



ANAS S.p.A.

Direzione Generale

DG 41/08

LAVORI DI COSTRUZIONE DEL 3° MEGALOTTO DELLA S.S. 106 JONICA - CAT. B -
DALL'INNESTO CON LA S.S. 534 (km 365+150) A ROSETO CAPO SPULICO (km 400+000)

PROGETTO ESECUTIVO

IMPIANTI TECNOLOGICI

GALLERIA TREBISACCE

Relazione di calcolo e dimensionamento dell'impianto di terra e verifica sull'impianto
di protezione da scariche atmosferiche

CONTRAENTE GENERALE:

Società di Progetto

SIRJO S.C.p.A.

Presidente:

Dott. Arch. Maria Elena Cuzzocrea

PROGETTAZIONE :



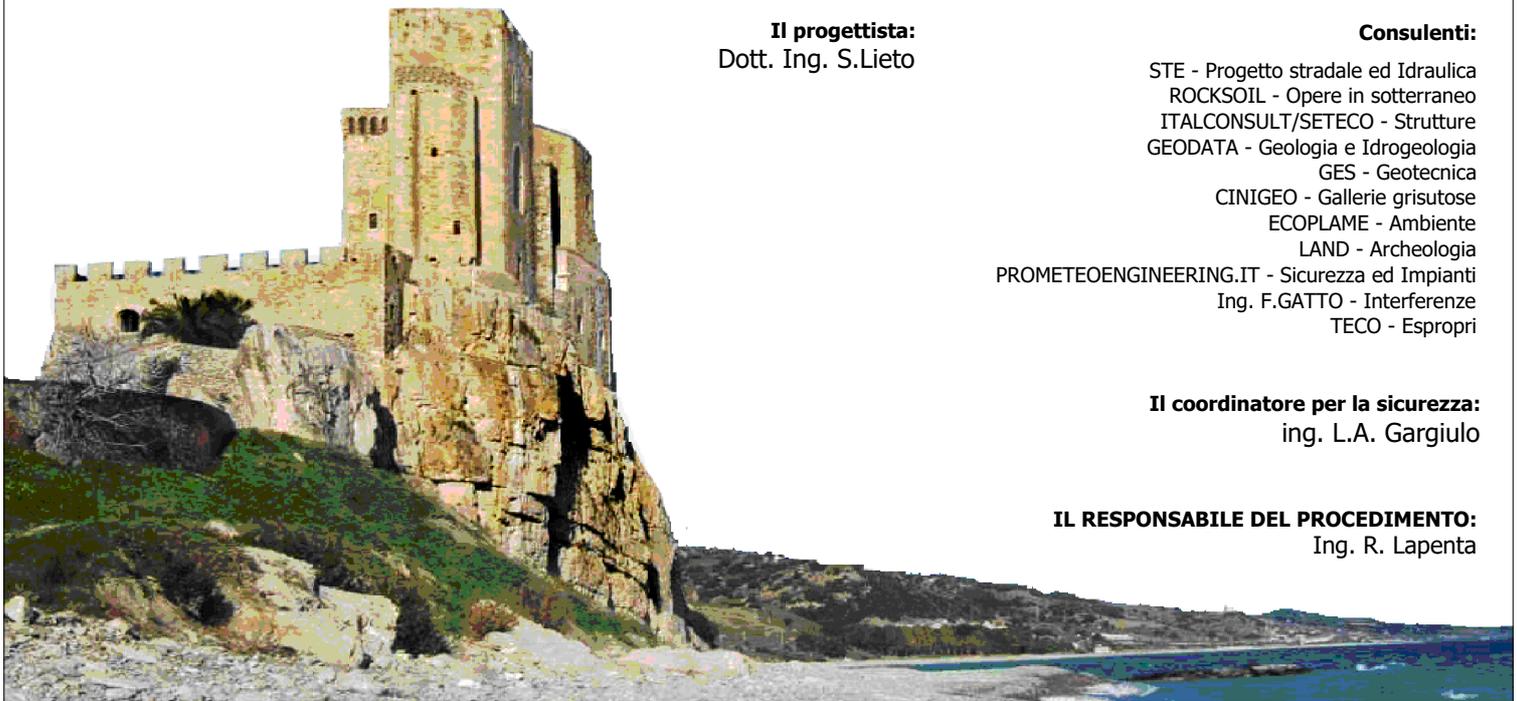
Il progettista:
Dott. Ing. S.Lieto

Consulenti:

- STE - Progetto stradale ed Idraulica
- ROCKSOIL - Opere in sottterraneo
- ITALCONSULT/SETECO - Strutture
- GEODATA - Geologia e Idrogeologia
- GES - Geotecnica
- CINIGEO - Gallerie grisutose
- ECOPLAME - Ambiente
- LAND - Archeologia
- PROMETEOENGINEERING.IT - Sicurezza ed Impianti
- Ing. F.GATTO - Interferenze
- TECO - Espropri

Il coordinatore per la sicurezza:
ing. L.A. Gargiulo

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Ing. R. Lapenta



Rep.: P/19-01

Scala di rappresentazione: -:----

Codice Progetto:

Codice Elaborato:

L	O	7	1	6	C	E	1	9	0	1	T	0	3	I	M	1	1	I	M	P	R	E	0	4	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A	15.04.2019	Emissione	Ing M. Mirabito	Ing M. Minunno	Ing A. Focaracci
B	08.09.2019	Emissione per validazione	Ing M. Mirabito	Ing M. Minunno	Ing A. Focaracci

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOCX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 08.09.2019	<i>Pag.</i> 1 di 17
--	--	----------------------------	------------------------

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO TERRA	3
2.1.	I Dispersori	5
2.2.	Collettore di terra	5
2.3.	Conduttore di terra	6
2.4.	Conduttori di protezione	6
2.5.	Collegamenti equipotenziali	8
2.6.	Calcolo della resistenza di terra	9
3.	ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE	17

ALLEGATI:

- **Allegato 1 - Analisi Valutazione dei rischi per la cabina CE1**
- **Allegato 2 - Analisi Valutazione dei rischi per la cabina CE2**
- **Allegato 3 - Analisi Valutazione dei rischi per la cabina CEF**

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOCX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 08.09.2019	<i>Pag.</i> 2 di 17
--	--	----------------------------	------------------------

1. PREMESSA

Il presente documento intende illustrare procedimenti e risultati dei dimensionamenti dell'impianto di messa a terra della galleria e delle valutazioni sulla necessità di provvedere a un sistema di protezione dalle scariche atmosferiche per la cabina elettrica in esterno.

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOCX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 08.09.2019	<i>Pag.</i> 3 di 17
--	---	----------------------------	------------------------

2. RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO TERRA

L'impianto di terra sarà realizzato per proteggere il personale, addetto e non addetto alla gestione, da eventuali contatti indiretti con apparecchi sotto tensione .

L'impianto di dispersione terra è finalizzato al collegamento, ad un unico impianto disperdente, di tutte le parti metalliche conduttrici e accessibili dell'impianto elettrico (collegamento o messa a terra di protezione).

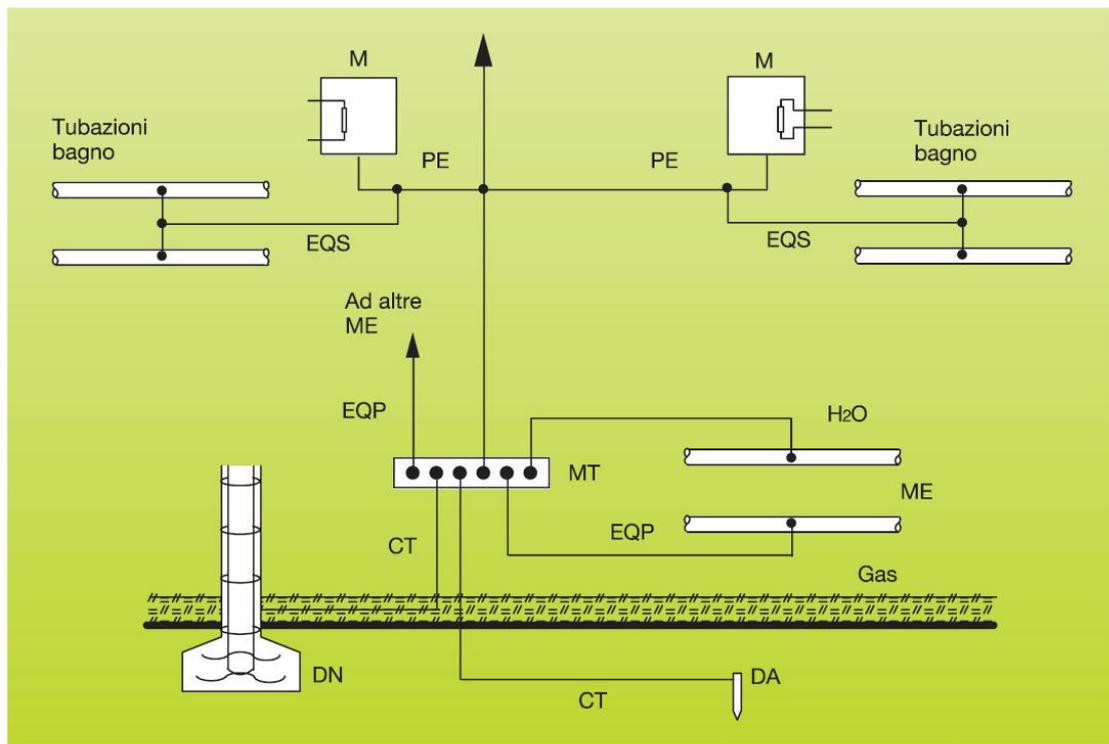
La messa a terra di protezione, coordinata con un adeguato dispositivo di protezione, ad esempio il relè differenziale, realizza il metodo di "protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione" che è il metodo correntemente utilizzato contro i contatti indiretti.

Scopo dell'impianto di terra è di convogliare verso terra la corrente di guasto, provocando l'intervento del dispositivo di protezione che provvede all'automatica interruzione della corrente di guasto, evitando il permanere di tensioni pericolose sulle masse.

Negli impianti di media tensione con cabina di trasformazione di proprietà dell'utente, il conduttore di protezione viene solitamente collegato al centro stella del secondario del trasformatore, affinché in presenza di un guasto su una massa del circuito di bassa tensione, la corrente si possa chiudere attraverso il conduttore di protezione, senza interessare il dispersore; quest'ultimo deve essere dimensionato in funzione di guasti che si possono verificare sul circuito di alimentazione di media tensione

Di seguito è rappresentata la struttura schematica dell'impianto di terra nel caso:

Codifica: LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOXX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	Data: 08.09.2019	Pag. 4 di 17
---	--	---------------------	-----------------



Genericamente esso sarà realizzato con una serie di dispersori in acciaio zincato a caldo, infissi nel terreno, e con un cavo (conduttore di terra) per il collegamento tra l'impianto disperdente ed il collettore di terra. Il dettaglio della distribuzione dell'impianto di terra è prodotto nel disegno allegato: lo scopo finale è quello di costruire un efficiente sistema di dispersione tutto intorno al complesso.

A questa rete di protezione sono state collegate tutte le masse metalliche esistenti, le ringhiere esterne e le carcasse di tutti i macchinari presenti (motori, pompe di sollevamento per acque nere, autoclavi, etc.).

Fanno parte, infine, dell'impianto di terra uno o più collettori di terra costituiti da una barra in rame o, equivalentemente da una morsettiera di apposite dimensioni, situati nella cabina elettrica o in una cassetta separata in prossimità delle nicchie all'interno del tunnel.

A tali collettori di terra sono collegati i conduttori di protezione, il conduttore di terra, e i cavi che provvedono ai collegamenti equipotenziali.

Tutti i conduttori dell'impianto di terra, se costituiti da cavi isolati, devono essere facilmente identificabili mediante colorazione della guaina isolante (colore giallo-verde).

L'impianto di terra dovrà essere conforme alla norma 64-8 ed alle norme di prevenzione degli infortuni sul lavoro.

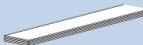
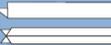
<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOXX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 08.09.2019	<i>Pag.</i> 5 di 17
--	--	----------------------------	------------------------

2.1. I Dispensori

Il dispersore del tipo a picchetto sarà costituito da un profilato del tipo a croce di acciaio zincato a caldo con 5 mm di spessore 50 mm di dimensione trasversale e della lunghezza complessiva di mt 1.50.

Ogni dispersore di tale tipo sarà infisso nel terreno ad una profondità di mt 0.50 ed sarà posto in un pozzetto del tipo ispezionabile in PVC di dimensioni, almeno, 40x40.

Tab. 8.1 - Requisiti dell'impianto di terra

Tipo	Figura	Materiale			
		Acciaio zincato a caldo		Rame	
		Spessore (mm)	Sezione (mm ²)	Spessore (mm)	Sezione (mm ²)
Piastra		3	–	3	–
Tondino		–	50	–	35
Conduttore cardato		–	50 ⁽¹⁾	–	35 ⁽¹⁾
Nastro		3	100	3	50
		Spessore (mm)	Diametro esterno (mm)	Spessore (mm)	Diametro esterno (mm)
Picchetto massiccio		–	20	–	15 ⁽²⁾
Picchetto tubolare		2	40	3	30
Picchetto profilato		5	50 ⁽³⁾	5	50 ⁽³⁾

(1) Il diametro di ciascun filo deve essere inferiore a 1,8 mm.

(2) Per i soli dispersori a picchetto massiccio è prevista dalla normativa anche la realizzazione in acciaio rivestito di rame con diametro esterno minimo del dispersore di 15 mm.

(3) Dimensione trasversale del profilato (mm).

2.2. Collettore di terra

I collettori di terra sono costituiti da piastre in rame trattato o da una morsettiera di opportune dimensioni a cui sono stati imbullonati i conduttori di terra, i conduttori di protezione, i collegamenti equipotenziali principali e secondari.

I collettori di terra saranno sufficientemente robusti e saranno situati nelle posizioni indicate nella apposita tavola.

Tutti i collegamenti di cui sopra dovranno essere effettuati con opportuni dadi o viti di serraggio tra i conduttori ed i collettori di terra.

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOCX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 08.09.2019	<i>Pag.</i> 6 di 17
--	--	----------------------------	------------------------

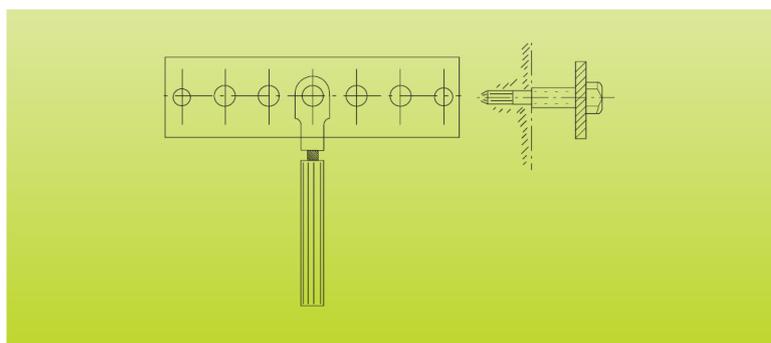


Fig. 8/4 - Esempio di collettore principale di terra

2.3. Conduttore di terra

Esso è costituito da un filo di rame isolato che collega i collettori di terra alla maglia di terra esistente attorno allo stabile.

Sarà del tipo N07V - K, avrà una sezione minima pari a 16 mm² (Norma 64-8) e sarà contrassegnato con il colore giallo- verde.

Tab. 8.2 - Sezioni minime dei conduttori di terra

	Rame [mm ²]	Acciaio zincato [mm ²]
Non protetto contro la corrosione	25	50
Protetto contro la corrosione, ma senza protezioni meccaniche	16	16
Protetto sia contro la corrosione sia meccanicamente	Si applica la Tab. 8.3	

2.4. Conduttori di protezione

Sono i conduttori che provvedono al collegamento tra le varie masse con il collettore principale di terra.

Essi possono essere anche comune a più utenze.

Sono stati posati conduttori di protezione del tipo N07V - K o anime giallo/verdi di cavi multipolari con la seguente sezione:

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOCX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 08.09.2019	<i>Pag.</i> 7 di 17
--	--	----------------------------	------------------------

Tab. 8.3 - Sezioni minime convenzionali dei conduttori di protezione

Sezione dei conduttori di fase S [mm ²]	Sezione minima del conduttore di protezione S_p [mm ²]
$S_f \leq 16$	$S_p = S_f$
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_p = S_f / 2$

Nota: quando il conduttore di protezione non fa parte della stessa condotta dei conduttori di fase, la sua sezione non deve essere minore di:
2,5 mm² se è protetto meccanicamente
4 mm² se non è prevista una protezione meccanica.

Nel caso che il conduttore di protezione sia comune a più impianti utilizzatori si dovrà scegliere una sezione uguale alla più grande sezione delle utilizzazioni servite.

Codifica: LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOCX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	Data: 08.09.2019	Pag. 8 di 17
--	--	----------------------------	------------------------

2.5. Collegamenti equipotenziali

Tutte le masse metalliche presenti e già sopra identificate, così come i tubi della rete idrica e del gas, i serbatoi dell'acqua e le ringhiere, le strutture portanti in acciaio, la rubinetteria dei bagni, le docce esterne ed interne sono state collegate efficacemente a terra tramite dei collegamenti equipotenziali costituiti da cavi del tipo N07V-K di sezione minima di 6 mmq e colore giallo-verde.

I collegamenti equipotenziali secondari sono stati realizzati tramite cavi del tipo N07V-K 1x4 di colore giallo-verde.

Tab. 8.4 - Sezioni minime convenzionali dei conduttori equipotenziali

	Conduttore equipotenziale principale	Conduttore equipotenziale supplementare
(1) S_{p1} = Sezione del conduttore di protezione, la più elevata tra quella dei conduttori di protezione dell'impianto	$S_{eq} = \frac{S_{p1}^{(1)}}{2}$ - con un minimo di 6 mm ² - con un minimo di 25 mm ² se il conduttore è di rame o di altro materiale di pari conduttanza (o impedenza)	$S_{eqs} = S_{p2}^{(2)}$ se collega due masse
(2) S_{p2} = Sezione del conduttore di protezione più piccolo collegato alle masse		$S_{eqs} = \frac{S_{p3}^{(3)}}{2}$ se collega una massa ad una massa estranea
(3) S_{p3} = Sezione del corrispondente conduttore di protezione da cui deriva.		

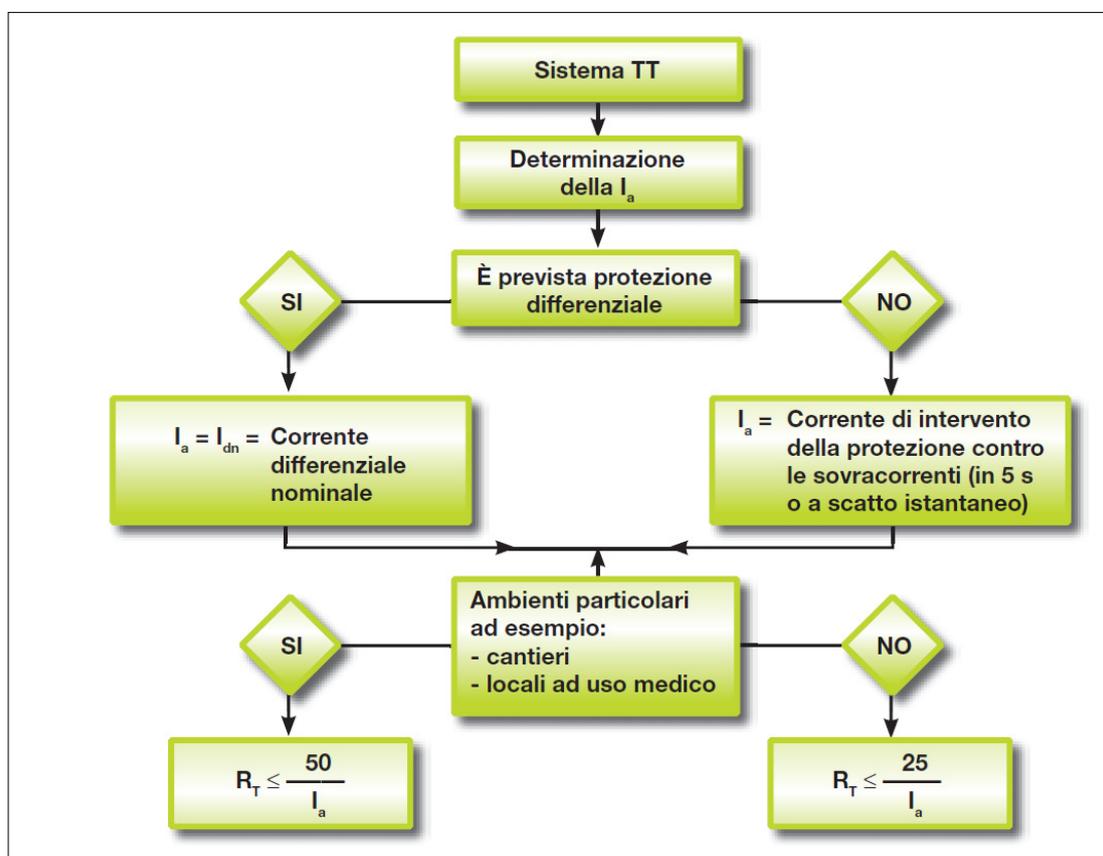
Codifica: LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOCX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	Data: 08.09.2019	Pag. 9 di 17
--	--	----------------------------	------------------------

2.6. Calcolo della resistenza di terra

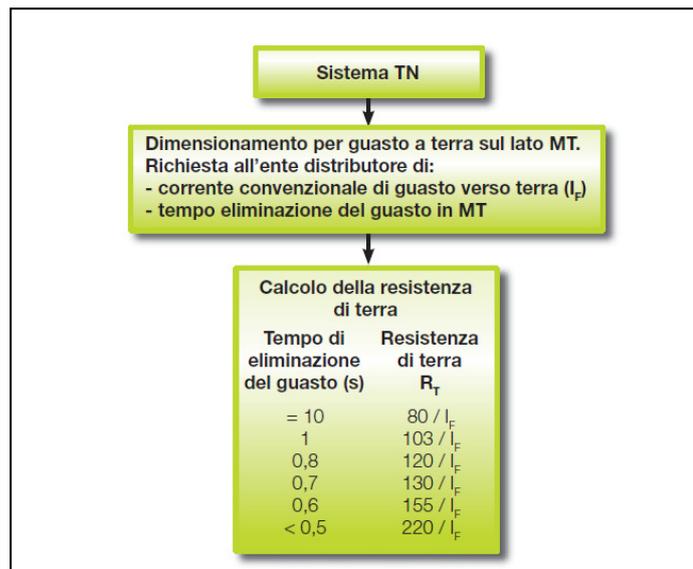
L'impianto di terra deve rispettare le prescrizioni delle norme CEI 64-8 e del decreto 547 sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro.

Innanzitutto è necessario individuare il valore della resistenza di terra che può essere dedotto seguendo le indicazioni riportate al capitolo 2 della Guida CEI 64-12 ("Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario"). La Guida, in funzione del sistema di distribuzione TT o TN, sintetizza il processo di determinazione del valore della resistenza di terra che deve essere soddisfatto.

Di seguito sono rappresentati i diagrammi di flusso nel caso in cui la connessione sia in BT ed in MT:



A1. Diagramma di flusso per il calcolo della resistenza di terra per sistemi TT



A2. Diagramma di flusso per il calcolo della resistenza di terra per sistemi TN-S

Essendo il sistema di tipo TN-S deve essere verificata la condizione:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove:

Z_s = Impedenza del circuito (anello) di guasto, che comprende la sorgente (generalmente il trasformatore), il conduttore attivo fino al punto di guasto e il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente [Ohm]

I_a = corrente che provoca l'intervento dell'interruttore automatico entro un tempo definito, che dipende dal tipo di circuito (di distribuzione o terminale) e dalla tensione nominale del sistema verso terra [A].

Nel caso dei circuiti di distribuzione la I_a è la corrente che provoca l'intervento dell'interruttore in un tempo di 5 s. Nel caso di circuiti terminali la I_a è la corrente che provoca l'intervento dell'interruttore nei tempi riportati nella seguente tabella:

Tensione di fase del sistema U_0 (V)	Tempo d'intervento massimo dell'interruttore (s)
120	0,8
230	0,4
400	0,2

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOCX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 08.09.2019	<i>Pag.</i> 11 di 17
--	--	----------------------------	-------------------------

> 400

0,1

Nel caso in cui di interruttore differenziale, la I_a è la sua corrente differenziale nominale [A].

U_0 = tensione nominale del sistema verso terra (tensione fra fase e terra) [V]

Perché la protezione dai contatti indiretti sia garantita occorre che la corrente per guasto a massa I_g sia superiore alla soglia d'intervento I_m dello sganciatore magnetico dell'interruttore:

$$I_g \geq I_m$$

In questo modo la corrente di guasto viene ad assumere le caratteristiche di una corrente di corto circuito fra conduttore di fase e conduttore di protezione e l'interruttore interviene in tempi inferiori a quelli riportati nella precedente tabella (intervento istantaneo dovuto allo sganciatore magnetico).

La corrente di guasto può essere calcolata con la stessa formula già usata per il calcolo della corrente di corto circuito minima:

$$I_g = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S_F}{1,5 \cdot \rho \cdot L_c} \cdot \frac{1}{1+m} \cdot K_x$$

dove:

- 0,8 = coefficiente che tiene conto del presumibile abbassamento della tensione per effetto del corto circuito
- U_0 = tensione del circuito di guasto = tensione di fase (tensione fra conduttore di fase e conduttore di protezione) [V]
- S_F = sezione del conduttore di fase [mm²]
- 1,5 = fattore che tiene conto dell'incremento della resistività del cavo dovuto all'aumento di temperatura durante il corto circuito
- ρ = resistività del conduttore a 20°C [per il rame 0,0178 Ohm mm²/m]
- L_c = lunghezza della condotta [m]
- $m = S_F/S_{PE}$ = rapporto fra le sezioni del conduttore di fase e del conduttore di protezione

Rispetto alla sezione del conduttore di fase, la sezione del conduttore di protezione può essere scelta nel modo indicato nella seguente tabella:

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOCX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 08.09.2019	<i>Pag.</i> 12 di 17
--	---	----------------------------	-------------------------

Sezione del conduttore di fase SF (mm ²)	Sezione del conduttore di protezione SPE (mm ²)
SF = 16	SPE = SF
16 < SF ≤ 35	SPE = 16
SF > 35	SPE = SF/2

K_x = coefficiente che tiene conto della reattanza del cavo e che, a seconda della sezione del conduttore di fase, assume vari valori:

E quindi:

$$\frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S_F}{1,5 \cdot \rho \cdot L_c} \cdot \frac{1}{1+m} \cdot K_x \geq I_m$$

Dalla relazione precedente si può ricavare la lunghezza massima della conduttura L_{MAX} che assicura la protezione dai contatti indiretti:

$$L_{MAX} = L_c \leq \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S_F}{1,5 \cdot \rho \cdot I_m} \cdot \frac{1}{1+m} \cdot K_x$$

Se la condizione non è verificata si può agire in diverse direzioni:

- intervenendo sull'interruttore diminuendo la soglia d'intervento I_m dello sganciatore magnetico;
- intervenendo sulla conduttura aumentando la sezione dei cavi: prima quella SPE del conduttore di protezione (se inferiore a SF), quindi quella SF dei conduttori di fase;
- se i provvedimenti precedenti non permettono di assicurare la protezione dai contatti indiretti, bisogna ricorrere ad un interruttore differenziale: è, in genere, sufficiente adottarne uno a bassa sensibilità con I_{Δn} = (1..3) A. Questa soluzione è particolarmente indicata per quei circuiti terminali che sono suscettibili di frequenti modifiche o che alimentano prese di corrente alle quali sono collegati cavi flessibili di cui non si conosce né la sezione, né la lunghezza.

Come protezioni contro i contatti indiretti, all'interno dei vari quadri elettrici, sui circuiti terminali, si sono utilizzati interruttori magnetotermici differenziali con sensibilità variabile, a seconda dei casi, da 30 mA a 500 mA.

L'utilizzo di dispositivi differenziali abbinati al sistema di distribuzione del tipo TN-S (che prevede la realizzazione di conduttori di protezione separati verso ogni massa) rende l'intero

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOCX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 08.09.2019	<i>Pag.</i> 13 di 17
--	---	----------------------------	-------------------------

sistema di rilevazione dei guasti più efficiente: infatti nel caso di un guasto verso massa, essendo il PE collegato al collettore di terra a cui è collegato anche il neutro (centro stella dei trasformatori), il guasto a terra si trasforma in un corto circuito tra fase e neutro. In tal caso l'anello di guasto deve garantire che fluisca nel circuito una corrente tanto elevata da fare intervenire il dispositivo di protezione (differenziale): per una corrente differenziale di 30 mA la resistenza dell'anello di guasto dovrebbe essere inferiore a circa 8 kOhm, valore ampiamente verificato nelle condizioni normali (anello di guasto dell'ordine dei mOhm).

Come detto il sistema di distribuzione dell'energia è del tipo TN-S con messa a terra del neutro in cabina e conduttori di protezione separata.

Il progetto la verifica e l'esecuzione dell'impianto di terra in prossimità della cabina elettrica, rispondono, inoltre, alle prescrizioni contenute nelle norme CEI 11-1 relative agli impianti elettrici con tensione superiore a 1000 V.

Nel progetto relativo all'impianto di terra del complesso si farà riferimento alla corrente IG definita come la corrente di guasto monofase a terra; ciò è stato ipotizzato vista la relativa facilità di acquisizione di tale dato direttamente all'ENEL ed al vantaggio in termini di sicurezza, che tale scelta comporta.

Le correnti di guasto a terra (IG) sulla MT sono interrotte in un tempo che dipende dalle caratteristiche del guasto e dal sistema di protezione previsto. L'impianto di terra deve essere dimensionato, in relazione ai tempi di intervento delle protezioni in MT, in modo che il valore della sua resistenza e la geometria del dispersore sia tale da permettere di contenere le tensioni di passo (UP) e di contatto (UC), sia all'interno sia all'esterno della cabina. L'andamento dei valori delle tensioni di contatto ammessi UC (V) (UTP secondo la nuova norma CEI 11-1) in funzione della durata del guasto tF (s) sono riportati nella curva di fig. 14.13 e riassunti nella tabella 14.2.

La curva rappresenta il valore della tensione che può essere applicata al corpo umano da mano nuda a piedi nudi, con un valore dell'impedenza del corpo umano avente una probabilità pari al 50 % di non essere superata dalla popolazione, con una curva corrente tempo che presenta la probabilità del 5% di provocare fibrillazione ventricolare e con nessuna resistenza addizionale.

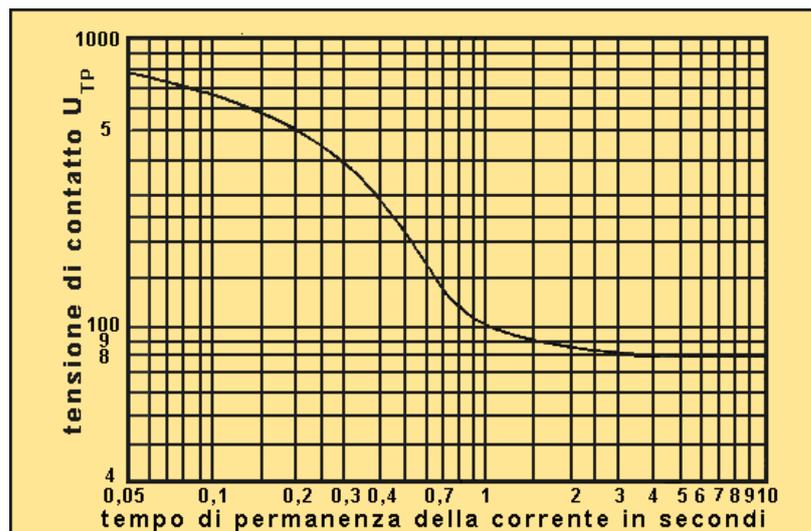


Fig.14.13 – Tensioni di contatto ammissibili U_{TP} (UC per la vecchia norma) per correnti di durata limitata.

Note:

- 1) - La curva rappresenta il valore della tensione che può essere applicata al corpo umano da mano nuda a piedi nudi, con un valore dell'impedenza del corpo umano avente una probabilità pari al 50 % di non essere superata dalla popolazione, con una curva corrente tempo che presenta la probabilità del 5% di provocare fibrillazione ventricolare e con nessuna resistenza addizionale.
- 2) - La curva è relativa a guasti a terra in impianti di alta tensione
- 3) - Se la durata della corrente è molto più lunga di quanto mostrato nel grafico, si può usare per U_{TP} un valore di 75 V

<i>Durata del guasto</i> (s)	<i>Tensione di contatto ammissibile U_c (V)</i> (U _{TP} secondo CEI 11-1)	
	<i>Nuova norma CEI 11-1</i>	<i>Vecchia norma CEI 11-8</i>
10	80	50
2	85	50
1	103	70
0,8	120	80
0,7	130	85
0,6	155	125
0,5	220	160
0,2	500	160
0,14	600	160
0,08	700	160
0,04	800	160

Tab.14. 2 - Tensioni di contatto ammissibili U_{TP} per correnti di durata limitata

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOCX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 08.09.2019	<i>Pag.</i> 15 di 17
--	---	----------------------------	-------------------------

Quando non è possibile limitare la tensione totale di terra entro i limiti fissati dalla Norma, soprattutto in caso di elevate correnti di guasto, la geometria del dispersore assume un'importanza fondamentale nel limitare le tensioni di passo e contatto. Un impianto di terra è tanto più efficiente quanto minore risulta la sua resistenza di terra e quanto più esso realizza un'elevata equipotenzialità sulla superficie del terreno. Le tensioni di passo e di contatto dipendono infatti, come abbiamo visto, dalla tensione totale di terra e dall'andamento dei potenziali che si stabiliscono sulla superficie calpestabile.

Il valore della tensione di passo si verifica in occasione della dispersione a terra della corrente di terra per la quale l'impianto è stato dimensionato.

I dati relativi alla corrente di guasto ed al tempo di estinzione sono stati richiesti all'ENEL e, rispettivamente, sono: $I_G=50$ A test $\gg 10$ sec.

Si è imposto che i valori della tensione di passo non superino i limiti ammessi dalla norma CEI 11-1 per un tempo di intervento del dispositivo di apertura pari a 10 sec : in tal caso otteniamo che la tensione di contatto UTP è pari a circa 75 V.

In definitiva la resistenza totale di terra dovrà presentare il seguente valore :

$$R_T \leq \frac{U_{TP}}{I_G} = \frac{75}{50} < 1.5 \Omega$$

Quindi si può imporre che la resistenza totale di terra non sia superiore a 1.50 Ω .

L' impianto di terra dovrà provvedere a che, a causa di questa corrente, non si generi su nessuna massa presente una tensione di passo maggiore 75V.

Affinché ciò si possa verificare, è stata prevista una rete di dispersione intorno al complesso. Essa è costituita da una corda in rame nudo di 50 mmq posata alla profondità di 0.5 m dal piano di campagna che connette tra di loro i picchetti del tipo descritto situati nelle posizioni indicate nell'apposito schema.

In considerazione della natura del terreno possiamo ritenere con buona approssimazione che la sua resistività non sia superiore a 150 Ω x m.

La resistenza di terra della rete magliata è pari a:

$$R_{Tm} = \frac{\rho_T}{4 * \pi^2 * R} \left[\ln \frac{8 * R}{d / 2} + \ln \frac{8 * R}{2 * s} \right]$$

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOCX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 08.09.2019	<i>Pag.</i> 16 di 17
--	---	----------------------------	-------------------------

dove ρ_T è la resistività del suolo R il raggio del dispersore e d il diametro della treccia di rame ed s la profondità di posa della treccia.

Tale resistenza stimata di terra risulta essere pari a circa 1Ω , qualora si ponga $\rho_T = 300 \Omega \cdot m$, $R = 260 m$, $s = 0.5 m$. Possiamo ritenere, quindi, soddisfacente ai fini della protezione da contatti indiretti la rete di terra predisposta nell'impianto ed indicato sulle planimetrie allegate alla relazione.

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM11 IMP RE04 B.DOCX	GALLERIA TREBISACCE RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 08.09.2019	<i>Pag.</i> 17 di 17
--	--	----------------------------	-------------------------

3. ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE

3.1. Premessa

Le analisi e valutazioni sulla necessità di proteggere i manufatti esterni da fenomeni di scariche atmosferiche sono state condotte in tutti i casi afferenti al progetto considerando, in via cautelativa, il valore di fulminazione più alto della zona. La scelta è stata effettuata perché la banca dati di questo fenomeno relativa al territorio nazionale è in fase di aggiornamento e nel recente passato è stato rilevato un innalzamento dei valori.

Quindi per tutte le gallerie presenti nel progetto di ammodernamento in nuova sede della S.S. N°. 106 "Jonica" nel tratto compreso tra l'innesto con la S.S. N°. 534 e l'abitato di Roseto Capo Spulico (denominato come "Megalotto 3" dal km 365+150 al km 400+000) le valutazioni di progetto sono basate sullo stesso valore di fulminazione.

Per le valutazioni delle scariche atmosferiche si sono state effettuate separatamente le analisi dei tre pacchetti relativi alle tre cabine di cui si avrà evidenza nei relativi allegati.

Nello specifico si evidenziano i seguenti allegati:

- Allegato 1 – Cabina CE1
- Allegato 2 – Cabina CE2
- Allegato 3 – Cabina CEF