



ALBO VENETO
DEGLI INSTALLATORI
ELETTRICI QUALIFICATI

Seminario tecnico

Messa a terra degli impianti a tensione superiore a 1 kV in c.a. – Norma CEI EN 50522, 2011-07 (CEI 99-3)

NORMA ITALIANA CEI

Norma Italiana **CEI EN 61936-1** Data Pubblicazione **2011-07**
La seguente Norma è identica a: EN 61936-1:2010-11.

TITOLO
Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a.
Parte 1: Prescrizioni comuni

TITOLO
Power installed
Part 1: Commo

Sommario
La presente Parte 1 è di conduzione degli impianti di costruzione di impianti. La presente Parte non si applica, altresì, a: linee aeree e sotterranee; ferrovie elettrificate; apparecchiature ed impianti con lampad; impianti su navi ed i sale prova; apparecchiature che non si applica, altresì, a fabbriche e sottoposte. Si noti che la presente Norma non si applica, altresì, a impianti di tipo No al 01-11-2013. La presente Norma ri-

NORMA ITALIANA CEI

Norma Italiana **CEI EN 50522** Data Pubblicazione **2011-07**
La seguente Norma è identica a: EN 50522:2010-11.

TITOLO
Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.

TITOLO
Earthing of power installations exceeding 1 kV a.c.

Sommario
La presente Norma Europea ha lo scopo di introdurre limiti per le tensioni di contatto e di passo negli impianti elettrici in AT in modo che possano funzionare ed essere gestiti in sicurezza. Essa fornisce prescrizioni per la progettazione e la costruzione di sistemi di messa a terra di impianti elettrici con tensione nominale superiore a 1 kV in c.a. e frequenza nominale fino a 50 Hz. La presente Norma non si applica alla progettazione e costruzione di impianti di terra di:
- linee aeree e sottoposte tra impianti separati;
- ferrovie elettrificate;
- apparecchiature ed impianti in miniere;
- impianti con lampade fluorescenti;
- impianti su navi e impianti off-shore;
- apparecchiature elettrostatiche (es., prefiltri elettrostatici, unità per verniciatura a spruzzo);
- sale prova;
- apparecchiature mediche, per esempio apparecchiature a raggi X; e non si applica alle prescrizioni per l'esecuzione dei lavori sotto tensione su impianti elettrici. Si noti che la presente Norma sostituisce tutto l'art. 9 e gli Allegati da A ad R (compreso) dell'HD 637 81:1999 (Norma CEI 11-1:1999, che rimane applicabile fino al 01-11-2013); quest'ultima, pertanto, viene completamente sostituita, in forma congiunta, dalla presente Norma e dalla CEI EN 61936-1:2011-03. La presente Norma riporta il testo in Inglese e Italiano della EN 50522, rispetto al precedente fascicolo n. 11092E di marzo 2011, essa contiene la traduzione completa della EN sopra indicata.



Relatore
Gastone Guizzo

Pordenone, 17 maggio 2014

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

VALIDITA' DELLE NUOVE NORME

- ✚ La Norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) ha validità dall' 1/4/2011 e sostituisce il capitolo 9 e relativi allegati della Norma CEI 11-1, che è rimasta applicabile fino all'1/11/2013;
- ✚ La sua applicazione va fatta congiuntamente con le prescrizioni riportate al capitolo 10 della Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2)-Impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c. a.-Parte 1: prescrizioni comuni ed alla Norma CEI 64-8;V1, 2013-07.

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

SCOPO DELLA NORMA

Fornire, relativamente agli impianti di messa, i criteri per:

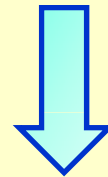
- la progettazione
- l'installazione
- la verifica
- la manutenzione.



Al fine di garantire la sicurezza delle persone e l'integrità delle apparecchiature connesse e in prossimità dei sistemi di messa a terra.

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

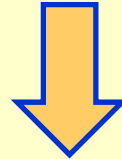
Prescrizioni da considerare per la progettazione di un impianto di terra



- ✚ avere sufficienti resistenza meccanica e alla corrosione;
- ✚ essere in grado di sopportare, da un punto di vista termico, le piu' elevate correnti di guasto prevedibili;
- ✚ evitare danni a componenti elettrici ed a beni;
- ✚ garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano a seguito del funzionamento degli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto a terra

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Parametri da considerare per
il dimensionamento



- ✚ valore della corrente di guasto a terra;
- ✚ durata del guasto a terra;
- ✚ caratteristiche del suolo (resistività).

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

CAMPO DI APPLICAZIONE

Si applica ai seguenti impianti elettrici:

- Stazione elettrica (cabina elettrica), incluse quelle per l'alimentazione delle ferrovie;
- Impianti elettrici su montanti, pali e tralicci ferrovie. Apparecchiature e/o trasformatori situati al di fuori di aree elettriche chiuse;
- Uno o più impianti (i) in un unico sito. L'impianto comprende generatori e unità di trasformazione, con tutte le apparecchiature associate e tutti i sistemi elettrici ausiliari. Sono esclusi i collegamenti tra impianti di generazione ubicati in siti diversi;
- L'impianto elettrico di una fabbrica, di uno stabilimento industriale o di altri fabbricati industriali, agricoli, commerciali o di pubblici servizi.

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

PRINCIPALI VARIANTI e/o AGGIUNTE RISPETTO ALLA NORMA CEI 11-1

- ➡ Metodo per la determinazione delle tensioni di contatto ammissibili (U_{Tp}), in funzione della durata del guasto (t_f);
- ➡ Tensioni di passo ammissibili;
- ➡ Correnti di guasto e tempo di permanenza del guasto, da considerare con riferimento alle sollecitazioni termiche e meccaniche dei dispersori e dei conduttori di terra;
- ➡ Durata del guasto;
- ➡ Impianto di terra globale;
- ➡ Dimensionamento dell'impianto di terra in relazione alle tensioni di contatto ammissibili;

7

segue



Norma EN 50522 (CEI 99-3)

PRINCIPALI VARIANTI e/o AGGIUNTE RISPETTO ALLA NORMA CEI 11-1

- ➡ **Requisiti per la connessione degli impianti BT a quelli AT ai fini della tenuta dei componenti (collegamento a terra del neutro BT);**
- ➡ **Impianto di terra dei posti di trasformazione e/o di sezionamento su palo;**
- ➡ **Misura delle tensioni di contatto;**
- ➡ **Verifiche periodiche.**

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

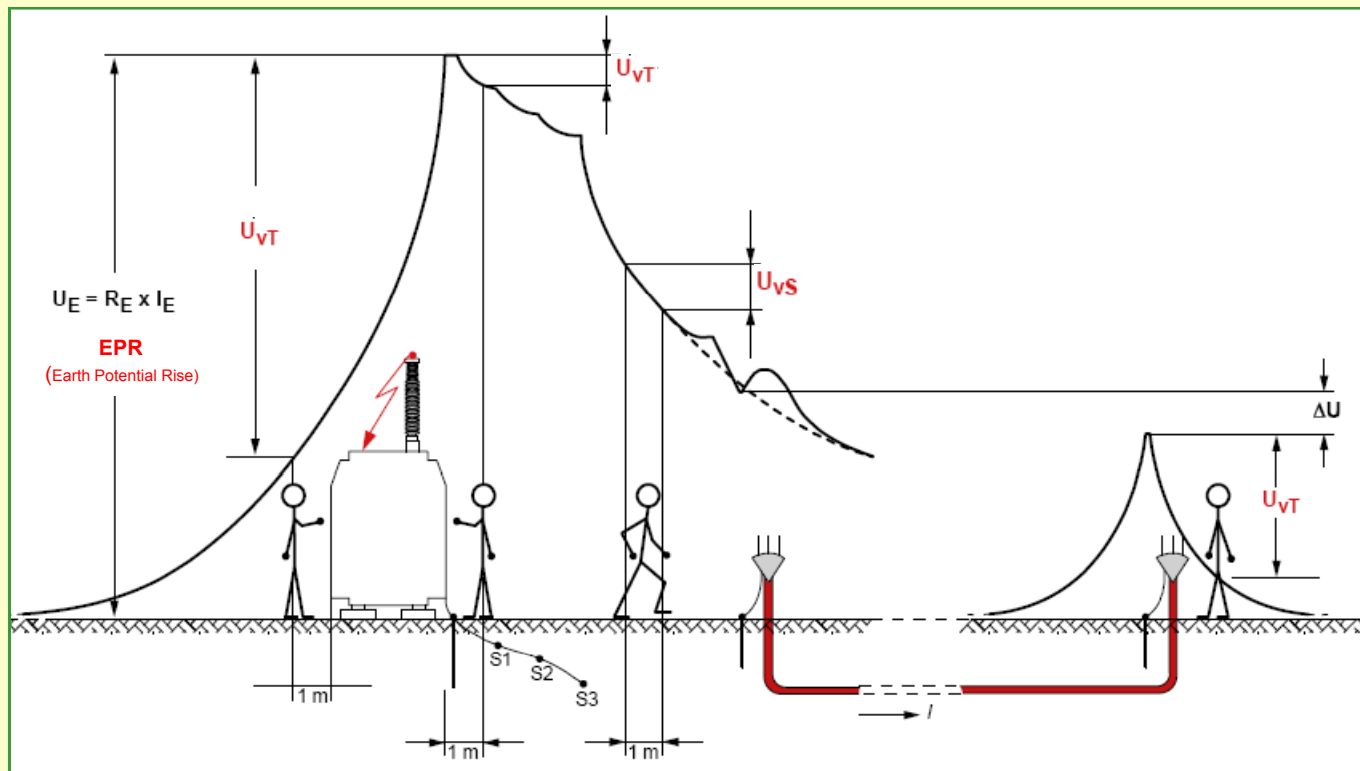
PRINCIPALI DEFINIZIONI

- **tensione totale di terra (EPR), U_E (punto 3.4.12):** “tensione tra un impianto di terra e la terra di riferimento”;
- **tensione di contatto (effettiva), U_T (punto 3.4.14):** “tensione tra le parti conduttrici quando vengono toccate simultaneamente”
“NOTA Il valore della tensione di contatto effettiva può essere influenzata apprezzabilmente dall'impedenza della persona o dell'animale che viene in contatto con dette parti conduttrici.”;
- **tensione di contatto a vuoto U_{VT} (punto 3.2.15):** “tensione tra parti conduttrici accessibili simultaneamente quando non vengono toccate”;
- **tensione di passo, U_S (punto 3.4.16):** “tensione tra due punti della superficie del terreno a distanza di 1 m tra loro, distanza che si assume come lunghezza del passo d'una persona ”;



Norma EN 50522 (CEI 99-3)

TENSIONE DI CONTATTO E DI PASSO: varianti rispetto alla CEI 11-1



Norma EN 50522 (CEI 99-3)

PRINCIPALI DEFINIZIONI

■ **corrente di guasto a terra, I_F (punto 3.4.28):** "corrente che fluisce dal circuito principale verso terra, o verso parti collegate a terra, nel punto di guasto (punto di guasto a terra)..."

Per reti a:

- neutro isolato: la corrente capacitiva di guasto verso terra
- neutro con messa a terra risonante: la corrente residua di guasto a terra.

■ **corrente di terra, I_E (punto 3.4.29):** "corrente che fluisce verso terra tramite l'impedenza collegata a terra"

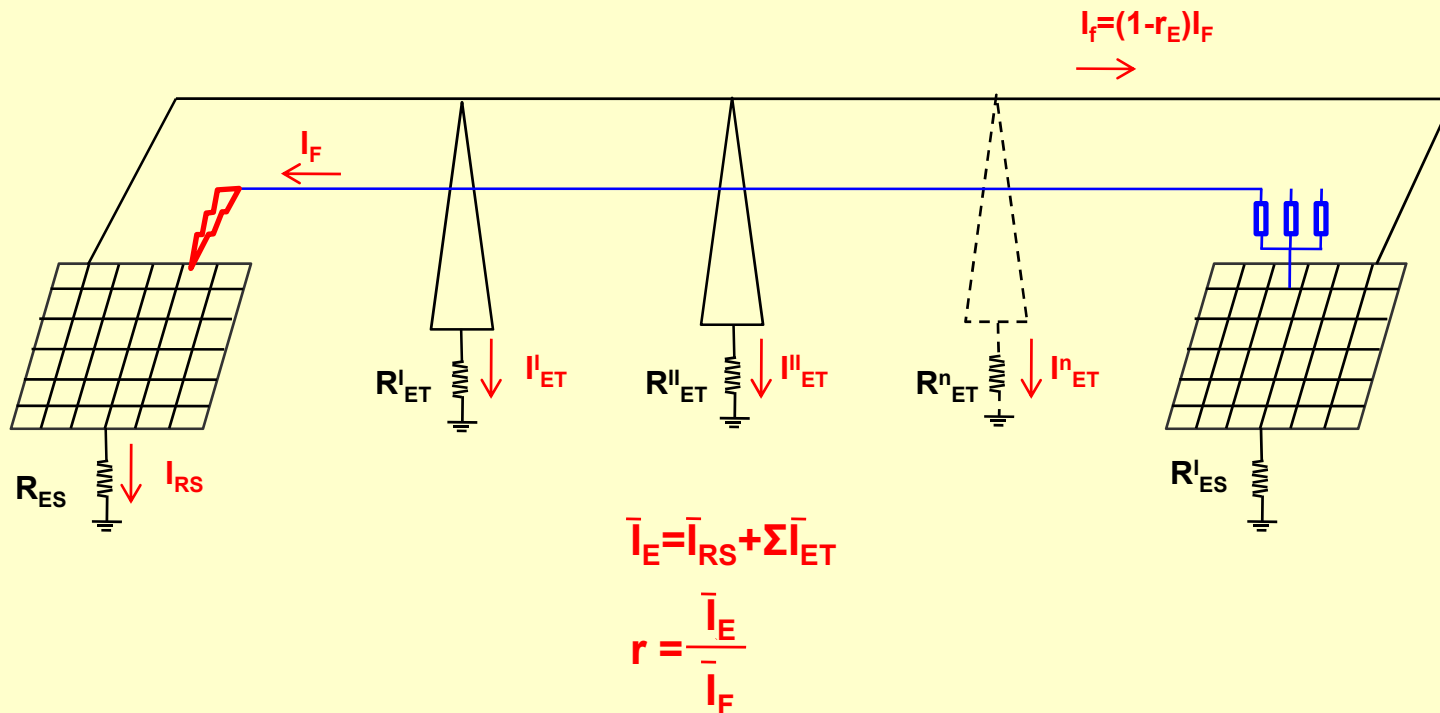
La corrente di terra è la parte della corrente di guasto a terra (I_F) che determina la tensione totale di terra (U_E).

■ **fattore di riduzione, r (punto 3.2.30):** "il fattore di riduzione r di una linea è il rapporto tra la corrente di terra e la somma delle correnti di sequenza zero nei conduttori di fase del circuito principale ($r=I_E/3I_0$), in un punto lontano dal cortocircuito e dall'impianto di terra di un impianto elettrico"



Norma EN 50522 (CEI 99-3)

ESEMPIO RIPARTIZIONE DELLE CORRENTI PER GUASTO A TERRA IN UN SISTEMA AT



La Norma CEI 0-16 prevede che il coefficiente r è pari a 0,7 nel caso di linee in cavo con connessione degli schermi dei cavi MT di almeno tre cabine distributore/utente

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

PRINCIPALI DEFINIZIONI

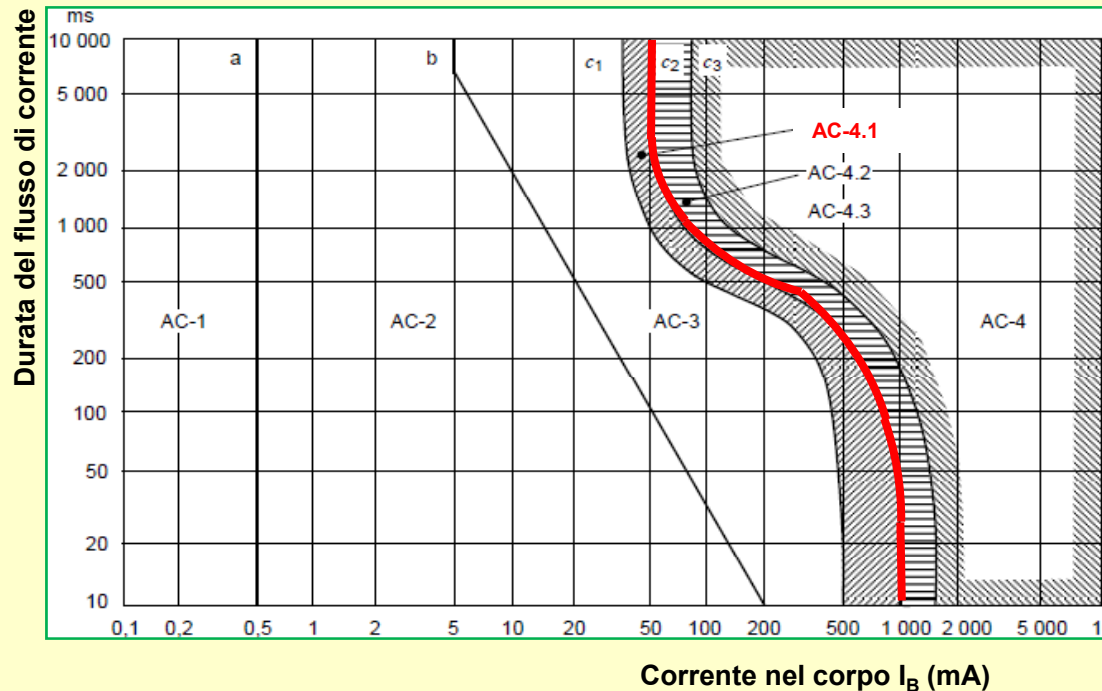
■ **impianto di terra globale (punto 3.4.19):** “Impianto di terra realizzato con l’interconnessione di piu’ impianti singoli che assicura, data la vicinanza degli impianti stessi, l’assenza di tensioni di contatto pericolose”

“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 ritenere che un tale impianto forma una superficie quasi-equipotenziale.”

“NOTA 2: L’esistenza di un impianto di terra globale può essere determinato 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 (vedi Allegato O).”

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Zone tempo/corrente convenzionali degli effetti delle correnti alternate (da 15 Hz a 100 Hz) sulle persone, per un percorso di corrente mano sinistra-piedi, Norma CEI 64-18



✚ **AC-1:** possibile la percezione, ma normalmente nessuna reazione ;

✚ **AC-2:** percezione e contrazioni muscolari involontarie probabili, ma normalmente nessun effetto fisiologico dannoso;

✚ **AC-3:** forti contrazioni involontarie dei muscoli, Difficoltà di respirazione. Disturbi reversibili delle funzioni cardiache. Può verificarsi l'immobilizzazione. Gli effetti aumentano con l'intensità della corrente. Normalmente non sono previsti danni agli organi.

✚ **AC-4:** possono verificarsi effetti pato-fisiologici, come l'arresto cardiaco, il blocco respiratorio ed ustioni o altri danni cellulari. La probabilità di fibrillazione ventricolare aumenta con l'intensità della corrente e con la durata.

✓ AC-4.1: la probabilità di fibrillazione ventricolare aumenta sino a circa il 5%;

✓ AC-4.2: la probabilità di fibrillazione ventricolare aumenta sino a circa il 50%;

✓ AC-4.3: la probabilità di fibrillazione ventricolare supera il 50%.

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

⚡ Impedenze totali del corpo Z_T , in corrente alternata a 50/60 Hz, per superfici di contatto estese, in condizioni di asciutto, Norma CEI 64-18

Tensione di contatto (V)	Valori per le impedenze totali del corpo (Ω) che non vengono superate dal 50% della popolazione, per un percorso:		
	mano-mano	mano-entrambi i piedi	entrambe le mani-entrambi i piedi
25	3250	2438	1625
50	2500	1875	1250
75	2000	1500	1000
100	1725	1294	863
125	1550	1163	775
150	1400	1050	700
175	1325	994	663
200	1275	956	638
225	1225	919	613
400	950	713	475
500	850	638	425
700	775	581	388
1000	775	581	388

⚡ Fattore di percorso F-Norma CEI 64-18:

$$F = \frac{I_{ref}}{I_h}$$

Dove:

I_{ref} : corrente del corpo nel percorso mano-sinistra-piedi:

I_h : corrente del corpo per i percorsi indicati nella tabella, che comportano lo stesso pericolo di fibrillazione ventricolare della corrispondente corrente di riferimento I_{ref} .

Alcuni dei percorsi previsti dalla Norma CEI 64-8

Percorso della corrente	Fattore di percorso F
Mano sinistra-piede sinistro, piede destro o entrambi i piedi	1,0
Mano sinistra-entrambi i piedi	1,0
Mano sinistra-mano destra	0,4
Mano destra-piede sinistro, piede destro o entrambi i piedi	0,8
Piede sinistro-piede destro	0,04

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Costruzione della nuova curva di sicurezza: $U_{Tp}(t_f)$

Metodo di calcolo delle tensioni di contatto ammissibili

$$U_{Tp} = I_B(t_f) * \frac{1}{HF} * Z_T(U_T) * BF$$

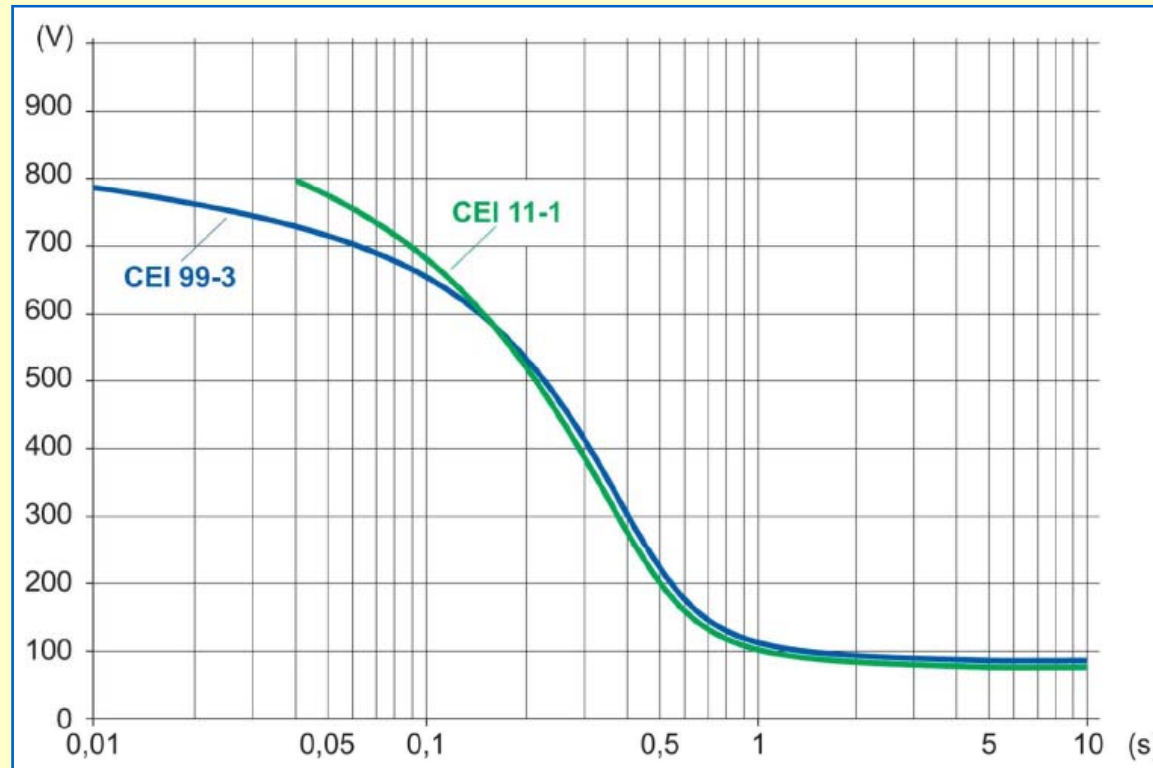
Dove:

- $I_B(t_f)$: corrente (percorso mano sinistra-piedi), che determina una probabilità di fibrillazione ventricolare $\leq 5\%$; tab. 11-Zona AC-4 e fig. 20-curva c2, norma CEI 64-18;
- $Z_T(U_T)$: impedenza del corpo umano (percorso mano-mano, superfici di contatto estese in condizioni di asciutto) con probabilità $\leq 50\%$ della popolazione di essere superata; tab. 1, norma CEI 64-18;
- BF : fattore corporeo che determina il valore di $Z_T(U_T)$ in relazione al diverso percorso della corrente; 0,75: percorso mano-piedi, 0,5: percorso mani-piedi; fig. 3, norma CEI 64-18;
- HF : fattore di percorso, per alcuni percorsi della corrente; 1,0: mano sinistra-piede(i), 0,4: mano sinistra-mano destra, 0,8: mano destra-piede(i), 0,04: piede destro-piede sinistro; tab. 12, norma CEI 64-18;
- assenza di resistenze aggiuntive.

I valori di U_{Tp} sono stati determinati sulla base della media ponderata, riferita a quattro diverse configurazioni, attribuendo i seguenti pesi: 1,0; mano sinistra-piedi, 1,0: mano destra-piedi, 1,0: mani-piedi, 0,7: mano-mano.

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Tensione di contatto ammissibile (U_{Tp}) in funzione della durata del guasto (t_f): comparazione tra le Norme CEI 11-1 e la CEI EN 50522



Allegato B, Norma CEI 99-3: “Nota 2 Per durate di corrente notevolmente superiori a 10 s si può usare una tensione di contatto ammissibile U_{Tp} pari a 80 V.”

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Tensione di passo ammissibile

- ✚ Secondo la norma CEI 99-3, se un impianto di terra va bene per le tensione di contatto va bene anche per le tensione di passo;
- ✚ La norma CEI 11-1 assumeva $U_{sp} = 3 U_{Tp}$

Motivazioni:

- ✚ Se consideriamo un fattore di percorso piede-piede, $F=0,04$, per avere lo stesso pericolo di fibrillazione ventricolare, rispetto ad un contatto mano sinistra-piedi, $F=1$, la corrente deve essere 25 volte superiore rispetto ad un contatto mano sinistra-piedi;
- ✚ la resistenza per un contatto piede-piede è pari a $2xR$, mentre quella per un contatto mano-piedi è pari a $1,5xR$, da cui il rapporto è di 1,33
Pertanto per avere la stessa probabilità di innescare la fibrillazione ventricolare $U_s = 33 U_T$.

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Durata del guasto ai fini della determinazione della tensione di contatto massima ammissibile (U_{TP})

La Norma CEI 99-3 non fa alcun riferimento sulla determinazione della durata del guasto. A terzo capoverso del punto 5.4.1 *Valori ammissibili*:
“Tutti i guasti a terra devono essere sconnessi automaticamente o manualmente. Per questo motivo, a seguito ai guasti a terra non si manifestano tensioni di contatto di durata molto lunga o infinita.”

N.B.: il tempo di eliminazione del guasto viene definito nella Norma CEI 0-16

Le Norme CEI 11-1 al punto 9.2.4.1 *Valori ammissibili*:

“Nota Se non vi è il dispositivo di richiusura automatica, il tempo di eliminazione del guasto è il tempo che intercorre tra l’inizio del guasto a terra e l’interruzione della corrente di guasto.

Se sono installati dispositivi di richiusura automatica, il tempo di eliminazione del guasto a terra è la somma dei tempi di permanenza della corrente di guasto durante un ciclo di richiusura (O-C-O) (purchè la durata del guasto non sia superiore a 5 s).

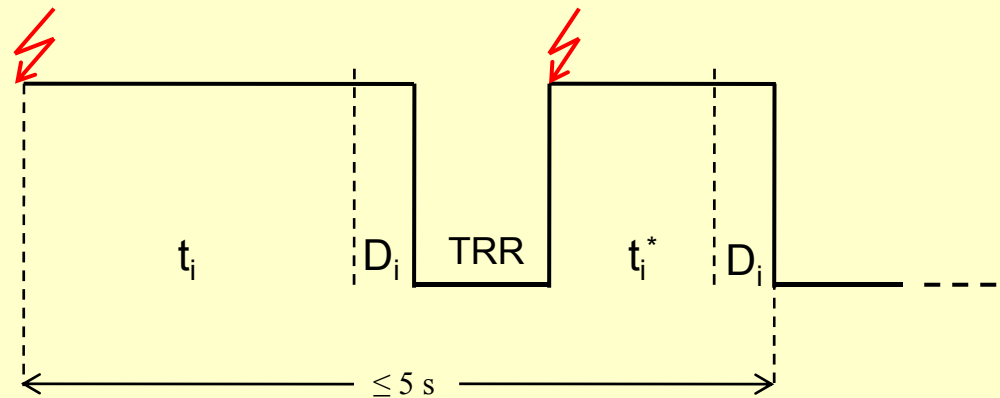
Se vi sono dispositivi che effettuano successive richiusure automatiche, agli effetti della determinazione del tempo di eliminazione del guasto a terra, gli eventuali guasti successivi devono essere considerati come indipendenti dal primo.”



Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Durata del guasto ai fini della determinazione della tensione di contatto massima ammissibile (U_{TP}): esempio secondo Norma CEI 11-1

Linea MT in cavo o di tipo misto con D.R.A.



t_i : tempo di intervento della protezione per primo guasto a terra

t_i^* : tempo di intervento della protezione per secondo guasto a terra

D_i : durata totale interruzione apparecchio di manovra

t_f : durata del guasto a terra: $t_i + t_i^* + 2 \times D_i$

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

DETERMINAZIONE DELLA CORRENTE DI GUASTO (I_F):

- **NEUTRO ISOLATO**

$$I_F = U * (0,003L_1 + 0,2L_2) \text{ [A]}$$

U = tensione nominale (10, 15, 20 kV)

L_1 = lunghezza linea aerea [km]

L_2 = lunghezza linea in cavo [km]

- **NEUTRO COMPENSATO (bobina di Petersen)**

$$\bar{I}_F = \bar{I}_{RES} = (\bar{I}_C + \bar{I}_L) + \bar{I}_R \text{ [A]}$$

I_C = corrente capacitiva della rete MT [A]

I_L = corrente induttiva della bobina [A]

I_R = corrente resistiva della resistenza [A]

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Corrente di guasto a terra (I_E)

- neutro isolato: $I_E = r x I_C$
- neutro compensato: $I_E = r x I_{RES}$

N.B.: “Se non è presente la sconnessione automatica del guasto a terra , la necessità di considerare il doppio guasto a terra dipende dall’esperienze di esercizio.”

Ai fini del dimensionamento dell’impianto di terra, nel caso di reti MT esercite a neutro isolato, occorre che siano verificate entrambe le seguenti condizioni (Norma CEI 0-16):

- corrente di guasto a terra e tempo di eliminazione del guasto comunicata dal Distributore;
- corrente di guasto a terra di 40 A a 15 kV (oppure 50 A a 20 kV, ed in proporzione per le altre tensioni) e durata del guasto molto maggiore di 10 s.

Norma EN 50522 (CEI 99-3) e CEI 64-8;V1

Dimensionamento con riferimento alle tensioni di contatto

Requisiti richiesti:

- ✚ Un impianto di terra garantisce la sicurezza se $U_T \leq U_{Tp}$.
Se $U_E \leq U_{Tp}$ l'impianto di terra va senz'altro bene (condizione a favore della sicurezza perché $U_E \leq U_T$);
- ✚ I potenziali trasferiti devono essere sempre verificati separatamente

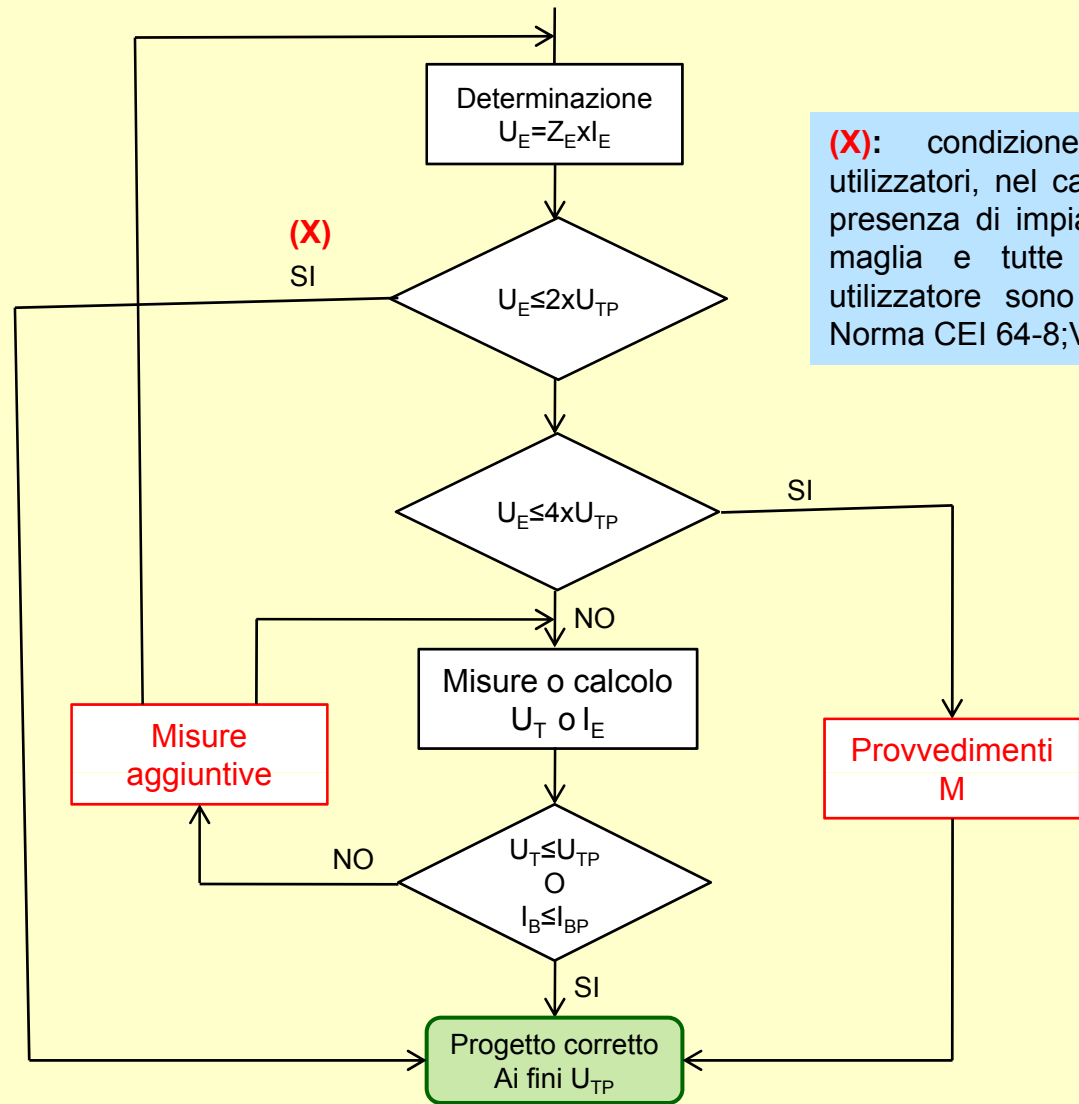
Condizioni per soddisfare le tensioni di contatto ammissibili:

- l'impianto di terra considerato diventa parte di un impianto di terra globale;
- tensione totale di terra $U_E \leq 2xU_{Tp}$. Per gli impianti utilizzatori tale condizione è applicabile per sistema TN ed IT nel caso di impianto di terra AT a maglia e tutte le masse BT siano all'interno della maglia stessa. Norme CEI 64-8;V1 2013-07.
- Altrimenti applicazione provvedimenti M ovvero misure in sito, tale per cui $U_T \leq U_{Tp}$.



Norma EN 50522 (CEI 99-3) e CEI 64-8;V1

Dimensionamento con riferimento alle tensioni di contatto:
diagramma di flusso per il progetto dell'impianto di terra



(X): condizione valida per impianti utilizzatori, nel caso di sistemi TN e IT, in presenza di impianto di terra AT di tipo a maglia e tutte le masse dell'impianto utilizzatore sono all'interno della stessa. Norma CEI 64-8;V1, 2013-07

Norma EN 50522 (CEI 99-3) e CEI 64-8;V1

Provvedimenti per evitare potenziali trasferiti

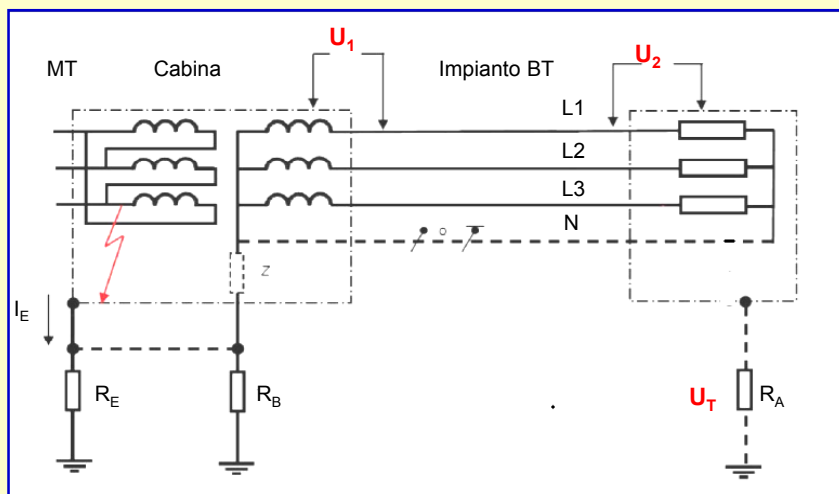
- **Alimentazione BT completamente all'interno di cabine AT:** gli impianti di terra AT e BT devono essere interconnessi;
- **Alimentazioni in BT uscenti o entranti in cabine AT:** se non si è in presenza di un impianto di terra globale, occorre rispettare i requisiti minimi riportati nella Tabella 2 della Norma CEI e nella Norma CEI 64-8;V1 2013-07.
- **Impianti di terra BT nell'area d'influenza dell'impianto di terra di una cabina AT:** occorre fare delle specifiche valutazioni.



Norma EN 50522 (CEI 99-3) e CEI 64-8;V1

Interconnessione impianti BT al di fuori di un sistema di messa a terra in AT: **Sistema TT: distribuzione pubblica**

CONDIZIONE: $U_E \leq 500 \text{ V}$ ($t_f \leq 5\text{s}$), $U_E \leq 250 \text{ V}$ ($t_f > 5\text{s}$), neutro connesso all'impianto di terra in AT

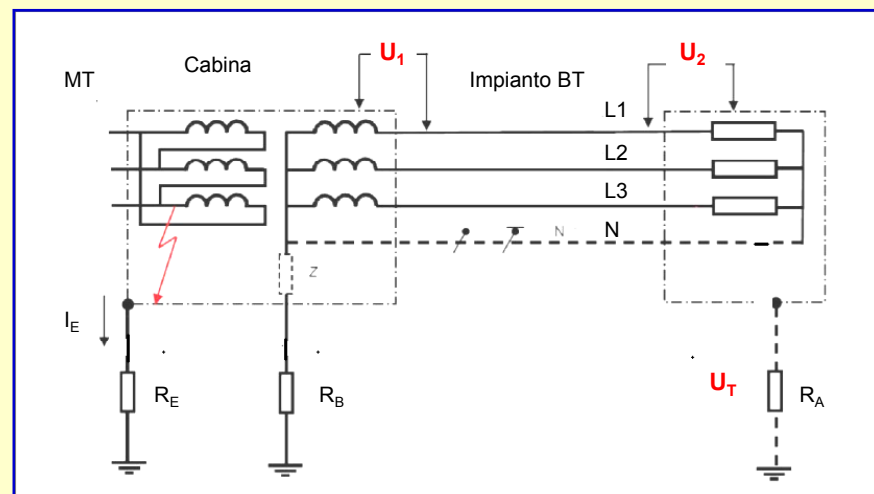


$$U_1 = U_0,$$

$$U_2 = [(R_E \times R_B) / (R_E + R_B)] \times I_E + U_0,$$

U_T : non applicabile

CONDIZIONE: $U_E \geq 500 \text{ V}$ ($t_f \leq 5\text{s}$), $U_E \geq 250 \text{ V}$ ($t_f > 5\text{s}$), neutro separato all'impianto di terra in AT



$U_1 = R_E \times I_E + U_0$; l'apparecchiatura deve sopportare tale tensione CEI 64-8;V1.

$$U_2 = U_0,$$

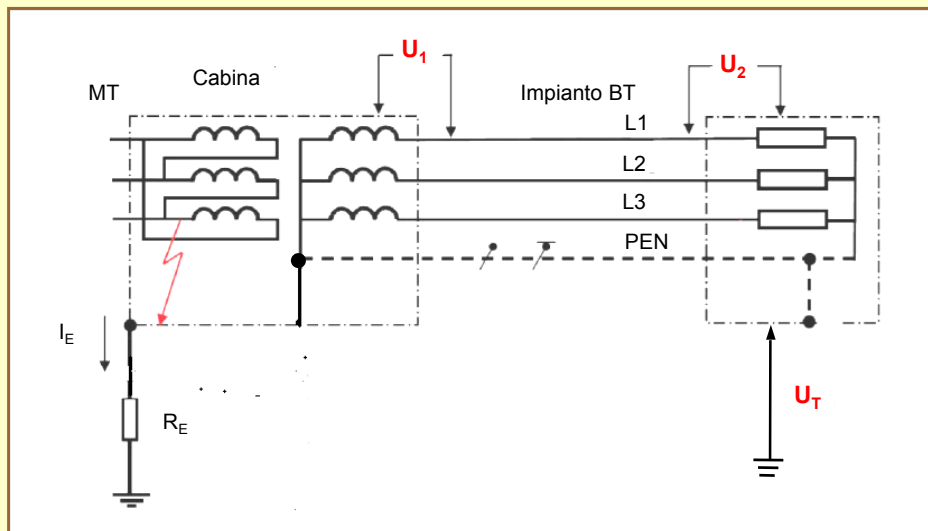
U_T : non applicabile

Norma EN 50522 (CEI 99-3) e CEI 64-8;V1

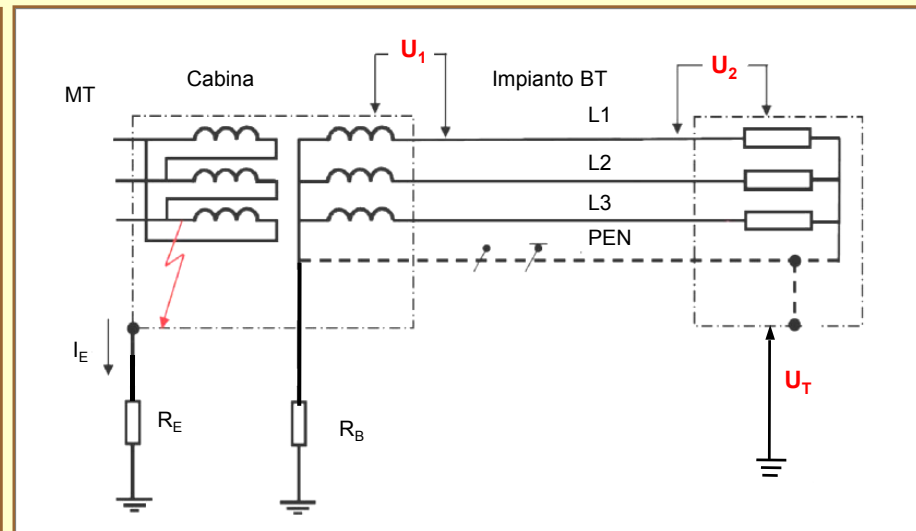
Interconnessione impianti BT al di fuori di un sistema di messa a terra in AT: Sistema TN: impianti utilizzatori

CONDIZIONE: $U_E \leq U_{Tp}$ o $U_T \leq U_{tp}$, neutro connesso all'impianto di terra in AT

CONDIZIONE: $U_T > U_{Tp}$, neutro separato all'impianto di terra in AT



$$U_1 = U_0, \quad U_2 = U_0, \quad U_T: \leq U_{Tp}$$



$U_1 = R_E \times I_E + U_0$; l'apparecchiatura deve supportare tale tensione; CEI 64-8;V1.

$$U_2 = U_0,$$

U_T : non applicabile

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Dimensionamento con riferimento al comportamento termico dei dispersori e dei conduttori

- ✚ corrente di guasto da considerare per sistemi a neutro isolato e con messa a terra risonante: corrente di doppio guasto monofase a terra (I_{KEE}^{II});
- ✚ durata del guasto a terra: tempo di intervento delle protezioni di ricalzo.

Materiale conduttore	Sezioni minime (mm ²) in funzione di t_f		
	120 ms	170 ms	500 ms
Rame	16	19	32
Alluminio	24	28	48
Acciaio	45	53	91

I VALORI DI CUI SOPRA SONO RIFERITI AD UNA CORRENTE DI CORTO CIRCUITO DI 10 kA

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Dimensionamento con riferimento alla corrosione e alle sollecitazioni meccaniche

Sezione minime dei conduttori di terra ed equipotenziali:

TIPO DI CONDUTTORE	SEZIONE MINIMA [mm ²]
Rame	16
Alluminio	35
Acciaio	50
Rame per m.a.t. TA e TV	2,5 se protetto mecc.
	4 se non protetto mecc.

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

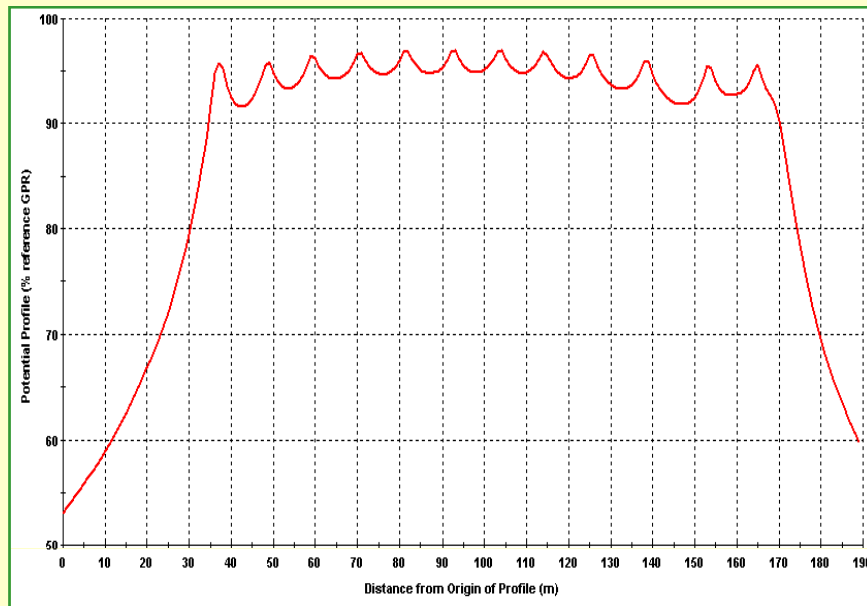
Dimensioni minime dei dispersori in funzione del tipo di materiale

Materiale	Tipo di dispersore	Dimensione minima					
		Diametro [mm]	Corpo Sezione trasversale [mm ²]	Spessore [mm]	Rivestimento/guaina Valori singoli [μm] Valori medi [μm]		
Acciaio	zincato a caldo	Piattina ⁽²⁾		90	3	63	70
		Profilato (inclusi i piatti)		90	3	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	con guaina di piombo ⁽¹⁾	Tondo per dispersore orizzontale	8			1000	
	con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2000	
	con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14.02			90	100
Rame	nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25 ⁽³⁾			
		Corda	1,8 ^(*)	25			
		Tubo	20		2		
	stagnato	Corda	1,8 ^(*)	25		1	5
	zincato	Piattina		50	2	20	40
	con guaina di piombo ⁽¹⁾	Corda	1,8 ^(*)	25		1000	
		Filo tondo		25		1000	
(*) per cavetti singoli (1) non idoneo per posa diretta in calcestruzzo (2) piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati (3) in condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm ²							

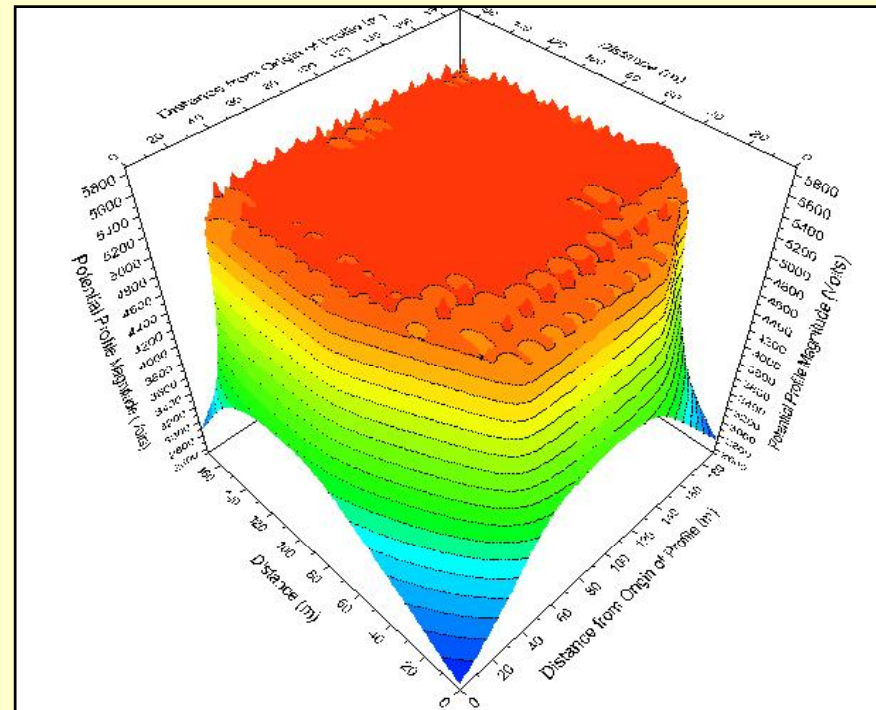
Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Dimensionamento impianto di terra di un sistema AT

PROFILO MEDIANO DEL POTENZIALE SULLA SUPERFICIE PER DISPENSORE A MAGLIA DI STAZIONE AT



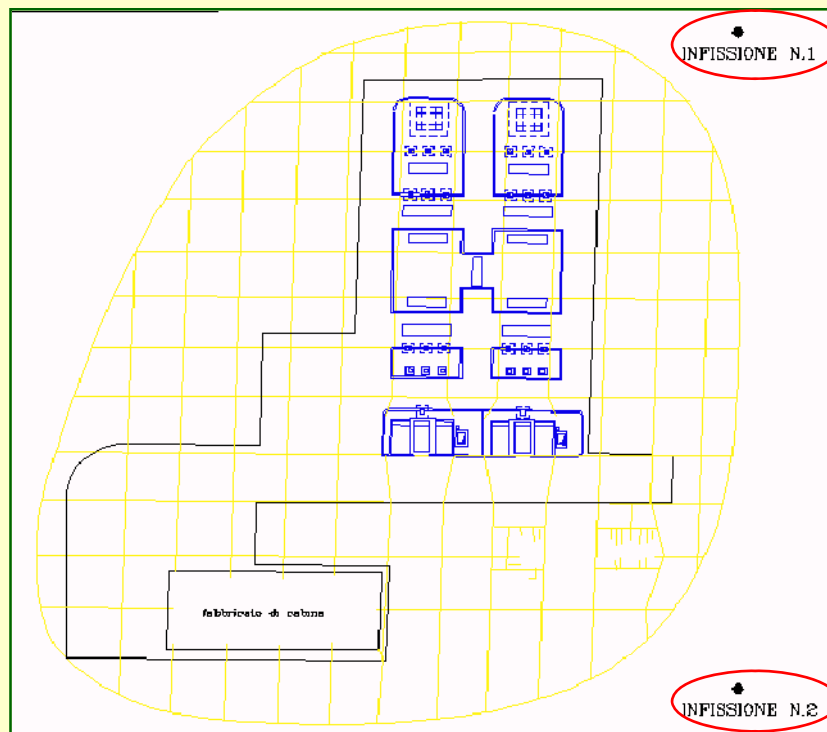
ANDAMENTO DEI GRADIENTI DI TENSIONE DI UN DISPENSORE A MAGLIA DI STAZIONE AT



Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Dimensionamento impianto di terra di un sistema AT

DISPERSORI DI PROFONDITA': bonifica di un impianto esistente



R_E : valore iniziale 2,61 Ω
 R_E : valore dopo infissione di due
dispersori da 110 m e 124 m:
0,463 Ω

R. Andolfato, R. Turri, G. Guizzo, M. Piva: *Nuove soluzioni per la bonifica e la realizzazione di dispersori per le reti elettriche gestite con centro stella a terra*, *L'Energia Elettrica* gennaio-marzo 1999

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Posti di trasformazione su palo

➤ **Allegato G, punto G.4:** i **trasformatori MT/BT** devono essere messi a terra.

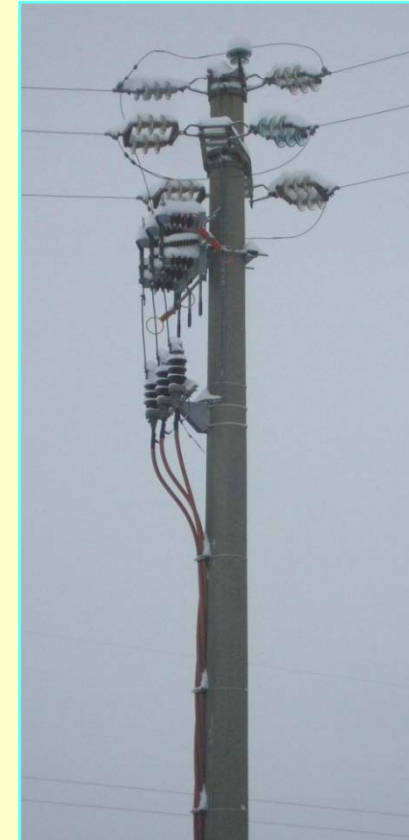
“Nei casi in cui sul palo è installato il solo trasformatore, un impianto di terra semplice (ad esempio un picchetto, un dispersore ad anello o la stessa base del palo, se metallico) soddisfa le prescrizioni per la messa a terra del trasformatore”



Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Posti di sezionamento su palo

- Allegato G, punto G.4: le **apparecchiature di manovra e sezionamento** montate su pali in acciaio od in altro materiale conduttore o in cemento armato devono essere collegate a terra. Sull'area del posto di manovra devono essere soddisfatti i valori delle tensioni di contatto ammissibile (U_{TP}), ciò può essere soddisfatto ad es. da una delle seguenti condizioni:
- progetto impianto di terra;
 - collegamento equipotenziale per mezzo di un tappetino di terra;
 - isolamento del posto di manovra;
 - uso di apparecchiature isolanti (ad. attrezzi isolanti, guanti o tappetini) quando vengono eseguite le manovre;
 - combinazione tra le misure descritte.



La norma CEI 99-3 considera anche le **apparecchiature di manovra montate su pali di materiale non conduttore**: l'Allegato G, punto G.4 riporta le relative prescrizioni

Installazione dei cavi MT interrati

► Funzioni dello schermo metallico dei cavi MT

- ✓ ricondurre al potenziale di terra la parte esterna del cavo, al fine sia del corretto funzionamento del cavo stesso che della sicurezza delle persone;
- ✓ contenere il campo elettrico all'interno del cavo;
- ✓ condurre la corrente capacitiva;
- ✓ condurre la corrente di guasto a terra del sistema elettrico.

INSTALLAZIONE DEI CAVI MT INTERRATI

➔ Messa a terra dello schermo metallico dei cavi MT

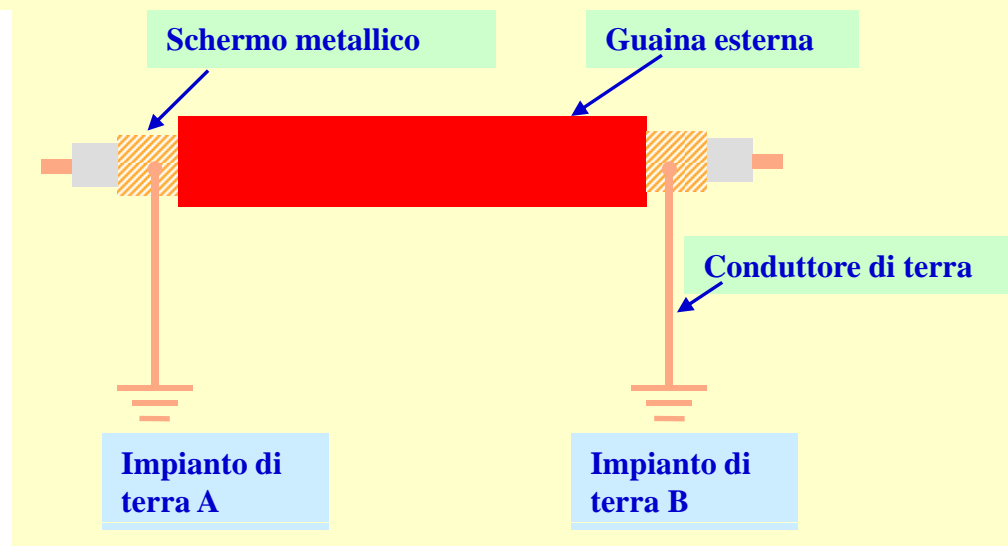
Norma CEI 11-17 punto 5.3.2

“Tutti i rivestimenti metallici dei cavi devono essere messi a terra almeno alle estremità di ogni collegamento, per collegamenti di grande lunghezza è pure raccomandabile la messa a terra del rivestimento metallico in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km.

Per collegamenti corti, in genere non superiori al km, è pure consentita la messa a terra del rivestimento metallico in un sol punto purchè vengano adottate le seguenti precauzioni:

- in corrispondenza delle terminazioni e delle interruzioni dei rivestimenti metallici, se accessibili, devono essere applicate opportune protezioni atte ad evitare tensioni di contatto superiori ai valori ammessi dalla Norma CEI EN 50522; in caso di lavori valgono le precauzioni di cui al successivo 5.3.3;
- la guaina non metallica di protezione del cavo deve essere in grado di sopportare la massima tensione totale di terra dell'impianto di terra al quale il rivestimento metallico è collegato.

NOTA Un esempio di messa a terra in un sol punto si verifica quando i rivestimenti metallici dei cavi di media tensione devono essere interrotti, per es. al fine di evitare il trasferimento di tensioni di terra.”



Installazione dei cavi MT interrati

➔ Messa a terra dello schermo metallico dei cavi MT

Norma CEI 0-16, punto 8.5.5-Impianto di terra sotteso all'impianto di consegna

“... Nelle connessioni realizzate in cavo con almeno 3 (tre) cabine utente/cabine secondarie i cui schermi risultino collegati tra di loro, il Distributore deve collegare gli schermi dei cavi all'impianto di terra della cabina Utente, salvo diversa e motivata comunicazione del Distributore stesso.

A tale impianto devono essere collegate anche le masse delle apparecchiature funzionalmente di pertinenza del Distributore.

A tale scopo nel locale adibito all'impianto di rete per la consegna deve essere previsto un apposito morsetto per il collegamento delle masse delle apparecchiature del Distributore....”

Installazione dei cavi MT interrati

➤ Messa a terra dello schermo metallico dei cavi MT

Norma CEI 11-17, punto 4.2.3 Dimensionamento degli schermi, delle guaine e delle armature metalliche

Condizioni da considerare:

- ✓ la corrente di corto circuito da considerare è quella di tipo doppio monofase a terra, pari all'85% della corrente iniziale simmetrica di corto circuito trifase;
- ✓ per durate del guasto inferiori/uguali a 5 secondi il fenomeno è da considerarsi del tipo adiabatico;
- ✓ cavo funzionante alle condizioni nominali.

Determinazione della sezione degli schermi (sovracorrente praticamente costante):

$$S \geq \sqrt{\frac{I^2 t}{K^2}}$$

- dove:
- I: corrente di corto circuito doppio monofase a terra;
 - t: tempo di permanenza del guasto a terra;
 - K: coefficiente che dipende dalle caratteristiche del cavo.

Installazione dei cavi MT interrati

➤ Messa a terra dello schermo metallico dei cavi MT

Norma CEI 11-17, punto 4.2.3 Dimensionamento degli schermi, delle guaine e delle armature metalliche

Esempio di determinazione della corrente di guasto ammissibile:

Condizioni considerate:

- cavo tipo RG7H1E 12/20 kV;
- schermo in rame, sezione 16 mm²;
- temperatura del conduttore: 90 °C;
- temperatura finale di corto circuito: 250 °C;
- tempo di permanenza del guasto: 170 ms;
- coefficiente K: 149.

$$I = \sqrt{\frac{(K^2 s^2)}{t}} \quad \Rightarrow \quad I = \sqrt{\frac{(149^2 \times 16^2)}{0,17}} = 5782 \text{ A}$$

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Impianto di terra globale

- Sono “intrinsecamente sicuri”
- Non si misurano resistenze di terra e tensioni di contatto e passo
- Le verifiche consistono al solo controllo dell'efficienza delle connessioni (non di continuità)
- Esclusivamente negli impianti di terra esposti a corrosione: controllare in particolare le giunzioni

CONDIZIONI NECESSARIE:

- Impianti di terra interconnessi elettricamente
- Alta densità di cabine
- Assenza di tensioni di contatto pericolose

L'impianto di terra globale non è piu' *“limitata alle reti di trasmissione e di distribuzione del distributore pubblico,*”, (vedasi punto 2.7.14.5 della Norma CEI 11-1).

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Misura delle tensioni di contatto

Per la misura delle tensioni di contatto, nel caso in cui non vengano considerate le resistenze aggiuntive, la Norma CEI 11-1, prevedeva che anziché utilizzare un elettrodo si poteva utilizzare una sonda infissa nel terreno.

La Norma CEI EN 50522, precisa che tale sonda deve essere inserita nel terreno per almeno 20 cm.

Verifiche dell'impianto di terra

Le norme prevedono la verifica iniziale *“quando necessario”*. Per le verifiche periodiche non fanno alcun riferimento alla periodicità delle verifiche, ma riporta *“...da eseguire periodicamente o a seguito di importanti modifiche riguardanti i requisiti fondamentali o anche prove di continuità.”*

Norma EN 50522 (CEI 99-3)

Ispezione dell'impianto di terra

Le norme riportano entrambe il seguente testo:

“La costruzione dell'impianto di terra deve essere eseguita in modo da poterne verificare le condizioni periodicamente mediante ispezione. Si devono considerare mezzi appropriati quali scavi in punti scelti ed esami a vista.”