



ELETTROTECNICA

applicata ai servizi antincendi



DIREZIONE CENTRALE PREVENZIONE e SICUREZZA TECNICA
Dispensa redatta dall'Ing. M. D'ADDATO
Dirigente Superiore Area VI

Prefazione

In questa calda estate romana del 2008 viene stampata la quarta edizione delle lezioni di Elettrotecnica Applicata ai Servizi Antincendi, il cui primo corso fu da me tenuto nel lontano marzo 1980, presso le Scuole Centrali Antincendi.

Come spiegato in altre sedi, queste dispense raccolgono succintamente la mia esperienza trentennale di tecnico dei Vigili del Fuoco in questo specifico settore.

Esse sono frutto di tanti incontri nelle sedi del Comitato Elettrotecnico Italiano, e delle esperienze pratiche maturate sul campo durante la mia vita operativa.

Questa edizione contiene anche molte note dedicate alla sicurezza e le sue leggi, che recentemente sono cambiate. Con l'occasione devo ringraziare tutti i collaboratori dell'Area VI della D.C.P.S.T., che tanto si sono prodigati e che mi hanno consentito di aggiornare il testo precedente.

In particolare desidero esprimere un vivo apprezzamento ai Vigili del Fuoco Delle Cese e Murranca ed all'Ing. Cancelliere per la loro preziosa collaborazione.

Roma, agosto 2008

1 GENERALITÀ	3
2 TEORIA GENERALE	5
2.1 Circuito Idraulico	5
2.2 Circuito Elettrico	5
2.3 Conduttori	7
2.4 Materiali Isolanti	8
2.5 Corrente Alternata	9
2.6 Legge di Ohm	11
3 MAGNETISMO	15
3.1 Campo Magnetico	16
4 PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA	17
4.1 Trasformazione dell'Energia Elettrica in Calore	18
4.2 Misura di Tensione	20
4.3 Trasformatore Statico e Trasporto dell'Energia a Distanza	21
4.4 Trasporto dell'Energia Elettrica	24
4.5 Linee ad Alta, Media, Bassa Tensione	26
4.6 Elementi Conduttori	30
4.6.1 Linee Elettriche Aeree	30
4.6.2 Linee Elettriche in Cavo	30
4.7 Comportamento dei Cavi in Caso di Incendio	32
5 CABINE ELETTRICHE DI DISTRIBUZIONE	33
5.1 Quadri Protetti per Cabine di Distribuzione	36
6 IMPIANTI ELETTRICI in bassa tensione: PRINCIPALI TIPI DI ESECUZIONI	37
6.1 Distribuzione di Energia Elettrica nei Fabbricali Destinati a Civile Abitazione..	40
6.2 Apparecchiature Elettriche di Manovra	43
7 PRINCIPI DI SICUREZZA ELETTRICA	45
7.1 Effetti della Corrente Elettrica sul Corpo Umano	45
7.2 Limiti di Pericolosità della Corrente Elettrica	46
7.3 Contatti Indiretti	47
7.3.1 Protezione dai Contatti Indiretti	48
7.3.2 Protezione con Dispositivi Differenziali	48
7.3.3 Impianto di Terra	50
7.4 Contatti Diretti	52
7.4.1 Protezione dai Contatti Diretti	52
7.4.2 L'Arco Elettrico	52
7.4.3 Rischio Elettrico	53
7.4.4 Misure di Protezione Contro il Rischio Elettrico	53
7.4.5 Sicurezza Elettrica Operativa	58
7.4.6 Comando di Emergenza	59
7.4.7 Operazioni Interventuali in Vicinanza di Linee Elettriche	59
8 INCENDI DI APPARECCHIATURE ELETTRICHE	64
8.1 Incendio di Cabina Elettrica	64
8.2 Incendio di Quadro Elettrico	65
8.3 Intervento di Rimozione di un Folgorato	68

1 - GENERALITÀ

Una percentuale superiore al 30% degli interventi dei Vigili del Fuoco riguarda incendi di parti elettriche a seguito di corto circuiti, scariche elettriche, riscaldamenti localizzati, etc.

I problemi da affrontare sono seri ed altamente professionali. L'energia elettrica è una materia squisitamente tecnica, che non si vede ad occhio nudo, della quale si conoscono solo gli effetti; esempio classico quando si prende la scossa toccando un cavo scoperto oppure quando brucia un utilizzatore elettrico.

Osservando direttamente un cavo dall'esterno, non si può affermare se l'energia elettrica è in esso presente, quindi non posso avvertire l'eventuale pericolo.

Al contrario una crepa in un edificio può essere il segnale o la spia di un dissesto o di un eventuale crollo, per cui possono prendersi decisioni immediate, comprese l'evacuazione e lo sgombero dello stabile.

L'energia elettrica che viene consumata nel nostro Paese può essere divisa in tre grossi gruppi, fig. 1.

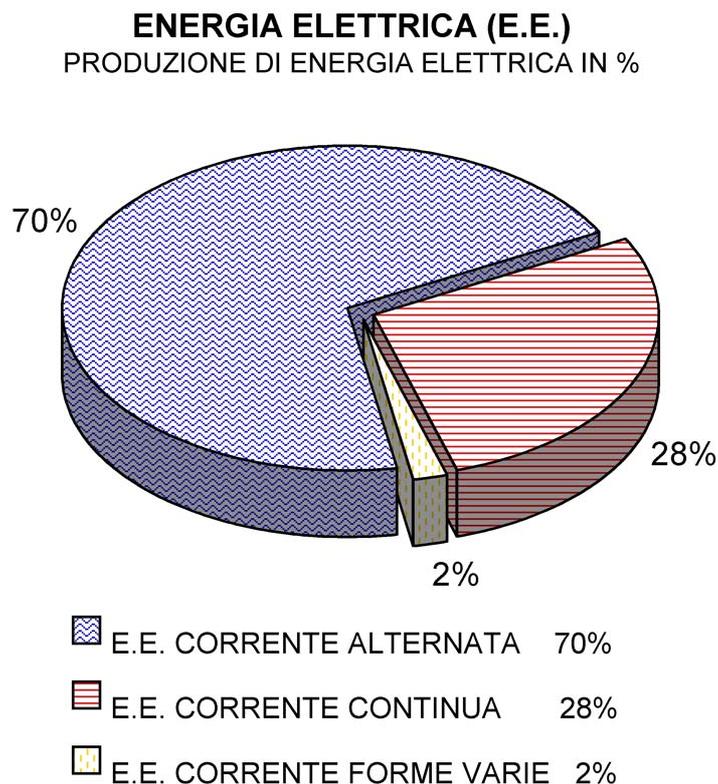


Fig. 1 - Produzione di Energia elettrica in c.c., in c.a. e in forma varia

La **CORRENTE ALTERNATA**: (simbolo \simeq C.A.) rappresenta circa il 70% dell'energia elettrica totale utilizzata. La si trova nella case di civile abitazione, industrie, edifici in genere, uffici negozi, grandi magazzini, illuminazione stradale, insegne luminose, etc.

La **CORRENTE CONTINUA**: (simbolo —C.C.) rappresenta circa il 28% dell'energia elettrica totale utilizzata. La si trova: negli accumulatori per autoveicoli, nelle batterie in genere. Inoltre sono alimentati a corrente continua tutti i treni delle ferrovie nazionali, metropolitane, tram, telefoni ed alcune industrie chimiche (industrie elettrochimiche e di galvanostegia). I pannelli solari oggi molto diffusi producono corrente continua.

La **CORRENTE DI FORMA VARIA** : rappresenta circa il 2% dell'energia elettrica totale, della quale distinguiamo i seguenti casi:

- a. nei circuiti elettronici e nelle apparecchiature elettroniche che esulano dalla presente trattazione.
- b. **Fulmine**: scarica di corrente di origine atmosferica che si manifesta durante i temporali. La probabilità dell'evento è bassa, ma i danni provocati dalla sua caduta sono notevoli. Si pensi ad esempio a ciò che possono provocare i fulmini che colpiscono i grossi depositi costieri di benzine e petrolio greggio. Purtroppo il fulmine molte volte è la causa anche di vittime (caso di fulmine che colpisce direttamente l'uomo o cade nelle sue vicinanze).
- c. **Energia elettrostatica**: conosciuta sin dai tempi remoti all'uomo, è di difficile neutralizzazione e individuazione. Sarà capitato di spogliarsi nel buio e togliersi una maglietta o una camicia realizzata con fibre sintetiche e di vedere delle scintille: questa è l'energia elettrostatica. Altro esempio è quando, dopo aver percorso molti chilometri in automobile con aria molto secca, si avverte una forte scossa sulle mani nell'aprire la portiere della stessa. L'energia elettrostatica, quindi, viene originata per strofinio: l'automobile che viaggia strofinandosi con l'aria accumulando cariche elettriche. L'energia elettrostatica è di difficile controllo ed è causa di moltissimi incendi, specialmente quelli riguardanti i liquidi infiammabili (depositi di benzine e petroli) e nelle sale operatorie degli ospedali, dove si trovano gas facilmente infiammabili (es. nuvola di gas in ambiente confinato in presenza di parti metalliche striscianti)

2 - TEORIA GENERALE

2.1 CIRCUITO IDRAULICO

Si consideri un argomento di carattere generale: si supponga di essere sul piazzale di manovra e prendere una motopompa **P**, fig. 2, e di collegarla alle sue estremità con una tubazione di attuale dotazione, 45 o 70 mm, e supponiamo che la tubazione sia piena d'acqua.

In questa condizione non succede nulla, ma se si mette in funzione la motopompa **P**, l'acqua contenuta nei tubi inizia a muoversi circolando nel senso indicato in fig. 2. L'acqua si muove, quindi, per effetto della pompa. La pompa non fa altro che spingere ogni singola particella d'acqua nella tubazione, o meglio, la pompa crea una differenza di pressione.

La pressione, infatti, nel punto **A** è maggiore che in **B** per cui l'acqua si muova da **A** a **B** nel senso indicato dalla freccia.

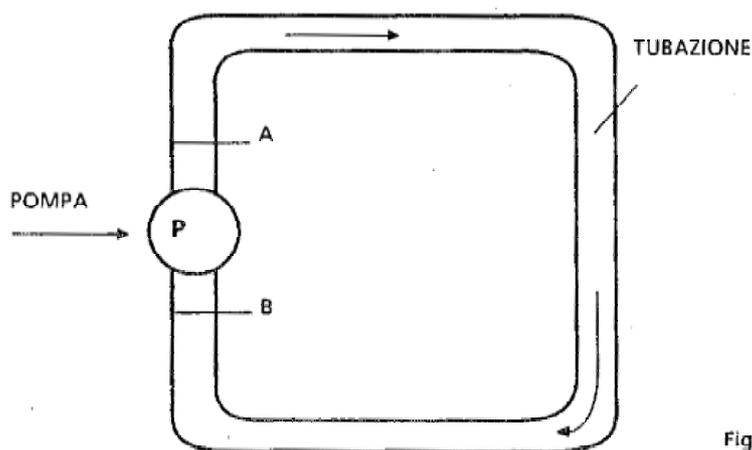


Fig.

Fig. 2 - Circuito Idraulico

La differenza di pressione si misura in Bar e, come è noto, anche in Megapascal. La tubazione impedisce all'acqua di uscire ed espandersi, cosa questa che si verifica quando in essa vi è un buco; se tagliamo la tubazione il moto cesserà ed essa si spanderà nel piazzale di manovra.

E' chiaro nella tubazione circolerà una certa quantità d'acqua al secondo (per es. 12 litri al secondo), ciò rappresenta la portata che si misura in litri al secondo (lt/s).

2.2 CIRCUITO ELETTRICO

Si esamini il più semplice circuito elettrico. Si supponga di prendere una batteria di quelle attualmente in commercio e di collegarla, tramite due fili di rame, ad una lampadina **L**.

Fatti i collegamenti si nota che la lampadina **L** si accende. La spiegazione di questo fenomeno è descritta nelle considerazioni che seguono.

Il rame contiene nel suo intimo delle cariche negative facilmente libere e movibili. E' noto infatti che la struttura atomica del rame (e di tutti i metalli in genere) è costituita da un nucleo centrale attorno al quale ruotano dei pianeti chiamati elettroni dotati di carica negativa.

Questa struttura è simile al sistema solare da tutti conosciuto e costituito dal sole e dai pianeti che vi ruotano intorno. Gli elettroni, come detto, sono cariche negative e facilmente mobili; la batteria ha due polarità, una positiva e l'altra negativa, fig. 3. Quest'ultima carica, fig. 3 A respinge gli elettroni i quali vengono attratti dal polo positivo della batteria, fig. 3 B.

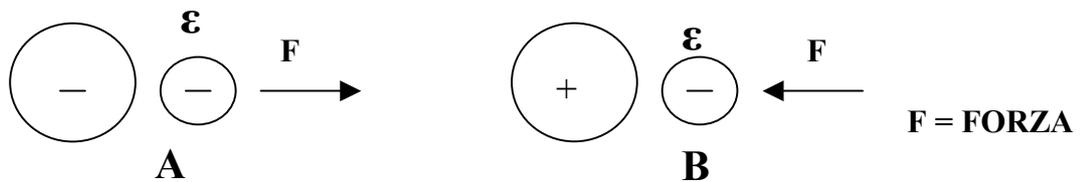


Fig. 3 (A - B) - Attrazione e repulsione fra cariche elettriche

Ne nasce, quindi, un moto di elettroni lungo il di rame. E' chiaro che con il circuito idraulico c'è un'analogia notevole tra il moto dell'acqua provocato dalla pompa P e il moto di elettroni creato dalla batteria.

Evidentemente, se la batteria manca o è scarica, non si ha più il moto di cariche e la lampada si spegne. Si è affermato che la batteria fa muovere gli elettroni, ma che cosa della batteria li fa circolare?

E' la differenza di potenziale V , spesso chiamata **tensione**, che provoca il moto.

Nell'esempio idraulico di fig. 2 è la differenza di pressione che crea il moto, in questo caso è la differenza di potenziale, fig. 4.

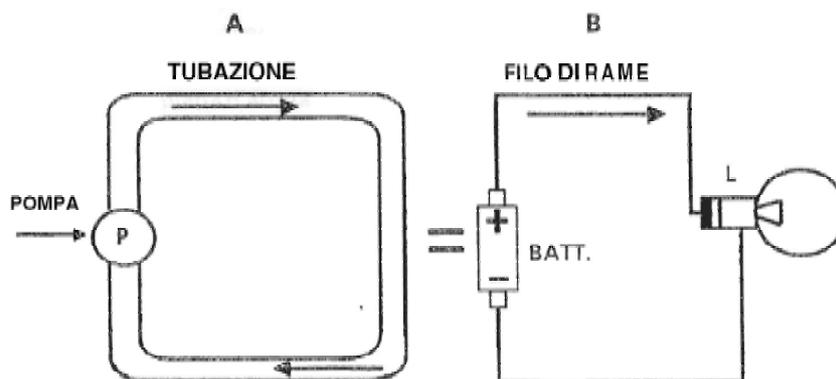


Fig. 4 - Analogia fra circuito idraulico e circuito elettrico

La differenza di potenziale si misura in **volt (V)**. In un altro ragionamento, si consideri un filo di rame, in una sua sezione qualsiasi passeranno un certo numero di elettroni al secondo (Es. 15000 elettroni al secondo); questa è chiamata **corrente** e si misura in **Ampere**. E' evidente che nel circuito di figura 4 B, se il filo di rame viene tagliato, il moto delle cariche si ferma come nel caso del circuito idraulico.

2.3 CONDUTTORI

In natura non tutti i materiali hanno la proprietà di avere gli elettroni liberi, come nel caso del rame. Abbiamo visto che questi elettroni (aventi carica negativa) erano quelli che venivano spinti dalla batteria; ebbene questa proprietà e caratteristica di alcuni materiali chiamati **conduttori**.

Tra i materiali suddetti, per un Vigile del Fuoco, rivestono particolare importanza i seguenti:

RAME:

usato moltissimo per la costruzione di cavi elettrici e di macchine elettriche in genere;

METALLI:

i metalli ordinari in genere (ferro, ottone, alluminio, zinco, ecc.) sono tutti ottimi conduttori di corrente e il loro impiego è molto diffuso;

ACQUA DI RETE:

usatissima nello spegnimento degli incendi, è un buon conduttore di corrente;

ACQUA DI MARE:

usata spesso nello spegnimento degli incendi specialmente nelle sedi marine, è fortemente conduttrice, di corrente, a causa dei sali in essa disciolti;

SCHIUMA:

agente estinguente usato per lo spegnimento degli incendi in situazioni particolari, è altamente conduttrice perché nella sua composizione, come noto, vengono usati liquidi appropriati che le conferiscono questa particolarità;

TERRENO:

il terreno che calpestiamo è un ottimo conduttore; spesso viene usato per scaricare correnti pericolose per l'uomo e per le apparecchiature (es. parafulmine). Esso diventa più conduttore quando è bagnato o è sito in prossimità di fiumi, mari, laghi, paludi.

2.4 MATERIALI ISOLANTI

Altri materiali non hanno queste cariche negative libere, elettroni, che invece sono bloccate intorno all'atomo. Questi materiali non conducono corrente e vengono chiamati materiali isolanti.

Tra gli isolanti che rivestono particolare importanza per i Vigili del Fuoco abbiamo scelto i seguenti:

ISOLANTI SOLIDI

VETRO-PORCELLANA usati nelle costruzioni di isolatori nelle linee ad alta tensione.

LEGNO - usato una volta nelle linee elettriche aeree, per i pali di sostegno e per le linee telegrafiche.

PLASTICA-GOMMA-POLIETILENE - usati come rivestimento dei cavi di tipo commerciale.

TESSUTI LANA COTONE FIBRE SINTETICHE usate nel vestiario comune.

ISOLANTI LIQUIDI

OLIO (Askarel) - olio minerale impiegato per il raffreddamento dei trasformatori di media ed alta tensione.

VERNICI – usatissime per realizzare isolamenti di piccoli spessori nei conduttori delle macchine elettriche.

Tutti i materiali sopra elencati, ad eccezione del vetro e della porcellana, prendono fuoco facilmente.

ISOLANTI GASSOSI

ARIA - è il più diffuso in natura (per perforare 1 cm. di aria a temperatura ambiente, in condizioni normali, occorrono circa 30000 volt).

GAS in generale (azoto, idrogeno, ossigeno, ammoniaca) - sono quasi tutti ottimi isolanti, lievemente migliori dell'aria.

ANIDRIDE CARBONICA -gas usato come agente estinguente. E' un buon isolante in condizioni ambientali con scarsa umidità.

N.B. l'umidità dell'aria (vapore acqueo) è un buon conduttore di corrente in quanto, condensandosi su oggetti freddi, forma dei veli d'acqua che costituiscono dei conduttori di tipo superficiale di corrente; es. - un asta di vetro è un buon isolante ma se per motivi diversi l'aria ambiente si condensa sull'asta, formando il classico velo di condensa, da isolante diventa man mano conduttore proprio perché la corrente elettrica viene a passare in questo velo superficiale.

Questi fenomeni si verificano quasi sempre nei bagni o nelle saune dove l'aria ambiente, ricca di umidità, si condensa sui vari oggetti (mattonelle, specchi, ecc.).

2.5 CORRENTE ALTERNATA

Per introdurre il concetto di corrente alternata ricorriamo alle nozioni fondamentali apprese nello studio del circuito elementare in corrente continua, e semplificato ulteriormente con l'analogia con il circuito idraulico, riportato in fig. 4.

I due circuiti possono essere paragonati ponendo:

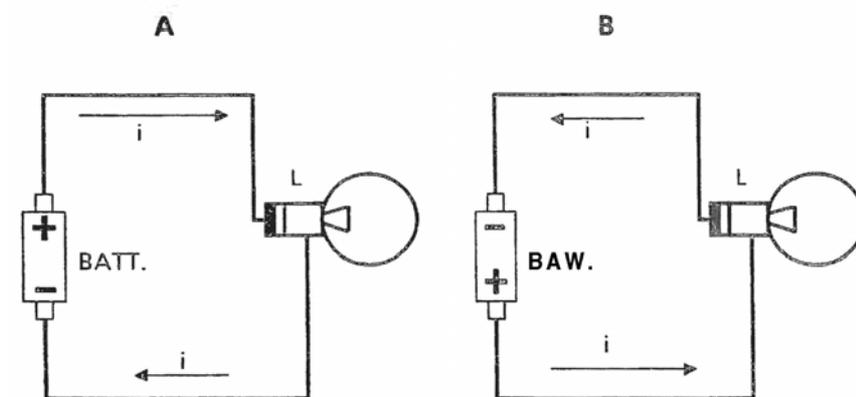
Pompa = Batteria

Tubazione = Filo di rame

Liquido circolante = Corrente elettrica

Per convenzione la corrente elettrica è da considerarsi positiva quando questa esce dal morsetto positivo della batteria (vedi nota conclusiva a pag. 13). Si utilizzano materiali altamente conduttori (quali il rame o metalli in genere) per realizzare i collegamenti tra gli erogatori di energia (in questo caso la batteria) e gli utilizzatori (es. la lampadina).

Riportiamo il circuito elementare in corrente continua, fig. 5; indicando con V la tensione presente ai capi della batteria e con I la corrente circolante nel circuito.



A - corrente circolante in senso orario.

B - corrente circolante in senso antiorario.

Fig. 5 - Corrente in senso alternato

Abbiamo due circuiti caratterizzati da una diversa alimentazione:

- nel circuito A la batteria ha il morsetto positivo (+) rivolto verso l'alto, di conseguenza, poiché la corrente esce dal morsetto positivo (per convenzione), essa circolerà in senso orario.
- nel circuito B la batteria ha il morsetto positivo (+) rivolto verso il basso, quindi la corrente uscendo dal morsetto positivo circolerà in senso antiorario.

Supponiamo ora di invertire la polarità (+) ad intervalli di tempo, per esempio ruotando con le mani la batteria. Si avrà di conseguenza una circolazione di corrente in modo alterno, in un istante circolerà in senso orario, nell'istante successivo in senso antiorario cioè inverso al precedente.

Supponiamo di realizzare una macchina particolare costituita da una batteria ruotante, come mostrato in fig. 6.

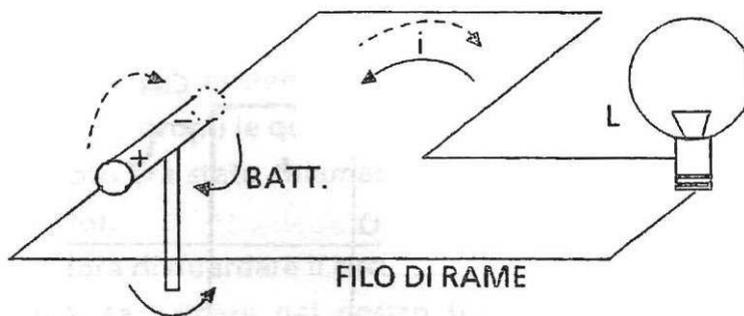


Fig. 6 - Batteria ruotante

Avremo allora in un certo istante una circolazione di elettroni in senso orario (A), nell'istante successivo una circolazione di elettroni in senso antiorario, inverso cioè al primo (B). Invertendo la polarità della batteria si inverte il moto degli elettroni: questa è una corrente alternata.

Quindi in corrente continua gli elettroni si muovono in una sola direzione (la corrente circola in un solo verso) mentre in corrente alternata gli elettroni si muovono in entrambe le direzioni (la corrente circola nei due versi).

Proviamo a diagrammare l'andamento nel tempo della corrente continua ed alternata, assumendo una direzione come positiva per la circolazione della corrente (I).

Riepilogando:

CORRENTE CONTINUA: la corrente non subisce alterazioni nel tempo, poiché circola sempre nella stessa direzione, quindi sarà costante nella sua rappresentazione, fig. 7.

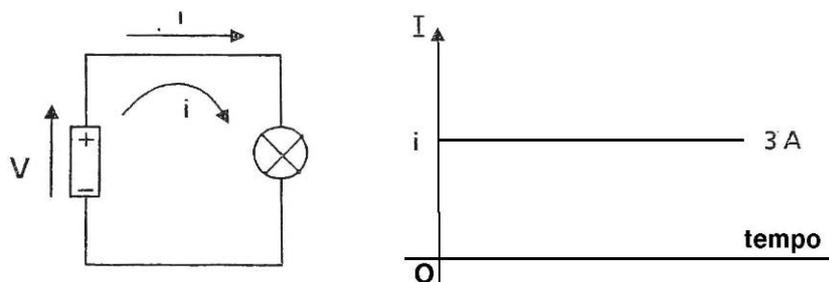


Fig. 7 - Corrente Continua – Andamento nel tempo

CORRENTE ALTERNATA: la corrente (i) inverte la sua direzione di circolazione nel tempo. Quindi rispetto al riferimento I si avrà la corrente (i) positiva (+ 3A) e la corrente (i) di uguale intensità ma negativa (-3A), fig. 8.

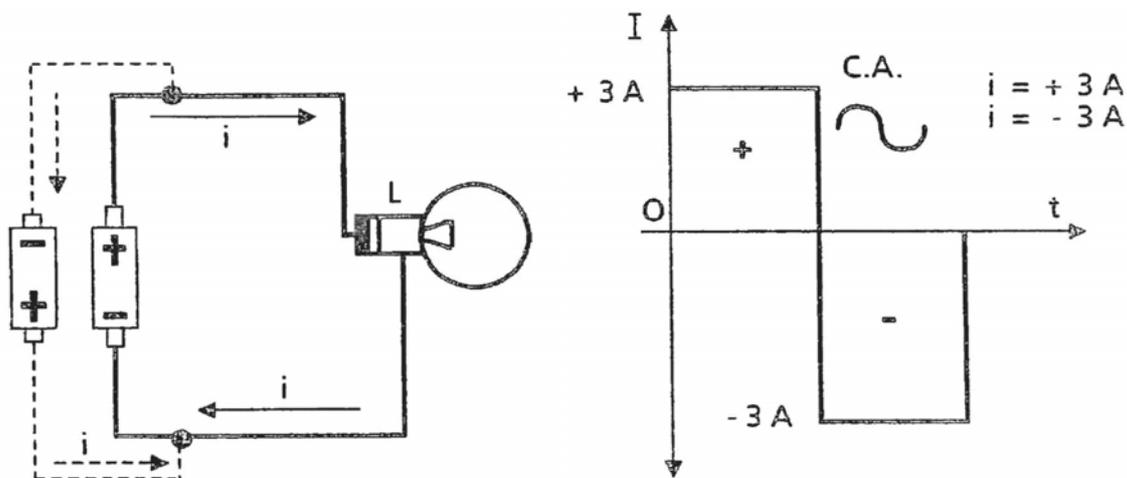


Fig. 8 - Corrente Alternata – Andamento nel tempo

Ricordiamo che la corrente alternata è presente nelle abitazioni, industrie, edifici, negozi, ecc..

ATTENZIONE: a parità di tensione, isolamento, estensione della parte di contatto, la corrente alternata, per la frequenza usata in Italia (50 Hz), è molto più pericolosa per l'uomo della corrente continua.

2.6 LEGGE DI OHM

Torniamo a riesaminare il circuito idraulico fondamentale e vediamo di fare alcune riflessioni. Abbiamo visto che la pompa creava una differenza di pressione tra i punti **A** e **B**, origine del moto dell'acqua. Supponiamo che la differenza di pressione tra i punti A e B sia di 5 Bar, (rilevabile dal manometro sito nel corpo della pompa), è ovvio che nel tubo circolerà una certa quantità d'acqua al secondo (portata) per esempio 2 litri/secondo.

Supponiamo ora di raddoppiare la pressione, portandoci a 10 Bar.: cosa succederà nel tubo? Passerà senz'altro una certa quantità d'acqua al secondo pari al doppio di quella prima, cioè 4 litri al secondo. Cosa vuol dire queste? Vuol dire che raddoppiando la forza premente (pressione), raddoppia la quantità d'acqua che fluisce nel tubo, al secondo. Analogamente se noi dimezzassimo la pressione tra i punti A e B (es. portando a 2,5 Bar) la portata risulterà dimezzata, cioè 1 litro al secondo.

Cosa vuol dire questo discorso? Vuol dire che tra differenza di pressione e portata vi è una proporzionalità, a parità di tutte le condizioni (lunghezza, sezione e scabrezza del tubo). **DP** proporzionale alla portata **Q** (**DP** = Differenza di Pressione).

Torniamo al nostro circuito elettrico elementare. Avevamo visto che la differenza di potenziale esistente fra i punti A e B faceva nascere un moto di cariche negative (elettroni) le quali si spostano dal punto B percorrendo il filo di rame, questo moto era stato chiamato corrente (**I**) (la corrente è il numero di cariche al secondo).

Supponiamo ora di guardare il circuito della fig. 9 e di avere una batteria di 5 volt la quale fa passare nel nostro filo di rame, e quindi nella nostra lampadine, una corrente di 1 ampere. Se raddoppiassimo la tensione fra i punti A e B inserendo, per esempio, una batteria di 10 volt, è chiaro che nel circuito, alla stessa maniera di quanto avveniva nel circuito idraulico, passerà ora una corrente doppia di quella di prima, cioè 2 ampere.

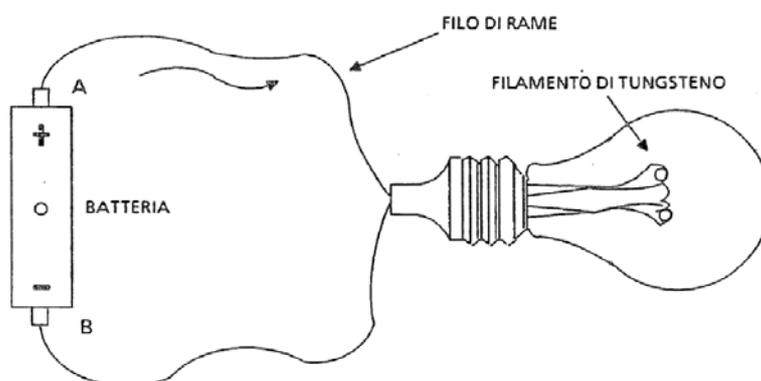


Fig. 9 - Batteria che alimenta una lampadina

Quindi lo stesso discorso di proporzionalità visto nel circuito idraulico elementare è valido anche nel circuito elettrico elementare. Ciò vuol dire che a parità di tutte le altre condizioni tra la differenza di potenziale fornita dalla batteria e la corrente che passa nel circuito esiste una proporzionalità.

V = differenza di potenziale fra i punti A e B (volt)

I = corrente (ampere)

Ricordando i simboli della differenza di potenziale **V** o della corrente **I** potremo scrivere che in un circuito elettrico:

V proporzionale ad **I**, cioè:

V = R x I dove **R** è il fattore di proporzionalità.

L'unità di misura del fattore **R** è l'ohm, per ricordare lo scienziato che scoprì questa legge. Esaminiamo più da vicino cos'è questa **R**.

Guardando il circuito, è chiaro che le cariche, per passare da A verso B incontreranno una certa difficoltà, cioè una certa resistenza, così come le gocce d'acqua nel circuito idraulico. Questa difficoltà, al passare delle cariche elettriche da A verso B si chiama resistenza, che non è altro che la misura della difficoltà che il circuito composto dal filo di rame e la lampadina oppone al moto degli elettroni. E' evidente allora che il filo di rame offrirà una propria resistenza al moto degli elettroni, diversa dalla lampadina L , perchè diverso il materiale con cui sono fatti.

Nasce quindi il concetto che ogni materiale conduttore ed ogni apparecchiatura elettrica avranno una diversa resistenza. Facciamo alcuni esempi: un filo di rame della sezione di mm 1 avrà una resistenza di 0,05 ohm, una lampadina da 180 W di tipo commerciale avrà una resistenza di circa 480 ohm, come si vede valori completamente diversi. Altro esempio: un ferro da stiro per il suo funzionamento ha una resistenza interna di circa 100 ohm. In generale i fili di rame che costituiscono gli impianti elettrici hanno bassissime resistenze inferiori a 1 ohm (esempi 0,05ohm - 0,10 ohm) al contrario gli apparecchi elettrici in generale hanno valori di resistenza molto più elevati proprio perché il valore di questa resistenza viene sfruttata per usi industriali dall'uomo (esempio lampadina).

Nota conclusiva: Le convenzioni adottate indicano come positivo il verso della corrente dal + verso il - ; cioè in contrasto con l'effettivo movimento della corrente. La causa di questa ambiguità va ricercata nel fatto che fino al 1900 si credeva che il movimento fosse dal + al - e solo nel 1920 si è scoperto che l'effettivo movimento era dal -al +. Si pensava cioè che l'elettrone avesse carica +. Come visto l'unità di misura della corrente è l'ampere. Molto spesso per comodità si preferisce riferirsi al milliampere.

Il milliampere (sottomultiplo dell'ampere) è la sua millesima parte.

Circa la tensione (unità di misura **Volt**), ai fini di questo corso, si deve fare un lungo discorso:

- Per circa cinquanta anni, si è parlato di bassa tensione (corrente alternata) per valori compresi tra 0 e 400 V.

Superiore a 400 Volt la legge (DPR n° 547/55) la individuava come Alta Tensione. Contemporaneamente gli addetti ai lavori hanno introdotto un termine gergale chiamato “media tensione”, molto usato nella pratica corrente, per valori di V maggiori di 400 V e minori di 35.000 Volt. Superiore a questo valore si è sempre parlato di Alta Tensione o Altissima Tensione (es: linee 350 KV). Recentemente il Testo Unico (**decreto Legislativo n° 81 del 9 aprile 2008**) ha abrogato la definizione contenuta nell'art. 268.

Le norme CEI 64/8 individuano invece i sistemi elettrici in categorie come di seguito riportate:

categoria 0 (zero)	per tensioni fino a 50 Volt
categoria I	per tensioni fino a 1000Volt
categoria II	per tensioni fino a 30.000 Volt
categoria III	per tensioni maggiori a 30.000 Volt

Contatti con tensioni fino a 50 Volt non sono pericolosi per l'uomo.

3 - MAGNETISMO

In natura esistono alcuni materiali la cui caratteristica principale è attrarre particelle metalliche ferrose. Questi corpi si chiamano magneti naturali o calamite.

Il magnetismo si presenta in natura sotto due forme, fig. 10.

magnetismo NORD - N
magnetismo SUD - S



Fig. 10 - Calamita

Vale la regola generale che polarità uguali respingono mentre polarità opposte si attraggono con una forza **F**.



Lo spazio intorno a cui la calamita fa sentire la sua influenza lo chiameremo campo magnetico. In fig. 11 disegnato il campo magnetico creato da una calamita. Le linee disegnate sono state determinate disponendo delle limature di ferro intorno al magnete. Le particelle ferrose si dispongono secondo le linee tracciate.

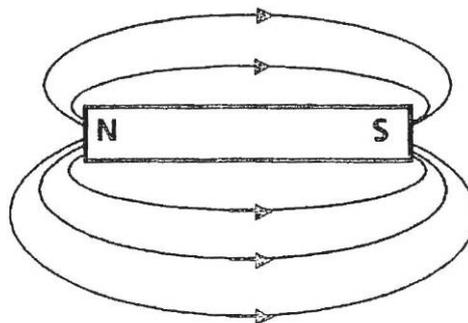


Fig. 11 - Campo magnetico creato da una calamita

Tra i campi magnetici naturali vale la pena ricordare il campo magnetico terrestre. Le bussole come noto si orientano secondo la polarità del campo magnetico terrestre.

Si chiama induzione magnetica il fenomeno per cui avvicinando ad un magnete un corpo di materiale ferroso questo si magnetizza in sua prossimità, con polarità contraria al magnete induttore; viene così a crearsi un magnete indotto che viene attratto dall'induttore.

Mentre il ferro dolce si smagnetizza rapidamente, l'acciaio resta nel tempo lungamente magnetizzato. Il vetro, il terreno, il rame, l'aria, l'olio, l'acqua, i tessuti non si magnetizzano se sottoposti all'azione di campi magnetici. Diremo che solo gli acciai hanno le proprietà suddette, per cui sono chiamati materiali ferromagnetici.

3.1 CAMPO MAGNETICO

Il campo magnetico può realizzarsi anche artificialmente facendo percorrere un filo di rame da una corrente I . Nella figura seguente è riportato il filo percorso da una corrente continua I che, come rappresentato, crea nelle sue vicinanze un campo magnetico. La limatura di ferro si dispone intorno al filo secondo cerchi concentrici. Avvicinando una bussola ad ago questa si orienta secondo il campo, fig. 12.

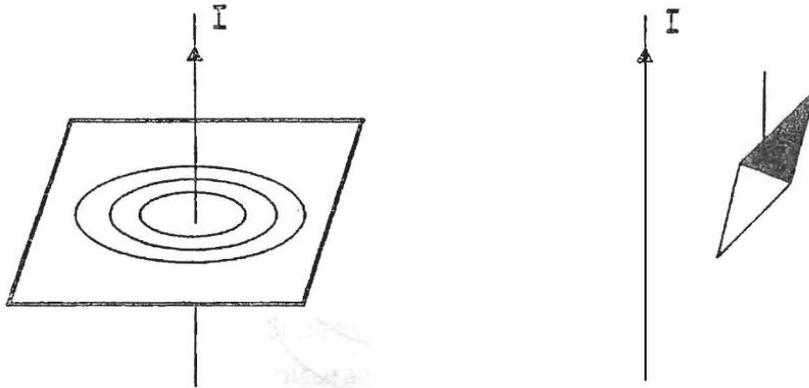


Fig. 12 - Campo magnetico creato da un conduttore percorso da corrente

Se si fa percorrere da una corrente continua I un filo di rame avvolto in una serie di spire (solenoidi) nasce nelle sue vicinanze un campo magnetico simile a quello creato da un magnete naturale, fig. 13.

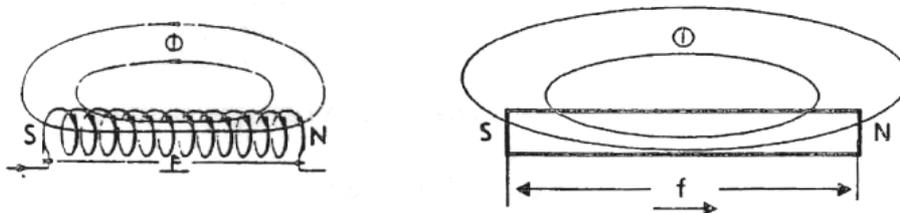


Fig. 13 - Campo magnetico creato da un solenoide

Questa scoperta, rivoluzionaria per quei tempi, permise di creare campi magnetici molto forti senza ricorrere a pesanti calamite. Tra le calamite artificiali o elettrocalamite, attualmente impiegate nella pratica corrente, ricordiamo:

- i Relè: usatissimi negli impianti elettrici;
- gli apri porta elettrici dei cancelli;
- i contattori o teleruttori dei motori;
- gli avvolgimenti delle macchine elettriche (bobine di campo dei motori in C.C. o dinamo), etc.

4 - PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA

La corrente alternata non si produce con le batterie come nell'esempio già visto, ma con particolari apparecchiature – macchine elettriche – denominate alternatori.

La produzione di energia elettrica ad uso industriale e civile avviene in centrali elettriche che distano generalmente da 100 a 1000 km. dalle grandi città, che si possono considerare degli utilizzatori. Infatti, proprio nei centri urbani, viene richiesta l'energia elettrica sia nei fabbricati di civile abitazione che nelle industrie.

Sovente accade che nei paesi in cui il fabbisogno energetico sia superiore alla produzione, si comperi energia elettrica all'estero: ad es. l'Italia compera energia elettrica dalla Francia e dalla Svizzera e da colà viene inviata, tramite elettrodotti, verso gli utilizzatori.

Le Centrali Elettriche di Produzione possono essere:

- IDROELETTRICHE
- TERMOELETTRICHE
- NUCLEARI

a seconda del modo di produrre l'energia elettrica.

A queste si aggiungono le produzioni di energia elettrica da fonte rinnovabile, che sono:

- Energia solare fotovoltaica; (pannelli solari)
- Energia eolica (dal vento);
- Energia dalle biomasse;

Nelle centrali elettriche convenzionali, l'energia elettrica viene prodotta da una turbina, mossa da acqua o vapore, che sullo stesso asse ha montato un alternatore per cui si avrà corrente alternata; se invece ha una dinamo si avrà corrente continua, fig. 14.

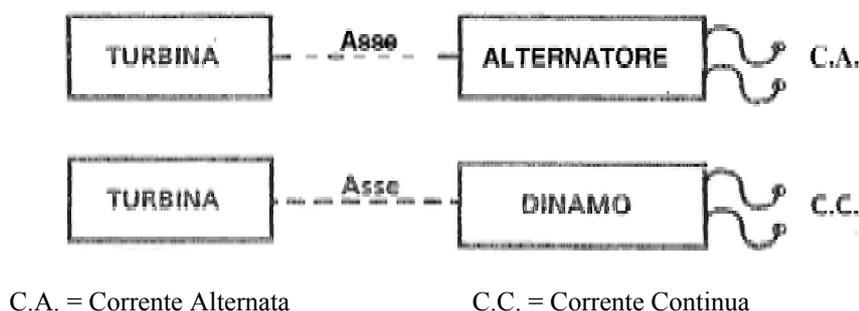


Fig. 14 - Schema di produzione di energia elettrica in C.C. e C.A

La corrente alternata presenta un grosso vantaggio rispetto a quella continua: la sua tensione può essere aumentata e diminuita con grande facilità. Gli apparecchi che consentono di variare la tensione di una corrente alternata si chiamano trasformatori. Ne discende che per motivi di praticità ed economia la corrente alternata è la più diffusa nel nostro Paese.

4.1 TRASFRORMAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA IN CALORE

Supponiamo di voler togliere dalla sua sede una lampada ad incandescenza, accesa già da un paio d'ore. Ci accorgiamo subito che, senza l'ausilio di guanti o materiali particolari (materiali coibenti), non si può estrarre la lampada dalla sua sede perché è molto calda.

Cosa è accaduto nella lampada suddetta? Si è verificato il fatto che l'energia richiesta si è trasformata in calore. Orbene questo fenomeno si verifica sempre in tutti gli utilizzatori di natura elettrica. Questo fenomeno è sfruttato dall'uomo per riscaldarsi o riscaldare materiali e cose.

Nelle abitazioni, per esempio, le stufette elettriche assorbono corrente (e quindi energia dalla rete) e le trasformano in calore. Altro esempio lo scaldabagno (riscalda l'acqua in esso contenuta), il tostapane, le lampade ad incandescenza già accennate, il ferro da stiro, etc.). Esiste perciò all'interno della stufa elettrica o dello scaldabagno, un particolare dispositivo che ha il compito di trasformare l'energia elettrica assorbita in calore, questo particolare dispositivo si chiama **resistenza** (grandezza elettrica vista nel paragrafo precedente).

La trasformazione dell'energia elettrica in calore è molto sfruttata nei processi industriali, si pensi ai forni elettrici di raffinazione dei metalli, alle saldatrici elettriche ad arco ed a tutti i forni elettrici in generale, compresi quelli del pane e delle rosticcerie.

Il prodotto differenza di potenziale (**V**) per corrente (**I**) si chiama potenza e si misura in **Watt**.

Potenza = differenza di potenziale x corrente con i simboli noti:

$$\mathbf{P = V \times I}$$

Facciamo un esempio: vogliamo sapere che corrente assorbe una lampada commerciale da 100 watt con tensione di alimentazione di 220 volt:

$$\mathbf{P = V \times I}$$

$$\mathbf{100 = 220 \times I}$$

$$\mathbf{I = 100 / 220 = 0,5 \text{ ampere (circa)}}$$

Nella tabella seguente sono riportate le potenze assorbite, in watt, dagli elettrodomestici più comuni.

ELETTRODOMESTICO	POTENZA (W)
Asciugacapelli	500÷1000
Aspirapolvere	300
Cucina elettrica	2000
Ferro da stiro semplice	500
Ferro da stiro con caldaia	800
Forno	2000
Frigorifero lt 200	170
Lavabiancheria	2500
Macina caffè	150
Piastra scaldavivande	210
Lavastoviglie	2000
Scaldabagno lt 80	600
Scaldabagno lt 100	1000
Stiratrice	1200
Bistecchiera	2500
Televisore	200
Tostapane	400
Ventilatore	100
Tostapane	500
Computer con accessori	600

Normalmente negli usi civili si stipula il contratto con l'azienda elettrica (generalmente l'Enel) per assorbire una potenza di 3 kW (utenza sociale). A questa potenza corrisponde una corrente di intensità pari a:

$$I = \frac{3000}{220} = 13,6 \text{ ampere}$$

per impianti aventi tensione di 220 volts.

Questa è la massima corrente prelevabile continuamente nel tempo dalla rete. Si ricorda che nelle case ed edifici in genere viene sempre fornita corrente alternata.

Ricordando, inoltre, la legge di Ohm delle pagine precedenti, sostituendo a $V = R \times I$, si ottiene:

$$P = V \times I = R \times I \times I = RI^2$$

chiamata anche legge di JOULE.

Nei sistemi trifase la formula precedente diventa:

$$P = 1,73V \times I \times \cos\varphi$$

4.2 MISURA DI TENSIONE

Finora abbiamo parlato di correnti continue e correnti alternate senza nulla precisare della loro misurazione. In altri termini: nelle case abbiamo detto che vi è corrente alternata, ma come si fa a verificare se in un circuito (ad es. una presa) vi è o no tensione? E' chiaro che visivamente la corrente elettrica non si manifesta, occorre pertanto qualche strumento in grado di valutare o per meglio dire misurare la presenza della tensione. Questo strumento si chiama Voltmetro fig.15.



Fig. 15 - Voltmetro

Esso è costituito da una scala graduata su cui scorre un indice mosso dalla tensione che andiamo a misurare. Per eseguire la misura ci si avvale di due puntali in dotazione dello strumento che vengono inseriti nel circuito. Se l'ago si sposterà rivelerà la presenza di tensione altrimenti no. Facciamo un esempio, prendiamo una presa in questa stanza, e domandiamoci se vi è tensione e quale valore ha. Preso il voltmetro, dopo avervi collegato nello strumento i due puntali, questi si inseriranno negli alveoli della presa. Se l'ago dello strumento resterà sullo zero, vuol dire che sulla presa non c'è tensione. Viceversa il valore su cui si è spostato l'ago nella scala dello strumento sarà il valore della tensione presente.

Commercialmente si vendono degli strumenti universali in grado di misurare tensioni, correnti etc., sia in corrente continua sia in corrente alternata. Usualmente si chiamano Tester o Multimetri e vengono prodotti sia di tipo analogico (ad ago) che digitali, fig. 16.

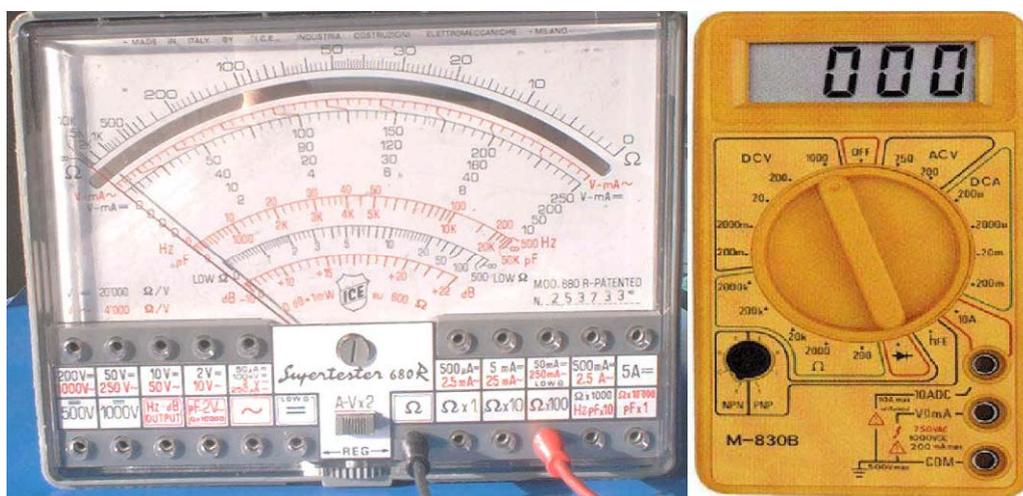


Fig. 16 - Multimetro analogico (a sinistra) e multimetro digitale (a destra)

N.B. Nelle case di civile abitazione come già detto, vi è solo corrente alternata avente le seguenti tensioni: 127 o 220 V a secondo di come l'aziende elettrica (ENEL) fornisce in zona l'energia. La tensione 380 volt è fornita solo per i sistemi trifasi (utenza artigianale e industriale). La tensione 127 volt è in via di esaurimento, persiste solo in alcune aree del Paese.

4.3 TRASFORMATORE STATICO E TRASPORTO DELL'ENERGIA A DISTANZA

La corrente alternata presenta un vantaggio rispetto a quella continua: la sua tensione può essere aumentata o diminuita con grande facilità. Gli apparecchi che servono per cambiare la tensione di una corrente alternata si chiamano trasformatori statici, fig. 17. Nel trasmettere l'energia elettrica a distanza, bisogna cercare di ridurre le perdite, e queste sono costituite in massima parte dalla trasformazione dell'energia elettrica in calore. Poiché il calore prodotto aumenta con l'aumentare dell'intensità della corrente **I** conviene che questa sia la più bassa possibile. Allora per trasmettere una certa potenza **P** è necessario che il valore della tensione **V** sia la più alta passibile e **I** la più bassa.

Tale risultato si ottiene con i trasformatori i quali hanno lo scopo di aumentare o diminuire il valore della corrente (**I**). Perciò nelle centrali elettriche si usano i trasformatori per elevare la tensione della rete e poi immetterla nelle linee di trasporto. All'arrivo nei centri di utilizzazione sia

urbani sia industriali la tensione elettrica viene abbassata con altri trasformatori, al valore giusto per il funzionamento delle apparecchiature elettriche.

I trasformatori in generale sono elevatori o riduttori di tensione per esempio: quelli presso le centrali elettriche sono elevatori, mentre quelli presso i centri di utilizzazione sono riduttori. Un trasformatore è costituito da un nucleo di ferro dolce attorno al quale ci sono due avvolgimenti: uno, chiamato primario, collegato alla sorgente di corrente alternata da cambiare; l'altro, chiamato secondario, da cui si preleva la corrente trasformata.

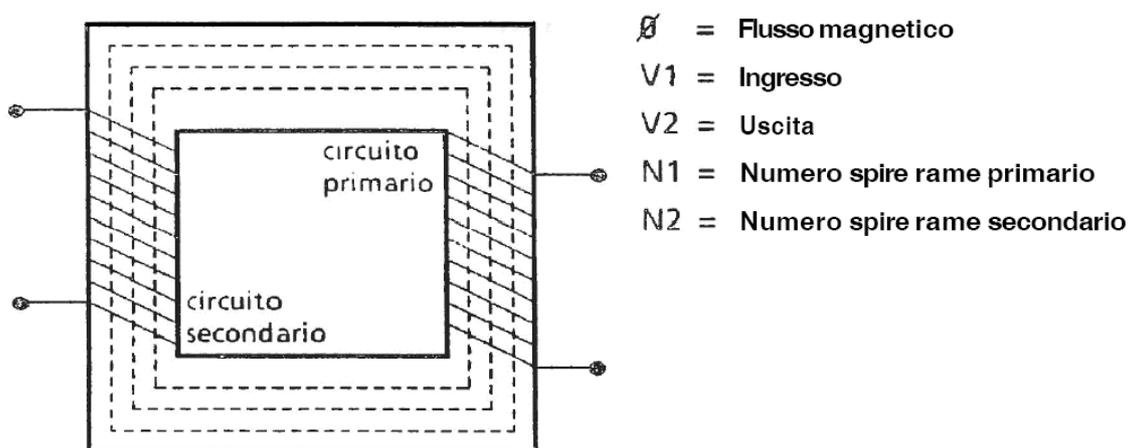


Fig. 17 - Trasformatore a due avvolgimenti

Sia nel nucleo sia negli avvolgimenti si ha una dissipazione di energia elettrica con conseguente produzione di calore. Si deve perciò prevedere un adeguato smaltimento del calore prodotto. Per piccoli trasformatori è sufficiente la dispersione naturale del calore nell'aria ambiente per raffreddarli (trasformatori in aria).

Nei trasformatori elevatori e riduttori, aventi potenze di migliaia di kW, si dissipa invece nel loro interno una grande quantità di calore, che viene smaltita mediante oli minerali con elevato punto di infiammabilità, i quali vengono raffreddati con vari sistemi. Nei trasformatori di nuova generazione l'olio viene sostituito con resine, che difficilmente prendono fuoco, e raffreddati ad aria.

Nella fig. 18, vengono mostrati due diversi tipi di trasformatore, uno a secco e uno cosiddetto ad olio:

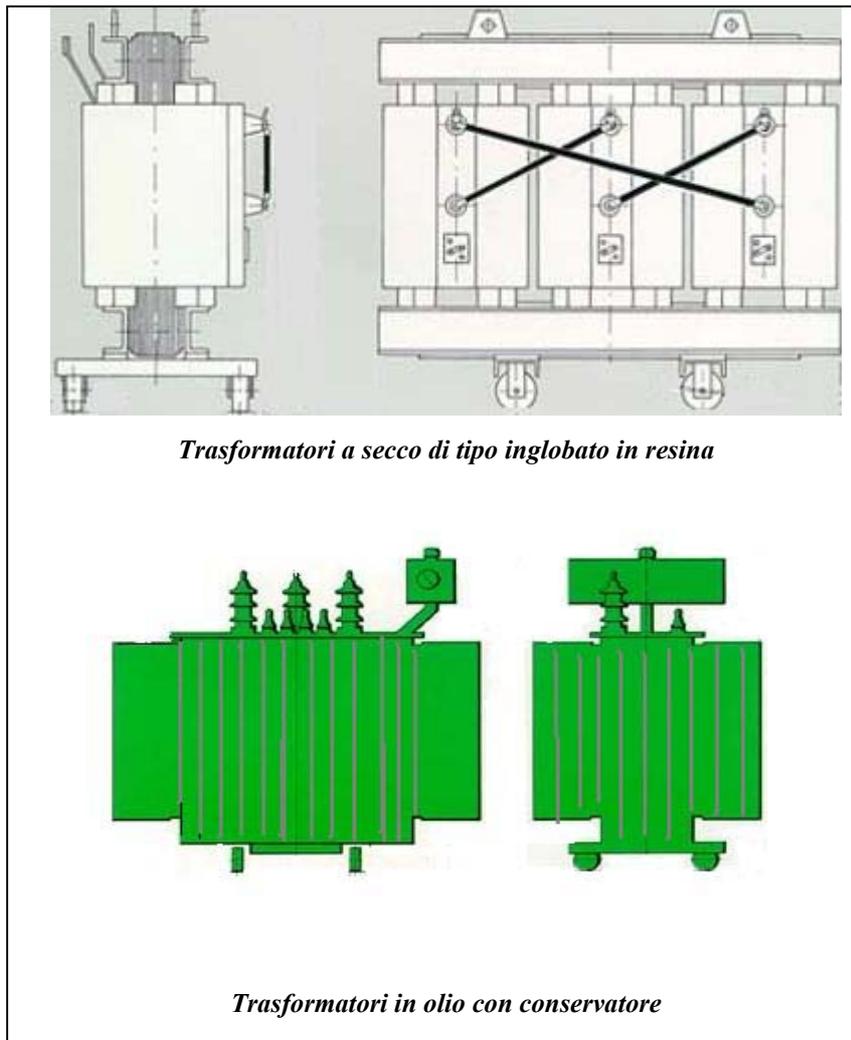


Fig. 18 - Trasformatori

Come già detto, nei grandi trasformatori ove le potenze disperse in calore nel nucleo e negli avvolgimenti sono notevoli, si ricorre all'immersione di tutta la macchina in un cassone di olio. In questi grandi trasformatori l'olio ha il compito di raffreddare gli avvolgimenti elettrici grazie ai suoi moti naturali di convezione. Il cassone esterno, costruito con lamiere ondulate, provvede a raffreddare l'olio nei trasformatori. Il contenuto di olio in una macchina fino a 400 kVA, è di circa 400/200 kg. Si ricorda che l'olio, una volta innescato da archi elettrici interni alla macchina, può bruciare facilmente.

I prodotti di detta combustione sono molto tossici. La fig. 19, mostra un trasformatore da 250 kVA raffreddato ad olio con cassone metallico ondolato. Il lato alta tensione si distingue da quello di bassa tensione, dagli isolatori di diversa altezza.

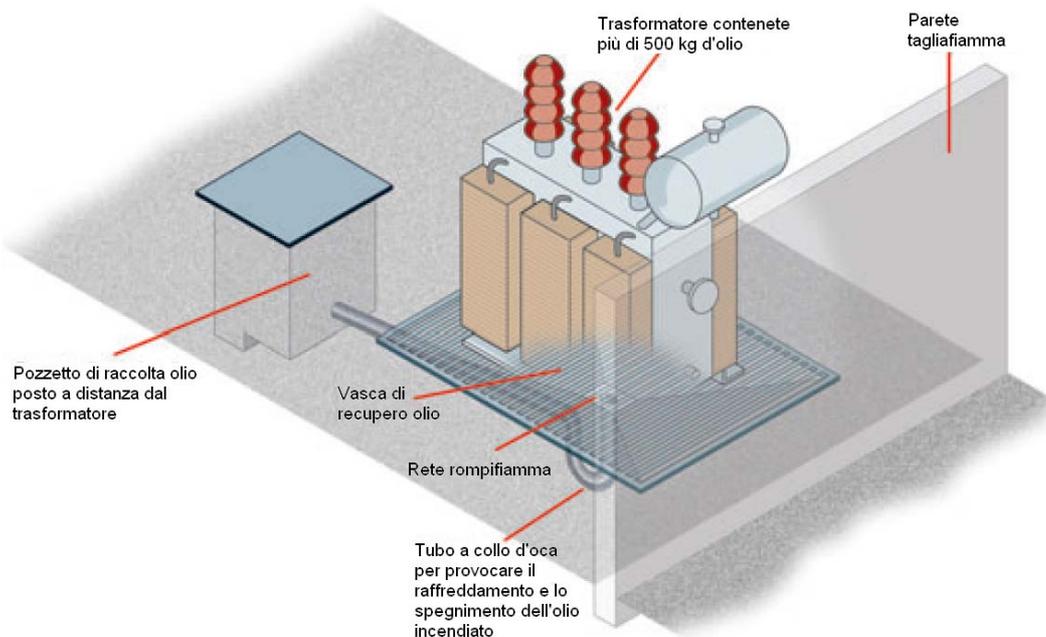


Fig. 19 - Trasformatore da 250 kVA raffreddato ad olio

4.4 TRASPORTO DELL'ENERGIA ELETTRICA

Il trasporto dell'energia elettrica avviene tramite conduttori nudi (**non isolati**) di tipo a corda di rame, sostenuti da tralicci: si tratta delle linee ad Alta Tensione (elettrodotti). Raggiunta la città, l'energia elettrica viene ripartita dalle sottostazioni (S) verso reti di distribuzione, fig. 20.

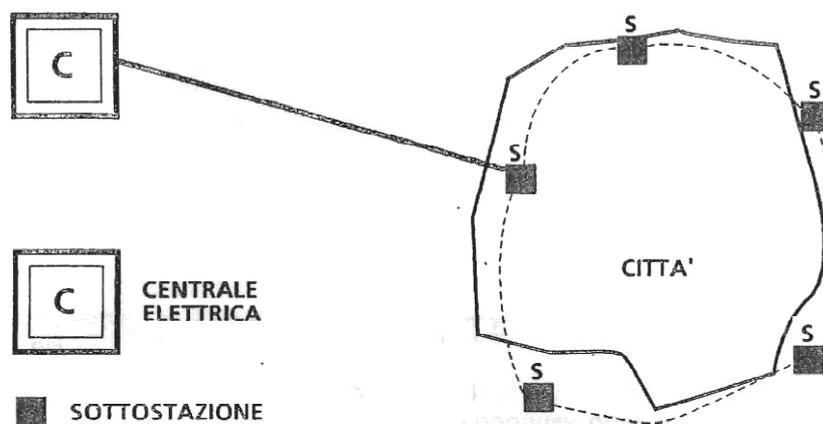


Fig. 20 - Trasmissione dell'energia elettrica in Alta Tensione –Distribuzione ad anello

Le sottostazioni si trovano in genere vicino alle grandi strade e disposte ad anello intorno alla città, fig. 21.

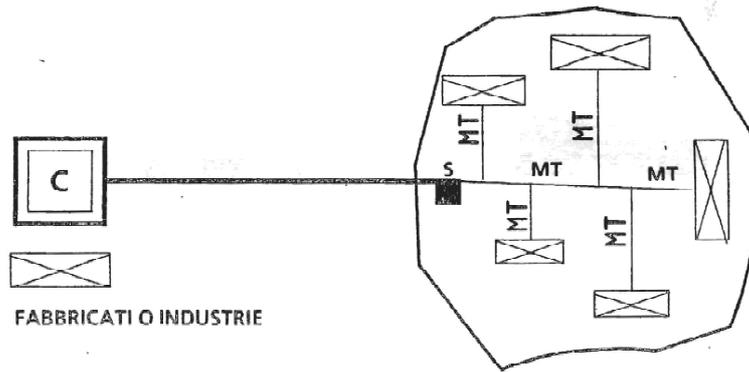


Fig. 21 - Distribuzione dell'energia elettrica in Media e Bassa tensione

In queste stazioni l'energia elettrica viene trasformata da alta in media tensione e trasportata tramite cavi interrati in prossimità dei fabbricati o delle industrie, che sono i veri utilizzatori dell'energia prodotta. Si utilizzano allo scopo cavi con anima centrale in rame e guaina esterna in materiale plastico, fig. 22.

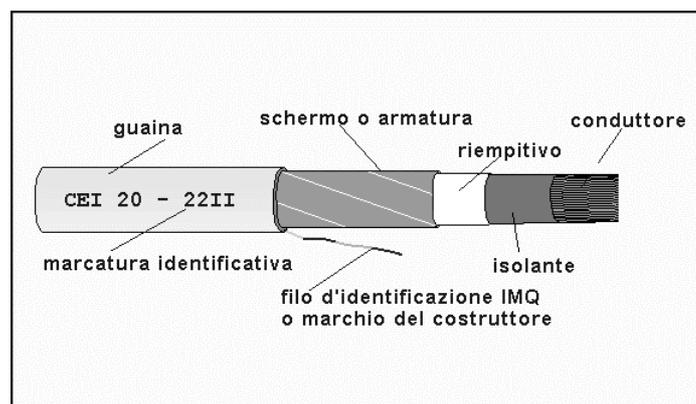


Fig. 22 - Cavo conduttore di energia elettrica

Questi cavi, come detto, vengono posati ed intubati sotto la pavimentazione stradale con scavi appositamente realizzati, fig. 23.

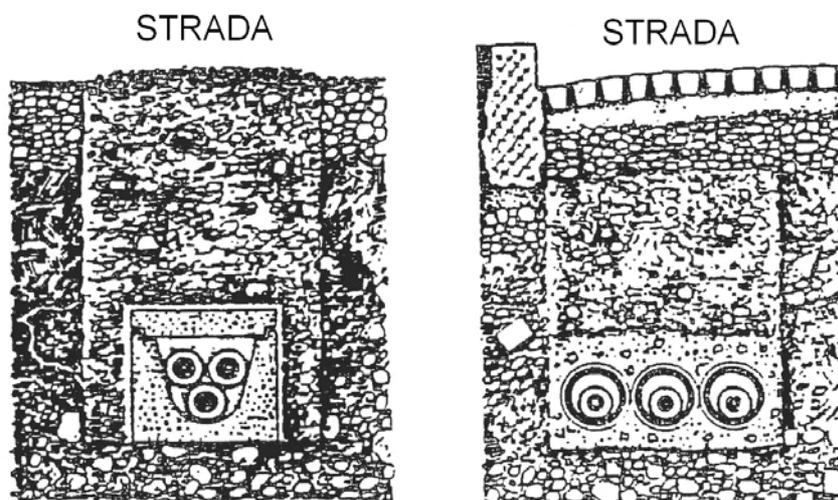


Fig. 23 - Posa di cavi conduttori di energia elettrica sottostrada

In prossimità dei fabbricati vi sono dei locali chiamati cabine di distribuzione dove l'energia elettrica proveniente in Media Tensione dalle sottostazioni S, viene convertita in Bassa Tensione.

Queste cabine si trovano generalmente in locali scantinati sotto il piano stradale o all'esterno dei fabbricati stessi. La distribuzione di energia elettrica è diversa a seconda delle necessità di energia per kmq. Esistono infatti utenze ad alta densità di popolazione, (grossi centri industriali o urbani) dove la richiesta di energia/Kmq è elevata. I medi centri urbani, i piccoli centri o centri rurali, con minori esigenze energetiche, hanno una minore richiesta di energia/kmq.

4.5 LINEE AD ALTA, MEDIA, BASSA TENSIONE

In caso di incendio è necessario definire immediatamente le caratteristiche della linea. Si deve quindi definire a colpo d'occhio se la linea è ad alta, media o bassa tensione.

Linee in alta tensione: i conduttori sono sorretti da tralici in metallo e ciascuno è separato dalla parte metallica tramite una catena di isolatori, fig. 24 e fig. 25.

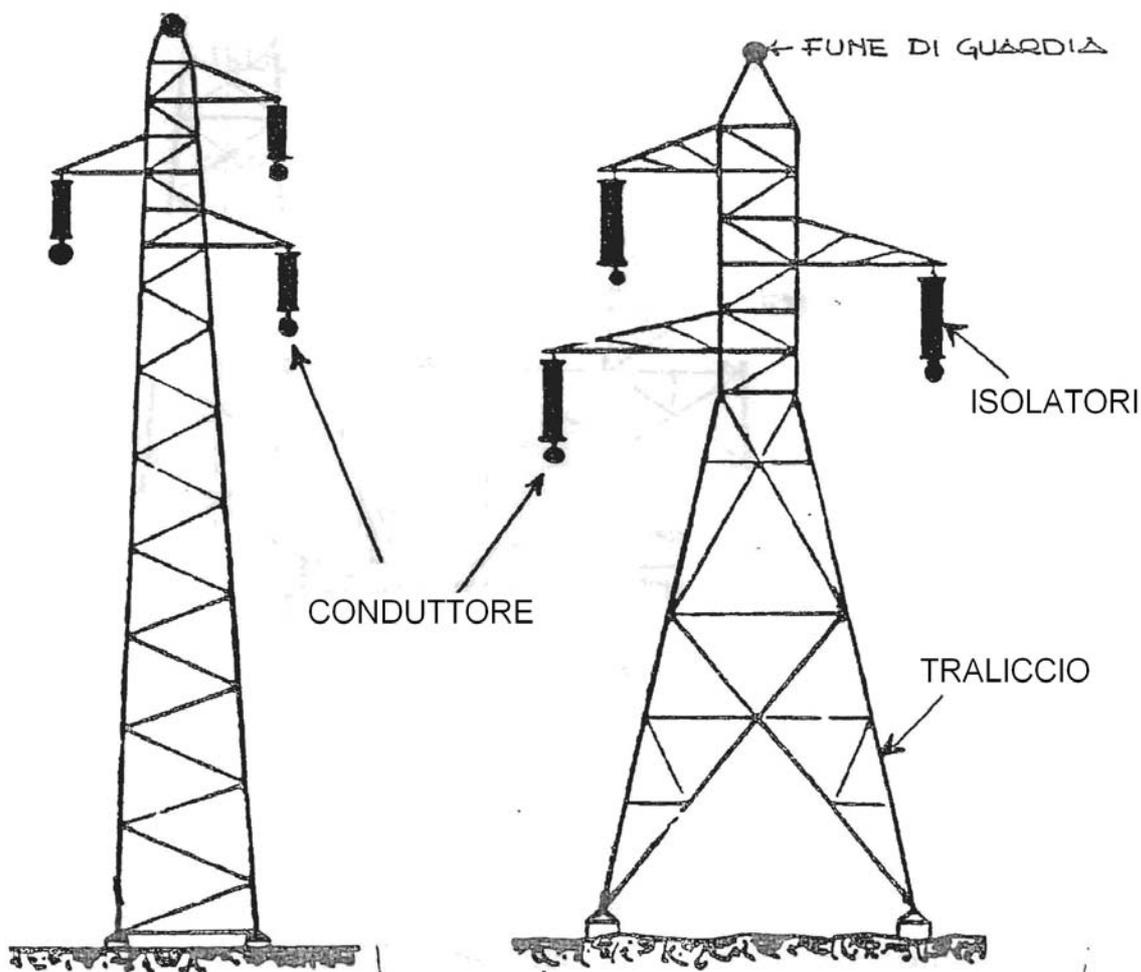


Fig. 24 - Linee in alta tensione: Elettrodotto aereo

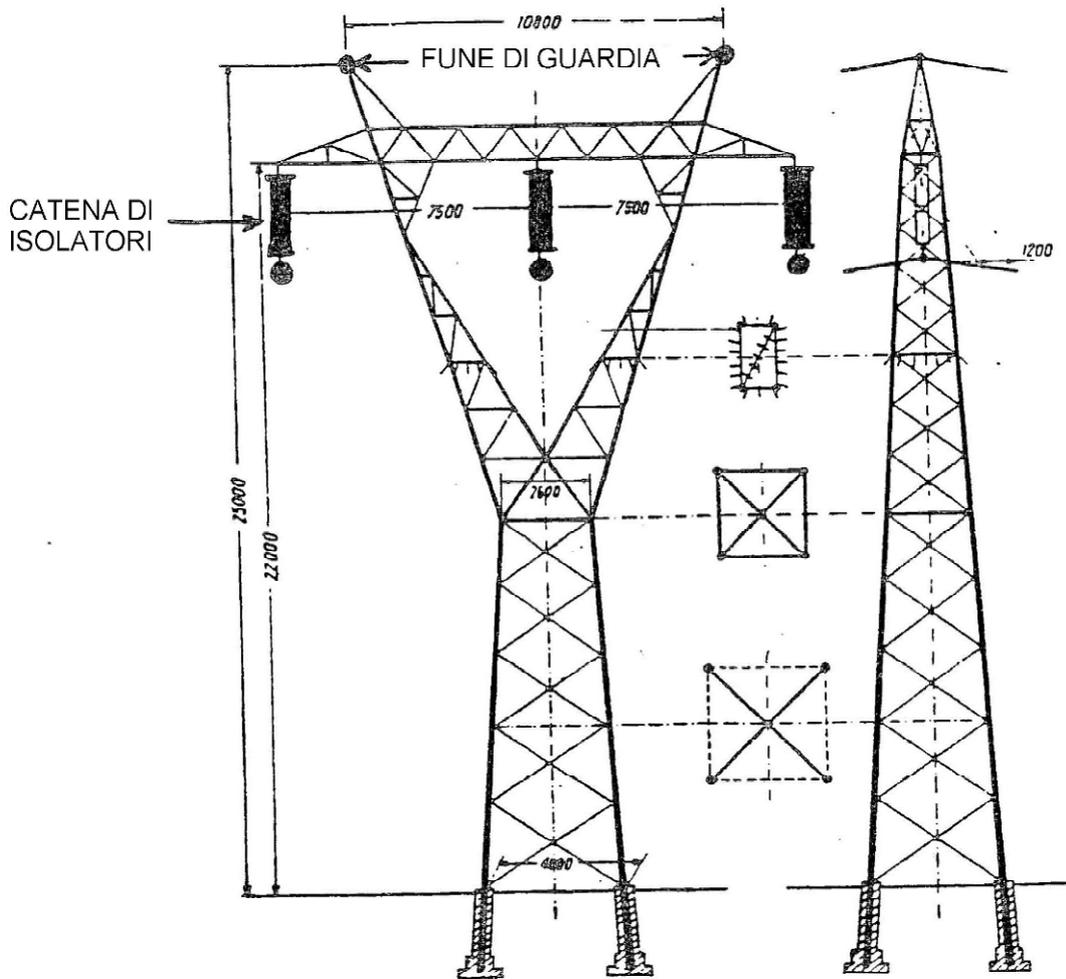


Fig. 25 - Traliccio per linea in alta tensione – particolari costruttivi

In genere, per sostenere il peso del conduttore cordato e nudo viene utilizzato un singolo isolatore ogni 10000 volt di tensione presenti sulla linea, (regola pratica). Quindi a seconda della tensione delle linee elettriche i singoli isolatori vengono posti in serie a formare una catena, ad esempio per una linea a 50000 volt occorrono 5 isolatori, fig. 26.

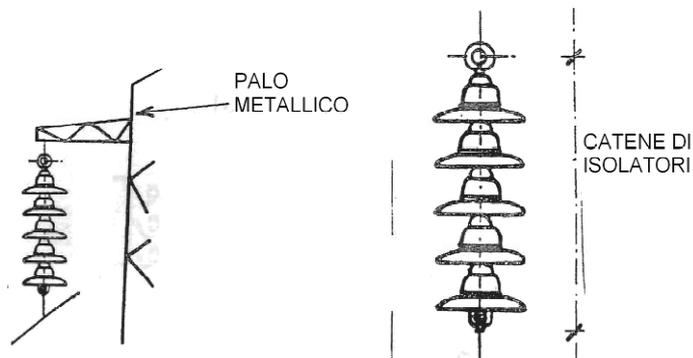


Fig. 26 - Catena di 5 isolatori per linea a 50000 volt

A volte si vedono catene doppie di isolatori, questo accorgimento è usato solo per sostenere il notevole carico meccanico, e non per motivi di isolamento elettrico.

La fig. 27, mostra gli isolatori del tipo a cappa e perno, generalmente realizzati in vetro o porcellana.

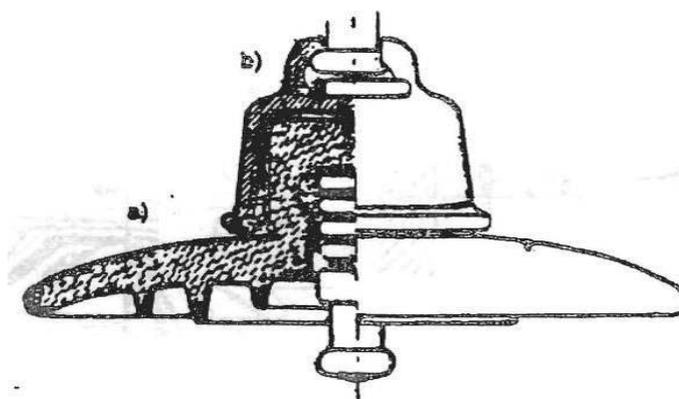


Fig. 27 - Isolatore a Cappa e Perno

Linee in media tensione: Sorrette da tralicci in metallo o pali di cemento armato, gli isolatori sono singoli per ogni conduttore e di tipo completamente diverso dai precedenti, fig. 28.

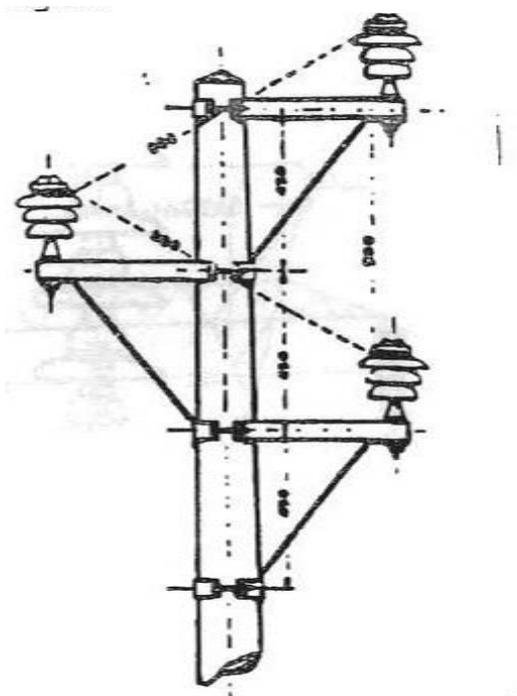


Fig. 28 - Linea i media tensione 20 – 30 kV

Gli isolatori per le linee in media tensione sono i vetro o porcellana; un esempio di isolatori per la media tensione è rappresentato in fig.29.

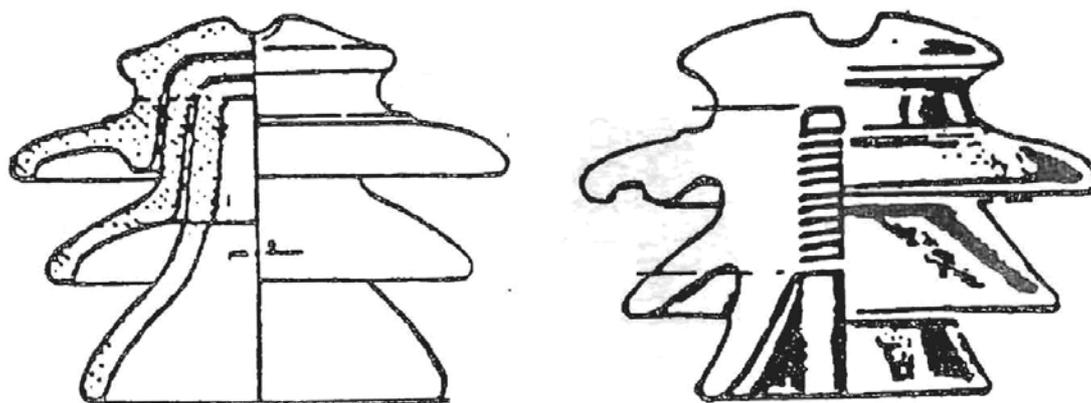


Fig. 29 - Isolatori in media tensione

Linee in bassa tensione: Si trovano esclusivamente in centri rurali. I pali sono in legno e gli isolatori in porcellana o in vetro hanno forma molto semplice. In alcune zone rurali specialmente nei paesi, gli isolatori vengono anche posti su mensole a muro, fig. 30.

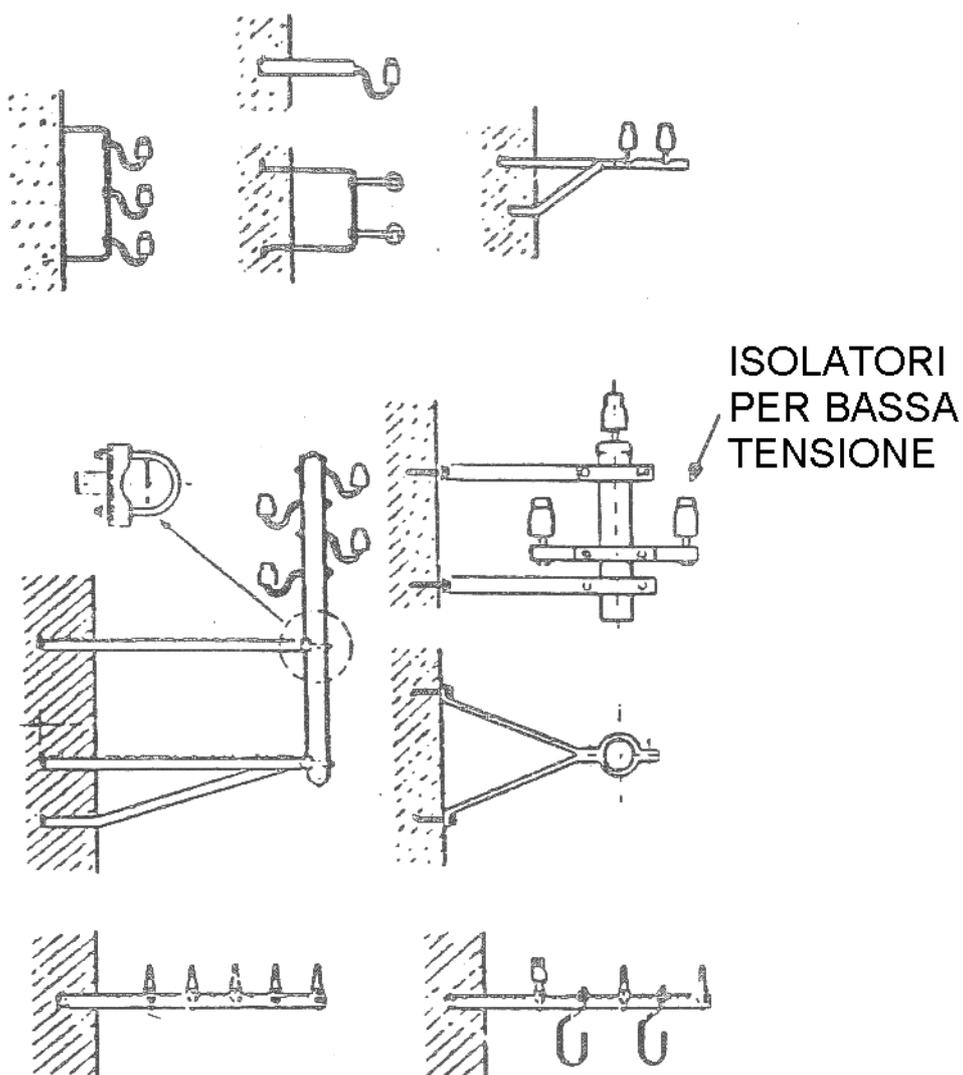


Fig. 30 - Supporti ed isolatori per linee in bassa tensione

4.6 ELEMENTI CONDUTTORI

4.6.1 Linee elettriche aeree

Caratteristica delle linee aeree è avere i conduttori nudi liberi nell'aria atmosferica, che ne costituisce quindi il dielettrico (l'aria è l'elemento isolante tra un conduttore e l'altro).

I conduttori vengono realizzati con filo, per sezione fino a 40 mm^2 , o con corda per sezioni a partire da 40 mm^2 , di solito di rame crudo.

Naturalmente i conduttori sono sostenuti da isolatori (a loro volta sorretti da sostegni allo scopo predisposti) che devono garantire con qualsiasi tempo un isolamento verso il palo e la terra.

E' evidente che per realizzare una linea aerea che presenti un buon grado di sicurezza, occorre:

- 1) che la tesatura della linea sia stata eseguita secondo determinate regole affinché, anche in condizioni sfavorevoli (bassa temperatura, che fa accorciare il cavo, manicotto di ghiaccio e vento non si abbia la rottura dei conduttori);
- 2) che la distanza minima dei cavi verso terra comporti grande sicurezza per le persone o cose che verranno a trovarsi al di sotto della linea stessa in modo che tra queste ed i conduttori non si inneschino archi elettrici anche in caso di pioggia battente. Quindi occorre che il punto più basso dei conduttori tesati si trovi ad almeno 5-6 metri da terra;
- 3) che la distanza minima tra i conduttori stessi sia dell'ordine di qualche metro, tale da evitare il contatto a seguito di forte vento.

4.6.2 Linee elettriche in cavo

Caratteristica della linee in cavo è avere i conduttori a distanza molto ravvicinata e racchiusi entro una guaina isolante. I conduttori, data la loro vicinanza, risultano isolati mediante un buon dielettrico tra di loro, e nello stesso tempo anche rispetto alla guaina.

Il conduttore impiegato è di solito filo o corda di rame ricotto, l'isolante può essere in gomma o soprattutto in materiale termoplastico per tensioni fino a qualche kilovolt (20-30 kV medie tensioni), fig. 31.



Fig. 31 - Conduttori per linea elettrica in Cavo

Cavi con olio e speciali miscele, conferendo al cavo qualità isolanti molto buone, trovano impiego particolarmente nel campo delle alte tensioni (superiori a 50 KV). La guaina, che serve a proteggere il dielettrico ed i conduttori dagli urti in generale contro gli agenti esterni, viene realizzata in gomma, in policloro propene, in polietilene, in cloruro di polivinile (PVC), in piombo o in alluminio a seconda del tipo di cavo e quindi dell'impiego. Se il cavo deve resistere a particolari sollecitazioni meccaniche vi può essere una guaina metallica, eventualmente circondata da un rivestimento di fibre tessili, quando è necessaria una protezione contro le corrosioni chimiche ed elettrochimiche.

Nel campo delle basse tensioni (minori di 400 V) sono molto usati i cavi con guaina ed isolati in gomma o in materiale termoplastico. La posa dei cavi può essere aerea oppure interrata.

Nel primo caso il cavo, tramite corda d'acciaio, detta portante, viene sostenuto mediante ganci o mensole ancorati a pali di sostegno o ai muri di fabbricati. Trattasi di distribuzione usata nei centri rurali e piccoli agglomerati urbani. In tutti gli altri casi il cavo viene interrato direttamente o in apposite canalette (circa 1 metro di profondità) oppure in cunicoli prefabbricati.

Di seguito si riportano alcune considerazioni pratiche di notevole importanza:

- A seconda dello spessore dello strato isolante si può valutare la grandezza della tensione presente nel cavo;
- In caso di corto circuito o di forte surriscaldamento bruciano prima i materiali isolanti (400 °C), poi fondono i materiali conduttori che hanno temperature di fusione elevate (1083 °C per il rame);
- I materiali isolanti nel bruciare sprigionano fumi e gas altamente tossici.

I motivi principali che possono determinare l'incendio di un cavo sono:

- 1) **Corto Circuito**: il cavo viene percorso, a seguito di un guasto in una apparecchiatura elettrica da esso alimentata, da una elevata corrente (da 100 a 4000 A) per cui viene riscaldato violentemente e l'isolante subisce un riscaldamento e deterioramento istantaneo. La durata del fenomeno è dell'ordine di vari secondi.
- 2) **Sovracorrente**: il cavo viene percorso da una corrente poco superiore a quelle che può sopportare per costruzione (portata). Ne discende che l'isolante viene a subire un riscaldamento poco superiore a quello per il quale è stato realizzato ma per un tempo notevolmente lungo. Il cavo percorso da questo tipo di corrente brucia dopo qualche ora.
- 3) Il cavo viene a **contatto diretto o indiretto** con una fonte di calore superiore a 150 °C (stufa, fiamma, ferro da stiro, etc.) ne consegue che il suo isolamento prima perde le caratteristiche meccaniche, poi liquefa ed infine prende fuoco.

4.7 COMPORTAMENTO DEI CAVI IN CASO DI INCENDIO

In relazione al comportamento al fuoco i cavi possono essere distinti nelle seguenti categorie:

- 1) **Cavi non propaganti la fiamma**: sono i cavi che presi singolarmente non propagano il fuoco e si autoestingono a breve distanza dal punto in cui sono incendiati. Se raggruppati in fasci possono tuttavia diventare un pericoloso veicolo di propagazione dell'incendio.
- 2) **Cavi non propaganti l'incendio**: sono i cavi che se raggruppati in fasci non propagano il fuoco e si estinguono a limitata distanza dal punto in cui si è sviluppato l'incendio. Trovano logica applicazione in ambienti chiusi ed affollati, in gallerie stradali e ferroviarie ed in locali pubblici in genere.
- 3) **Cavi resistenti all'incendio**: sono i cavi che hanno la proprietà di assicurare il loro funzionamento per un certo periodo di tempo durante e dopo l'incendio, cioè in altre parole aggrediti da fiamme o calore mantengono inalterate le loro caratteristiche elettriche. I cavi resistenti all'incendio possono al tempo stesso essere anche non propaganti la fiamma o non propaganti l'incendio. Sono utilizzati nei circuiti elettrici dei sistemi di sicurezza antincendio, allarmi, luci di emergenza, rivelatori ecc..

Lo studio di questi cavi è finalizzato non solo ad evitare la propagazione dell'incendio, ma anche a ridurre l'opacità dei fumi, la tossicità e la corrosività dei gas emessi durante la combustione. Esistono a tal proposito i cavi a bassa emissione di fumi.

5 - CABINE ELETTRICHE DI DISTRIBUZIONE

La cabina elettrica di distribuzione è costituita dall'insieme dei dispositivi (conduttori, apparecchiature di misura e controllo e macchine elettriche) dedicati alla trasformazione della tensione fornita dalla rete di distribuzione in media tensione (es. 5 kV, 10 kV o 20kV), in valori di tensione adatti per l'alimentazione delle linee in bassa tensione (400V).

Le cabine elettriche possono essere suddivise in cabine pubbliche e cabine private:

- **cabine pubbliche:** sono di pertinenza della società di distribuzione dell'energia elettrica ed alimentano le utenze private in corrente alternata monofase o trifase (valori tipici della tensione per i due tipi di alimentazione possono essere 230V e 400V). Si dividono a loro volta in cabine di tipo urbano o rurale, costituite da un solo trasformatore di potenza ridotta. Le cabine urbane sono generalmente costruite in muratura e sono a sviluppo verticale, fig. 32, mentre quelle rurali sono spesso installate all'esterno direttamente sul traliccio della MT, fig. 33.
- **cabine private:** si possono spesso considerare come cabine di tipo terminale, cioè cabine in cui la linea in MT si ferma nel punto di installazione della cabina stessa. Sono di proprietà dell'utente e possono alimentare sia utenze civili (scuole, ospedali, ecc.), sia utenze di tipo industriale con fornitura dalla rete pubblica in MT. Queste cabine sono nella maggioranza dei casi ubicate nei locali stessi dello stabilimento da esse alimentato.

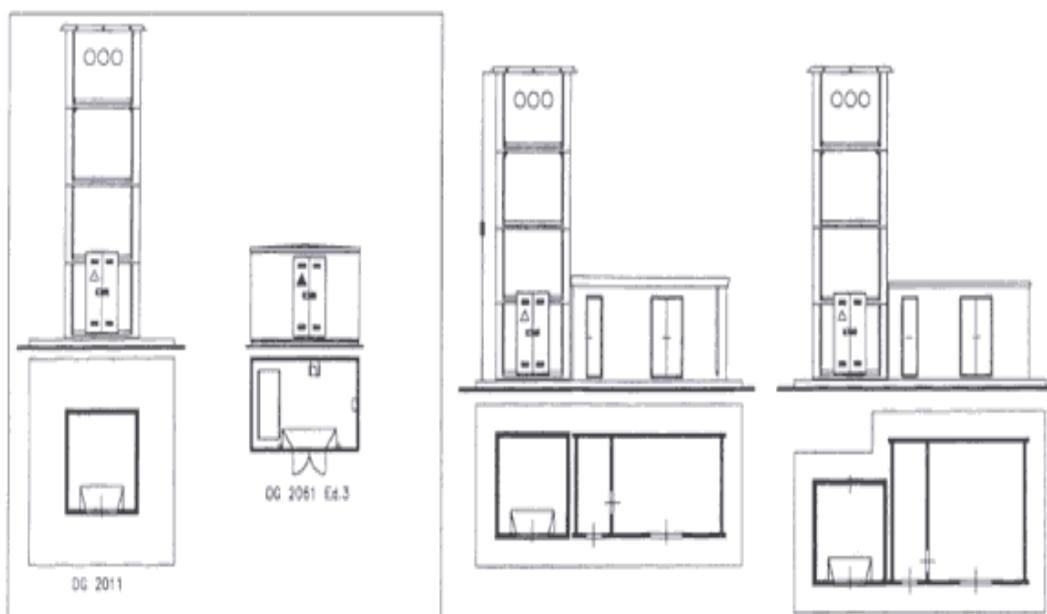


Fig. 32 - Cabina MT/BT di tipo urbano



Fig. 34 - Trasformatore MT/BT installato su palo con raffreddamento in olio

In una cabina di distribuzione si distinguono varie parti, che pur potendo avere disposizioni diversissime, sono indispensabili:

GRUPPO DI MISURA

E' il complesso di apparecchi e strumenti che servono a determinare la quantità di energia consumata e le modalità di prelievo.

CIRCUITO PRIMARIO

E' il complesso costituito dai conduttori, dagli isolatori e dagli apparecchi che consentono il passaggio dell'energia elettrica dalla media tensione, al punto di consegna da parte della società distributrice. Si distingue facilmente perché gli isolatori in genere in porcellana sono di dimensioni più grandi rispetto a quelli di bassa tensione.

TRASFORMATORI

Rappresentano l'elemento principale della cabina e servono a trasformare l'energia elettrica dalla alta tensione in una tensione più adatta alla distribuzione (bassa tensione 230, 400 volt).

CIRCUITO SECONDARIO

E' il circuito destinato al trasporto dell'energia trasformata. In genere nei centri urbani, molto popolosi una cabina alimenta dai 5 ai 6 palazzi di civile abitazione.

QUADRI DI DISTRIBUZIONE

Sono i complessi che rendono possibile lo smistamento, la misurazione e la registrazione dell'energia stessa.

CIRCUITO DI TERRA

E' il complesso di apparecchiature che servono a collegare alla terra tutte le parti metalliche o masse non in tensione.

PROTEZIONI

Sono tutti gli accorgimenti necessari per proteggere le macchine e le persone addette alla conduzione dell'impianto.

La cabina elettrica, con i trasformatori ed interruttori in olio, ha una notevole quantità di materiale isolante facilmente combustibile, esposto a venire in ogni momento a contatto con archi elettrici, che possono determinare la sua accensione e quindi l'incendio. Una norma fondamentale per la prevenzione di incendi nelle cabine è la predisposizione sotto ogni trasformatore di un pozzetto di raccolta di olio. Una pendenza piuttosto forte servirà ad immettere l'olio in una vasca di capacità adeguata posta possibilmente fuori della cabina (vedere Fig. 19 - Trasformatore da 250 kVA raffreddato ad olio).

Attuando questo dispositivo, i danni dovuti ad un eventuale scoppio delle macchine, con spargimento e conseguente incendio dell'olio vengono fortemente limitati; infatti l'olio, che alimenta l'incendio, viene convogliato nel pozzetto di raccolta.

In tali tipi d'incendio non possono essere adoperati, nè estintori idrici nè estintori a schiuma, come verrà meglio spiegato nelle pagine seguenti. Si ricorda che le cabine di distribuzione dell'energia elettrica sono di proprietà dell'azienda di fornitura dell'energia elettrica e sono gestite da persone specializzate e qualificate, fig. 34.

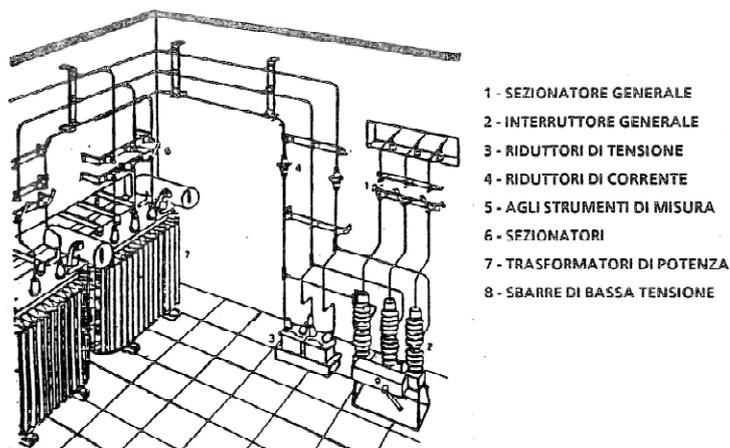


Fig. 34 - Cabina di distribuzione tipo azienda di fornitura dell'energia elettrica (es. ENEL)

Ne discende che prima di intervenire operativamente nell'interno bisogna aspettare l'arrivo dei preposti a tale servizio. Negli stabilimenti industriali invece le cabine sono di proprietà di privati, fig. 35. In genere, se lo stabilimento è di grandi dimensioni esiste un preposto (elettricista esperto) a questo tipo di servizio che bisognerà interpellare prima di intervenire. In piccoli stabilimenti invece è raro trovare personale idoneo.

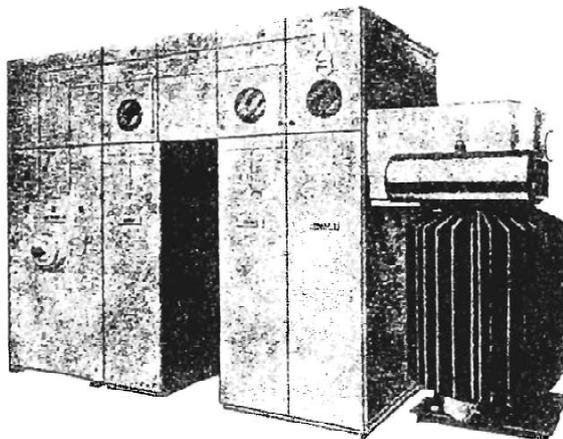


Fig. 35 - Cabina industriale di tipo privato con quadri ed armadi elettrici

5.1 QUADRI PROTETTI PER CABINE DI DISTRIBUZIONE

I quadri per cabine di distribuzione, sono quei contenitori metallici, realizzati in forme modulari, contenenti ciascuno un certo gruppo di apparecchiature (terminali di cavi, interruttori, sezionatori, trasformatori, fusibili etc.).

Tali quadri assumono nel loro complesso l'aspetto di uno o più armadi metallici completamente chiusi, accessibili dall'esterno solo con chiavi disponibili al personale dell'azienda di fornitura dell'energia elettrica esperto.

I quadri protetti per cabine di distribuzione vengono realizzati per l'utilizzo sia alle medie che alle basse tensioni.

Nota: Nella distribuzione ordinaria le tensioni in ingresso nella cabina di distribuzione sono le seguenti:

8.400 volt	- 8,4 kV
10.000 volt	- 10 kV
15.000 volt	- 15 kV
20.000 volt	- 20 kV
25.000 volt	- 25 kV
30.000 volt	- 30 Kv

E' superfluo far notare che un eventuale contatto di persone con parti elettriche a queste tensioni è mortale.

6 - IMPIANTI ELETTRICI IN BASSA TENSIONE: PRINCIPALI TIPI DI ESECUZIONI

Le modalità di esecuzione di un impianto elettrico variano in relazione all'ambiente a cui è destinato l'impianto stesso. A seconda che l'ambiente sia un edificio adibito ad abitazione civile o industriale, i cavi e le apparecchiature vengono installati in modi completamente diversi, avvantaggiando nel primo caso l'estetica, rendendo prioritarie la funzionalità, la rapidità di riparazione e di modifica. nel secondo caso. Tra queste soluzioni estreme si inseriscono altre versioni o le stesse si diversificano anche sensibilmente, caratterizzate e condizionate dal livello dell'impianto richiesto, dalle dimensioni dell'edificio e dalla finitura dei locali interessati. Se per esempio l'ambiente ha una finitura civile, il tipo di distribuzione dell'impianto installato deve essere in armonia con l'estetica del luogo. Se invece l'ambiente ha una finitura definita rustica, le esigenze estetiche e di design sono meno importanti mentre assumono maggior rilevanza caratteristiche di installazione rapida e funzionale.

Infine, se l'ambiente è di tipo industriale, per la gran quantità di conduttori e cavi presenti, l'esigenza fondamentale sarà quella di poter connettere, riparare o modificare l'impianto con una certa rapidità, affidabilità e flessibilità. Secondo la normativa vigente il complesso di conduttori, elementi di sostegno, di connessione ecc. che costituiscono una condotta può configurarsi in una distribuzione:

- a vista,
- in tubo,
- in canale o passerella,
- in condotto.

La distribuzione a vista fig. 36, è caratterizzata da conduttori o cavi aggraffati alle pareti e/o al soffitto. Nello specifico, questo sistema di distribuzione di impianti a vista utilizza per la distribuzione dei cavi delle canalette in PVC chiamato gergalmente autoestinguente, le quali consentono di associare una adeguata protezione dell'impianto ad una perfetta armonizzazione con l'estetica degli ambienti interessati. Gli ambienti dove trova applicazione una distribuzione di questo genere sono per esempio magazzini, seminterrati, cantine.

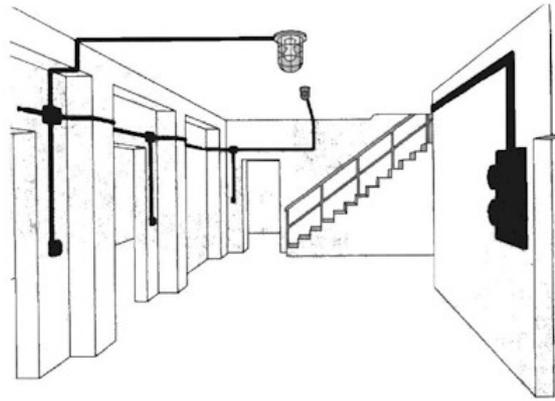


Fig. 36 - Impianto elettrico con distribuzione a vista in canalette di PVC

La distribuzione in tubo comprende invece un certo quantitativo di cavi, normalmente unipolari, infilati all'interno di tubi di protezione. Anche in questa soluzione si possono diversificare distribuzioni con il tubo fissato alla parete fig. 37, incassato sotto l'intonaco oppure annegato nel calcestruzzo fig. 38; tale soluzione viene principalmente adottata per locali di ritrovo, uffici, abitazioni, scuole, negozi, edifici prefabbricati, etc.

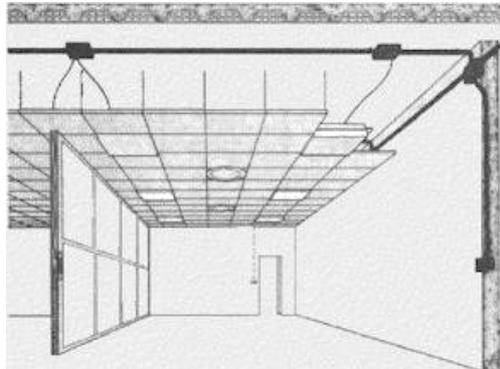


Fig. 37- Distribuzione in tubo fissato alla parete

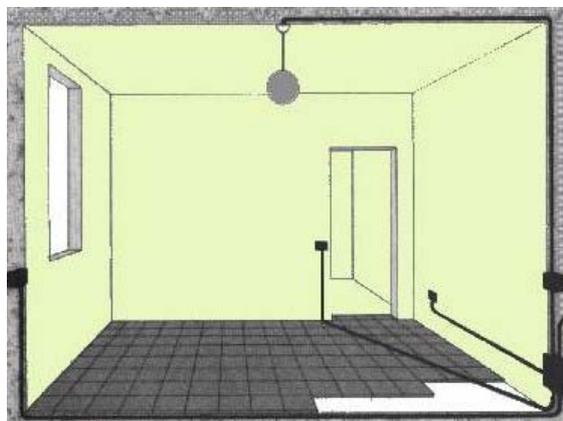


Fig. 38 - Distribuzione in tubo annegato nel calcestruzzo e sotto intonaco.

La distribuzione in canale o in passerella prevede che i conduttori vengano appoggiati all'interno di un sistema continuo e passante di contenitori che a loro volta possono essere in esecuzione sospesa fig. 39, sotto pavimento fig. 40. Esempi di tali distribuzioni si possono riscontrare in capannoni industriali, uffici, vecchi edifici ristrutturati etc..

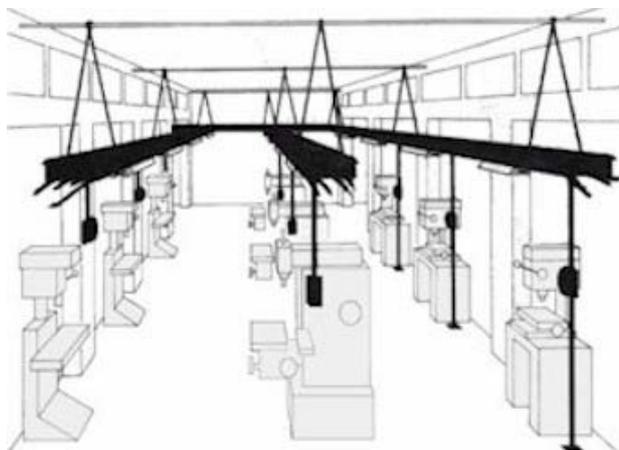


Fig. 39 - Distribuzione in passerella, esecuzione sospesa

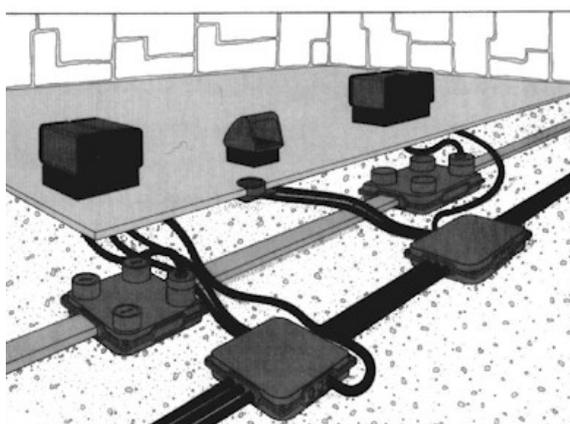


Fig. 40 - Distribuzione in passerella, esecuzione sotto pavimento

Se infine la distribuzione è del tipo a condotto, vengono previste delle cavità ricavate direttamente sul muro delle pareti o nel pavimento, all'interno delle quali si fissano o si posano i conduttori.

Questa soluzione è adottata per distribuzioni in cunicoli, in tubi interrati oppure in cavedi. Tale soluzione viene frequentemente adottata nelle officine meccaniche, fig. 41.

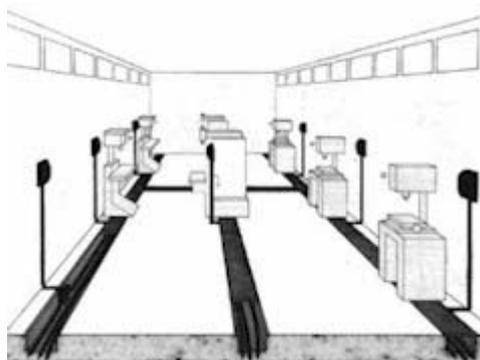


Fig. 41 - Distribuzione del tipo a condotto.

6.1 DISTRIBUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA NEI FABBRICALI DESTINATI A CIVILE ABITAZIONE

Nella fig. 42 e nella fig. 43 sono riportate la distribuzione dell'Energia Elettrica in un fabbricato destinato a civile abitazione. Dalla cabina C di distribuzione, già vista, partono una serie di cavi a 220 volt, che tramite conduttori interrati, arrivano alla base del palazzo. Da qui, vedi fig. 42, attraverso l'interruttore A si arriva tramite la colonna montante nel singolo appartamento.

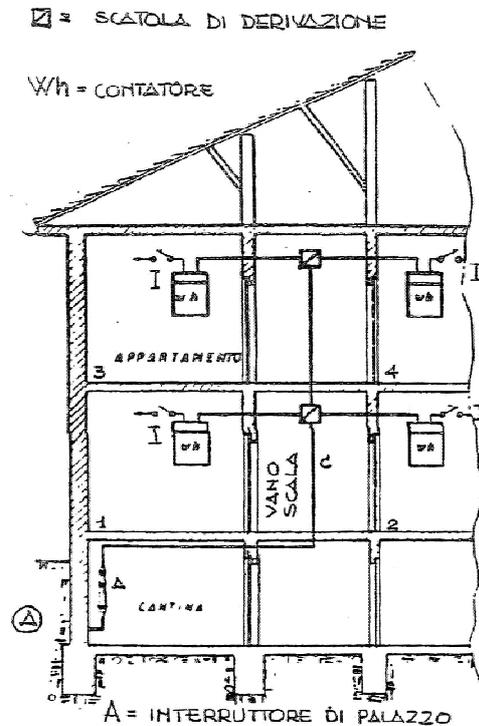


Fig. 42 - Distribuzione di energia elettrica in un fabbricato: Interruttore di palazzo

La colonna montante non è altro che un cavo ordinario a due o tre fili di notevole sezione che è stato annegato nella muratura del vano scala.

Tramite la scatola di derivazione posta nel vano scala si distribuisce l'energia nel piano.

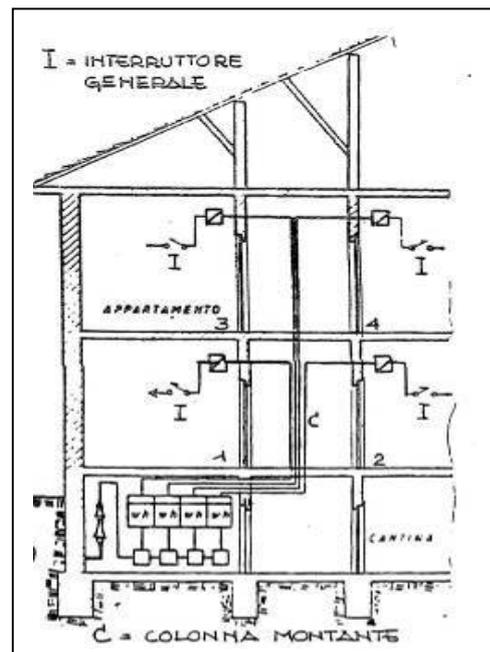


Fig. 43 - Distribuzione di energia elettrica in un fabbricato: Colonna Montante

Attraverso un cavo posto nella muratura si arriva all'interruttore **I** ed al contatore **Wh**. Il contatore **Wh**, fig. 44, non è altro che un organo con cui viene tariffata l'energia mentre l'interruttore **I** è la protezione contro i corto-circuiti dell'impianto di questo appartamento.

Questo schema di realizzazione per la distribuzione della energia elettrica è stato attuato fino al 1970, per cui è molto facile trovarlo nei centri storici. Dopo questa data si è usato l'altro schema: in un luogo confinato sono stati disposti tutti i contatori **Wh** ed interruttori **I** del fabbricato, fig. 43 e fig. 45, (es: locale sito vicino alle cantine).

Guardando le fig. 42 e la fig. 46 si nota che solo manovrando l'interruttore **I** posto nell'appartamento si riesce a togliere l'energia nella casa interessata dal sinistro. E' evidente che in questi casi non è agevole lo spegnimento di incendio in un appartamento proprio perchè è presente la tensione di rete 220 volt.

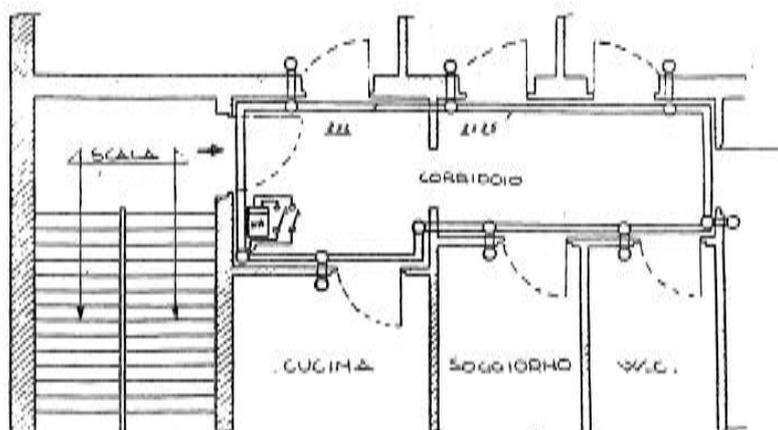


Fig. 44 -Pianta appartamento

Si noti che manovrando l'interruttore **A** si toglie l'energia a tutto il fabbricato. Ora in caso di sinistro non è facile per gli operatori VV.F. trovare l'interruttore **A**. Per cui o si interviene nell'appartamento o si aspetta l'ENEL per togliere l'energia in tutta la rete. Questa seconda operazione è sconsigliabile visti i tempi lunghi per intervenire e le urgenze operative. Altro modo per togliere tensione è quello di trovare la scatola di derivazione posta quasi sempre in vicinanza dell'appartamento interessato e di disconnettere i cavi d'ingresso. Questa metodica è abbastanza facile, operando come meglio si dirà in seguito, in condizioni di sicurezza.

Nello schema di fig. 43 e nella fig. 45 invece, basta trovare ove è collocato l'armadio di tutti gli interruttori del palazzo e manovrare il singolo interruttore corrispondente all'appartamento interessato. In questa maniera il resto del fabbricato non risulta coinvolto nel sinistro.

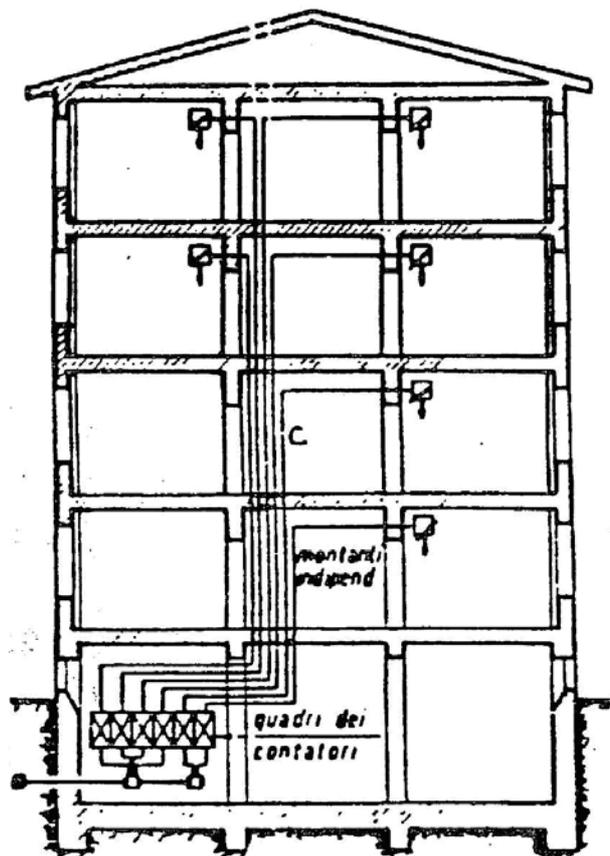


Fig. 45 - Contatori Centralizzati – Montanti indipendenti

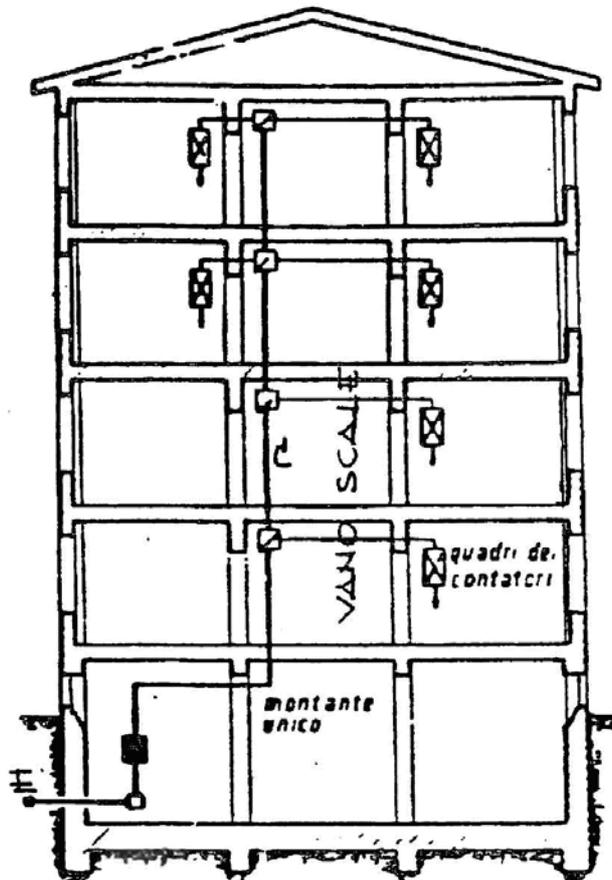


Fig. 46 - Contatori negli appartamenti – Montante unico

6.2 APPARECCHIATURE ELETTRICHE DI MANOVRA

Per proteggere un impianto elettrico da sovracorrenti (correnti maggiori rispetto a quelle ammissibili per le condutture elettriche installate) bisogna introdurre dei dispositivi di protezione e manovra che sono, essenzialmente, dispositivi elettromeccanici atti ad effettuare manovre di apertura o chiusura di un circuito elettrico. Le apparecchiature elettriche di manovra sono di seguito elencate:

- **Interruttore:** apparecchio di apertura e di chiusura, che consente di condurre corrente fino ad un certo valore, in condizioni di funzionamento normale, e, per un tempo limitato pari al tempo di intervento, in condizioni di guasto.
- **Sezionatore:** apparecchio di manovra che può condurre anche correnti anormali fino ad un certo tempo. Può aprire o chiudere il circuito anche in presenza di correnti trascurabili; la sua peculiarità sta nel fatto che, in posizione di aperto, assicura una certa distanza di sezionamento tra i contatti.
- **Interruttore di manovra-sezionatore:** combinazione dei due precedenti.

Un circuito elettrico in un impianto utilizzatore viene normalmente inserito o escluso dalla rete di alimentazione tramite un interruttore automatico. In particolare, l'apertura dei contatti può essere attivata sia manualmente dall'operatore sia mediante uno sganciatore di protezione. In ogni caso, per un interruttore automatico, la velocità dei contatti è indipendente dal tipo di comando ma dipende solo dal cinematismo dell'interruttore. Gli interruttori per uso domestico, ad esempio, hanno una durata dell'apertura dell'ordine di 10÷20 millisecondi.

L'interruttore automatico, oltre a consentire il sezionamento del circuito, assolve usualmente anche i compiti di protezione della linea (cioè i cavi) dai sovraccarichi e dai cortocircuiti, attraverso uno sganciatore magnetotermico. La fig 47 mostra un interruttore automatico magnetotermico nella versione a quattro poli (tetrapolare); la figura riporta, inoltre, la sezione di un singolo polo dell'interruttore evidenziando i componenti fondamentali dell'apparecchiatura di manovra e protezione:

- Leva di manovra;
- Contatto fisso;
- Contatto mobile;
- Camera d'arco;
- Bobina magnetica (Protegge dal corto circuito);
- Bimetallo (Protezione termica o dal sovraccarico).

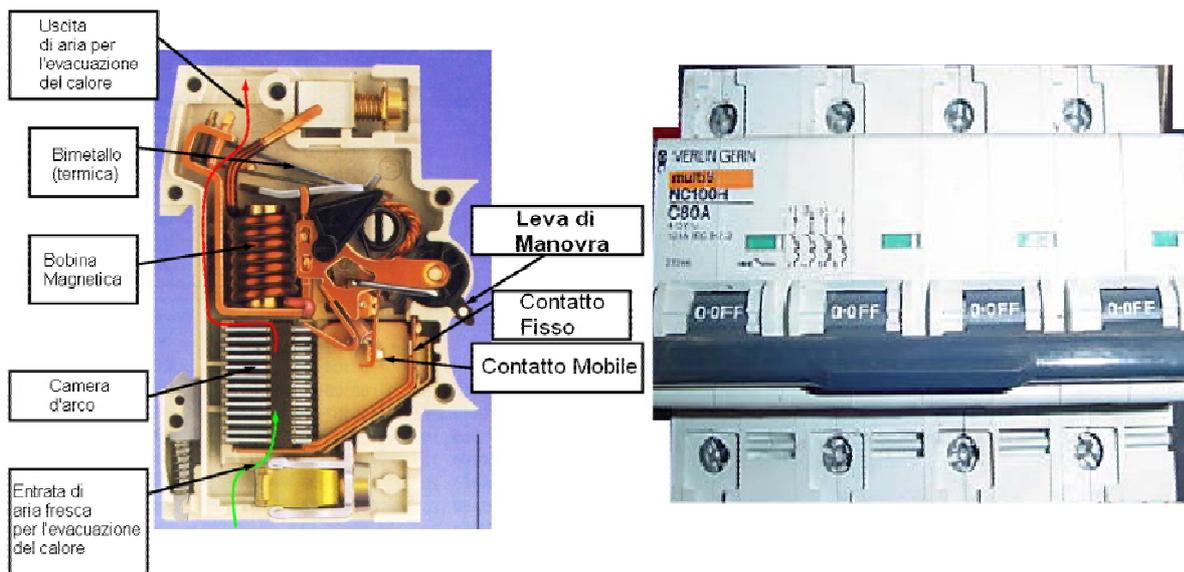


Fig. 47 - Interruttore magnetotermici per uso civile, elementi principali

L'operazione da effettuare su di un interruttore per togliere la tensione di rete all'impianto elettrico che si trova a valle del dispositivo, è l'azione sulla leva di manovra in modo da portare la stessa sulla posizione indicata sull'involucro dell'interruttore con la scritta "0" o "OFF" o con entrambe, così come mostrato sull'interruttore magnetotermico di fig. 47.

7 - PRINCIPI DI SICUREZZA ELETTRICA

L'impiego dell'energia elettrica comporta condizioni di potenziale pericolo. In questo capitolo, pertanto, si riportano alcune considerazioni sugli effetti della corrente elettrica sul corpo umano, definendo, inoltre, i limiti di pericolosità della corrente elettrica. Il capitolo continua passando in rassegna la tipologia di contatti, diretti ed indiretti, e gli accorgimenti tecnico normativi per la protezione dagli stessi.

7.1 EFFETTI DELLA CORRENTE ELETTRICA SUL CORPO UMANO

Il passaggio di una corrente elettrica nei tessuti umani (elettrocuzione) ha effetti fisiologici largamente variabili, dipendenti dal valore della corrente, dalla sua frequenza, dalla durata del contatto, dalla sensibilità individuale e dalla zona del corpo in cui il fenomeno ha luogo. La soglia di sensibilità può variare da alcune decine di μA (microampere), per la lingua, a poco più di una decina di mA.

L'elettrocuzione risulta pericolosa a causa dei seguenti fenomeni fisiologici:

1. **Tetanizzazione:** a causa dello stimolo elettrico sulle singole cellule, si manifesta la contrazione di un intero fascio muscolare, con una sintomatologia non diversa da quella del tetano (da cui il nome). Particolarmente pericoloso un contatto in corrente alternata: i tessuti muscolari sono interessati da una serie di stimoli che si ripetono in maniera regolare determinando uno stato di contrazione permanente che impedisce all'infortunato di interrompere il contatto. La massima corrente che attraversi il corpo e consenta ancora di "lasciare la presa" viene definita *corrente di rilascio*.
2. **Blocco respiratorio:** per valori piuttosto elevati di corrente (che accentuano i sintomi di contrazione muscolare) e soprattutto se la zona interessata è quella toracica, comprendente i muscoli respiratori, si può subire un danno da paralisi respiratoria, causa di danni irreversibili al cervello se tale blocco supera i 2 ÷ 3 minuti. È questo tipo di fenomeno la causa del colorito cianotico che presentano le vittime dell'elettrocuzione.
3. **Fibrillazione ventricolare:** i disturbi legati a cause elettriche investono anche il muscolo cardiaco, regolato nel suo pulsare da stimoli elettrici. Se a questi si sovrappongono altri stimoli esterni, di intensità adeguatamente alta, si può pervenire ad una perdita completa di quel coordinamento che rende possibile l'attività cardiaca. A seguito di una stimolazione intensa ed incoerente, ciascuna delle fibre del ventricolo risulta soggetta a contrazioni disordinate, il cui persistere finisce per diventare letale.

4. **Ustioni:** bastano densità di corrente di pochi mA/mm², per qualche secondo, per provocare ustioni apprezzabili, soprattutto sulle zone dotate di maggiore resistività, come la pelle. Oltre i 40 ÷ 50 mA/mm² si ha una carbonizzazione dei tessuti interessati, che, aumentando notevolmente la resistenza locale, può avere un effetto paradossalmente protettivo nei confronti di ulteriori più gravi danni. In questi casi la corrente lascia nel folgorato le tracce di ingresso ed uscita nel corpo umano.

7.2 LIMITI DI PERICOLOSITÀ DELLA CORRENTE ELETTRICA

I limiti convenzionali di pericolosità della corrente elettrica sia alternata che continua, in funzione del tempo per cui fluisce attraverso il corpo umano, sono stati riassunti in un grafico tempo-corrente (dati IEC).

Per correnti alternate fino a:

- 0,5 mA (soglia di percezione) il passaggio di corrente non provoca nessuna reazione qualunque sia la durata;
- 10 mA (limite di rilascio - durata qualsiasi) non si hanno in genere effetti pericolosi;
- maggiore di 10 mA non pericolosa se la durata del contatto è decrescente rispetto al valore di corrente.

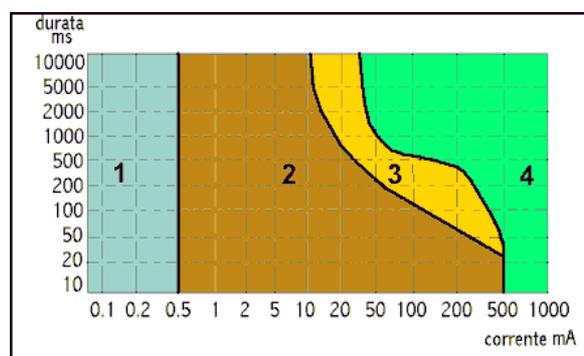


Fig. 48 - Zone di pericolosità convenzionali IEC della corrente elettrica alternata sinusoidale a 50, 60 Hz

Nella fig 48 il piano tempo corrente e stato suddiviso in quattro zone:

- **Zona 1** - Retta “a” di equazione $I=0,5$ A in cui normalmente non si hanno effetti dannosi;
- **Zona 2** – Lo spazio di piano compreso tra la retta “a” e la curva “b” non si hanno normalmente effetti fisiopatologici pericolosi;
- **Zona 3** - Tra la curva “b” e la curva “c” (soglia di fibrillazione ventricolare) possono verificarsi effetti quasi sempre reversibili che possono divenire pericolosi se a causa del fenomeno della tetanizzazione, che impedisce il rilascio, ci si porta nella zona 4;

- **Zona 4** - La pericolosità aumenta allontanandosi dalla curva “c”. Si può innescare la fibrillazione con conseguente arresto cardiaco, arresto della respirazione e ustioni.

Per contatti con la corrente continua la curva di pericolosità è leggermente diversa da quella vista in precedenza: sulla curva tempo-corrente le correnti diventano pericolose per valori leggermente superiori rispetto alle correnti in alternata, fig. 49.

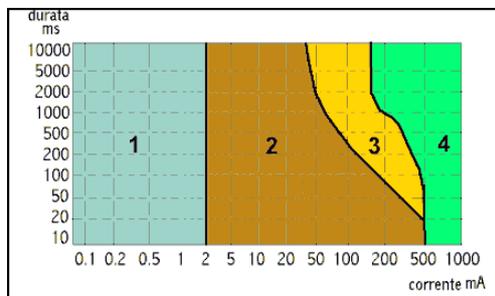


Fig. 49 - Zone di pericolosità convenzionali IEC della corrente elettrica continua

Per la sicurezza, più che ai limiti di corrente pericolosa, ci si riferisce ai limiti di tensione pericolosa. La resistenza del corpo umano, che generalmente compete alla pelle, si fissa al valore convenzionale di 2 kΩ (2000 ohm) e se si assume come non pericolosa una corrente non superiore a 25 ÷ 30 mA, risultano non pericolose le tensioni fino a circa 50 ÷ 60 V: è sulla base di queste considerazioni che le Norme pongono un limite al livello di tensione sopportabile senza che intervenga qualche forma di protezione.

7.3 CONTATTI INDIRETTI

Un contatto indiretto è il contatto di una persona con una massa o con una parte conduttrice a contatto con una massa durante un guasto all'isolamento (ad esempio la carcassa di un elettrodomestico, fig. 50). Mentre ci si può difendere dal contatto diretto, mantenendosi a distanza dal pericolo visibile, nel contatto indiretto, essendo un pericolo invisibile, ci si può difendere solo con un adeguato sistema di protezione (CEI 64-8 art 23-6).

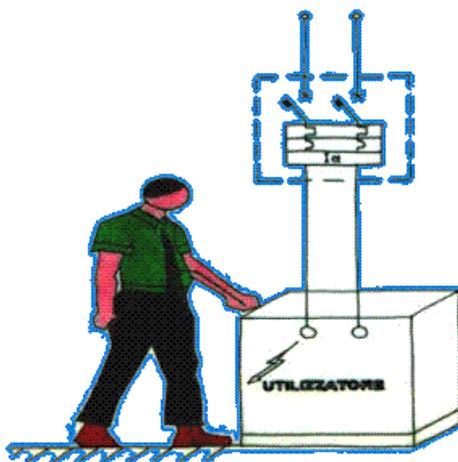


Fig. 50 - Contatto indiretto con la carcassa di un utilizzatore elettrico (ad es. un elettrodomestico)

7.3.1 Protezione dai contatti indiretti

La misura di protezione più usuale contro i contatti indiretti è il collegamento della massa dell'apparecchio a terra, tramite un apposito conduttore, che prende il nome di conduttore di protezione. I requisiti della protezione dipendono dal tipo di sistema elettrico di alimentazione, ma in ogni caso si deve garantire l'interruzione automatica del circuito in tempi brevissimi in caso di pericolo per le persone. Quindi, i dispositivi di interruzione automatica del circuito devono intervenire in un tempo tanto più breve quanto maggiore è la tensione sulle masse, secondo una curva limite tensione - tempo compatibile con la protezione del corpo umano (curva di sicurezza) illustrata in fig. 51.

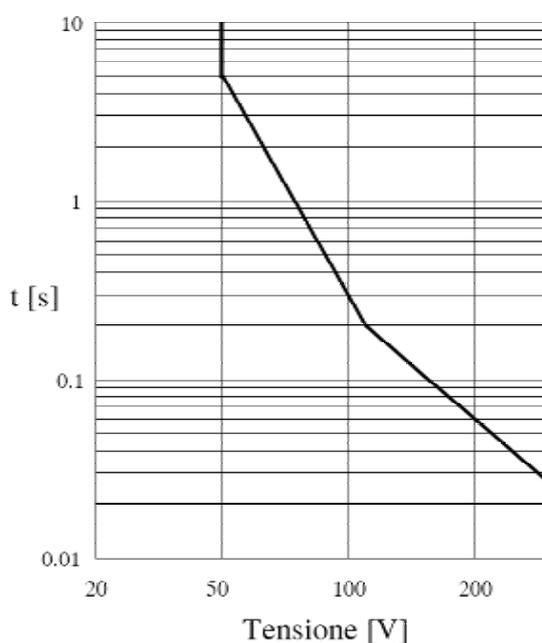


Fig. 51 - Curva di sicurezza

Negli impianti civili ed industriali più diffusi la protezione dai contatti indiretti viene effettuata mediante l'interruttore differenziale, diventato obbligatorio nel 1991 a seguito della legge 46/90 e ribadito recentemente con il **DM n° 37 del 22 Gennaio 2008**

7.3.2 Protezione con dispositivi differenziali

Il relè differenziale è un dispositivo che rileva una differenza tra le correnti entranti e uscenti da un circuito (in condizioni normali sia in monofase, sia in trifase, sia in trifase con neutro, la somma delle correnti è sempre uguale a zero). Nel caso che si verifichi un guasto a terra una parte della corrente fluisce verso il terreno e la risultante della somma delle correnti non è più uguale a zero.

La corrente risultante produce un flusso che induce su di un terzo avvolgimento una corrente che è in grado di fare intervenire l'interruttore differenziale quando la corrente differenziale I_{dn} supera il valore di soglia per la quale è tarato. **La protezione differenziale per essere efficace deve essere sempre coordinata con l'impianto di messa a terra.**

La linea tratteggiata di fig. 52, delimita i componenti che costituiscono lo schema di principio di un interruttore differenziale monofase. Intorno ad un nucleo magnetico toroidale vengono controavvolti due avvolgimenti di uguale numero di spire N_1 , percorsi dalla corrente fornita dall'alimentazione all'impedenza di carico Z_c . Se la corrente entrante è uguale a quella uscente, i flussi induzione prodotti dai due avvolgimenti sono uguali e di segno opposto; il flusso netto nel nucleo è nullo. Se, a causa di un guasto, viene derivata verso terra una corrente I_d , la disuguaglianza fra la corrente entrante I , e quella uscente $I - I_d$, altera il precedente equilibrio fra i flussi di induzione; si manifesta un flusso netto che, concatenandosi con le N_2 spire di un terzo avvolgimento, vi determina una f.e.m. indotta e la circolazione di una corrente che, eccitando il dispositivo di controllo degli interruttori, ne provoca l'apertura e il distacco dell'alimentazione.

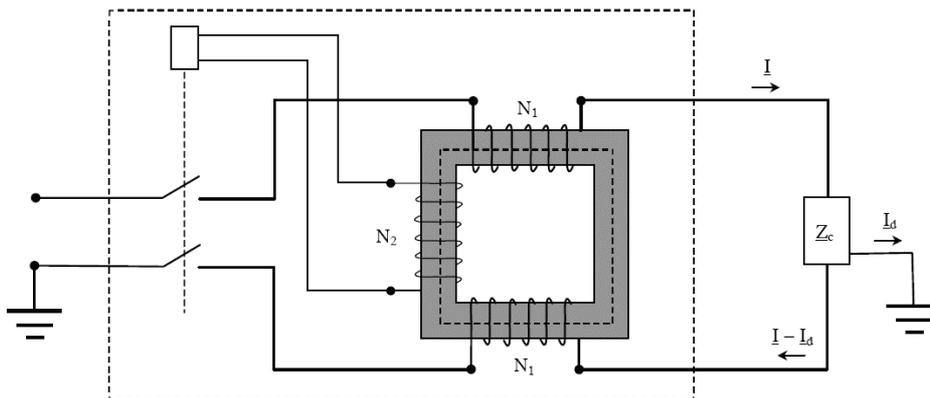
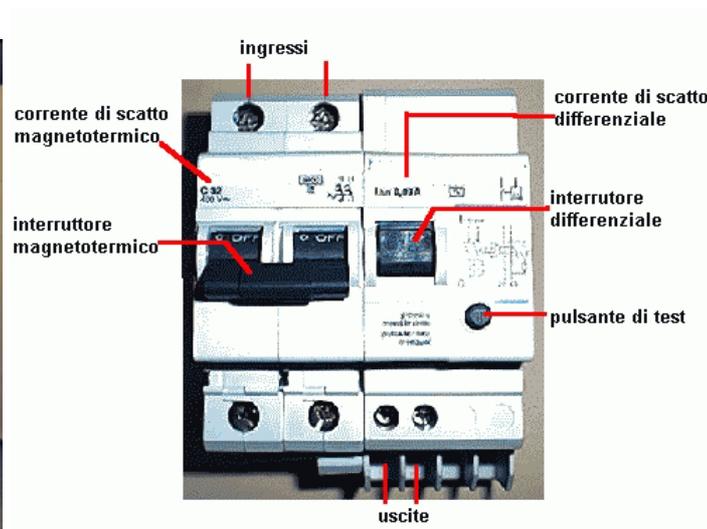


Fig. 52 - Schema di principio di un interruttore differenziale monofase



a



b

Fig. 53 - a) interruttore differenziale - b) interruttore magnetotermico differenziale

La fig. 53 mostra un interruttore differenziale e magnetotermico differenziale di uso corrente; si noti il tastino di prova **T** (da azionare almeno una volta al mese per avere l'efficienza del dispositivo).

7.3.3 Impianto di terra

Per impianto di terra (fig. 54a - 54b) si intende l'insieme dei dispersori, dei conduttori di terra, dei conduttori di protezione e dei conduttori equipotenziali.

Il dispersore è un corpo metallico posto in intimo contatto con il terreno, esso in genere ha una bassa resistenza, ed ha la funzione di disperdere correnti elettriche.

Il conduttore di terra è un conduttore che collega i dispersori fra loro con il nodo principale di terra.

Il conduttore di protezione è un cavo che collega le masse metalliche al nodo principale di terra è di colore giallo con banda verde.

I conduttori equipotenziali sono analoghi ai conduttori di terra e di protezione ed hanno l'importante compito di portare alla stessa tensione le masse e masse estranee metalliche degli edifici (es. tubazioni acqua, gas, etc.) appartenenti al medesimo impianto. Pertanto evitano che in caso di guasto parti metalliche, che possono essere toccate contemporaneamente da una persona, si trovino a diverso potenziale elettrico.

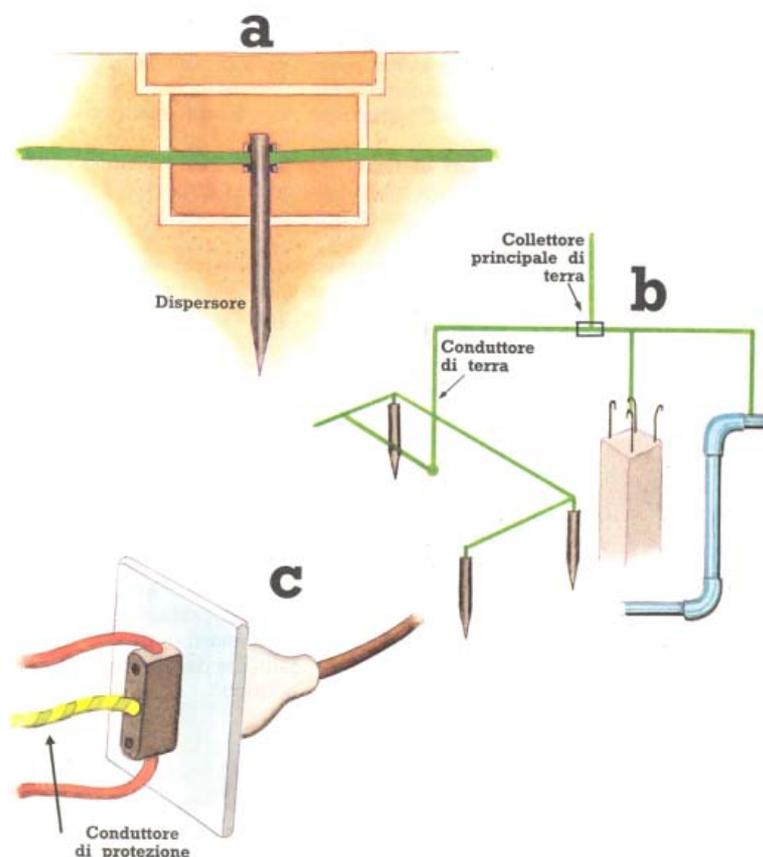
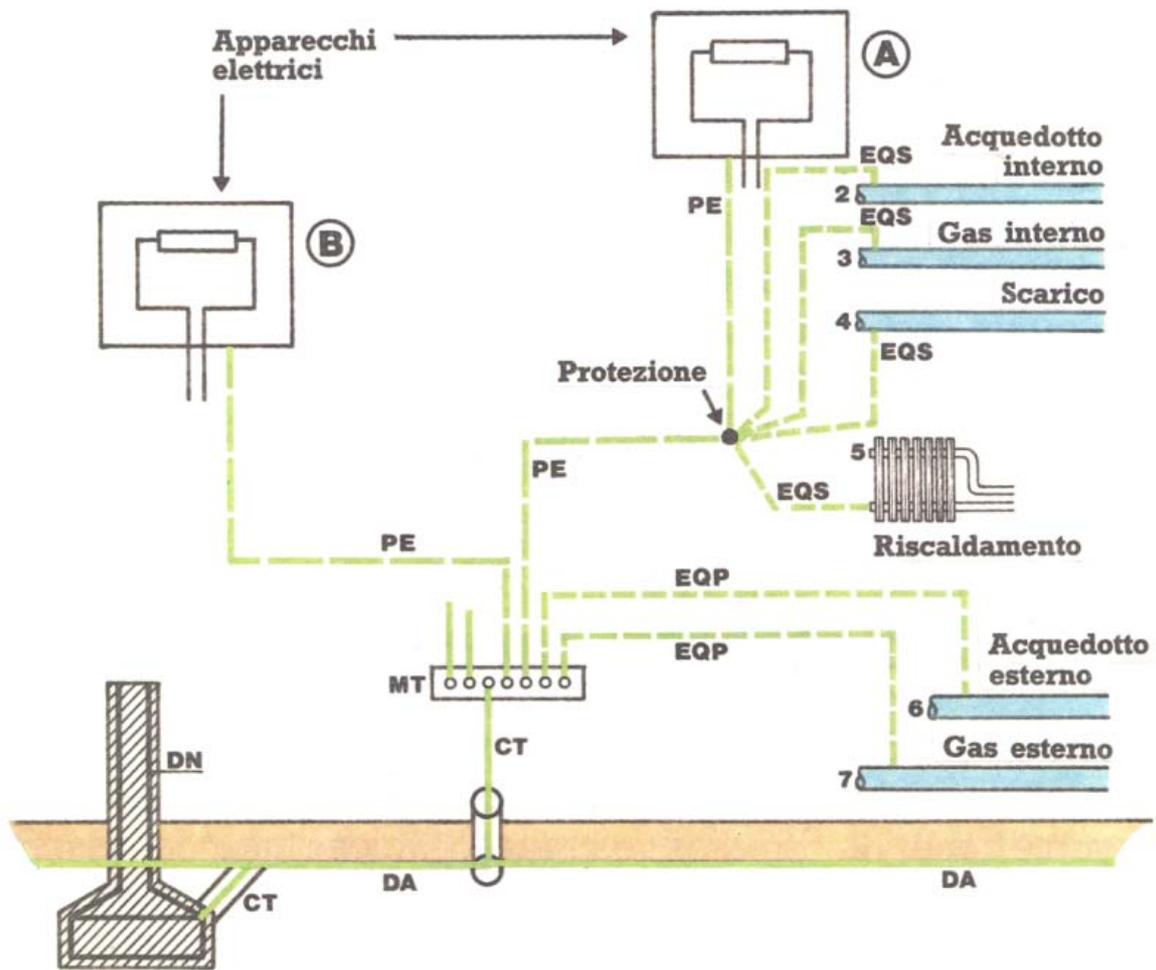


Fig. 54 a

Esempio dei collegamenti di un impianto di terra



LEGENDA

- DA: Dispersore (artificiale)
 DN: Dispersore (naturale)
 CT: Conduttore di terra
 Nota: tratto di conduttore nudo —
 tratto di conduttore non in
 intimo contatto col terreno —○— —||—
- MT: Collettore di terra
 PE: Conduttore di protezione
 EQP: Conduttori equipotenziali: principali
 EQS: Conduttori equipotenziali: supplementari
 (in locale da bagno)
- A-B: Masse
 2,3,4,5,6,7: Masse estranee

Fig. 54 b

7.4 CONTATTI DIRETTI

Si parla di contatto diretto quando si entra in contatto con una parte attiva dell'impianto e cioè con conduttori che sono normalmente in tensione, ad esempio i conduttori di una linea elettrica compreso il neutro, ma escluso il conduttore di protezione e neutro, denominato PEN. Il contatto diretto può avvenire anche tramite una parte conduttrice purché non sia una massa o in contatto con una massa. (definizione della norma CEI 64-8 art. 23-5)

7.4.1 Protezione dai contatti diretti

Le prescrizioni delle Norme sono di tipo essenzialmente passivo, intese soprattutto ad evitare che si verifichi il contatto diretto di persone con parti di impianto normalmente in tensione. A tale scopo occorre adottare misure di protezione totale nei luoghi accessibili a persone non consapevoli del rischio elettrico. Gli isolamenti impiegati devono soddisfare alle specifiche elettriche e meccaniche. In particolare, tutte le parti attive devono essere contenute entro involucri capaci di garantire una protezione totale in tutte le direzioni. Ove questo non sia possibile, occorre che siano rese inaccessibili con sbarramenti adeguati. Eventuali eccezioni riguardano apparecchi o parti di apparecchi che, per la loro specifica natura, non possono essere protetti nella maniera descritta (ad esempio la parte metallica di un portalampada). Le Norme ammettono l'apertura degli involucri isolanti, per ragioni di esercizio o di manutenzione, a patto che sia rispettata una delle seguenti condizioni:

- richieda l'uso di uno specifico attrezzo,
- richieda l'uso di una chiave, affidata, in un numero limitato di copie, a personale specializzato,
- determini la sconnessione automatica dalla rete delle parti in tensione (interblocco), con il ripristino dell'alimentazione reso possibile solo dopo la richiusura dell'involucro,
- l'apertura dell'involucro determini l'interposizione di una barriera intermedia supplementare, rimossa automaticamente solo dopo il ripristino delle condizioni di sicurezza precedenti.

7.4.2 L'arco elettrico

Quando la differenza di potenziale tra due punti supera un certo valore (rigidità dielettrica) del mezzo interposto, si ha la creazione di uno spazio ionizzato tale da far avvenire un passaggio di corrente violenta, tramite un fenomeno di scarica che prende il nome di arco elettrico. In aria occorrono 30.000 Volt per creare la scarica di 1 cm. Le correnti legate all'arco elettrico sono elevate specie in Media e Alta Tensione. L'energia sviluppata da un arco concentrata in frazioni di

secondo, può dar luogo a potenze enormi. Altissime sono le temperature di un arco (5000 ÷ 10.000 °C). Il fenomeno dell'arco è molto temibile perché assume carattere esplosivo (violento), con proiezioni di parti incandescenti e sviluppo di gas esplosivi. In genere l'arco elettrico produce sul corpo umano ustioni profonde ed estese carbonizzazioni.

Un arco elettrico si può verificare anche in basse tensioni per esempio contatto tra fase (220 Volt) e neutro, avendo necessità pertanto di proteggersi adeguatamente.

Al termine di questo importante paragrafo si deve sottolineare che il contatto o l'avvicinarsi troppo alle linee di media o alta tensione è pericolosissimo per l'uomo. Si noti che non necessita toccare il conduttore elettrico per avere la folgorazione, nelle medie e alte tensioni con piccole distanze (inferiori al metro) può scoccare l'arco elettrico.

7.4.3 Rischio elettrico

Come già visto il rischio elettrico deriva dagli effetti dannosi che la corrente elettrica può produrre sul corpo umano sia per azione diretta che per azione indiretta.

L'azione diretta consiste nel passaggio della corrente elettrica attraverso il corpo umano, con effetti che vanno da una semplice scossa, senza conseguenze sull'organismo, a gravi contrazioni muscolari che, interessando organi vitali e principalmente il cuore, possono portare anche alla morte.

Gli effetti dipendono essenzialmente dall'intensità della corrente che fluisce, dal suo percorso attraverso il corpo e dal tempo durante il quale la corrente stessa persiste.

E' essenziale la tempestività dei soccorsi per ridurre la gravità delle conseguenze.

L'azione indiretta è conseguenza dell'arco elettrico che si genera, sia a causa di un corto circuito, sia a causa dell'interruzione con mezzi impropri di circuiti con forti correnti. Può provocare ustioni, abbagliamenti e congiuntiviti.

7.4.4 Misure di protezione contro il rischio elettrico

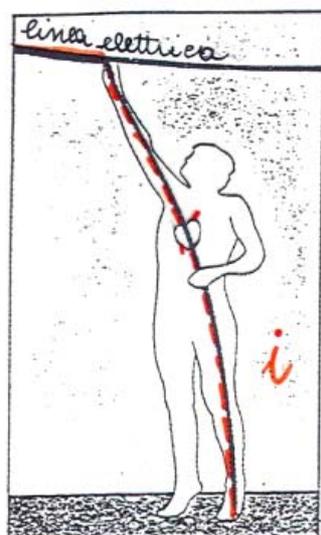
Le attrezzature e i prescritti mezzi di protezione individuale da utilizzare, devono essere adatti al lavoro da eseguire e usati correttamente. Prima del loro impiego si deve effettuare un controllo a vista.

Prima di eseguire manovre o lavori su elementi elettrici, è necessario prestare la massima attenzione alla loro certa identificazione.

Le misure di protezione da attuare nei riguardi dei circuiti elettrici sui quali direttamente si lavora vanno estese anche a quelli posti nelle immediate vicinanze e con i quali si potrebbe venire accidentalmente in contatto.

Nelle seguenti pagine si riportano i **pericoli** connessi all'energia elettrica durante le fasi d'intervento e la necessaria **attrezzatura** da utilizzare nelle operazioni di soccorso.

PERICOLI



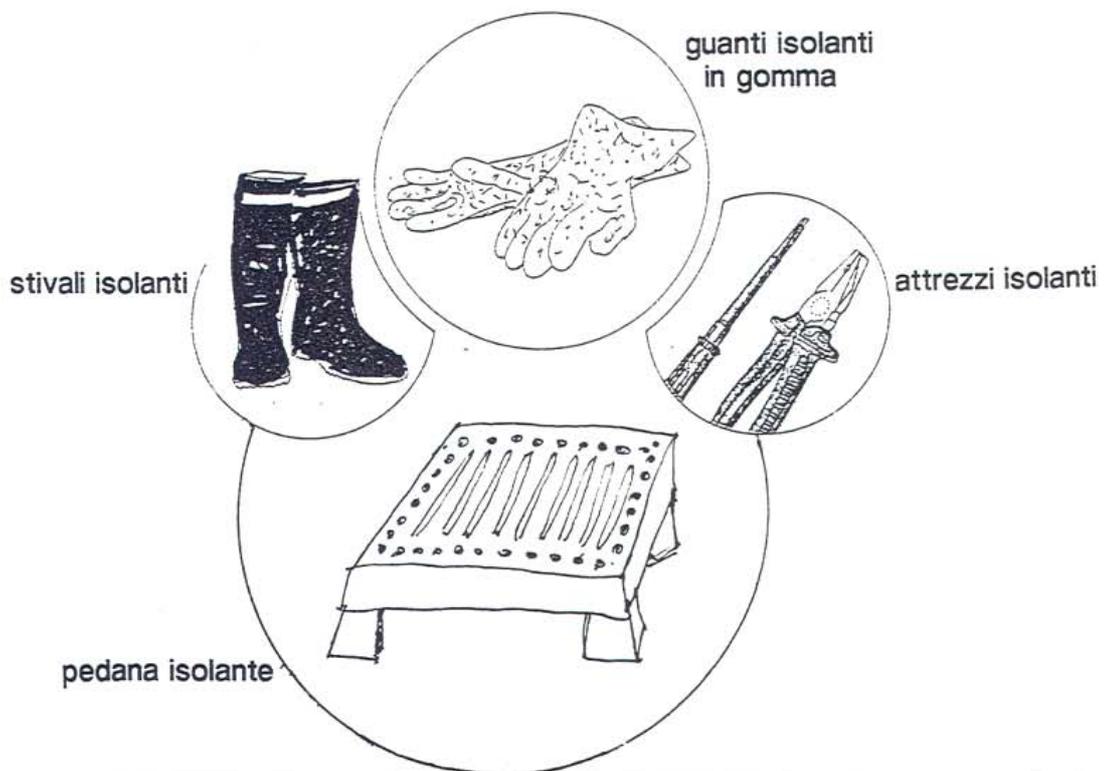
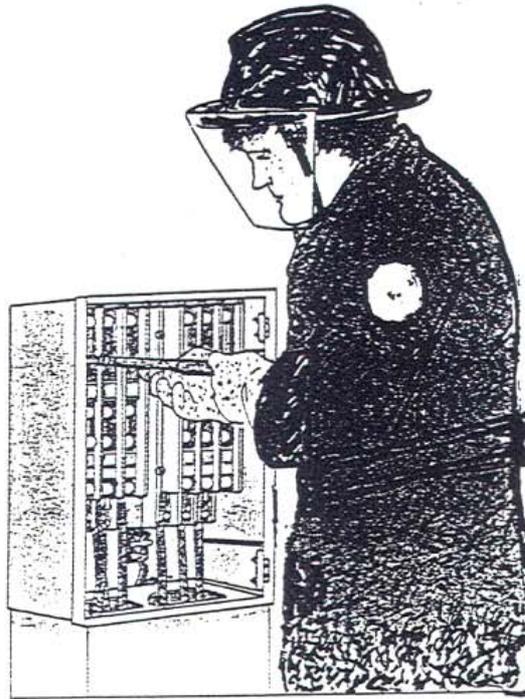
1
folgorazione



2
arco elettrico



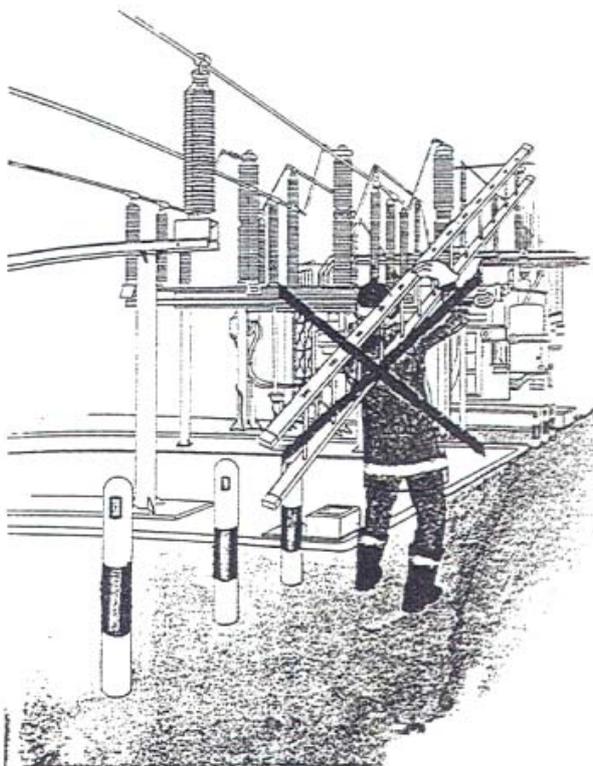
Materiali di intervento su parti elettriche



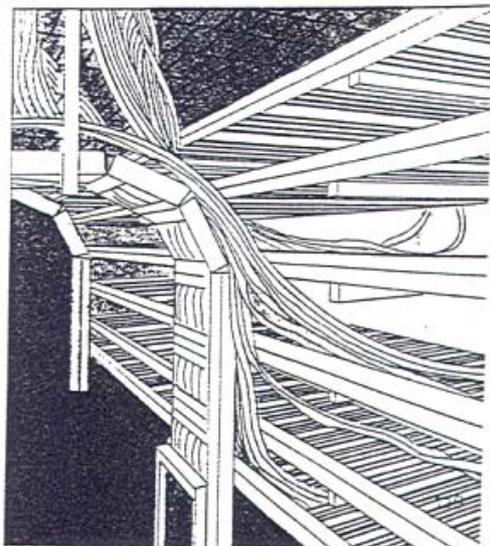
Fattori di infortunio ELETTRICO negli interventi.

- * Mancato uso di adeguati
MEZZI DI PROTEZIONE**
- * Eccessivo avvicinamento a parti
in tensione (Distanza di sicurezza)**
- * Contatto diretto con parti in tensione.**
- * Cattivo isolamento parti in tensione
(danneggiato da incendio o causato
da acqua)**
- * Scarso spazio operativo.**

Esempi di scarso spazio operativo:



Intervento su passerelle elettriche site in cavi o cunicoli



7.4.5 Sicurezza elettrica operativa

Prima di passare all'esame di alcune situazioni tipiche che si verificano durante le fasi interventuali sarà bene togliere l'energia elettrica, per i motivi già esposti, nell'ambiente o nell'area esterna interessata dal sinistro. Togliere tensione da un impianto elettrico è senz'altro la prima operazione da fare per operare in sicurezza in un ambiente incidentato (bassa tensione).

Per togliere tensione in un ambiente ove si trovi la bassa tensione normalmente si agisce su l'interruttore generale automatico posto sul quadro elettrico. Generalmente questo si identifica con la targhetta o a volte come quello sito sulla parte più alta del quadro stesso, fig. 55. E' chiaro che aprendo detto interruttore si toglie tensione a tutta quella parte di impianto che è posta sotto il controllo di detto interruttore. Si noti che aprendo l'interruttore nei suoi morsetti di testa vi è ancora tensione. Nel quadro pertanto rimarrà la tensione a partire proprio dalle linee di alimentazione elettrica dell'interruttore. Se si volesse togliere l'energia elettrica dal quadro interessato bisognerebbe intervenire sul quadro posto a monte o sulle eventuali linee che gli portano energia (es: un gruppo elettrogeno).

Nelle linee in alta e media tensione le operazioni di messa in sicurezza della linea elettrica la eseguono i preposti. Cioè personale dell'Ente erogatore dell'energia particolarmente esperto o preparato. Si sottolinea che la sola disconnessione della linea elettrica non basta da sola a mettere in sicurezza, per le operazioni da eseguirsi, il personale ivi operante. Devono effettuarsi altre operazioni più complesse che solo il personale preposto sa effettuare. Tra queste ricordo la scarica a terra dell'energia elettrostatica contenuta negli impianti, che sarebbe letale se si scaricasse sul corpo umano. Questa problematica permane ancora all'interno degli armadi elettrici dove sono presenti accumulatori, batterie di condensatori da rifasamento ed UPS.

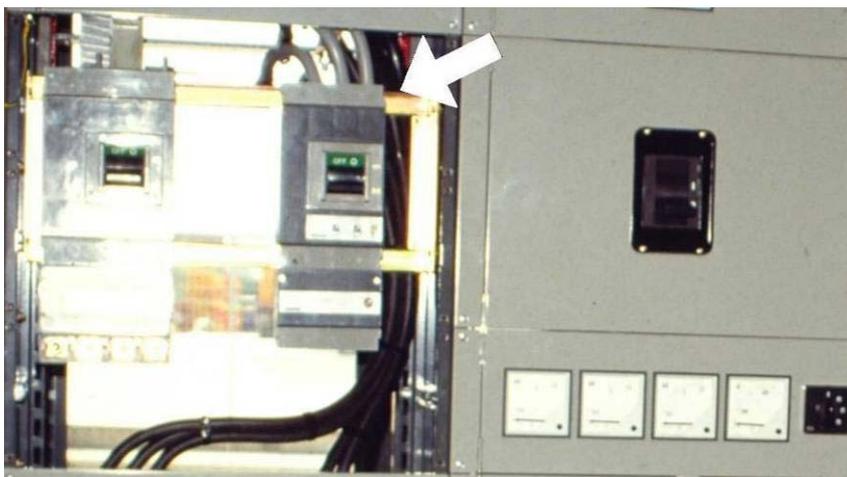


Fig. 55 – Quadro elettrico

7.4.6 Comando di emergenza

Per garantire la sicurezza della squadra che interviene dai pericoli dell'energia elettrica, basta azionare il comando di emergenza fig 56, ove questo dispositivo sia presente. Detto dispositivo è obbligatorio in talune attività, quali ascensori e montacarichi, gruppi elettrogeni, autorimesse, centrali termiche, grandi attività a rischio e simili. E' normalmente posto a portata di mano, segnalato e in posizione tale da essere azionato in sicurezza con manovra unica.



Fig. 56 - Comando di emergenza

7.4.7 Operazioni interventuali in vicinanza di linee elettriche

Durante le operazioni di soccorso capita spesso di operare vicino a linee di media ed alta tensione.

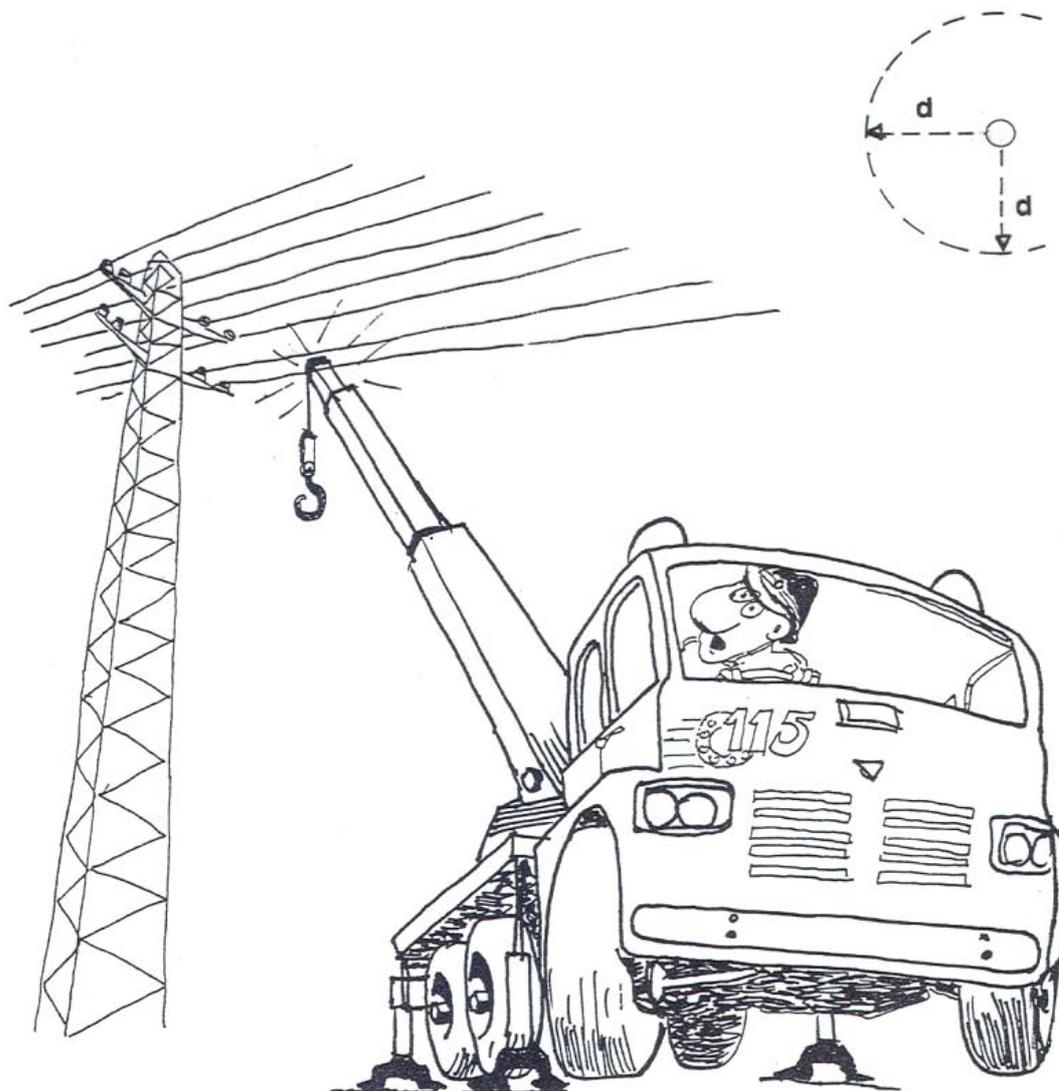
Una tipica situazione è quando si opera su strade e autostrade con incidenti stradali con persone da estrarre dalle lamiere in pericolo di vita, vicino a linee con media ed alta tensione.

Si raccomanda sempre di far eseguire l'operazione di taglio dell'energia elettrica dal personale preposto dell'azienda erogatrice dell'energia, specialmente di notte e quando piove e/o vi è forte nebbia.

Nei casi estremi, ove la situazione è tale da dover operare con urgenza, bisogna intervenire tenendo conto delle minime distanze di sicurezza (1).

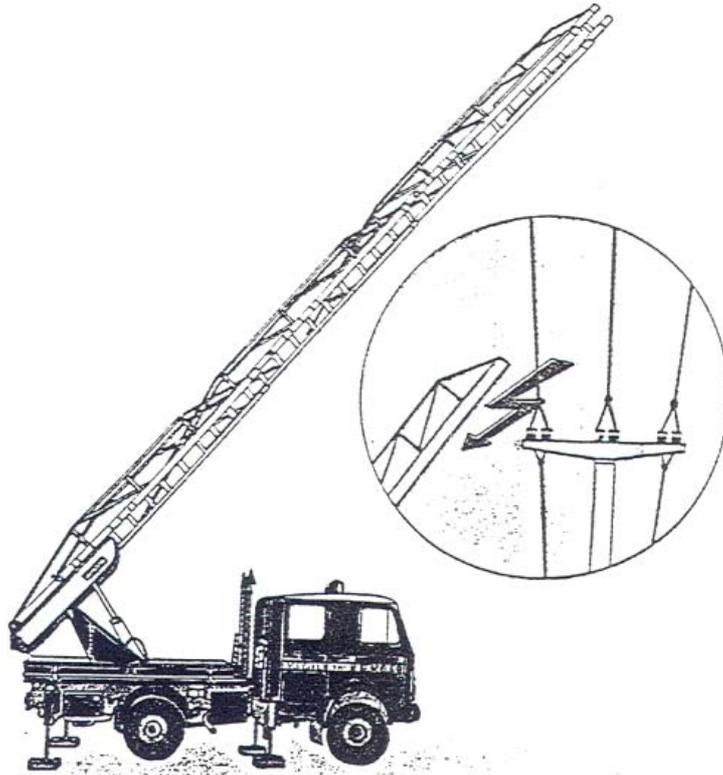
(1) Vedi allegato IX - Tabella 1 dell'art. 83 del testo UNICO di sicurezza.

N.B. La minima distanza di sicurezza va rispettata per tutti i conduttori della linea elettrica e per tutte le direzioni.



TENSIONE LINEE ELETTRICHE [VOLT]	MINIMA DISTANZA DI SICUREZZA [metri] d
fino a 1000	3
fino a 15000	3,5
fino a 130000	5
fino a 200000	7

A) Può scoccare un arco elettrico se la distanza tra le linee e le parti metalliche delle gru ed autoscale è molto ridotta.



1) Pericolo per le persone in contatto con le parti metalliche della autoscala (tensione contatto)

2) Pericolo per le persone che camminano nelle vicinanze del mezzo (tensione passo)

Quanto visto in precedenza si verifica spesso quando vi è la necessità di tagliare alberi e/o loro parti, che si trovano vicino alle linee aeree di media tensione.

In genere questa operazione si esegue con l'uso della scala aerea con cestello.

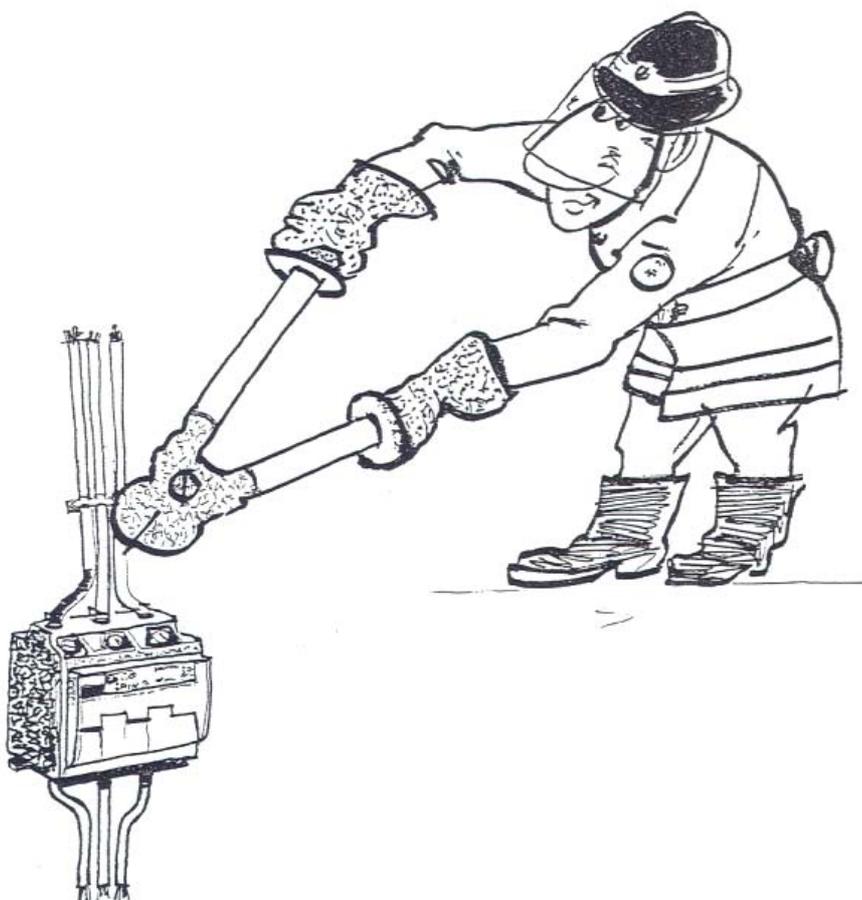
Nella figura precedenti sono stati riportati i pericoli ai quali sono esposti gli operatori VV.F. nei casi in cui è presente la tensione nelle linee elettriche aeree.

Si deve ribadire che molte volte durante le operazioni di taglio, parti degli alberi finiscono sui conduttori determinandone la rottura e la caduta a terra, con forte rischio di coloro che si trovano nelle immediate vicinanze.

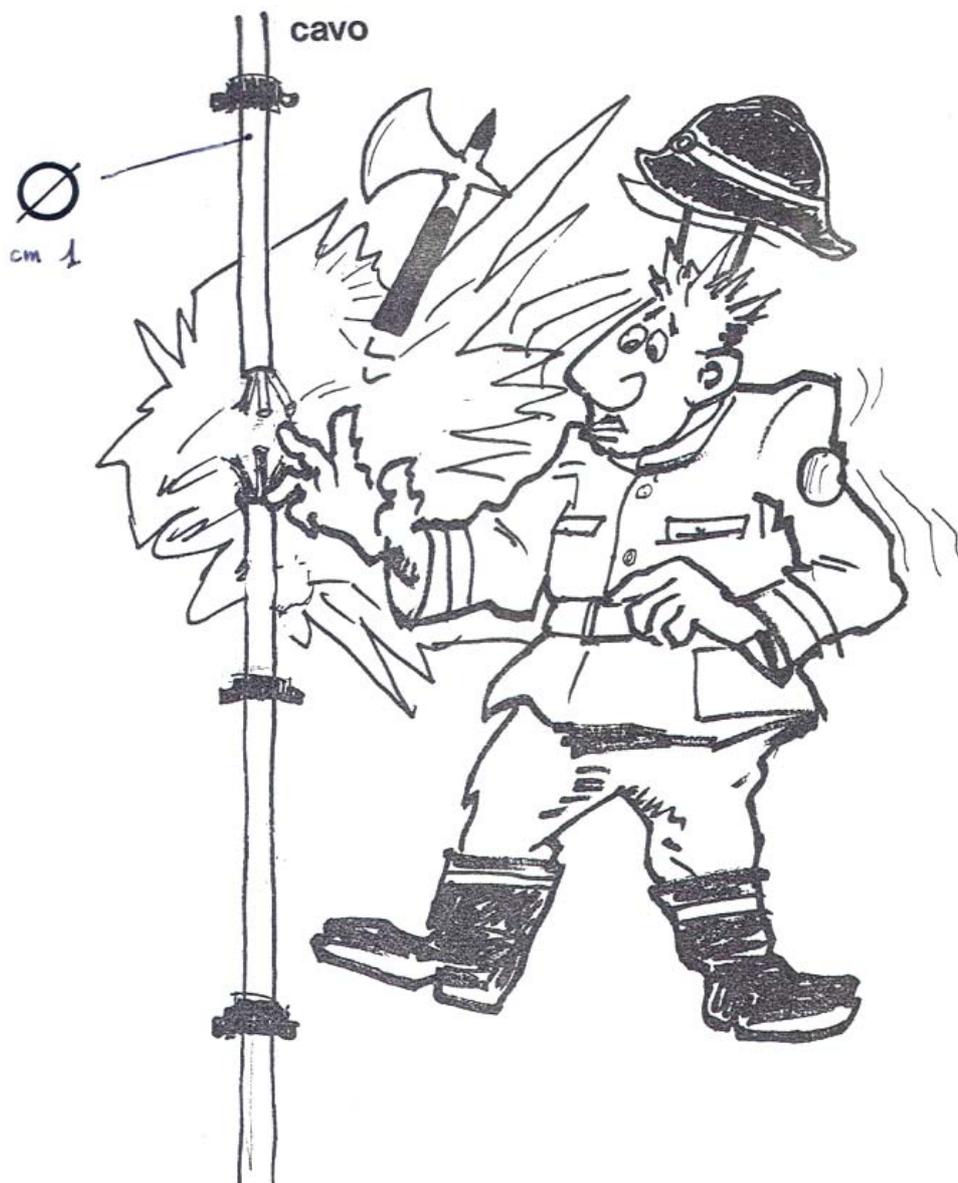
Capita, inoltre, a volte di tagliare cavi in bassa tensione con le cesoie isolanti.

In questo l'operazione da eseguire è quella riportata in figura avendo l'accortezza che l'operatore mentre sta tagliando il cavo ruoti la testa senza guardare il punto di taglio.

CESOIE ISOLANTI



Aggiungiamo poi che si **sconsiglia** vivamente di tagliare il cavo con un colpo secco di piccozza, si creerebbe infatti un arco voltaico molto violento, con conseguenti esplosioni di parti incandescenti.



Quando si taglia un cavo elettrico in tensione, si forma un arco con esplosione di parti incandescenti verso l'operatore.

Questa manovra è pericolosa per cavi di diametro maggiore di cm. 1

8 INCENDI DI APPARECCHIATURE ELETTRICHE

8.1 INCENDIO DI CABINA ELETTRICA

Generalmente gli incendi di cabina elettrica sono incendi del trasformatore di potenza, già visto nelle pagine precedenti, e delle sue apparecchiature.

Molti trasformatori raffreddati ad olio hanno la carcassa esterna in lamierino ondulato e sopra di esse isolatori di porcellana. In genere per guasti interni si rompe la carcassa o i detti isolatori scoppiano. Se ciò accade, l'olio fuoriesce bruciando e spandendosi sul pavimento. A meno che il fuoco non venga spento al suo insorgere con la fuoriuscita di piccole dimensioni (macchie), è probabile che l'incendio assuma dimensioni più vaste.

Durante un incendio di cabina ci si deve così contenere: poiché i prodotti della combustione sono tossici si deve usare l'autorespiratore o maschere a filtro idonee, se la cabina è sita in luogo chiuso ed invasa dal fumo.

Inoltre, prima di iniziare lo spegnimento si deve togliere la tensione, operazione questa che deve essere eseguita dagli addetti dell'azienda elettrica (generalmente tecnici ENEL) o dai preposti negli stabilimenti industriali.

Da notare che molte cabine ricevono energia da più parti quindi è indispensabile che gli operatori ENEL o i privati assicurino con certezza di aver tolto la tensione di rete alimentatrice, eseguendo la messa in sicurezza della cabina.

Se l'incendio ha piccole dimensioni e l'olio ha coinvolto pochi apparati elettrici, basterà usare alcuni estintori tipo polvere o CO₂; quando invece la quantità di olio incandescente fuoriuscito è notevole si dovrà cercare di contenerlo con sabbia asciutta o barriere.

In questi casi si dovrà ricorrere all'uso di schiuma, da spandersi bene specialmente nei cunicoli (sede dei cavi elettrici), ove è probabile che l'incendio covi ancora.

Si rappresenta che la schiuma è altamente conduttrice di corrente ed il suo uso va ponderato bene. Solo quando c'è la certezza assoluta che è stata tolta l'energia elettrica (non solo alla cabina ma anche a tutti i cavi e cavidotti che portano alla stessa), potrà essere usata. Altrimenti fortissimi sono i pericoli di folgorazione per gli operatori Vigili del Fuoco.

Se l'incendio invece si trova nelle apparecchiature già dette (quadro, gruppo misura, cavi, giunti) basterà togliere l'energia elettrica con le dette manovre di sicurezza ed usare estintori di tipo a polvere o CO₂.

In questo ultimo caso gli operatori VV.F. devono indossare l'elmo con la visiera abbassata, per la protezione del viso, e i guanti in gomma di tipo particolare. Si raccomanda di salire durante le fasi di spegnimento sulle pedane isolanti che normalmente si trovano nelle cabine o sui nostri

automezzi. Ove lo spegnimento dell'incendio necessita di uso di scale per dirigere meglio il getto estinguente si raccomanda di usare le nostre scale di legno montate sulle pedane isolanti già dette.

8.2 INCENDIO DI QUADRO ELETTRICO

Un quadro elettrico non è altro che l'assemblaggio di interruttori elettrici collegati da cavi a fili.

In genere nei quadri di bassa tensione, prendono fuoco sempre gli isolanti (guaine plastiche dei cavi, gomme, vernici, olii, involucri di resina degli interruttori, distanziatori di assemblaggio ecc.) posti nel retro del quadro. L'intervento di spegnimento si esegue in questa maniera:

1. Si toglie la tensione del quadro. Questa operazione la esegue il personale dell'azienda elettrica o, in Stabilimento, il personale preposto. Nei casi in cui è possibile, basta manovrare l'interruttore generale del quadro che alimenta quello in fiamme. Questa operazione deve essere eseguita da operatore VV.F. esperto o, meglio ancora, dietro la guida di personale di fiducia della società interessata all'incendio. Dopo di ciò si interviene con un estintore usuale del tipo CO₂ o polvere.
2. Se per cause varie non si può togliere la tensione al quadro che brucia si devono eseguire le seguenti operazioni:
 - a) l'operatore VV.F. deve indossare l'elmo con la visiera di protezione del viso ed i guanti di gomma speciali.
 - b) usando un estintore a CO₂ (anidride carbonica) o POLVERE ad una distanza di circa 1 metro si deve colpire il quadro. Questa operazione va ripetuta più volte fino allo spegnimento definitivo del quadro.
3. L'uso dell'acqua sui quadri elettrici sotto tensione è sconsigliato quando è presente la tensione. Ove, per motivi di urgenza, non si potesse fare altrimenti si consiglia la seguente procedura valida per quadri alimentati fino a 380 volt come da fig. 57:
 - a) disporsi a mt. 6 minimo dal quadro
 - b) indossare elmo con visiera
 - c) indossare i guanti in gomma speciali
 - d) salire sulle pedane isolanti o in mancanza di queste su una sedia di legno
 - e) evitare che durante il getto l'operatore si bagni
 - f) usare acqua frazionata o nebulizzata in modo moderato

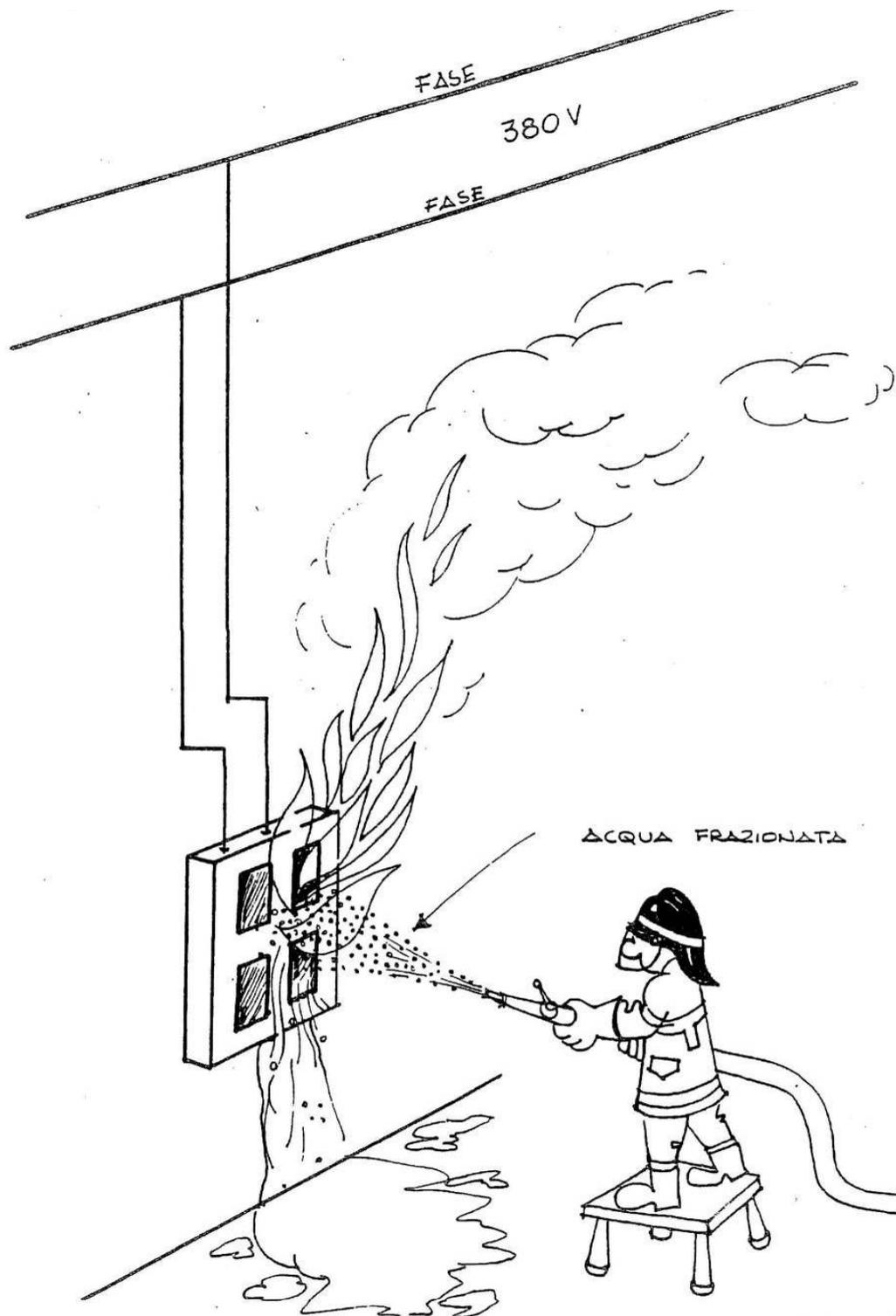


Fig. 57 - Uso dell'acqua frazionata per lo spegnimento di apparecchiature elettriche sotto tensione

E' importantissimo che venga usata acqua frazionata in poca quantità poiché l'uso smoderato dell'acqua, ruscellando verso l'operatore può determinare inconvenienti come in fig. 58.

Terminata questa operazione, un altro operatore VV.F. deve togliere sempre la tensione agendo sul quadro principale o tramite il personale dell'azienda elettrica. Ciò perché potrebbe rimanere sul quadro bagnato la tensione con l'aggravante dell'acqua ruscellata sul pavimento. Per

apparecchi elettrici funzionanti con tensioni al di sopra di 380 volt bisogna ricorrere a metodi particolari tramite specialisti, per cui l'uso dell'acqua è vietato.

Data l'alta conducibilità elettrica della schiuma, il suo uso sugli apparecchi elettrici sotto tensione è vietato.

Nota: l'uso dell'elmo con la visiera in tutte le operazioni suddette è estremamente utile poiché negli incendi di apparecchi elettrici in tensione possono verificarsi per varie ragioni grossi archi con notevoli fiammate che spesso proiettano parti incandescenti verso gli operatori.

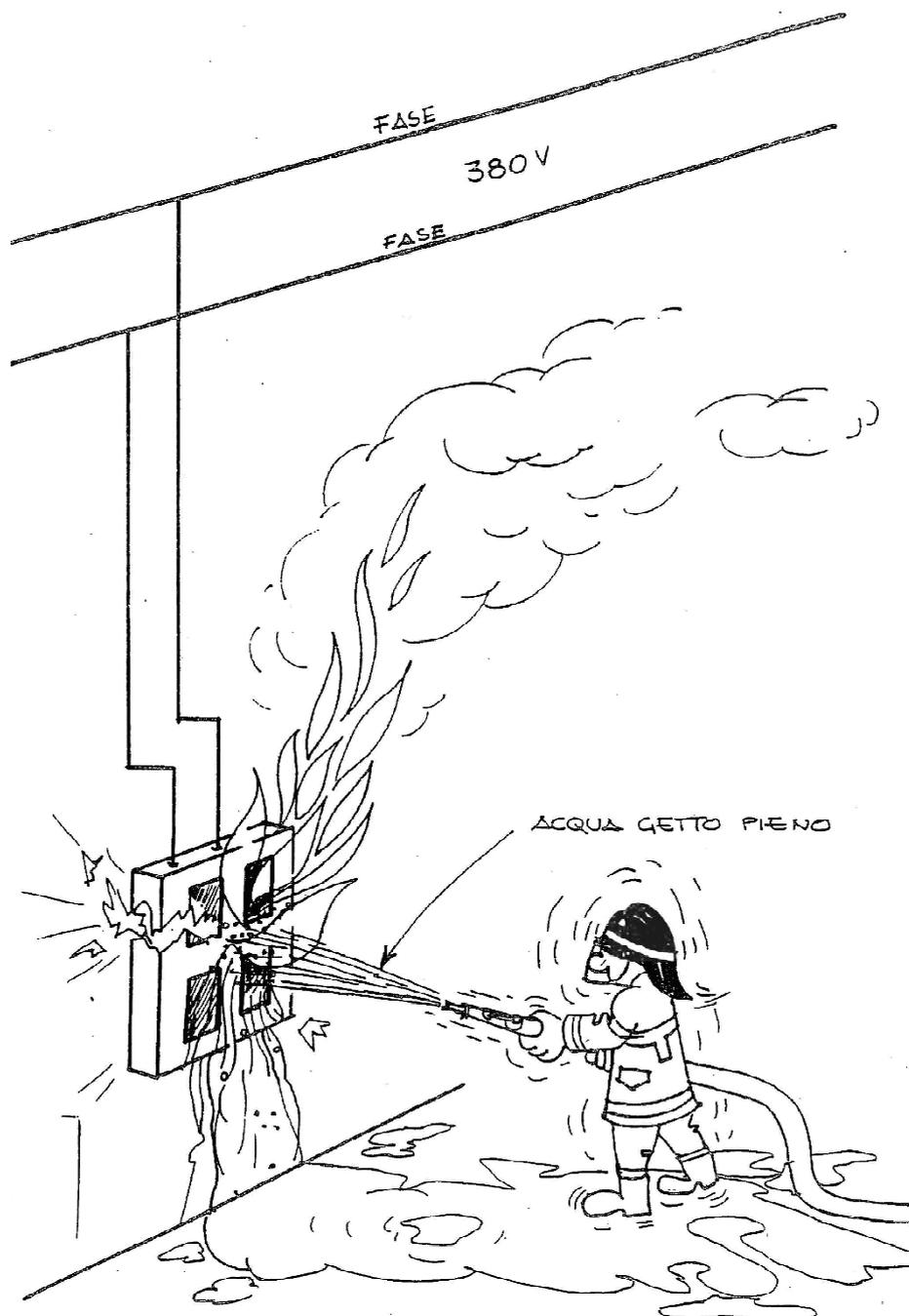


Fig. 58 - Uso dell'acqua a getto pieno per lo spegnimento di apparecchiature elettriche sotto tensione (OPERAZIONE VIETATA)

Agli operatori VV.F. spesso accade, causa l'urgenza, di spostarsi con le mani nude per aprirsi un varco verso l'incendio. Questa operazione deve essere fatta con il dorso della mano. L'uso del suo palmo, infatti, è **pericoloso**, perché potrebbe determinare la sua contrazione e chiusura con rischio di folgorazione, fig. 59.

Non a caso si ribadisce l'uso dei guanti durante le operazioni di soccorso.

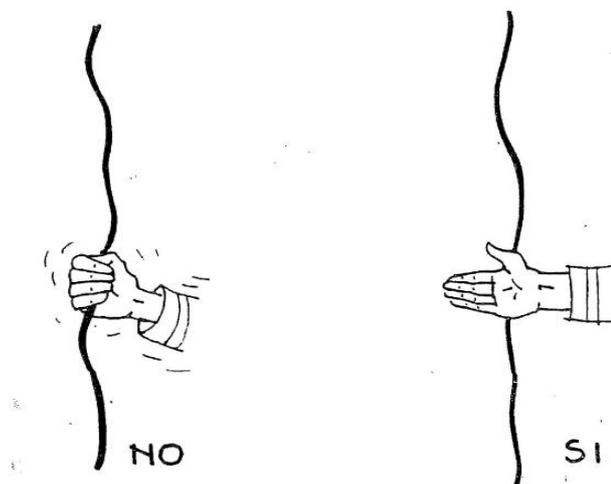


Fig. 59 - Uso del dorso e del palmo della mano per lo spostamento di cavi elettrici in tensione

8.3 INTERVENTO DI RIMOZIONE DI UN FOLGORATO

E' stato accertato che il corpo umano si comporta come un conduttore di elettricità. Questa condizione è esaltata se la pelle a contatto l'elettricità è umida o peggio bagnata. Se una persona viene a contatto con una parte elettrica in tensione (per es. la carcassa metallica di una lavatrice), essa si comporta come un cavo elettrico.

Pertanto, nei casi in cui è necessario liberare un infortunato rimasto attaccato a parti in tensione, la prima cosa da fare è togliere l'energia elettrica nell'impianto.

Ove questa operazione non fosse, per vari motivi, immediatamente agevole, bisogna procedere nel seguente modo:

- 1) indossare l'elmo con visiera;
- 2) indossare i guanti speciali tipo elettrici;
- 3) rimuovere il folgorato tramite materiali isolanti (corde di nylon, bendaggi di cotone, teloni etc.).

L'infortunato, che nella maggioranza dei casi presenterà ustioni nelle parti del corpo rimaste attaccate alla carcassa, dovrà essere immediatamente sottoposto a respirazione artificiale ed in seguito a cure particolari che solo personale sanitario specializzato sarà in grado di prestare.

In genere il folgorato avrà la lingua disposta a chiudere la cavità orale. Necessita pertanto che il sanitario o l'operatore VV.F. intervenuto tramite pinze speciali sblocchi questa occlusione che impedisce l'afflusso dell'aria nei polmoni.