

**Volume**

**5**

**IMPIANTI  
IN  
SICUREZZA**

## Indice

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUZIONE .                                                                                        | 5  |
| <i>PRESENTAZIONE.</i>                                                                                 | 5  |
| <i>OGGETTO.</i>                                                                                       | 5  |
| <i>SCOPO.</i>                                                                                         | 5  |
| <b>CAPITOLO I - IMPIANTI ELETTRICI.</b>                                                               | 6  |
| IMPIANTO ELETTRICO                                                                                    | 6  |
| ORIGINE DI UN IMPIANTO ELETTRICO                                                                      | 6  |
| SISTEMA ELETTRICO.                                                                                    | 6  |
| IMPIANTI ELETTRICI UTILIZZATORI.                                                                      | 6  |
| <b>CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI ELETTRICI IN BASE ALLA TENSIONE NOMINALE.</b>                          | 7  |
| <b>SISTEMI DI ( 0 ) CATEGORIA:</b>                                                                    | 7  |
| <b>SISTEMI DI ( I ) CATEGORIA:</b>                                                                    | 7  |
| <b>SISTEMI DI ( II ) CATEGORIA:</b>                                                                   | 7  |
| <b>SISTEMI DI ( III ) CATEGORIA:</b>                                                                  | 7  |
| <b>CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI AI FINI DELLA DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA :</b>            | 8  |
| - <b>BASSA TENSIONE</b>                                                                               | 8  |
| - <b>MEDIA TENSIONE</b>                                                                               | 8  |
| - <b>ALTA TENSIONE</b>                                                                                | 8  |
| - <b>ALTISSIMA TENSIONE</b>                                                                           | 8  |
| <b>CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI AI FINI DELLA PREVENZIONE INFORTUNI :</b>                 | 8  |
| - <b>BASSA TENSIONE</b>                                                                               | 8  |
| - <b>ALTA TENSIONE</b>                                                                                | 8  |
| <b>CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI ELETTRICI IN RELAZIONE AL LORO COLLEGAMENTO A TERRA.</b>               | 9  |
| <b>SISTEMA TT</b>                                                                                     | 10 |
| <b>SISTEMA TN-C</b>                                                                                   | 10 |
| <b>SISTEMA TN-S</b>                                                                                   | 11 |
| <b>SISTEMA TN-C-S</b>                                                                                 | 11 |
| <b>SISTEMA IT</b>                                                                                     | 12 |
| <b>CLASSIFICAZIONE DEI COMPONENTI ELETTRICI AI FINI DELLA PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.</b> | 13 |
| <b>COMPONENTI DI CLASSE 0.</b>                                                                        | 13 |
| <b>COMPONENTI DI CLASSE I.</b>                                                                        | 13 |
| <b>COMPONENTI DI CLASSE II.</b>                                                                       | 13 |
| <b>COMPONENTI DI CLASSE III.</b>                                                                      | 13 |
| GRADI DI PROTEZIONE DEGLI INVOLUCRI.                                                                  | 14 |

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>CAPITOLO II - PERICOLOSITÀ DELLA CORRENTE ELETTRICA.</b>                                     | 16 |
| LIMITI DI PERCEZIONE.                                                                           | 16 |
| CONTRAZIONE MUSCOLARE.                                                                          | 16 |
| ARRESTO RESPIRATORIO.                                                                           | 16 |
| FIBRILLAZIONE VENTRICOLARE.                                                                     | 16 |
| RESISTENZA DEL CORPO UMANO.                                                                     | 18 |
| <b>CAPITOLO III - PROBLEMI DI SICUREZZA NEGLI IMPIANTI ELETTRICI.</b>                           | 20 |
| PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI.                                                           | 20 |
| ISOLAMENTO.                                                                                     | 20 |
| INVOLUCRI O BARRIERE.                                                                           | 20 |
| OSTACOLI O DISTANZIAMENTO.                                                                      | 20 |
| PROTEZIONE ADDIZIONALE MEDIANTE DIFFERENZIALI.                                                  | 20 |
| PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.                                                         | 21 |
| MASSE.                                                                                          | 21 |
| MASSE ESTRANEE.                                                                                 | 21 |
| IMPIANTI ELETTRICI IN LUOGHI PARTICOLARI.                                                       | 23 |
| IMPIANTI ELETTRICI IN LUOGHI ORDINARI.                                                          | 23 |
| <b>CAPITOLO IV - EVOLUZIONE DELLA SICUREZZA NEGLI IMPIANTI ELETTRICI FINO AI NOSTRI GIORNI.</b> | 24 |
| LA PRIMA FONTE LEGISLATIVA È LA COSTITUZIONE, DOVE SI PUÒ LEGGERE:                              | 24 |
| LA SECONDA FORMA LEGISLATIVA È IL CODICE CIVILE, DOVE SI STABILISCE:                            | 24 |
| LA TERZA FORMA LEGISLATIVA È IL CODICE PENALE, DOVE SANCISCE:                                   | 24 |
| PRINCIPALI LEGGI, DECRETI, CIRCOLARI RELATIVE AGLI IMPIANTI ELETTRICI E NORME CEI.              | 24 |
| NORME CEI PER IMPIANTI ELETTRICI UTILIZZATORI.                                                  | 29 |
| NORME CEI PER IMPIANTI ELETTRICI DI DISTRIBUZIONE.                                              | 30 |
| NORME CEI PER MATERIALI ELETTRICI, LE APPARECCHIATURE E LE MACCHINE.                            | 31 |
| PROTEZIONE CONTRO I FULMINI.                                                                    | 32 |
| TABELLE CEI UNEL.                                                                               | 32 |
| APPLICAZIONE DELLE NORME E TESTI DI CARATTERE GENERALE.                                         | 32 |
| <b>CAPITOLO V - CONTROLLI E VERIFICHE SULLA SICUREZZA DEGLI IMPIANTI ELETTRICI.</b>             | 33 |
| IMPIANTI DI TERRA DI FUNZIONAMENTO.                                                             | 33 |
| IMPIANTI DI TERRA DI PROTEZIONE.                                                                | 33 |
| DPR 462 DEL 2001.                                                                               | 34 |
| IMPIANTI DI TERRA E PERIODICITÀ PER SOTTOPORLI A VERIFICA.                                      | 34 |
| IMPIANTO DI TERRA.                                                                              | 35 |
| COMPONENTI UN IMPIANTO DI TERRA.                                                                | 36 |

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| METODO DI MISURA DELLA RESISTENZA DI TERRA ( SISTEMA VOLT_AMPEROMETRICO). .....        | 39 |
| TENSIONE DI CONTATTO. ....                                                             | 41 |
| TENSIONE DI PASSO. ....                                                                | 42 |
| INTERRUTTORI. ....                                                                     | 43 |
| RIVELATORI DIFFERENZIALI.....                                                          | 46 |
| CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERRUTTORI DIFFERENZIALI. ....                                 | 47 |
| CAVI ELETTRICI. ....                                                                   | 49 |
| COLORI DISTINTIVI DEI CONDUTTORI ELETTRICI.....                                        | 50 |
| PORTATA DI UN CAVO. ....                                                               | 51 |
| <b>CAPITOLO VI - DIMENSIONAMENTO DI UNA LINEA ELETTRICA IN CAVO.</b> .....             | 52 |
| DIMENSIONAMENTO DI UNA LINEA IN CAVO. ....                                             | 52 |
| DIMENSIONAMENTO DELL'INTERRUTTORE AUTOMATICO DI PROTEZIONE DELLA LINEA IN CAVO. ....   | 56 |
| PROTEZIONE PER SOVRACCARICO DELLA LINEA IN CAVO.....                                   | 56 |
| PROTEZIONE CONTRO IL CORTO CIRCUITO DELLA LINEA IN CAVO.....                           | 57 |
| SCELTA DEL POTERE DI INTERRUZIONE DELL'INTERRUTTORE. ....                              | 60 |
| CALCOLO TERMICO DELLA SEZIONE DEL CONDUTTORE DI PROTEZIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA..... | 64 |

## **INTRODUZIONE.**

Ogni volta che accendiamo la televisione sentiamo o vediamo notizie di incidenti sul lavoro.

Ormai siamo arrivati ad un limite non più tollerabile.

Bisogna cambiare il modo di concepire la sicurezza intervenendo, in vario modo ed a vari livelli, sulle singole responsabilità per conseguire la massima sicurezza nella progettazione, conduzione e manutenzione degli impianti elettrici.

Con l'impegno responsabile di tutti possiamo farcela.

Ogn'uno senta le proprie responsabilità e si attivi affinché non si verifichino più gli incresciosi incidenti sul lavoro.

## **PRESENTAZIONE.**

Di seguito vengono trattati i problemi inerenti la sicurezza con particolare riferimento a quelli legati ad una corretta manutenzione degli impianti elettrici:

- Cenni sintetici sugli impianti elettrici e sulle principali apparecchiature che lo compongono;
- pericolosità della corrente elettrica;
- problemi di sicurezza negli impianti elettrici;
- evoluzione della sicurezza fino ai nostri giorni;
- controlli e verifiche sulla sicurezza degli impianti elettrici con particolare riferimento agli impianti di protezione elettrica;
- progettazione e verifica di una linea elettrica in cavo;
- comportamenti e modalità di esecuzione per la manutenzione degli impianti elettrici.

## **OGGETTO.**

Ogni impianto elettrico necessita di una progettazione molto accurata (impianto costruito a "regola d'arte"), che deve permettere, in particolar modo, una corretta manutenzione da poter svolgere in assoluta sicurezza.

## **SCOPO.**

Come è noto ogni impianto elettrico ha una durata temporale, questo significa che, dopo un certo periodo di utilizzo, l'impianto si degrada. Quindi se si vuole mantenere in efficienza l'impianto si deve fare una buona manutenzione.

## **Capitolo I - Impianti elettrici.**

### **Impianto elettrico.**

Un impianto elettrico è un insieme di componenti elettrici, anche se a tensioni nominali diverse, destinato alla produzione, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica.

### **Origine di un impianto elettrico.**

L'origine dell'impianto elettrico è il punto di consegna dell'energia elettrica, se l'impianto è alimentato da rete pubblica, oppure i morsetti di uscita del generatore o del trasformatore (se esistente) in caso di autoproduzione di energia.

### **Sistema elettrico.**

Per sistema elettrico si intende quella parte di un impianto elettrico costituita dai componenti aventi una determinata tensione nominale.

### **Impianti elettrici utilizzatori.**

Per impianti elettrici utilizzatori si intende il complesso costituito dai circuiti di alimentazione degli apparecchi utilizzatori e delle prese a spina e dalle apparecchiature di manovra, sezionamento, interruzione e protezione. L'impianto ha origine, in genere, nel punto di allacciamento alla rete di distribuzione pubblica, subito a valle degli organi di misura, di limitazione e di consegna dell'energia elettrica.

## Classificazione dei sistemi elettrici in base alla tensione nominale.

### Norma CEI 64-8

$V_n$  = Tensione nominale di alimentazione dell'impianto elettrico.

#### Sistemi di ( 0 ) categoria:

$V_n \leq 50 \text{ V}$  se in corrente alternata;

$V_n \leq 120 \text{ V}$  se in corrente continua.

#### Sistemi di ( I ) categoria:

$50 < V_n \leq 1000 \text{ V}$  se in corrente alternata;

$120 < V_n \leq 1500 \text{ V}$  se in corrente continua.

#### Sistemi di ( II ) categoria:

$1000 < V_n \leq 30\,000 \text{ V}$  se in corrente alternata;

$1500 < V_n \leq 30\,000 \text{ V}$  se in corrente continua.

#### Sistemi di ( III ) categoria:

$V_n > 30\,000 \text{ V}$  sia in corrente alternata che in corrente continua.

### Classificazione degli impianti ai fini della distribuzione dell'energia elettrica :

- bassa tensione (BT)  $V_n \leq 1000 \text{ V};$
- 
- media tensione (MT)  $1000 < V_n \leq 30\,000 \text{ V};$
- 
- alta tensione (AT)  $30\,000 < V_n \leq 130\,000 \text{ V};$
- 
- altissima tensione (AAT)  $V_n > 130\,000 \text{ V}.$

### Classificazione degli impianti elettrici ai fini della prevenzione infortuni :

- bassa tensione (BT)  $V_n \leq 400 \text{ V}$  se in corrente alternata;  
 $V_n \leq 600 \text{ V}$  se in corrente continua.
- alta tensione  $V_n > 400 \text{ V}$  se in corrente alternata;  
 $V_n > 600 \text{ V}$  se in corrente continua.

### **Classificazione dei sistemi elettrici in relazione al loro collegamento a terra.**

I tipi di sistemi di distribuzione sono definiti in funzione del loro sistema di conduttori attivi e del loro modo di collegamento a terra.

I sistemi di conduttori attivi considerati dalla norma CEI 64-8 sono:

- monofase in corrente alternata a 2 o 3 conduttori;
- trifase in corrente alternata a 3 o 4 conduttori;
- in corrente continua a 2 o 3 conduttori.

I modi di collegamento a terra sono classificati secondo i seguenti codici:

#### **Prima lettera: sta ad indicare lo stato del neutro rispetto a terra:**

- T = connesso a terra;
- I = isolato da terra, oppure connesso, tramite un'impedenza di valore elevatissimo.

#### **Seconda lettera: lo stato delle masse dell'impianto elettrico rispetto a terra:**

- T = masse collegate direttamente a terra;
- N = masse collegate al neutro.

Eventuali lettere successive:

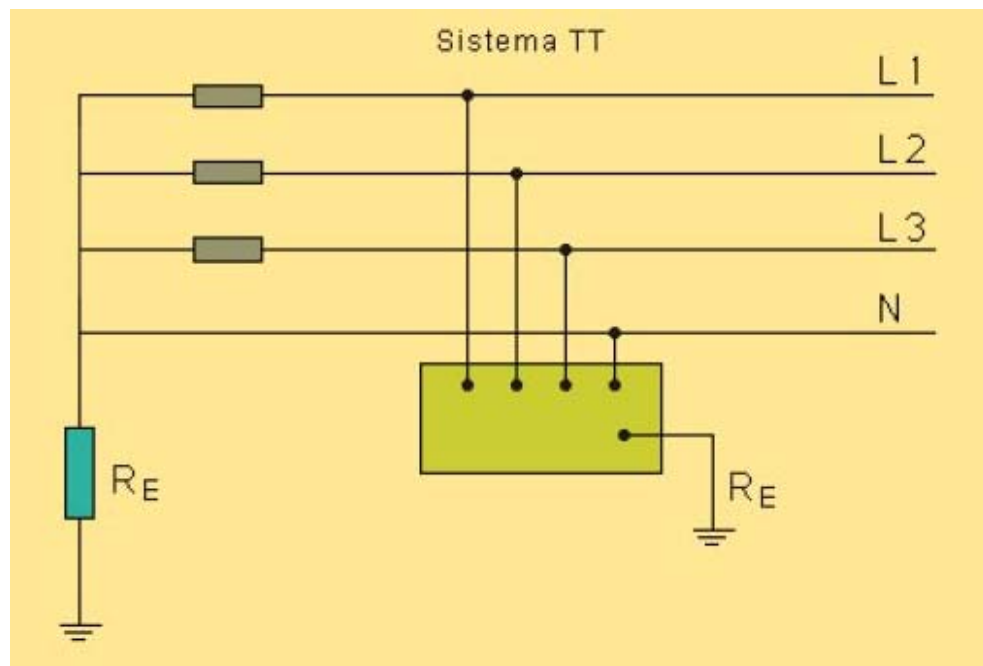
- S = funzioni di neutro e di protezione svolte da conduttori separati ( conduttore PE );
- C = funzioni di neutro e di protezione svolte da un unico conduttore (PEN).

In Italia l'impianto elettrico è alimentato direttamente da una rete di distribuzione pubblica a bassa tensione con il neutro connesso a terra, quindi il sistema è classificabile come TT.

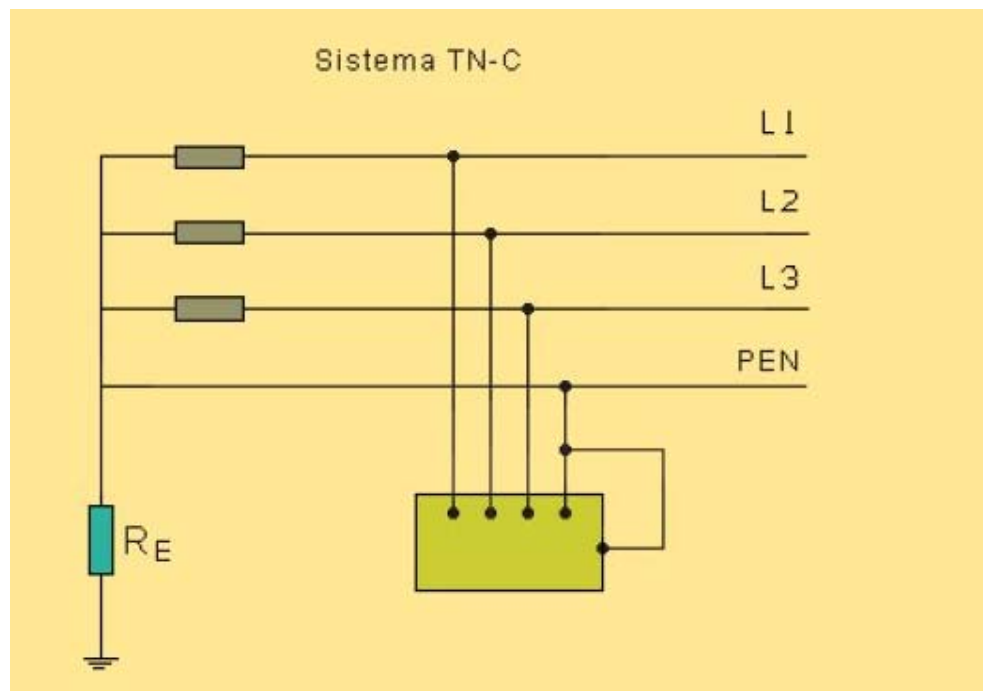
In genere i sistemi TT e TN sono i più diffusi negli impianti civili ed industriali.

Di seguito vengono riportati alcuni sistemi di alimentazione utilizzati:

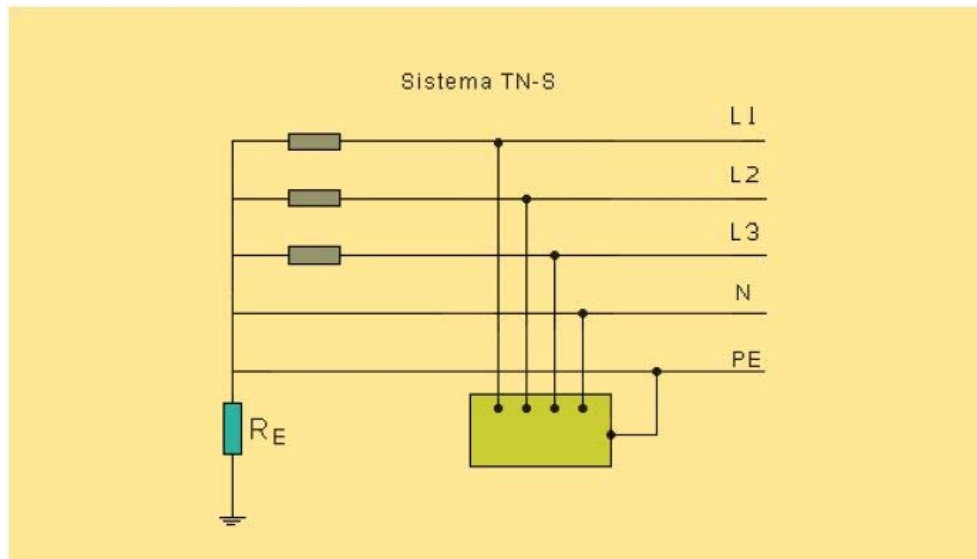
### Sistema TT



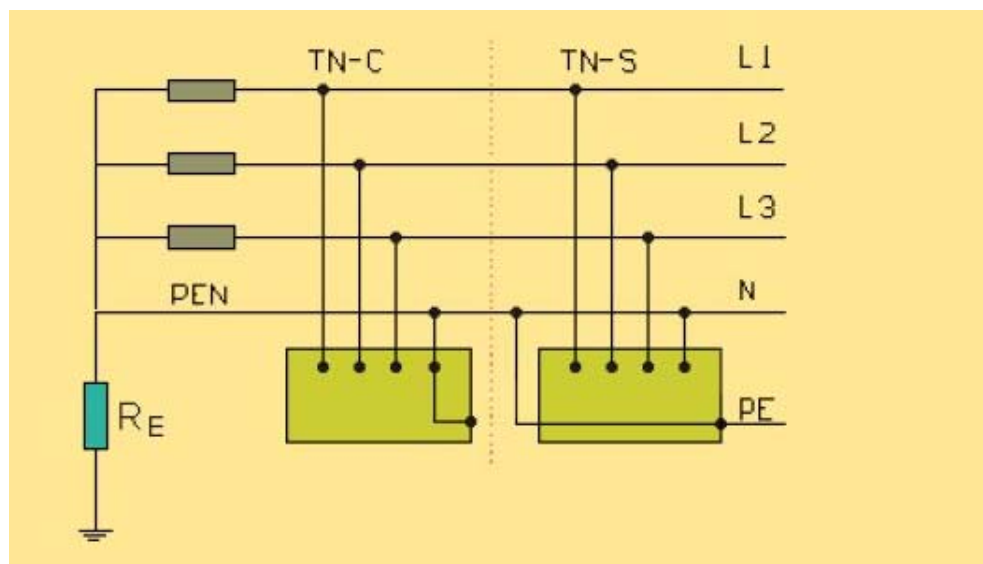
### Sistema TN-C



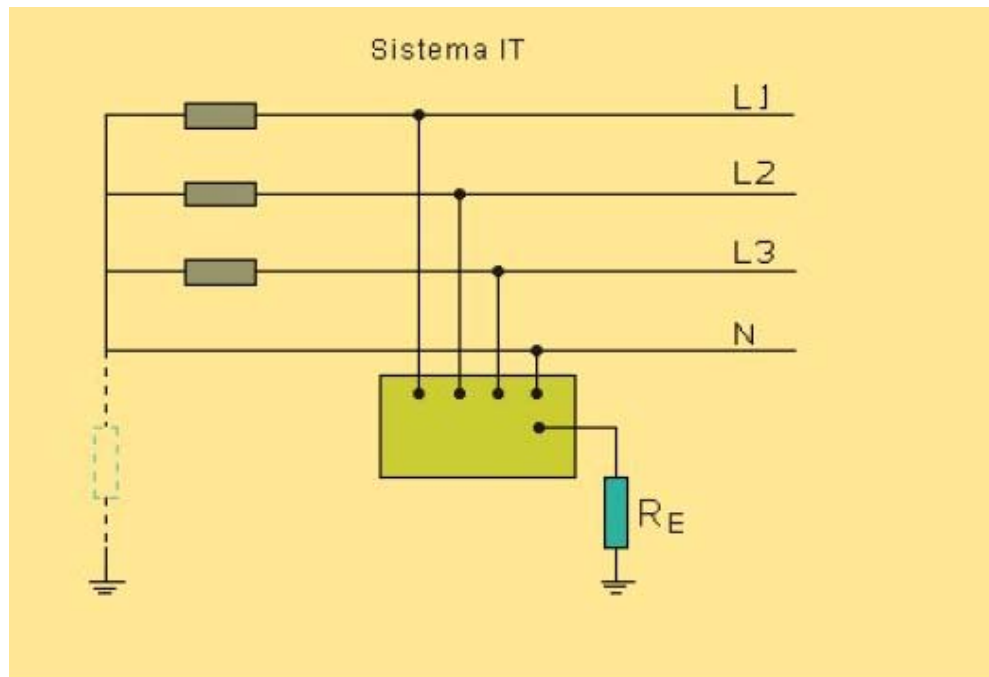
## Sistema TN-S



## Sistema TN-C-S



## Sistema IT



## **Classificazione dei componenti elettrici ai fini della protezione contro i contatti indiretti.**

In relazione al sistema di protezione contro i contatti indiretti i componenti elettrici sono suddivisi nelle seguenti Classi:

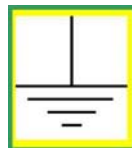
- Componenti di Classe 0;
- Componenti di classe I:
- Componenti di Classe II:
- Componenti di Classe III.

### **Componenti di Classe 0.**

Sono i componenti provvisti solamente di isolamento principale; l'involucro metallico (massa) non dispone del morsetto di terra. Questi sono impiegati quando sono allacciati a sistemi elettrici di categoria 0 od a sistemi di categoria I totalmente isolati da terra (separazione elettrica) od installati in locali isolanti. Per i componenti di Classe 0 è vietata l'installazione negli impianti di edifici civili e similari.

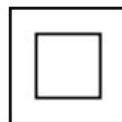
### **Componenti di Classe I.**

Sono i componenti provvisti di isolamento principale in tutte le loro parti e gli involucri sono muniti di morsetto di messa a terra.



### **Componenti di Classe II.**

Sono i componenti provvisti di isolamento speciale (doppio isolamento od isolamento rinforzato) e sono sprovvisti del morsetto di messa a terra. In pratica questi componenti non hanno masse in quanto eventuali parti conduttrici esterne sono separate da quelle in tensione attraverso un isolamento tale per cui è assai improbabile un guasto. Sono impiegati in alternativa a quelli di Classe I quando non si ritenga attuabile il collegamento a terra degli apparecchi o quando tale collegamento a terra non offra garanzie di efficienza. Il loro impiego è limitato ai sistemi di I categoria (  $50 \div 1000$  )  $V_{a c}$  oppure (  $120 \div 1500$  )  $V_{d c}$ . Questi apparecchi sono contraddistinti dal simbolo indicato a lato.

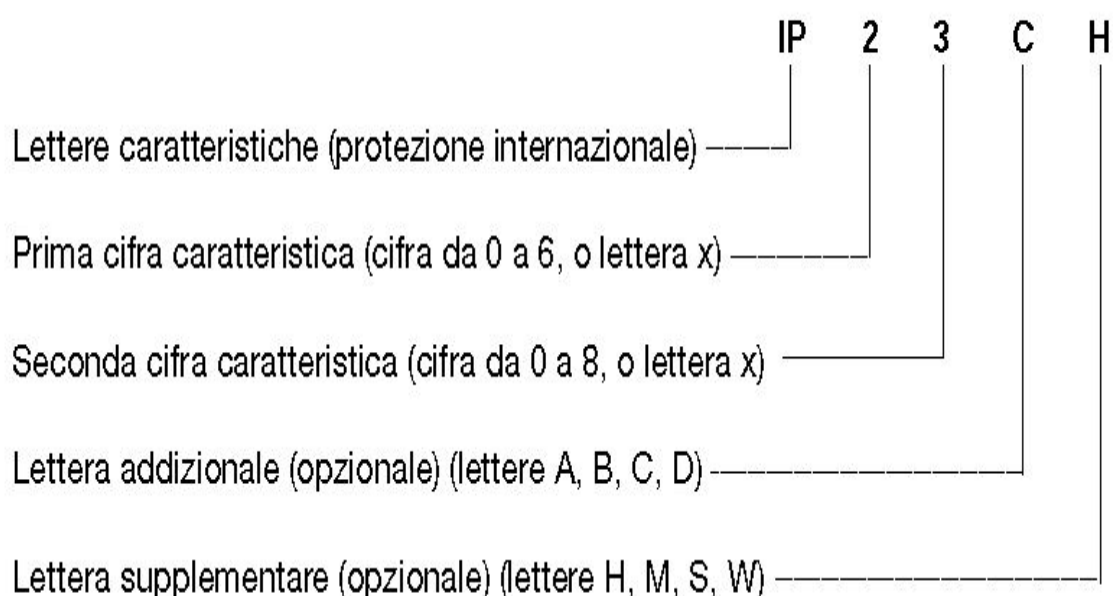


### **Componenti di Classe III.**

Sono i componenti utilizzati nei sistemi elettrici alimentati a bassissima tensione di sicurezza per cui le parti attive, quelle in tensione, possono rimanere scoperte in quanto in sicurezza intrinseca. Questi componenti non devono essere provvisti di morsetto di messa a terra di protezione.

### Gradi di protezione degli involucri.

Il grado di protezione di un involucro è indicato con il codice IP la cui struttura è la seguente (Norma CEI EN 60529 (CEI 70-1)):



#### Note

- 1) Quando non sia richiesta una cifra caratteristica, quest'ultima deve essere sostituita dalla lettera "X" ("XX" se sono omesse entrambe le cifre).
- 2) Le lettere aggiuntive e/o supplementari possono essere omesse senza essere sostituite.
- 3) Nel caso di più lettere supplementari, si deve applicare l'ordine alfabetico.
- 4) Se un involucro fornisce diversi gradi di protezione per differenti sistemi di montaggio, il costruttore deve indicare nelle istruzioni i gradi di protezione corrispondenti ai differenti sistemi di montaggio.

| IP — Esempio — 2 — 3 — C — S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1ª CIFRA CARATTERISTICA<br>Protezione contro la penetrazione di corpi solidi estranei e contro l'accesso a parti pericolose                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2ª CIFRA CARATTERISTICA<br>Protezione contro la penetrazione di acqua                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | LETTERA ADDIZIONALE (*)<br>(Opzionale)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | LETTERA SUPPLEMENTARE<br>(Opzionale)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p>Significato per la protezione dell'apparecchiatura contro la penetrazione di corpi solidi estranei</p> <p>Significato per la protezione delle persone contro l'accesso a parti pericolose</p> <p>0 Non protetto</p> <p>1 Protetto contro corpi solidi di diametro &gt; 50 mm</p> <p>2 Protetto contro corpi solidi di diametro &gt; 12,5 mm</p> <p>3 Protetto contro corpi solidi di diametro &gt; 2,5 mm</p> <p>4 Protetto contro corpi solidi di diametro &gt; 1 mm</p> <p>5 Protetto contro la polvere in quantità nociva</p> <p>6 Totalmente protetto contro la polvere</p> | <p>Significato per la protezione delle persone contro l'accesso a parti pericolose</p> <p>Non protetto</p> <p>Protetto contro l'accesso con il dorso della mano</p> <p>Protetto contro l'accesso con un dito</p> <p>Protetto contro l'accesso con un attrezzo</p> <p>Protetto contro l'accesso con un dito</p> | <p>Significato per la protezione dell'apparecchiatura contro la penetrazione di acqua con effetti dannosi</p> <p>0 Non protetto</p> <p>1 Protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua</p> <p>2 Protetto contro la caduta di gocce d'acqua con inclinazione massima di 15°</p> <p>3 Protetto contro la pioggia</p> <p>4 Protetto contro gli spruzzi d'acqua</p> <p>5 Protetto contro i getti d'acqua</p> <p>6 Protetto contro i getti d'acqua potenti</p> <p>7 Protetto contro gli effetti della immersione temporanea</p> <p>8 Protetto contro gli effetti della immersione continua</p> | <p>Significato per la protezione delle persone contro l'accesso a parti pericolose</p> <p>A Protetto contro l'accesso con il dorso della mano</p> <p>B Protetto contro l'accesso con un dito</p> <p>C Protetto contro l'accesso con un attrezzo</p> <p>D Protetto contro l'accesso con un filo</p> <p>Utilizzato solo se:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>la protezione effettiva contro l'accesso a parti pericolose è superiore a quella indicata dalla prima cifra caratteristica</li> <li>è indicata solo se la protezione con l'accesso a parti pericolose. In tal caso la prima cifra caratteristica viene sostituita con una X</li> </ul> | <p>Informazioni supplementari per la protezione dell'apparecchiatura</p> <p>H Apparecchiatura ad alta tensione</p> <p>M Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso di acqua con la apparecchiatura in moto</p> <p>S Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso di acqua con la apparecchiatura non in moto</p> <p>W Adatto all'uso in condizioni atmosferiche specifiche</p> |

## Capitolo II - Pericolosità della corrente elettrica.

Il rischio maggiore dell'elettricità risiede nell'azione delle correnti elettriche sulle due più importanti funzioni dell'organismo:

1. la respirazione;
2. la circolazione.

### Limiti di percezione.

Il limite di percezione è molto variabile da un soggetto all'altro. Alcune persone percepiscono correnti di intensità nettamente inferiori a 1 m A, mentre altre cominciano a percepire il passaggio della corrente ad intensità più elevate dell'ordine di 2mA.

### Contrazione muscolare.

Approssimativamente la corrente di rilascio in AC 50-100 Hz ha il valore di 10 m A per le donne e di 15 m A per gli uomini. Alcuni soggetti però sono in grado di liberarsi a correnti superiori (differenze sensibili secondo il sesso degli individui, l'età, le condizioni di salute, il livello di attenzione, ecc.).

### Arresto respiratorio.

Per le correnti da 20 a 30 m A, le contrazioni possono raggiungere l'apparato muscolare respiratorio fino a procurare un arresto respiratorio.

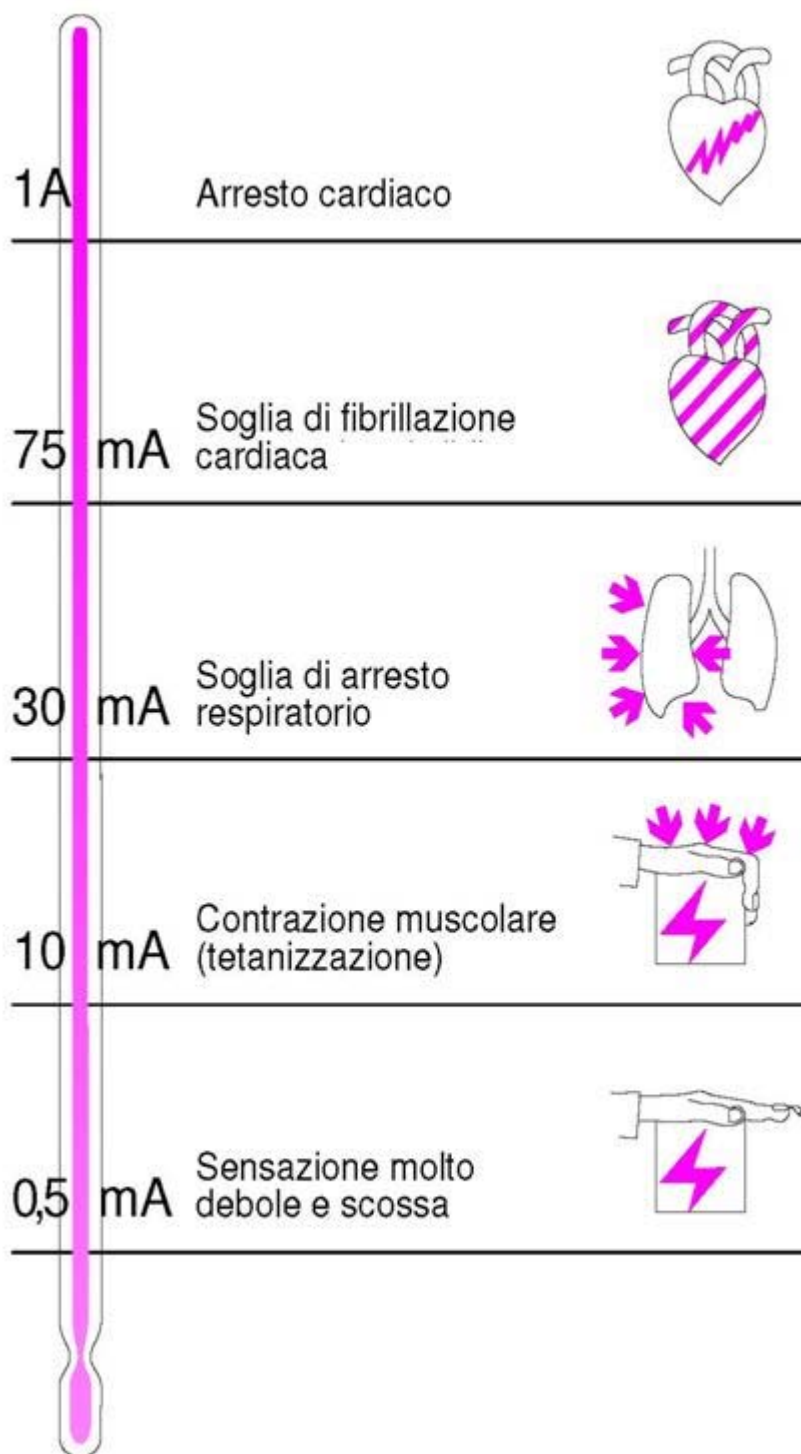
### Fibrillazione ventricolare.

Esiste una proporzionalità approssimativa tra il peso corporale e la corrente necessaria alla fibrillazione, che permette di identificare una soglia compresa tra 70 e 100 mA. In realtà questa soglia non può essere definita in modo preciso poiché essa varia con le condizioni fisiologiche del soggetto, ma anche con i parametri ambientali e casuali dell'incidente: percorso della corrente all'interno del corpo, resistenza dell'organismo, tensione, tipo di contatto e tempo di passaggio della corrente nell'organismo.

La norma CEI 64-8/4 considera pericolose le tensioni di contatto e passo superiori a:

1. -50V a.c. per gli ambienti ordinari;
2. -25V a.c. per gli ambienti speciali.

Nella figura sono sintetizzate le conseguenze del passaggio della corrente elettrica nel corpo umano.

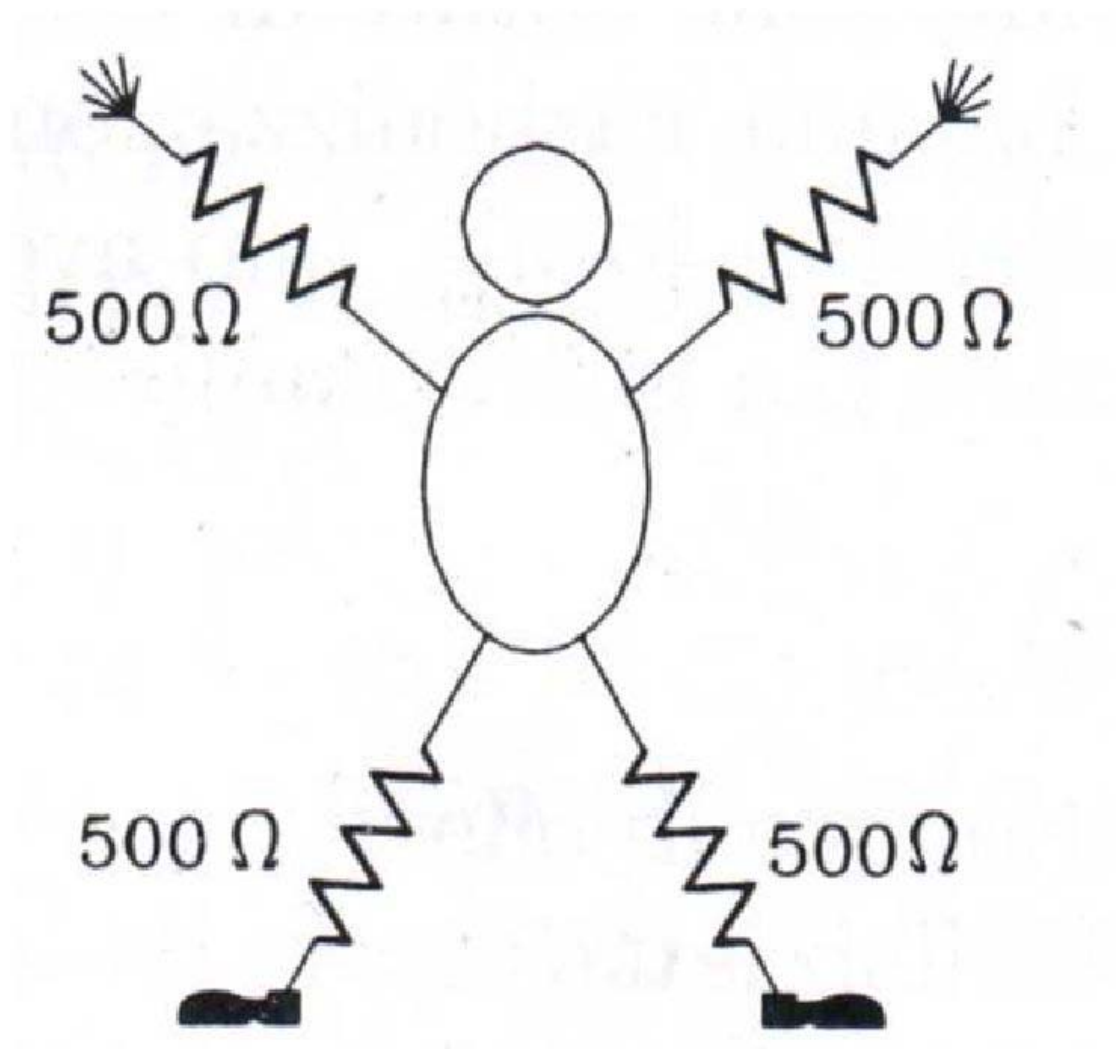


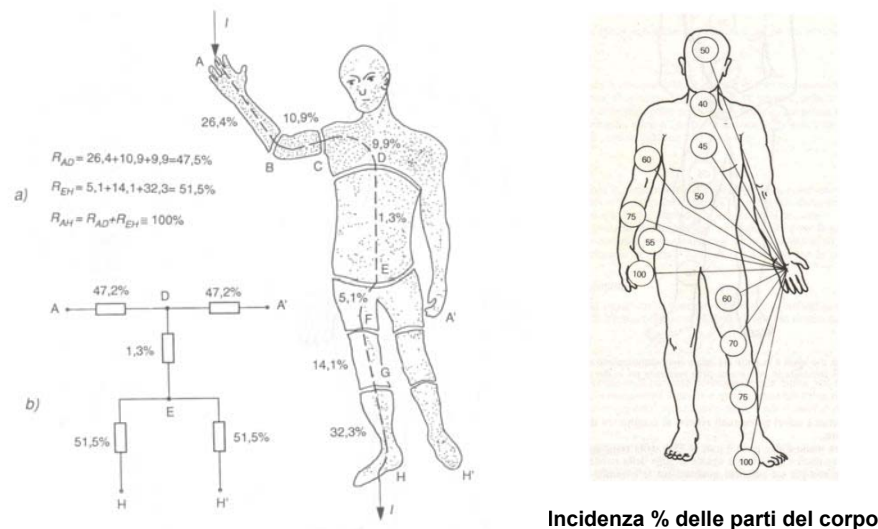
### Resistenza del corpo umano.

Dare dei valori precisi alla resistenza elettrica del corpo umano risulta piuttosto difficoltoso essendo questa influenzata da molte variabili:

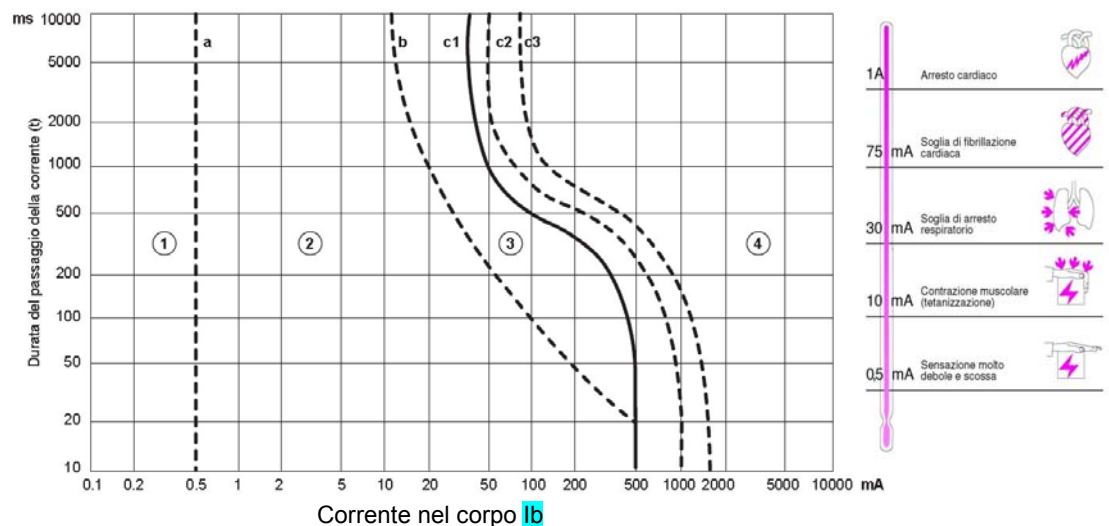
1. percorso della corrente;
2. stato della pelle (presenza di calli, sudore, umidità, tagli, abrasioni ecc..);
3. superficie di contatto.

Il valore convenzionale che è stato scelto per la resistenza del corpo umano è stato di **1.000  $\Omega$**  così come rappresentato in figura.





Zone- Tempo – corrente relative agli effetti della corrente alternata nel corpo umano



Zona 1) – Normalmente nessuna reazione al passaggio di corrente.

Zona 2) – Normalmente nessun effetto fisiologicamente pericoloso.

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

## **Capitolo III - Problemi di sicurezza negli impianti elettrici.**

### **Protezione contro i contatti diretti.**

Le misure di protezione contro i contatti diretti comprendono tutti gli accorgimenti intesi a salvaguardare le persone contro i pericoli derivanti dal contatto con parti normalmente in tensione (attive). Per ambienti ordinari comprendono le seguenti misure:

1. L'isolamento;
2. involucri e barriere;
3. ostacoli e distanziamento;
4. protezione aggiuntiva mediante differenziali.

#### **Isolamento.**

L'isolamento delle parti attive costituisce l'elemento base per la sicurezza.

#### **Involucri o barriere.**

Gli involucri sono elementi che assicurano la protezione di un componente elettrico contro determinati agenti esterni ed in ogni direzione.

Le barriere sono parti che assicurano la protezione nelle direzioni abituali di accesso ad un componente.

#### **Ostacoli o distanziamento.**

Gli ostacoli sono elementi predisposti per evitare un contatto diretto involontario con le parti attive, ma non ad impedire il contatto diretto intenzionale.

In assenza di ostacoli, una zona può essere considerata sicura se viene assicurato il distanziamento ossia una persona non può toccare simultaneamente due parti a tensione diversa ( le parti in tensione devono distare almeno 2,5 m).

#### **Protezione aggiuntiva mediante differenziali.**

Gli interruttori differenziali con corrente differenziale d'intervento  $\leq 30 \text{ mA}$  costituiscono una ulteriore misura aggiuntiva di protezione contro i contatti diretti.

### Protezione contro i contatti indiretti.

La protezione consiste nelle misure intese a salvaguardare le persone contro il pericolo derivante dal contatto con parti conduttrici isolate dalle parti attive, ma che potrebbero andare in tensione a causa di un guasto (cedimento dell'isolamento). I metodi di protezione contro i contatti indiretti possono essere:

1. Con interruzione automatica (del circuito);
2. Senza interruzione automatica (del circuito) e:
  - Impiego di componenti a doppio isolamento (od isolamento equivalente);
  - Separazione elettrica con trasformatore di isolamento o similari.

Le masse degli utilizzatori alimentati da un circuito separato non devono essere collegate ne con la terra ne con le masse o conduttori di protezione elettrica di altri circuiti, ne con altre masse estranee. Quando il circuito separato alimenta più di un utilizzatore, questi devono avere le masse collegate tra loro con un conduttore isolato.

### Masse.

Si definisce massa “una parte conduttrice di un componente dell'impianto elettrico che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto”.

### Masse estranee.

Si definisce massa estranea “una parte conduttrice non facente parte dell'impianto elettrico ed in grado di introdurre un potenziale (generalmente il potenziale di terra)”.

Le parti metalliche che non fanno parte dell'impianto elettrico e che sono in contatto con le masse non sono da considerarsi masse estranee e pertanto non necessitano del collegamento di terra.

Sono da considerarsi masse estranee quelle parti conduttrici che presentano verso terra un valore di resistenza come di seguito specificato:

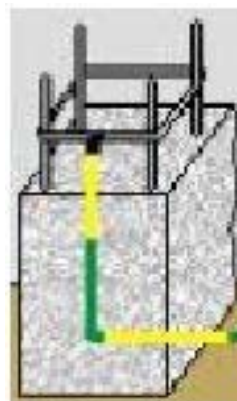
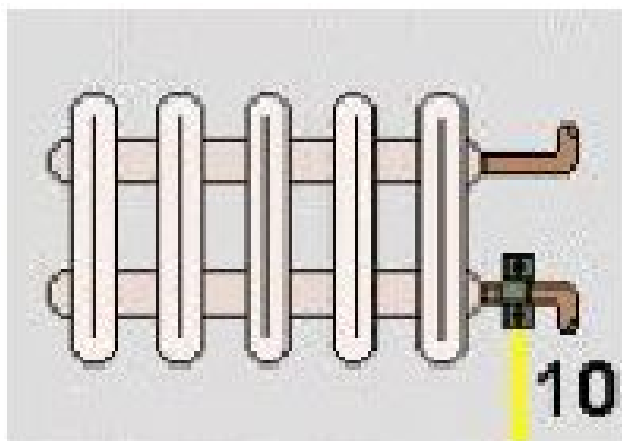
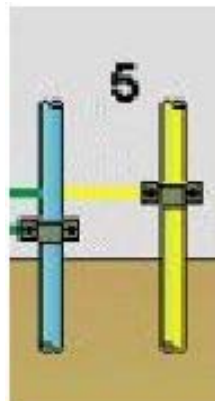
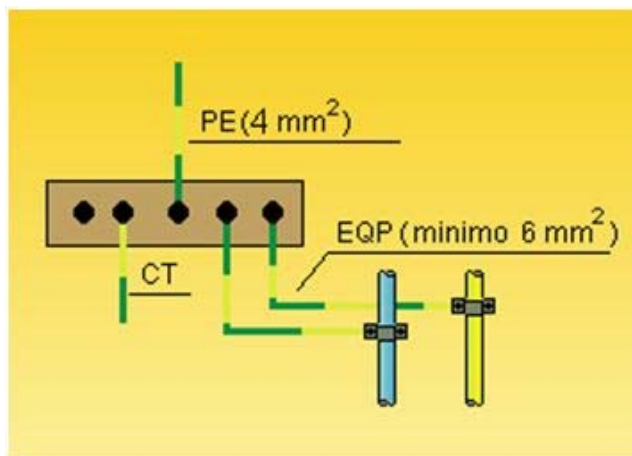
1. Per ambienti ordinari il valore della resistenza di terra deve soddisfare la seguente formula:

$$R_{Terra} \leq 1000 \, \Omega$$

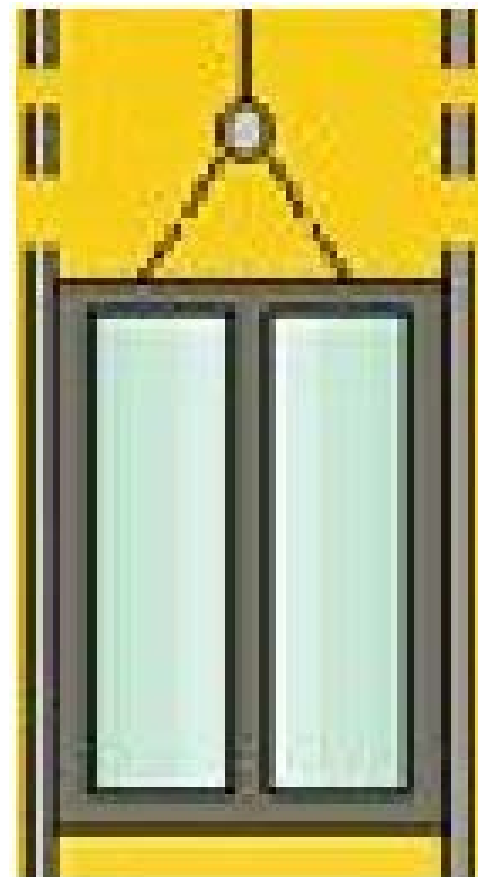
2. Per ambienti speciali il valore della resistenza di terra deve soddisfare la seguente formula:

$$R_{Terra} \leq 200 \, \Omega$$

Di seguito vengono riportati alcune figure riguardanti le masse estranee.



Guide degli ascensori



### **Impianti elettrici in luoghi particolari.**

Appartengono a questa categoria:

1. Impianti nei cantieri edili;
2. Impianti nei locali ad uso medico;
3. Impianti nelle strutture adibite ad uso agricolo o zootecnico.

Nei luoghi particolari la tensione ammessa sulle masse è  $\leq 25$  V. e la condizione da soddisfare per il calcolo del valore della resistenza di terra è:

$$R_{Terra} \leq \frac{25}{I_T}$$

Dove  $I_T$  rappresenta la corrente di intervento del dispositivo di protezione

Tutti gli altri impianti sono considerati ordinari.

### **Impianti elettrici in luoghi ordinari.**

Appartengono a questa categoria tutti gli impianti elettrici ad esclusione di quelli classificati “impianti elettrici in luoghi particolari”.

Nei luoghi ordinari la tensione ammessa sulle masse è  $\leq 50$  V e la condizione da soddisfare per il calcolo del valore della resistenza di terra è:

$$R_{Terra} \leq \frac{50}{I_T}$$

Dove  $I_T$  rappresenta la corrente di intervento del dispositivo di protezione

## **Capitolo IV - Evoluzione della sicurezza negli impianti elettrici fino ai nostri giorni.**

Prima di parlare delle tematiche relative alla sicurezza elettrica è bene ricordare, anche se brevemente, le norme giuridiche che considerano la sicurezza contro gli infortuni ossia tutelano un diritto di tutti i cittadini ed in particolare dei lavoratori.

**La prima fonte legislativa è la Costituzione, dove si può leggere:**

art. 32: “La Repubblica tutela la salute come fondamentale diritto dell’individuo “.

art. 35: “ La Repubblica tutela il lavoro in tutte le sue forme ed applicazioni”.

**La seconda forma legislativa è il Codice Civile, dove si stabilisce:**

art. 2050: “Chiunque cagiona danni ad altri nello svolgimento di una attività pericolosa, per sua natura o per natura dei mezzi adoperati, è tenuto al risarcimento se non prova di aver adottato tutte le misure idonee ad evitare il danno”.

art. 2087: “L’imprenditore è tenuto ad adottare nell’esercizio dell’ Impresa le misure che secondo la particolarità del lavoro, l’esperienza e la tecnica, sono necessarie a tutelare l’integrità fisica e la personalità morale dei prestatori di lavoro”.

**La terza forma legislativa è il Codice Penale, dove sancisce:**

art. 437: “Chiunque omette di collocare impianti, apparecchi o segnali destinati a prevenire disastri o infortuni sul lavoro, ovvero li rimuove o li danneggia, è punito con la reclusione da sei mesi a cinque anni. Se dal fatto deriva un disastro od un infortunio, la pena è della reclusione da tre a dieci anni”.

### **Principali leggi, decreti, circolari relative agli impianti elettrici e norme CEI.**

Con l’art. 9 della legge 20 maggio 1970 n ° 300, **conosciuta come statuto dei Lavoratori**, i lavoratori tramite le loro rappresentanze, hanno il diritto di controllare l’applicazione delle norme per la prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali e di promuovere la ricerca, l’elaborazione e l’attuazione di tutte le misure idonee a tutelare la loro integrità fisica”.

Una serie di provvedimenti legislativi sono entrati in vigore ma il più importante è stato il **DPR del 27 aprile 1955 n ° 547** che rappresenta la prima pietra miliare sul cammino delle Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.

Una serie molto cospicua di leggi e decreti è stata introdotta fino ad arrivare ai giorni nostri con l’approvazione del Decreto legislativo del 9 Aprile 2008 n ° 81 e successive varianti (D. L g s. del 3 Agosto 2009 n ° 106) che ha messo ordine alla miriade di leggi precedentemente emanate.

Sono di seguito riportati i principali titoli delle disposizioni legislative e delle norme CEI che interessano il settore degli impianti elettrici:

**Legge 1 marzo 1968, n. 186:**

Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione e impianti elettrici ed elettronici.  
Gazzetta Ufficiale 23 marzo 1968, n. 77.

**Legge 5 marzo 1990, n. 46:**

Norme per la sicurezza degli impianti.  
Gazzetta Ufficiale 12 marzo 1990, n. 59.

**DECRETI PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA.**

**Decreto del Presidente della Repubblica 27 aprile 1955, n. 547.**

Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.  
Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale 12 luglio 1955, n. 158.

**Decreto del Presidente della Repubblica 29 luglio 1982, n. 577:**

Approvazione del regolamento concernente l'espletamento dei servizi antincendio.  
Gazzetta Ufficiale 20 agosto 1982, n. 229.

**Decreto del Presidente della Repubblica 6 dicembre 1991, n. 447**

Regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990, n. 46 in materia di sicurezza degli impianti.  
Gazzetta Ufficiale 15 febbraio 1992, n. 447.

**Decreto del Presidente della Repubblica 12 gennaio 1998, n. 37:**

Regolamento recante disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 20, comma 8, della legge 15 marzo 1997, n. 59.  
Gazzetta Ufficiale 10 marzo 1998, n. 57.

**Decreto del Presidente della Repubblica 22 ottobre 2001 n. 462.**

Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi  
Gazzetta Ufficiale 8 gennaio 2002, n. 6.

**DECRETI LEGISLATIVI.**

**Decreto Legislativo 19 settembre 1994, n. 626.**

Attuazione delle Direttive CEE: 89/391; 89/654; 89/655; 89/656; 90/269; 90/270; 90/394 e 90/679 riguardanti il miglioramento della salute della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.  
Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale 12 novembre 1994, n. 265.

**Decreto Legislativo 19 marzo 1996, n. 242.**

Modifiche al D. L. g. s. 626/94 recante attuazione di Direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.  
Supplemento Ordinario Gazzetta Ufficiale 6 maggio 1996, n. 104.

**Decreto Legislativo 14 agosto 1996, n. 494:**

Attuazione della Direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei e mobili.  
Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale 23 settembre 1996, n. 223.

**Decreto Legislativo 25 novembre 1996, n. 626.**

Attuazione della Direttiva 93/68 CEE, in materia di marcatura CE, del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione.  
Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale 14 dicembre 1996, n. 293.

**Decreto Legislativo del 9 aprile 2008, n. 81.**

Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.  
Supplemento Ordinario 108/L alla Gazzetta Ufficiale 30 aprile 2008, n. 101.

## DECRETI MINISTERIALI

### Decreto Ministeriale 22 dicembre 1958:

Luoghi di lavoro per i quali sono prescritte le particolari Norme di cui agli artt. 329 e 331 del D.P.R. 547/55.  
Gazzetta Ufficiale 19 gennaio 1959, n. 23.

### Decreto Ministeriale 15 dicembre 1978:

Designazione del Comitato Elettrotecnico Italiano di Normalizzazione Elettrotecnica ed Elettronica.  
Gazzetta Ufficiale 28 giugno 1979, n. 176.

### Decreto del Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato 20 febbraio 1992:

Approvazione del modello di dichiarazione di conformità dell'impianto alla regola d'arte di cui all'art. 7 del regolamento d'attuazione della legge 5 marzo 1990, n. 46, recante norme per la sicurezza degli impianti.  
Gazzetta Ufficiale 28 febbraio 1992, n. 4.

### Decreto Ministeriale 37 del 22 gennaio 2008:

Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.  
Gazzetta Ufficiale 12 marzo 2008, n. 61.

## CIRCOLARI MINISTERIALI

### Circolare Ministero dell'Interno 31 agosto 1978, n. 31.

Norme di sicurezza per l'installazione di motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice di energia elettrica o macchina operatrice.

**Circolare 7 ottobre 1982, n. 46/M I. SA (82) 15.**

D.P.R. 29 luglio 1982 , n. 577 - Approvazione del regolamento concernente l'espletamento dei servizi di prevenzione e di vigilanza antincendio - Indicazioni applicative delle norme. Prevenzione incendi: chiarimenti interpretativi di vigenti disposizioni e pareri espressi dal Comitato centrale tecnico-scientifico per la prevenzione incendi su questioni e problemi di prevenzione incendi. Gazzetta Ufficiale 17 dicembre 1985, n. 296.

**Circolare del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale 5 marzo 1998, n. 30/98:**

Ulteriori chiarimenti interpretativi del Decreto Legislativo 494/96 e del Decreto Legislativo 626/94. Gazzetta Ufficiale 9 aprile 1998, n. 83.

## **NORME CEI**

### **Norme CEI per impianti elettrici utilizzatori.**

Le principali Norme CEI per gli impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione sono:

- a.** CEI 64-8 IV edizione: la Norma CEI generale per impianti elettrici utilizzatori “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua”;
- b.** CEI 64-2 IV edizione “Impianti in luoghi con pericolo di esplosione”;
- c.** CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) “Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas - Classificazione dei luoghi pericolosi”;
- d.** CEI 64-4 “Impianti elettrici in locali adibiti ad uso medico”;
- e.** CEI 64-11 “Mobili/fiere/bar”;
- f.** CEI 64-12 “Guida per l’esecuzione dell’impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario”;
- g.** CEI 64-13 “Guida alla norma CEI 64-4”;
- h.** CEI 64 14 “Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori”;
- i.** CEI 64-15 “Edifici storici”;
- j.** CEI 64-17 “Cantieri”;
- k.** CEI 64-50 “Edilizia residenziale”;
- l.** CEI 64-51 “Centri commerciali”;
- m.** CEI 64-52 “Edifici scolastici”.

### **Norme CEI per impianti elettrici di distribuzione.**

Le principali Norme CEI per gli impianti elettrici di distribuzione di bassa tensione sono:

- a.** CEI 11-1 “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica Norme generali”;
- b.** CEI 11-4 “Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne”;
- c.** CEI 11-8 “Impianti di terra”;
- d.** CEI 11-15 “Impianti sotto tensione”;
- e.** CEI 11-16 “Attrezzi”;
- f.** CEI 11-22 “Aste isolanti e attrezzi”;
- g.** CEI 11-23 “Abiti”;
- h.** CEI 11-24 “Terminologie per attrezzi”;
- i.** CEI 11-25, 11-26, 11-28 “Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifase a corrente alternata”;
- j.** CEI 11-27 “Esecuzione dei lavori su impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000 V”;
- k.** CEI 11-35 “Guida all’esecuzione delle cabine elettriche d’utente”;
- l.** CEI 11-37 “Guida per l’esecuzione di impianti di terra”;
- m.** CEI 11-39 “Lavori sotto tensione. Distanze in asta”.

### **Norme CEI per materiali elettrici, le apparecchiature e le macchine.**

Le principali Norme CEI per componenti di bassa tensione da integrare tra loro nell'impianto sono:

- a. CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) "Apparecchiature a bassa tensione (interruttori industriali)" ;
- b. CEI EN 60947-3 (CEI 17-11) "Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra sezionatori" ;
- c. CEI EN 60947-4 (CEI 17-3) "Contattori fino a 1000 V";
- d. CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1) "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (Quadri BT, AS di serie e ANS non di serie)";
- e. CEI EN 60439-2 (CEI 17-13/2) "Quadri elettrici BT (condotti sbarre prefabbricati)" ;
- f. CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3) "Quadri elettrici BT (quadri per distribuzione ASD)";
- g. CEI EN 60439-4 (CEI 17-13/4) "Quadri elettrici BT (quadri per cantiere ASC)";
- h. CEI 23-9 "Apparecchi di comando non automatici";
- i. CEI 23-16 "Prese a spina per uso domestico";
- j. CEI 20-19 "Cavi in gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V";
- k. CEI 20-20 "Cavi in PVC con tensione nominale non superiore a 450/750 V";
- l. CEI 20-22 "Prove d'incendio su cavi elettrici";
- m. CEI 20-35 "Prove sui cavi elettrici sottoposti al fuoco";
- n. CEI 20-35 "Prove sui cavi elettrici sottoposti al fuoco";
- o. CEI 20-36 "Cavi resistenti al fuoco";
- p. CEI 20-37 "Gas emessi dalla combustione dei cavi";
- q. CEI 28-38 "Cavi non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi";
- r. CEI 20-39 "Cavi ad isolamento minerale con tensione nominale non superiore a 750 V" ;
- s. CEI EN 60898 (23-3 IV ed.) "Interruttori per impianti domestici e similari".

### **Protezione contro i fulmini.**

Le Norme CEI per gli impianti elettrici contro le scariche atmosferiche sono:

- a. CEI 81-1 "Protezione delle strutture contro i fulmini";
- b. CEI 81-2 "Guida alla verifica degli impianti di protezione contro i fulmini";
- c. CEI 81-4 "Valutazione del rischio dovuto al fulmine".

### **Tabelle CEI UNEL.**

Oltre alle norme, il CEI ha recentemente pubblicato le nuove tabelle sulle portate dei conduttori che sono:

- a. 35024/1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali < 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c. - regime permanente posa in aria;
- b. 35024/2 Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali < 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c. regime permanente posa in aria.

### **Applicazione delle norme e test di carattere generale.**

Il CEI propone da alcuni anni utili guide per gli impianti elettrici di bassa tensione tra le quali:

- a. CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici";
- b. CEI 0-3 "Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati";
- c. CEI 0-5 "Dichiarazione CE di conformità - Guida all'applicazione delle Direttive Nuovo Approccio".

## **Capitolo V - Controlli e verifiche sulla sicurezza degli impianti elettrici.**

Negli impianti elettrici sia di bassa che, soprattutto, di alta tensione assume grande importanza il “collegamento a terra” che ha lo scopo di proteggere persone ed impianti da sovratensioni pericolose o di regolarizzare il funzionamento di un impianto.

Va tenuto presente che nessuna norma, per quanto sapiente, può garantire l'immunità delle persone e delle cose contro i pericoli derivanti dall'elettricità. Le Norme tecniche possono soltanto diminuire le occasioni di pericolo.

### **Impianti di terra di funzionamento.**

Hanno lo scopo di contenere, entro limiti ben determinati, la tensione massima che un punto qualsiasi dell'impianto può assumere verso terra, sia in condizioni di funzionamento normale che di guasto.

Agli impianti di funzionamento vengono collegati i punti di mezzo dei circuiti monofasi od a corrente continua, oppure il neutro degli impianti trifasi.

### **Impianti di terra di Protezione.**

Hanno lo scopo di proteggere gli operatori dalle conseguenze derivanti dalle tensioni di contatto o di passo limitando eventuali tensioni accidentali verso terra di quelle parti di impianto elettrico normalmente non in tensione, con le quali le persone fisiche possono venire a contatto; in particolare devono essere connesse a terra le carcasse dei trasformatori, dei generatori, dei motori elettrici nonché tutti i sostegni metallici delle linee elettriche e delle cabine.

Per quelle reti che non prevedono la messa a terra del neutro (sistema IT); l'impianto elettrico forma con la terra un sistema di condensatori aventi capacità tanto più elevata quanto più è estesa la rete. Nel caso in cui un punto del sistema fosse posto in contatto con la terra, attraverso il collegamento fluirebbe una corrente costituita da due parti:

- **Una componente transitoria:** legata alla modifica della condizione della rete rispetto alla terra e che si esaurisce, in generale, entro qualche centesimo di secondo, con una legge di tipo esponenziale smorzato legata ai parametri dell'impianto elettrico e della resistenza di terra.
- **una componente permanente:** legata alla dissimmetria che si viene a creare nel sistema di capacità verso terra e nei potenziali dei conduttori di fase verso terra.
- **La componente transitoria** può assumere valori elevati ma la sua pericolosità è limitata dalla brevità del fenomeno.
- **La componente permanente** assume valori molto variabili, essendo legata,

- oltre all'estensione della rete, alle caratteristiche delle linee aeree od in cavo.
- Per reti di linee aeree anche molto estese il valore della corrente raramente supera qualche decina di ampere mentre per le reti di linee in cavo si può superare il centinaio di ampere.
  - E' quindi il valore della componente permanente che determina praticamente le caratteristiche dell'impianto di terra di protezione onde limitare le tensioni di contatto e di passo a valori tollerabili.

Con l'entrata in vigore del DPR 462 del 2001 finalmente viene resa obbligatoria la verifica dell'impianto di terra.

#### **DPR 462 del 2001.**

Il decreto dice tra le altre cose, che sono soggetti a denuncia gli impianti di terra realizzati per la protezione delle persone dai contatti elettrici indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione.

Per impianto di terra si deve intendere l'insieme dei dispersori, conduttori di terra, conduttori equipotenziali, collettori (nodi) principali di terra e conduttori di protezione destinati a realizzare la messa a terra di protezione.

Ai fini del DPR 462/01 si intendono facenti parte dell'impianto di terra anche i segnalatori di primo guasto (ove esistenti) ed i dispositivi di protezione dalle sovracorrenti o dalle correnti di dispersione preposti ad assicurare la protezione dai contatti indiretti.

#### **Impianti di terra e periodicità per sottoporli a verifica.**

Il datore di lavoro è tenuto ad effettuare regolari manutenzioni dell'impianto, nonché a far sottoporre lo stesso a verifica periodica:

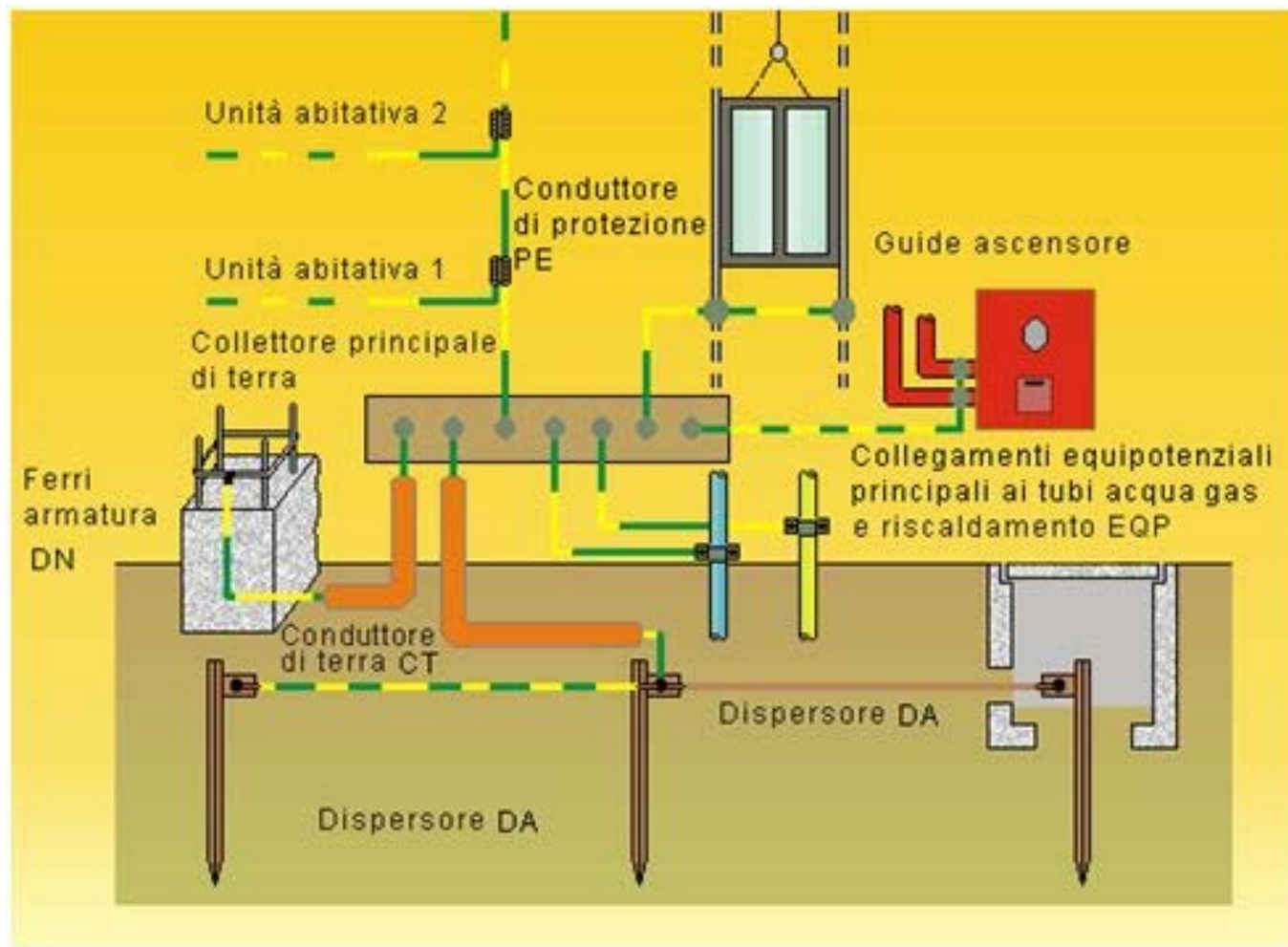
1. ogni due anni nei cantieri, in locali adibiti ad uso medico e negli ambienti a maggior rischio in caso di incendio;
2. ogni cinque anni, per tutti gli altri impianti (locali ordinari).

Il verificatore provvede ad eseguire un primo esame a vista dell'impianto elettrico che va esteso all'intera struttura oggetto della verifica, nei suoi ambienti interni ed esterni, sotto l'aspetto della protezione contro i contatti indiretti e diretti.

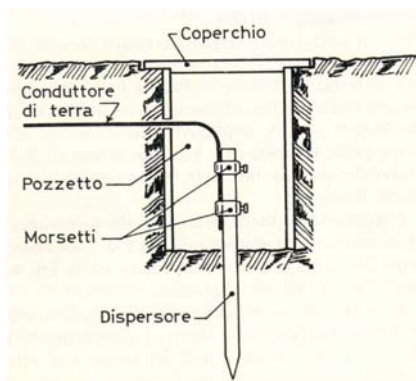
Occorre controllare che l'impianto di terra e i dispositivi di protezione e di controllo, come, caratteristiche e disposizione, corrispondano a quanto indicato dalla documentazione ed alle Norme di sicurezza.

Di seguito viene presentato un impianto di terra unitamente ai suoi componenti.

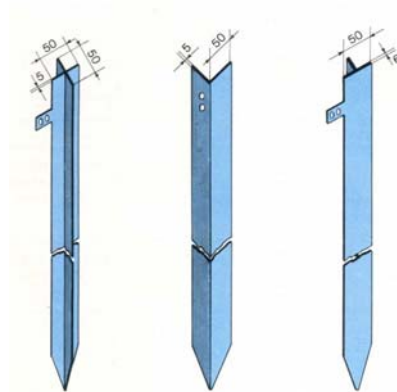
### Impianto di terra.



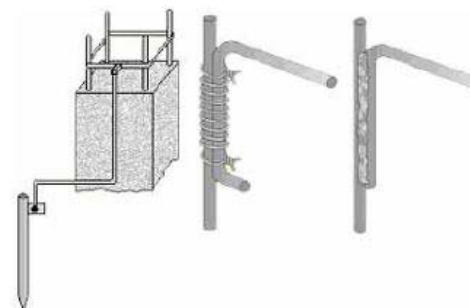
## Componenti un impianto di terra.



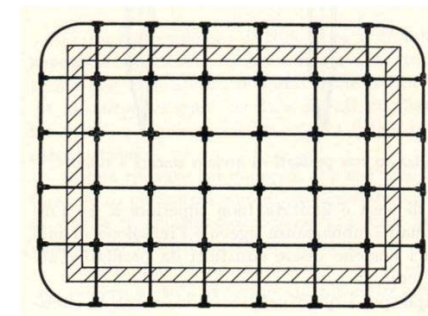
Pozzetto con dispersore



Dispersori di terra



Giunzioni



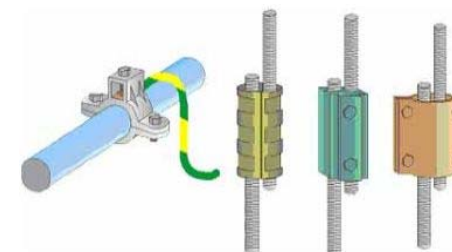
Maglia di terra.



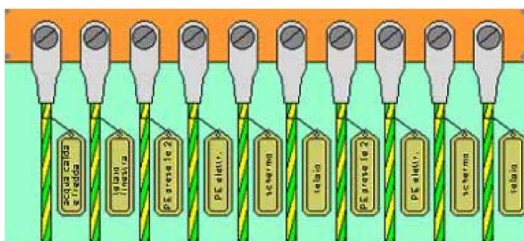
Cartello indicatore



Treccia di rame



Morsetti



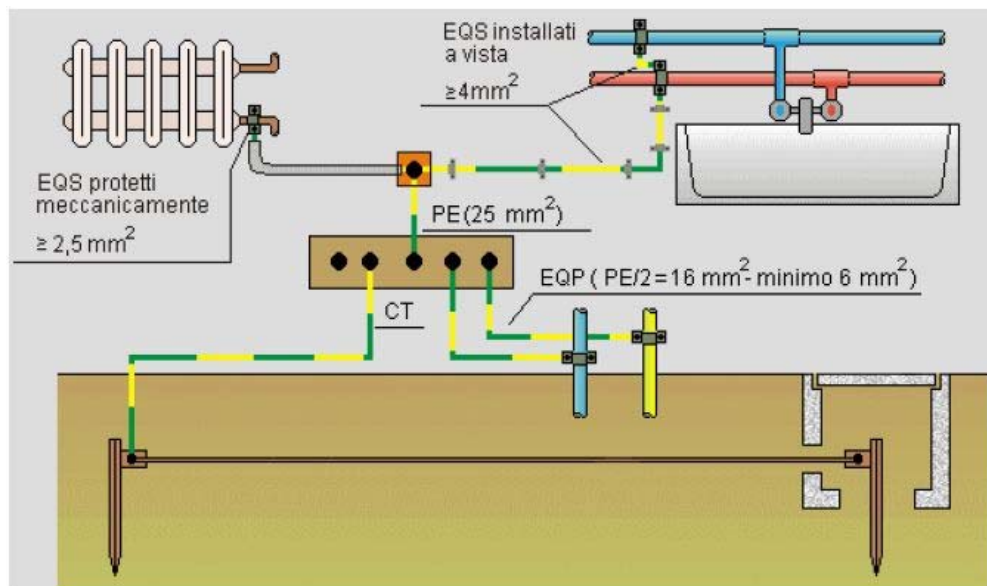
Collettore di terra



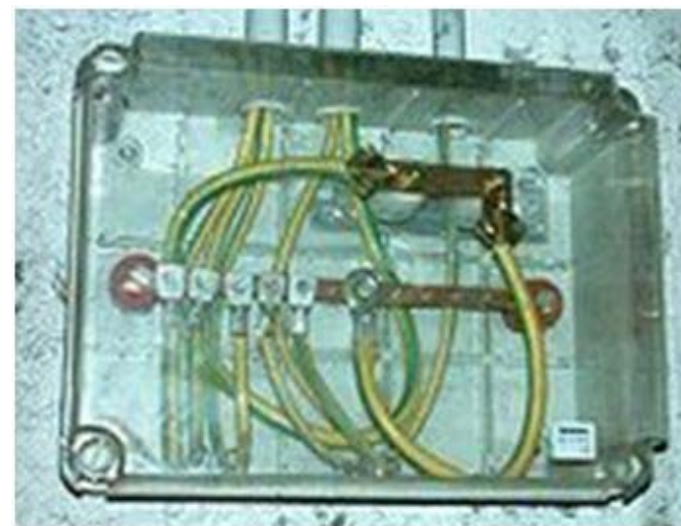
Conduttore di terra.



Conduttore di protezione



Collegamenti di terra ed equipotenziali



Nodo di terra sezionabile

Picchetto



Picchetto



Morsetto



Morsetto  
a collare



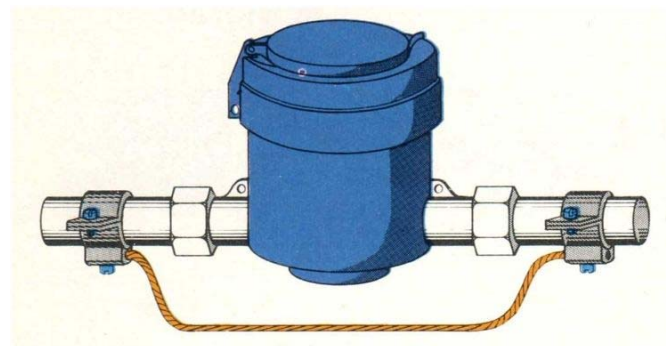
Manicotto  
di  
giunzione



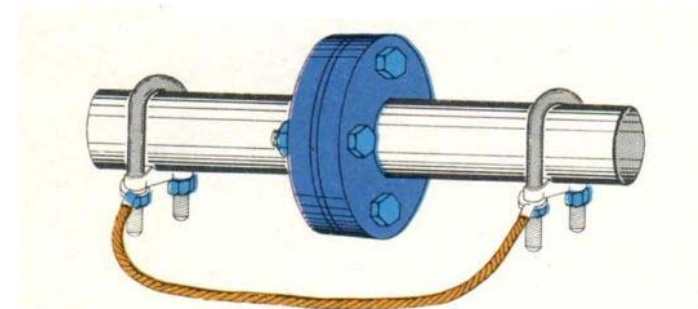
Battipalo



Contatore acqua  
con cavallotto

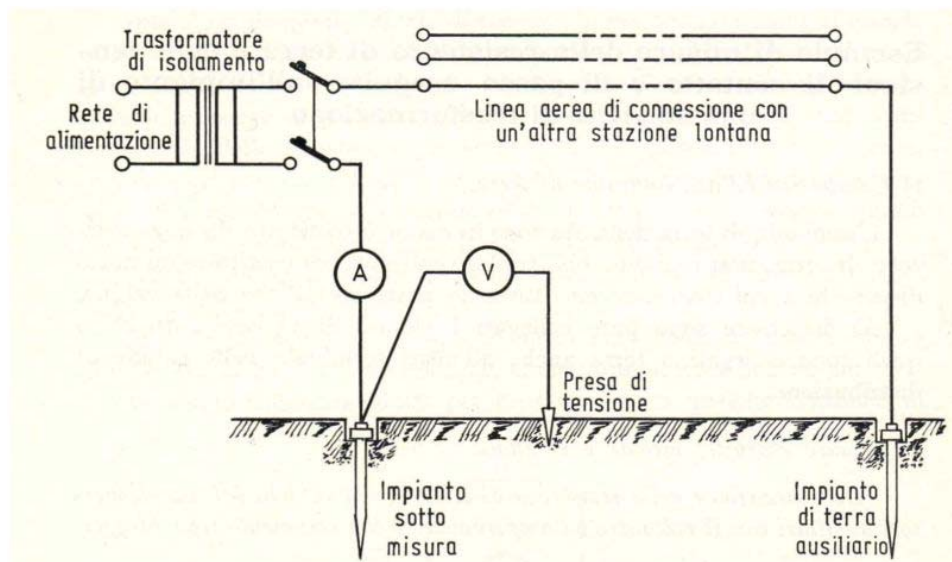


Giunto con cavallotto



Per la misura della resistenza dell'impianto di terra, uno dei metodi di prova è rappresentato dal sistema volt-amperometrico di seguito raffigurato:

**Metodo di misura della resistenza di terra ( sistema Volt \_amperometrico).**



Per calcolare il valore della resistenza di terra si utilizza la legge di ohm.

$$R_{Terra} = \frac{V}{I_T}$$

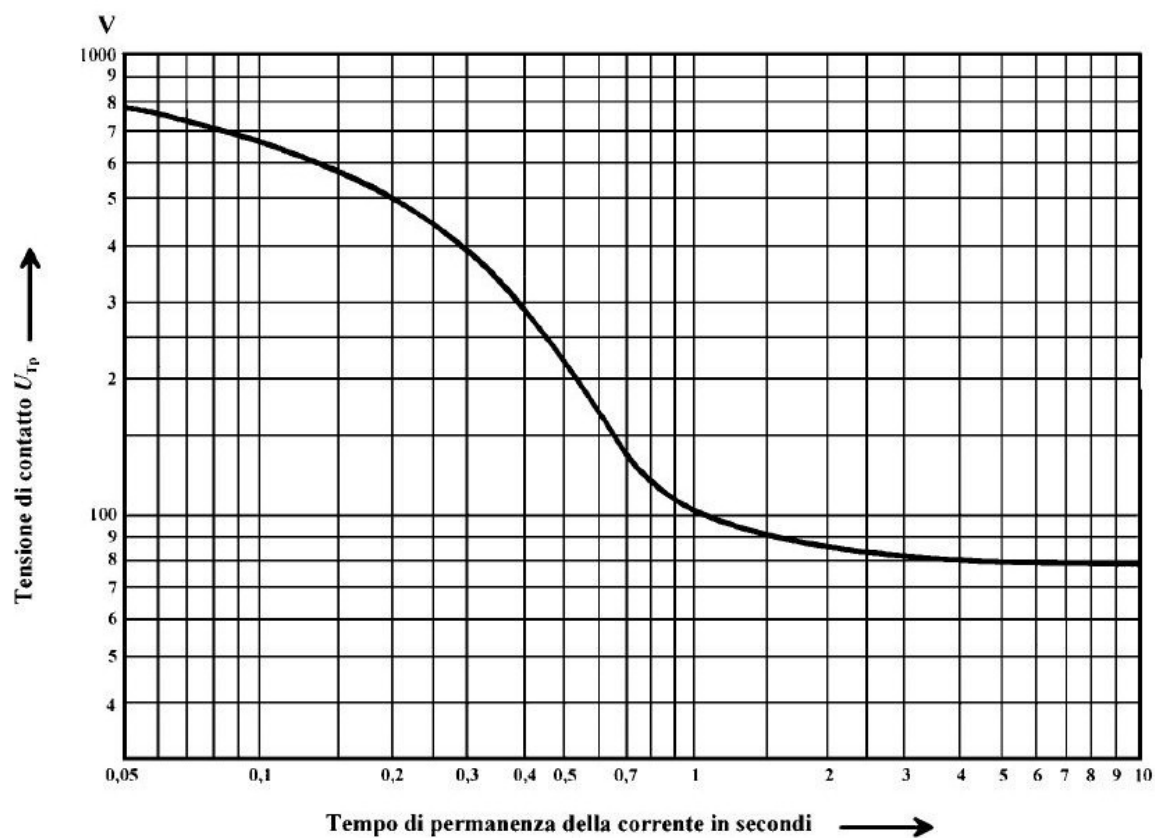
Nei luoghi ordinari la tensione ammessa sulle masse è  $\leq 50$  V e la condizione da soddisfare per il calcolo del valore della resistenza di terra è:

$$R_{Terra} \leq \frac{50}{I_T}$$

Nei luoghi particolari la tensione ammessa sulle masse è  $\leq 25$  V. e la condizione da soddisfare per il calcolo del valore della resistenza di terra è:

$$R_{Terra} \leq \frac{25}{I_T}$$

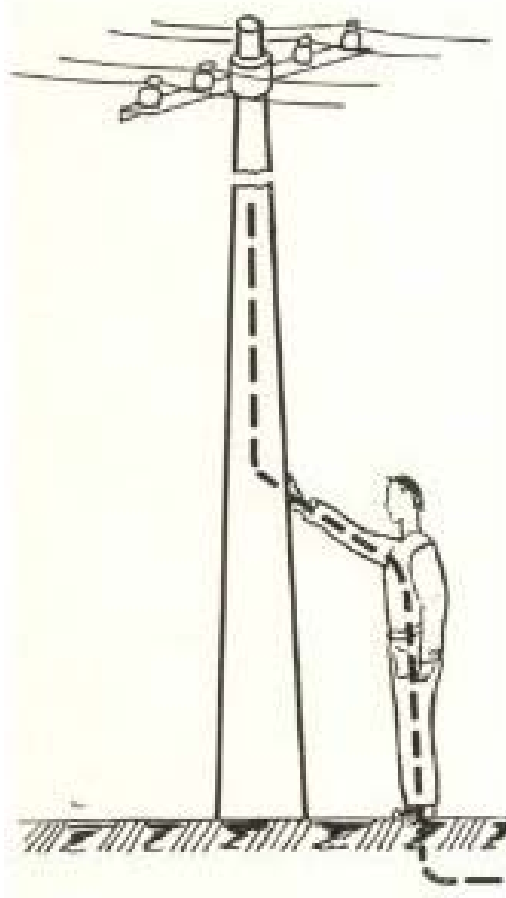
Il grafico sottostante rappresenta la tensione di contatto in funzione del tempo di intervento della protezione negli impianti di alta tensione.



### **Tensione di contatto.**

E' la tensione alla quale può essere soggetto il corpo umano in seguito a contatto con carcasse e strutture metalliche, normalmente non in tensione, delle macchine e delle apparecchiature.

Tenendo conto della lunghezza media delle braccia di un uomo e della sua altezza, un contatto (mano – piede) interessa una distanza compresa tra 1 e 2 metri, e può verificarsi quando un uomo tocca con una mano una struttura metallica, normalmente non in tensione, ed un punto del terreno circostante ( vedi figura ).



### Tensione di passo.

E' la tensione che durante il funzionamento di un impianto di terra può risultare applicata tra i piedi di una persona alla distanza di un passo, 1 metro circa, (vedi figura).



## Interruttori.

Gli interruttori sono dei dispositivi che esplicano la funzione di apertura e chiusura di un circuito elettrico.

Gli interruttori automatici sono degli interruttori che intervengono nel circuito elettrico con determinati automatismi.

Gli automatismi che determinano l'apertura o la chiusura di un circuito sono di vario tipo; di seguito vengono evidenziati gli automatismi più in uso:

- Intervento termico, utilizzato per proteggere la linea da un eccessivo riscaldamento;
- Intervento magnetico per proteggere la linea dal corto circuito;
- Intervento differenziale per intervenire in caso di dispersione verso terra.

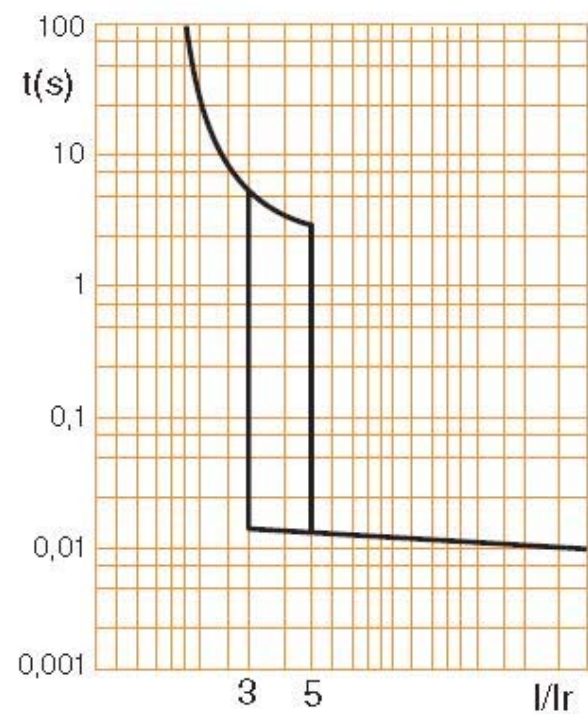
Di seguito viene riportato un disegno che spiega il funzionamento del rilevatore differenziale, unitamente ad una foto di un interruttore automatico.



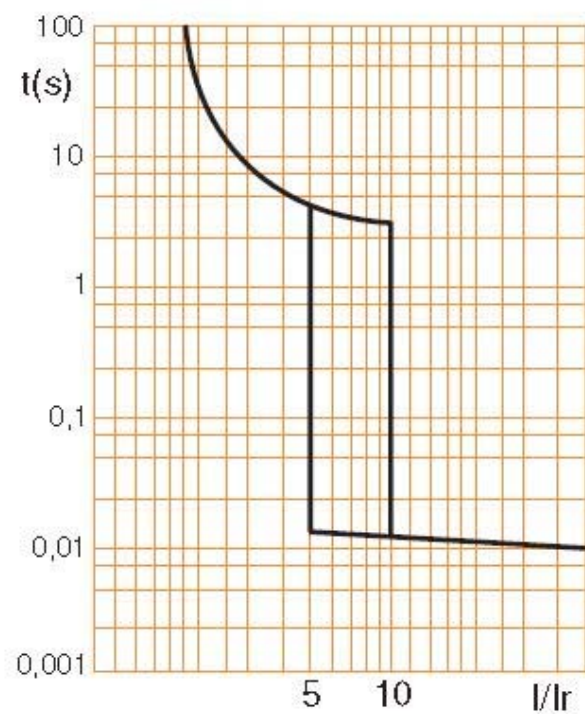
Combinazione di un interruttore magnetotermico differenziale.

Sono riportati di seguito alcune caratteristiche di intervento magnetotermico degli interruttori.

**Caratteristica B**



**Caratteristica C**



**Caratteristica D**

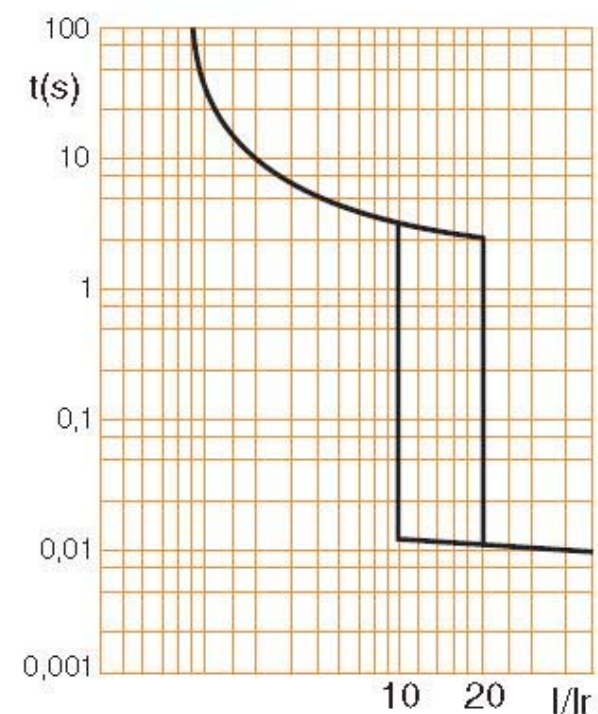
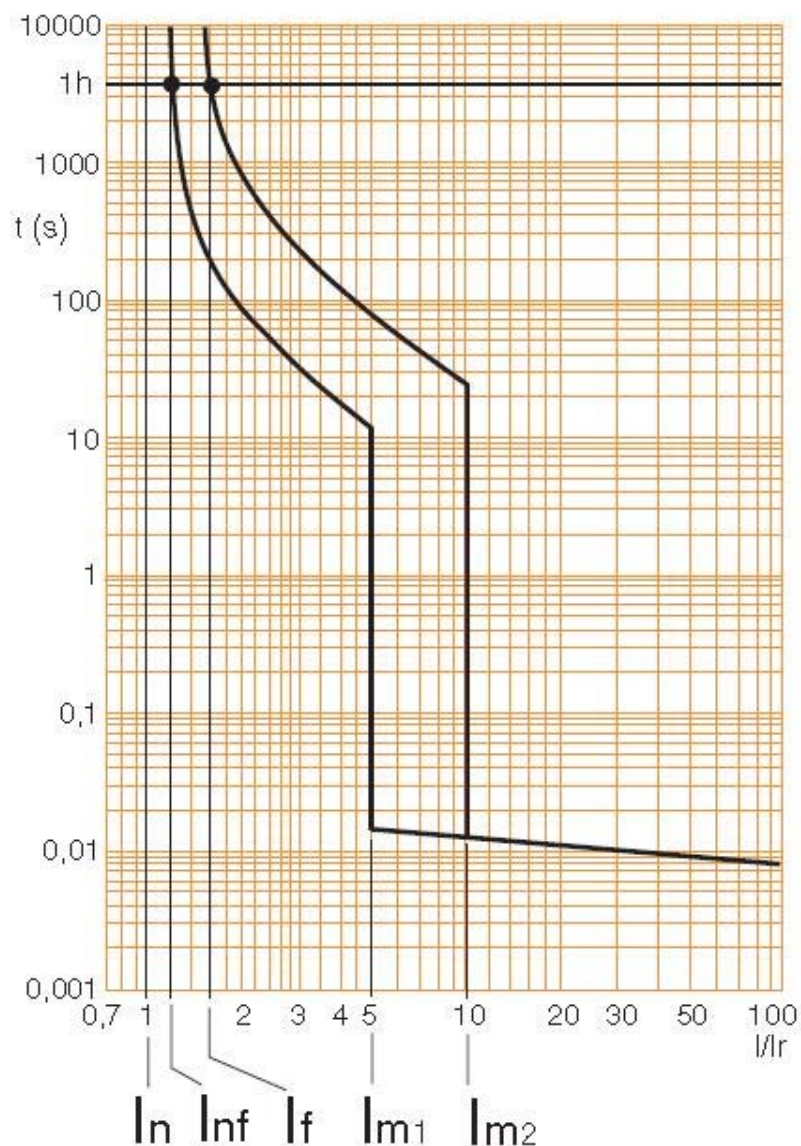


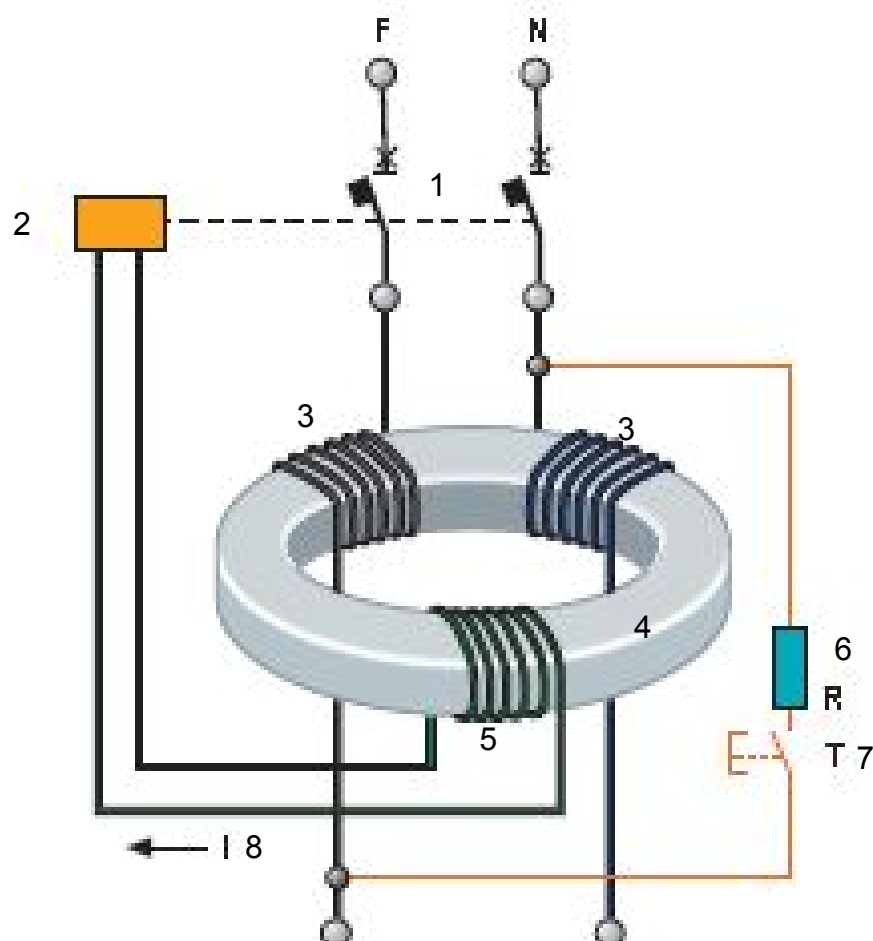
Grafico di intervento di un interruttore magnetotermico.



1.  $I_n$  Corrente nominale alla quale si riferiscono tutte le prescrizioni costruttive dell'apparecchio e che rappresenta il valore unitario nella caratteristica di intervento;
2.  $I_{nf}$  Corrente di non funzionamento; è il massimo valore di sovracorrente che non fa intervenire l'interruttore entro il tempo convenzionale;
3.  $I_f$  Corrente di funzionamento; è il minimo valore di sovracorrente che fa intervenire certamente l'interruttore entro il tempo convenzionale;
4.  $I_{m1}$  massima sovracorrente che non deve far intervenire lo sganciatore elettromagnetico;
5.  $I_{m2}$  minima sovracorrente che fa certamente intervenire lo sganciatore elettromagnetico.

### Rivelatori differenziali.

Di seguito viene riportato un disegno che spiega il funzionamento del rivelatore differenziale.



1. Interruttore automatico;
2. bobina azionamento interruttore;
3. avvolgimenti dei poli dell'interruttore su di un toroide;
4. toroide;
5. avvolgimento sul toroide per alimentare la (bobina azionamento interruttore);
6. resistenza imitatrice per la prova di guasto;
7. tasto di prova per simulazione guasto;
8. corrente di alimentazione bobina azionamento interruttore.

Con la premuta del tasto prova si determina una variazione di corrente tra gli avvolgimenti (3) che generano quindi un flusso risultante captato dall'avvolgimento (5) che alimenta la bobina di azionamento (2) dell'interruttore (1).

### Classificazione degli interruttori differenziali.

L'interruttore differenziale, può essere realizzato individualmente od in combinazione con sgancia tori di massima corrente. Si possono quindi avere:

1. Interruttori differenziali puri che devono essere installati in serie al dispositivo di protezione contro le sovracorrenti;
2. Interruttori magnetotermici differenziali.

I dispositivi differenziali per uso civile sono classificati:

a) In base alla sensibilità alle correnti pulsanti e continue:

- ❖ (AC), Intervengono solo con correnti di guasto sinusoidali;
- ❖ (A), intervengono anche con correnti di guasto pulsanti dovute alla presenza di dispositivi a semiconduttore ;
- ❖ (B), intervengono anche con componenti unidirezionali di tipo continuo.

b) In base al ritardo d'apertura per sgancio differenziale:

- ❖ (G) privo di ritardi intenzionali;
- ❖ (S) con ritardo intenzionale per esigenze di selettività.

Simboli che distinguono il funzionamento della protezione differenziale.

**Classe AC**



**Classe A**



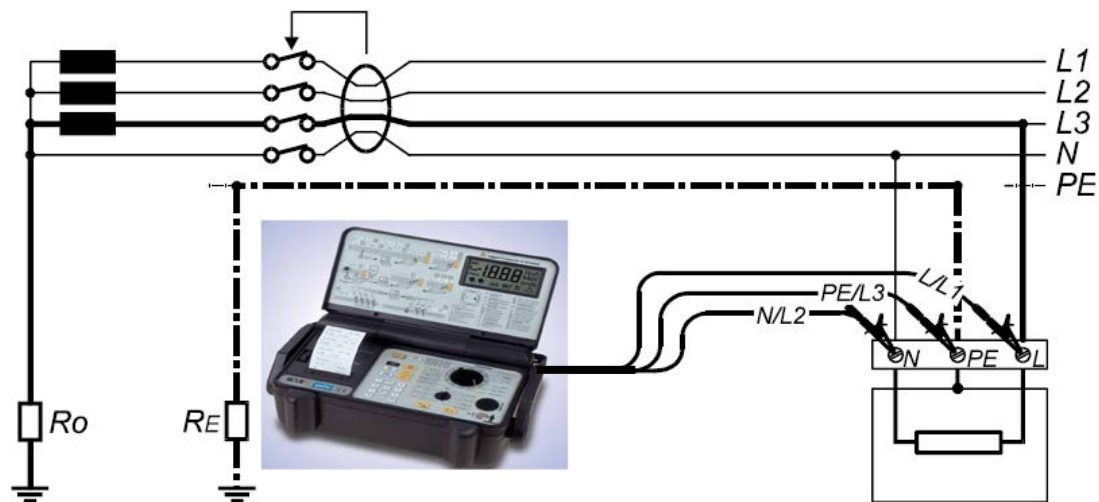
**Classe B**



**Con ritardo  
intenzionale**



Di seguito viene riportato lo schema utilizzato per la verifica dei differenziali.



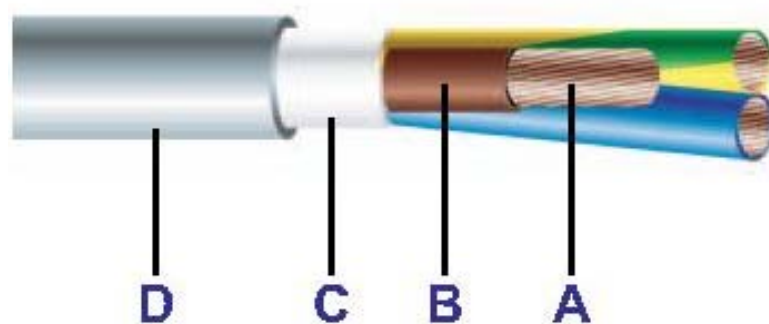
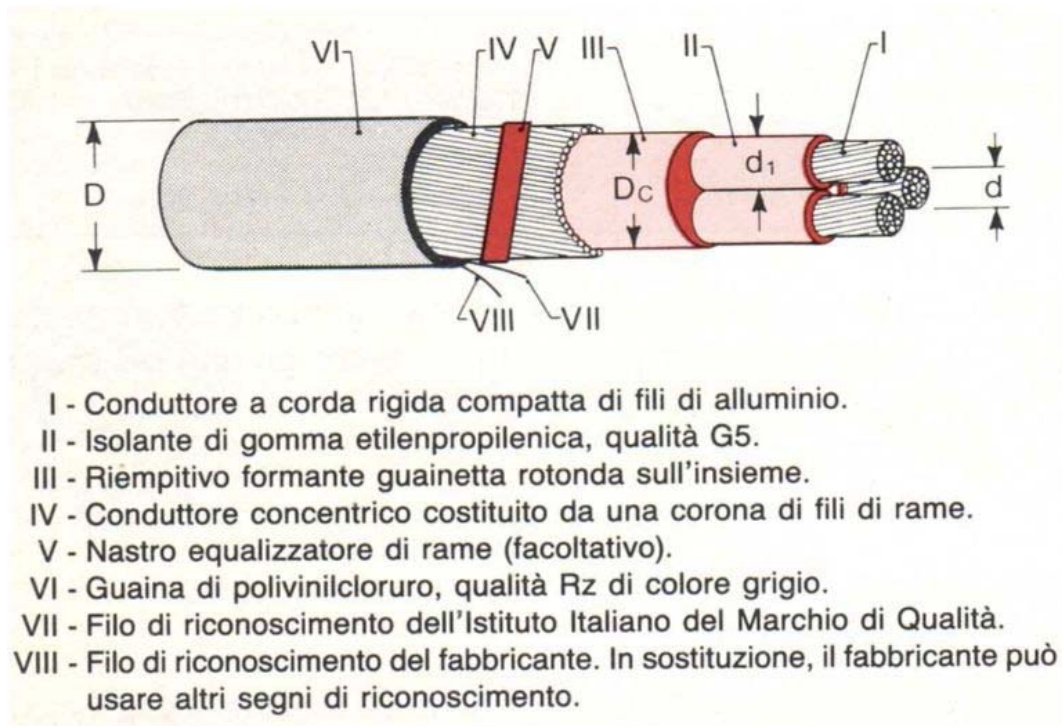
Con tale strumento è possibile selezionare le caratteristiche del differenziale in prova, nonché calcolare la corrente ed il tempo di intervento.

## Cavi elettrici.

I cavi sono dei conduttori, opportunamente isolati che vengono utilizzati per collegare il generatore di energia elettrica ai vari utilizzatori.

I cavi si distinguono per l'isolamento, per la sezione del conduttore, per la conformazione e per altri valori.

Di seguito vengono presentate due foto relative a cavi per uso energia:

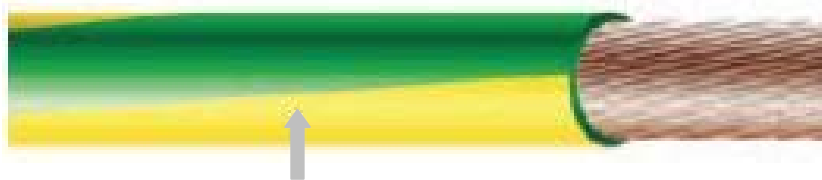


- A. Conduttore in rame;
- B. isolante;
- C. riempitivo;
- D. guaina.

### Colori distintivi dei conduttori elettrici.

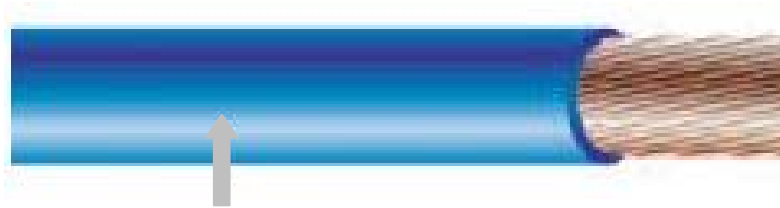
Il colori ammesso per il conduttore di terra è esclusivamente:

- ❖ Giallo verde.



I colori ammessi per il neutro sono:

1. Blu chiaro;
2. Azzurro.



I colori ammessi per le fasi sono preferibilmente:

- ❖ Il nero ed il marrone nonché tutti gli altri colori ad esclusione di quelli riservati al conduttore di neutro ed al conduttore di terra.



### Portata di un cavo.

La portata di un cavo dipende da molti fattori .Di seguito viene riportata una tabella da cui si può ricavare la portata in regime permanente in funzione della sezione nominale.

| <b>Portata<br/>In regime<br/>permanente</b> | <b>Sezione<br/>nominale</b> | <b>Resistenza<br/>a 80°C</b> | <b>Reattanza (X)</b>      |                               |
|---------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
|                                             |                             |                              | <b>Cavo<br/>tripolare</b> | <b>Tre cavi<br/>unipolari</b> |
| <b>Ampere</b>                               | <b>mm<sup>2</sup></b>       | <b>Ω/km</b>                  | <b>Ω/km</b>               | <b>Ω/km</b>                   |
| 11,5                                        | 1,0                         | 22,5000                      | 0,1250                    | 0,1760                        |
| 15,0                                        | 1,5                         | 15,1000                      | 0,1180                    | 0,1680                        |
| 20,4                                        | 2,5                         | 9,0800                       | 0,1090                    | 0,1550                        |
| 27,2                                        | 4,0                         | 5,6800                       | 0,1010                    | 0,1430                        |
| 34,8                                        | 6,0                         | 3,7800                       | 0,0955                    | 0,1350                        |
| 48,4                                        | 10,0                        | 2,2700                       | 0,0861                    | 0,1190                        |
| 64,6                                        | 16,0                        | 1,4300                       | 0,0817                    | 0,1120                        |
| 80,7                                        | 25,0                        | 0,9007                       | 0,0813                    | 0,1060                        |
| 99,5                                        | 35,0                        | 0,6540                       | 0,0783                    | 0,1010                        |
| 121,6                                       | 50,0                        | 0,4830                       | 0,0779                    | 0,1010                        |
| 155,6                                       | 70,0                        | 0,3340                       | 0,0751                    | 0,0965                        |
| 188,7                                       | 95,0                        | 0,2410                       | 0,0762                    | 0,0975                        |
| 218,5                                       | 120,0                       | 0,1910                       | 0,0740                    | 0,0939                        |
| 252,5                                       | 150,0                       | 0,1570                       | 0,0745                    | 0,0928                        |
| 288,2                                       | 185,0                       | 0,1250                       | 0,0742                    | 0,0908                        |
| 340,0                                       | 240,0                       | 0,0966                       | 0,0752                    | 0,0902                        |
| 391,0                                       | 300,0                       | 0,0780                       | 0,0750                    | 0,0895                        |
| 488,7                                       | 400,0                       | 0,0625                       | 0,0742                    | 0,0876                        |
| 563,6                                       | 500,0                       | 0,0512                       | 0,0744                    | 0,0867                        |
| 643,5                                       | 630,0                       | 0,0417                       | 0,0749                    | 0,0865                        |

## Capitolo VI - Dimensionamento di una linea elettrica in cavo.

### Dimensionamento di una linea in cavo.

Molto spesso i carichi da alimentare sono posizionati a determinate distanze dal punto di fornitura dell'energia elettrica da qui la necessità di posare una linea in cavo per la loro alimentazione.

Per il dimensionamento della linea bisogna precisare:

- la lunghezza della linea;
- la tensione nominale del carico;
- la corrente nominale assorbita dal carico;
- il fattore di potenza del carico;
- il tipo di alimentazione del carico (monofase o trifase);
- la caduta di tensione ammissibile sulla linea rispetto alla tensione di partenza.

Per la scelta della sezione del cavo si può procedere come di seguito riportato nell'esempio esplicativo.

Supponiamo di dover alimentare un carico trifase avente le seguenti caratteristiche elettriche:

Potenza nominale del carico  $A_n = 100 \text{ kVA}$

Tensione nominale del carico  $V_n = 400 \text{ V}$

Fattore di potenza del carico ( $\cos\varphi_c$ ) = 0,85

Lunghezza della linea = 250 m.

Variazione di tensione ammessa = 3%  $V_n$

Facendo opportuni calcoli possiamo arrivare a dimensionare la sezione della linea di alimentazione che collega il quadro generale con l'utilizzatore.

Per il calcolo della sezione del cavo si procede nel seguente modo:

- ❖ si calcola la corrente nominale del carico con la seguente formula:

$$I = \frac{A_n}{V_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{100000}{400 \cdot \sqrt{3}} = 144,337 \text{ A}$$

- ❖ si calcola il valore della caduta di tensione sulla linea trifase con la seguente formula:

$$\Delta V = (3/100) \bullet 400 = 12 \text{ V}$$

- ❖ si calcola il valore della resistenza di linea utilizzando la seguente formula semplificata:

$$R_{linea} = \frac{\Delta V}{\sqrt{3} \bullet I_n} = \frac{12}{\sqrt{3} \bullet 144,337} = 0,048 \Omega$$

- ❖ si trova il valore della resistenza della linea riferito al km dividendo per 250 e moltiplicando per 1000 il valore precedentemente calcolato. Pertanto il valore chilometrico della resistenza della linea è:

$$R_{1000} = \frac{R_{linea} \bullet 1000}{250} = \frac{0,048 \bullet 1000}{250} = 0,192 \Omega$$

- ❖ quindi si sceglie la sezione del cavo che presenta un valore di resistenza immediatamente inferiore a quello trovato. In questo caso il valore della resistenza è di 0,191 cui corrisponde un valore della sezione di 120mm<sup>2</sup>;
- ❖ si calcola il valore della resistenza in relazione alla lunghezza della linea che nella fattispecie è di 250 m utilizzando la seguente formula:

$$R_{250} = \frac{R_{1000}}{1000} \bullet 250 = \frac{0,192}{1000} \bullet 250 = 0,048 \Omega$$

- ❖ si calcola il valore della reattanza in relazione alla lunghezza della linea, nella fattispecie è di 250 m, utilizzando la seguente formula:

$$X_{250} = \frac{X_{1000}}{1000} \cdot 250 = \frac{0,0740}{1000} \cdot 250 = 0,0185 \Omega$$

- ❖ si applica quindi la formula per il calcolo della caduta industriale di tensione, utilizzando la seguente formula:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R_{250} \cdot \cos \varphi + X_{250} \cdot \sin \varphi) = \sqrt{3} \cdot 144,337 \cdot (0,048 \cdot 0,85 + 0,0185 \cdot 0,5267) = 12,636 V$$

Il valore, della caduta di tensione, così calcolato ( 12,636 V ) è di poco maggiore di 12 V quindi si deve scegliere la sezione commerciale immediatamente successiva, cioè un cavo la cui sezione nominale è di 150 mm<sup>2</sup>, ed effettuare la verifica come visto in precedenza.

Si calcola la resistenza e la reattanza della linea in cavo lunga 250 m e si verifica che la caduta industriale di tensione sulla linea sia inferiore a quella accettabile. Le formule da utilizzare sono quelle precedenti e cioè:

Per il calcolo della resistenza della linea:

$$R_{linea} = \frac{R_{1000}}{1000} \cdot 250 = \frac{0,157}{1000} \cdot 250 = 0,03925 \Omega$$

Per il calcolo della reattanza della linea:

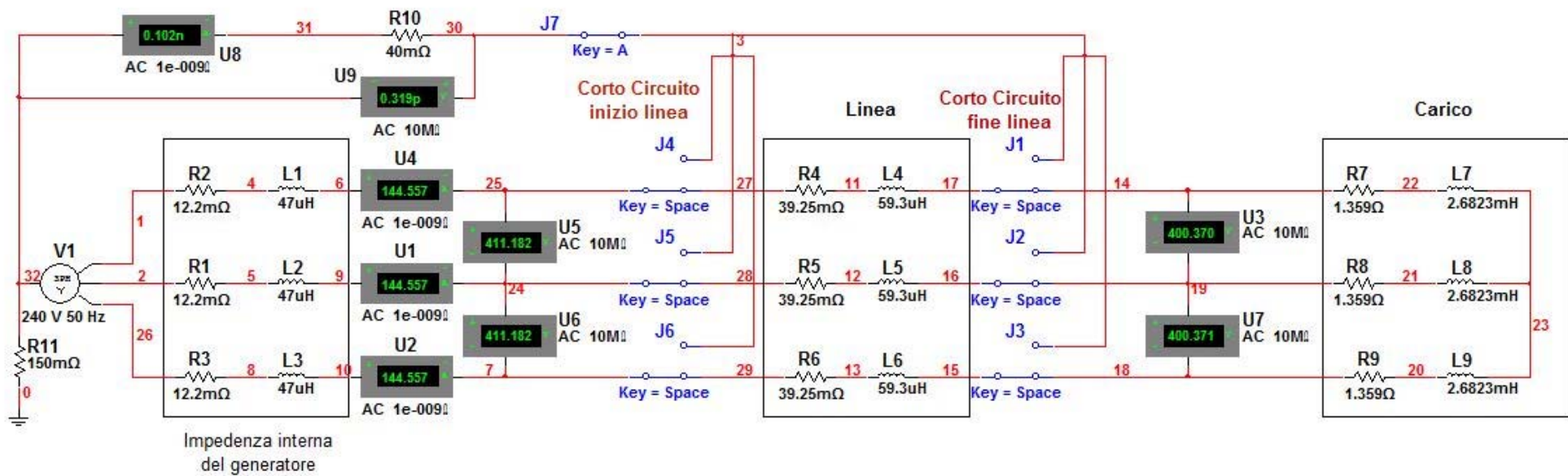
$$X_{linea} = \frac{X_{1000}}{1000} \cdot 250 = \frac{0,0745}{1000} \cdot 250 = 0,018625 \Omega$$

Per il calcolo della caduta di tensione della linea:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R_{250} \cdot \cos \varphi + X_{250} \cdot \sin \varphi) = \sqrt{3} \cdot 144,337 \cdot (0,039 \cdot 0,85 + 0,0186 \cdot 0,5267) = 10,78 V$$

Il cavo scelto della sezione di 150 mm<sup>2</sup>. determina una caduta di tensione pari a 10,78 V che risulta minore dei 12 V accettabili pertanto la sezione scelta di 150 mm<sup>2</sup> è verificata.

Vedi simulazione funzionamento normale **linea in cavo da 150 mm<sup>2</sup> lunga 250 m.**



### **Dimensionamento dell'interruttore automatico di protezione della linea in cavo.**

Per quanto riguarda la scelta dell'interruttore procediamo a tre verifiche e cioè:

1. Protezione per sovraccarico della linea;
2. protezione contro il corto circuito della linea;
3. scelta del potere di interruzione dell'interruttore.

#### **Protezione per sovraccarico della linea in cavo.**

Un interruttore automatico in genere presenta due automatismi e cioè lo scatto termico e lo scatto magnetico. Per quanto riguarda lo scatto termico questo deve essere dimensionato in modo che sia superiore alla corrente nominale del carico, ma nello stesso tempo deve essere minore della portata della linea da proteggere. In genere si usa fissare il valore della corrente convenzionale di sicuro intervento ( $I_f$ ) pari a  $(1,25 \div 1,45 I_n)$ . Il tempo di sicuro intervento per gli interruttori è fissato normalmente in 2 ore. Possiamo quindi scrivere la seguente relazione:

$$I_b \leq I_n \leq I_f \leq I_z$$

dove:

$I_b$  = corrente d'impiego della linea;

$I_n$  = corrente nominale dell'interruttore;

$I_f$  = corrente di sicuro scatto (intervento) dell'interruttore;

$I_z$  = portata massima della linea in regime permanente.

La relazione sopra scritta è valida per tutti gli interruttori automatici con:

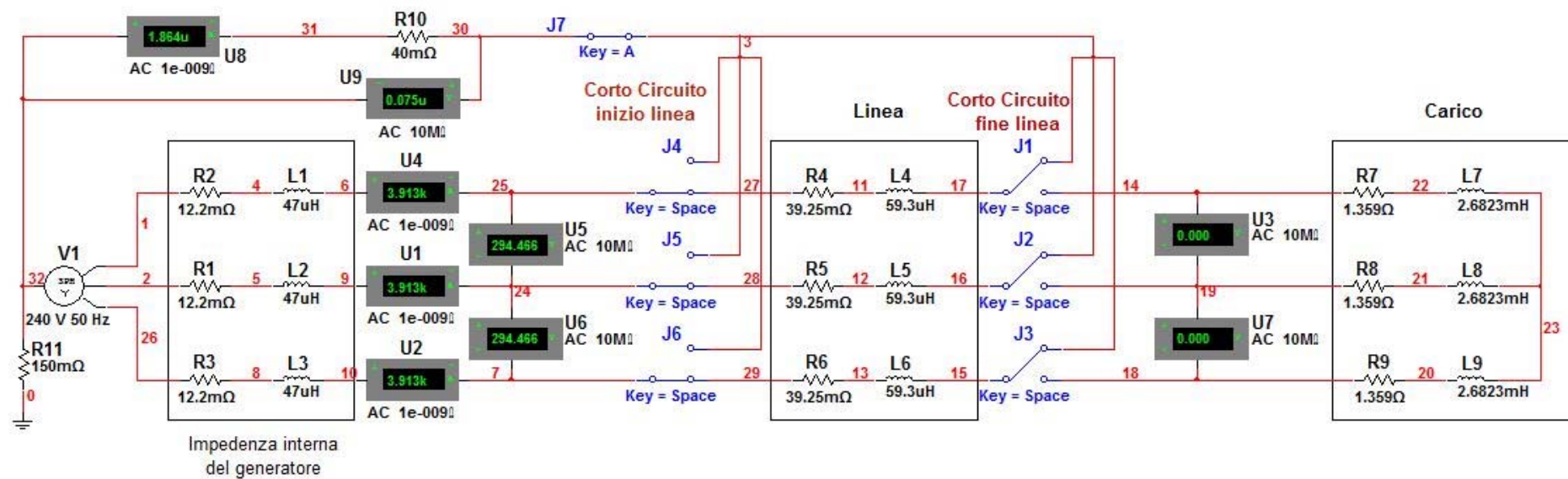
$$I_f \leq 1,45 \bullet I_z$$

Quando l'interruttore scelto presenta un valore di corrente di sicuro scatto che soddisfa la disequazione precedente, significa che è l'interruttore giusto per proteggere la linea dal sovraccarico.

### **Protezione contro il corto circuito della linea in cavo.**

Per determinare se una linea è protetta contro il corto circuito, bisogna calcolare la corrente di corto circuito della linea. Per calcolare la corrente di c.c. di una linea, si deve conoscere la tensione della sorgente, l'impedenza caratteristica della sorgente e l'impedenza caratteristica della linea. Per la valutazione della corrente di c.c. si ipotizza all'estremo della linea un corto circuito franco tra le tre fasi simultaneamente, perché è il caso peggiore che possa verificarsi. Studiando il circuito equivalente, è come se uno avesse un normale generatore di tensione collegato a stella che alimenta un utilizzatore sempre collegato a stella (vedi schema):

Linea in cavo della sezione di  $150 \text{ mm}^2$  con corto circuito alla sua estremità.



Il valore della corrente di corto circuito all'estremo della linea di sezione pari a 150 mm<sup>2</sup> e lunghezza di 250 m, come si può vedere dalla simulazione, è di **3913 A**. La protezione contro il corto circuito deve interrompere il circuito prima che gli effetti termici ed elettrodinamici delle sovracorrenti possano danneggiare la conduttura e le relative connessioni. A tal fine il dispositivo di protezione deve:

1. possedere un potere di interruzione maggiore o al più uguale al massimo valore della corrente di corto circuito che si prevede possa verificarsi nel punto di installazione del dispositivo stesso;
2. intervenire per corto circuito che si verifichi in un punto qualsiasi del circuito con una rapidità tale che la temperatura alla quale il cavo risulta soggetto in seguito alla sovracorrente, non superi i massimi valori consentiti per il tipo di isolante scelto.(vedi tabella sottostante).

| Natura isolante                                        | Valori di K per cavi in rame |
|--------------------------------------------------------|------------------------------|
| PVC                                                    | <b>115</b>                   |
| Gomma(G <sub>5</sub> ) etilenpropilenica o polietilene | <b>140</b>                   |
| Nessun isolante (posa in condizioni ordinarie)         | <b>159</b>                   |

La prima condizione risulta soddisfatta calcolando il valore massimo della corrente di corto circuito ad inizio linea e scegliendo di conseguenza un tipo adatto di interruttore. La seconda condizione porta a considerare la condizione di equilibrio termico tra il calore sviluppato e la temperatura raggiunta dal cavo. Se il tempo di intervento della protezione è sufficientemente basso da poter trascurare il calore ceduto dal cavo all'ambiente, la temperatura dei conduttori non supererà il limite massimo ammissibile se è verificata la seguente relazione:

$$I^2 \bullet t \leq K^2 \bullet S^2$$

dove:

I = Intensità della corrente di corto circuito (A);

S = sezione della conduttura o linea (mm<sup>2</sup>);

t = tempo di intervento dell'interruttore (s)

K = coefficiente che tiene conto delle caratteristiche dei cavi e che assume i valori riportati nella tabella sovrastante.

Sostituendo i valori nella precedente disequazione, si trova che il tempo  $t$  di interruzione deve essere

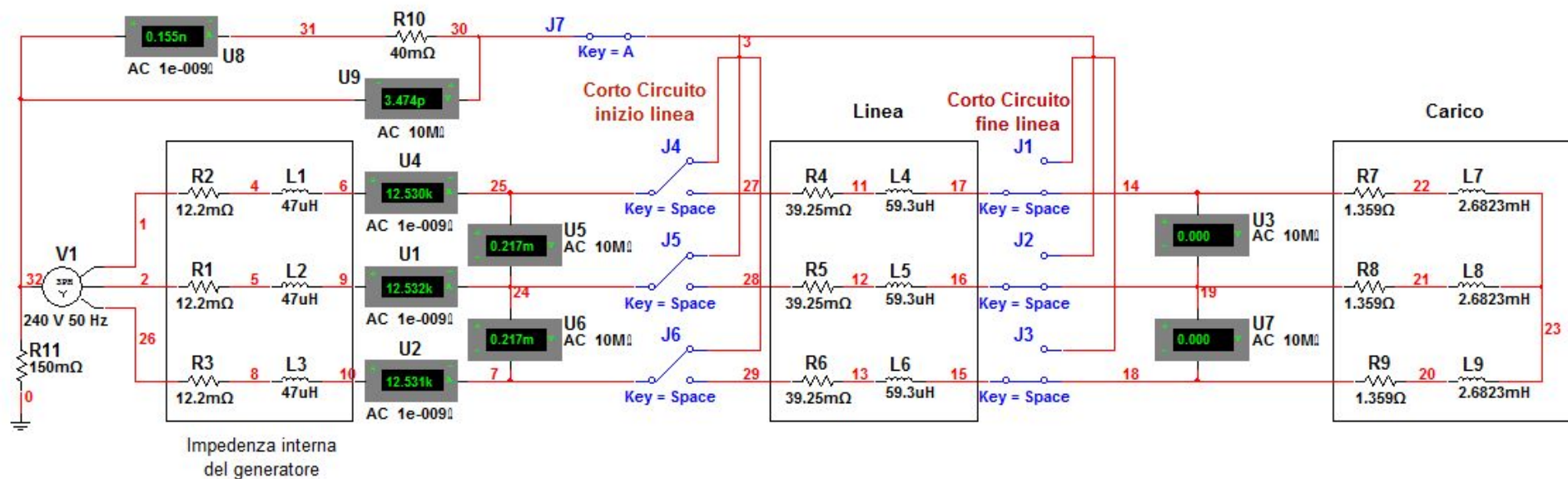
$$t \leq \frac{K^2 \cdot S^2}{I^2} \leq \frac{140^2 \cdot 150^2}{3913^2} \leq \frac{441000000}{15311569} \leq 28,80 \text{ s}$$

L'interruttore scelto, quando presenta un tempo di intervento (per l'interruzione del circuito) che soddisfa la disequazione precedente, si può affermare che è quello giusto per proteggere la linea dal cortocircuito.

#### **Scelta del potere di interruzione dell'interruttore.**

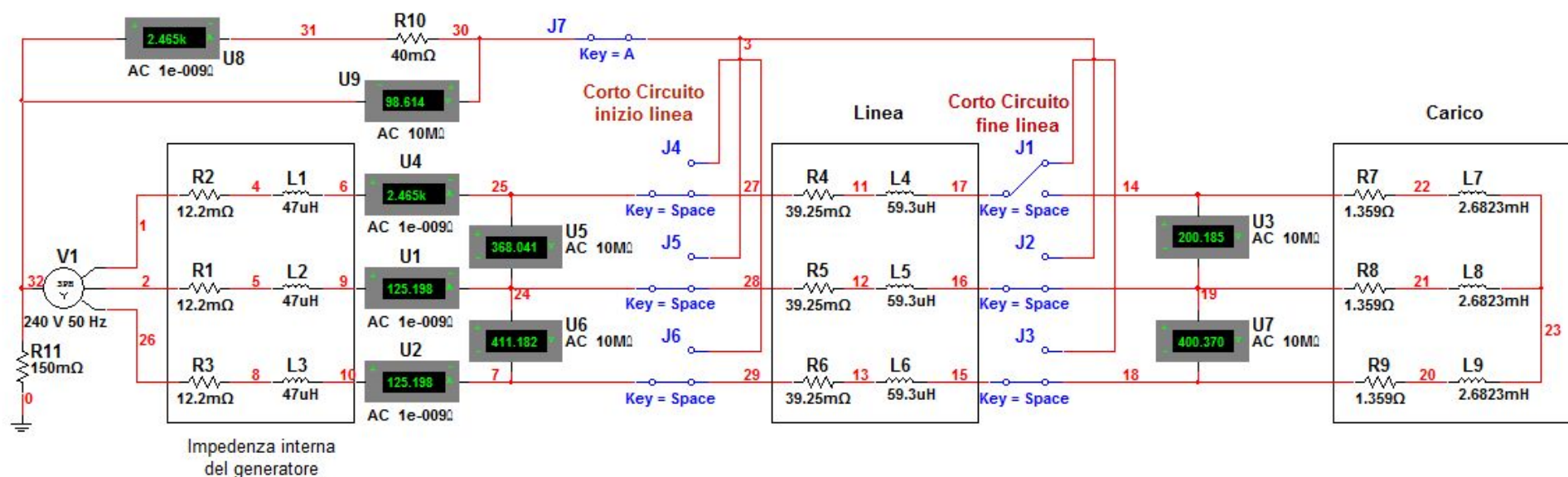
Per calcolare il potere di interruzione di un interruttore automatico, bisogna effettuare il calcolo della corrente di corto circuito a valle dell'interruttore stesso. Per trovare il valore della corrente che interessa i poli dell'interruttore, bisogna considerare il caso del corto circuito trifase simmetrico (tra le fasi) che avviene nei poli dell'interruttore. Di seguito viene riportata una simulazione del circuito, effettuata ipotizzando di alimentare con una linea in cavo da 150 mm<sup>2</sup> un carico da 100 k V A. posto ad una distanza di 250 m.

Linea in cavo della sezione di  $150 \text{ mm}^2$  con corto circuito all'inizio della linea.

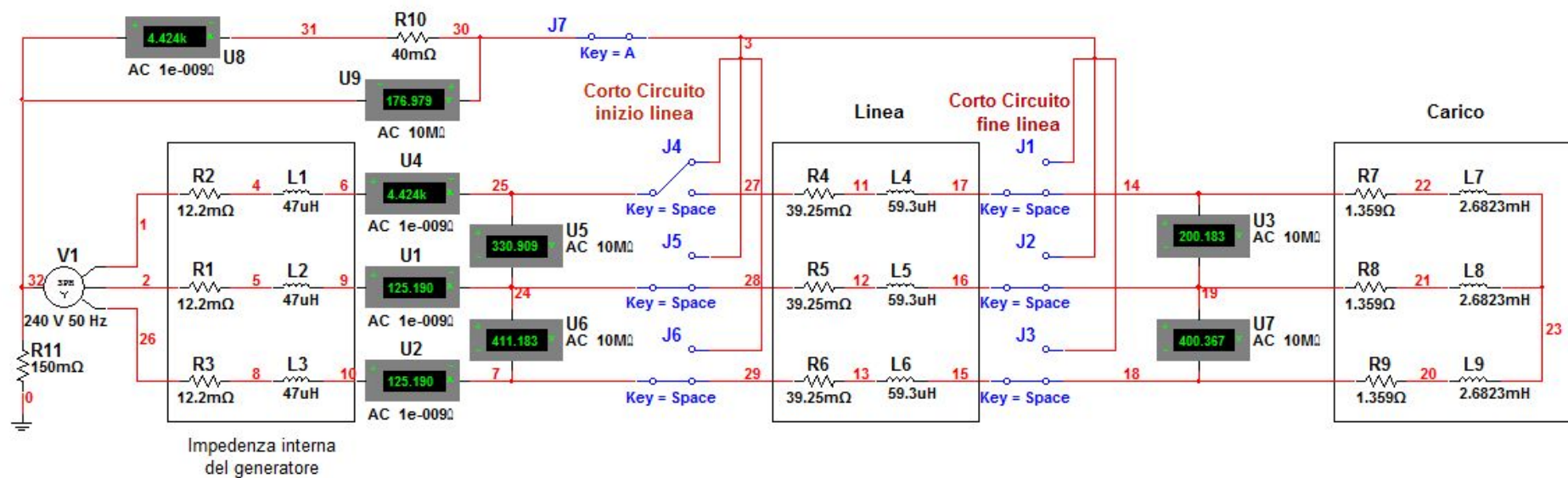


Il valore riscontrato della corrente di corto circuito è stato di **12530 A**, pertanto se si vuole che l'interruttore sia in grado di interrompere il circuito durante un corto circuito questo deve avere un potere di interruzione maggiore di quello riscontrato.

E' stata svolta una simulazione con guasto verso terra alla fine della linea per verificare sia la corrente di guasto sia la tensione sulle masse. La corrente di guasto è risultata essere di **2465 A** e la tensione sulle masse di **95,614 V**.



E' stata svolta un'ulteriore simulazione con guasto verso terra all'inizio della linea per verificare sia la corrente di guasto sia la tensione sulle masse. La corrente di guasto è risultata essere di **4424 A** e la tensione sulle masse di **177 V**. La tensione riscontrata di **177 V** costituisce un serio pericolo per le persone pertanto il guasto deve essere eliminato nel più breve tempo possibile anche ricorrendo all'installazione di una protezione differenziale possibilmente non ritardata.



### Calcolo termico della sezione del conduttore di protezione dell'impianto di terra.

Per fare un calcolo della sezione del cavo di protezione elettrica dell'impianto di terra bisogna conoscere:

- la corrente di guasto verso terra ;
- il tempo di intervento della protezione.

Prendendo spunto dalle simulazioni effettuate, vediamo che il massimo valore della corrente di guasto verso terra si verifica ipotizzando il guasto all'inizio della linea. Il massimo valore di corrente di guasto verso terra riscontrato è stato di **4424 A** e se si ipotizza un tempo di intervento di **200 ms**, utilizzando la solita formula si determina la sezione del cavo (cavo in rame nudo avente K=159) da utilizzare (vedi precedente tabella).

$$I^2 \cdot t \leq K^2 \cdot S^2$$

Sostituendo i dati

$$4424^2 \cdot 0,200 \leq 159^2 \cdot S^2$$

Si calcola la sezione necessaria

$$S \geq \sqrt{\frac{4424^2 \cdot 0,200}{159^2}} = 12,45 \text{ mm}^2$$

## **Biografia.**

- I. Manuale degli impianti elettrici. Editoriale Delfino Milano.
- II. Impianti di messa a terra. Editoriale Delfino Milano.
- III. Cavi elettrici per impianti b .t .. Editoriale Delfino Milano.
- IV. Prontuario per gli impianti elettrici di bassa tensione. Maggioli Editore.
- V. Impianti di terra. Hoepli Milano.
- VI. Elettrotecnica e applicazioni. Liguori Editore.
- VII. Elektro.it sito elettrico.
- VIII. Voltimum.it sito elettrico.
- IX. Bticino Manutenzione elettrica ieri – oggi - domani.
- X. Quaderni di applicazione tecnica n 3 . ABB SACE S.p.A.
- XI. Guida al dimensionamento degli impianti elettrici. ABB SACE S.p.A.