

# IMPIANTI DI TERRA

Le nuove guide tecniche CEI 64-12 e CEI 99-6

A cura del CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano

## GUIDA TECNICA CEI 64-12

L'occasione per affrontare il tema degli impianti di terra è data dalla nuova edizione della Guida CEI 64-12, che ha come oggetto "Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario". Tale guida, alla terza edizione, è stata pubblicata nel gennaio 2019 e segue di 10 anni circa la seconda, pubblicata, a sua volta, dopo 16 anni dalla prima.

La guida non esamina le caratteristiche degli impianti di terra dei sistemi IT. Quindi, restando agli altri due sistemi, TN e TT, vengono messe in evidenza le tecniche di dimensionamento derivanti, anche e soprattutto, da come la corrente di guasto a terra interagisce con le diverse parti dell'impianto.

Ricordiamo che il sistema TT rappresenta, sostanzialmente, l'utente connesso alla rete pubblica di bassa tensione. In tali impianti la messa a terra funzionale e quella di sicurezza sono distinte. In caso di guasto a terra la corrente fluisce nel dispersore dell'utente e "rientra" nell'impianto tramite la messa a terra del centro stella del trasformatore sito

nella cabina del distributore, come mostrato nella Figura 1.

La corrente di guasto a terra è limitata da queste due resistenze (RE ed RN) rendendo spesso impossibile il rilievo ed eliminazione della corrente di guasto da parte di organi di protezione dalle sovracorrenti.

Di conseguenza da un lato la Norma (CEI 64-8) obbliga all'utilizzo nei sistemi TT della protezione differenziale e, dall'altra, la Norma CEI 0-21 obbliga il distributore a garantire la circolazione di almeno 1 A di corrente di guasto a terra. Il che significa che in presenza di una tensione di contatto di 50 V sulle masse dell'utente il distributore deve realizzare la connessione a terra del centro stella con una resistenza non superiore a 180 W.

La tecnica più utilizzata per la protezione contro i contatti indiretti è quella della interruzione automatica del circuito. La guida non esamina le soluzioni impiantistiche di protezione senza interruzione automatica del circuito.

Nei sistemi TT quando circola a terra la massima corrente che non fa intervenire le

protezioni entro 5 s, la tensione di contatto deve mantenersi al di sotto di quella limite di sicurezza (UL); tale valore in corrente alternata è di 50 V nei luoghi ordinari e 25 V nei luoghi particolari.

Questo vincolo consente di determinare quale sia il valore della resistenza di terra da realizzare nell'impianto, in relazione alla massima corrente che può fluire a terra senza che intervengano le protezioni differenziali. La relazione di dimensionamento è:

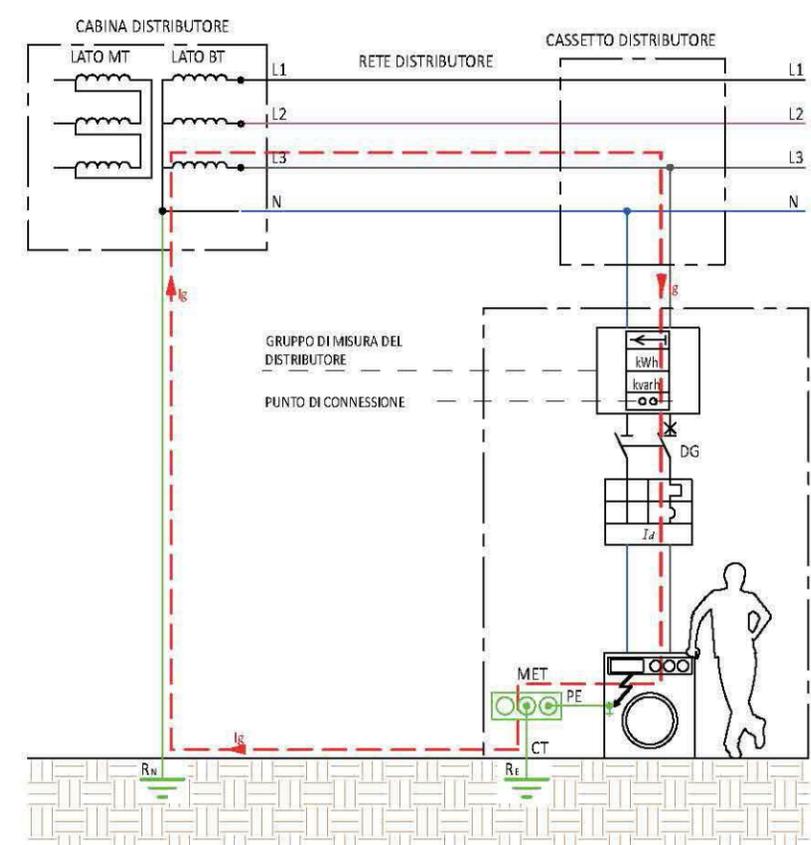
$$R_E \leq U_L / I_d$$

Si rammenta che un articolo della Variante V3 alla Norma CEI 64-8 ha affermato che RE è la somma della resistenza del dispersore più quella del conduttore di protezione (PE) sino alle masse. Inoltre con Id dovrebbe in-

tendersi la massima corrente che può fluire a terra senza che intervengano le protezioni differenziali. Se un utente avesse tre DGL con tre differenziali non sarebbe proprio corrispondente alla realtà che la Id fosse la corrente nominale differenziale più elevata, in una qualche misura si dovrebbe tenere conto della corrente di non intervento (50% Idn) degli altri due differenziali.

Gli impianti TN-S rappresentano utenti connessi alla rete pubblica di Media Tensione; sono, cioè, utenti con propria cabina di trasformazione. In tali impianti un unico dispersore fornisce la messa a terra funzionale e quella di sicurezza. Il guasto a terra sul lato BT non coinvolge il dispersore ma si richiude, attraverso il PE, sul trasformatore. Questa corrente non attraversa nemmeno il conduttore di terra (CT). Il guasto sul lato

Figura 1 – Percorso della corrente di guasto in un sistema TT [Fonte: CEI 64-12].



MT, invece, fluisce a terra tramite il CT ed il dispersore e si richiude nella rete MT tramite le capacità di accoppiamento verso terra delle fasi sane (non colpite dal guasto) e/o attraverso collegamento a terra del trasformatore AT/MT, lato MT. Il percorso di ritorno dipenderà dallo stato del neutro della rete MT esercitata dal distributore, stato che in Italia può essere isolato o atterrato tramite bobina risonante. Nella guida il funzionamento ai fini del guasto a terra è esemplificato dal collegamento a terra tramite impedenza (Figura 2).

In definitiva, il vincolo dimensionale del dispersore del sistema TN viene dato dal guasto sul lato MT. Il dimensionamento del dispersore, così come di altre parti dell'impianto di terra, dipenderanno dai dati forniti dal distributore.

Se in tale comunicazione viene indicato che si è connessi ad un impianto di terra globale, la sicurezza contro i contatti indiretti è

garantita da tale connessione. È importante riportare letteralmente la definizione presente nel 1 capitolo della 64-12, comprensiva delle sue note:

### IMPIANTO DI TERRA GLOBALE:

“impianto di terra realizzato con l'interconnessione di più impianti di terra singoli che assicura, data la vicinanza degli impianti stessi, l'assenza di tensioni di contatto pericolose”.

NOTA 1 Tali impianti permettono la ripartizione della corrente di terra in modo da ridurre l'aumento di potenziale di terra negli impianti di terra singoli. Si può dire che un tale impianto forma una superficie quasi equipotenziale.

NOTA 2 L'esistenza di un impianto di terra globale può essere determinata con misure a campione o con sistemi tipici di calcolo. Esempi tipici di impianti

di terra globali si trovano nei centri città, in aree urbane o industriali con diffusi impianti di terra di bassa e alta tensione.

In caso di connessione ad impianto di terra globale non è necessario garantire un valore di resistenza di terra e non è necessario verificare le tensioni di contatto, basta garantire la continuità delle connessioni di terra. Ciò però non vuol dire non realizzare un dispersore.

Si richiamano due disposizioni della Norma CEI 0-16 che tratta le regole tecniche per la connessione di utenti attivi e passivi alla rete pubblica di MT. Rammentiamo che tale norma è elevata da ARERA a regola tecnica e non è solo regola dell'arte. In buona sostanza non è violabile, deve essere applicata.

Da un lato l'Autorità chiede che il distributore colleghi gli schermi dei cavi di rete all'impianto di terra della cabina d'utente, “salvo diversa e motivata comunicazione del distributore stesso”. Dall'altro, afferma che la connessione ad un impianto di terra globale non esime l'utente dal realizzare un dispersore “minimale” costituito da un anello, eventualmente integrato con una maglia (in funzione della resistività del terreno), con riferimento alla Norma CEI 99-3 (CEI EN 50522). La CEI 0-16 richiama l'attenzione sul fatto che la Guida CEI 99-5 riporta alcuni esempi applicativi. Dunque per una sorta di proprietà transitiva le norme e guide citate diventano esse stesse regola tecnica. Il distributore, comunque, deve comunicare all'utente il valore della corrente convenzionale di guasto a terra al punto di consegna ( $I_F$ ) ed il tempo di permanenza del guasto ( $t_F$ ). Una volta noto il  $t_F$  si rileva sulla curva di sicurezza per contatti indiretti in MT il valore della tensione di contatto massima ammissibile ( $U_{TP}$ ). La Guida CEI 64-12 fornisce sia la curva di sicurezza che i valori tabellati della tensione di contatto massima ammissibile in funzione del tempo di permanenza

del guasto. L'impianto è sicuro se in ogni punto la tensione di contatto ( $U_T$ ) è minore o al massimo uguale ad  $U_{TP}$ .

$$U_T \leq U_{TP}$$

è condizione necessaria e sufficiente per garantire la protezione contro i contatti indiretti per guasti a terra sul lato MT. Tale condizione va accertata tramite misure ad impianto realizzato. Si ricorda che non è più necessario procedere con la verifica delle tensioni di passo, una volta accertata l'assenza di tensioni di contatto pericolose.

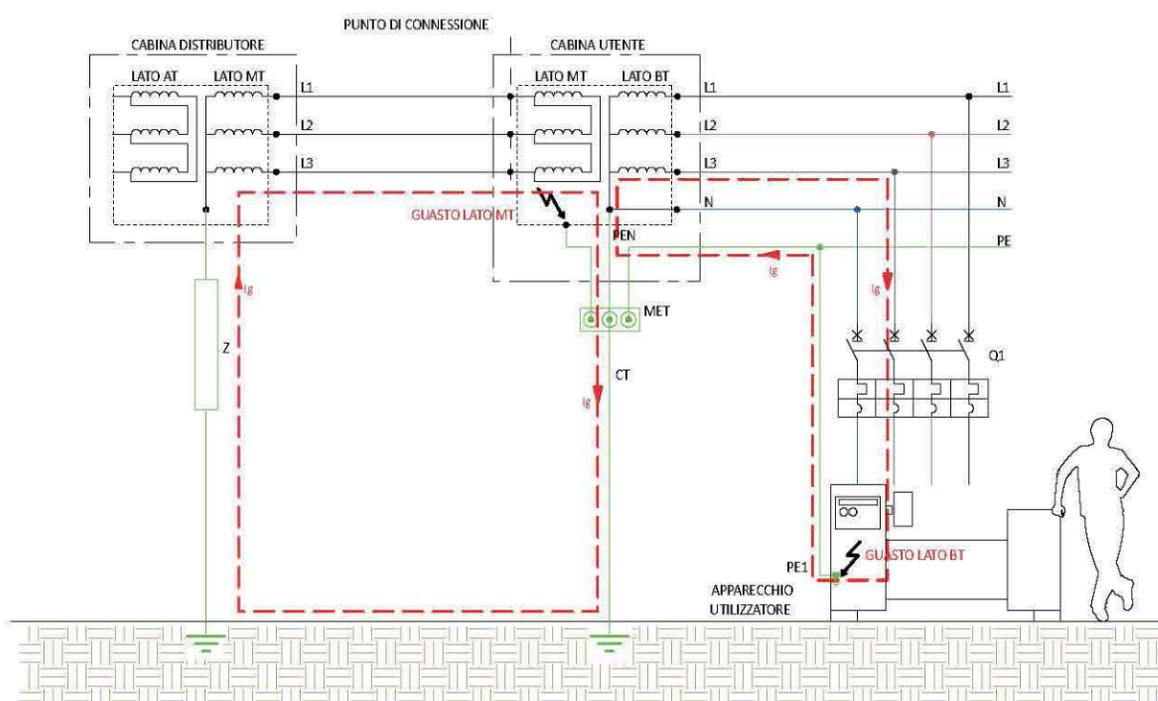
Il massimo potenziale che si può manifestare nell'impianto rispetto alla terra lontana è detta tensione totale di terra ( $U_E$ ). Ipotizzando che tutta la corrente di guasto coincida con la corrente che fluisce realmente nel terreno ( $I_E$ ), si ha che  $U_E = R_E I_E$ . Aggiungendo che le  $U_T$  non possono essere superiori alla  $U_E$ , ne deriva che una condizione sufficiente, ma non necessaria, per la sicurezza contro i contatti indiretti sul lato MT è data dalla disequaglianza

$$R_E \leq U_{TP} / I_F$$

Tale condizione garantisce, anche, l'assenza di potenziali trasferiti nell'impianto TN-S. Una volta noto il valore di resistenza di terra che si vuole ottenere, sia per i sistemi TT che TN-S, la Guida CEI 64-12 fornisce formule attraverso le quali, nota la resistività del terreno, è possibile stimare il valore di resistenza di terra di diverse tipologie di dispersori: verticali, lineari, ad anello, magliati, sino ad arrivare a prevedere il contributo dei dispersori di fatto costituiti dai plinti di fondazione.

Una volta realizzato il dispersore si misura la sua resistenza verificando che abbia un valore non superiore a quello di obiettivo, sia per sistemi TT che TN. Per i sistemi TN in caso di obiettivo non raggiunto si proce-

Figura 2 – Percorso della corrente di guasto in un sistema TN (esempio con lato MT a neutro compensato) [Fonte: CEI 64-12].



de con la misura delle tensioni di contatto. La protezione contro i contatti indiretti sul lato BT dei sistemi TN viene garantita se la corrente di guasto a terra ( $I_g$ ) è in grado di far intervenire la protezione a monte entro 0,4 s se trattasi di ambienti ordinari e 0,2 s se trattasi di ambienti particolari (per esempio, i cantieri). Per circuiti protetti da interruttori aventi  $I_n > 32$  A i tempi di intervento possono essere portati a 5 s. Nella pratica si fa sempre riferimento alla corrente di intervento istantaneo dell'interruttore. La corrente di guasto a terra può essere misurata sull'impianto già in essere o calcolata anche in via previsionale

$$I_g = U_o / Z_s$$

dove:

$U_o$  = tensione nominale verso terra;

$Z_s$  = impedenza d'anello di guasto, ovvero l'impedenza del circuito (fase, PE, trasformatore) in cui circola la corrente di guasto a terra. In alcune norme, come quella che riguarda l'equipaggiamento elettrico delle macchine, si richiede che i due terzi della corrente di guasto siano già in grado di far intervenire le protezioni.

L'uso dei differenziali anche sui sistemi TN rende più efficace e semplice garantire la protezione contro i contatti indiretti sul lato BT di un sistema TN, rendendo superflua la misura della  $Z_s$ .

Per i sistemi TN i dati del distributore sono necessari anche per il dimensionamento del conduttore di terra. A tal fine è fornito il valore della corrente di guasto doppio a terra (10 800 A) e il tempo di eliminazione del guasto (minore di 0,5 s). Il dimensionamento avviene sulla base del fatto che

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

Dove la corrente e il tempo vengono forniti dal distributore e l'utente conosce sezione

e tipo del proprio conduttore di terra. Tale corrente influenza anche la dimensione dei componenti del dispersore e di tutte quelle parti dell'impianto di terra da essa attraversate.

Nei sistemi TT, invece, il conduttore di terra viene dimensionato come il PE di sezione maggiore, garantendo la sezione minima in caso di assenza di protezione meccanica e/o di protezione contro la corrosione.

I conduttori PE possono essere dimensionati in due differenti maniere: geometricamente o elettricamente. Il dimensionamento geometrico è fatto in relazione alla sezione di fase, scegliendo la sezione commerciale più prossima a quella "matematica".

Il dimensionamento elettrico avviene sulla base della energia specifica passante. Si sceglierà la sezione commerciale immediatamente superiore a quella derivante dal calcolo.

La Guida CEI 64-12 fornisce i valori di tutti i parametri necessari al calcolo, oltre che esempi applicativi.

I collegamenti EQP sono dimensionati in relazione ai conduttori PE, osservando valori minimi previsti per i diversi materiali conduttori (rame, alluminio, acciaio).

I collegamenti EQPS andranno dimensionati in relazione alla sezione delle masse da collegare tra di loro o con masse estranee.

La guida definisce come massa estranea quella "parte conduttrice non facente parte dell'impianto elettrico in grado di introdurre un potenziale, generalmente il potenziale di terra".

Di seguito la guida annota che generalmente una massa estranea è suscettibile di introdurre il potenziale di terra; solo in casi particolari si considerano masse estranee le parti conduttrici suscettibili di introdurre altri potenziali. Alcune masse estranee sono indicate come tali dalla Norma CEI 64-8 (elementi metallici facenti parte di strutture di edifici, condutture metalliche di gas, acqua e per riscaldamento), per gli altri corpi me-

tallici (per esempio, le impalcature), bisogna effettuare una verifica della loro resistenza verso terra. Se risulta inferiore alla resistenza terra corpo (REB) standardizzata per la definizione dei provvedimenti di sicurezza, il corpo metallico è definito "massa estranea" e va connesso con un collegamento equipotenziale.

Si rammenta che REB vale 1 000 W negli ambienti ordinari, 200 W in quelli particolari e 0.5 MW nei locali medici di gruppo 2 con pericolo di micro shock.

L'allegato G della guida indica la tecnica di misura per l'identificazione delle masse estranee.

Ovviamente in questa sede non abbiamo esaurito gli argomenti trattati dalla guida che merita un'attenta lettura e, per chi abbia esigenze di una più elevata specializzazione e professionalità, anche un corso di formazione.

Si diceva all'inizio di questo articolo che la Guida CEI 64-12 costituiva uno spunto per parlare degli impianti di terra e, quindi, estendiamo la visione ad altre novità sul tema.

### GUIDA TECNICA CEI 99-6

Una di queste novità è costituita dalla Guida CEI 99-6 pubblicata nel maggio del 2019 ed avente per oggetto "l'esecuzione delle verifiche degli impianti di terra dei punti di trasformazione e/o sezionamento sul palo con tensione superiore a 1 kV in c.a."

È una guida passata sotto silenzio perché molti la ritengono essere di interesse solo dei distributori. Essa invece è di interesse per ogni professionista, e tra questi sono da includere le aziende che realizzano impianti elettrici, che si cimentano con impianti in MT.

È da ritenere che vi siano almeno due elementi di interesse. Innanzitutto tale guida contiene un approccio probabilistico alla verifica dell'impianto di terra che è estremamente diffuso nell'ambito delle tecniche di

gestione del rischio, molto meno diffuso nel settore elettrico in cui siamo legati ad una impostazione deterministica.

Il secondo motivo di interesse risiede nel fatto che le attività di realizzazione delle connessioni degli utenti attivi possono essere svolte anche dall'utente che vuole essere connesso, osservando ovviamente l'unificazione del distributore. È un privato, quindi che progetta, esegue e (pre)collauda tali impianti di connessione prima di consegnarli al distributore. Se nelle opere fossero compresi pali con apparecchiature quali un sezionatore, il suo impianto di terra andrebbe verificato come indicato dalla Guida CEI 99-6.

Quale è la genesi della guida? Deriva, come sempre, da alcune importanti novità normative.

I pali delle linee elettriche aeree con apparecchiature a bordo (sezionatori e/o trasformatori e/o scaricatori) venivano trattati dalla vecchia Norma CEI 11-4 come gli altri pali ed i distributori avevano solo l'obbligo di dotarli di un dispersore che assicurasse una data superficie di contatto con il terreno, 0,25 m<sup>2</sup> per sistemi di II classe e 0,5 m<sup>2</sup> per sistemi di III classe.

Ciò ha comportato e comporta per i distributori di effettuare un controllo delle condizioni di sicurezza secondo le nuove disposizioni normative, ovvero come se si trattasse di vere e proprie cabine.

La novità introdotta dalla guida consiste nel fatto che prima della verifica bisogna valutare il rischio (R) secondo il prodotto dei due classici fattori della probabilità di accadimento (P) per l'entità del danno (M). Passando ad una valutazione con i logaritmi e "limitandosi" a valutare il rischio di contatti indiretto (IRCI), tale indice risulta somma di quattro indici:

- $IF_G$ : indice probabilità di accadimento del guasto;
- $IM_{zona}$ : indice livello di frequentazione delle aree da parte degli esposti;

- $IM_{T1}$ : indice tipologia dell'impianto;
- $IM_{PT}$ : indice eventuali potenziali trasferiti/masse estranee.

La guida fornisce tabelle e criteri per associare un numero ai diversi indici. La somma dei diversi indici porta ad un numero che: se minore o uguale a zero indica un livello BASSO di rischio; se invece l'indice è superiore a zero e fino a sette il rischio è dichiarato MEDIO; infine, se l'indice di rischio è superiore a sette il rischio è dichiarato ALTO.

Se il rischio è BASSO la verifica consiste solo nei seguenti atti:

- Esame della documentazione;
- Esame a vista.

Se il rischio è MEDIO o ALTO la verifica consiste nei seguenti atti:

- Esame della documentazione;
- Esame a vista;
- Prove e misure in impianto.

Le prove e misure da eseguire per quanto applicabile, e preferibilmente nell'ordine indicato, sono le seguenti:

- Continuità;
- Impedenza del dispersore e tensione totale di terra;
- Tensioni di contatto;
- Rilevazione dei potenziali trasferiti.

Le procedure si concludono redigendo il rapporto di verifica di cui la guida fornisce il format.

La guida, inoltre, descrive dettagliatamente come effettuare le verifiche indicando, perfino, le caratteristiche degli strumenti di misura da utilizzare.

La Guida CEI 99-6 è molto efficace nella sua sinteticità e completezza operativa e costituisce un utile strumento di lavoro per ogni professionista che debba realizzare o verificare un palo di linea aerea di MT che sia corredato di apparecchiatura.

Insomma, l'impianto di terra è un argomento primordiale per gli impianti elettrici ma riserva sempre sorprese e novità che richiedono un adeguato aggiornamento delle nostre conoscenze. Le norme e le guide del CEI, come parte della cultura tecnica internazionale, forniscono un supporto per il nostro aggiornamento continuo.



Lascia il tuo commento a questo link:

<https://www.editorialedelfino.it/impianti-di-terra-4435.html>