

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J84H17000930009

**U.O. TECNOLOGIE NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA - MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

PPM MARCARIA

Fabbricato Tecnologico: Relazione di calcolo impianto di Terra

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

N M 2 5 0 3 D 5 8 C L L F 1 3 0 3 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	M. Arceri 	04/2020	C. Vacca 	04/2020	M. Berlingieri 	04/2020	M. Gambaro 04/2020

File: NM2503D58CLLF1303001A

n. Elab.:

**PPM MARCARIA**

FABBRICATO TECNOLOGICO: RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI  
TERRA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 58 CL	LF 13 03 001	A	2 di 22

## INDICE

<b>1</b>	<b>SCOPO DEL DOCUMENTO</b> .....	4
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b> .....	4
2.1	NORME DI CARATTERE GENERALE .....	4
2.2	NORME IMPIANTI DI CABINA ED ALLACCIAMENTI .....	5
2.3	NORMATIVA RFI .....	5
<b>3</b>	<b>APPROCCIO TECNICO NORMATIVO</b> .....	5
<b>4</b>	<b>SIMBOLOGIA E TERMINOLOGIA ADOTTATE</b> .....	6
<b>5</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA</b> .....	7
<b>6</b>	<b>CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DISPERDENTE</b> .....	10
6.1.	FABBRICATO TECNOLOGICO PPM MARCARIA .....	10
6.2.	CABINA DI CONSEGNA MT .....	13
<b>7</b>	<b>COLLEGAMENTO DEL NEUTRO</b> .....	17
<b>8</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA IN RELAZIONE AL COMPORTAMENTO TERMICO ED ALLA RESISTENZA ALLA CORROSIONE</b> .....	18
8.1	DIMENSIONAMENTO DEL CONDUTTORE DI TERRA PER GUASTI LATO MT .....	18
<b>9</b>	<b>PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI</b> .....	22



**PROGETTO DEFINITIVO  
RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA - MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

**PPM MARCARIA**

FABBRICATO TECNOLOGICO: RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI  
TERRA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 58 CL	LF 13 03 001	A	3 di 22

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1-Geometria rete Fabbricato .....	10
Figura 2-Configurazione maglia Fabbricato tecnologico .....	11
Figura 3-Potenziale della maglia in 3D .....	11
Figura 4-Potenziale della maglia longitudinale .....	12
Figura 5-Potenziale della maglia trasversale.....	13
Figura 6 - Geometria rete Cabina consegna MT.....	14
Figura 7 - Configurazione maglia cabina Consegna MT.....	14
Figura 8 - Potenziale della maglia in 3D.....	15
Figura 9 - Potenziale della maglia longitudinale .....	15
Figura 10 - Potenziale della maglia trasversale .....	16

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA - MANTOVA</b> <b>TRATTA PIADENA - MANTOVA</b>					
<b>PPM MARCARIA</b> FABBRICATO TECNOLOGICO: RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI TERRA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D 58 CL	DOCUMENTO LF 13 03 001	REV. A	FOGLIO 4 di 22

## 1 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nell'ambito del progetto definitivo che ha per oggetto il raddoppio della linea Codogno – Cremona – Mantova, tratta Piadena – Mantova, è prevista la realizzazione del fabbricato tecnologico di Marcaria completo di cabina di trasformazione MT/bt e relativo dispersore intenzionale.

Di seguito nel presente documento verrà verificata l'idoneità al contenimento delle tensioni di passo e di contatto del dispersore in progetto, in relazione al valore della corrente di guasto e al tempo di interruzione delle protezioni.

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

### 2.1 NORME DI CARATTERE GENERALE

- Legge 1 marzo 1968 n.186 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici
- Legge 18 ottobre 1977 n.791 Attuazione della Direttiva del Consiglio delle Comunità Europee (CEE), n.72/73, relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione
- Decreto 22 gennaio 2008 n.37 Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quadecies, comma 13, lettera a) della legge n.248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici
- Norma CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
- Norma CEI 0-3 Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati
- Norme CEI 64-8/1-2-3-4-5-6-7 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua (Comprese tutte le varianti a tali norme)
- Norma CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- Norma CEI 64-14 Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori
- Prescrizioni di Autorità Locali, comprese quelle dei Vigili del Fuoco
- Prescrizioni e raccomandazioni dell' I.S.P.E.S.L.
- Norme e tabelle di unificazione UNEL ed UNI
- Normative, Leggi, Decreti Ministeriali, regionali o comunali
- Leggi, regolamenti e circolari tecniche che venissero emanate in corso d'opera

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA - MANTOVA</b> <b>TRATTA PIADENA - MANTOVA</b></p>					
<p><b>PPM MARCARIA</b> FABBRICATO TECNOLOGICO: RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI TERRA</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D 58 CL</p>	<p>DOCUMENTO LF 13 03 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 5 di 22</p>

## 2.2 NORME IMPIANTI DI CABINA ED ALLACCIAMENTI

- CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle Imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 0-21 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
- Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata. Parte 1: Prescrizioni comuni
- Norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata

## 2.3 NORMATIVA RFI

- Specifica di Assicurazione Qualità RFI DI QUA SP AQ 001 B (12.06.02) Prescrizioni per la gestione degli appalti di lavori, manutenzioni, opere e forniture in opera sulla base di documenti di pianificazione della qualità
- Specifica tecnica RFI DTC ST E SP IFS ES 728 A Sicurezza elettrica e protezione contro le sovratensioni per gli impianti elettrici in bassa tensione.

## 3 APPROCCIO TECNICO NORMATIVO

Gli aspetti tecnici inerenti la verifica degli impianti di terra sono stati sviluppati mediante studi teorici ed applicati che sono stati recepiti nelle normative tecniche, normative che sono state aggiornate ed integrate in relazione agli sviluppi delle conoscenze tecniche.

Per quanto non esplicitamente indicato, dovranno in ogni caso essere sempre adottate tutte le indicazioni normative e di legge atte a garantire la realizzazione del sistema a regola d'arte e nel rispetto della sicurezza. I calcoli sono stati eseguiti con l'ausilio dell'applicativo GEO2 del CEI: "Software per la progettazione degli impianti di terra in conformità alle norme CEI EN 61936-1, CEI EN 50522, e alla guida CEI 11-37".

#### 4 SIMBOLOGIA E TERMINOLOGIA ADOTTATE

La simbologia adottata è derivata direttamente dalla Norma CEI EN 50522 § 3.

Di seguito si riportano i simboli ed i termini più frequentemente usati nel presente elaborato:

GRANDEZZA	DEFINIZIONE	SIMBOLO
Terra di riferimento (terra lontana)	Zona della superficie del terreno al di fuori dell'area di influenza di un dispersore o di un impianto di terra	-
Dispersore di fatto	Parte metallica in contatto elettrico con il terreno, direttamente o tramite calcestruzzo, il cui scopo originale non è di mettere a terra ma soddisfa tutti i requisiti di un dispersore	-
Resistività del terreno	Resistività di un tipico campione di terreno	$\rho_E$
Resistenza di terra	Resistenza tra il dispersore e la terra di riferimento	$R_E$
Tensione totale di terra	Tensione tra un impianto di terra e la terra di riferimento	$U_E$
Tensione di contatto	Tensione tra parti conduttrici quando vengano toccate simultaneamente	$U_T$
Tensione di passo	Tensione tra due punti della superficie del terreno a distanza di 1 m tra loro, distanza che si assume come lunghezza del passo di una persona	$U_S$
Corrente di guasto a terra	corrente che fluisce dal circuito principale verso terra, o verso parti collegate a terra, nel punto di guasto	$I_F$
Corrente di terra	Corrente che fluisce a terra tramite la resistenza di terra e determina quindi la tensione totale di terra $U_E$	$I_E$

**PPM MARCARIA**

FABBRICATO TECNOLOGICO: RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI TERRA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 58 CL	LF 13 03 001	A	7 di 22

## 5 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA

Nei sistemi di 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> categoria il progetto dell'impianto di terra deve soddisfare le seguenti esigenze:

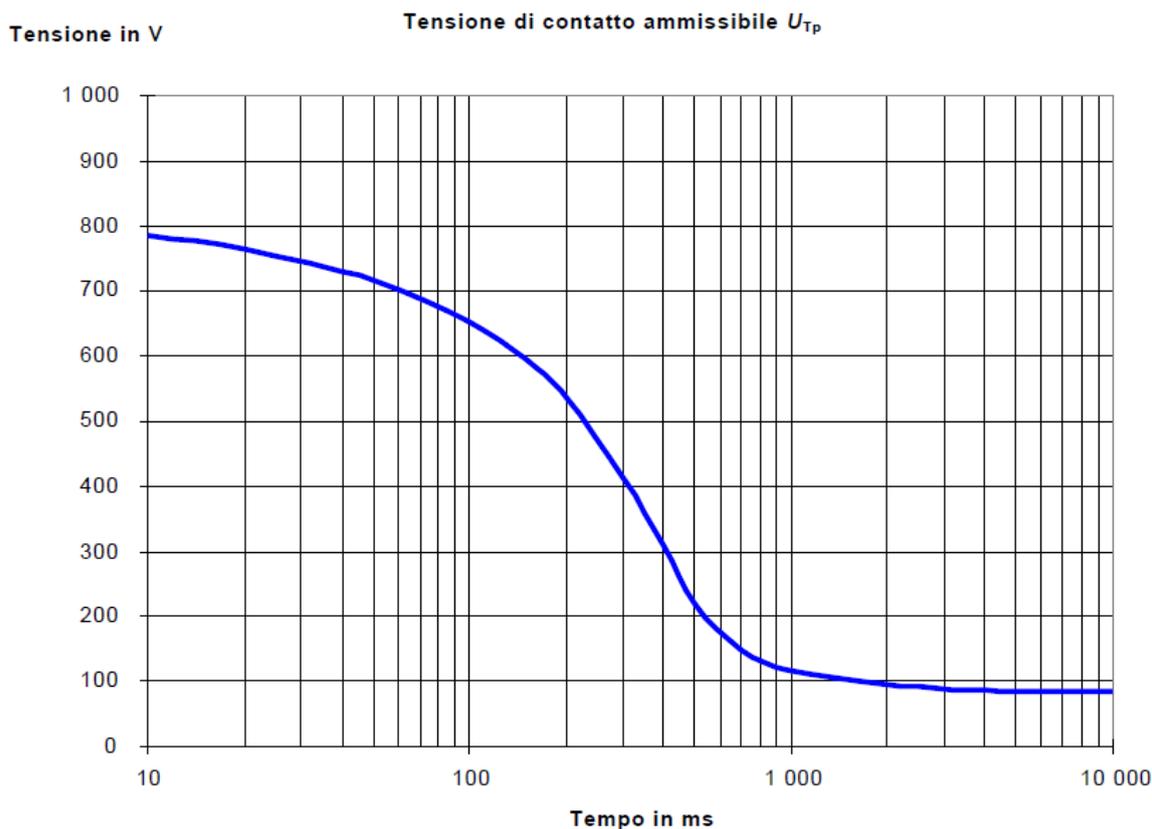
- Garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni di contatto e le tensioni di passo che si manifestano a causa delle correnti di guasto a terra;
- Presentare una sufficiente resistenza meccanica;
- Presentare una sufficiente resistenza nei confronti della corrosione;
- Essere in grado di sopportare termicamente le più elevate correnti di guasto prevedibili.

Le prestazioni devono essere garantite per ciascuno dei diversi livelli di tensione presenti nel sistema MT e BT.

Non è invece necessario prendere in considerazione la contemporaneità dei guasti in sistemi con differenti livelli di tensione.

La rete di distribuzione MT nella zona oggetto della fornitura è configurata con neutro compensato; ciò limita i valori delle correnti di guasto a terra a poche decine di ampere.

L'impianto di terra deve essere dimensionato e strutturato in modo da evitare che eventuali tensioni di contatto, stante i tempi di intervento dei dispositivi di protezione contro i guasti omopolari a terra, non superino i valori indicati dalla curva di sicurezza Tensione - Tempo riportata dalla norma CEI EN 50522 § 5.4.3 fig. 4.



Durata guasto $t_f$ s	Tensione di contatto ammissibile $U_{TP}$ V
0,05	716
0,10	654
0,20	537
0,50	220
1,00	117
2,00	96
5,00	86
10,00	85

La procedura per la verifica inizia con l'acquisizione, presso il gestore della rete, dei dati relativi ai punti di allaccio.

• Stato del neutro:	compensato
• $I_F$ : corrente di guasto omopolare a terra	50 [A]
• $t_F$ : tempo massimo di intervento delle protezioni contro i guasti a terra dell'Ente distributore	>10 [s]

In relazione al tempo massimo di intervento delle protezioni si è ricavata la tensione di contatto ammissibile  $U_{TP}$  (cfr. nota di Figura 4 – Tensione di contatto ammissibile – norma CEI EN 50522):

$$U_{TP}=85 \text{ [V]}$$

Quest' ultimo valore deve essere confrontato con la tensione totale di terra  $U_E$  che può essere espressa applicando la formula:

$$U_E=R_E I_E$$

Secondo la norma CEI EN 50522 § 5.4.3 il sistema disperdente è dimensionato correttamente se il valore della tensione totale di terra, determinato con misure o calcoli, non supera il valore della tensione di contatto ammissibile.

Imponendo che sia verificata la seguente disuguaglianza, si ricava il valore della resistenza di terra che si deve conseguire in modo da garantire la limitazione della tensione di contatto  $U_{TP}$ :

$$U_E = R_E \cdot I_E \leq U_{TP}$$

$$R_E \leq \frac{U_{TP}}{I_E}$$



**PROGETTO DEFINITIVO  
RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA - MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

**PPM MARCARIA**

FABBRICATO TECNOLOGICO: RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI  
TERRA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 58 CL	LF 13 03 001	A	9 di 22

Sostituendo i valori numerici:

$$I_E = 50 \text{ [A]}$$

$$U_{TP} = 85 \text{ [V]}$$

si dovrebbe ottenere la condizione:

$$R_E \leq 1,7 \text{ [\Omega]}$$

**PPM MARCARIA**

FABBRICATO TECNOLOGICO: RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI TERRA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 58 CL	LF 13 03 001	A	10 di 22

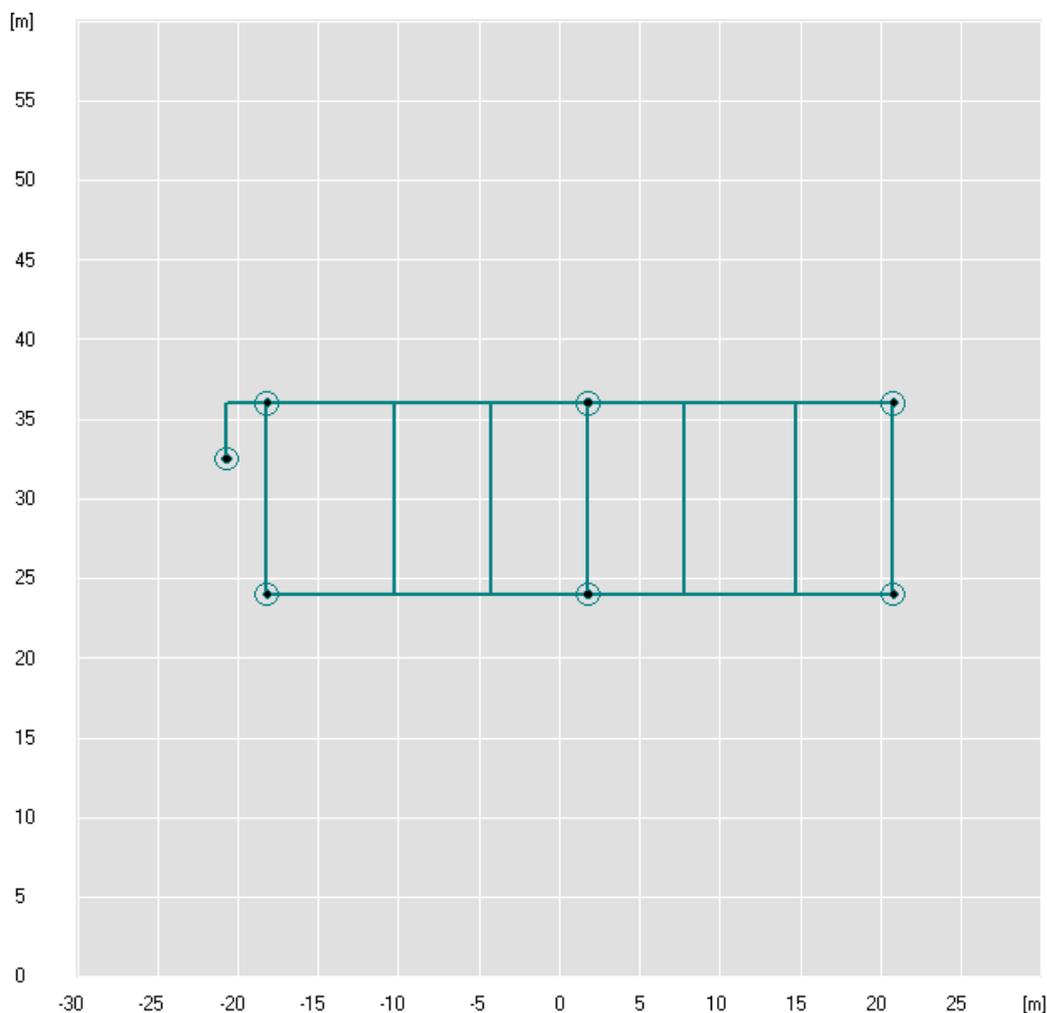
## 6 CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DISPERDENTE

### 6.1. FABBRICATO TECNOLOGICO PPM MARCARIA

Il dispersore è costituito da una rete magliata perimetrale in corda di rame di sezione 120 mm<sup>2</sup>, interrato sul perimetro dell'edificio alla profondità di 1 m circa; detta maglia, in corrispondenza dei vertici e a metà del fabbricato, è integrata da n. 6 dispersori verticali a picchetto in acciaio zincato di lunghezza pari a 3 m e diametro 20mm.

Nel seguito è rappresentato il calcolo di dimensionamento della resistenza di terra ottenuta con la geometria sotto riportata utilizzando il software GEO 2, ipotizzando un valore della resistività del terreno pari a:

$$\rho_E = 100 [\Omega\text{m}]$$

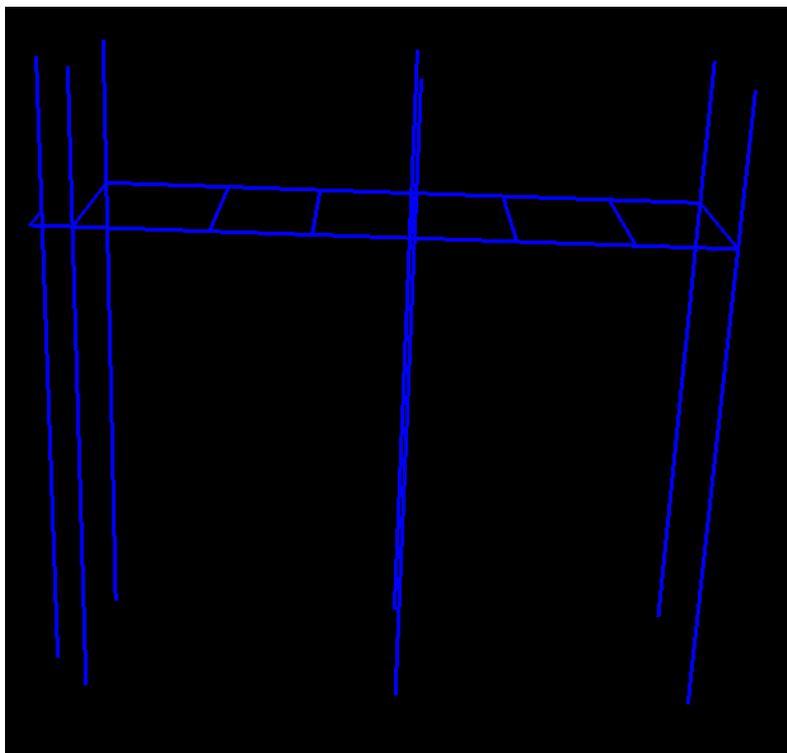


**Figura 1-Geometria rete Fabbricato**

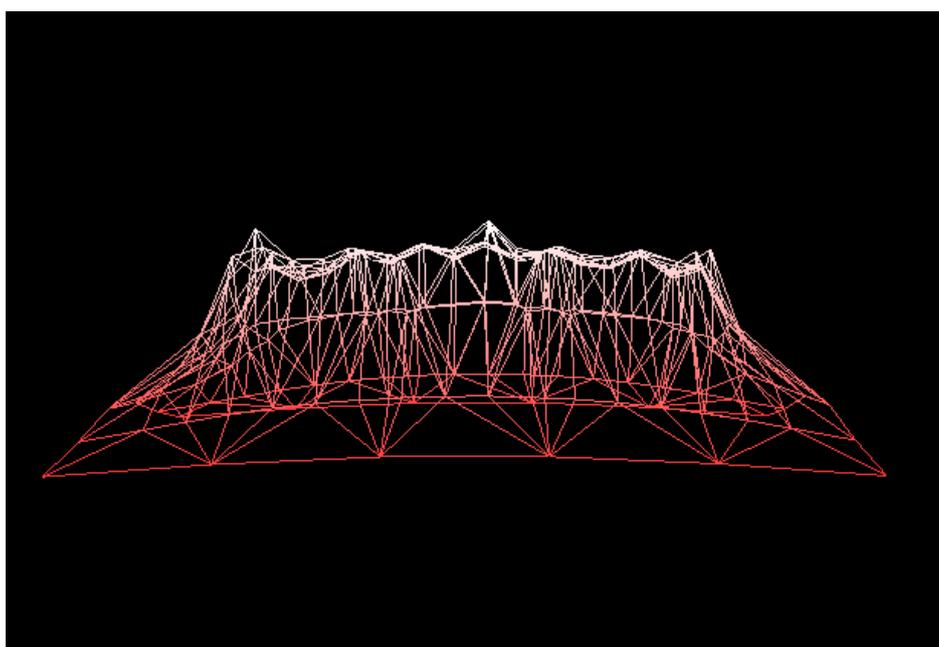
**PPM MARCARIA**

FABBRICATO TECNOLOGICO: RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI TERRA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 58 CL	LF 13 03 001	A	11 di 22



**Figura 2-Configurazione maglia Fabbricato tecnologico**



**Figura 3-Potenziale della maglia in 3D**

Qualora le condizioni del terreno risultassero avverse, questo valore può essere facilmente ottenuto asportando il terreno intorno al dispersore e sostituendolo con terreno vegetale ad elevata conducibilità.

Dal momento che “la maggior parte” della resistenza di terra è concentrata nei pressi del dispersore, la quantità di terreno da sostituire non è eccessiva.

Il valore di resistenza di terra  $R_E$  che deriva dal seguente calcolo che tiene conto sia della resistenza della maglia che dei dispersori verticali è come riportato nella prima immagine

$$R_E = 1,92 \text{ } [\Omega]$$

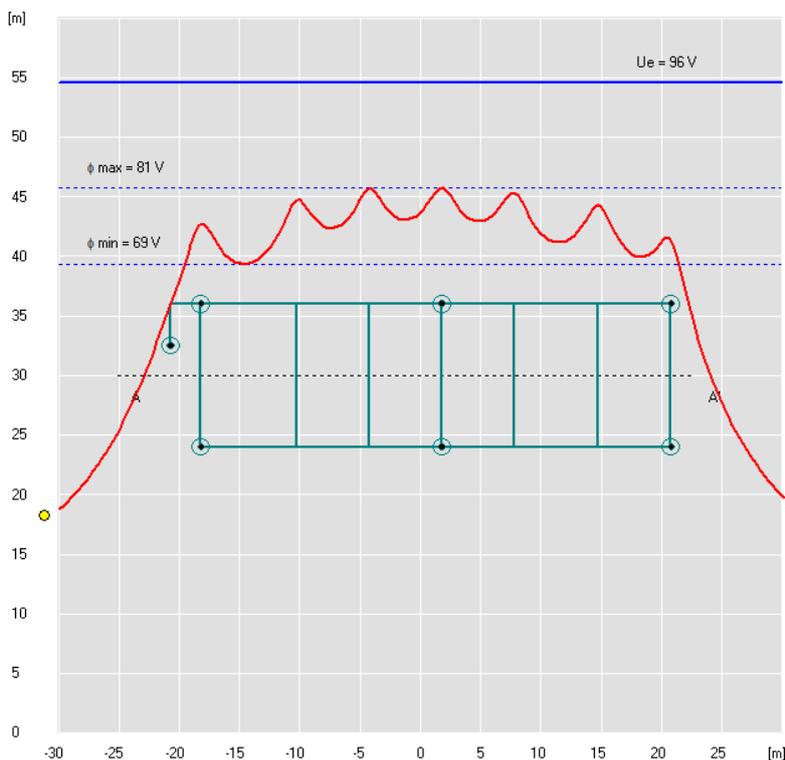
Poiché il valore calcolato della resistenza di terra è superiore al limite che assicura il contenimento dei valori di passo e di contatto, ossia:

$$1,92 \text{ } [\Omega] > 1,6 \text{ } [\Omega]$$

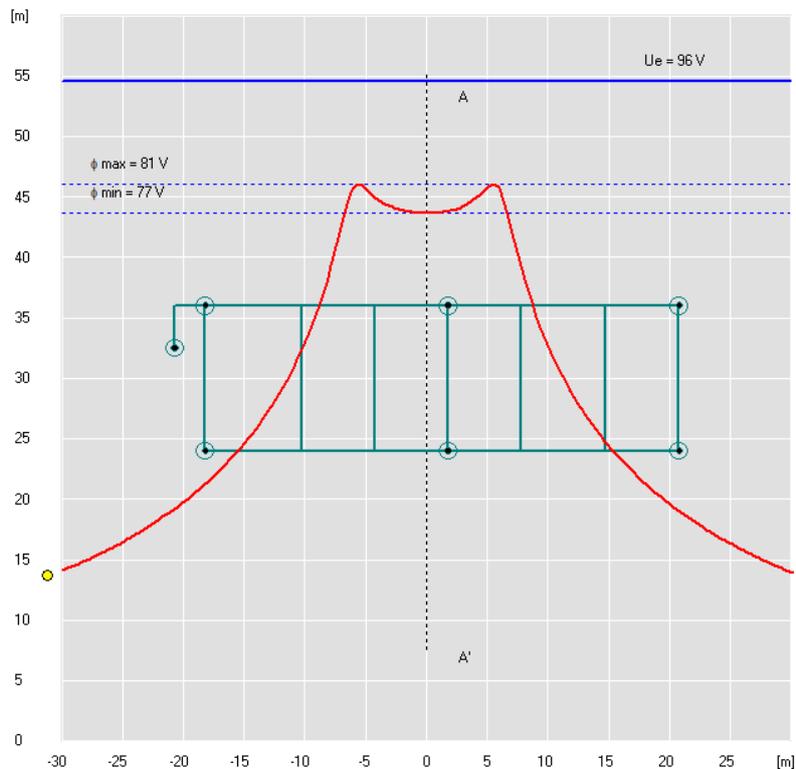
La normativa permette il calcolo tenendo conto di un fattore moltiplicativo 1,5 da applicare alla tensione ammissibile UTP. Allora l'equazione diventa:

$$U_E = R_E \times I_E \leq 1,5 \times U_{TP} = U'_{TP}$$

$$96 \text{ } [V] \leq 128 \text{ } [V]$$



**Figura 4-Potenziale della maglia longitudinale**



**Figura 5-Potenziale della maglia trasversale**

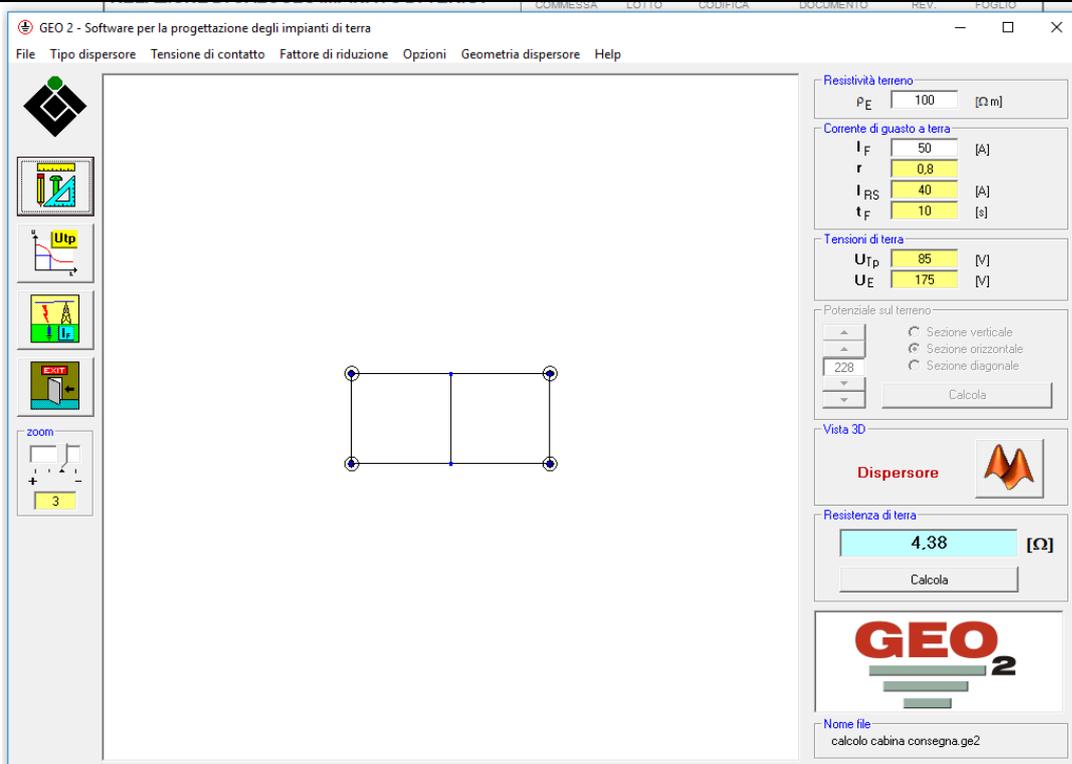
## 6.2. CABINA DI CONSEGNA MT

Il dispersore sarà costituito da una rete magliata perimetrale in corda di rame di sezione minima 120 mm<sup>2</sup>, interrato sul perimetro dell'edificio alla profondità di 1 m circa; detta maglia, in corrispondenza dei vertici e a metà del fabbricato, sarà integrata da n. 4 dispersori verticali a picchetto in acciaio zincato di lunghezza pari a 3 m e diametro 20mm.

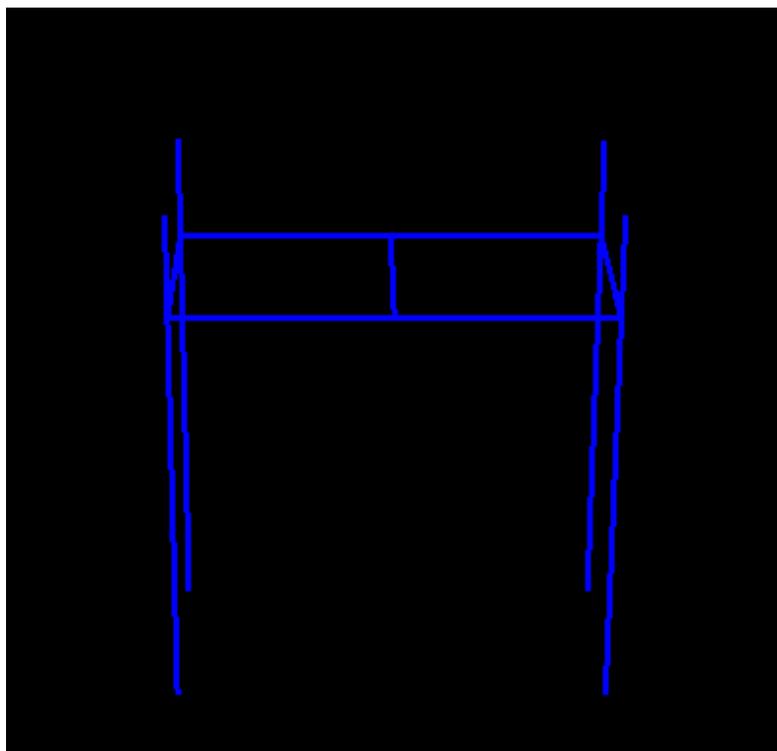
Al dispersore così realizzato saranno equipotenzializzate tutte le masse e masse estranee della fermata, ivi comprese le maglie elettrosaldate che dovranno essere poste sotto alle pavimentazioni dei locali tecnologici.

Nel seguito è rappresentato il calcolo di dimensionamento della resistenza di terra ottenuta con la geometria sotto riportata utilizzando il software GEO 2, ipotizzando un valore della resistività del terreno pari a 100 Ω m

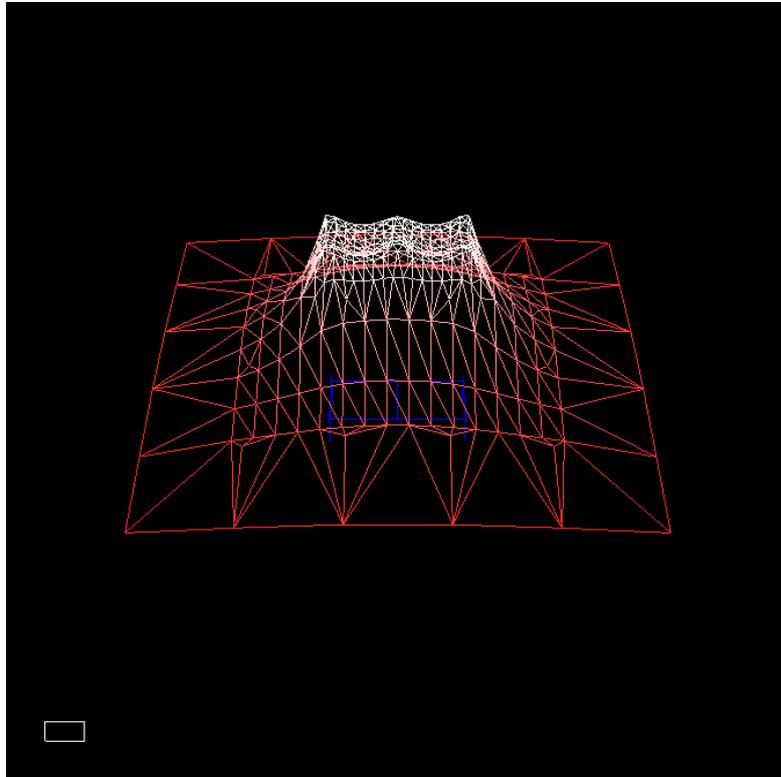
$$\rho_E = 100 [\Omega m]$$



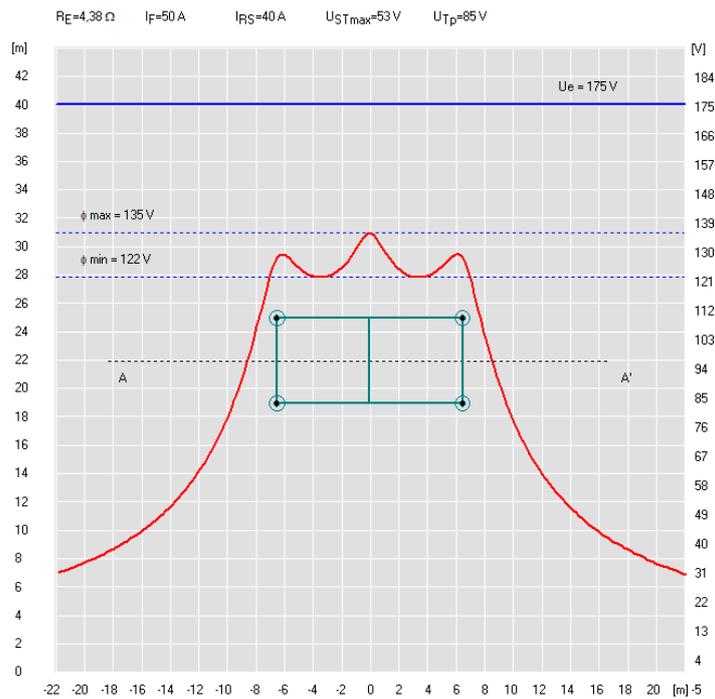
**Figura 6 - Geometria rete Cabina consegna MT**



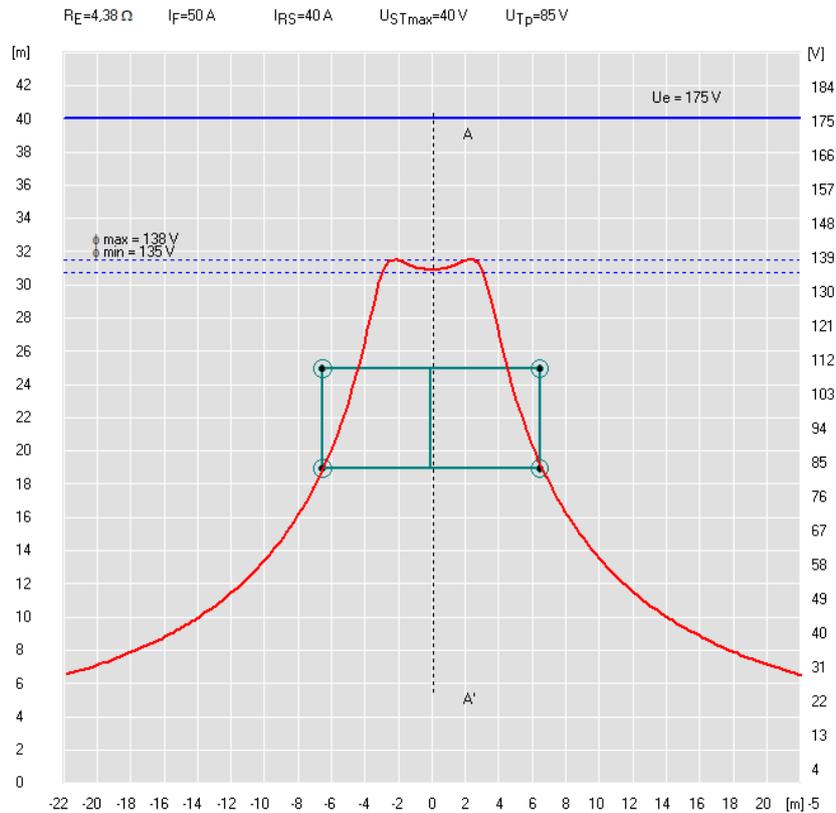
**Figura 7 - Configurazione maglia cabina Consegna MT**



**Figura 8 - Potenziale della maglia in 3D**



**Figura 9 - Potenziale della maglia longitudinale**



**Figura 10 - Potenziale della maglia trasversale**

Il valore di resistenza di terra  $R_E$  che deriva dal seguente calcolo che tiene conto sia della resistenza della maglia che dei dispersori verticali è come riportato nella prima immagine

$$R_E 4.38 [\Omega]$$

Poiché il valore calcolato della resistenza di terra è inferiore al limite che assicura il contenimento dei valori di passo e di contatto, ossia:

$$4.38 [\Omega] < 4.85 [\Omega]$$

Non è necessario procedere in sede realizzativa alla misura delle tensioni di passo e di contatto.

**PPM MARCARIA**

FABBRICATO TECNOLOGICO: RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI TERRA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 58 CL	LF 13 03 001	A	17 di 22

## 7 COLLEGAMENTO DEL NEUTRO

Secondo la norma CEI EN 50522 il neutro della bassa tensione può essere collegato alla terra della cabina solo se la tensione totale di terra verifica la seguente condizione:

$$V_T = R_E \cdot I_F \leq 1200 \text{ [V]}$$

$$R_E = 1,92 \text{ [\Omega]}$$

$$V_{T \text{ fabbr}} = 1,92 \times 50 = 96 \text{ [V]} < 1200 \text{ [V]}$$

Dato che tale relazione risulta verificata, ogni trasformatore MT/bt verrà posato con la connessione a terra del centro stella degli avvolgimenti secondari. Detta connessione sarà ottenuta mediante collegamento in cavo fra il morsetto del centro stella del trasformatore ed il nodo equipotenziale.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA - MANTOVA</b> <b>TRATTA PIADENA - MANTOVA</b>					
<b>PPM MARCARIA</b> FABBRICATO TECNOLOGICO: RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI TERRA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D 58 CL	DOCUMENTO LF 13 03 001	REV. A	FOGLIO 18 di 22

## 8 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA IN RELAZIONE AL COMPORTAMENTO TERMICO ED ALLA RESISTENZA ALLA CORROSIONE

Si procede al calcolo delle sezioni minime che devono presentare i conduttori di terra, i conduttori di protezione e gli elementi costituenti i dispersori. La sezione del dispersore deve essere calcolata in relazione all'entità e alla durata della corrente di guasto. Le norme CEI definiscono inoltre le sezioni minime per presentare un'adeguata robustezza nei confronti della corrosione e delle sollecitazioni meccaniche.

Occorre quindi analizzare separatamente tre casi:

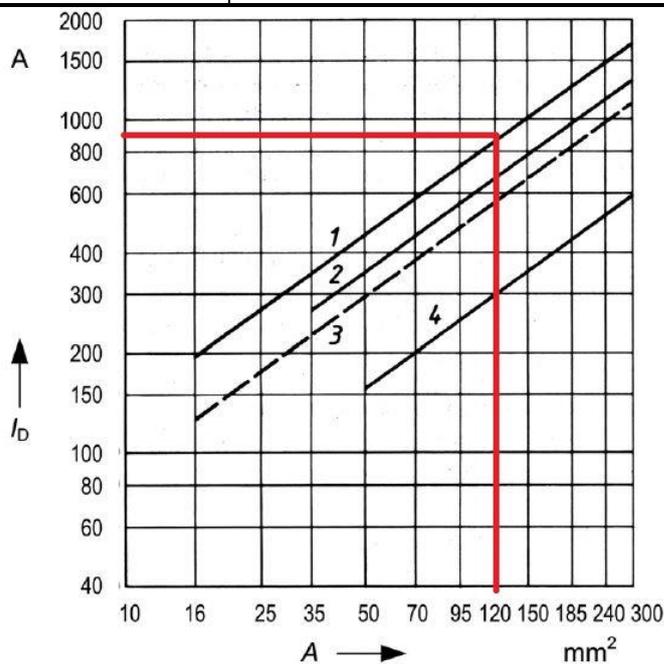
- Dimensionamento del conduttore di terra per guasti lato MT;
- Dimensionamento del conduttore di terra per guasto lato BT;
- Dimensionamento del dispersore.

### 8.1 DIMENSIONAMENTO DEL CONDUTTORE DI TERRA PER GUASTI LATO MT

La sezione del conduttore di terra deve essere calcolata in relazione all'entità e alla durata della corrente di guasto. Nel caso in cui la durata della corrente di guasto  $t_F \leq 5$  s (fenomeno adiabatico) per il calcolo della sezione  $A$  espressa in millimetri quadrati si avrà:

$$A = \frac{I_F}{K} \sqrt{\frac{t_F}{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}}$$

Per correnti di guasto che fluiscono per un periodo più lungo ( $t_F \gg 10$  s, impianto con neutro compensato), le correnti ammissibili sono riportate nella seguente figura, estratta dalla norma CEI EN 50522:



Le linee 1, 2 e 4 si riferiscono ad una temperatura finale di 300 °C, la linea 3 a quella di 150 °C. La Tabella D.2 contiene fattori per la conversione ad altre temperature finali.

- 1 Rame, nudo o con rivestimento di zinco
- 2 Alluminio
- 3 Rame, con rivestimento in stagno o con guaina di piombo
- 4 Acciaio zincato

a) Corrente permanente  $I_D$  per conduttori di terra con sezione circolare (A)

L'impianto di terra per i quadri di media tensione dovrà essere realizzato con una barra di terra in rame avente sezione minima 100 mm<sup>2</sup> che dovrà percorrere solidamente i quadri MT imbullonata alla struttura metallica. Tutta la struttura e gli elementi di carpenteria dovranno essere francamente collegati tra loro in modo da garantire un buon contatto elettrico tra le parti.

Su ciascuna estremità della sbarra di terra si dovranno prevedere morsetti adatti al collegamento con cavo FS17 all'impianto di messa a terra della cabina (cavo unipolare di sezione 1x120 mm<sup>2</sup>).

### ➤ Dimensionamento del conduttore di terra per guasti lato BT

Sono soggetti al guasto lato BT i seguenti conduttori:

- collegamenti a terra delle masse BT (quadro BT);
- collegamenti a terra dei boxes / grigliati di contenimento trasformatori (quando presenti);
- collegamenti a terra del centro stella dell'avvolgimento secondario dei trasformatori.

Per detti conduttori, la sezione del conduttore di terra non deve essere inferiore a quella ricavata dall'applicazione dell'art. 543.1.1 della norma CEI 64-8/5:

$$A = \frac{\sqrt{I_g^2 \cdot t}}{k}$$

dove:

$I_g$  = corrente di guasto a terra, in ampere;

$t$  = tempo di eliminazione del guasto in secondi;

$k$  = coefficiente che tiene conto delle caratteristiche del materiale che costituisce il conduttore e delle temperature iniziali e finali (per conduttori in rame isolati EPR si ha  $k = 176$  [Amm<sup>2</sup>s<sup>1/2</sup>]).

La situazione più critica si verifica quando:

- 1- avviene un guasto a terra immediatamente a valle dell'avvolgimento secondario del trasformatore (in tal caso l'impedenza del conduttore di fase si può ritenere nulla);
- 2- il guasto a terra è franco;
- 3- il tempo di intervento delle protezioni sia stimato ad 1 secondo ( $t_{bt}$ ) (intervento della protezione lato BT).

La corrente di guasto più elevata si verifica per un cortocircuito fase-terra al secondario del trasformatore:  
 $I_G = I_{K1} = I_K$ .

$$I_G = I_k = \frac{100 \cdot S_N}{u_{cc\%} \cdot \sqrt{3} \cdot U}$$

$$I_g = 9,5 \text{ [kA]}$$

Ciò fa sì che la minima sezione ammissibile per i sopra citati conduttori sarà:

$$A_{teorica} = \frac{\sqrt{I_g^2 \cdot t}}{k} = 54 \text{ [mm}^2\text{]}$$

- Scegliamo due conduttori G/V FG17 da 120 mm<sup>2</sup> in parallelo per garantire la ridondanza e collegare il dispersore con tutti i collettori ubicati nel fabbricato GA2.
- Scegliamo due conduttori G/V FG17 da 120 mm<sup>2</sup> in parallelo per garantire la ridondanza e collegare i box trafo al collettore della cabina MT-BT.
- Scegliamo due conduttori G/V FG17 da 120 mm<sup>2</sup> in parallelo per garantire la ridondanza e collegare il centro stella del trasformatore MT/BT al collettore della cabina MT-BT.



**PROGETTO DEFINITIVO  
RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA - MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

**PPM MARCARIA**

FABBRICATO TECNOLOGICO: RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI  
TERRA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 58 CL	LF 13 03 001	A	21 di 22

- Scegliamo due conduttori G/V FG17 da 120 mm<sup>2</sup> in parallelo per garantire la ridondanza e collegare il quadro generale di bassa tensione (QGBT) al collettore della cabina MT-BT.
- Per i sottoquadri alimentati da QGBT per determinare la sezione si applica la norma CEI 64-8 § 543.1

## 9 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

### Guasto sulla bassa tensione gestita con sistema TN-S

Si dovranno scegliere dei dispositivi di protezione che abbiano una corrente  $I_a$  tale da garantire il rispetto della seguente relazione:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

dove:

$U_0$  = tensione nominale in c.a. (valore efficace tra fase e terra);

$Z_s$  = impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;

$I_a$  = corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro 0,4 secondi (Norma CEI 64-8/4 - Tabella 41A).

### Guasto sulla bassa tensione gestita con sistema TT

Si dovrà scegliere un dispositivo di protezione che abbia una corrente differenziale  $I_{dn}$  tale da garantire il rispetto della seguente relazione:

$$R_E \times I_{dn} \leq U_L$$

dove:

$R_E$  = resistenza del dispersore in ohm;

$I_{dn}$  = corrente nominale differenziale in ampere;

$U_L$  = tensione di contatto limite convenzionale (50 V per i sistemi in c.a.).