

IL RISCHIO ELETTRICO

Il rischio elettrico è certamente uno degli aspetti più complessi e concreti della prevenzione agli infortuni, il 4-5% di questi ha esito mortale, deriva dagli effetti dannosi che la corrente elettrica può produrre all'uomo in modo diretto o indiretto.

Gli effetti del passaggio della corrente attraverso il corpo umano può determinare alterazioni e lesioni, producendo un'azione sui vasi sanguigni, sulle cellule nervose, alterazioni al sistema cardiaco e all'attività celebrale.

Si può classificare quattro fenomeni:

Arresto della respirazione: con il passaggio della corrente elettrica i muscoli responsabili della respirazione si contraggono e non consentono più l'espansione della cassa toracica.

L'arresto della respirazione sopraggiunge quando l'organismo viene sottoposto a una corrente superiore a 10 mA e se questa condizione perdura l'individuo può perdere conoscenza e morire soffocato, occorre intervenire prontamente sulla causa primaria e con la respirazione assistita immediatamente dopo l'infortunio, entro 3-4 minuti.

Circa il 6% delle morti per folgorazione è dovuto ad asfissia.

Fibrillazione ventricolare: nel cuore circolano correnti simili a quelle presenti in un comune circuito elettrico, se alla normali correnti elettriche fisiologiche viene indotta una corrente elettrica di intensità superiore, si può provocare l'alterazione nel naturale equilibrio elettrico corporeo. Se agli impulsi elettrici prodotti dai centri nervosi se ne sommano altri estranei, gli ordini trasmessi dai centri nervosi ai muscoli risulteranno alterati e quest'ultimi non svolgeranno più adeguatamente il loro compito, producendo il fenomeno della fibrillazione che non permette al cuore di funzionare adeguatamente sino a portare all'arresto cardiaco.

Tetanizzazione: quando si applica uno stimolo elettrico a una fibra nervosa, l'azione di stimolazione che esso produce si propaga dalla fibra nervosa fino al muscolo che si contrae per poi tornare nuovamente a liberarsi.

Se gli stimoli si susseguono senza dar tempo al muscolo, gli effetti si sommano e il muscolo è portato a contrarsi completamente e a rimanere in questa posizione sino al cessare degli stimoli.

Questo processo viene chiamato tetanizzazione e si verifica quando il corpo umano è attraversato da corrente.

Ustioni: bastano densità di corrente di pochi mA/mm² per qualche secondo per provocare ustioni apprezzabili, soprattutto nelle zone dotate di maggior resistività.

Oltre i 40-50 mA/mm² si ha una carbonizzazione dei tessuti interessati, aumentando notevolmente la resistenza locale; può avere paradossalmente un effetto protettivo nei confronti di ulteriori danni più gravi.



Effetti della corrente alternata.

Per la corrente alternata a frequenza compresa tra i 15 Hz e 100Hz (e in particolare alle frequenze di 50 o 60 Hz che sono le più usate per le installazioni elettriche), gli effetti sull'organismo umano sono descritti in figura:

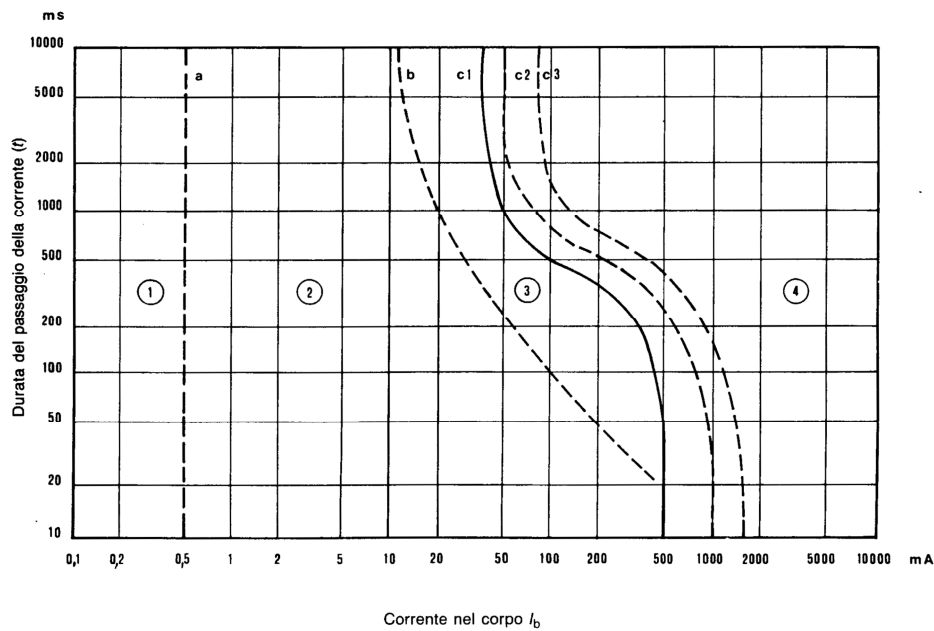


Fig 1

Dalla figura delimitiamo quattro zone:

Zona 1 dove abitualmente non si hanno reazioni.

Zona 2 dove abitualmente non si hanno effetti fisiologicamente pericolosi.

Zona 3 abitualmente nessun danno organico, probabilità di contrazioni muscolari e difficoltà respiratoria; disturbi reversibili nella formazione e conduzione di impulsi nel cuore, inclusi fibrillazione atriale e arresto cardiaco provvisorio senza fibrillazione ventricolare, che aumentano con l'intensità della corrente e il tempo.

Zona 4 in aggiunta agli effetti della zona 3 la probabilità di fibrillazione ventricolare aumenta fino a circa il 5% (curva c2), al 50% (curva c3), oltre al 50% al di là della curva c3.

Effetti pato fisiologici come arresto cardiaco, arresto respiratorio, gravi ustioni possono presentarsi con l'aumentare dell'intensità della corrente e del tempo.

Soglia di percezione : questa soglia dipende da diversi parametri, quali l'area del corpo in contatto con un elettrodo (superficie di contatto), dalle condizioni del contatto (mani asciutte, bagnate, pressione,) e anche dalle caratteristiche fisiologiche della persona.

Sogli reazione: Un valore di 0,5 mA viene considerata come soglia di reazione per il contatto con una superficie conduttiva.

Immobilizzazione: effetto di una corrente elettrica su un corpo impedendone il movimento volontario del muscolo interessato.

Soglia di rilascio: la soglia di rilascio dipende da più parametri, come l'area del contatto la forma o dimensioni degli elettrodi e anche dalle caratteristiche fisiologiche dell'individuo, in questo rapporto si assume un valore di circa 10mA.

Soglia di fibrillazione ventricolare: gli impulsi elettrici generati dai centri nervosi in condizioni normali costituiscono ordini di azionamento trasmessi al muscolo cardiaco, se altri impulsi elettrici estranei si sovrappongono ai primi, il cuore in mancanza di ordini coordinati si contrarrà in maniera caotica e disordinata determinando il fenomeno della fibrillazione ventricolare, responsabile del 90 % delle morti per folgorazione.

Il fenomeno della fibrillazione ventricolare ha luogo per correnti superiori a 80 mA.

Per contatti di durata al di sotto di 0,1 secondi, la fibrillazione può innescarsi per correnti superiori a 500 mA, ed è probabile che si inneschi per correnti dell'ordine di alcuni ampere se il passaggio di corrente avviene durante il periodo vulnerabile.

Per contatti della stessa intensità e durata superiore a un ciclo cardiaco, si può produrre un arresto cardiaco reversibile, la fibrillazione ventricolare è la principale causa di morte.

Con tensioni non superiori a **50V** in corrente alternata (valore efficace) pare che non esistono prove di infortuni elettrici accaduti in circostanze abituali.

Effetti della corrente continua.

Gli infortuni con corrente continua sono molto meno frequenti di quanto sarebbe lecito attendersi dato il numero delle applicazioni in corrente continua; gli infortuni mortali accadono soltanto per particolari condizioni sfavorevoli per esempio le miniere.

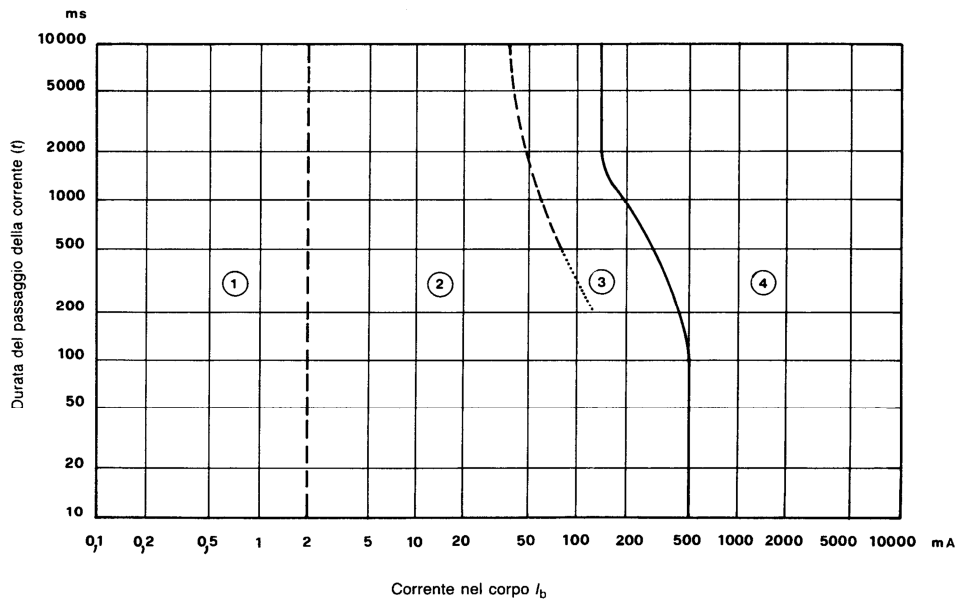


Fig 2

Questo è dovuto dal fatto che con la corrente continua il rilascio delle parti afferrate è meno difficile per tempi maggiori di un periodo cardiaco e la soglia di fibrillazione rimane considerevolmente maggiore che in corrente alternata.

Le principali differenze tra gli effetti della corrente alternata dalla corrente continua sono date dal fatto che le azioni di eccitazione dovute alla corrente (stimolazione dei nervi e dei muscoli, innesco della fibrillazione atriale o ventricolare) sono collegate alla variazione del valore di corrente specialmente all'atto della sua stabilizzazione e interruzione.

Per produrre gli stessi effetti, l'intensità della corrente continua deve essere da due a quattro volte più grande di quella in corrente alternata.

Dalla figura delimitiamo quattro zone:

Zona 1 dove abitualmente non si ha nessuna reazione.

Zona 2 abitualmente nessun effetto fisiologicamente pericoloso.

Zona 3 abitualmente nessun danno organico, sono probabili aumentando l'intensità della corrente e il tempo, disturbi reversibili nella formazione e conduzione degli impulsi nel cuore.

Zona 4 probabile fibrillazione ventricolare, altri effetti pato-fisiologici con l'aumentare dell'intensità della corrente e del tempo, come gravi ustioni, possono avvenire in aggiunta a quelli della zona 3.

Nei confronti della fibrillazione ventricolare, questa figura si riferisce agli effetti della corrente che fluisce lungo il percorso "mano sinistra-piedi" e per corrente ascendente.

Il limite tra le zone 2 e 3 non è conosciuto per tempi inferiori a 500 millisecondi.

Soglia di percezione: dipende da diversi parametri, come l'area di contatto, le condizioni del contatto (umidità, pressione, temperatura), la durata del flusso di corrente e le caratteristiche fisiologiche dell'individuo.

A differenza della corrente alternata, sono avvertiti solo lo stabilirsi e l'interrompersi della corrente; nessun'altra sensazione si nota al passaggio dalla corrente al livello della soglia di percezione.

In condizioni paragonabili a quelle utilizzate negli studi per la corrente alternata, la soglia di percezione è stata valutata intorno ai 2 mA.

Soglia di rilascio per correnti continue inferiori a 300 mA non esiste una soglia definibile, solo lo stabilirsi e l'interrompersi della corrente provocano dolori e contrazioni muscolari.

Per correnti superiori a 300 mA, il rilascio può essere impossibile o solo possibile dopo molti secondi o minuti di durata del contatto.

Soglia di fibrillazione ventricolare come descritto per la corrente alternata, dipende sia dai parametri fisiologici sia elettrici.

Da informazioni derivate da infortuni elettrici mostrano che la soglia di fibrillazione per una corrente discendente è circa due volte superiore rispetto a quella ascendente, è molto improbabile che si inneschi la fibrillazione per un percorso della corrente mano-mano.

Per durate di contatto maggiori di un periodo cardiaco, la soglia di fibrillazione per la corrente continua è maggiore di quella per corrente alternata.

Per contatti di durata inferiore a 200 millisecondi, la soglia di fibrillazione è circa identica a quella per la corrente alternata, misurata in valore efficace.

Al di sotto di circa 300 mA è avvertita una sensazione di calore alle estremità durante il passaggio della corrente.

Correnti trasversali fino a 300 mA che fluiscono attraverso il corpo umano per diversi minuti possono, aumentando con il tempo e l'intensità, causare aritmie cardiache reversibili, marchi elettrici, ustioni, vertigini e qualche volta perdite di conoscenza.

La perdita di conoscenza accade frequentemente al di sopra di 300 mA.

Impedenza elettrica del corpo umano.

Le differenti parti del corpo umano (pelle, sangue, muscoli, altri tessuti e articolazioni ecc.) presentano una certa impedenza al passaggio della corrente elettrica.

La relazione fra corrente e tensione non è lineare in quanto l'impedenza del corpo umano varia con la tensione di contatto; è comunque importante conoscere i valori di impedenza e la loro variabilità in funzione della tensione applicata.

L'impedenza totale del corpo umano Z_t consiste di una componente resistiva e una capacitiva, Z_t infatti è la somma vettoriale dell'impedenza interna Z_i , si considera solitamente solo resistiva perché la componente capacitiva è molto piccola, si può pertanto parlare semplicemente di resistenza interna e dell'impedenza della pelle Z_p che può essere considerata come una rete di resistenza e di capacità.

Il valore dell'impedenza (o semplicemente resistenza) interna dipende principalmente dal percorso della corrente e in misura minore dall'area di contatto (Z_i aumenta se l'area di contatto è molto piccola, dell'ordine di pochi millimetri quadri).

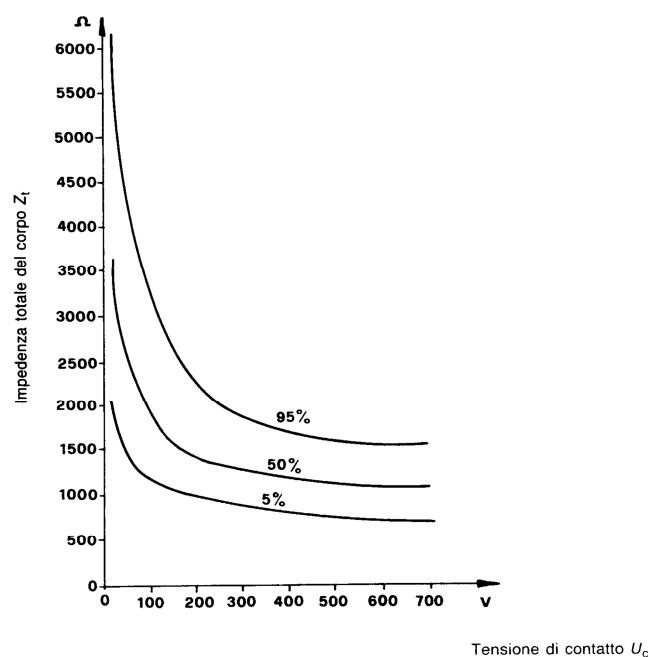
Il tragitto interno determina la variazione di Z_i .

L'impedenza della pelle diminuisce all'aumentare della corrente, il valore di Z_p dipende inoltre dalla tensione di contatto, dalla frequenza, dalla durata del passaggio della corrente, dall'area di contatto, dalla pressione del contatto, dall'umidità e temperature della pelle, in particolare:

- o Per tensioni di contatto fino a 50V, il valore di Z_p è molto variabile al variare dell'area di contatto, anche per la stessa persona; per tensioni superiori, comprese tra i 50 V e 100 V, il valore di Z_p diminuisce considerevolmente.
- o Z_p diminuisce all'aumentare della frequenza;
- o Z_p diminuisce all'aumentare della pressione di contatto.

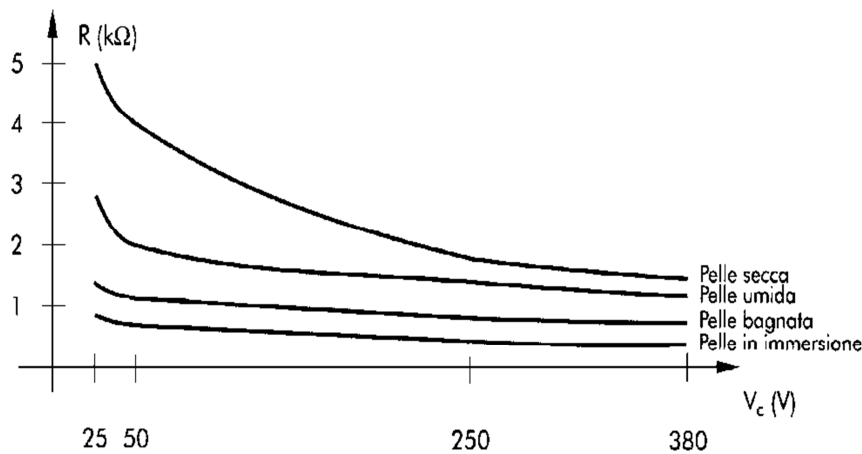
I valori di impedenza del corpo umano sono noti alla base di misure sperimentali effettuate principalmente su cadaveri e su alcune persone viventi, in figura sono riportati valori statistici dell'impedenza totale del corpo umano di individui adulti di entrambi i sessi.

Nell'analisi delle condizioni di rischio elettrico si assume per il corpo umano una resistenza mano-mano di 1000 ohm, che deve essere prudenziale in quanto, alla tensione di 230V, solo il 5% della popolazione ha un corpo con una resistenza elettrica inferiore.



Sempre alla tensione di 230V, alla proporzione del 5% della popolazione corrispondono un valore di resistenza mano –piedi (o mani-piede) di 750 ohm e un valore di resistenza mani-piedi di 500 ohm.

Per indicare la resistenza del corpo umano si usa il simbolo **R_b** (che deriva dall'espressione in lingua inglese *body resistance*).



Nella figura sono raffigurati i valori statistici dell'impedenza totale del corpo umano per esseri viventi, relativi al percorso mano-mano o mano piede, per tensioni di contatto fino a 380V.

E' importante anche lo stato della pelle, in quanto se dura e callosa oppone al passaggio della corrente una resistenza maggiore di una pelle morbida, o addirittura contusa, ferita o tagliata; la pelle umida è caratterizzata da una resistenza inferiore a quella della pelle secca, anche perché i sali contenuti nel sudore sono buoni conduttori.

Pericolosità della corrente in relazione al percorso nel corpo umano.

Per dedurre gli effetti equivalenti (soprattutto in termini di probabilità di fibrillazione ventricolare) che una stessa corrente I , a parità di tempo di esposizione, avrebbe in caso di percorsi differenti attraverso il corpo del soggetto, viene definito un fattore di percorso F tale che $I_{eq}=I/F$.

Il fattore di percorso F è indicativo della pericolosità della corrente elettrica in relazione al tragitto ed è definito dalla relazione :

$$\text{fattore percorso } F = I_{\text{riferimento}} \div I_h$$

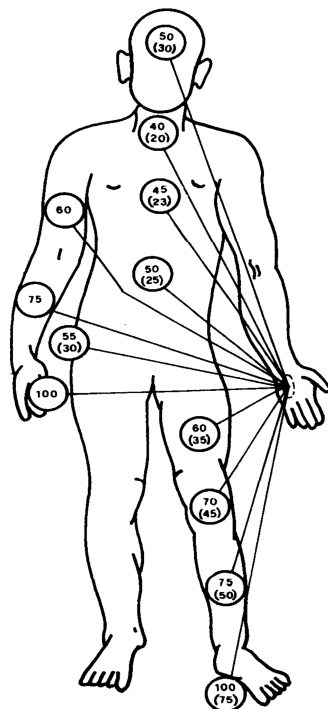
In cui:

I_{rif} = corrente nel percorso di riferimento mano sinistra-piede (o mani-piede), che determina un pericolo di fibrillazione ventricolare secondo quanto illustrato in figura;

I_h = corrente nel corpo, secondo un percorso tra quelli indicati in tabella, che dà luogo alla stessa probabilità di fibrillazione ventricolare della corrente I_{rif} circolante lungo il percorso di riferimento mano sinistra-piedi.

Il fattore di percorso può anche essere considerato come il rapporto tra l'intensità del campo elettrico nel cuore per un dato percorso dalla corrente e l'intensità del campo elettrico nel cuore per una corrente di eguale intensità che fluisce dalla mano sinistra ai piedi.

Il percorso mano sinistra-piedi e il percorso mani-piedi sono equivalenti.



In figura si evidenzia la resistenza interna del corpo umano in relazione al percorso della corrente tra mano e un punto individuato dal cerchietto, dove è indicato il valore della resistenza, posto a pari a 100 il valore della resistenza secondo il tragitto mano-mano. Da quanto osservato a proposito della variabilità di Zi e di Zp deriva che, per tensioni superiori a 50V, al crescere della tensione l'impedenza totale del corpo umano Zt dipende sempre meno da Zp.

Percorso di riferimento	Fattore di percorso F
Mani - piedi	1
Mano sinistra-piede sinistro o piede destro o piedi	1
Mano destra-piede sinistro o piede destro o piedi	0,8
Mano sinistra-mano destra	0,4
Mano sinistra-dorso	0,7
Mano destra-dorso	0,3
Mano sinistra-torace	1,5
Mano destra-torace	1,3
Glutei - mano destra o sinistra o entrambe le mani	0,7

Percorsi diversi possono essere più o meno pericolosi.

Dai dati riportati in tabella si deduce, per esempio, che una corrente di 200mA che fluisce da una mano all'altra ha lo stesso effetto probabile di una corrente di 80mA che fluisce secondo il percorso mano sinistra-piedi.

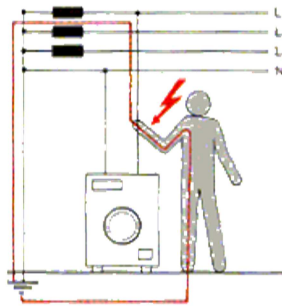
Il percorso più pericoloso è quello tra la mano sinistra e il torace, per il quale il valore di corrente è il 67% di quello che determinerebbe la medesima probabilità di fibrillazione nel percorso mani piedi

$$I_h = I_{rif} \div F = 1 \div 1,5 = 0,67.$$

Il percorso meno pericoloso è quello tra la mano destra e dorso, per il quale il valore di corrente è di 3,3 volte quello che determinerebbe la medesima probabilità di fibrillazione nel percorso mani-piedi.

Misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti

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 terra.

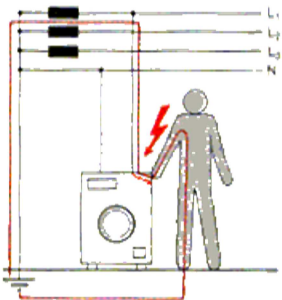
Il contatto diretto può avvenire anche tramite una parte conduttrice purché non sia una massa o in contatto con una massa. (CEI 64-8 art. 23-5)

Le misure di protezione sono volte a impedire la possibilità che una persona possa involontariamente venire in contatto con le parti attive, a tale riguardo la norma considera due livelli di protezione a seconda che si trovi in ambiente ordinario o in un luogo accessibile solo a persone addestrate nel qual caso ammette una riduzione delle misure protettive.

Nei luoghi ordinari la protezione contro i contatti diretti può essere realizzata mediante:

- isolamento delle parti attive
- adozione di involucri o barriere

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).

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).

Le misure di protezione sono orientate a :

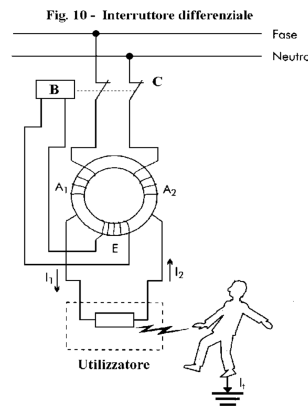
- interrompere il circuito nel quale si manifesta un guasto di isolamento
- impedire il determinarsi di un guasto verso una parte metallica accessibile

Impiego dell' interruttore differenziale

La protezione contro i contatti diretti mediante le misure di protezione totale o parziale può essere integrata , per un maggior standard di sicurezza, con l'impiego di interruttori differenziali aventi correnti differenziali uguali di 30 mA o 10mA che costituisce l'unica forma di protezione attiva contro il contatto diretto.

L'interruttore differenziale è un dispositivo di protezione sensibile alle correnti verso terra e comunque alle correnti che possono essere disperse verso terra per mancanza di isolamento da: conduttori, apparecchi utilizzatori, persone che accidentalmente possono venire in contatto con le parti in tensione.

Con riferimento alla figura l'interruttore differenziale è costituito da un nucleo magnetico sul quale sono realizzati tre avvolgimenti:



due di essi, A1 e A2, sono uguali come numero di spire e sezione del conduttore e vengono collegati rispettivamente al conduttore di fase e al conduttore di neutro e quando l'utilizzatore è in funzione, vengono percorsi dalle correnti $I_1 = I_2$.

Tali correnti producono nei due avvolgimenti A1 e A2 due flussi F_1 e F_2 , uguali e contrari, in tali condizioni il nucleo magnetico è percorso da un flusso nullo e sull'avvolgimento E non si induce nessuna forza elettromotrice.

In caso di guasto poiché parte della corrente si scarica a terra, si ha che I_1 e I_2 sono tra loro diversi e di conseguenza anche i due flussi prodotti negli avvolgimenti A1 e A2.

Il terzo avvolgimento viene pertanto interessato da un flusso differenziale $DF = F_1 - F_2$ proporzionale alla differenza fra le due correnti $A_1 = I_1 - I_2$ e su di esso si induce una forza elettromotrice E.

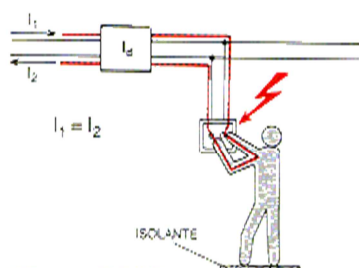
Se E è sufficientemente elevata agisce sulla bobina del dispositivo automatico e lo apre togliendo l'alimentazione al carico.

Il valore DI che fa intervenire l'interruttore differenziale si chiama corrente differenziale nominale DIn e per i più comuni interruttori è di 30 mA.

Tutti gli interruttori differenziali sono muniti di un tasto **test** mediante il quale è possibile verificare periodicamente la funzionalità dell'apparecchio.



Tuttavia, il salvavita può risultare del tutto inefficace nel caso di un corpo umano che si trova isolato da terra in un contatto diretto bipolare, la protezione non interviene affatto, dal momento che non si ha alcuna dispersione.



Tipi di isolamento delle parti attive:

Ogni apparecchio è dotato di isolamento tra le parti attive e tra queste e la carcassa senza il quale ne sarebbe impedito il funzionamento, vengono classificati come:

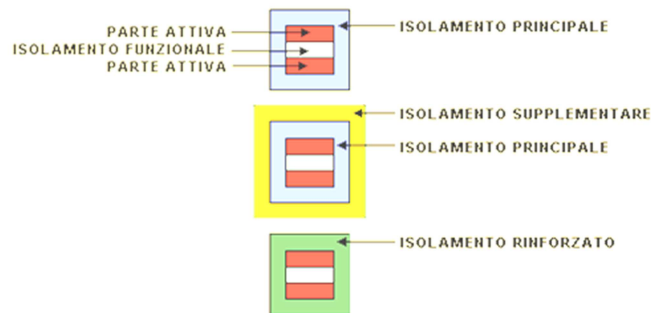
funzionale: isolamento fra parti attive e carcassa la cui mancanza renderebbe impossibile il funzionamento.

principale: isolamento delle parti attive che costituisce la protezione fondamentale contro i contatti accidentali, non coincide con quello utilizzato per scopi funzionali.

supplementare: isolamento in aggiunta a quello principale che ci assicura dal cedimento di quello principale.

doppio: isolamento principale e supplementare insieme.

rinforzato: isolamento unico che da solo garantisce lo stesso isolamento di quello doppio.

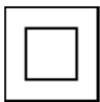


Classi di isolamento elettrico:

Classe 0: apparecchiature provviste del solo isolamento principale prive del conduttore di protezione, tali dispositivi non sono più costruiti, in Italia sono proibiti.



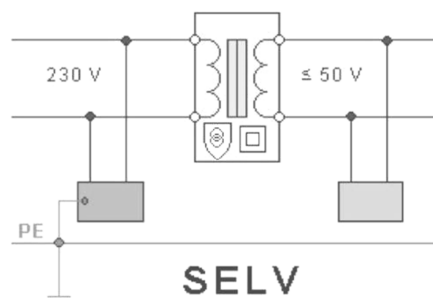
Classe 1: apparecchi provvisti del solo isolamento principale e aventi un collegamento tra le masse e un cavo di protezione di colore giallo-verde, tali apparecchiature sono dotati di spina a tre contatti.



Classe 2: apparecchi dotati di doppio isolamento o rinforzato privi del collegamento della massa al conduttore di protezione, il simbolo consiste di due quadrati concentrici.



Classe III: I sistemi a bassissima tensione consentono di realizzare una protezione combinata nei confronti sia dei contatti diretti che indiretti, una tensione non superiore a 50 Vac in condizioni ordinarie viene ritenuta sicura e può quindi permanere per un tempo indefinito.

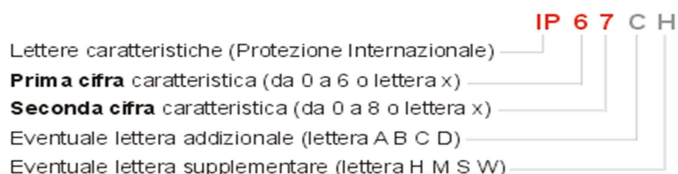


Gradi di protezione degli involucri

Un involucro è un elemento che assicura la protezione contro i contatti diretti, la barriera invece assicura la protezione contro i contatti diretti secondo la direzione di accesso.



Involucro tipo ip 55



Il grado di protezione di un involucro o barriera è dato da una sigla internazionale costituita dalle lettere IP (International Protection) seguite da due cifre alle quali possono aggiungersi una lettera addizionale e una lettera supplementare.

La codifica, istituita dalla norma **EN60529** recepita dalla norma del è la seguente:

La **1ª cifra** indica la protezione contro l'accesso di corpi solidi e contatto con parti pericolose

Livello	Definizione	Effetti pratici
IP0X	Nessuna protezione	
IP1X	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a <u>50mm</u>	Protetto contro l'accesso con il dorso della mano
IP2X	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12mm	Protetto contro l'accesso con un dito
IP3X	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2.5mm	Protetto contro l'accesso con un attrezzo
IP4X	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1mm	Protetto contro l'accesso con un filo
IP5X	Protetto contro la polvere	Protetto contro l'accesso di polvere o di un filo sottile

Seconda cifra

La **2ª cifra** indica la protezione contro l'accesso di liquidi

Livello	Resistenza
IPX0	Non protetto
IPX1	Protetto da caduta verticale di gocce d'acqua
IPX2	Protetto da caduta di gocce d'acqua con inclinazione massima 15°
IPX3	Protetto dalla pioggia
IPX4	Protetto da spruzzi
IPX5	Protetto da getti d'acqua
IPX6	Protetto da ondate
IPX7	Protetto da immersione temporanea
IPX8	Protetto da immersione continua

Lettere opzionali

Lettera opzionale aggiuntiva, protezione contro l'accesso umano

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

Lettera opzionale supplementare, protezione del materiale

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

Definizione delle tre categorie di lavoro elettrico:

Per la definizione di lavoro elettrico possiamo ricorrere alla norma CEI 11-27 che all'art.3.8. lo definisce come "un intervento su impianti o apparecchi con accesso alle parti attive (sotto tensione o fuori tensione) nell'ambito del quale, se non si adottano misure di sicurezza, si è in presenza di un rischio elettrico .

Esempi di intervento sono : prove e misure, riparazioni, sostituzioni, montaggi ed ispezioni"

- Lavoro **FUORI TENSIONE**: lavoro elettrico eseguito su quadri, apparecchiature o parti di impianti elettrici normalmente in funzione a cui viene tolta tensione per l'esecuzione del lavoro
- Lavoro **IN PROSSIMITÀ**: lavoro elettrico eseguito entro una certa distanza dalle parti attive di una qualsiasi apparecchiatura elettrica in condizioni di normale funzionamento e quindi in tensione.
- Lavoro **SOTTO TENSIONE**: lavoro elettrico eseguito su quadri, apparecchiature, o comunque parti attive di impianti elettrici che sono sotto tensione (ovvero collegate, attive e nel loro normale funzionamento).

La fonte di pericolo, anche in bassa tensione, non si limita alle parti attive scoperte dei circuiti ma anche attorno, fino a formare quelle che le Norme chiamano zone di lavoro sotto tensione, entro la quale la sicurezza delle persone non è più garantita, se non per il tramite di dispositivi di protezione individuale detti **DPI** destinati a proteggere tutto il corpo, o parte di esso, dagli effetti della corrente elettrica, devono possedere un grado di isolamento adeguato ai valori di tensione ai quali l'utilizzatore è esposto, nelle peggiori condizioni di impiego.

A tal fine, i materiali costituenti i DPI devono essere scelti in modo che la corrente di fuga (dispersione verso terra) sia quanto più bassa possibile ed in ogni caso inferiore ad un valore convenzionale massimo ammissibile, corrispondente alla soglia di tolleranza del corpo umano.



tappeto isolante



pedana isolata



cacciaviti isolati



guanti isolati

Protezione parziale



Nelle aree accessibili solo da personale addestrato e autorizzato è possibile non proteggere le parti attive purché sia segnalato all'esterno mediante idonea cartellonistica.

In questo caso la protezione nei confronti delle parti attive può essere costituita da semplici ostacoli o da distanziamento.

Le misure di protezione parziale che si ottengono mediante allontanamento, hanno il compito di proteggere dai contatti accidentali e di realizzare l'allontanamento di parti a tensione diversa simultaneamente accessibili (le norme CEI 64/8 considerano parti quelle che si trovano a distanza inferiore a 2,5m sia in verticale che in orizzontale e che quindi non possono convenzionalmente essere toccate da una persona), queste protezioni non hanno efficacia verso i contatti intenzionali.

In figura barriera con cartelli di segnalazione.



Lavorare vicino a parti elettriche scoperte sotto tensione, comporta il rischio che a seguito di movimenti o manovre di alcune parti del corpo o con attrezzi ci si possa avvicinare eccessivamente o addirittura entrare in contatto con le parti attive, con inevitabile rischio.

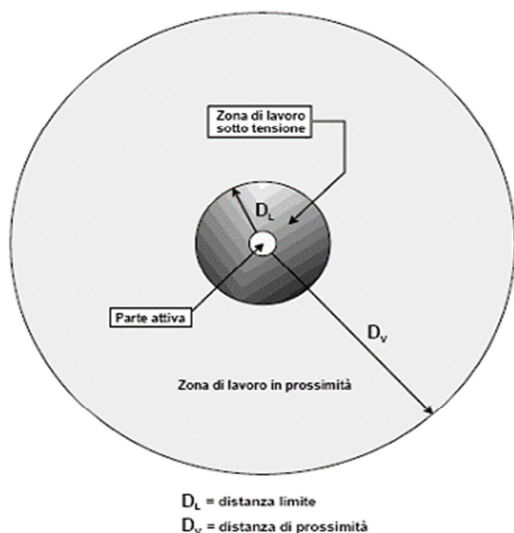
L'estensione della fonte di pericolo rappresentata dalla zona di lavoro sotto tensione dipende dalla tensione nominale dei circuiti ed ha i confini delineati dalla distanza limite (DL).

Tali confini, sagomati sulla forma della parte attiva rappresentano quella soglia che una volta oltrepassata, viene meno la salvaguardia contro l'elettrocuzione.

I valori di DL, riportati nella tabella sono frutto di una convenzione internazionale.

Nei confronti della media e della alta tensione, essi intendono salvaguardare contro il verificarsi di possibili scariche, in grado di perforare la rigidità dielettrica dell'aria (secca), mentre nei confronti della bassa tensione e nella fattispecie di quella normalizzata a 230/400V hanno un significato precauzionale.

Attorno a tali parti attive prive di una copertura che funga da protezione contro i contatti diretti si configura, una zona volumetrica in cui il rischio di elettrocuzione è massimo.



kV efficaci	DL mm	Dv mm
≤ 1	Nessun contatto	300
3	60	1120
6	90	1120
10	120	1150
20	220	1220
45	480	1480
110	1000	2000
220	1600	3000
380	2500	4000

Verso l'esterno, al di là della superficie delineata, da punto a punto, da DL, le Norme identificano un'ulteriore volumetria, detta zona di lavoro in prossimità e delineata dalla distanza di prossimità DV, al di fuori la zona non ha alcun nome, ma si presuppone che comporti rischi assai ridotti.

La formazione, i ruoli e le competenze degli addetti ai lavori

Negli addetti ai lavori (manutentori elettrici), a specifiche competenze corrispondono specifiche responsabilità.

In particolare, il personale addetto alla conduzione dell'attività lavorativa deve vigilare sul corretto svolgimento e sul rispetto delle regole e procedure, può essere chiamato a intervenire nel corso del lavoro per ribadire o ripetere alcune istruzioni, soprattutto nei casi in cui tale lavoro sia lungo e complesso.

In pratica è come se il preposto ai lavori fosse un "superelettricista" dotato di competenze specifiche.

Appare quindi chiaro che le figure professionali che esercitano o lavorano sugli impianti elettrici in base alla:

- istruzione ricevuta (curriculum accademico e scolastico);
- esperienza lavorativa (curriculum professionale);
- affidabilità - attitudine allo svolgimento dei compiti affidati, capacità di gestione delle risorse umane, competenze organizzative e gestionali.

Queste figure vengono classificate secondo indicazioni espresse nella normativa vigente e si distinguono in:

persona esperta (Pes): possiede una adeguata istruzione in merito all'impiantistica e normativa elettrica ed esperienza tali da consentirgli di evitare i pericoli che l'elettricità può creare, Possedendo quindi i requisiti minimi formativi dettati dalla norma Cei 11-27, è stato riconosciuto per iscritto dal proprio datore di lavoro;

persona avvertita (Pav): ha caratteristiche analoghe alla persona esperta, ma ad un livello minore: può eseguire solo lavori di una precisa tipologia, seguendo le istruzioni fornite da un peso da procedure di lavoro prestabilite;

persona comune (Pec): è una persona non esperta e non avvertita la quale può eseguire lavori elettrici solo in assenza di rischio elettrico (lavori in prossimità con protezione almeno IPXXB) oppure sotto la sorveglianza di una persona esperta o avvertita (lavori fuori tensione o in prossimità a distanza di sicurezza).

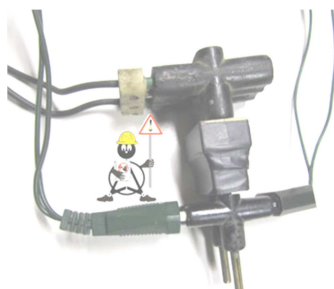
Misure preventive:

Alcune semplici regole da seguire dentro e fuori i luoghi di lavoro possono proteggere la vita.

- Assicurarsi della rispondenza dell'impianto elettrico alla L.46/90 (attestato di conformità)
- Essere a conoscenza del luogo in cui è posizionato il quadro elettrico generale.
- Essere a conoscenza della posizione del quadro elettrico di zona (ed. es del piano o dell'appartamento) per essere in grado di isolare l'intera zona.
- Essere a conoscenza della funzione dei vari interruttori del quadro di zona per essere in grado di isolare l'ambiente desiderato.
- Verificare spesso il buon funzionamento dell'interruttore differenziale (pulsante test).
- Non lasciare accesi apparecchi che potrebbero provocare un incendio durante la vostra assenza.
- Non chiudere mai la stanza a chiave se dentro vi sono utilizzatori pericolosi accesi.
- Non utilizzate mai apparecchi nelle vicinanze di liquidi o in caso di elevata umidità
- Leggere sempre l'etichetta di un utilizzatore, specie se sconosciuto, per verificare la quantità di corrente assorbita, l'esistenza dei marchi CE, IMQ,



- Gli impianti vanno revisionati e controllati solo da personale qualificato. Non eseguite riparazioni di fortuna con nastro isolante o adesivo a prese, spine e cavi.
- Le prese sovraccaricate possono riscaldarsi e divenire causa di corto circuiti, con conseguenze anche gravissime. Evitare di servirvi di prolunghe: in caso di necessità, dopo l'uso staccarle e riavvolgerle.
- Non utilizzare multiprese tipo "triple" collegate a "ciabatte" che a loro volta provengono da altre "triple"



In questo modo si determina un carico eccessivo sul primo collegamento a monte del "groviglio" con rischio di incendio.

Se gli utilizzatori (p.c., fax, casse audio, stampanti, calcolatrici ecc.) aumentano, le prese disponibili non bastano, richiedere prima della consegna dei nuovi utilizzatori anche l'adeguamento dell'impianto e del numero di prese necessarie.

- Nel togliere la spina dalla presa non tirare mai il cavo e ricordare di spegnere prima l'apparecchio utilizzatore



- non utilizzare l'acqua per spegnere un incendio di origine elettrica o che si sia propagato in prossimità di impianti sotto tensione.



Il primo soccorso in caso di folgorazione

Se non è scattato il salvavita e la vittima è ancora sotto tensione, interrompere la corrente agendo sull'interruttore centrale.



Sembra una sciocchezza, ma non sempre si ha presente che questo intervento è fondamentale: più a lungo dura la "scossa" maggiori sono le conseguenze.

Se non si riesce a interrompere la corrente, si può provare a staccare la vittima, meglio se usando un bastone di legno asciutto, mai un oggetto metallico.

Se proprio si deve agire con le mani, cercare di dare un colpo secco sulla spalla, usando una mano sola e mantenendo un minimo di isolamento (non a piedi nudi, non con le mani bagnate, meglio se indossando scarpe con suola di gomma o zoccoli di legno).



La vittima in stato di incoscienza va fatta sdraiare supina (sulla schiena) e si deve controllare subito se respira e se il cuore pulsa.

Se il polso e il respiro sono presenti, è sufficiente cercare di far rinvenire la vittima spruzzandogli dell'acqua sul viso.

Se c'è un arresto cardiaco e il blocco della respirazione si deve procedere alla cosiddetta resuscitazione cardiopolmonare, vale a dire la respirazione artificiale bocca a bocca, accompagnata dal massaggio cardiaco.

Queste manovre vanno però eseguite correttamente.

Chiamare al più presto l'ambulanza o un medico o, se le condizioni della vittima lo permettono, portare il paziente al pronto soccorso.



Che cosa non fare

Toccare con le mani la vittima se questa è ancora sotto tensione.

Far rialzare a forza la vittima, si deve lasciare che riprenda le forze lasciandola sdraiata, meglio se coperta e isolata dal terreno.

Cercare di somministrare alla vittima alcol o farmaci di qualsiasi genere.

Non rivolgersi al medico se c'è stata una perdita di conoscenza.

Accesso al laboratorio.

- L'accesso è consentito solo ai Docenti e assistenti Tecnici, tutte le altre persone devono essere espressamente autorizzate e assistite da personale formato o PES.

Comportamento in laboratorio.

- Non bisogna mai lavorare da soli in laboratorio, gli incidenti accadono senza preavviso e possono risultare fatali in mancanza di un soccorso immediato.
- Mantenere un comportamento corretto e rispettoso delle persone e delle cose, non dissimile da quello richiesto in qualsiasi altro ambiente universitario.
- Sono proibiti tutti gli esperimenti o prove non autorizzate o che non siano stati espressamente descritte e illustrate dal Docente.
- I banchi di prova devono essere mantenuti ordinati e puliti.
- Segnalare immediatamente ogni incidente che si verifica, anche se di lieve entità e eventuali manomissioni o danni alle attrezzature in esso contenute, evitando qualsiasi intervento o tentativo di riparazione.
- Non sottrarre materiale o attrezzature dal laboratorio.

Norme per l'uso delle apparecchiature.

- Usare con cura le attrezzature, la strumentazione e le macchine elettriche seguendo le indicazioni dei Docenti.
- Gli impianti di prova possono essere messi in funzione solo sotto il controllo e la supervisione del Docente .
- Non rimuovere né manomettere i dispositivi di sicurezza .
- Non accendere le apparecchiature che non si conoscono, di cui si ignora il funzionamento.
- Non toccare con le mani bagnate apparecchi elettrici sotto tensione, o versare liquidi sul banco prova ; se ciò accade togliere l'alimentazione elettrica del banco.
- Leggere e rispettare sempre le caratteristiche elettriche degli strumenti usati nel corso della esercitazione onde evitare di danneggiarli.
- Non è consentito assentarsi dalla postazione lasciando in funzione il circuito in prova o la strumentazione elettrica , senza aver messo in sicurezza l'area di prova togliendo l'alimentazione.
- Seguire le procedure date per l'esecuzione della prova di laboratorio; se non sono chiare farle ripetere.

Messa in sicurezza del laboratorio.

- La messa in sicurezza del laboratorio consiste nell'aprire tutti gli interruttori del quadro elettrico generale del laboratorio ,ad esclusione delle relative linee di alimentazione delle lampade.
- Il laboratorio deve essere messo in sicurezza a cura del personale Tecnico o dell'ultimo Docente che lo ha utilizzato, per consentire:
 - o Eseguire le pulizie del locale dal personale di servizio
 - o Di utilizzare il laboratorio come aula didattica.