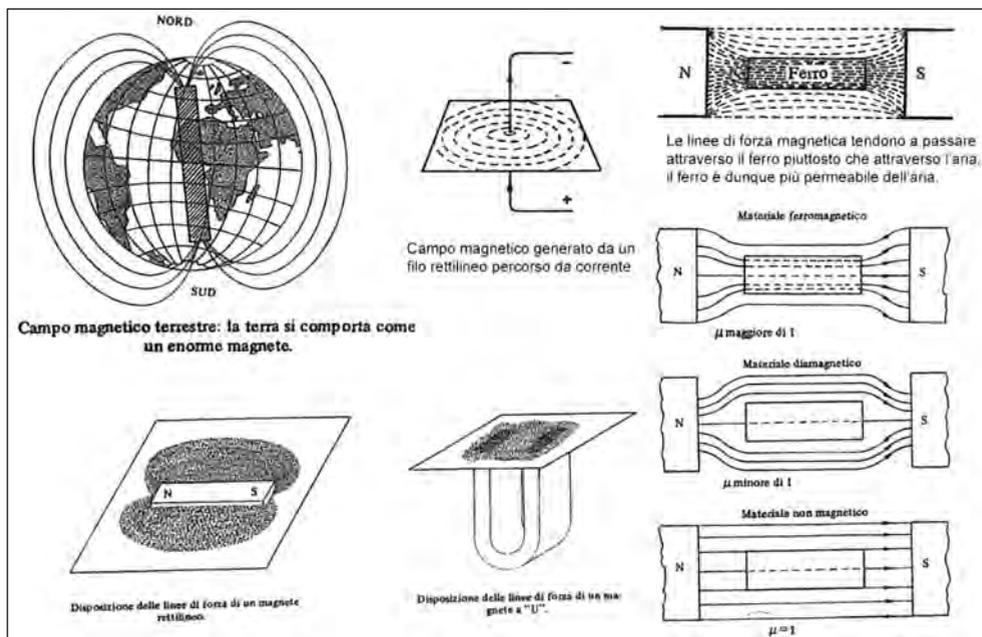
57b) Flusso Φ costituito dalle linee di forza magnetiche

Il flusso può generare una forza elettromotrice (f.e.m.), muovendo idoneamente, dentro la zona d'influenza del campo magnetico, un circuito costituito di conduttori elettrici, che abbracciano uno *spazio vuoto di area S* (ad es. un avvolgimento a spirale di conduttori elettrici avvolti a spira intorno ad un'aria di *superficie definita S*).

Curiosità fuori testo

Esaminando l'orientamento dei minerali magnetici si è scoperto che anche in una stessa zona terrestre la loro disposizione, all'atto del passaggio dallo stato di lava fusa a roccia, varia secondo la loro età geologica, fino ad arrivare, a volte, all'inversione totale delle polarità (Nord-Sud).

Tale variazione dimostra chiaramente che il magnetismo terrestre ha invertito le sue polarità nelle ere preistoriche. Pensate a cosa accadrebbe oggi se si verificasse un'altra volta!



Esempi di campi magnetici, evidenziazione delle linee di forza magnetiche

57c) Corrente indotta

Nasce una **corrente indotta** quando un conduttore cambia orientamento e, con maggiore evidenza, quando una spira, ruotando attraverso le linee del campo magnetico, le taglia.

Per maggior chiarezza puntualizziamo che:

- **Il flusso magnetico Φ è la somma di tutte le linee forza magnetiche del campo.**
- **L'induzione magnetica o densità di flusso B è rappresentato dal numero delle linee di forza che attraversano l'unità di superficie della spira.** L'induzione magnetica o densità di flusso B è rappresentata quindi dal numero delle linee di forza che passano nell'unità di superficie: $B = \Phi/S$.

57d) Densità H del flusso magnetico

La densità è massima nelle vicinanze dei poli magnetici e diminuirà fino ad annullarsi allontanandosi da questi. Se in un campo magnetico, introduciamo un blocchetto di ferro, questo si *magnetizza per induzione* e diventa anch'esso un magnete (fenomeno del magnetismo indotto). Perciò alle linee di forza del campo preesistente si aggiungono quelle del nuovo campo generato dal blocco aggiunto. In definitiva si ha come risultato che le linee di forza si infittiscono dentro il blocco e si diradano ai lati di esso, come se le linee di forza magnetica tendessero di passare attraverso il ferro piuttosto che attraverso l'aria.

57e) Permeabilità magnetica

Questo fenomeno di addensamento delle linee di forza magnetica si manifesta per tutti i materiali ferromagnetici e dipende dalla **permeabilità magnetica** μ (si legge mu). Il ferro ha una permeabilità magnetica di circa 3000 volte di quella dell'aria, ed ha $\mu = 1$.

Altri materiali magnetici, ferromagnetici o paramagnetici sono la ghisa e gli acciai.

In natura esistono:

- **materiali non magnetici** che hanno la stessa permeabilità magnetica dell'aria come ad es. il rame, l'alluminio, lo zinco, il vetro, il legno e quasi tutti gli altri materiali;
- **materiali magnetici, ferro magnetici o paramagnetici** che hanno permeabilità magnetica maggiore di uno, che fanno addensare le linee di forza magnetica che sono ad es. il ferro, la ghisa, gli acciai al nichel, al cobalto, ecc;
- **materiali diamagnetici**, che hanno una permeabilità magnetica minore di quella dell'aria, e quindi diradano le linee di forza, sono ad es. l'antimonio, lo stagno, il bismuto.

L'induzione magnetica o densità di flusso magnetico B , dato che le linee di forza di un campo magnetico di intensità H dipendono soprattutto dalla permeabilità magnetica μ del materiale ferromagnetico, sarà

data anche dall'espressione: $\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}$.

Si ha riepilogando: $\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} = \Phi / \mathbf{S}$.

57f) Magnetismo residuo

Il fenomeno del **magnetismo residuo** si ha quando, cessata l'influenza della corrente elettrica che ha generato il campo magnetico, un elemento ferromagnetico, che era posizionato nel detto campo magnetico, conserva, almeno in parte e per un dato tempo, le proprietà magnetiche; cioè è diventato un magnete.

Grazie allo sviluppo tecnologico, attualmente, si producono magneti realizzati con appositi leghe di acciaio, idoneamente trattate che conservano il loro magnetismo per un tempo molto lungo.

In particolare, utilizzando acciai al nichel, al cromo, al wolframio ed altri, si ottengono dei magneti speciali, **chiamati permanenti**, che hanno permesso di poter costruire motori asincroni trifasi di varie potenze a molte polarità (vedi motori asincroni, voce: 59b).

58) MISURA DI ISOLAMENTO DEI CONDUTTORI DELLE LINEE ELETTRICHE DI ALIMENTAZIONE

58a) Misura di isolamento di un tronco di una linea a due conduttori

58b) Misure di isolamento di una linea a tre conduttori

58c) Misure di isolamento di impianti interni a bassa tensione

La misura consiste nel rilevare l'isolamento singolarmente tra i conduttori e la terra e tra di loro

Tali misure si effettuano generalmente con l'ohmmetro (o megger).

58a) Misura di isolamento di un tronco conduttore ad una linea e a due

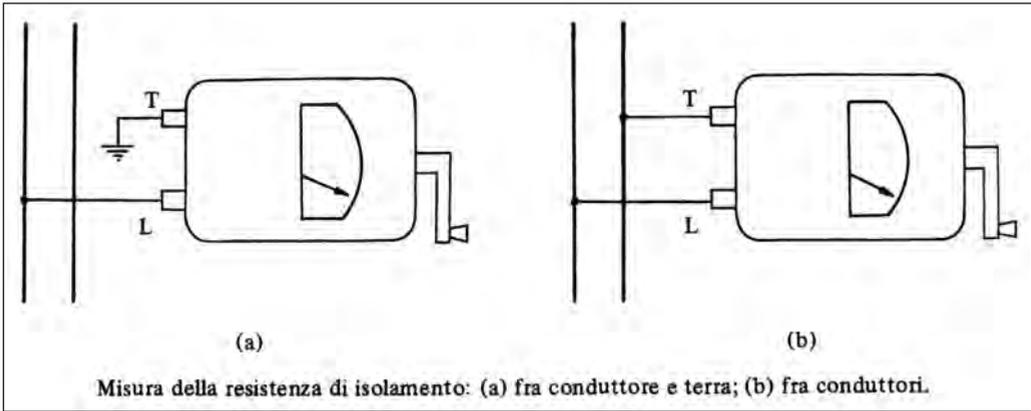
È la resistenza che s'incontra fra conduttore e terra e fra ciascuno di questi due.

La resistenza d'isolamento fra conduttore e terra si esegue come indicato nella figura (a). Tolta la corrente d'alimentazione dei conduttori si collega il morsetto negativo dell'ohmmetro con uno dei conduttori ed il morsetto positivo ad un conduttore di terra.

Si legge sullo strumento il valore della resistenza di isolamento tra conduttore e terra.

La resistenza tra i due conduttori si effettua collegando lo strumento in derivazione ai conduttori medesimi e si opera come nel caso precedente.

Se l'indice dell'ohmmetro segna 0 vuol dire che c'è un corto circuito fra i due conduttori.

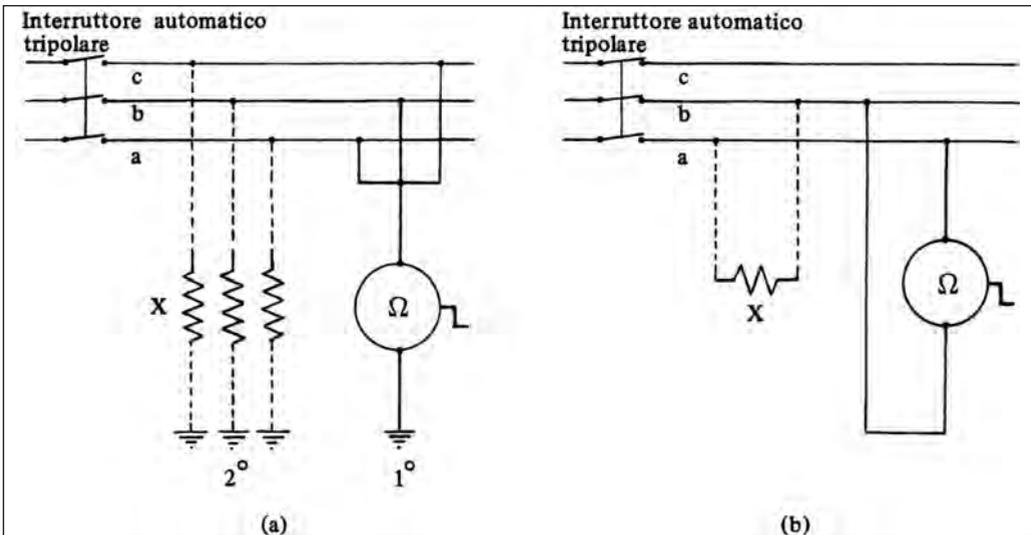


58b) Misure d'isolamento di una linea a tre conduttori

Tolta la corrente alla linea si deve, come nel caso precedente, eseguire sia la misura dell'isolamento verso terra sia la misura dell'isolamento dei conduttori tra di loro.

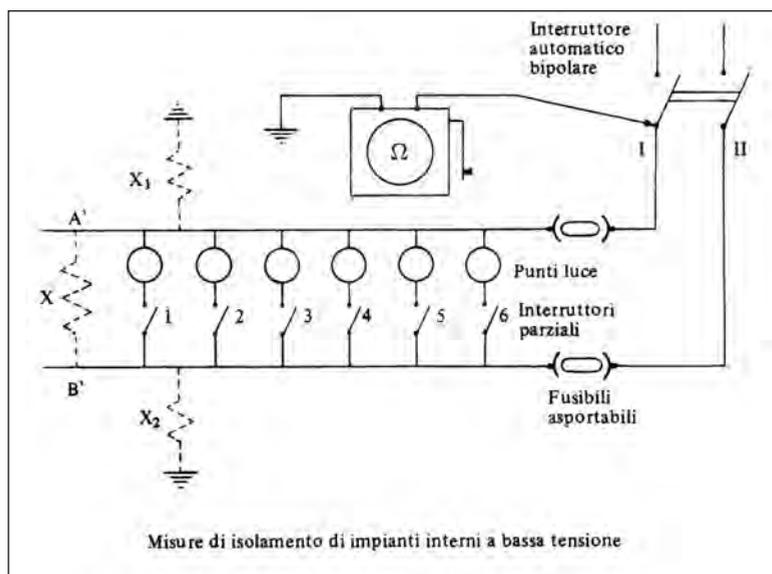
Si possono riunire metallicamente i tre conduttori (caso **a** della figura seguente) e si inserisce l'ohmmetro tra l'insieme delle tre linee e la terra tenendo presente di *collegare il positivo dello strumento a terra* (voce: 58c). Si legge il valore della resistenza dell'isolamento e se tale valore non è accettabile si esegue la prova su ogni conduttore per individuare quello poco isolato (caso **b** in figura).

Per misurare la resistenza d'isolamento fra conduttore e conduttore si opera come nel caso di una linea di due conduttori disponendo l'ohmmetro fra i conduttori e si effettuano ovviamente tre misure, una tra il conduttore a e b indicata in figura a, la seconda fra a e c e la terza fra b e c.



58c) Misure d'isolamento d'impianti interni a bassa tensione

Consideriamo l'impianto indicato nella figura seguente; secondo le norme l'isolamento dei singoli circuiti protetti da valvole o interruttori differenziali magneto-termici è *sufficiente che la resistenza di isolamento valga la tensione di esercizio moltiplicata per mille*, cioè per una tensione di 220 V l'isolamento deve aver una resistenza di 220.000 ohm; per una tensione di esercizio di 260 v la resistenza di isolamento deve valere 260.000 ohm, ecc.



- 1 – Per misurare l'isolamento dell'impianto verso terra occorre:
 - a) staccare l'interruttore generale
 - b) chiudere tutti gli interruttori parziali;
 - c) avvitare tutte le lampade,
 - d) attaccare tutti gli altri apparecchi;
 - e) inserire l'ohmmetro fra un conduttore e la terra

- 2 – Per misurare l'isolamento del conduttore I o II verso terra occorre dopo aver aperto l'interruttore generale:
 - a) collegare l'ohmmetro (Ω) fra il conduttore in esame e la terra;
 - b) togliere tutte le lampade e gli altri apparecchi;
 - c) lasciare tutti chiusi gli interruttori parziali. Operando in questa maniera per il conduttore I o II si misura rispettivamente la resistenza X_1 ovvero X_2 (vedi figura).

- 3 – Per misurare l'isolamento fra due conduttori principali I e II, occorre, dopo aver aperto l'interruttore generale:
 - a) collegare l'ohmmetro tra A'e B';

- b) togliere tutte le lampade e le altre apparecchiature;
 - c) chiudere tutti gli interruttori parziali;
 - d) inserire le valvole o l'interruttore differenziale magneto termico.
- Così operando si misura la resistenza X della figura sopra indicata.

59) MOTORI ELETTRICI - PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

59a) Principi di funzionamento dei motori a c. a.- Motori sincroni

59b) Principi di funzionamento dei motori asincroni. Campo magnetico rotante

59c) Cenni sul motore asincrono monofase ad induzione

I motori elettrici trasformano l'energia elettrica in energia meccanica.

Se ad una dinamo o ad un alternatore venisse fornita energia elettrica, in maniera opportuna, questi funzionerebbero come motori; dato che tali macchine sono reversibili.

La maggior parte dei motori elettrici sono oggi a corrente alternata, specialmente da quando, grazie ad un dispositivo elettronico (inverter), è possibile variare la loro velocità con continuità, realtà impensabile nello scorso secolo per un motore a c.a. dato che questa variazione di velocità poteva essere effettuata, a costi notevolmente superiori, solamente con i sistemi di regolazione dei motori a c.c. (non svolti in questo libro per brevità).

59a) Principi di funzionamento dei motori a c.a.- Motori sincroni

Nella voce 22a) Corrente alternata-Alternatori è stato evidenziato che un *alternatore* è una macchina reversibile che può funzionare, con piccole modifiche, anche come motore.

Per ottenere questo risultato dobbiamo fornire contemporaneamente sia la c.a., che si trasformerà in energia meccanica allo statore, sia la c.c. al rotore, che serve a creare il campo magnetico.

Generalmente la c.c. è fornita da una dinamo coassiale con il motore.

Occorre, che prima di inviare la corrente allo statore, portare il rotore alla velocità di sincronismo, cioè ad un numero di giri: $N = 120 f / p$ (vedi Alternatori, tabella A) che fornisce la velocità di rotazione corrispondente ad un determinato numero di poli alla frequenza di 50 Hz.

Questo motore è chiamato sincrono, perché può funzionare solamente ad una data velocità; quindi se aumenta il carico il motore rallenta e si ferma. In sintesi questo tipo di motore è poco utilizzato dato che:

- lo si deve portare alla velocità di sincronismo
- funziona solamente a velocità costante
- richiede sia c.a. per l'alimentazione sia quella c.c. per l'eccitazione dei poli.

Ha però il vantaggio, che variando la sua eccitazione a carico costante (se il carico varia di conseguenza varia pure la velocità e l'alternatore, se

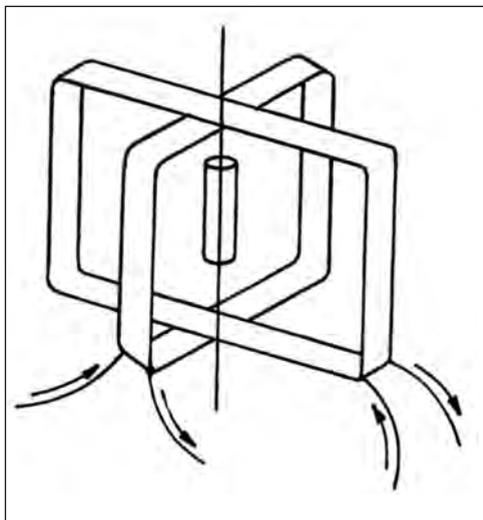
non c'è più sincronismo, si ferma) varia l'angolo di sfasamento ϕ tra tensione e corrente d'alimentazione. Per tale motivo è utilizzato quando occorre rifasare grossi carichi, che hanno un $\cos\phi$ minore di 0,9 (valore questo generalmente accettabile anche se per grossi carichi ha una valenza notevole)

59b) Principi di funzionamento dei motori asincroni - Campo magnetico rotante

Sono i più diffusi per la loro robustezza, semplicità, resistenza e affidabilità.

Si basano sul principio del campo magnetico rotante scoperto da Galileo Ferraris (1847-1897) fisico italiano conosciuto in tutto il mondo.

Per comprendere tale principio disponiamo due avvolgimenti perpendicolarmente fra di loro, *alimentandoli con due c.a. sfasate di 90°*. Ciascun avvolgimento produce un flusso magnetico, anche esso alternato, perpendicolarmente al piano degli avvolgimenti stessi.

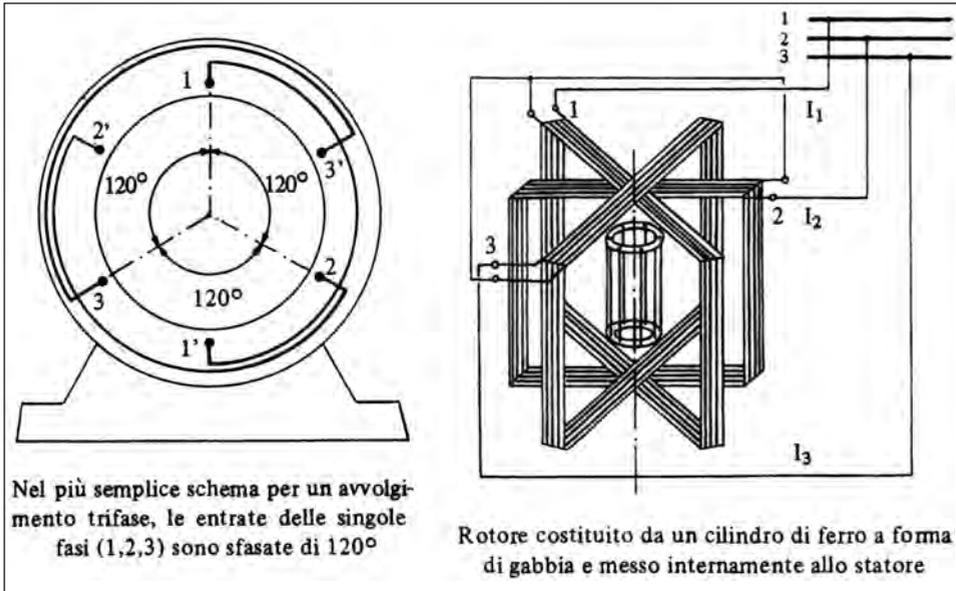


I due flussi risultano anch'essi sfasati di 90°. Se un cilindro metallico si trova in detto campo, per le variazioni di flusso a cui è soggetto, è sede di f.e.m. indotte, che per la legge di Lenz (voce: 53) sono tali da opporsi alle variazioni stesse per cui il cilindro si mette a ruotare nel senso stesso della rotazione del campo, cioè cerca d'inseguire il campo.

Questi due avvolgimenti fermi (che costituiscono lo statore) producono un campo magnetico che è rotante. Se invece di due avvolgimenti fissi se ne hanno tre e li alimentiamo con una corrente trifase, si ottiene sempre un campo magnetico rotante. Il numero dei giri del campo magnetico rotante si determina con la stessa relazione che fornisce la velocità di sincronismo dei motori sincroni cioè: $N = 120 f / P$ dove f è la frequenza e P è il numero dei poli (vedi tabella A della voce 42a).

Il numero dei poli dello statore dipende da come è realizzato l'avvolgimento dello stesso. Se, ad esempio, disponiamo l'avvolgimento trifase dello statore come indicato nella figura seguente, si dimostra che sulla periferia del cilindro del corpo dello statore nascono due poli magnetici ($p=2$) e dalla tabella A e dalla relazione sopra indica si ha $N = 3.000$ giri al minuto.

Se riportiamo sullo statore due volte l'avvolgimento trifase, avremo un motore a 4 poli e dalla tabella A (voce: 42a) e dalla solita formula

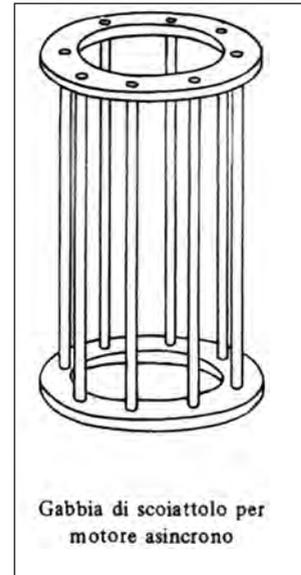


avremo $N = 1500$, se lo ripetiamo 3 volte avremo 6 poli ed $N = 1.000$ ecc. *In conclusione, la velocità del campo magnetico rotante dipende solamente dalla frequenza e dal numero dei poli.* Il cilindro, posto internamente allo statore (che può avere la forma a gabbia vedi figura a lato) viene trascinato a ruotare per effetto delle correnti indotte, che generano poli magnetici di senso opposto a quelli appartenenti all'induttore, per cui fra gli stessi si verifica reciproca attrazione.

Le polarità dello statore ruotano, perché appartengono al campo magnetico rotante, anche il rotore viene trascinato in rotazione, ma non potrà mai raggiungere la velocità del campo per le varie resistenze (perni, aria) e perché qualora raggiungesse la velocità di sincronismo, **mancherebbe la causa che produce le correnti indotte**; infatti il rotore non potrebbe più tagliare le linee di forza del campo magnetico rotante e quindi non si genererebbero in esso le correnti indotte.

La differenza fra le due velocità è lo **scorrimento**, che in genere varia circa del 2 o 3% della velocità teorica del campo magnetico rotante. Un tipo di rotore molto utilizzato è quello indicato in figura, che prende il nome di *gabbia di scoiattolo*; è realizzato con sbarre di rame, collegate alle estremità mediante due anelli di rame, al suo interno è posto un pacco di lamierini sagomati opportunamente.

I motori a gabbia sono adatti per piccole o medie potenze fino a circa 20-25 KV; per potenze maggiori il rotore deve essere avvolto con un



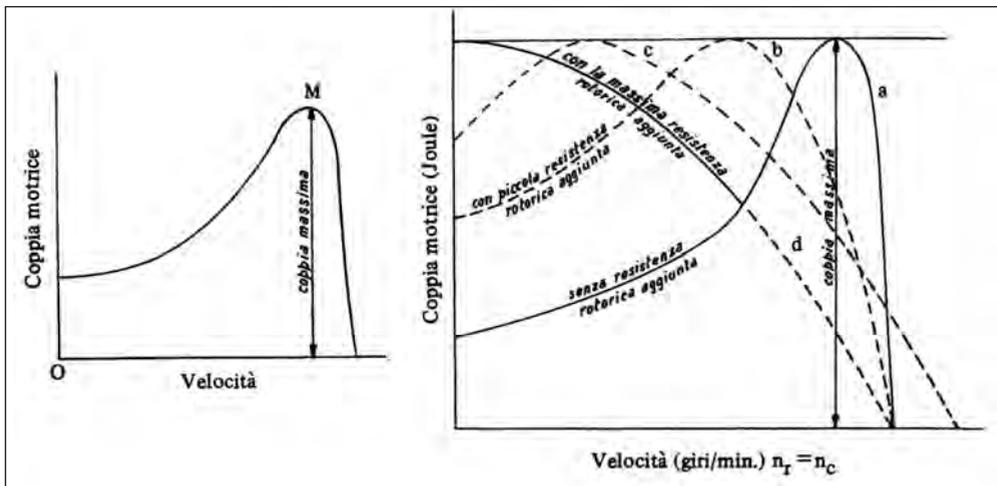
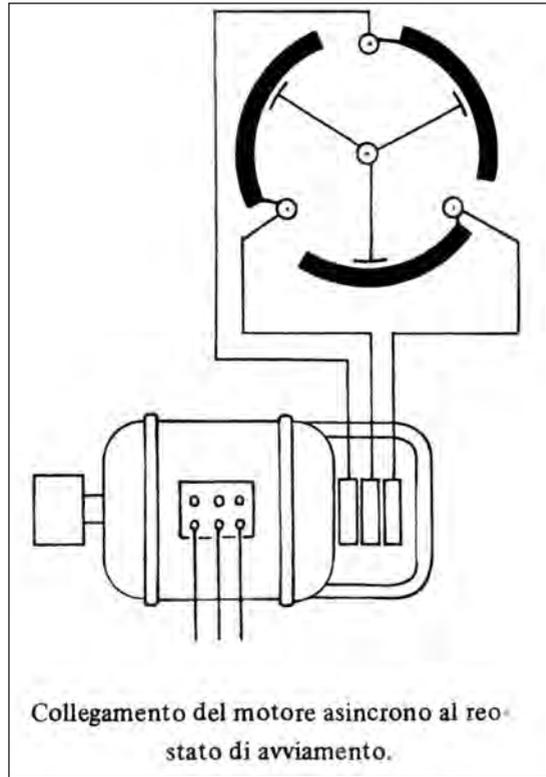
avvolgimento analogo a quello statorico.

Questi motori asincroni trifasi sono molto utilizzati per i seguenti motivi:

- 1 - La rete di distribuzione della corrente è trifase ma si producono motori sincroni bifasi e monofasi.
- 2 - È semplice, robusto ed ha un'elevata coppia di avviamento.
- 3 - L'inversione del moto è semplicissima, infatti basta invertire due fasi per produrre l'inversione del senso di rotazione del campo rotante. Il più grave inconveniente fino all'inizio del secolo era l'impossibilità di variare in modo semplice la velocità di rotazione. Attualmente, grazie all'inverter elettronico, si possono avere fasi di avviamento e di arresto dolcissime. La marcia ha guadagnato in regolarità. Il fattore di

potenza di questi motori è basso ($\cos\phi = 0,5 - 0,8.$) per questo motivo è necessario, a volte, il rifasamento a mezzo dei condensatori.

La curva caratteristica dei motori asincroni ha l'andamento delle figure seguenti; la prima è quella dei motori a gabbia che sono utilizzabili quando debbono avviarsi con una coppia piccola o molto ridotta.



Esempio classico è il motore che aziona un ventilatore dove la coppia è crescente con il quadrato della velocità di rotazione delle pale. Quando invece serve una notevole coppia d'avviamento è indispensabile usare un motore con rotore avvolto, inserendo resistenze supplementari in serie agli avvolgimenti di questo ultimo; infatti si verifica un abbassamento della velocità in corrispondenza alla quale si ha la coppia massima.

Aggiungendo resistenze al motore la caratteristica si deforma in modo che la coppia massima rimane costante ma sposta il suo valore massimo verso le basse velocità.

Si può avviare il motore sotto carico, prima inserendo la massima resistenza rotorica (curva **d**) per poi gradatamente disinsierirla (curve a-b-c).

Attualmente esistono in commercio motori a doppia o tripla gabbia che raggiungono potenze di varie decine di KV, che sono molto apprezzati, perché non necessitano delle resistenze di avviamento, come accadeva fino alla fine del secolo scorso.

Tuttavia la tecnologia attuale, con l'utilizzo dell'inverter, ha superato, per i motori asincroni trifasi, tutti i problemi dovuti all'avviamento, alla frenatura e generalmente alla regolarità del funzionamento. In commercio esistono motori asincroni bifasi che hanno, in genere, le stesse caratteristiche del trifase.

59c) Cenni sul motore asincrono monofase ad induzione

Una corrente monofase non può produrre un campo magnetico rotante.

Si evita questa proprietà costruendo motori monofase a induzione basati sul seguente principio: "un campo magnetico prodotto da un avvolgimento alimentato da una c.a. monofase sinusoidale e quindi variabile con legge sinusoidale, può sempre considerarsi originato da due campi magnetici rotanti in senso opposto (uno positivo e l'altro negativo)".

Se un rotore di un motore asincrono si trova immerso in questo campo ed è fermo, continua a restare fermo perché sollecitato a muoversi nelle due opposte direzioni da due campi uguali e contrari. Tuttavia, se all'avvolgimento rotorico si imprime una velocità in un senso o nell'altro, lo stesso continua a rotare nel senso ad esso impresso.

Un tale motore quindi non ha affatto coppia di avviamento e per ottenerla si ricorre ad avviamenti ausiliari disposti sullo statore e percorsi da correnti sfasate a mezzo, ad esempio, di un idoneo condensatore.

I motori monofasi per la loro semplicità e mancanza di spazzole sono usati specialmente per qualche elettrodomestico e per motori di piccola potenza.

60) OHM

L'ohm, (Ω) è l'unità di misura della resistenza elettrica. Ha varie definizioni fra cui la seguente, che definisce l'ohm come: "la resistenza elet-

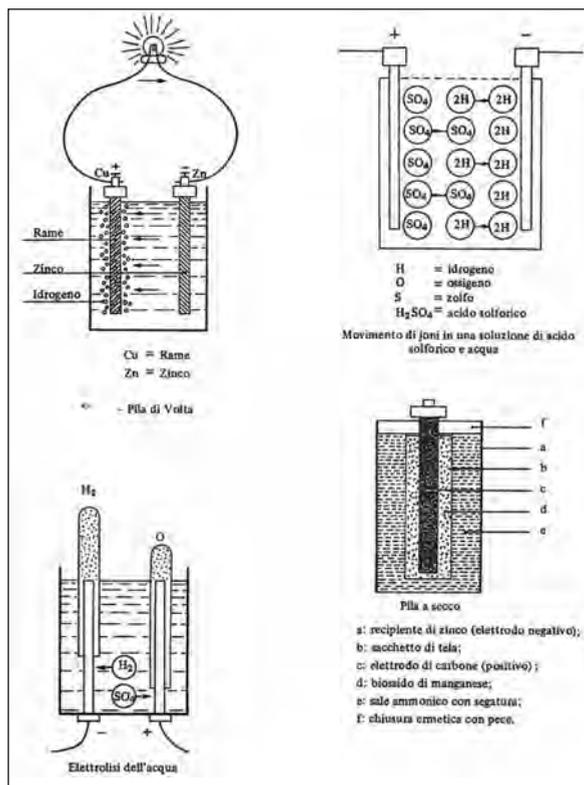
trica tra due sezioni di un conduttore che, percorso dalla corrente elettrica di 1 Ampere (A) e senza essere sede di alcuna forza elettromotrice, dà luogo fra le due sezioni considerate alla differenza di potenziale di 1 V".

Si ha: $1\Omega = 1V/1A$ (voce: 69).

61) PILA

Una pila è costituita da: 1) un recipiente di materiale isolante; 2) un elettrolita, costituito da una soluzione di un acido sciolto in acqua in (in genere acido solforico); 3) un elettrodo di metallo attaccabile chimicamente dall'elettrolita, che costituisce il polo negativo o catodo, in genere zinco, simbolo chimico (Zn) 4) un polo positivo o anodo non attaccato dall'elettrolita, in genere rame (Cu) o carbone (Ca); 5) un depolarizzatore, costituito da sostanze chimiche che assorbono chimicamente l'idrogeno man mano che si forma. Da svariati lustri la soluzione elettrolitica è stata sostituita da un elemento solido.

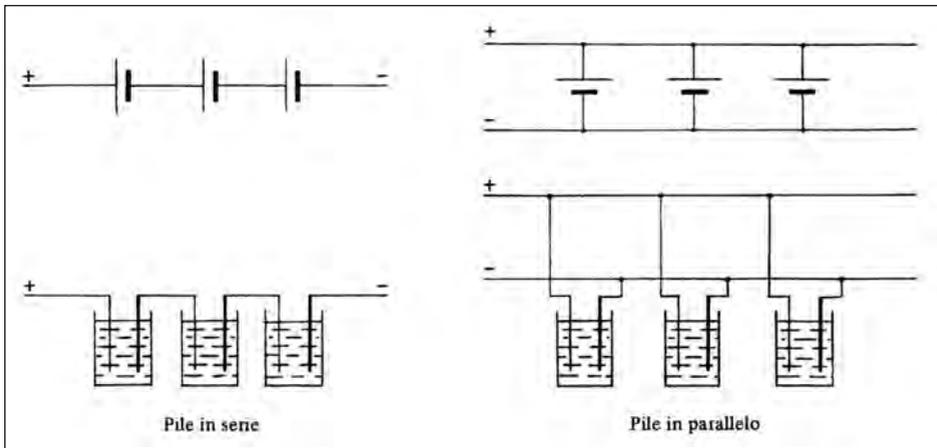
La pila è stata inventata da Alessandro Volta nel 1799 (vedi la voce corrente continua c.c.): La pila sviluppa una forza elettromotrice **E** e funziona come un generatore fornendo una corrente **I**, trasformando la sua energia chimica in energia elettrica. Generalmente non è ricaricabile come gli accumulatori.



Le pile, come gli accumulatori, possono collegarsi in serie o in parallelo per ottenere le cosiddette Batterie di pile; con il collegamento in serie si aumenta la tensione totale E_t che è la somma di tutte le forze f.e.m. di ciascuna pila. Con il collegamento in parallelo, cioè quando tutti i poli dello stesso segno sono collegati fra di loro, si ha che la f.e.m. totale corrisponde a quella di un solo elemento ma, ovviamente, si avrà a disposizione una maggiore corrente erogabile. Con il collegamento in parallelo, occorre che le pile siano tutte uguali e che abbiano la stessa esatta f.e.m. altrimenti nascono le correnti di circolazione, cioè la corrente non va tutta al circuito di utilizzazione, ma in parte circola internamente alle pile.

Gli accumulatori in genere sono costituiti da elementi in serie e, dato che un elemento fornisce circa 2 V, l'accumulatore di un'auto (batteria) è costituito da 6 elementi per fornire una tensione di 12 V o, per i mezzi pesanti, da 12 elementi per ottenere 24 V.

Si hanno i seguenti schemi:



Attualmente, grazie al rapido sviluppo dei telefoni portatili, delle fotocamere digitali e di altre apparecchiature elettroniche, si sono diffuse piccole batterie ricaricabili che erogano corrente a tensioni piccolissime come richiesto dal funzionamento dei citati dispositivi.

62) POTENZA

La potenza misura la quantità di lavoro che può essere effettuata nell'unità di tempo. E **la velocità con cui viene compiuto un lavoro.**

Si misura in watt (voce: 85). Un watt è la potenza che compie il lavoro di **1 Joule** al secondo. In watt si misura anche la potenza assorbita da una resistenza elettrica nell'unità di tempo. Per potenze più grandi con-

viene utilizzare multipli del watt: 1 KW = 1000 watt, un MW = un milione di watt.

Si usa ancora il cavallo vapore (HP o CV) definito come la potenza necessaria per sollevare di un metro 75 KG al secondo.

Si hanno le seguenti equivalenze: 1KW = 1,36 CV ; 1CV = 736 W; 1CV = 0,736 K.

63) POTENZA ED ENERGIA DEI CIRCUITI BIFASI E TRIFASI

La potenza effettiva di una c.a. monofase è data dal prodotto della tensione efficace espressa in Volt, per l'intensità della corrente efficace espressa in Ampere, moltiplicata per il fattore di potenza ϕ .
Per un circuito monofase (vedi le rispettive voci) si ha:

$$- P_e = VI \cos\phi \text{ (c.a. monofase).}$$

Si dimostra che per avere la potenza effettiva di una corrente bifase occorrerà moltiplicare ancora per = 1,41. Si ha:

$$- P_e = 1,41VI \cos\phi \text{ (c.a. bifase).}$$

Per un circuito trifase si dovrà moltiplicare per = 1,73. Si ha:

$$- P_e = 1,73VI \cos\phi \text{ (c.a. trifase).}$$

Per avere l'energia bisogna moltiplicare la potenza per il tempo, "t" per il quale la corrente è stata assorbita:

$$W = VI t \cos\phi \text{ (c.a. monofase).}$$

$$W = 1,41 VI t \cos\phi \text{ (c.a. bifase).}$$

$$W = 1,73 VI t \cos\phi \text{ (c.a. trifase a stella o a triangolo).}$$

POTENZA REALE O EFFETTIVA – REATTIVA – APPARENTE
(vedi voce 22d)

64) PRESE E SPINE

Osservazione. A parere degli autori di questo volume tecnico, per prima cosa, data la realtà commerciale a tutti nota evidenziamo, uno sfruttamento a livello mondiale, provocato dalla quasi inesistente standardizzazione delle prese e spine elettriche, dovuto a cause protezionistiche da parte di pochi produttori nazionali, con l'accettazione compiacente dei politici che guidano i rispettivi governi.

Premessa

I sistemi di distribuzione elettrica a bassa tensione variano, nel mondo, in funzione della tensione (110-120- 220-230-240-250 V) e della frequenza (50 o 60 Herz) della corrente.

Nei paesi industrializzati la distribuzione è effettuata sempre, tutti i giorni, in altri non esiste o è distribuita poche ore al giorno.

L'alimentazione di un'apparecchiatura (o elettrodomestico) avviene inserendo una spina in una presa di corrente, in genere fissata ad una parete. Un cavo, che parte dall'apparecchio da alimentare, ha, alla sua fine, una spina che deve essere introdotta nella presa.

Le prese più diffuse in Italia hanno tre alveoli (o cavità) sono diverse in funzione dei carichi elettrici che devono sopportare; i laterali portano corrente, il centrale consente il collegamento a terra

Le spine hanno tre "contatti"(o spinotti) diversi per la lunghezza di penetrazione, forma e sezione; i due laterali per il transito dell'energia elettrica mentre il centrale consente il collegamento a terra.

L'energia elettrica viene fornita all'apparecchio per poter funzionare (vedi note alla fine di questa voce*)

Le prese, in genere fissate ad un muro, sono il lato sotto tensione, la cui alimentazione, a volte, è fornita da un interruttore posto su di un conduttore fisso che può attivarle all'occorrenza.

La normativa italiana CEI 23-16/VII prevede solo due tipi di prese, quella di dimensioni minori è omologata per 10A, la più grande per 16 A nominali. I due tipi di spine sono simmetrici e possono essere inserite nelle loro prese in entrambi i versi.

Entrambe i tipi di spine hanno tre contatti di forma cilindrica allungata e sono parzialmente rivestiti in modo da proteggere le dita dal contatto della presa, durante le fasi d'inserimento o estrazione..

È d'uso comune una presa a spina, definita "Tedesca" che ha due poli con contatti di terra laterali. Ha la forma cilindrica, dove la spina può penetrare nella presa, perché ha un diametro minore.

Sia la presa che la spina hanno due sottili strisce laterali di un conduttore metallico, che quando la spina è inserita sono in contatto, assicurando il collegamento a terra, mentre i due contatti a spina consentono l'alimentazione elettrica all'apparecchiatura collegata

Tale presa è idonea per carichi fino a 16 A.

Qualora si viaggia all'estero è opportuno acquistare un " kit di adattatori di prese".

*La maggioranza degli elettrodomestici sono alimentati a 230 V, nella maniera sopra descritta. La corrente, una volta entrata, è abbassata e raddrizzata, a circa 10 volt in corrente continua, dato che è questo il valore della tensione necessaria a far funzionare le componenti elettroniche degli utilizzatori (televisori, computer, radio, telefoni ed in pratica tutti gli elettrodomestici ad eccezione degli scaldabagni, asciugacapelli lavatrici, cioè quelli che per funzionare trasformano direttamente l'energia elettrica in calore o in movimento meccanico).

65) QUADRI ELETTRICI DI DISTRIBUZIONE – POTENZA DISSIPATA

Generalità sui quadri elettrici dei fabbricati civili

In elettrotecnica qualsiasi tipo di quadro è un importante punto d'arrivo e di partenza.

La tipologia dei quadri è svariata e le dimensioni degli armadi che li contengono dipendono da vari fattori come ad esempio la potenza installata, quella dissipata dai vari dispositivi di protezione e manovra per l'effetto Joule, il numero dei locali da servire, il loro uso ed altro ancora (giardini, garage, piscine, ecc.) e da dove arriva l'energia elettrica (dalla rete o da un gruppo elettrogeno).

In qualsiasi edificio, al punto d'arrivo della corrente della cabina di trasformazione, è previsto *un quadro generale di distribuzione dell'energia elettrica*, posizionato in un luogo facilmente accessibile, che serve i vari appartamenti, l'ascensore, il locale della centrale termica, ecc.

Detto quadro è a valle del contatore dell'energia elettrica; ha un interruttore generale onnipolare magnetotermico differenziale ed ogni circuito che ha uno o più circuiti di uscita, deve essere protetto con idonei interruttori magnetotermici differenziali (voce: 49).

L'interruttore generale di cui sopra deve poter essere bloccato con un lucchetto o chiuso a chiave con uno sportello, per poter effettuare le operazioni di manutenzione in sicurezza.

Analogamente in edificio uso ufficio, oltre al quadro generale d'arrivo, che è ubicato nella vicinanza dell'ingresso all'edificio, sono previsti quadri di piano e di zona.

In quelli industriali è buona norma che ogni linea produttiva sia separata dalle altre ed abbia un proprio quadro distinto, che distribuisce l'energia ai vari macchinari.

In generale, la distribuzione deve avvenire in modo tale che un qualsiasi locale sia servito da due circuiti separati, in modo che un guasto non interrompa totalmente l'alimentazione.

Ogni circuito deve essere protetto da idonei interruttori magnetotermici differenziali dai sovraccarichi e corti circuiti (norme CEI 23-3 — 23-18 2 17-52).

I quadri devono essere contenuti in appositi armadi in lamiera o in plastica (voce: 47_d), collegati a terra, e chiudibili a chiave, con uno sportello con un ampio vetro che permetta di vedere tutti gli interruttori e le apparecchiature di misura e controllo.

Le norme CEI 23-51 dettano alcune disposizioni in relazione alla potenza dissipata, relative ai quadri di distribuzione per usi domestici o similari, con una corrente in entrata non superiore a 125 A ed una tensione nominale non superiore a 400 V,.

Tale norma esclude solamente piccoli quadri alimentati da una corrente nominale monofase non superiore a 32 A. Pertanto, per tutti gli altri quadri di distribuzione, è necessario effettuare una verifica delle sovratemperature.

66) RADRIZZATORI DI CORRENTE-CORRENTE PULSANTE (convertitori o mutatori di corrente, semiconduttori)

Trattasi di dispositivi che convertono la c.a. in c.c. senza organi in movimento (esistono infatti **macchine convertitrici** che trasformano la c.a. in c.c., che hanno un rendimento inferiore ai convertitori statici e che perciò sono ormai poco usate).

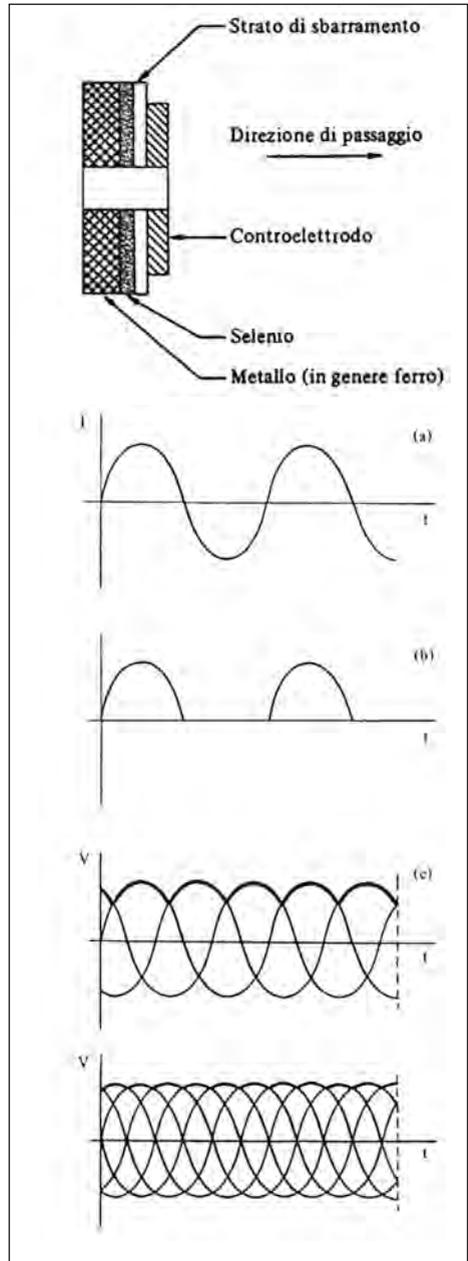
Fra i vari tipi di raddrizzatori in questo quaderno accenneremo solo ai *mutatori a strato di sbarramento* (chiamati pure raddrizzatori a secco - vedi figura a lato) adatti per basse tensioni e per correnti che possono arrivare a 3.000 ampere.

Il funzionamento si basa sulle proprietà dei **semiconduttori** (voce: 74), ed in particolare dei cosiddetti *conduttori unidirezionali*, che lasciano passare la corrente in un solo senso. I raddrizzatori al selenio sono costituiti da una lastrina di ferro forata al centro, sulla quale è posato un sottile strato di selenio (che è un semiconduttore) e da uno strato sottile di materiale isolante, detto strato di sbarramento, che costituisce l'elemento raddrizzante, infine da un contro elettrodo costituito da uno strato di ferro che porta la corrente. Il passaggio della corrente avviene secondo il senso indicato in figura (direzione del passaggio).

Questi raddrizzatori, chiamati anche **conduttori unidirezionali** lasciano quindi passare la corrente in un solo senso e perdono la proprietà raddrizzante per tensioni di dati valori, chiamate tensioni di blocco e sono usati in serie per raddrizzare basse tensioni non superiori ad alcune decine di Volt.

Un mutatore monofase o convertitore monofase converte una c.a. (fig. A) **in una corrente pulsante** (fig. B);

se invece la tensione è trifase si ottiene una tensione raddrizzata come quella rappresentata a tratto grosso nella (fig. C); aumentando ancora il numero delle fasi si ottiene una tensione sempre più livellata



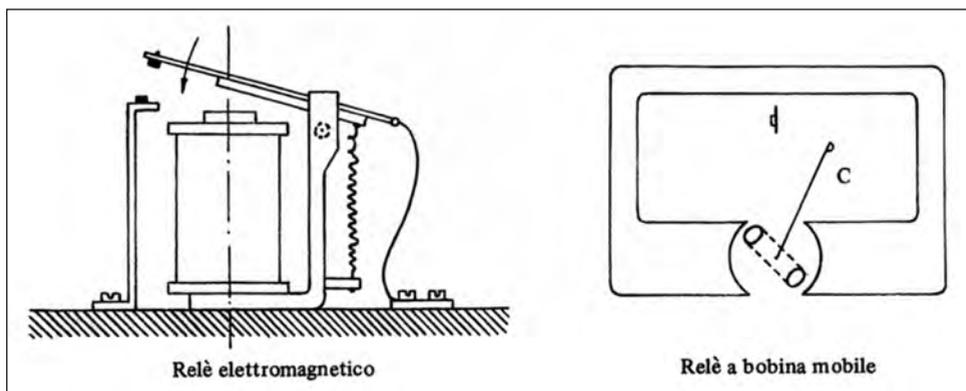
definita anche ondulata (fig. D). Attualmente dato l'enorme sviluppo dell'elettronica sono state adottate molte altre tecnologie, ed esistono in commercio raddrizzatori di vario tipo e di alto rendimento.

La tensione necessaria ai circuiti elettronici richiede inoltre l'uso d'idonei filtri, che eliminano le fluttuazione della tensione ondulata, stabilizzandola ad un valore prefissato.

67) RELÈ

Nelle applicazioni di carattere elettrico viene individuato come un apparecchio di comando istantaneo che può manovrare determinati contatti di un circuito. Si hanno diversi tipi di relè ad esempio: di protezione, di segnalazione, di controllo, a corrente di eccitazione continua o alternata, istantanei, ritardati, di massima ed ancora molti altri tipi che ovviamente non considereremo.

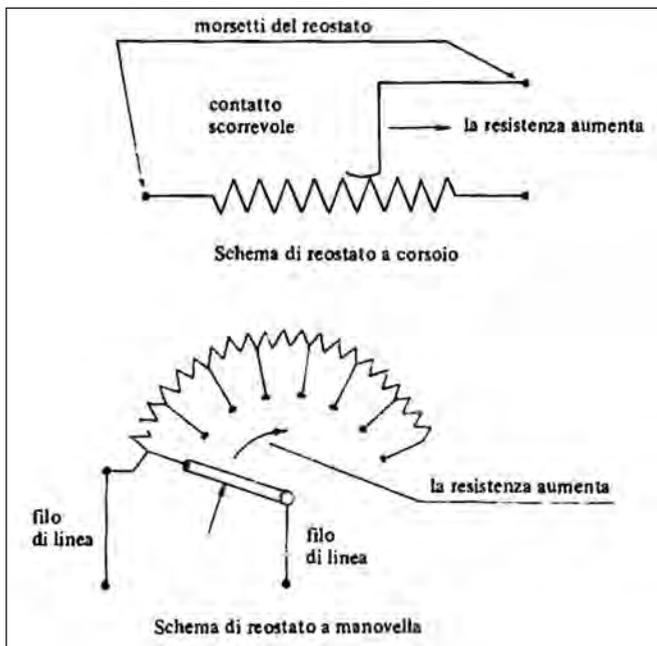
Tipi molto diffusi sono quelli **elettromagnetici**, nei quali una elettrocalamita attrae un'ancora che porta un contatto che chiude un determinato circuito e quelli a **bobina mobile** dove una bobina (voce: 6) posta fra i poli di un magnete crea un campo magnetico in opposizione al campo magnetico del magnete; quindi questa ruota e l'ago che trasporta può chiudere un contatto.



68) REOSTATO

È costituito da una resistenza variabile, inserita in serie, in un circuito da regolare. Per la legge di Ohm: $I = V/R$ Se la resistenza R diminuisce l'intensità di corrente I aumenta, ed ovviamente se R aumenta l'intensità diminuisce. In maniera più precisa, se R è la resistenza dell'utilizzatore ed r quella variabile del reostato, la corrente che circola nel circuito è: $I = V/(R+r)$ e quindi variando r varia I . Sempre per la legge di Ohm si

ha: $V = RI$; sostituendo ad I la sua espressione: $I = V/(R+ r)$, ci da: $V = R V/(R+r.)$. Trasmettiamo gli schemi di un reostato con resistenza a corsoio e di uno a manovella.



69) RESISTENZA

Si misura in OHM (Ω). Occorre premettere che i corpi non sono mai perfettamente conduttori o isolanti, infatti la resistenza è più o meno piccola nei conduttori e sempre molto grande nei migliori isolanti.

Tutte le componenti di un circuito elettrico, che trasforma in calore l'energia elettrica che assorbe, possono essere chiamati resistori, ma è più corretto chiamarli resistenze. I semiconduttori (voce: 71) sono corpi che consentono il transito della corrente alternata solo in parte:

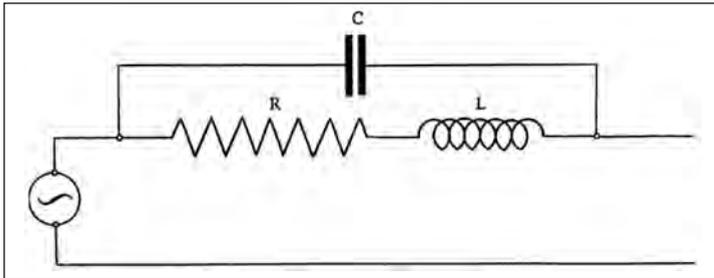
Nei circuiti elettrici a c.a. non si ha mai una resistenza Ohmica pura, ma una resistenza induttiva (impedenza - voce: 45)

I segni grafici usati negli schemi elettrici per rappresentare la resistenza ohmica pura, una resistenza variabile con continuità o una resistenza induttiva sono accanto indicati.

Resistenza ohmica pura	
Resistenza ohmica variabile con continuità	
Resistenza induttiva (impedenza)	

70) RIFASAMENTO DELLA CORRENTE ALTERNATA

La tensione e la corrente possono produrre il loro massimo effetto solamente quando si trovano in fase e cioè quando i rispettivi vettori giacciono sulla stessa retta (vedi c.a). Occorre dunque che l'angolo di sfasamento ϕ tra tensione e corrente sia minimo, a tal fine si deve rifsare la corrente, ossia che la quota reattiva della potenza apparente diminuisca. Operazione che normalmente consiste nel posizionare un idoneo condensatore in parallelo ad una resistenza ohmica che è in serie ad una induttanza, che nei circuiti reali è sempre presente, in maniera più o meno sensibile (vedi effetti dell'induttanza).



Schema di circuito induttivo con capacità (C) in derivazione per il rifsamento

RIGIDITÀ DIELETTRICA (vedi voce 29)

71) RILUTTANZA MAGNETICA

La riluttanza è la resistenza opposta da un circuito magnetico al passaggio di un flusso d'induzione magnetica. (vedi legge di Hopkinson)

72) SALVAMOTORI - TERMOCOPPIA

La termocoppia è formata da una barretta composta da due sottili lamine di metalli, di diverso coefficiente di dilatazione termica, saldate fra di loro, che quando sono percorse da una corrente si riscaldano per effetto Joule, dilatandosi in maniera diversa. Dato il diverso allungamento, si curvano in proporzione alla corrente. La curvatura della barretta, quando raggiunge un dato limite, tocca un contatto che interrompe il circuito d'alimentazione.

I salvamotori si basano, in genere, sul principio sopra evidenziato.

Un salvamotore può essere definito come uno speciale interruttore, generalmente azionato da sensibili relè termici (a volte regolabili), che sono in grado d'interrompere il circuito d'alimentazione del motore per mancanza di una fase, eccessivo abbassamento della tensione e per eccessivo aumento dell'intensità di corrente (sovraccarico). La protezione dei sovraccarichi non può essere espletata dalle valvole a fusibile, perché questo dovrebbe essere dimensionato in base alla corrente d'avviamento, che vale circa tre o quattro volte la corrente di regime.

Il fusibile di una valvola, infatti, non ha nessuna funzione protettiva contro quei piccoli sovraccarichi che, durando nel tempo, possono compromettere (bruciare) i circuiti del motore.

Se la corrente che attraversa il salvamotore supera il valore normale, per un certo tempo, la termocoppia interrompe il circuito, che può essere riattivato non appena la termocoppia si raffredda.

A tal fine bisogna considerare che mentre il raffreddamento del salvamotore avviene generalmente in pochi secondi, il motore per raffreddarsi completamente ha bisogno generalmente di almeno un decina o più minuti.

Quindi prima di riattaccare il salvamotore occorre aspettare.

Nell'attesa si dovrebbe cercare di comprendere il perché il motore si è riscaldato.

73) SCARICATORE

È un organo che mette a terra la linea che protegge, quando si manifesta una sovra tensione (fulmini, cortocircuiti, distacchi improvvisi di carichi, ecc) e ripristina il suo funzionamento, non appena la causa perturbatrice è scomparsa. ***Gli scaricatori proteggono i circuiti dalle sovratensioni, mentre le valvole e gli interruttori li proteggono dalle sovracorrenti (voce: 77).***

Vengono posizionati all'ingresso delle linee che proteggono. Gli scaricatori ad espulsione sono costituiti da punte collegate alle linee elettriche poste di fronte ad altre punte collegate a terra (questo dispositivo si chiama spinterometro).

L'arco elettrico (voce: 3) si innesca su questi, connettendo a terra la linea ed abbassando la sovra tensione. Gli scaricatori a resistenza variabile sono generalmente costituiti da uno spinterometro e da una serie di dischi di semiconduttori (ricordiamo che una delle loro proprietà è quella di consentire il passaggio della corrente in una sola direzione) di resorbite o thyrite, cioè da dischi di sostanze che, fra l'altro, hanno una resistività che diminuisce all'aumentare della tensione applicata. Al manifestarsi della sovra tensione l'arco si innesca sullo spinterometro e la resorbite, la cui resistività, si ripete, diminuisce, all'aumentare della tensione applicata, permette lo scarico a terra della sovra tensione e di conseguenza il collegamento a terra della linea stessa.

La resistività della resorbite riacquisterà il suo valore al cessare della sovratensione e di conseguenza l'arco dello spinterometro si interromperà autonomamente (vedi figura).

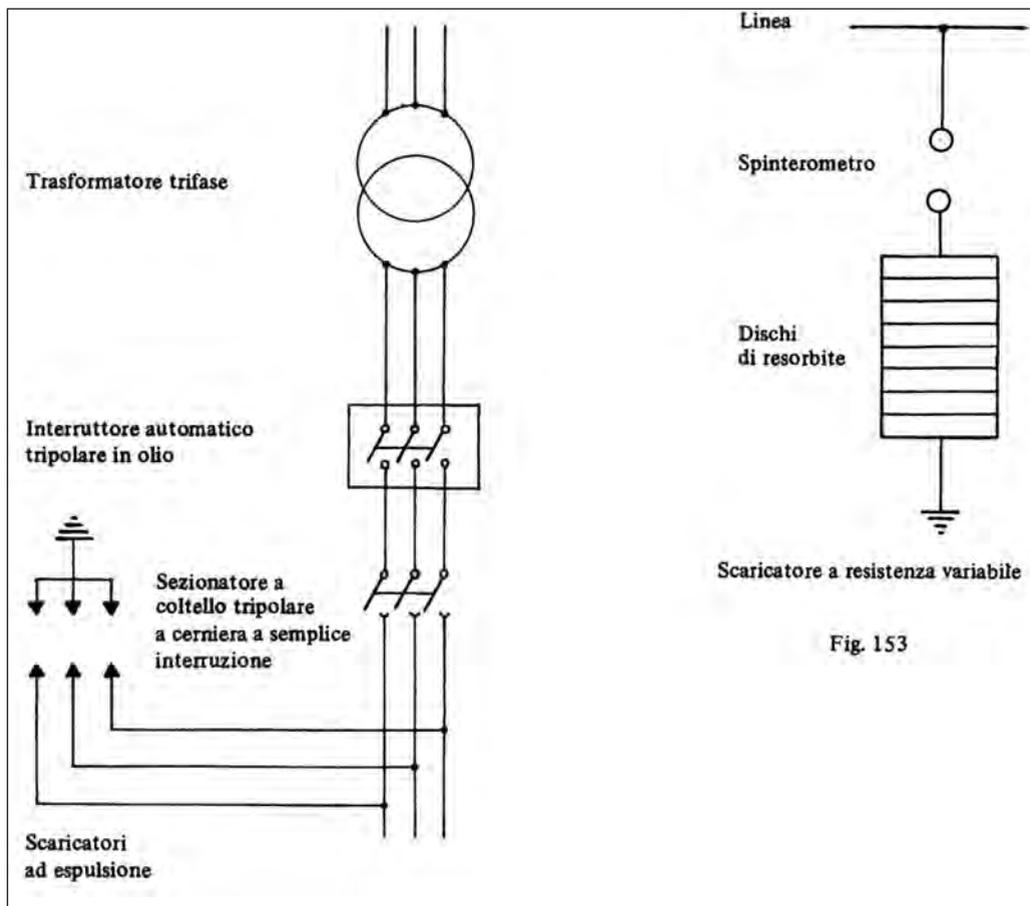


Fig. 153

74) SEMICONDUCTORI (vedi anche raddrizzatori a semi conduttori)

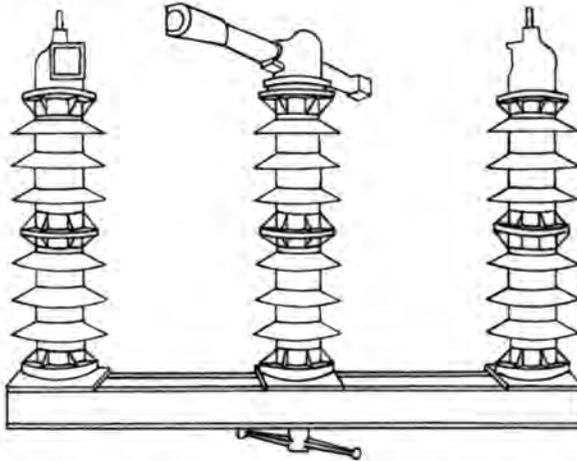
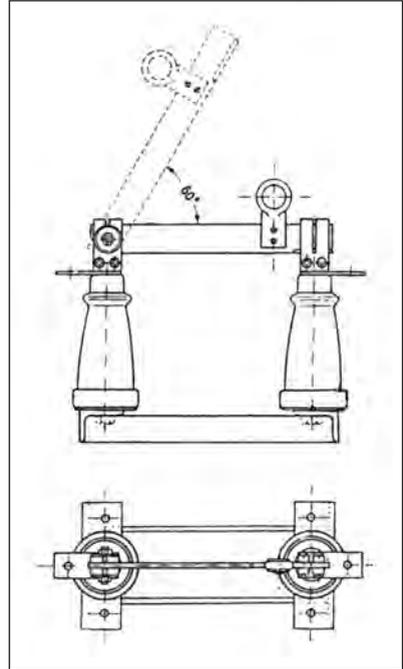
Sono sostanze di natura cristallina che, come è noto, hanno le loro molecole disposte secondo una struttura geometrica regolare ed ordinata, tipica per la maggior parte delle sostanze solide, (si ricorda che le sostanze prive di struttura cristallina sono dette amorfe, sono esempi il vetro, la gomma, ed alcune sostanze plastiche) che presentano una conduttività elettrica intermedia fra quella dei conduttori metallici e quella degli isolanti.

75) SEZIONATORI

Servono per separare due punti elettricamente connessi interrompendo, visivamente e fisicamente, il tronco di linee elettriche su cui si debba iniziare a lavorare (messa in sicurezza del tratto del circuito a valle del sezionatore).

Per i tecnici addetti, il vedere il sezionatore aperto significa che la linea elettrica e tutte le apparecchiature poste a monte sono state isolate e che si può operare in tutta sicurezza.

I sezionatori, a differenza degli **Interruttori** (voce: 49), non hanno il potere di interruzione del circuito quando è funzionante (cioè sotto carico), ma hanno solamente la capacità massima di resistere quando sono chiusi al passaggio della **corrente di corto circuito** (voce: 26). Esiste, ed è di uso comune, un tipo di **sezionatore di manovra**, che ha la capacità di estinguere gli archi elettrici (voce: 3), che quindi può interrompere circuiti in esercizio.



Sezionatore girevole orizzontalmente sul supporto-isolatore centrale; le sue estremità si inseriscono tra le pinze portate dai due supporti laterali.

76) SISTEMI ELETTRICI A BASSISSIMA TENSIONE - detti anche di categoria zero

76a) Sistema SEL V

76b) Sistema PELV

76c) Sistema FELV

76d) Apparecchi di Classe III

Generalità

I sistemi elettrici a bassissima tensione sono essenzialmente generati da trasformatori abbassatori di tensione. Si basano tutti su l'uso dei **trasformatori abbassatori di tensione** che devono essere **di sicurezza** (voce: 82c) per i primi due dei tre sistemi seguenti, mentre il terzo può essere un trasformatore normale. Si hanno i seguenti tre sistemi:

- 1) **SELV** (Safety extra low voltage – bassissima tensione di sicurezza);
- 2) **PELV** (Protective extra low voltage – bassissima tensione di protezione);
- 3) **FELV** (Functional extra low voltage – bassissima tensione funzionale).

I sistemi di protezione a bassissima tensione sono di tipo passivo, in quanto non è prevista l'interruzione automatica del circuito (come avviene normalmente in presenza di un interruttore differenziale), ma la limitazione del valore della tensione d'uso (di esercizio) alla quale si potrebbe essere sottoposti in caso di guasto.

Al fine della comprensione di quanto è indicato in seguito è opportuno definire i concetti di:

- *sorgente elettrica di sicurezza*: l'alimentazione è ottenuta a mezzo di un trasformatore di sicurezza;
- *sorgente elettrica indipendente*: l'alimentazione è ottenuta a mezzo di comuni batterie, accumulatori e gruppi elettrogeni.

La norma di riferimento CEI 64-8 afferma che un sistema elettrico, per essere definito a bassissima tensione, deve avere le seguenti caratteristiche per la tensione nominale:

- Per la c.a. non deve superare i 50° V, valore efficace;
- Per la c.c. non deve superare 120 V non ondulata (voce: 66)
- L'alimentazione deve provenire da una sorgente elettrica del tipo sopra definita e devono essere soddisfatte le specifiche condizioni previste per l'installazioni di questi tipi di circuiti.

76a) Sistema SELV

Ha le seguenti caratteristiche:

- *l'Alimentazione deve avere una sorgente elettrica di sicurezza o indipendente, quali un trasformatore di sicurezza (voce: 82c) o un motogeneratore con avvolgimenti isolati (gruppo elettrogeno autonomo) o una batteria o un idoneo dispositivo elettronico ecc;*

- *Non devono essere presenti punti di collegamento a terra e non si devono collegare a terra le masse interessate dal sistema e le componenti attive del sistema.*

- *Deve essere prevista una separazione dagli altri sistemi elettrici, funzionanti negli stessi luoghi dove è attivo il sistema SELF.*

La separazione deve essere garantita per tutti i componenti. A tal fine si posizionano tutti i conduttori del sistema in canaline separate o sono dotati di una guaina supplementare.

Il sistema sopra descritto viene in genere utilizzato per gli ambienti a maggior rischio come ad esempio: sale operatorie, quelli particolarmente umidi o le pareti conduttrici.

Il sistema garantisce un ottimo livello di sicurezza per i contatti indiretti o diretti.

- *Le prese e le spine (del sistema SELV) non devono avere il terzo contatto di collegamento con l'impianto di terra (attraverso il conduttore di protezione PE) e non devono consentire l'accoppiamento con altre prese e spine di qualsiasi altro sistema compresi quelli oggetto della presente voce.*

76b) Sistema PELV

Quando è necessario per motivi funzionali che un punto attivo del circuito debba essere collegato a terra, si utilizza il sistema in oggetto. Il presente sistema garantisce un livello di sicurezza inferiore al sistema SELV, dato che non è completamente isolato dal sistema elettrico esterno, per il collegamento a terra.

La possibilità che si presenti un guasto verso terra, in un punto del circuito primario, che ha la tensione di rete, potrebbe far nascere un collegamento con l'impianto di terra. Il punto di guasto accidentale potrebbe chiudere un circuito con un punto del circuito di terra ed indurre, attraverso questo, delle tensioni pericolose sulle masse metalliche del sistema PELV.

Tale rischio è stato certamente considerato, per la presenza generalmente prevista sul circuito primario di un interruttore differenziale.

Le prese elettriche e spine, al contrario di quanto previsto dal sistema SELV, possono avere il contatto di terra (cioè, con il conduttore di protezione PE) ma non possono collegarsi con le prese di qualsiasi altro sistema elettrico, inclusi i sistemi SELV e FELV.

76c) Sistema FELV

Come già evidenziato, nelle prime righe di questo paragrafo, il sistema è alimentato, per motivi di funzionamento, da un normale trasformatore abbassatore di tensione che fornisce una tensione che non deve superare 50 volt. Sono utilizzabili anche gli autotrasformatori e gli alimentatori elettronici che possono essere privi di un idoneo e certificato isolamento galvanico fra ingresso ed uscita.

Un eventuale guasto, dovuto ad esempio ad un difetto d'isolamento,

tra il primario ed il secondario del trasformatore, potrebbe con il sistema in oggetto, produrre tensioni pericolose, senza che le protezioni a monte del trasformatore possano intervenire.

Per questo ed altri motivi, il sistema richiede la presenza d'idonei dispositivi automatici di protezione contro l'eventualità di possibili contatti diretti ed indiretti; come la protezione del circuito primario del trasformatore con un sensibile ed idoneo interruttore differenziale.

In conclusione anche se in questo sistema sono presenti tensioni nominali, definibili come bassissime tensioni, non è completamente assicurato l'isolamento di sicurezza, al contrario dei precedenti sistemi e soprattutto del sistema SELV.

Per quanto evidenziato l'impiego dei sistemi FELV e da considerarsi valido quando siano necessarie bassissime tensioni per motivi funzionali (ad esempio servosistemi) *ma non sia previsto il contatto diretto dell'uomo che deve essere impedito.*

Le prese e le spine devono avere il contatto di terra (cioè con il conduttore di protezione PE), ma non possono essere connesse con nessun altro tipo di sistema elettrico, compresi quelli oggetto della presente nota.

76d) Apparecchi di classe III

Gli apparecchi elettrici di classe III (voce: 15) vengono normalmente utilizzati quando si opera con un sistema a bassissima tensione SELV. Tali apparecchi funzionano con energia elettrica fornita da un trasformatore di sicurezza (voce: 82c) o da una batteria. La bassissima tensione, anche quella, di $25V_{ac}$ ovvero di $60 V_{cc}$ normalmente non è ritenuta pericolosa in caso di contatto con il corpo umano ma, la IEC (International Electrotechnical Commission), per quanto riguarda gli apparecchi di tale classe, ritiene che la sola bassissima tensione non sia sufficiente ad assicurare la sicurezza del paziente.

77) SOVRACORRENTI

Sono correnti di valore superiore al normale in riferimento all'ampereaggio, che si producono in caso di guasti o di corto circuiti degli impianti di produzione, trasporto e distribuzione.

Queste correnti provocano notevoli effetti termici (vedi legge di Joule) e meccanici.

I primi possono provocare: la bruciatura degli isolanti e se ci sono trasformatori ad olio l'incendio di questo ultimo.

I secondi degli sforzi elettrodinamici notevoli che possono provocare rotture degli avvolgimenti delle macchine delle sbarre di collegamento, ecc.

Ne consegue che apparecchi e linee devono essere idoneamente protetti soprattutto mediante interruttori azionati da sensori disposti in alcuni punti dell'impianto da proteggere (voce: 26)

78) SOVRATEMPERATURA

È causata dal riscaldamento provocato dall'effetto Joule dalla corrente elettrica in tutte le apparecchiature elettriche.

Il problema è stato evidenziato e considerato in particolare per i quadri elettrici di distribuzione ad uso domestico che devono distribuire una c.a. di entrata non superiore a 125 A. ad una tensione nominale non superiore a 400 V, con solamente l'esclusione dei piccoli quadri alimentati da una corrente nominale monofase inferiore a 32 A.

Per evitare la sovratemperatura (voce: 78) in un quadro elettrico di distribuzione bisogna tener conto dei seguenti due valori relativi alla potenza dissipata.

Il valore P_{tot} è relativo ai risultati *di un calcolo* (effettuato con date metodologie) delle potenze dissipate da tutte le apparecchiature installate all'interno del quadro.

Il valore del P_{inv} rappresenta il massimo valore della potenza *dissipabile* all'interno del quadro, indicata dal costruttore sul contenitore delle apparecchiature elettriche che sono al suo interno; è ovvio che il P_{tot} deve essere minore del P_{inv} .

79) SOVRATENSIONI

Sono improvvisi aumenti della tensione di esercizio di una macchina o di un impianto. Possono avere due origini.

Quelle interne possono essere prodotte da brusche interruzioni di circuiti sotto carico o brusche inserzioni di carichi, guasti a terra ecc.

Possono durare tempi che vanno da milionesimi di secondo a qualche secondo e raggiungere valori di circa 2 – 2,5 volte la tensione di esercizio.

Quelle esterne sono dovute ai fulmini, che colpiscono i conduttori di una linea o i sostegni provocando onde di tensione migranti notevolissime, che investono macchine ed apparecchi, che possono raggiungere valori dell'ordine di alcuni milioni di volt e durano tempi piccolissimi (millesimi o centesimi di secondi).

80) TELERUTTORI

Chiamati **anche contattori o avviatori diretti**. Sono comandati a distanza, con appositi circuiti di manovra che hanno una tensione inferiore di quelli dell'utenza che serve il teleruttore.

Un teleruttore può inserire direttamente in un circuito elettrico notevoli carichi elettrici quali motori, resistenze di riscaldamento, grossi elettromagneti ecc. Il suo funzionamento si basa su un nucleo mobile,

che viene risucchiato da un opportuno avvolgimento, ed in tal modo chiude o apre dei contatti elettrici di potenza sul circuito che deve azionare.

Per motivi di sicurezza, dove ad esempio si deve azionare la salita e la discesa di un carico, facendo girare il motore elettrico in un senso per la salita e nel verso opposto per la discesa, sul circuito di manovra, in genere, sono disposti tre teleruttori: **salita**, posizionato a sinistra di quello di **discesa**, posizionato a destra, mentre il **terzo teleruttore di sicurezza** è disposto fra i due contattori di salita e discesa, questo funziona sia con teleruttore di salita in funzione sia quando è in funzione quello di discesa; basta, ovviamente, che uno dei due avviatori non funzioni per avere la non messa in moto del motore o se è in funzione la sua disalimentazione.

81) TENSIONE DI CONTATTO E TENSIONE DI PASSO

81a) Tensione di Contatto

81b) Tensione di Passo

81a) Tensione di Contatto

Se a causa di scarso isolamento o di un guasto, un conduttore di fase va in contatto con la carcassa di un motore, questo continua a funzionare regolarmente, ma la sua carcassa ha ora verso terra una tensione stellata (voce: 20 - collegamenti elettrici a stella o a triangolo). In queste condizioni, se una persona tocca la carcassa del motore, per effetto della tensione applicata, tra la mano ed i piedi della figura seguente viene attraversata dalla corrente I. Se in queste condizione una persona, in piedi, tocca la carcassa con una mano, viene percorso fino ai piedi da una corrente I elevata e praticamente si trova nella zona D del disegno della voce sopra richiamata. Quindi se esiste un valido interruttore differenziale e l'impianto di terra è ben funzionante, ha qualche probabilità di salvarsi. (voce: 18d - figura finale).

81b) Tensione di Passo

La tensione di passo è la differenza di potenziale esistente fra due punti del terreno, alla distanza di un metro, quando il dispersore sta scaricando una corrente di guasto.

La tensione di guasto massima si verifica in prossimità della verticale di un disperdente di terra, nelle frazioni di secondo prima dell'intervento dell'interruttore differenziale, che deve essere sempre presente anche se l'impianto di terra è stato perfettamente realizzato.

Quindi la pericolosità di restare folgorati camminando, sopra o nelle prossimità di uno spandente di terra, secondo le probabilità deducibili da un'analisi dei rischi, sono remote. Inoltre bisogna tener presente, che i dispersori non sono mai affioranti, ma interrati ad almeno cinquanta

centimetri e che molte volte non sono realizzati con un paletto ma con un piastra o con una rete interrata verticalmente.

Tutte queste eventualità, dato che la corrente di guasto si spande rapidamente, nel terreno circostante lo spandente, rendono remote l'evenienza in oggetto specialmente se gli impianti della zona sono stati realizzati a norma.

MA ATTENZIONE, la **problematica cambia totalmente** per gli impianti ad alta tensione ed in generale per i tralicci che trasportano i cavi scoperti dell'alta tensione, nelle vicinanze di una cabina di distribuzione, ed anche nei cantieri con alte gru a torre ed in generale nelle vicinanze di grandi masse metalliche, che, in caso di fulmini, possono scaricare a terra potenze elettriche enormi.

In questi casi, non si devono utilizzare spandenti di terra a palo, che trasmettono la corrente nel terreno circostante con una configurazione sferica ad aureola.

Quindi, dove s'intravedono tali evenienze, occorre ridurre la tensione di passo, ad esempio: non utilizzando spandenti a palo ma dispersori a piastra o a rete; affondando i dispersori almeno ad un metro; isolando il terreno con l'asfalto o stendere sul terreno uno strato di ghiaia alto almeno una decina di centimetri.

(Vedi figura alla pagina seguente)

82) TRASFORMATORI – Ad uso medico – Autotrasformatori

82a) Ad uso medico

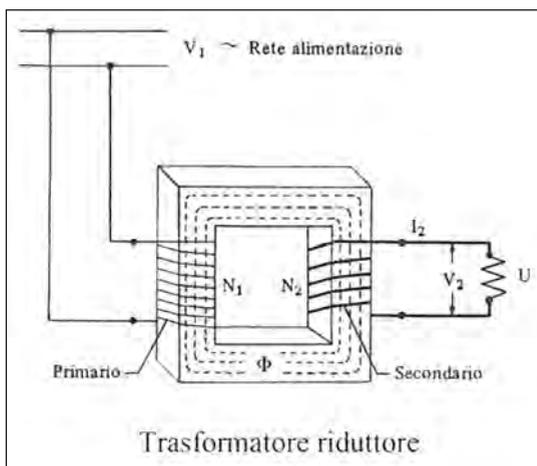
82b) Trasformatori di isolamento o di sicurezza

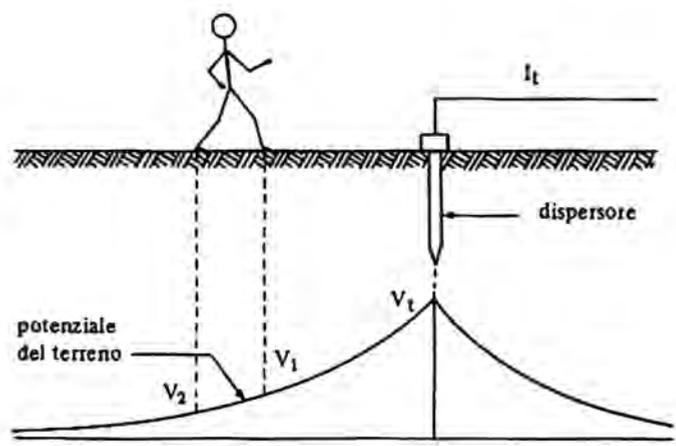
82c) Autotrasformatori

Trasformano energia elettrica in altra energia elettrica della stessa frequenza, variando i valori della tensione. Un trasformatore basa il suo funzionamento sul fenomeno della mutua induzione ed opera la trasformazione dei fattori **V (voltaggio) ed I (Amperaggio) di una c.a.**

Nella presente voce considereremo solamente i trasformatori monofase, dato che i risultati ottenuti possono essere estesi senza variazioni a quelli trifasi.

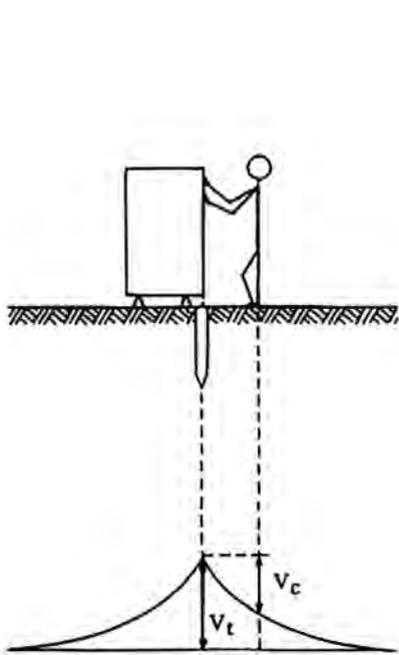
Un trasformatore, dal punto di vista strutturale si presenta schematicamente come indicato nella figura a lato. Un nucleo, costituito da lamierini di ferro al silicio, isolati fra di loro, si svi-





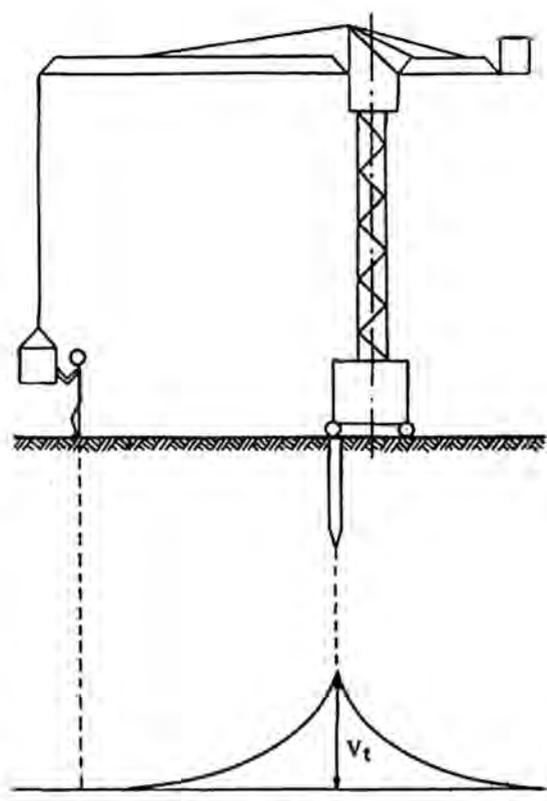
$V_1 - V_2 = \text{tensione di passo}$

(a)



$V_c = \text{Tensione di contatto}$
 $V_t = \text{Tensione totale di terra}$

(b)



(c)

luppa ad anello chiuso. In questa maniera il flusso magnetico trova una facile via di transito e la riluttanza magnetica risulta minima (voce: 71). Ai due lati opposti sono posizionati gli avvolgimenti, che sono distinti e separati, costituiti da un numero **diverso di spire N_1 e N_2 , di diametro maggiore dove la tensione è minore, ed interessati (concatenati) unicamente dallo stesso flusso magnetico.**

I trasformatori sono “**elevatori**,” quando la tensione di uscita dal secondario è superiore a quella del circuito primario e **riduttori** nel caso opposto. Il circuito di entrata (primario), è sempre collegato alla rete di alimentazione. Trattandosi di una macchina che non ha membri in movimento, il rendimento è notevolissimo e raggiunge, per i grandi trasformatori, ed a volte supera, il 99%.

Come è noto, la trasmissione della c.a., dalle centrali che la producono alle sottostazioni che la smistano (voce: 7), avviene ad altissimo voltaggio (intorno a 500.000 volte e più), per avere, a parità di potenza trasmessa, piccole intensità di corrente e di conseguenza minori perdite per effetto joule.

Nelle vicinanze del luogo di utilizzazione della c.a, sono necessario trasformatori “riduttori” di notevole potenza. La potenza perduta, piccola in percentuale ma notevole per le grandi potenze trasformate, si trasforma in calore e pertanto i trasformatori devono essere raffreddati. Per quelli di piccola potenza il raffreddamento avviene per semplice cessione del calore degli avvolgimenti all’aria ambiente; quelli di notevole potenza sono raffreddati con idonei impianti funzionanti in genere con oli adatti (voce: 7).

Premesso quanto sopra, e riferendosi alla figura sopra indicata, dato l’alto rendimento, possiamo, uguagliando le potenze tra il circuito primario e secondario, scrivere le seguenti relazioni:

$$V_1 \cdot I_1 \cdot \cos\phi_1 = V_2 \cdot I_2 \cdot \cos\phi_2$$

Dato che i valori dei due coseni sono praticamente uguali, si ha:

$$V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2$$

da cui:

$$I_1/I_2 = V_2/ V_1$$

cioè le intensità di corrente sono inversamente proporzionali alle tensioni.

Se il circuito primario del trasformatore è percorso da una corrente I_1 , mantenuta da una tensione alternata V_1 , nel nucleo magnetico del trasformatore si produce un flusso Φ che si concatena sia con il circuito primario sia con il secondario.

Per induzione elettromagnetica, dato che tutto il flusso si concatena con tutte le spire, nasce in ogni spira degli avvolgimenti una forza elettromagnetica indotta alternata; se N_1 ed N_2 , sono il numero delle spire rispettivamente del circuito primario e secondario, trascurando le cadute interne dei due avvolgimenti, si ha il rapporto di trasformazione:

$$V_2 / V_1 = N_2 / N_1$$

Quindi con buona approssimazione si ha che: il rapporto delle tensioni secondarie e primarie è uguale al rapporto dei rispettivi numeri delle spire; da cui discende ad es. che il trasformatore abbassatore avrà un elevato numero di spire al primario ed un numero minore al secondario (vedi disegno). Al contrario se un trasformatore è elevatore avrà un primario con minor spine del secondario. Dalla relazione precedentemente scritta e da: $I_1 / I_2 = V_2 / V_1$ ma anche da: $I_1 / I_2 = N_2 / N_1$ risulta che le intensità di corrente sono inversamente proporzionali anche al numero delle spire.

È importante rilevare che la potenza indicata negli ordini d'acquisto ai costruttori per la maggior parte delle macchine elettriche, compresi i trasformatori, si misura in VA ed in genere in KVA cento chilovoltampere, cioè in potenza apparente (voce: 22d).

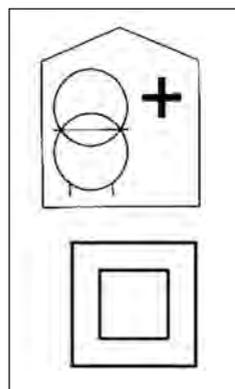
82a) Nei locali ad uso medico

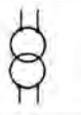
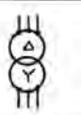
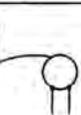
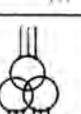
(Vedi anche voce relativa). Per avere circuiti elettrici di sicurezza, si usano **trasformatori di isolamento per uso medicale** (vedi simbolo a lato)

Questi devono rispondere alla norme indicate dalla normativa CEI 64-87 punto 710.512.1.1. che, in sintesi, impongono: che devono essere installati all'interno, o nelle immediate vicinanze del locale ad uso medico; che la tensione di uscita non deve superare 250 V; che devono rispondere alla norma CEI EN 61558-2-15; che la corrente di dispersione verso terra non deve superare 0,5 mA; che devono essere monofase con potenze non inferiore a 0,5KVA e non superiore a 10KVA, che devono essere raffreddati ad aria, che devono avere il doppio isolamento (vedi simbolo dei 2 quadrati uno interno all'altro), che tra i due avvolgimenti del trasformatore può essere interposto uno schermo metallico da collegare a terra, che la tensione di corto circuito non deve superare il 3%, che la corrente a vuoto del primario non deve superare il 3%, e che la corrente d'inserzione (di picco) non deve essere superiore a 12 volte la corrente nominale, ed infine che la targa del trasformatore deve riportare il simbolo sopra indicato.

Per comprendere il funzionamento del sistema IT-M vedi la fine della voce 17 – Classificazione dei sistemi elettrici in relazione alla messa a terra – **Sistemi IT-M per i locali ad uso medico.**

I simboli grafici che rappresentano, negli schemi elettrici, i trasformatori di tensione bifase o trifase sono appresso riportati:



Trasformatore di tensione	
Trasformatore trifase con primario a triangolo e secondario a stella	
Autotrasformatore monofase	
Autotrasformatore trifase	
Trasformatore trifase a 3 avvolgimenti	

82b) Trasformatori di isolamento o di sicurezza

In un generico trasformatore, con i due avvolgimenti separati, non c'è contatto galvanico fra i due circuiti ma solo un accoppiamento magnetico.

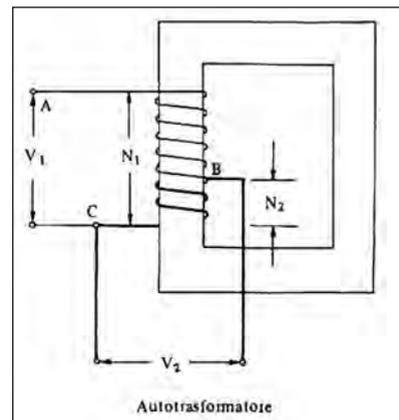
La variazione continua della c.a. provoca, per mutua induzione, una f.e.m. indotta nel secondario che, in genere, ha un voltaggio diverso da quello del primario. Quindi anche in un trasformatore di tipo tradizionale i due circuiti sono separati e distinti.

Per maggior sicurezza, nei trasformatori d'isolamento, la separazione tra i due avvolgimenti viene potenziata anche mediante il doppio isolamento (vedi voce 51a) oppure a mezzo di uno schermo metallico collegato a terra.

82c) Autotrasformatori

Hanno un solo avvolgimento con delle prese intermedie. La tensione V_2 tra B e C è diminuita rispetto alla V_1 dello stesso rapporto delle spire comprese tra AC (cioè N_1) e BC (cioè N_2), si ha: $V_1/V_2 = N_1/N_2$.

Per tali macchine valgono tutte le considerazioni sopra indicate. Sono più economici, perché costruiti con un nucleo più piccolo e meno conduttori elettrici, dato che c'è un solo avvolgimento, realizzato con



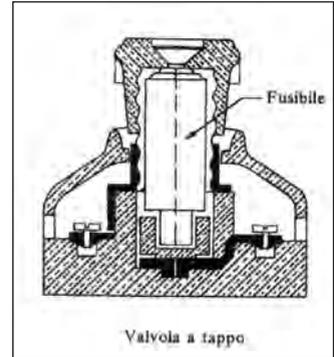
spire di sezioni diverse (la spira di maggiore diametro è quella attraversata dalla intensità di corrente più grande).

Hanno l'inconveniente di non avere i due circuiti isolati fra di loro. Per questo motivo le tensioni V_1 e V_2 non possono essere molto diverse, perciò sono utilizzabili quando il loro rapporto non sia superiore a tre e non sia necessario avere i due circuiti isolati fra di loro.

83) VALVOLE

83a) Elettrovalvole

Sono gli organi più economici per proteggere circuiti. Sono costituite da un fusibile (voce: 38), che fonde per effetto Joule, quando la corrente circolante supera il valore di taratura del fusibile ed il circuito si interrompe. Sono molto diffuse le cosiddette valvole a tappo, dove il fusibile che è tarato per una data corrente, è disposto internamente ad un cilindro di materiale generalmente ceramico.



83a) Elettrovalvole

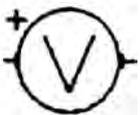
Trattasi di dispositivi comandati elettricamente, in genere da un solenoide, che regolano il flusso di un liquido o di un gas, chiudendo o aprendo, anche parzialmente, un passaggio. La pressione del fluido costringerà il fluido a muoversi in un dato senso, ad esempio spingendo uno stantuffo che si trova all'interno di un cilindro.

Esistono varie tipologie di elettrovalvole ma il principio di funzionamento è sempre lo stesso. Possono essere:

- *Monostabili* quelle che si attivano quando sono alimentate (ad es. si aprono) e che tornano nella posizione di riposo quando non sono più alimentate.
- *Bistabili* quelle che hanno due solenoidi con un'alimentazione distinta e separata. La posizione di equilibrio è l'ultima realizzata. Per cambiare direzione si deve azionare il solenoide che comanda l'altra posizione. La posizione della valvola cambia solamente se un solenoide si attiva.

84) VOLT

È l'unità di misura della tensione (o differenza di potenziale, o forza elettromotrice, o voltaggio) definita come la differenza di potenziale esistente fra gli estremi di un conduttore avente la resistenza di 1 ohm (Ω), percorso dalla corrente di 1 Ampere.



Voltmetro, strumento di misura della differenza di potenziale. L'unità di misura è il Volt che è definito quale differenza di potenziale esistente in un circuito, della resistenza di 1 Ohm, in cui circola una corrente elettrica di 1 Ampere

85) WATT

È l'unità di potenza; generalmente è espresso in KW, chilowatt = 1.000 watt. Si usa ancora il cavallo vapore (HP o CV) definito come la potenza che compie 75 chilogrammetri di lavoro al secondo.

Si hanno le seguenti equivalenze:

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ W} = 0,00136 \text{ CV} & 1 \text{ CV} = 736 \text{ W} \\ 1 \text{ kW} = 1,36 \text{ CV} & 1 \text{ CV} = 0,736 \text{ kW} \end{array}$$

Data la definizione di potenza $P = \text{lavoro} \cdot \text{tempo}$, si possono ricavare altre unità di lavoro moltiplicando ogni unità di potenza per una unità di tempo.

In pratica si usano le seguenti unità di lavoro:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ wattora} = 36.000 \text{ joule} \\ 1 \text{ chilowattora} = 1,36 \text{ cavallo} \cdot \text{ora} \end{array}$$

86) WATTAMETRO

È uno strumento per la misurazione della potenza attiva della c.a. (vedi voci 62 e 63 potenza attiva, reattiva ed apparente e fattore di potenza).

Nei circuiti di c.c. la potenza è data dal prodotto: $V \cdot I$.

In quelli a c.a. è data da: $V \cdot I \cdot \cos\phi$.

Nel campo delle basse frequenze è diffuso il Wattmetro elettrodinamico costituito da una bobina fissa, posta in serie all'utilizzatore, e da una bobina mobile posta in parallelo. L'interazione fra i due campi magnetici prodotti, uno dalla corrente **circolante nella bobina fissa I**, e quello **I₁ prodotto dalla corrente da misurare circolante, nella bobina mobile**, che è proporzionale al voltaggio **V**, produce una coppia che fa ruotare la bobina mobile. Una molla si oppone alla rotazione e il valore dell'angolo della bobina mobile risulta proporzionale al prodotto: $V \cdot I_1 \cos\phi$ e quindi alla potenza attiva.

87) WATTORA Wh

È dato dalla potenza che si misura in watt, per il tempo misurato in ora. Gli utenti che utilizzano l'energia elettrica pagano una certa quantità di denaro per ogni Kilowattora (KWh) consumato.

APPENDICE

In questa ultima parte del presente quaderno, gli autori accennano ad argomenti che sono pertinenti e fondamentali per la quasi totalità di quelli fino ad ora svolti. Trattasi di:

- a) cenni sulla compatibilità elettromagnetica.
- b) cenni sui vari tipi di manutenzione
- c) cenni relativi agli organi di normazione europea.

Non esiste infatti macchina o impianto elettrico che non sia, più o meno, interessato alla emissione o alla ricezione delle **onde elettromagnetiche (a)** o che non abbia bisogno di una efficiente **manutenzione (b)** e che non debba rispondere alle **norme dettate da apposite organizzazioni (c)**.

(a) CENNI SULLA COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA

a1) Qual è il problema

a2) Proteggersi dalla propagazione delle onde elettromagnetiche

a3) Normativa e conclusione

Nello spirito di questo quaderno, data la vastità dell'argomento, ci limiteremo a descrivere cosa sia la compatibilità elettromagnetica e forniremo alcuni elementi di larga massima per un primo orientamento, idoneo a capire ed affrontare le problematiche relative.

Come per quasi tutti gli argomenti svolti nella seguente pubblicazione, la trattazione è mirata a fornire i concetti fondamentali, ed anche per motivi di brevità, risulta superficiale. Tuttavia cerca di fornire le nozioni base per orientarsi in un argomento serio ed importante.

EMC è l'acronimo di Electromagnetic Compatibility, cioè della compatibilità elettromagnetica.

La disciplina in oggetto studia la generazione, la propagazione e la ricezione non intenzionale di energia elettromagnetica, in relazione soprattutto agli effetti indesiderati provocati da tale energia. Questa breve nota e si pone l'obbiettivo di:

- 1) Conoscere cosa sia la compatibilità elettromagnetica ed i relativi problemi. In sintesi di rispondere alla domanda: **Qual è il problema?**
- 2) Proteggersi dalla propagazione delle onde elettromagnetiche.
- 3) Normativa e Conclusioni.

a1) Cosa è la Compatibilità elettromagnetica. Qual è il problema?

Le interferenze elettromagnetiche nascono essenzialmente con l'uso delle antenne usate per le trasmissioni radio. Specialmente verso gli

anni trenta, dello scorso secolo, i trasmettitori, ricevitori ed antenne non erano neppure a conoscenza del problema e questa realtà continua anche per tutto il tempo della seconda guerra mondiale.

Un notevole incremento alla propagazione delle onde elettromagnetiche è certamente provocato dall'uso degli apparecchi radio, sistemi di navigazione e soprattutto dai primi radar.

I problemi si accelerano con l'evento dell'elettronica (transistor, circuiti integrati, microprocessori) ed attualmente l'elaborazione dei segnali a frequenza elevata ha aumentato l'intensità delle sorgenti dei disturbi, anche perchè molti apparati elettronici funzionano a tensioni molto basse (meno di 10V), fattore questo che ha reso questi apparecchi più sensibili ai disturbi dovuti all'EMC, ma che certamente, a loro volta, non sono in grado di disturbare, in maniera significativa, gli apparati elettrici e/o elettronici posti nelle loro vicinanze.

Quindi i disturbi dovuti ai fenomeni elettromagnetici dipendono essenzialmente dalle antenne radio e televisive, ma non bisogna trascurare anche gli altri disturbi, certamente molto più piccoli, dovuti a qualsiasi apparecchiatura elettrica o elettronica, cavi elettrici, motori ecc.

Questi ultimi, che possono essere in grado di disturbare o essere disturbati da perturbazioni elettromagnetiche sono così elencati: trasmettitori e ricevitori radio e televisivi, radio mobili, alcuni tipi di rice-trasmettitori, elettrodomestici in genere, apparecchiature elettromedicali, lampade fluorescenti, apparecchi per l'illuminazione ed elettroniche in genere, alcune componenti elettriche o elettroniche di attrezzature in genere.

Esistono alcuni prodotti che, normalmente, sono indifferenti ad emettere e/o ricevere perturbazioni elettromagnetiche.

Trattasi di apparecchiature che sono rispondenti a date norme, impianti di illuminazione con lampade ad incandescenza, o certi componenti elettrici o elettronici appositamente certificati.

Definizioni

Per comprendere meglio l'argomento è utile conoscere il significato dei termini principali, utilizzati dalla normativa per definire la compatibilità elettromagnetica:

- COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA EMC, è la capacità di un'apparecchiatura di funzionare in modo adeguato senza provocare disturbi intollerabili;
- LA SORGENTE, è l'apparecchiatura elettrica o elettronica che genera il disturbo;
- LA VITTIMA è l'apparecchio elettrico o elettronico che subisce il disturbo;
- DISTURBI CONDOTTI, sono quelli la cui propagazione avviene attraverso un cavo di alimentazione e/o un altro conduttore;
- DISTURBI IRRADIATI, sono quelli emessi nell'ambiente in assenza di conduttori;
- INTERFERENZA ELETTROMAGNETICA, costituisce il degrado delle prestazioni causato da un disturbo elettromagnetico;

- **SUSCETTIBILITÀ:** è l'incapacità che si presenta quando un'apparecchiatura non può funzionare adeguatamente se si trova in presenza di disturbi elettromagnetici;
- **AMBIENTE ELETTRONICO:** è il campo dove si manifestano dei fenomeni elettromagnetici.

a2) Proteggersi dalla propagazione delle onde elettromagnetiche

Quando si deve proteggere da interferenze elettromagnetiche un'apparecchiatura elettrica o elettronica, posta in una struttura, si può utilizzare una schermatura metallica, tipo Gabbia di Faraday. In questo modo le onde elettromagnetiche incidenti sulla struttura restano in gran parte all'esterno, mentre quelle irradiate dall'apparecchiatura restano all'interno.

Altre metodologie prevedono:

- una stanza rivestita da pareti metalliche (camera schermata);
- una stanza con le pareti ed i soffitti rivestiti di materiale assorbente per le onde elettromagnetiche (camera semianecoica). Il materiale anecoico rende le pareti radio-assorbenti e quindi non ha riflessioni di onde elettromagnetiche;
- un locale schermato completamente con materiale assorbente, cioè le quattro pareti, il soffitto ed il pavimento (camera anecoica);
- schermature realizzate con tronchi piramidali di una miscela nera e spugnosa di poliuretano e grafite o strutture miste con piastrelle di ferrite e piramidi assorbenti.

Quando non è necessaria una schermatura completa si possono utilizzare appositi schermi elettromagnetici realizzati con materiale conduttore o magnetico che sono efficaci per le onde d'alta frequenza ma di scarso risultato per le onde di bassa frequenza.

a3) Normativa e conclusioni relative alla compatibilità elettromagnetica

La normativa di riferimento è la EMC 89/339.

Questa evidenza l'importanza del marchio CE ed afferma che quest'ultimo non deve essere confuso con quello EMC; quest'ultimo si applica a tutti i sistemi che impiegano componenti elettrici o elettronici in grado di essere disturbati o di poter disturbare altre apparecchiature a mezzo delle perturbazioni elettromagnetiche.

L'elencazione di tali apparecchiature e gran parte della terminologia utilizzata nella norma richiamata, sono indicate al paragrafo 1 di questa nota tecnica.

In conclusione, ad avviso degli autori di questa sintesi, si può affermare che: mentre l'inquinamento elettromagnetico dovuto ad esempio ad una grande antenna, che permette di trasferire un'onda elettromagnetica dallo spazio ad una linea di trasmissione, può comportare determinati problemi ed imporre opportune cautele, generalmente già risolti con successo, l'uso di un telefonino, sia per la minima potenza impegna-

ta, sia per le protezioni in essere all'apparecchio fa sì che l'energia del campo elettromagnetico sia veramente trascurabile per la salute di chi l'usa con criterio.

(b) CENNI SULLA MANUTENZIONE

L'argomento in oggetto ha una vastissima letteratura tecnica.

Per essere certi nel tempo dell'efficienza e della sicurezza di qualsiasi impianto è indispensabile programmare una manutenzione periodica, che deve essere eseguita da persone di provata esperienza e serietà.

In sintesi, i vari tipi di manutenzione, che sono classificati in diverse maniere, vanno dalla manutenzione totale programmata, a quella totale, fino a quella minima che prevede solamente interventi periodici di pulizia e controlli dell'efficienza.

La manutenzione totale programmata è la più costosa ed in genere, pur variando notevolmente secondo la tipologia degli impianti ed il loro utilizzo, ha un canone annuo notevole, che s'aggira su circa il 13 % del costo totale dell'impianto.

Il costo stimato indicato, si basa su dati statistici, che prevedono la sostituzione di tutti i componenti, anche se ancora efficienti, dopo date ore di esercizio.

In tale maniera si dovrebbe essere certi della loro efficienza.

Questa manutenzione è quella che viene utilizzata generalmente in aeronautica, per certe attrezzature mediche di sala operatoria e quando è di fondamentale importanza essere certi del funzionamento di una data apparecchiatura.

La manutenzione totale, meno costosa, prevede che la sostituzione di determinati componenti avvenga quando il loro funzionamento cominci a dare problemi di efficienza.

I costi di queste sostituzioni sono comprese nel canone annuo stabilito.

Quella minima ha ovviamente un costo notevolmente inferiore perché non comprende i costi dei componenti sostituiti e la relativa mano d'opera.

È buona norma affidare la manutenzione degli impianti alle ditte che li hanno realizzati.

Per quanto riguarda i tecnici che eseguono la manutenzione, è preciso obbligo che la ditta per la quale operano li prepari adeguatamente.

Ogni squadra di manutenzione è bene che sia costituita da almeno due persone.

(c) ORGANIZZAZIONI DI NORMAZIONE EUROPEA (CENNI)

Nel seguente paragrafo richiamiamo alcune organizzazioni di normazione europea relative agli argomenti svolti nel presente quaderno.

Gli autori si scusano per aver trascurato di evidenziare, per ragioni di sintesi, molti altri enti di normazione anche di rilevante importanza.

- **Comitato europeo di normazione elettrotecnica CENELEC;**
- **Comitato elettrotecnico Italiano (CEI)** (che riguarda anche il settore elettronico);
- **Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI);**
- **CEN European committee for standardization;**
- **ISO Organizzazione mondiale di normazione**

L'attività delle organizzazioni sopra elencate può essere sintetizzata nella seguente maniera.

- **Il CENELEC** è responsabile della normazione riguardante le problematiche dell'elettrotecnica ed elettronica europea. Si occupa delle normative dei vari stati per cercare d'unificarle, al fine di eliminare gli ostacoli al commercio. In sintesi cerca di regolamentare tutti gli aspetti inerenti la qualità, la sicurezza dei prodotti e dei relativi servizi fornendo, per questi ultimi, norme e valutazione di conformità per facilitare la loro realizzazione, installazione e commercio, nell'ambito europeo nei settori dell'elettrotecnica, elettronica e relative tecnologie. Infatti le componenti con il marchio CENELEC possono essere commercializzate in tutta Europa.
- **La CEI** è un'associazione, senza scopo di lucro fondata nel 1909, che svolge attività normative di divulgazione scientifica nei settori dell'elettrotecnica e dell'elettronica, propone criteri e metodi di prova e di certificazione e svolge attività interazioni nei settori in oggetto. Inoltre recepisce e partecipa alla elaborazione di **documenti armonizzati** europei (trattasi di norme adottate dagli organismi di normazione, in base agli orientamenti delle commissioni europee ed emanate previa consultazione degli stati membri).
- **L'UNI** è un'associazione, senza scopi di lucro, formata da oltre 7000 soci che rappresentano tutti i settori produttivi nazionali (industriali, commerciali, ad esclusione di quello elettrico ed elettronico) In dettaglio svolge la sua attività normativa nei seguenti settori:
 - MECCANICA e sua componentistica;
 - COSTRUZIONI, in particolare nel settore del calcestruzzo;
 - BENI DI CONSUMO e MATERIALI, sviluppando norme per l'alimentazione, l'abbigliamento, la sanità, l'arredamento, le calzature ecc.
 - IMPRESE e SOCIETÀ, coordinando norme relative alla gestione, come l'ambiente, la sicurezza, l'ergonomia ecc.
- **LA CEN, EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION** è un ente normativo che ha lo scopo di armonizzare e produrre norme tecniche europee EN in collaborazione con gli enti normativi nazionali.
- **L'ISO**, l'organizzazione in oggetto è a livello mondiale la più importante per la definizione di norme tecniche.

Infine ricordiamo, fra le tante altre organizzazioni, la **IEC** (Commissione Europea internazionale).

Conclusione: non esiste praticamente nessun oggetto, utensile, macchina o impianto, che non abbia una normativa relativa, che aiuta il costruttore a lavorare correttamente e tranquillamente.

Presentazione della S.C.E.C. e S. Srl e del Prof. Ing. F. Linguiti

La S.C.E.C. e S. Srl - organismo, notificato in Europa per i controlli degli elevatori di ogni tipo e gli impianti elettrici di terra, nasce nel 1999, per volontà di alcuni ingegneri del disciolto ENPI, Ente Nazionale per la Prevenzione degli Infortuni.

Grazie all'opera di detto ente, la sicurezza e la funzionalità degli ascensori in Italia realizzò un notevole balzo in avanti, tanto che, negli anni sessanta, questi elevatori erano considerati i più sicuri ed affidabili del mondo, parimenti le nostre leggi sulla sicurezza del lavoro erano all'avanguardia.

La via tracciata dall'ENPI ed ora ripresa dalla S.C.E.C. e S., ovviamente con mezzi enormemente minori, era basata essenzialmente sui seguenti fattori:

- preparazione post-universitaria di alto livello per tutto il personale tecnico;
- pubblicazioni mirate a far conoscere le varie problematiche della sicurezza, degli ascensori, degli impianti elettrici, delle leggi e dei regolamenti da un livello elementare, divulgativo, a quello universitario (cattedre di Sicurezza del Lavoro);
- formazione di tecnici idonei a svolgere un tipo di prevenzione, non coercitiva, basata più sulla conoscenza ed il convincimento a bene operare che sulla responsabilità penale.

Questo concetto è forse il più sottile perché non è assolutamente con il codice penale che si può formare una "mentalità della sicurezza" ma solo con il convincimento che è necessario lavorare, non solo pensando alla produttività, ma anche ed essenzialmente a come migliorare sempre di più la sicurezza.

Questi tre punti, ed altri ancora, sono oggi svolti con notevole successo dalla S.C.E.C. e S. ed in particolare dal suo centro studi, i cui ingegneri hanno svolto impegnativi incarichi relativi alla sicurezza del lavoro ed altro, anche per le primarie organizzazioni della nostra Repubblica.

Gli ingegneri della S.C.E.C. e S., tutti professionisti di notevole capacità ed esperienza, sono in grado di risolvere brillantemente qualsiasi problema inerente l'ingegneria civile ed industriale.

Fausto Linguiti - Si iscrive all'albo degli ingegneri della provincia di Roma nel 1957 e inizia la carriera universitaria come assistente volontario.

Negli anni Sessanta diviene assistente ordinario; nel Settanta libero docente e, successivamente, professore incaricato stabilizzato di meccanica applicata alle macchine e macchine; dall'inizio degli anni Ottanta è professore associato nell'area delle materie relative alla costruzione di macchine.

Parallelamente opera come professionista in Europa, Africa, Asia; ingegnere principale dell'ENPI; direttore tecnico responsabile degli impianti di risalita di una stazione invernale; progettista e collaudatore di macchine di sollevamento; consulente per gli investimenti industriali in varie Banche; consulente della SIREA, Società italiana di revisione aziendale; perito estimatore del tribunale civile e penale di Roma; membro del primo Nucleo di Valutazione del Ministero del Bilancio e della ricerca; membro della Commissione di studio per gli ascensori e montacarichi del Consiglio Nazionale delle Ricerche; professore associato presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Ancona, titolare della Cattedra di Infrastrutture per trasporti speciali (ex impianti di trasporto a fune) e dell'insegnamento di Economia applicata all'ingegneria per il corso relativo al Diploma in ingegneria meccanica.

Ha pubblicato diversi libri e decine di articoli riguardanti gli ascensori, l'elettrotecnica, le macchine di sollevamento, la sicurezza del lavoro e l'economia.

BIBLIOGRAFIA

- Per quanto riguarda la normativa citata nel testo sono state consultate gli 11 volumi di **Impianti a norme CEI - Tuttonormel** - Copyright © TNE Srl, strada dei Ronchi, 29, 10133 Torino.
- Progettazione di impianti elettrici – Prof. E. Cardelli- Università di Perugia – Cavi elettrici LARAPEDIA. (Il Prof. Cardelli è membro dei Comitati tecnici della CEI)
- Impianti elettrici antideflagranti. Manuale di applicazione alle norme CEI di Gianfranco Figini Umberto Torelli. Edizioni HOEPLI Milano- IV Ristampa 2009.
- ABC dell'elettrotecnica e della illuminazione di Luigi Moratti. Edizione HOEPLI Milano 2006.
- Fondamenti di Sicurezza elettrica. Valutazione dei rischi e analisi del sistema di protezione. dell'ing.Vito Carrescia. Edizione HOEPLI Milano 1984.
- Fondamenti di sicurezza elettrica – Prof. Ing. Vito Carrescia – Editore TNE – Hoepli.it La grande libreria on line
- Enciclopedia della tecnica. Fondamenti di elettrologia e fisica nucleare. Edizioni PEM – Novara.
- Manuale impianti elettrici per l'edilizia di uso abitativo di Gaetano Donato, seconda edizione. Edizione, DEI tipografia del Genio Civile. Roma 1993.
- L'impianto elettrico a norme CEI. L'impianto di Terra, di Riccardo Bellocchio. - seconda edizione - Editore Tecniche Nuove MILANO 2001.
- Gli impianti Tecnologici nell'edilizia civile di Rino Coppola - Edizione NIS La nuova Italia Scientifica, ROMA 1990.
- Impianti di messa a terra.- Funzionamento in relazione alle caratteristiche del suolo dell'ing Giorgio De Bernardo — Dimensionamento e verifiche dell'ing. Vito Carrescia. Edizione Ente Nazionale Prevenzione Infortuni - Roma 1971.
- Impianti di messa a terra - Requisiti del sistema di protezione dell'ing Vito Carrescia.
- Funzionamento in relazione alle caratteristiche del suolo dell'ing Giorgio De Bernardo. Edizione Ente Nazionale Prevenzione Infortuni Roma 1974.
- Prontuario di impianti elettrici civili e industriali. Normativa e criteri di dimensionamento per la progettazione e l'installazione; di Giovanni Bragadini e Luigi Tannoia. Edizione HOEPLI Milano 1988.
- Gli impianti elettrici, di Salvatore Siracusa ed Orazio Vietri, Edizioni NIS La Nuova Italia Scientifica, Via Sardegna, 50 Roma - 1986

- Manuale dell'ingegnere. Di Giuseppe Colombo. Edizione HOEPLI Milano.
- Manuale di Elettrotecnica. Editore ZANICHELLI / ESAC
- Manuale di Elettrotecnica. Edizioni Scientifiche A. Cremonese -ROMA
- Per quanto riguarda gli elementi teorici e le relative figure, questi sono stati tratti dal volume Elettrotecnica per ascensoristi, gruisti e addetti agli impianti a fune - del Prof. Fausto Linguiti- Edizione SISTEMA, III edizione 1980 Roma.
- Per quanto riguarda la normativa antinfortunistica molti elementi sono stati tratti dalla Guida della sicurezza - di Fausto Linguiti, Editoria EPC 1997.

Ringraziamento

Gli autori non vogliono trascurare la gradita occasione per ringraziare la Dott. Ing. Flora Salerno per aver con tanta intelligenza aiutato a completare ed a raccogliere gli argomenti svolti nel presente quaderno.

Desiderano anche ringraziare il Dott. Vincenzo Grasso per il suo prezioso aiuto informatico.

INDICE GENERALE

	Pag.	
PREMESSA	3	
1) ACCUMULATORI	“	4
1a) Accumulatori al piombo	“	4
2) AMPERE	“	7
3) ARCO ELETTRICO		
4) ATOMO	“	7
5) AUTO INDUZIONE	“	7
6) BOBINA	“	8
7) CABINE DI DISTRIBUZIONE	“	8
7a) Trasformatori di tensione	“	9
8) CABLAGGIO E COLORI D'IDENTIFICAZIONE	“	12
9) CALCOLO VETTORIALE (cenni)	“	13
10) CAMPO	“	13
11) CARICO ELETTRICO	“	14
12) CAVI E CONDUTTORI ELETTRICI	“	14
12a) Sigle di designazione - Isolamento dei cavi	“	15
12b) Protezione dei cavi	“	16
12c) Cavi elettrici resistenti al fuoco	“	17
12d) Cavi a fibre ottiche	“	18
13) CELLULA FOTOELETTRICA O FOTOCELLULA	“	19
14) CIRCUITO ELETTRICO	“	20
15) CLASSI DI ISOLAMENTO-DOPPIO ISOLAMENTO APPARECCHI DI CLASSE III	“	20
16) CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI a c.a - Definizione della bassissima tensione - prefissi moltiplicativi per le unità di misura	“	21
17) CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI ELETTRICI IN RELAZIONE DELLA MESSA A TERRA. Sistema IT-M per i locali ad uso medico	“	22
18) COLLEGAMENTI ED IMPIANTI DI MESSA A TERRA	“	25
18a) Valori indicativi della resistenza ohmica dei terreni	“	25

18b) Concetto di Messa a Terra	Pag.	28
18c) Il pericolo di Elettrocuzione (Folgorazione)	“	30
18d) Gli effetti fisiologici della corrente elettrica	“	30
19) COLLEGAMENTI IN SERIE ED IN PARALLELO	“	32
20) COLLEGAMENTI TRIFASI A STELLA ED A TRIANGOLO	“	33
COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA: vedi APPENDICE		
21) CONDENSATORE	“	38
22) CORRENTE ALTERNATA (c. a.) per gli usi civili ed industriali	“	40
22a) Corrente alternata - Alternatori	“	40
22b) Valori efficaci	“	42
22c) Fattore di Potenza	“	42
22d) Potenza effettiva o reale – reattiva – apparente	“	43
23) CORRENTE ALTERNATA BIFASE, TRIFASE E POLIFASE	“	44
24) CORRENTE CONTINUA	“	44
25) LA CORRENTE ELETTRICA	“	45
26) CORTOCIRCUITO	“	46
27) DEFINIZIONE DI ALTA E BASSA TENSIONE	“	46
28) DENSITÀ DELLA CORRENTE ELETTRICA	“	46
29) DIELETTRICI - RIGIDITÀ DIELETTRICA	“	46
30) DISTRIBUZIONE ED UTILIZZAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA	“	47
31) EFFETTI DELLA RESISTENZA OHMICA, DELL'INDUTTANZA E DELLA CAPACITÀ SULLA c. a.	“	50
32) EFFETTO PELLE	“	51
33) EFFETTO TERMICO DELLA CORRENTE – EFFETTO JOULE	“	51
34) ELEMENTI DI TRIGONOMETRIA	“	52
35) ELETTROLISI	“	52
ELETTRONI: vedi la voce ATOMO		
36) ENERGIA	“	53
37) EXTRA CORRENTI DI CHIUSURA ED APERTURA	“	53

38) FUSIBILI	Pag.	53
38a) Generalità e caratteristiche	“	53
38b) Come sono realizzati	“	54
39) GABBIA DI FARADAY	“	56
39a) Fune di guardia	“	57
40) GALVANOMETRO	“	57
41) GALVANOTECNICA	“	57
42) GENERATORI ROTANTI DI CORRENTE ELETTRICA	“	58
42a) Alternatori - cenni	“	59
42b) Dinamo - cenni	“	60
43) GRADI DI PROTEZIONE IP (International protection)	“	61
43a) Equivalenza fra la codifica IP e quella NEMA (National Electrical Manufactures Association)	“	65
44) GRANDEZZE (SCALARI E VETTORIALI)	“	65
45) IMPEDENZA	“	66
46) IMPIANTI ELETTRICI NEI LUOGHI CON PERICOLO DI ESPLOSIONE O DI INCENDIO (ANTIDEFLAGRANTI)	“	67
46a) La normativa ATEX	“	69
47) IMPIANTI ELETTRICI PER GRANDI, MEDI E PICCOLI CANTIERI	“	72
47a) Una cabina elettrica di distribuzione prefabbricata	“	74
47b) Alimentazione a bassa, in media tensione o con gruppo elettrogeno. Alimentazione a bassissima tensione. Alimentazione dei piccoli e medi cantieri	“	74
47c) Prese e spine utilizzate per le prolunghe	“	75
47d) Quadri di distribuzione per i cantieri di costruzione; quadri ASC	“	76
47e) Impianti elettrici dei cantieri. Considerazioni relative ai cavi elettrici	“	79
47f) Impianto di Terra	“	79
47g) Protezione contro le scariche atmosferiche	“	80
INDUZIONE MAGNETICA: vedi voce 57a		
48) INTENSITÀ DELLA CORRENTE	“	80
49) INTERRUTTORI	“	81
49a) Classificazione di alcuni tipi d'interruttori destinati all'impiantistica domestica in bassa tensione	“	83
49b) Gli Interruttori automatici e differenziali	“	83
49c) Per i locali ad uso medico di gruppo 2	“	84
49d) Cenni relativi agli interruttori differenziali di tipo A, B ed AC	“	85

50) IONI	Pag.	86
51) ISOLAMENTO E SUA TIPOLOGIA FUNZIONALE - PRINCIPALE - SUPPLEMENTARE	“	87
51a) Il doppio isolamento	“	87
52) JOULE	“	88
53) LEGGE di FARADAY e DI LENZ	“	88
54) LEGGE DI HOPKINSON - RILUTTANZA MAGNETICA R_m	“	88
LEGGI DI JOULE: vedi voci Effetto termico della corrente; Effetto Joule; Joule		
55) LEGGE DI OHM, Ω	“	89
56) LOCALI AD USO MEDICO	“	89
56a) Apparecchio elettromedicale	“	89
56b) Zona paziente	“	90
56c) Primo guasto a terra	“	91
56d) Locali dei Gruppi 0-1-2	“	91
56e) Alimentazione ed illuminazione di sicurezza	“	94
57) MAGNETISMO - ELETTROMAGNETISMO	“	94
57a) Induzione Magnetica o densità di flusso B	“	95
57b) Flusso Φ costituito dalle linee di forza magnetiche	“	95
57c) Corrente indotta	“	96
57d) Densità H del flusso magnetico	“	96
57e) Permeabilità magnetica	“	96
57f) Magnetismo residuo	“	97
58) MISURA DI ISOLAMENTO DEI CONDUTTORI DELLE LINEE ELETTRICHE DI ALIMENTAZIONE	“	97
58a) Misura di isolamento di un tronco conduttore ad una linea e a due	“	97
58b) Misure d'isolamento di una linea a tre conduttori	“	98
58c) Misure d'isolamento d'impianti interni a bassa tensione	“	99
59) MOTORI ELETTRICI - PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO	“	100
59a) Principi di funzionamento dei motori a c.a.- Motori sincroni	“	100
59b) Principi di funzionamento dei motori asincroni. – Campo magnetico rotante	“	101
59c) Cenni sul motore asincrono monofase ad induzione	“	104
60) OHM	“	104
61) PILA	“	105
62) POTENZA	“	106
63) POTENZA ED ENERGIA DEI CIRCUITI BIFASI E TRIFASI	“	107

POTENZA REALE O EFFETTIVA – REATTIVA – APPARENTE: vedi voce 22d

64) PRESE E SPINE	Pag.	107
65) QUADRI ELETTRICI DI DISTRIBUZIONE – POTENZA DISSIPATA	“	109
66) RADRIZZATORI DI CORRENTE-CORRENTE PULSANTE	“	110
67) RELÈ	“	111
68) REOSTATO	“	111
69) RESISTENZA	“	112
70) RIFASAMENTO DELLA CORRENTE ALTERNATA	“	113
RIGIDITÀ DIELETTRICA: vedi voce 29		
71) RILUTTANZA MAGNETICA	“	113
72) SALVAMOTORI - TERMOCOPPIA	“	113
73) SCARICATORE	“	114
74) SEMICONDUTTORI	“	115
75) SEZIONATORI	“	116
76) SISTEMI ELETTRICI A BASSISSIMA TENSIONE - detti anche di categoria zero	“	117
76a) Sistema SELV	“	117
76b) Sistema PELV	“	118
76c) Sistema FELV	“	118
76d) Apparecchi di classe III	“	119
77) SOVRACORRENTI	“	119
78) SOVRATEMPERATURA	“	120
79) SOVRATENSIONI	“	120
80) TELERUTTORI	“	120
81) TENSIONE DI CONTATTO E TENSIONE DI PASSO	“	121
81a) Tensione di Contatto	“	121
81b) Tensione di Passo	“	121
82) TRASFORMATORI – Ad uso medico – Autotrasformatori	“	122
82a) Nei locali ad uso medico	“	125
82b) Trasformatori di isolamento o di sicurezza	“	126
82c) Autotrasformatori	“	126

83) VALVOLE	Pag.	127
83a) Elettrovalvole	“	127
84) VOLT	“	127
85) WATT	“	128
86) WATTAMETRO	“	128
87) WATTORA Wh	“	128
APPENDICE	“	129
(a) CENNI SULLA COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA	“	129
a1) Cosa è la Compatibilità elettromagnetica	“	129
Qual è il problema?		
a2) Proteggersi dalla propagazione delle onde elettromagnetiche	“	131
a3) Normativa e conclusioni relative alla compatibilità elettromagnetica	“	131
(b) CENNI SULLA MANUTENZIONE	“	132
(c) ORGANIZZAZIONI DI NORMAZIONE EUROPEA (CENNI)	“	132
Presentazione della S.C.E.C. e S. Srl e del Prof. Ing. F. Linguiti	“	134
BIBLIOGRAFIA	“	135
INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE	“	143

INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE

Numero e titolo delle Voci	Quantità Figure	Quantità Tabelle	Segni grafici
1) Accumulatori	1	//	presenti
2) Ampere	//	//	presente
7) Cabine di distribuzione	1	1	presente
9) Calcolo vettoriale	1	//	//
12) Cavi elettrici	//	//	presenti
13) Cellula fotoelettrica	//	//	presente
14) Circuito elettrico	//	//	presenti
15) Classi di isolamento	//	//	presente
16) Classificazione degli impianti a c.a.	//	1	//
17) Classificazione dei sistemi elettrici	3	//	//
18) Collegamenti ed impianti di terra	3	1	presente
19) Colleg. in serie e in parallelo	3	//	//
20) Colleg. trifasi a stella e a triangolo	5	//	presenti
21) Condensatori	7	//	presente
22) Corrente alternata (c.a.)	2	//	presente
23) c.a. bifase, trifase e polifase	1	//	//
24) Corrente continua (c.c.)	//	//	presente
30) Distribuzione corrente elettrica	4	//	//
34) Elementi di trigonometria	1	//	//
38) Fusibili	1	//	presente
42) Generatori rotanti di corrente elettrica	5	1	//
43) Gradi di protezione IP	//	8	//
46) Impianti antideflagranti	//	1	//
47) Impianti elettrici per cantieri	//	1	//
49) Interruttori	3	//	presente
56) Locali ad uso medico	1	1	//
57) Magnetismo	1	//	//
58) Misure di isolamento	3	//	//
59) Motori elettrici	7	//	//
61) Pila	5	//	//
66) Raddrizzatori di corrente	2	//	//
67) Relè	2	//	//
68) Reostato	2	//	//
69) Resistenza	//	//	presente
70) Rifasamento della c.a.	1	//	//
73) Scaricatore	2	//	//
74) Sezionatori	2	//	//
81) Tensione di contatto e di passo	3	//	//
82) Trasformatori	2	//	presenti
83) Valvole	1	//	//
84) Volt	//	//	presente

Finito di stampare nel mese di luglio 2012