

# **Esecuzione dell'impianto di terra.**

## **Protezione dai contatti indiretti nei sistemi IT.**

### **Protezione dai contatti indiretti senza interruzione alimentazione.**

dott. ing. Lucia FROSINI



Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione  
Università di Pavia  
E-mail: [lucia@unipv.it](mailto:lucia@unipv.it)

1

*L. Frosini*

## **Esecuzione dell'impianto di terra**

In generale, la scelta e l'installazione dei componenti dell'impianto di terra devono essere tali che:

- ✚ Il valore della resistenza di terra sia in accordo con le esigenze di protezione e di funzionamento dell'impianto di terra.
- ✚ L'efficienza dell'impianto di terra si mantenga nel tempo.
- ✚ Le correnti di guasto e di dispersione a terra possano essere sopportate senza danni, in particolare dal punto di vista delle sollecitazioni di natura termica, termomeccanica ed elettromeccanica.
- ✚ I materiali abbiano adeguata solidità o adeguata protezione meccanica, tenuto conto delle influenze esterne.

2

## Esecuzione dell'impianto di terra

In figura è illustrato un esempio di collegamenti di un impianto di terra di un sistema elettrico di categoria I.

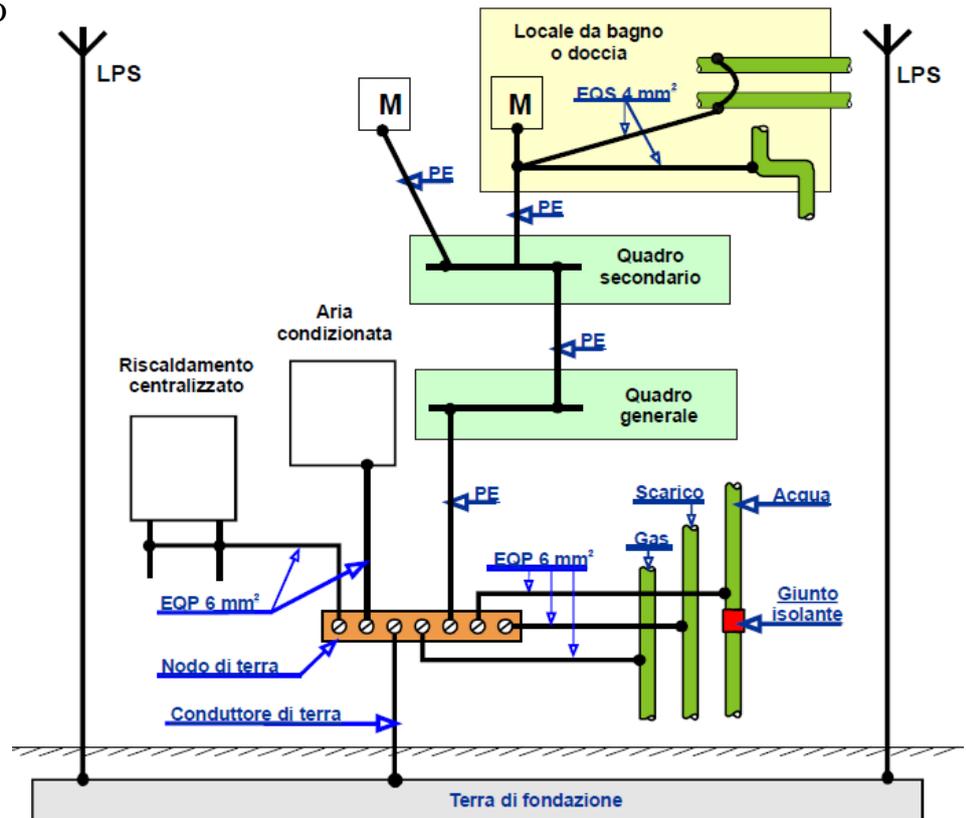
EQP = collegamenti equipotenziali principali

EQS = collegamenti equipotenziali supplementari

PE = conduttori di protezione

M = masse

In figura sono indicati anche i sistemi di protezione contro i fulmini (LPS), che possono essere presenti o meno.



## Terra di fondazione

Nella nuova 64-8 (2012) viene raccomandato, per gli edifici nuovi, l'utilizzo della **terra di fondazione**, ossia dei **ferri annegati nel cemento**, per i motivi seguenti:

- non è soggetta a corrosione,
- è economica,
- non richiede lavori di scavo supplementari,
- non subisce influenze negative derivanti dalle condizioni ambientali stagionali,
- fornisce un buon contatto elettrico con il suolo,
- si estende praticamente su tutte le fondamenta dell'edificio e dà luogo ad un valore molto basso dell'impedenza di terra,
- fornisce un'ottima disposizione di messa a terra per la protezione contro le scariche atmosferiche,
- può essere utilizzata come dispersore di terra per il cantiere.

## Esecuzione dell'impianto di terra

Un'altra figura a cui si può fare riferimento è la seguente, in cui:

D = dispersori

CT = conduttori di terra

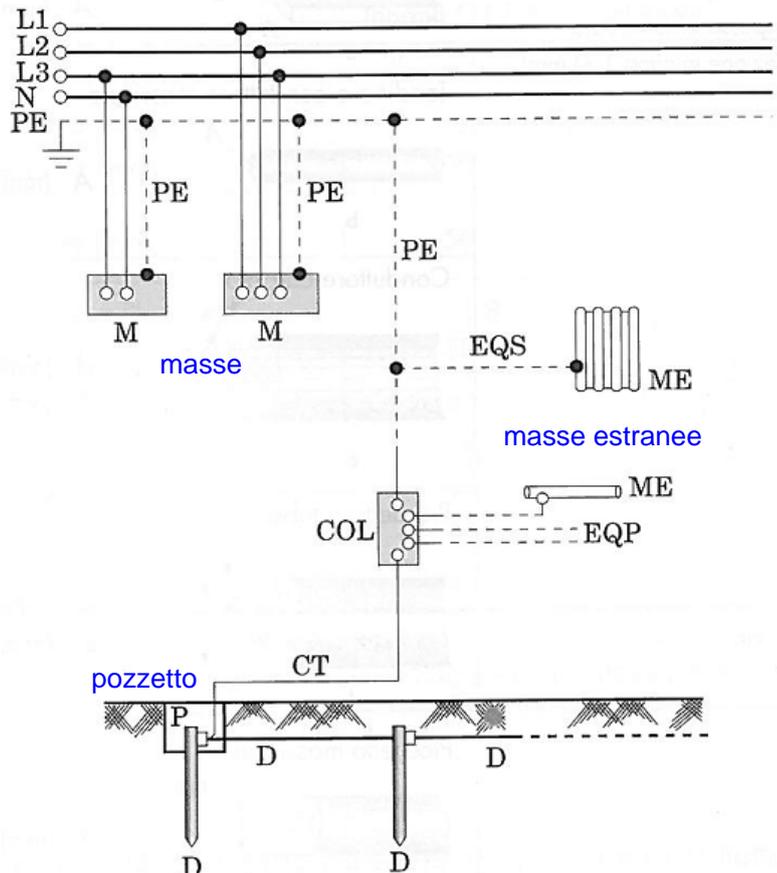
COL = collettore o nodo di terra

EQP = collegamenti equipotenziali principali

EQS = collegamenti equipotenziali supplementari

PE = conduttori di protezione

L'uso dei pozzetti è richiesto solo per motivi pratici, per effettuare ispezioni alle giunzioni, che devono essere protette dalla corrosione.



5

## Dispersori

I dispersori sono corpi metallici che hanno il compito, essendo in contatto col terreno, di realizzare il collegamento elettrico con la terra, per disperdere correnti elettriche. Si distinguono in:

- 🌈 **Dispersori intenzionali:** infissi al solo scopo di disperdere corrente in occasione di un guasto a terra;
- 🌈 **Dispersori di fatto:** immessi nel terreno per altri scopi, ma che collaborano, se opportunamente collegati, alla dispersione a terra della corrente; ad es. ferri di armatura degli edifici, serbatoi interrati, ecc.

I principali materiali usati per i dispersori sono:

- **rame** (nudo, stagnato, zincato, ecc.),
- **acciaio** (zincato a caldo, con guaina di rame, ecc.),

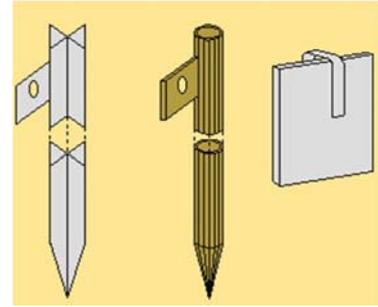
ossia materiali metallici di opportuna resistenza meccanica e opportuna resistenza alla corrosione, compatibili con la natura del terreno.

6

## Dispensori

Per quanto riguarda la forma, possono essere usati dispersori dei seguenti tipi, con sezioni indicative minime specificate nella CEI 64-8:

- tondi, profilati, tubi;
- nastri, corde;
- piastre;
- conduttori posti nello scavo di fondazione;
- ferri di armatura annegati nel calcestruzzo;
- tubazioni metalliche dell'acqua, purché siano soddisfatte determinate condizioni specificate nella CEI 64-8;
- altre strutture interrate adatte allo scopo.



Generalmente i dispersori vengono interrati a 0,5÷1 m di profondità: la profondità deve essere tale che i fenomeni di essiccamento e di congelamento del terreno non aumentino la resistenza di terra al di sopra del valore richiesto.

## Conduttori di terra e di protezione

I **conduttori di terra** collegano i dispersori al collettore principale di terra, ma non sono in contatto col terreno.

Devono essere di materiale metallico con sufficiente conducibilità e resistenza meccanica, avere percorso breve, non essere soggetti a sforzi meccanici e avere sezioni minime indicate nella CEI 64-8.

I **conduttori di protezione (PE)** collegano a terra le masse degli utilizzatori fissi e dei poli di terra delle prese o direttamente, con collegamento al nodo di terra, o tramite quadri di distribuzione. Sono di colore giallo/verde.

La loro sezione deve essere tale da resistere a sforzi meccanici, corrosione e sollecitazioni termiche causate da un guasto a terra. La CEI 64-8 prescrive una sezione minima del PE che dipende da: valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore, tempo di intervento del dispositivo di protezione che interrompe il circuito di guasto, tipo di materiale del conduttore e dell'isolante.

## Collettore o nodo principale di terra

Il collettore o nodo principale di terra è l'elemento dell'impianto di terra a cui vengono collegati:

- conduttori di terra
- conduttori di protezione
- conduttori equipotenziali principali.



È di solito realizzato mediante una piastra metallica in acciaio zincato o in rame stagnato o cadmiato o una apposita morsettiera.

Le giunzioni e le connessioni fra i vari elementi dell'impianto di terra devono essere eseguite a regola d'arte in modo che sia garantita la continuità elettrica nel tempo. Il contatto deve essere ben saldo per evitare possibili allentamenti e, ove necessario, le connessioni devono essere facilmente accessibili e sezionabili per facilitare le operazioni di manutenzione e verifica.

## Conduttori equipotenziali

I conduttori equipotenziali sono destinati ad assicurare, mediante collegamento elettrico, l'equipotenzialità tra diverse masse e le masse estranee.

Si possono avere:

- ⊕ **collegamenti equipotenziali principali (EQP)** che collegano le masse estranee al collettore di terra: realizzano le connessioni alla base dell'edificio, solitamente al nodo principale di terra, il quale a sua volta è collegato al dispersore dell'impianto;
- ⊕ **collegamenti equipotenziali supplementari (EQS)** che collegano masse estranee al PE, masse tra loro, masse con masse estranee, masse estranee tra loro: realizzano le connessioni a livello locale, per es. tra le tubazioni metalliche di un locale da bagno comprendente un bagno o una doccia.

Anche per i conduttori equipotenziali sono previste sezioni minime convenzionali dalla CEI 64-8.

## Collegamento equipotenziale **principale**

Ricordiamo che una **massa estranea** è una parte conduttrice che non ha nulla a che fare con l'impianto e i componenti elettrici, ma che, essendo in contatto con il terreno in un determinato punto, è in grado di introdurre quel potenziale in altri ambiti tramite la sua conduttività. Tipiche masse estranee possono essere gli elementi metallici (sostegni, infissi, ecc.) facenti parte di strutture dell'edificio, condutture metalliche dell'acqua, dell'aria compressa, del riscaldamento, del gas, ecc.

Per tutti gli edifici, le seguenti masse estranee sono da collegare all'impianto di terra (CEI 64-8):

- tubazioni di acqua e gas;
- tubazioni dell'impianto centralizzato di riscaldamento e condizionamento;
- elementi strutturali metallici dell'edificio;
- ferri d'armatura del cemento armato.

Esse vanno collegate al collettore, a cui arriva il conduttore di terra, con conduttori che costituiscono il [collegamento equipotenziale principale \(EQP\)](#).

## Collegamento equipotenziale **principale**

In realtà, le “vere” masse estranee dovrebbero essere ridotte alle prime tre, almeno nei nuovi edifici, in quanto i ferri d'armatura dovrebbero già essere collegati all'impianto di terra, essendo ottimi dispersori naturali o di fatto.

Per le altre masse estranee, il collegamento a terra non è necessario ma solo consigliato.

In generale, i collegamenti equipotenziali:

- diminuiscono la resistenza di terra dell'impianto (la massa estranea funge da dispersore);
- riducono le tensioni di contatto tra una massa e una massa estranea, perché queste diventano equipotenziali;
- riducono i rischi per le persone nel caso in cui dovessero venire meno le condizioni di rispetto delle relazioni che portano all'intervento dei dispositivi di protezione (ad esempio a causa di un malfunzionamento dei dispositivi di protezione oppure di mutamenti stagionali della resistenza di terra).

## Collegamento equipotenziale **supplementare**

In ambienti particolarmente pericolosi dal punto di vista del rischio elettrico, le masse estranee possono introdurre anche potenziali diversi da quelli di terra: è il caso delle tubazioni idriche, che, anche se isolate da terra, possono portare in altri luoghi il potenziale conseguente, ad es., a guasti in uno scaldabagno elettrico.

Per questo, in ambienti e applicazioni particolari, descritti nella Parte 7 della CEI 64-8, è richiesto il collegamento equipotenziale supplementare per migliorare la sicurezza:

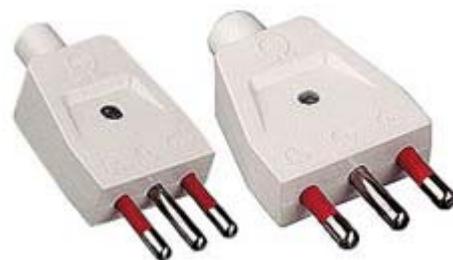
- locali contenenti bagni o docce;
- piscine;
- luoghi conduttori ristretti (es. serbatoi metallici);
- apparecchiature di elaborazione dati;
- locali a uso medico.

I collegamenti equipotenziali supplementari sono necessari anche nei sistemi TT, quando non si riescono ad ottenere le condizioni per l'interruzione automatica tramite dispositivi differenziali.

## Spine e prese elettriche

Nei cavi multipolari:

- i conduttori di fase devono essere di colore marrone, nero o grigio,
- il **conduttore di neutro** deve essere **blu**;
- il **conduttore di protezione** giallo/verde.



N.B.: Le prese sono dotate di fori, da dove la corrente esce, mentre le spine sono dotate di perni metallici, che possono essere infilati nei fori delle prese. È ovvio infatti che, dove la tensione è sempre presente, si usi un dispositivo dotato di fori e non di perni sporgenti.

Le spine di standard italiano hanno tre perni (o spinotti) allineati: i due laterali presentano il metallo in vista solo nelle estremità, mentre per il resto della lunghezza risultano coperti da un materiale plastico isolante; lo spinotto centrale, il cui metallo è tutto scoperto, garantisce il collegamento di terra e quindi la sicurezza dell'utilizzatore.

## Spine e prese elettriche

I due spinotti laterali sono parzialmente ricoperti con isolante per evitare che, mentre si infila la spina nella presa, le dita dell'utente possano venire a contatto di uno spinotto quando su questo è già presente la tensione di rete.

Queste spine si trovano nelle versioni da 10 A e da 16 A: fra un tipo e l'altro cambia sia la distanza fra gli spinotti che lo stesso diametro degli spinotti.

È consigliabile usare una spina del tipo da 10 A per utilizzatori la cui potenza non superi 1500 W: è bene prevedere un certo margine di sicurezza, per evitare che, nei punti di contatto con la presa, la spina possa surriscaldarsi e fondere.

Per potenze superiori ai 1500 W è meglio usare una spina da 16 A, che ha spinotti più grossi e quindi può meglio sopportare il passaggio di correnti più elevate.

Un'altra spina utilizzata su molti apparecchi è quella detta "Shuko": tale spina ha due spinotti che, pur essendo distanziati fra loro come quelli della spina italiana da 10 A, sono più grossi e quindi non entrano nelle prese di tipo italiano; il collegamento con la terra avviene tramite due linguette laterali.

## Spine e prese elettriche

Per tali motivi queste spine richiedono apposite prese a "pozzetto", dotate di contatti laterali per la terra; in alternativa, le spine tedesche possono essere collegate ad una normale presa italiana da 16 A, usando un adattatore.

Mentre può essere utile, e consentito, usare un adattatore che consente di collegare una spina da 10 A ad una presa più grossa da 16 A, è assolutamente vietato l'uso di adattatori che consentono di collegare una spina "grande" a una presa "piccola", poiché la corrente elevata, passando nei contatti della spina e dell'adattatore, può facilmente portare alla fusione delle varie parti, con pericolo di incendio.

In figura si vedono [due prese multistandard](#), che si adattano a spine italiane sia da 10 A che da 16 A.



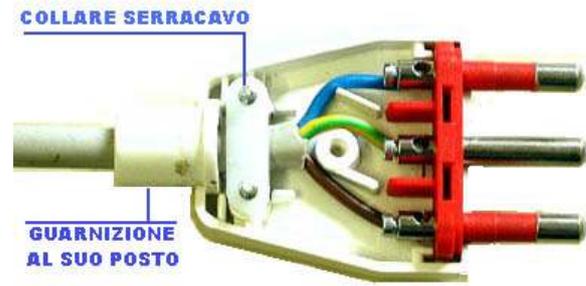
## Spine e prese elettriche

In figura si vede come viene montato un cavo elettrico all'interno di una spina.

Un cavo elettrico contiene al suo interno tre conduttori: in genere uno è di colore blu (neutro), uno marrone (fase) e uno giallo-verde (PE).

Il filo blu e quello marrone portano effettivamente la corrente all'apparecchio utilizzatore (neutro e fase). Il filo giallo-verde ha la funzione di protezione e DEVE essere collegato allo spinotto centrale della spina: in tal modo, qualunque dispersione di corrente presente sull'elettrodomestico viene inviata all'impianto di terra, tramite il contatto centrale della presa ove risulta collegata la spina.

Sarebbe pericolosissimo collegare nella spina i tre conduttori in modo errato, poiché la tensione di 230V potrebbe risultare presente direttamente sulle parti metalliche dell'elettrodomestico.



## Il sistema IT

Il sistema di distribuzione IT è generalmente usato in impianti dove è richiesta la massima continuità di servizio.

La particolare configurazione di questo sistema fa sì che, in caso di singolo guasto a terra, la corrente di guasto sia fortemente limitata dall'impedenza capacitiva verso terra della linea e non richieda quindi di essere interrotta tempestivamente.

Le peculiarità di questo sistema di distribuzione sono:

- ⊙ il neutro del sistema di alimentazione è isolato da terra o è collegato a terra attraverso un'impedenza di valore sufficientemente elevato (qualche centinaio di  $\Omega$ );
- ⊙ tutte le masse sono collegate a terra.

Il collegamento delle masse a terra può essere fatto:

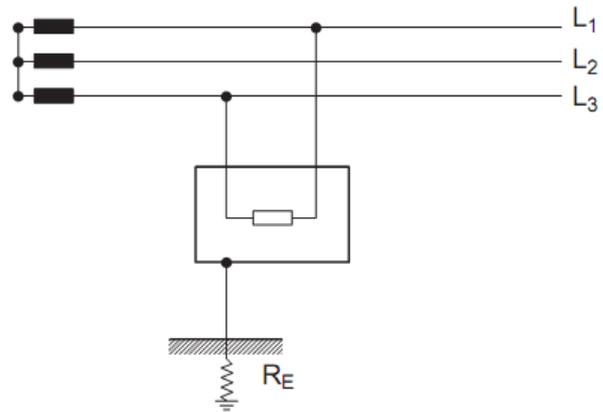
- per gruppi o individualmente (collegamenti separati);
- collettivamente (collegamento con un unico conduttore di protezione).

## Il sistema IT

In base alla CEI 64-8, si raccomanda di:

- collegare le masse a terra collettivamente;
- non distribuire il neutro (sistema a tre fili).

Con il sistema IT, non è richiesto lo sgancio automatico al primo guasto, ma è richiesta obbligatoriamente la sua segnalazione attraverso un dispositivo di controllo permanente dell'isolamento tra neutro e terra (segnale sonoro e/o visivo).



## Il sistema IT

Lo sgancio è invece obbligatorio al secondo guasto e si effettua con dispositivi di protezione dalle sovracorrenti o differenziali, diversi a seconda che le masse siano collegate a terra individualmente (o per gruppi) o collettivamente:

➤ Nei sistemi IT dove le masse sono collegate a terra individualmente o per gruppi, è necessario effettuare la verifica dell'intervento automatico dei dispositivi di protezione secondo le condizioni previste per i sistemi di tipo TT: in queste condizioni è quindi sempre richiesto l'impiego di interruttori differenziali.

➤ Nel caso invece in cui le masse sono collegate collettivamente a terra (**raccomandato dalla CEI 64-8**) la verifica delle protezioni deve essere fatta con riferimento alle considerazioni valide per il sistema TN.

Di seguito si chiariranno i motivi.

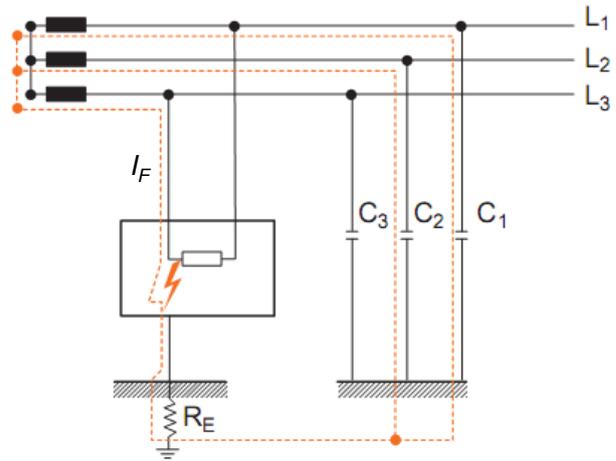
## Primo guasto a terra nei sistemi IT

In un sistema di distribuzione IT, un guasto a terra determina la circolazione di una corrente  $I_F$  esigua, limitata dalla impedenza capacitiva verso terra dei cavi (molto elevata) e dalla resistenza di terra  $R_E$  a cui è collegata la massa.

La tensione di contatto a vuoto sulla massa è data da:

$$U_{ST} = R_E I_F$$

ed è sempre molto piccola, dato il ridotto valore di  $I_F$ , per cui la tensione può permanere senza che vi siano pericoli e senza dover interrompere la continuità del servizio, che costituisce il maggior vantaggio dei sistemi IT.



## Primo guasto a terra nei sistemi IT

Secondo la norma CEI 64-8/4, non è necessaria l'interruzione automatica del circuito nel caso di un singolo guasto a terra purché sia verificata la condizione:

$$R_E I_d \leq U_L$$

dove:

- ☀  $R_E$  è la resistenza di terra a cui è collegata la massa (o le masse);
- ☀  $I_d = I_F$  è la corrente che si richiude verso terra, al primo guasto, attraverso l'impedenza capacitiva verso terra dei cavi e la resistenza di terra  $R_E$  a cui è collegata la massa;
- ☀  $U_L$  è la tensione di contatto ammissibile, pari a 50 V per ambienti ordinari.

Se questa condizione è rispettata, **successivamente al primo guasto** sulla massa si ha il permanere di una **tensione di contatto  $\leq 50$  V**, sopportabile dal corpo umano per un tempo indefinito.

## Primo guasto a terra nei sistemi IT

Tuttavia, il manifestarsi di un guasto a terra modifica il sistema di distribuzione vanificando i benefici di una rete isolata da terra.

In particolare, possono verificarsi due situazioni in presenza di un guasto a terra (i motivi di questi effetti si chiariranno tra poco):

- 1) se le **masse** degli utilizzatori sono **collegate a terra individualmente o per gruppi**, allora **il sistema da IT si trasforma in TT**;
- 2) se le **masse** degli utilizzatori sono **collegate a terra collettivamente**, allora **il sistema da IT si trasforma in TN**.

In entrambi i casi, occorre prevedere un dispositivo differenziale o di massima corrente per la protezione dai contatti indiretti, che intervenga nel caso in cui si verifichi un secondo guasto a terra.

L'interruzione automatica del circuito che si avrebbe in conseguenza a un secondo guasto a terra, farebbe venir meno la continuità del servizio.

## Controllo dell'isolamento nei sistemi IT

Per prevenire tale situazione, occorre controllare l'isolamento, in modo che venga segnalata la presenza del primo guasto a terra e si possa provvedere alla sua eliminazione, ripristinando l'isolamento.

Il controllore permanente dell'isolamento aziona un allarme sonoro e/o visivo, che rimane attivo fino a che il guasto non viene localizzato e quindi eliminato.

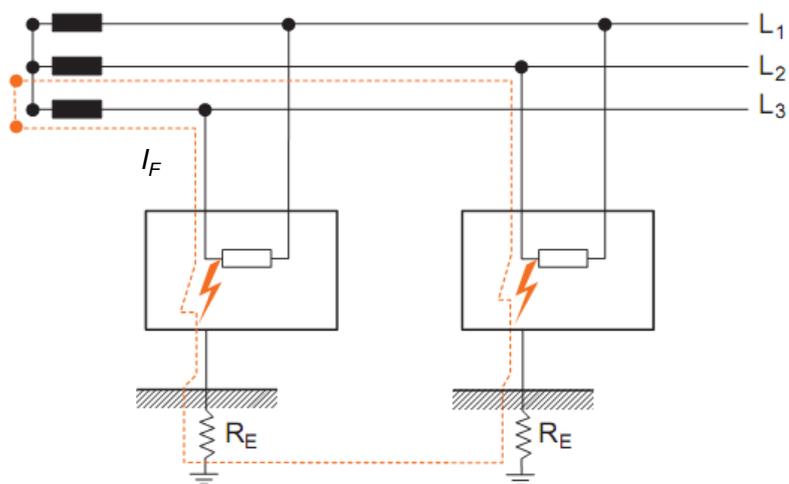
Esso è destinato a segnalare qualsiasi riduzione significativa del livello di isolamento dell'impianto, per permettere di trovare la causa di questa riduzione prima che si produca un secondo guasto, evitando così l'interruzione dell'alimentazione.

Vediamo cosa succede nel caso in cui, permanendo il primo guasto, si verifichi un secondo guasto su una fase diversa (affinché si crei la situazione di pericolo di seguito illustrata, è necessario che i due guasti avvengano su due fasi diverse, perché solo così il circuito di guasto che si crea è alimentato dalla tensione concatenata).

## Secondo guasto a terra nei sistemi IT

Se le masse sono collegate a terra individualmente o per gruppi, il sistema si comporta come un TT: la corrente  $I_F$  si richiude verso terra attraverso la resistenza di terra  $R_E$  a cui sono collegate le masse.

Il circuito di guasto è alimentato dalla tensione concatenata e limitato dalla resistenza di terra:



IT → TT

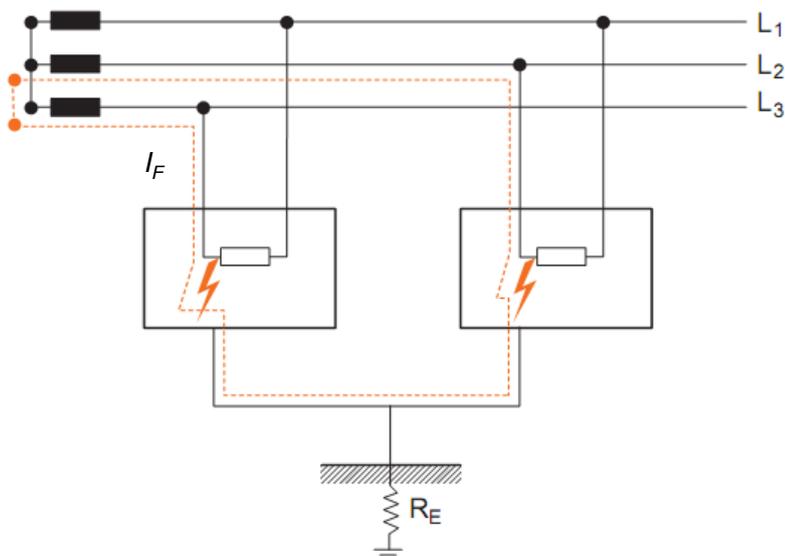
il valore della corrente  $I_F$  sarà abbastanza elevato da far superare la tensione di contatto limite, ma non troppo elevato, per cui potrà essere interrotto, come nei sistemi TT, solo da dispositivi differenziali.

25

## Secondo guasto a terra nei sistemi IT

Se le masse sono collegate a terra collettivamente, il sistema si comporta come un TN: si crea un cortocircuito fase-fase, alimentato dalla tensione concatenata e limitato solo dalla impedenza dei cavi e dei guasti stessi.

Di conseguenza, la corrente  $I_F$  sarà piuttosto elevata e in molti casi potrà essere sufficiente un dispositivo di massima corrente per interrompere il circuito di guasto.



IT → TN

26

## Sistemi IT

Riassumendo, nei sistemi IT la norma CEI 64-8:

- consente di non interrompere automaticamente l'alimentazione al circuito quando si verifica un primo guasto;
- prescrive di interrompere automaticamente l'alimentazione al circuito quando si verifica un secondo guasto, con il primo non estinto, adottando analoghe prescrizioni ai sistemi TT o TN, in funzione del tipo di collegamento delle masse verso terra;
- obbliga il monitoraggio dell'isolamento della rete verso terra in modo da segnalare la presenza di eventuali guasti.

## Protezione senza interruzione dell'alimentazione

In generale, oltre ai metodi visti fino ad ora che prevedono l'interruzione automatica dei circuiti, esistono altri metodi per la protezione dai contatti indiretti che non prevedono l'interruzione dell'alimentazione, con evidente vantaggio per la continuità di esercizio.

Si tratta quindi di una protezione preventiva, che tende a impedire che si verifichino condizioni di pericolo, mentre i metodi che prevedono l'interruzione della alimentazione possono essere considerati come una protezione repressiva, che non evita la nascita di tensioni di contatto, ma interrompe l'alimentazione quando tali tensioni diventano pericolose. Tra questi metodi sono compresi:

- 🌈 **Impiego di componenti di classe II o con isolamento equivalente;**
- 🌈 **Separazione elettrica;**
- 🌈 Luoghi non conduttori;
- 🌈 Collegamento equipotenziale locale non connesso a terra.

## Componenti di classe II

I componenti elettrici sono classificati, secondo il loro modo di protezione contro i contatti indiretti, in:

☉ **Classe 0**: dotato di isolamento principale e non provvisto di alcun dispositivo per il collegamento delle masse a un conduttore di protezione; nel caso di guasto dell'isolamento principale, la protezione rimane affidata alle caratteristiche dell'ambiente in cui è posto il componente elettrico.

☉ **Classe I**: dotato di isolamento principale e provvisto di un dispositivo per il collegamento delle masse a un conduttore di protezione.

☉ **Classe II**: dotato di doppio isolamento o di isolamento rinforzato e non provvisto di alcun dispositivo per il collegamento delle masse a un conduttore di protezione.

☉ **Classe III**: dotato di isolamento ridotto, perché destinato ad essere alimentato esclusivamente da un sistema a bassissima tensione di sicurezza e nel quale non si generano tensioni di valore superiore a quello di tale sistema.

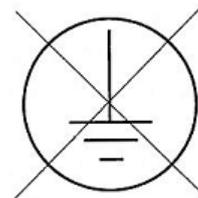
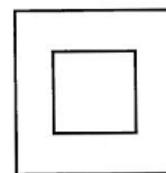
## Componenti di classe II

La CEI 64-8 afferma che la protezione mediante **componenti elettrici di Classe II (isolamento doppio o rinforzato) o con isolamento equivalente** (ad es. apparecchi completamente racchiusi entro un materiale isolante, rispondenti alla definizione di "isolamento completo" secondo le norme CEI) è destinata a impedire il manifestarsi di una tensione pericolosa sulle parti accessibili di componenti elettrici a seguito di un guasto nell'isolamento principale.

Sono considerati **equivalenti** ai componenti di classe II :

- componenti provvisti solo di isolamento principale a cui venga applicato un isolamento supplementare durante la loro installazione;
- componenti aventi parti attive non isolate a cui venga applicato un isolamento rinforzato a tali parti attive durante la loro installazione.

Simbolo di componente di classe II o equivalente



Simbolo da applicare sull'involucro che contiene le parti conduttrici dei componenti equivalenti alla classe II

## Componenti di classe II

Questa tecnica di protezione può essere utilizzata in ogni impianto: generalmente riguarda solo alcuni componenti o parti dell'impianto, mentre il resto dell'impianto viene protetto con l'interruzione automatica dell'alimentazione.

Le parti metalliche accessibili non in tensione dei componenti di classe II non sono da considerare masse e quindi NON devono essere collegate all'impianto di terra.

Esempi di questa classe sono televisori, radio, videoregistratori, dvd e la maggior parte delle lampade da tavolo.

Per questi componenti, le spine che possono essere utilizzate presentano solo i due spinotti di fase e neutro, senza lo spinotto centrale del conduttore di protezione.



## Separazione elettrica

La separazione elettrica è una misura di protezione contro i contatti indiretti mediante isolamento principale dei circuiti, che risultano separati da altri circuiti e da terra.

Il circuito separato deve essere alimentato mediante una sorgente con almeno separazione semplice (es. trasformatore).

La tensione del circuito separato deve essere  $\leq 500$  V.

Diverse sono le prescrizioni della CEI 64-8 a seconda che il circuito separato alimenti:

- un singolo apparecchio utilizzatore;
- più apparecchi utilizzatori.

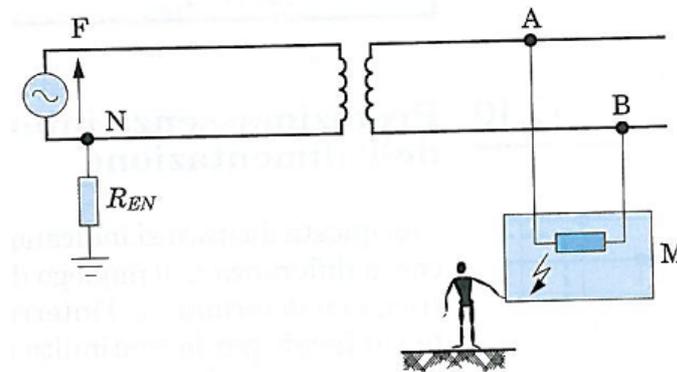
Nel primo caso, le masse del circuito separato non devono essere connesse intenzionalmente né a un conduttore di protezione, né a una massa di altri circuiti, né a masse estranee. In questo modo è garantita la protezione contro i contatti indiretti senza altre condizioni. Vediamo perché.

## Separazione elettrica: singolo apparecchio

Consideriamo un guasto di un apparecchio alimentato da una rete con neutro a terra, mediante un trasformatore.

In teoria non si manifesta alcuna corrente di guasto, non essendoci alcuna via di richiusura: la massa M assume semplicemente il potenziale del punto A.

In realtà una piccola corrente di guasto può circolare, tramite le capacità di accoppiamento verso terra dei cavi e del trasformatore, ma sicuramente il suo valore sarà inferiore ai valori di pericolosità per il corpo umano.



## Separazione elettrica: singolo apparecchio

Osservazione: una versione del precedente della CEI 64-8 richiedeva, per questo metodo di protezione contro i contatti indiretti, un trasformatore di isolamento, ossia un trasformatore dotato di avvolgimenti con isolamento doppio o rinforzato oppure un trasformatore dotato di uno schermo metallico tra gli avvolgimenti collegato a terra.

In questo modo, si evitava la situazione pericolosa che si può verificare nel caso in cui, oltre al guasto sull'apparecchio, si manifestasse anche un cedimento dell'isolamento del trasformatore.

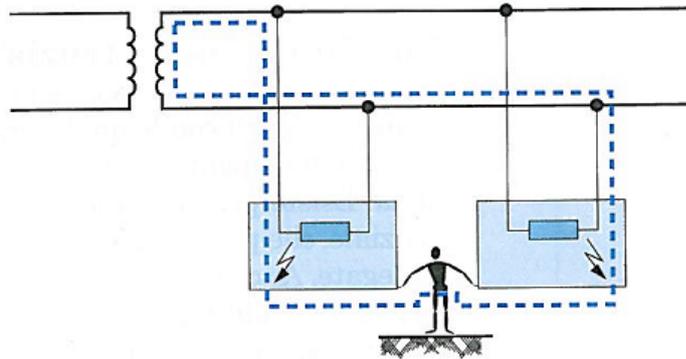
La nuova CEI 64-8 (già dal 2007, confermata nel 2012) consente invece l'impiego di un trasformatore normale, che riduce il livello di sicurezza precedente: nulla vieta, al progettista, di richiedere ugualmente un trasformatore di isolamento, per aumentare il livello di sicurezza.

Ricordiamo infatti che le norme CEI non sono leggi e, soprattutto, definiscono requisiti minimi, ma non massimi, di sicurezza; per cui, una soluzione che utilizzi un trasformatore di isolamento è certamente accettabile (anche se più costosa!).

## Separazione elettrica: più apparecchi

Nel caso di alimentazione di più utilizzatori mediante lo stesso trasformatore, può determinarsi una grave situazione di pericolo a fronte di un doppio guasto su fasi diverse: nella persona accidentalmente a contatto con le due masse circolerebbe una corrente molto intensa, alimentata dalla tensione secondaria del trasformatore e limitata essenzialmente dalla resistenza del corpo umano.

Si osserva che, in assenza di contatto della persona, le correnti di guasto non si manifestano, non avendo via di richiusura, se non attraverso le impedenze capacitive dei cavi e del trasformatore.



## Separazione elettrica: più apparecchi

Per evitare la situazione appena descritta, la CEI 64-8 permette l'alimentazione di più apparecchi utilizzatori mediante separazione elettrica, ma richiede la rispondenza a una serie di prescrizioni e inoltre, in questo caso, la protezione contro i contatti indiretti è garantita solo se l'impianto è controllato da persone addestrate.

### Altre misure di protezione dai contatti indiretti

Tralasciamo la descrizione delle misure di protezione mediante “luoghi non conduttori” e mediante “collegamento equipotenziale locale non connesso a terra”: entrambe le misure trovano scarsa applicazione, specialmente negli edifici civili.

Inoltre queste misure garantiscono la protezione contro i contatti indiretti solo quando l'impianto è controllato da persone addestrate.

## Protezione dai contatti indiretti

Le uniche misure che garantiscono la protezione in ogni ambiente ordinario contro i contatti indiretti sono:

- ✿ Interruzione automatica dell'alimentazione;
- ✿ Componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente;
- ✿ Separazione elettrica per l'alimentazione di un solo apparecchio utilizzatore;
- ✿ Sistemi a bassissima tensione SELV e PELV, che vedremo nella prossima lezione.