

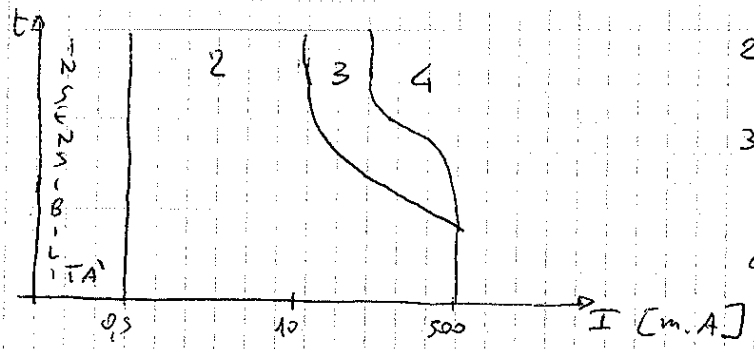
Un altro criterio è la standardizzazione. Si cerca di utilizzare non più di 3-4 sezioni di cavo. Lo stesso per i quadri e per gli interruttori e per ~~le~~ quadri. L'impianto non è una mostra delle soluzioni che si possono applicare.

### Protezione delle persone

Se succede un guasto l'impianto non deve mettere in pericolo le persone.

Cosa succede se passa corrente in una persona?

Esistono zone di pericolosità



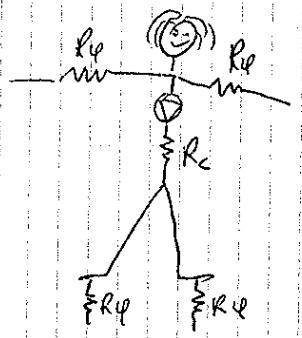
- 2: fastidi anche rilevanti, ma senza effetti rilevanti
- 3: contrazioni muscolari involontarie e reversibili senza danni organici finché non c'è tetanizzazione
- 4: effetti fisiologici pericolosi (fibrillazione ventricolare e ustioni).

Curve di pericolosità in AC.

È più pericolosa l'alternata o la continua? È più pericolosa l'alternata perché il corpo umano non riesce ad adattarsi. La frequenza peggiore è 50 Hz.

Corrente	effetto
0,5 mA	sopportabile per tempi indeterminati
10 mA	probabilità nulla di fibrillazione
30 mA	sopportabilità per $t < 300$ ms (tempo apertura di un interruttore).

Il percorso della corrente <sup>nel corpo</sup> non è rilevante



A frequenza industriale giocano le resistenze. Le resistenze vanno a seconda del contatto (es: mano-mano =  $2 R_p$ ). Nella condizione peggiore la resistenza del corpo è  $R_k$ .

Si hanno inoltre le resistenze addizionali dovute al fatto che gli uomini sono vestiti e hanno scarpe.

Le norme distinguono tra media e basse tensioni

La resistenza del corpo umano dipende dalla tensione. Possiamo dire che superato la pelle il corpo è conduttore. Quindi la resistenza del corpo umano è dovuta alla pelle.

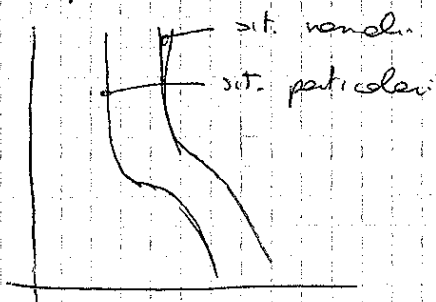
Le norme distinguono in ambienti normali e <sup>particolari</sup> ~~straordinari~~ particolari se la gente ha la pelle sana  
particolari se la pelle non è sana (ospedali - cantieri, ...).

### Tensione di passo e di contatto.

Tensione di contatto è la tensione che risulta applicata ad una persona che con le sue mani tocca un punto in tensione e con i piedi tiene i piedi posti ad 1m del corpo in tensione.

Tensione di passo: tensione applicata ad un individuo quando i piedi sono ad una distanza di 1m tra loro

### Impianti BT



Tensione di contatto applicabile ad una persona per tempi indefiniti in cond. normali è 50V  
(Per <sup>condiz.</sup> ~~tempo~~ particolari 25V)

Contatto diretto: contatto con 2 punti normalmente in tensione

Contatto indiretto: contatto con una parte normalmente non in tensione, ma che è andata in tensione per un guasto.

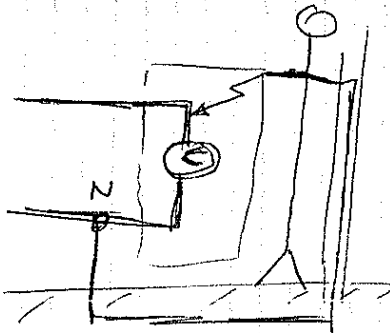
Le norme impongono l'obbligo di protezione dei contatti diretti ed indiretti.

Protezione dei contatti diretti: impedire ad una persona di poter accedere a parti in tensione.

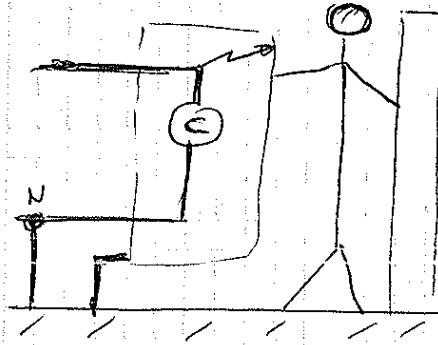
Mane estrinseca: - conduttore  
- accessibile  
- deve poter andare in tensione per effetto di un guasto

Mane estrinseca: mane che stano per una parte nel volume ma col in parte nel volume di un altro. Si ha il dubbio se la mane possa andare in tensione.

la mano elettrica perde neve pacchi non si possono applicare più di 50 V ed una persona. (48)



l'omino perde tensione

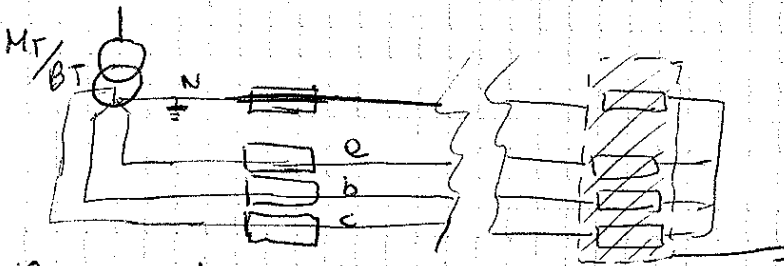


l'omino perde una bassissima tensione

L'impianto di messa a terra deve garantire che l'omino non preda più di 50 V

Gli impianti di base sono classificati in 3 categorie:

- TT: } la prima lettera è lo stato del neutro
- TN: } la seconda lettera è lo stato della messa elettrica (terra o
- IT: } neutro).

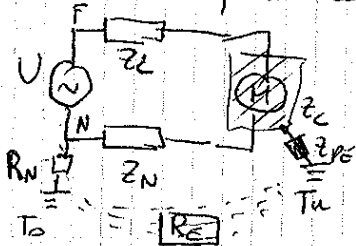


le proprietà della cabina mette a terra il neutro

è la massa elettrica che può essere collegata a terra. In questo caso si hanno due impianti di terra (uno dell'utente e l'altro del distributore) non collegati tra loro. Questo è il sistema TT. Talvolta il distributore potrebbe trasportare il collegamento di terra (in Italia non accade).

Se la messa a terra è collegata al neutro si ha il sistema TN ed è l'utente non ha impianto di terra.

Consideriamo questo caso:



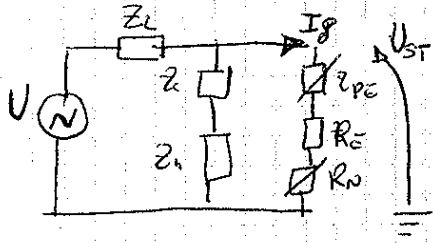
$$I = \frac{U}{Z_L + Z_N + Z_c} \quad \text{corrente prefault}$$

in caso di guasto il circuito viene chiuso dal terreno che offre una sua resistenza  $R_g$ .

la corrente post guasto si divide:

una parte passa in  $Z_N$ , l'altra nel terreno. la corrente che passa

nel terreno è la corrente di questo e terra ed è detta con  $i_g$ .



$Z_{PE}$  può essere considerata trascurabile. Idem per  $R_N$ .

$$Z_p = \frac{(Z_L + Z_N)(Z_{PE} + R_E + R_N)}{Z_L + Z_N + Z_{PE} + R_E + R_N}$$

$$I_g = \frac{U}{Z_L + Z_p}$$

$$U_{ST} = I_g (Z_{PE} + R_E + R_N) = I_g R_E$$

$U_{ST}$  deve essere minore di 50V in ambienti normali (di 25V in ambienti speciali).

Un impianto di terra per essere considerato efficiente deve avere

$$R_e \leq \frac{50V}{I_g}$$

La norma vuole che ci si occupi del guasto e che si apra l'alimentazione. Se si mette un interruttore differenziale (max 30mA) la massima  $I_g$  è data dalla soglia dell'interruttore.

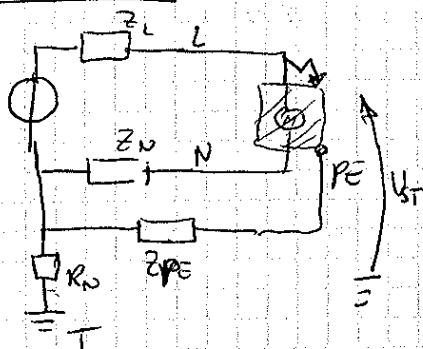
Es:  $I_n = 30mA \Rightarrow I_g = 30mA$

$$R_e \leq \frac{50}{0,03} = 1667 \Omega$$

Purtroppo l'interruttore differenziale è un organo sensibile soggetto a guasti. La norma pretende che si differenziali si aprano in 50ms. Questa soluzione funziona anche quando non c'è l'impianto di terra. L'interruttore differenziale non è sostitutivo dell'impianto di terra. In Italia è diventato obbligatorio anche l'interruttore differenziale.

Talvolta con forme d'onda inquinate o con correnti continue il differenziale vecchia maniera (AC N) non funziona. Oggi ci sono anche interruttori (A, B) che sono basati su un altro principio e sono in grado di scattare con correnti inquinate o continue.

Sistema TN: si ha un impianto di terra unico.




Se il filo tocca la carcassa la corrente passerà in parte su N ed in parte su PE. In questo caso il conduttore è di rame e la terra non è interrotta. Il peggio è che tutta la corrente di guasto passi per il conduttore PE. In questo caso

$U_{ST}$  = caduta di tensione tra  $Z_L$  e  $Z_{PE}$ . In questo caso si ha convenienza ad avere il cavo PE molto grande.

$$I = \frac{U}{Z_g} = \frac{U}{Z_L + Z_{PE}}$$

È importante è che ci sia un dispositivo di protezione che interrompa la corrente di guasto. Al max la tensione può essere  $U$ . La norma ragionevole sul tempo di soppressione di  $U$  è pretende che l'interuttore scatti in un tempo inferiore.

Per gli interuttori da 32A la norma esatte un tempo di 0,4 s. In questo caso la protezione magnetotermica potrebbe bastare (può scatti in tempi sufficientemente brevi). ~~In realtà~~ Adesso anche nei sistemi TN il differenziale è obbligatorio.

Nei componenti a doppio isolamento  è proibito mettere a terra, perché l'involucro esterno non è massa elettrica.

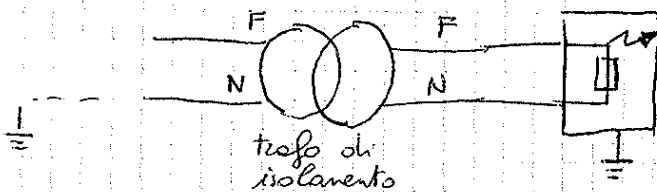
Gli impianti TN possono essere di due tipi:

TN-S: neutro e PE sono <sup>separati</sup> ~~comuni~~

TNC: neutro e PE sono comuni, ma solo per brevi tratti vicino alla cabina e comunque a monte degli interruttori differenziali.

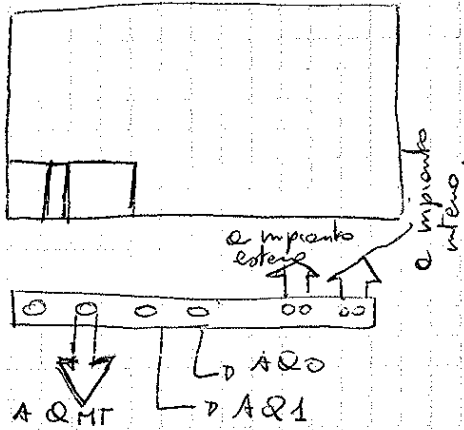
Si parla di impianto di terra globale perché oggi tutti gli impianti di terra sono collegati tra loro.

II: casi in cui è necessaria la continuità di servizio (sole ospedaliere). Non si ha ardezione di corrente in caso di guasto a terra.



Nei casi trifase e monofase non viene usato un trafo di isolamento ma di sicurezza (schema rettilico tra primario e secondario).

L'impianto di terra è quindi necessario!



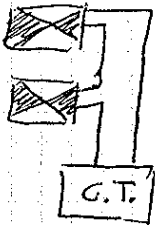
In cabina ci deve essere un collettore di terra a cui sono attestati tutti i cavi di terra tra i quali anche l'impianto di terra.

È necessario sapere tutti quali sono le utenze da collegare a terra (quadri MT, BT, centri stelle dei TRAFI). È necessario uno schema a blocchi per la distribuzione

del PE. L'importante è che il PE sia distribuito ovunque.

Poiché un guasto è sempre possibile è bene fare una ridondanza.

Si deve avere un impianto di terra a servizio per cabina ed uno a servizio edificio.



L'impianto a servizio cabina va collegato all'impianto principale. In cabina è necessario un impianto di terra perché vi sono molti componenti elettrici.

Possiamo rendere il locale cabina equipotenziale (ci evitiamo così avere un pavimento di "zone" perché all'interno della cabina facciamo una maglia di rame sotto il pavimento in modo che tutta la superficie sia equipotenziale). Ovviamente la maglia di cabina va collegata al collettore di terra. (Inoltre facciamo indossare all'operatore guanti e scarpe isolanti).

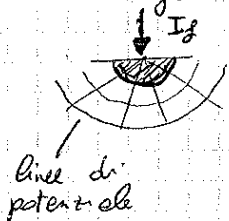
### Dispensari

- emisferico

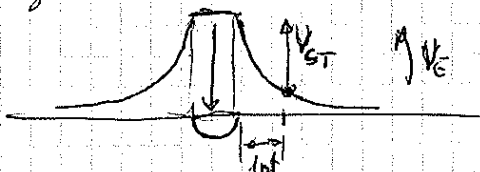
inietta una corrente  $I_g$

$E$ : corpo elettrico

$D$ : raggio



Guardiamo come varia  $\Delta V$  sul terreno



A grande distanza del dispensatore il potenziale diventa nullo. Più ci avviciniamo al picchetto il potenziale aumenta

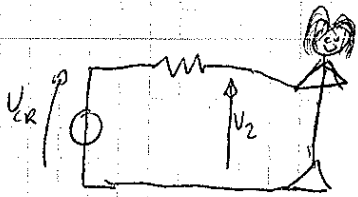
e raggiunge il max in corrispondenza del picchetto (Questo è il potenziale di terra). La tensione di contatto  $V_{ST} = V_r - \text{potenziale punto ad 1 metro dal picchetto}$ .

Un'altra tensione molto importante è la tensione di passo. (differenza di potenziale tra due punti distanti un metro).  $V_{ss}$ .

Definiamo  $R_E = \frac{U_E}{I_E}$  le resistenze di terra. La resistenza di terra può essere ricavata sperimentalmente. In casi semplici si può ricavare la resistenza di terra analiticamente. (Si suppone terreno omogeneo e  $\rho$  costante).

$$dR = \frac{\rho}{2\pi r^2} \Rightarrow R = \frac{\rho}{2\pi} \int_r^{\infty} \frac{dx}{x^2} = \frac{\rho}{2\pi r}$$

Immaginiamo la persona come una resistenza. L'effetto della persona è di diminuire il potenziale.



Sono quindi sicuri che la tensione a vuoto sarà maggiore di quella in cui non c'è la persona. Di conseguenza considero solo la

tensione a vuoto.

In genere la parte di terreno che contribuisce all'abbassamento della resistenza del terreno è <sup>pari</sup> alla lunghezza del picchetto + qualche %.

Quindi quando netto due dispersioni devo verificare se sono dipendenze o indipendenti tra loro.

Il comportamento a freq. industriali è molto diverso dal caso impulsivo. A freq. industriali si parla di resistenza. In caso di correnti impulsive la trattazione è più complicata.

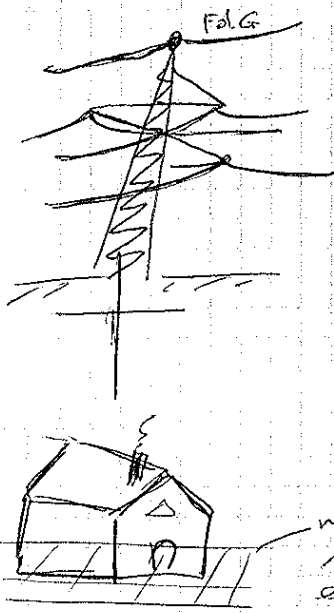
I dispersori possono essere suddivisi in naturali e non naturali.

- naturali: sono quelli che sono contenuti nel terreno, ma non sono stati fatti per disperdere correnti. Sono estremamente utili perché riducono la resistenza di terra. (es fili di armatura di un edificio)

Fili d'armatura vengono spesso collegati all'impianto di terra. (devono essere collegati tra loro!!!) I fili d'antenna sono poi circondati da calcestruzzo. Oggi si concorda che il cemento sia un buon conduttore, migliore del terreno.

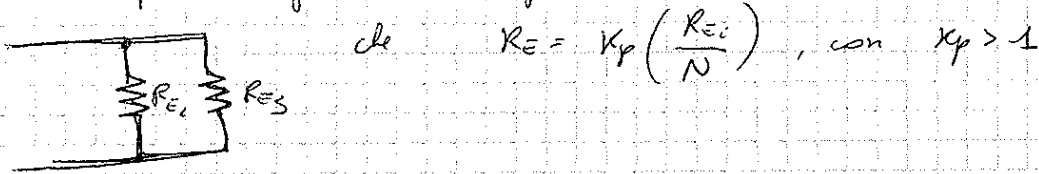
- artificiali: verticali o orizzontali. Picchetti e maglie. I dispersori verticali attraversano più strati di terreno. Le maglie invece si estende in orizzontali (ad una profondità di 60-80 cm).

Oggi si usano entrambi.



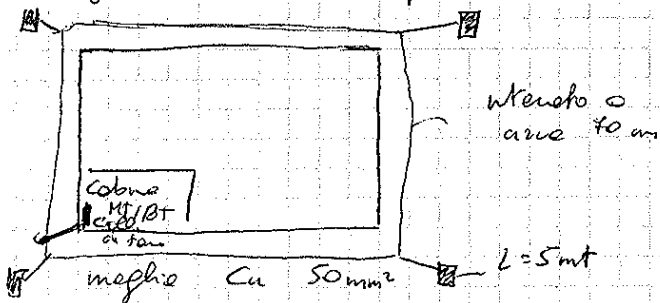
Il polo del traliccio è un picchetto verticale. Inoltre poiché si hanno alte tensioni (tensioni di polo e contatto elevate). Si può quindi inserire una rosa di conduttori di terra lunghi 4-6 mt. L'effetto è di rendere il terreno più equi-potenziale.

Se ho più dispersioni in parallelo e tutti hanno stessa  $R_E$  si ha



La norma prevede la sezione minima e la sezione minima per l'utilizzo del dispersore. Anche per il conduttore di terra.

### Progettazione dell'impianto di terra



L'impianto di terra viene usato come impianto indipendente dalle correnti di guasto e per quella di fulmine.

### IMPIANTO di TERRA in un sistema con cabina MT/BT

Sia il sistema BT che MT devono essere collegati all'impianto di terra.

La media comporta:

- $I_F$  corrente di guasto a terra o viene data dal distributore
- $t_p$  dati dell'interruttore in corrispondenza a  $I_F$
- $U_{TP}$  max tensione di contatto per il tempo  $t_p$ . Si trova dalla curva di sicurezza per gli impianti MT. CEI 11-1

$$R_E \cdot I_F < U_{TP} \cdot K \quad \text{con } K \text{ fattore di "tolleranza"}$$

La norma consente  $K$  fino a 1,5.

Se non si riesce e per stare  $R_E < \frac{U_{TP} \cdot 1,5 \cdot U_{TP}}{I_F}$ , la norma



concedo  $k=4$  purché vengano presi dei provvedimenti addizionali:

- per parti di impianto interne: pareti di materiali isolante o doppiate aggiuntive o isolare l'area di manovra
- per parti esterne

Se non si riesce neanche con 4 la norme richiede la verifica.

Protezione da scariche atmosferiche

è composto da

- sistema di captazione
- sistema di calate
- sistema di dispersione

L'impianto antifulmine è necessario? la norme adotta un criterio statistico.

Per ogni zona sono classificate i fulmini per anno e per  $km^2$ .

Sono stati fatti 3 grad.

- 1,5 (in 2 anni 3 fulmine a  $km^2$ ) basso rischio
- 2,5 medio rischio
- 4 alto rischio.

1 m<sup>2</sup> dell'edificio vengono conetti in base a dove si trova l'edificio.