

Corso High Voltage Technology

“Livello Operativo D.M. 15 Febbraio 2016”

Italian Maritime Academy Technologies



Struttura del corso:

- Conoscenza degli apparati e delle protezioni ad alto voltaggio a bordo delle navi;
- Conoscenza dei requisiti di sicurezza necessari per installazioni ad alta tensione.

Struttura corso:

Il corso ha una durata non inferiore alle 5 ore.

Requisiti di ammissione al corso:

Al corso del livello operativo possono essere ammessi marittimi, che abbiano effettuato almeno 6 mesi di navigazione in attività di addestramento e siano in possesso della certificazione relativa all'addestramento di base (Basic Training).

Materiale didattico reperibile su:

www.IMATSRL.ORG

corso HV PSWW: HVIMAT

INDICE

<i>Definizioni.....</i>	<i>1</i>
<i>Uso dell'alta tensione.....</i>	<i>3</i>
<i>Protezioni contro i guasti a terra.....</i>	<i>4</i>
<i>Classificazione dei sistemi di distribuzione.....</i>	<i>6</i>
<i>Sistema T-T.....</i>	<i>8</i>
<i>Sistema T-N.....</i>	<i>10</i>
<i>Sistema I-T.....</i>	<i>13</i>
<i>Dispositivi di protezione e sequenza d'intervento.....</i>	<i>16</i>
<i>Lo shock elettrico sul corpo umano.....</i>	<i>19</i>
<i>Procedure operative di sicurezza.....</i>	<i>27</i>
<i>Persona autorizzata e competente.....</i>	<i>32</i>
<i>Permit to work.....</i>	<i>34</i>

DEFINIZIONI

Di seguito sono riportate alcune definizioni fondamentali per la comprensione dei sistemi elettrici.

Equipment: apparecchiatura elettrica destinata ad essere utilizzata o installata per generare, fornire, trasmettere, trasformare, convertire, distribuire, misurare o utilizzare l'energia elettrica;

Charged: apparecchiatura elettricamente alimentata o diventata elettricamente carica con altri mezzi (carica elettrostatica o indotta), o che ha mantenuto o riacquisito una carica elettrica a causa di effetti capacitivi;

Disconnected: apparecchiatura, o una parte di un sistema elettrico, che non è collegato a qualsiasi fonte di energia elettrica;

Isolated: apparecchio, o parte di un sistema elettrico, che è scollegato e separato da una distanza di sicurezza rispetto a qualsiasi fonte di energia elettrica in modo tale da renderlo sicuro alla manutenzione;

Dead: apparecchiatura scollegata dalla rete elettrica (disconnessa), bloccata contro la chiusura accidentale (isolato) ed elettricamente collegata a terra;

Live: apparecchiatura collegata ad una sorgente di energia elettrica;

Designed competent person: persona autorizzata ad effettuare alcune operazioni e compiti specifici, che possono includere l'emissione e o la ricezione dei documenti di sicurezza, quali ad esempio i permessi di lavoro. La persona deve essere competente ed avere le qualifiche, l'esperienza e la conoscenza del sistema su cui deve operare;

High Voltage: tensione nominale superiore a 1000 V valore efficace ed impianti in corrente continua con valore istantaneo massimo della tensione in condizioni nominali di funzionamento superiore a 1500 V. In generale comunque la tensione nominale del sistema non deve superare i 15Kv.

USO DELL'ALTA TENSIONE

Il motivo per il quale si utilizza l'alto voltaggio è che a parità di potenza elettrica da trasportare, per ridurre l'intensità di corrente dobbiamo aumentare la tensione in quanto: $P = V \times I$.

Conviene mantenere l'intensità di corrente bassa in modo da poter così ridurre le perdite per effetto Joule ($P_d = R \times I^2$), consentendo in questo modo sia la riduzione del surriscaldamento sulla linea che la possibilità di poter utilizzare sezioni di cavo più ristrette.

Generazione di energia



Utilizzo di energia elettrica



Trasmissione di energia elettrica

PROTEZIONI CONTRO I GUASTI A TERRA

La perdita di isolamento tra i conduttori normalmente in tensione e le masse può provocare un guasto chiamato generalmente guasto a terra.

La corrente di guasto a terra si manifesta inizialmente come un arco localizzato nel punto in cui è venuto meno l'isolamento; questo arco è caratterizzato da un'intensità di corrente molto modesta, dell'ordine di qualche decina di milliampere. In seguito, il guasto evolve, più o meno rapidamente, per assumere il carattere di guasto franco fase-terra e, se tale guasto non viene tempestivamente interrotto dalle protezioni, può arrivare a coinvolgere tutte le fasi, dando origine ad un cortocircuito trifase con contatto a terra.

Una prima conseguenza della corrente di guasto a terra è quella relativa al danno che l'impianto subisce, sia a causa delle modeste correnti iniziali d'arco, le quali difficilmente rivelate dagli sganciatori di sovracorrente e che quindi possono permanere per lungo tempo ed innescare un incendio, sia a causa del cortocircuito che si sviluppa dopo che è stata compromessa l'integrità dell'impianto stesso.

Un'altra importante conseguenza della corrente di guasto a terra è quella relativa al pericolo per le persone derivante da un contatto indiretto, cioè a seguito del contatto con masse che sono andate accidentalmente in tensione a causa del cedimento dell'isolamento principale.

CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI DI DISTRIBUZIONE

L'entità del guasto a terra e le conseguenze che derivano dal contatto con masse in tensione sono legate in modo determinante allo stato del neutro del sistema di alimentazione ed alla modalità di connessione delle masse verso terra.

Per scegliere opportunamente il dispositivo di protezione contro i guasti a terra occorre quindi conoscere il sistema di distribuzione dell'impianto. La norma italiana CEI 64-8/3 (allineata a quella internazionale IEC 60364-3) classifica i sistemi elettrici con la combinazione di due lettere.

La prima lettera indica la situazione del neutro del sistema di alimentazione verso terra:

- T collegamento diretto a terra di un punto, in c.a., in genere il neutro;
- I isolamento da terra, oppure collegamento a terra di un punto, generalmente il neutro, tramite un'impedenza.

La seconda lettera indica la situazione delle masse dell'impianto elettrico rispetto a terra:

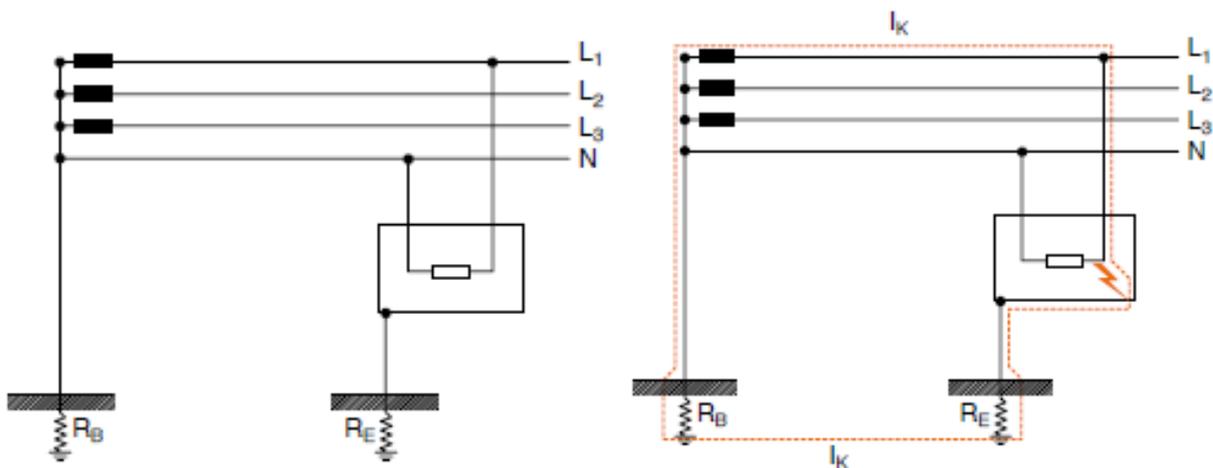
- T masse collegate direttamente a terra;
- N masse collegate al punto messo a terra del sistema di alimentazione.

Eventuali lettere successive indicano la disposizione dei conduttori di neutro e di protezione:

- S funzioni di neutro e protezione svolte da conduttori separati;
- C funzioni di neutro e protezione svolte da un unico conduttore (conduttore PEN).

SISTEMA TT

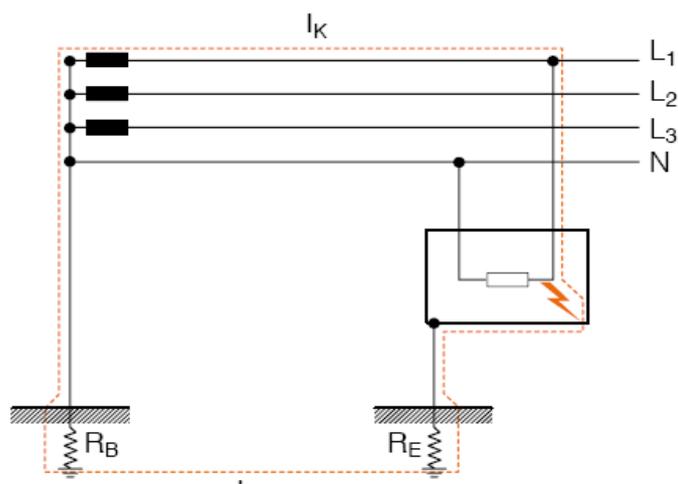
Nel sistema TT il neutro e le masse sono collegati a due impianti di terra elettricamente indipendenti e la corrente di guasto a terra ritorna quindi al nodo di alimentazione attraverso il terreno.



In impianti di questo tipo il neutro viene normalmente distribuito e la sua funzione è quella di rendere disponibile la tensione di fase (es. 230 V), utile per l'alimentazione dei carichi monofase degli impianti civili.

Le correnti di guasto nei sistemi TT, hanno intensità maggiore e sono di tipo resistivo.

guasto a terra in un sistema TT



Nel caso di basso isolamento, la carcassa metallica, avrà una tensione diversa da zero ed una extra corrente I_K scorrerà nel circuito. La tensione della carcassa metallica $V = R_E \times I_K$ rappresenta il limite massimo consentito di 50 V per ambienti ordinari, 25 V per ambienti speciali.

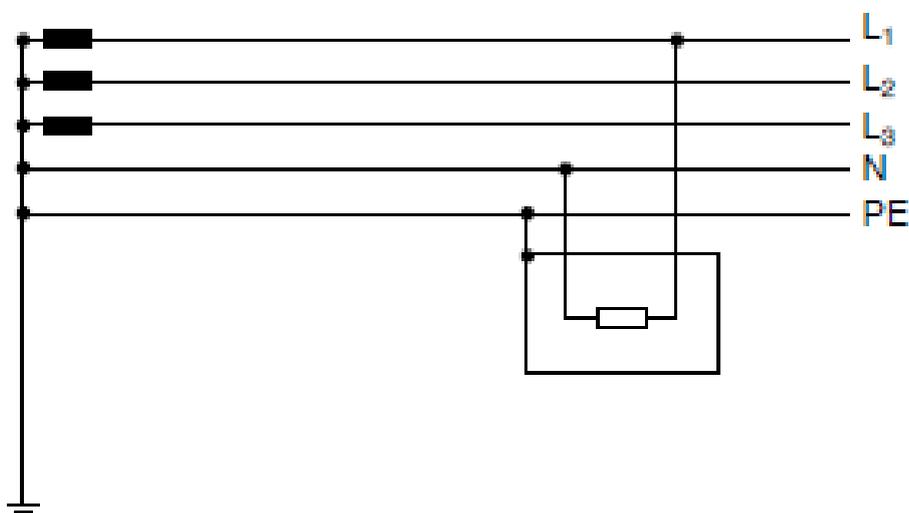
Un guasto franco verso terra fa intervenire le protezioni.

SISTEMA TN

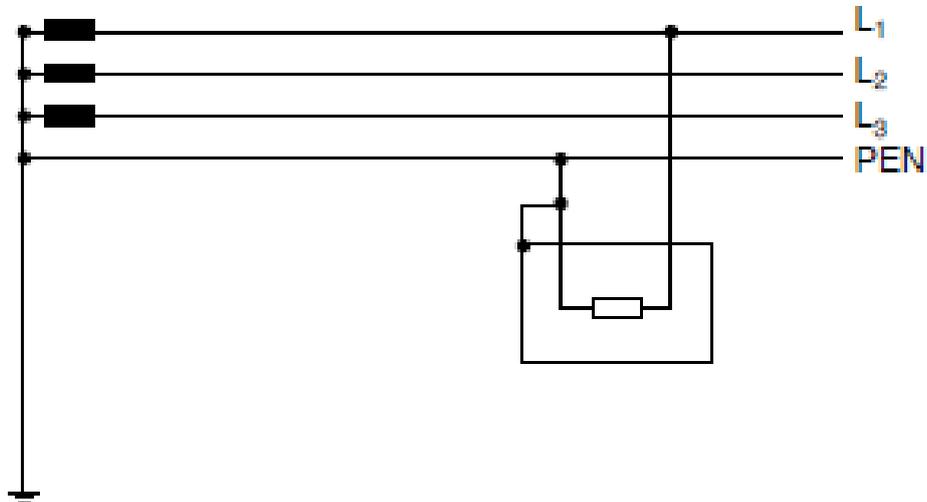
Nel sistema TN il neutro è connesso direttamente a terra mentre le masse sono connesse allo stesso impianto di terra del neutro.

Il sistema elettrico TN si distingue in tre tipi a seconda che i conduttori di neutro e di protezione siano separati o meno:

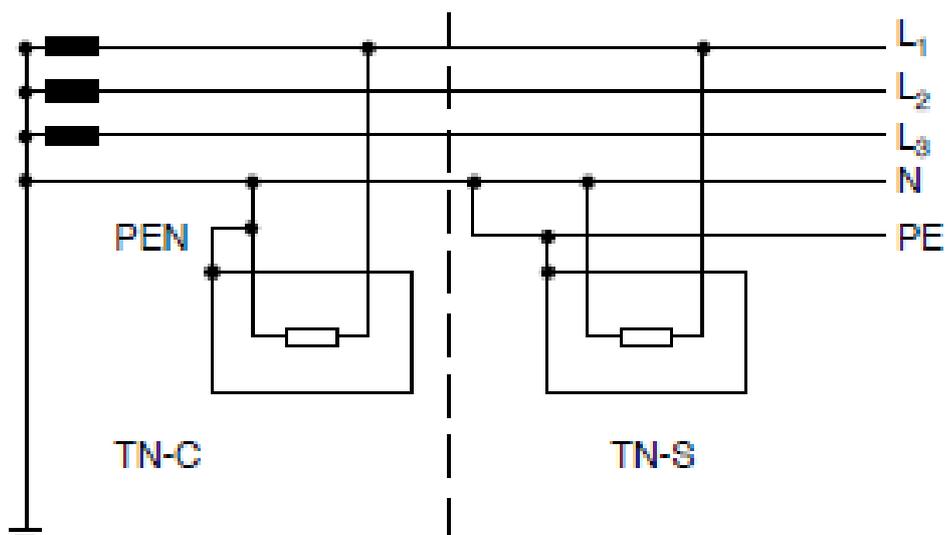
- TN-S: il conduttore di neutro N e di protezione PE sono separati;



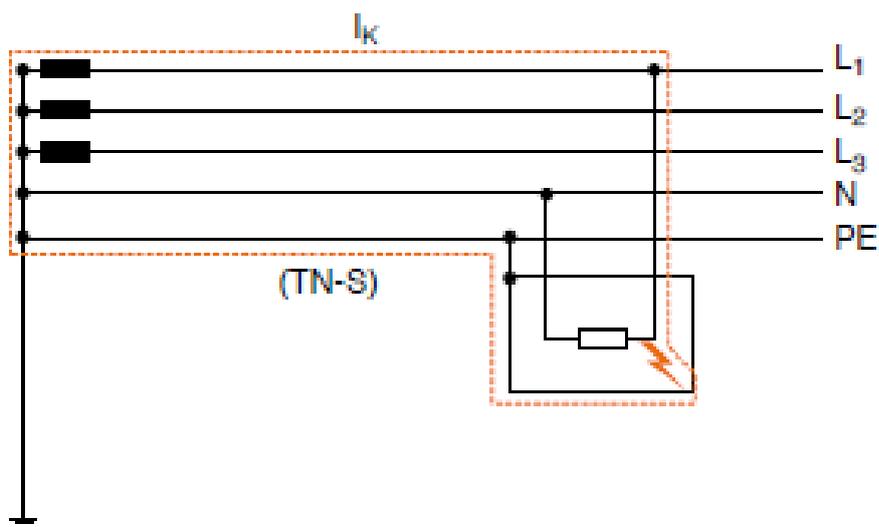
- TN-C: le funzioni di neutro e di protezione sono combinate in un unico conduttore definito PEN;



- TN-C-S: le funzioni di neutro e di protezione sono in parte combinate in un solo conduttore PEN ed in parte separate PE + N;

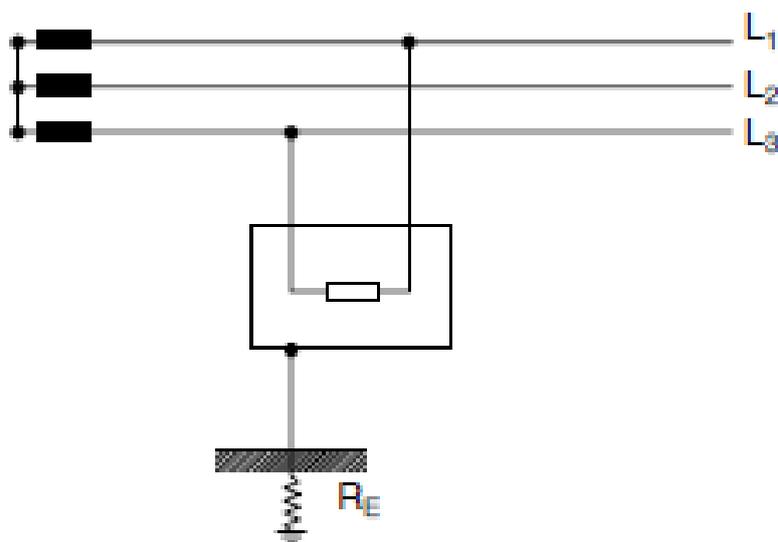


Nei sistemi TN la corrente di guasto a terra ritorna al nodo di alimentazione attraverso un collegamento metallico diretto (conduttore PE o PEN) senza praticamente interessare il dispersore di terra.



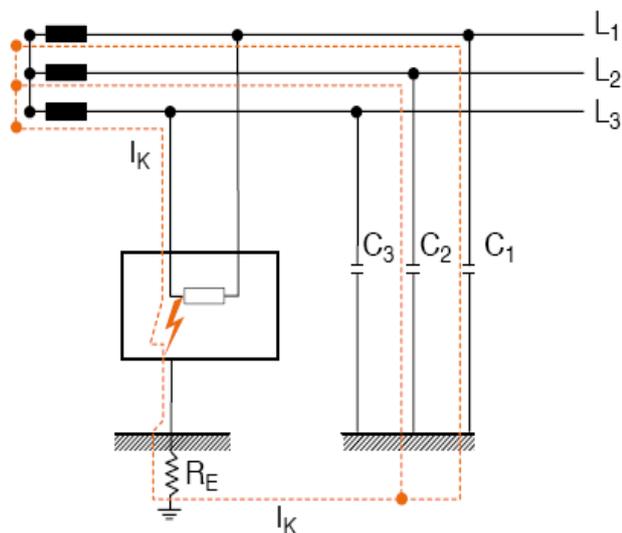
SISTEMA IT

Il sistema elettrico IT non ha parti attive collegate direttamente a terra ma può avere parti attive collegate a terra tramite un'impedenza di valore elevato. Tutte le masse, singolarmente o in gruppo, sono connesse ad un impianto di terra indipendente.



Le correnti di guasto nei sistemi IT, hanno intensità minore. La corrente di guasto a terra ritorna al nodo di alimentazione attraverso l'impianto di terra delle masse e le capacità verso terra dei conduttori di linea. Per questo possiamo dire che sono correnti di tipo capacitivo.

guasto a terra in un sistema IT



Un primo guasto verso terra non fa intervenire le protezioni.

DISPOSITIVI DI PROTEZIONE E SEQUENZA DI INTERVENTO

Le condizioni monitorate sono:

- Operative (overload);
- Guasto a terra, trifase e/o monofase.

Il dispositivo controllore viene comunemente detto relè di protezione.

L'obiettivo è quello di monitorare l'impianto al fine di isolare soltanto la parte affetta da guasto, senza intaccare il resto dell'impianto che resta in servizio.

Per semplicità i principali tipi di guasto possono essere classificati in:

- Operativi: overload, over/under speed, over/under voltage, carico squilibrato, perdita del campo di eccitazione, perdita del motore primario;
- Strutturali: perdita di isolamento, guasto a terra, guasto mono/trifase, guasto interno al generatore.

Un' importante caratteristica che devono possedere i sistemi di protezione sta nella selettività, ossia la sequenza con la quale le stesse intervengono rispetto ad un'altra.

Le protezioni possono essere classificate anche in base al loro principio di intervento come per esempio le protezioni ad intervento immediato che sono imputate ad intervenire per guasti sotto il loro diretto monitoraggio, mentre per guasti esterni sono insensibili. Sono protezioni a tempo di intervento immediato la 87(Prot. Diff.), 67N (Guasto a terra), ecc.

Poi ci sono le protezioni di back-up dove il tempo di intervento è ritardato e queste sono tali da garantire la selettività delle protezioni. Relè di questo tipo sono ad esempio la 21: monitoraggio dell' impedenza, 50: overcurrent istantanea, 51: overcurrent con ritardo.

Infine annoveriamo le protezioni contro le anomalie operative e di esercizio, cioè quelle protezioni che intervengono per anomalie del campo, o del network, come ad esempio la 24: Attiva quando il rapporto V/Hz è fuori da un range prefissato, 26: Attiva quando la temperatura di un apparato (escl. avvolgimenti) è fuori da un range prefissato, 27: Undervoltage, 32: Flusso di potenza direzionale (reverse power), 40: Fault

dell'eccitazione, 46: Sequenza delle fasi, 59: Overvoltage, 81: under/over frequenza.

LO SHOCK ELETTRICO SUL CORPO UMANO

Un lavoro elettrico potrebbe essere non pericoloso se il corpo umano fosse fatto di materiale isolante, ma sfortunatamente, esso è un conduttore elettrico. Infatti se sottoposto a tensione elettrica esso sarà attraversato da corrente.

Se fosse fatto di materiale ignifugo ma, sfortunatamente, non lo è. Infatti colpito da archi elettrici esso verrà danneggiato.

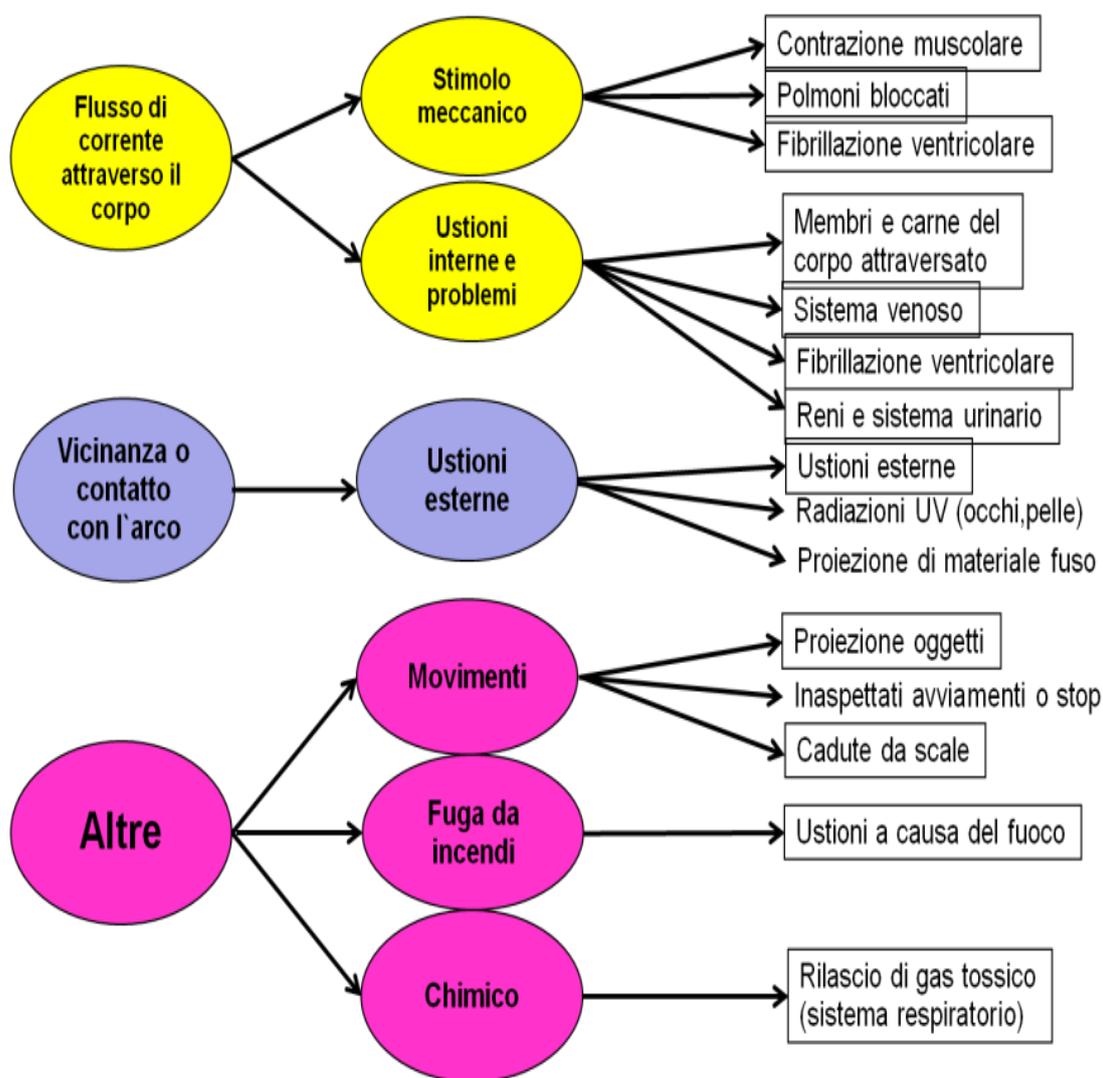
Se fosse meccanicamente indistruttibile ma, sfortunatamente, è una macchina fragile.

Per tutti questi motivi quindi risulta evidente che il corpo umano non può essere sottoposto a violenti stress fisici.

Con l'obiettivo di ridurre al minimo i rischi è buona norma non riparare o modificare apparecchiature collegate in rete a meno che non possano essere completamente scollegate dalla linea. Nessuno dovrebbe lavorare su qualsiasi apparato se non munito dei dispositivi di protezione individuali.

Inoltre devono essere prese tutta una serie di precauzioni adeguate, come ad esempio serrature di protezione sui breakers, sentinelle di guardia, etichette di avviso per evitare che l'apparecchiatura sia messa in linea durante l'intervento.

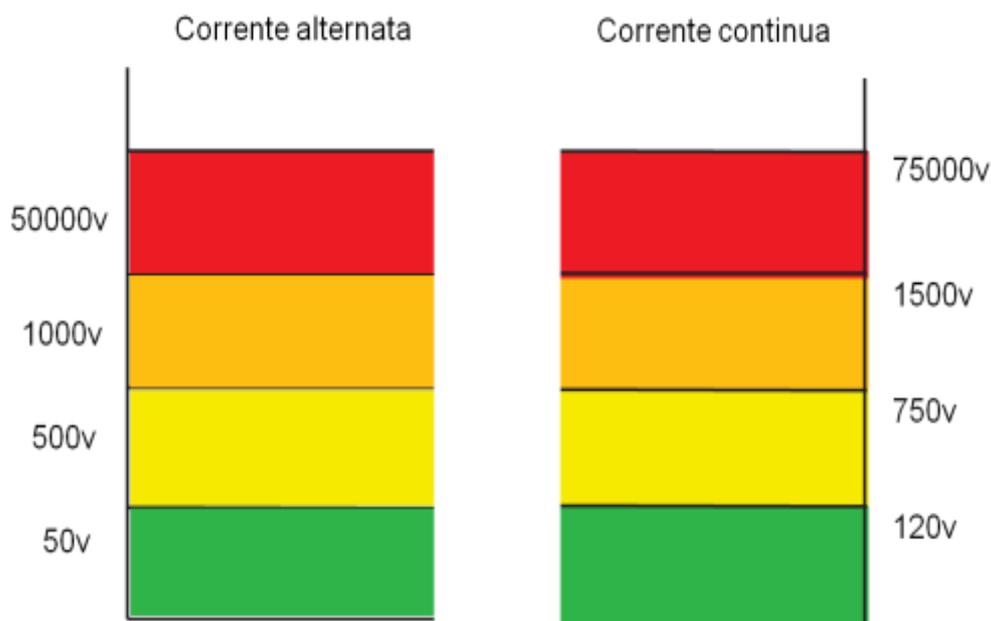
La violazione di queste precauzioni porta sempre ad un incidente elettrico.



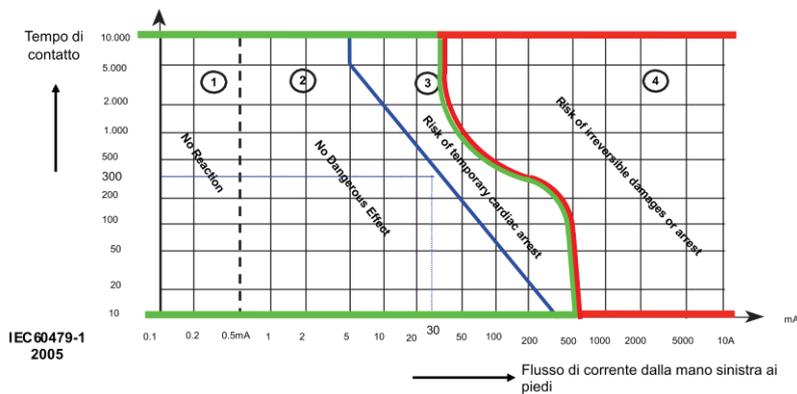
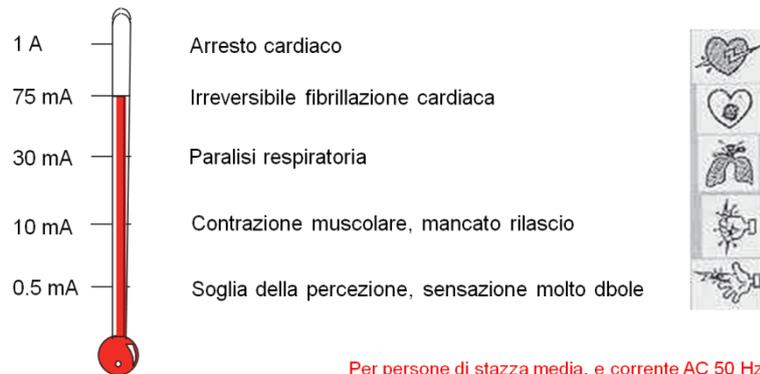
Sotto 50 Volts l'impedenza della pelle rimane efficace ed assume un valore approssimato di 25000 Ohm, quindi si ha una corrente di $I=50V / 25000 = 20 \text{ mA} = \text{safe}$.

L'impedenza della pelle però varia. Infatti aumenta con lo spessore dello strato di cheratina, diminuisce con la superficie di contatto, la pressione, l'idratazione, la durata e la tensione.

Oltre i 100 Volts la pelle diventa pienamente un conduttore e si ha che l'impedenza interna del corpo arriva ad un valore di 6500 Ohm $100V / 6500 \text{ Ohm} = 150 \text{ mA} = \text{unsafe}$.



Corrente che fluisce attraverso il corpo



Ad essere interessati da questi eventi risultano tutti i tessuti del corpo:

➤ Muscoli

- ✓ Flessione: impossibilità di rilasciare il contatto elettrico;
- ✓ Estensione: proiezione all'indietro del corpo con conseguenti ferite indotte.

➤ Polmoni

- ✓ Tetanizzazione dei muscoli respiratori che se persistente comporta il soffocamento.

➤ Cervello

- ✓ Disturba o altera i segnali di controllo interno dal sistema nervoso.

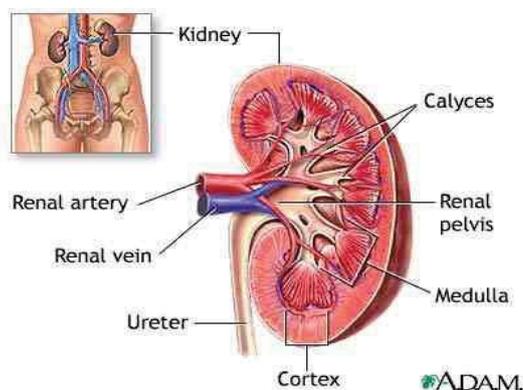


➤ Cuore

- ✓ Fibrillazione: il cuore può fermarsi per cui in questi casi bisogna rimanere sotto stretto controllo medico.

➤ I reni e la mioglobina

- ✓ Quando il muscolo è danneggiato la mioglobina è rilasciata nel flusso sanguigno. In grandi quantità la mioglobina potrebbe danneggiare i reni.



Risulta evidente come a seguito di questi incidenti sia fondamentale un monitoraggio da parte dei medici del soggetto che ha subito lo shock elettrico per almeno 48 ore. Anche perché spesso vi sono una serie di effetti secondari che sono più critici da rilevare come:

- problemi alla pelle;
- udito;
- vertigini;
- insonnia;
- depressione;

- disturbi psichici;
- perdite di memoria.



Nel caso invece di arco elettrico possono essere raggiunte temperature che vanno dai 15000 ai 35000 °C. Questo tipo di incidente può provocare:

- ustioni esterne;
- radiazioni UV;
- esplosioni con rilascio di materiale anche fuso a velocità di circa 400 km/h;
- generare esplosioni da gas caldi in sovrappressione;

- problemi alla vista a causa della propagazione dei raggi.

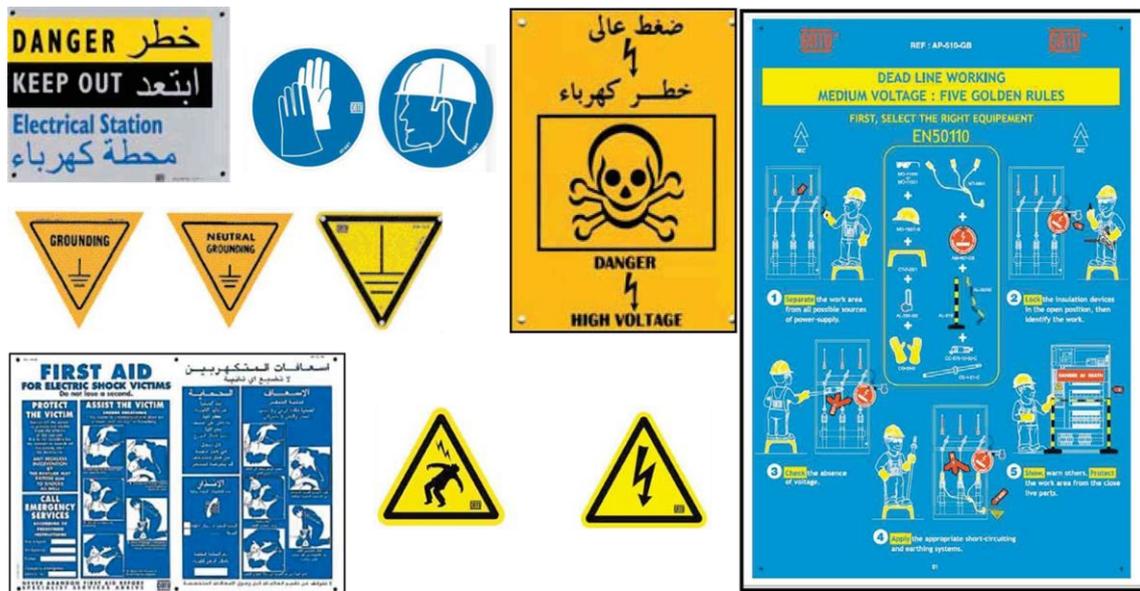


PROCEDURE OPERATIVE DI SICUREZZA

Il primo passo operativo per ridurre il rischio di incidente è quello di indossare i dovuti dispositivi di sicurezza individuali e conseguentemente scegliere in maniera opportuna tutte quelle attrezzature di sicurezza.



E' importante fare in modo che la segnaletica di pericolo e di aiuto sia installata in modo che tutti possano vederla e comprenderla.



Quindi per ogni lavoro vi è la necessità' di avere a disposizione in loco gli specifici DPI come ad esempio l'elmetto di sicurezza, i guanti, le scarpe ed i DPI da lavori elettrici ad alta tensione come visiera e guanti anti arco, guanti antistatici, tutta ignifuga; tutti quegli attrezzi personali di sicurezza, rilevatori di HV, cavi di isolamento, un'adeguata conoscenza elettrica professionale, un'adeguata formazione specifica in loco, un'adeguata formazione sulla sicurezza elettrica e abilitazione ed essere informati sull'organizzazione del

sito specifico, i rischi e le norme di sicurezza dal responsabile della sicurezza locale.

Anche se le pratiche di lavoro possono essere diverse da un paese all'altro, si applicano sempre molte **REGOLE D'ORO** comuni osservando semplicemente le norme di sicurezza elettrica coordinate dal buon senso.



1 . Seleziona l'attrezzatura di sicurezza



2 . Separa l'area di intervento da ogni alimentazione



3 . Bloccare in posizione aperta tutti i possibili collegamenti da alimentare



4 . Controlla l'assenza di tensione su ogni conduttore



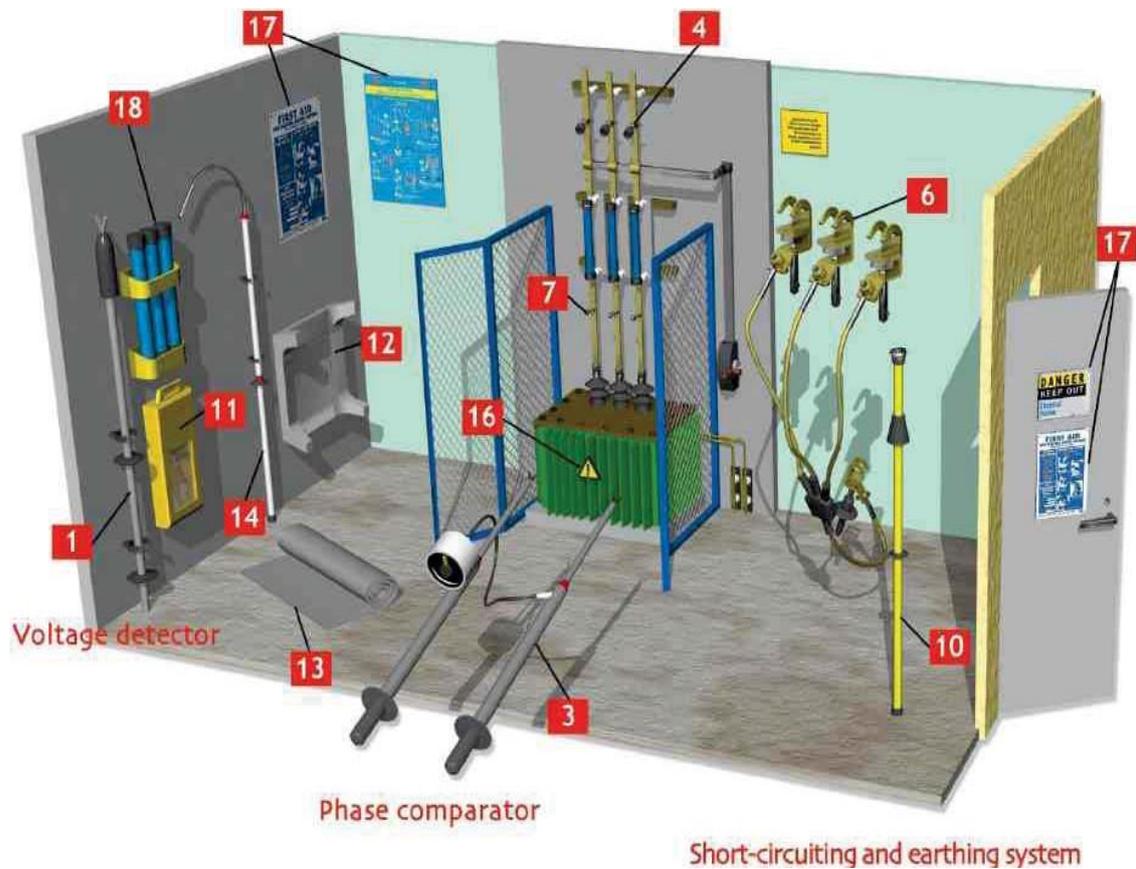
5 . Cortocircuita e metti a massa ogni conduttore



6 . Fissa cartelli e delimita il posto di lavoro



Di seguito si visualizza una possibile configurazione di un locale elettrico.



PERSONA AUTORIZZATA E COMPETENTE

Una persona autorizzata e competente viene nominata, preferibilmente per iscritto, da una figura preposta alla nomina, es. D.M., ad effettuare alcune operazioni e compiti specifici. La persona deve essere competente, ovvero avere le qualifiche e l'esperienza per poter lavorare in tutta sicurezza. Nessuno può essere impegnato in alcuna attività di lavoro pericolosa a meno che non si posseggano una serie di conoscenze, oppure si è supervisionati.

Bisogna accertarsi che tutti gli operatori non siano messi a rischio a causa di soggetti incompetenti nel trattare con apparecchiature elettriche.

Il compito di una persona autorizzata e competente è quello di rendere sicure le apparecchiature elettriche prima di intraprendere il lavoro; ciò richiederà conoscenze tecniche o esperienza tale da poter evitare il pericolo durante la messa in sicurezza. Non ci sarà alcun pericolo dall'apparecchiatura durante il lavoro, a condizione che la messa in sicurezza sia stata effettuata correttamente.

Tale procedura deve essere realizzata anche in collaborazione con chi ha rilasciato il permesso di lavoro.

Quindi la conoscenza tecnica e l'esperienza che l'operatore dovrebbe possedere è relativa ad un'adeguata conoscenza dell'energia elettrica, un'adeguata esperienza del lavoro elettrico in corso, un'adeguata conoscenza del sistema da manutenzionare ed esperienza pratica di quella classe di sistema, la comprensione dei rischi che possono sorgere durante il lavoro e le precauzioni che devono essere prese e la capacità di riconoscere in ogni momento se è sicuro che il lavoro prosegua.

PERMIT TO WORK

Un permesso di lavoro elettrico in alta tensione è soprattutto una dichiarazione che un circuito o un elemento dell'apparecchiatura è sicuro alla manutenzione; come è stato isolato e nel caso di necessità collegato alla messa a terra.

Non si deve mai rilasciare un permesso di lavoro elettrico per lavori su apparecchiature che sono ancora vive. Le informazioni in esso contenute devono essere precise e dettagliate, esso dovrebbe affermare che un'apparecchiatura è stata messa in sicurezza, le procedure con le quali questa sicurezza è stata raggiunta, ed esattamente ciò che deve essere fatto durante il lavoro. Se un programma di lavoro sulla stessa zona di intervento deve essere cambiato, il permesso di lavoro elettrico esistente deve essere annullato ed uno nuovo rilasciato prima di ogni variazione da effettuare per il lavoro. L'unica persona che ha l'autorità di accettare il cambiamento di programma e rilasciare il nuovo permesso a lavori elettrici, o è la persona che ha rilasciato il permesso originale o la persona designata dal management per assumerne la responsabilità.

Un permesso di lavoro elettrico HV deve essere rilasciato solo da una persona competente, valutata tale per mezzo di conoscenze tecniche ed esperienza, e che abbia familiarità con il sistema e le attrezzature.

Prima di rilasciare l'autorizzazione, che dovrebbe contenere in modo dettagliato e per iscritto quali sono i vari passi per scollegare, isolare, dimostrare morti, blocchi OFF ed il collegamento a terra dell'attrezzatura, l'autorizzante deve anche identificare le attrezzature adiacenti ancora vive.

Quindi un buon permesso di lavoro elettrico deve indicare chiaramente:

- la persona destinataria del permesso, nominare il leader del gruppo di lavoro che sarà presente durante tutta l'operazione;
- le apparecchiature che sono state fatte morte e la loro collocazione precisa;
- I punti di isolamento;
- dove sono stati collegati a terra i conduttori;
- dove sono affissi avvisi e montate serrature di sicurezza speciali;
- la natura del lavoro da effettuare;

- la presenza di qualsiasi altra fonte di pericolo, con riferimenti incrociati con altri eventuali permessi;
- ulteriori precauzioni da prendere durante il corso del lavoro.

È buona norma che il permesso di lavoro venga rilasciato nel luogo in cui dovrà essere svolto il lavoro. L'autorizzante del lavoro dovrebbe spiegare il lavoro e concordarne l'accuratezza e la completezza dei dettagli con la persona che effettuerà prima che lo stesso abbia inizio. La persona che rilascia il permesso deve quindi essere sicura che tutte le misure necessarie siano state prese per rendere l'apparecchiatura sicura alla manutenzione.