

COMMITTENTE:



21

PROGETTAZIONE:



CONTRATTO ISTITUZIONALE DI SVILUPPO PER LA REALIZZAZIONE DELLA DIRETTRICE FERROVIARIA NAPOLI-BARI-LECCE-TARANTO

U.O.: ENERGIA E IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA POTENZA-FOGGIA - AMMODERNAMENTO

SOTTOPROGETTO 2 – ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

LOTTO 1 – ELETTRIFICAZIONE

**SSE DI SAN NICOLA DI MELFI
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI TERRA**

SCALA:

1:1000

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

IA0X 01 D 18 CL SE0200 001 A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	P.A.Di Franco <i>P.A. Di Franco</i>	02/2015	P. Ruggeri <i>P. Ruggeri</i>	02/2015	G. Lestingi <i>G. Lestingi</i>	02/2015	G. Guidi Buffarini <i>G. Guidi Buffarini</i> 02/2015



File: IA0X01D18CLSE0200001A.DOC

n. Elab. L1.362

Relazione di Calcolo Impianto di Terra	PROGETTO IA0X	LOTTO 01	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 0200 001	REV. A	FOGLIO 2 DI 14
--	------------------	-------------	---------------------	--------------------------	-----------	-------------------

INDICE

1.-..	PREMESSA E SCOPO	3
2.-..	RIFERIMENTI	4
2.1.-..	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
2.2.-..	RIFERIMENTI AD ELABORATI DI PROGETTO	4
3.-..	CRITERI PROGETTUALI	5
4.-..	CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO	7
4.1.-..	IMPIANTO DI TERRA DI PIAZZALE	7
4.2.-..	IMPIANTO DI TERRA DEL FABBRICATO	8
5.-..	DIMENSIONAMENTO.....	9
5.1.-..	CALCOLO DELLA RESISTENZA DI TERRA DEL DISPERSORE	9
5.1.-..	VERIFICA DELLE TENSIONI DI PASSO E DI CONTATTO PER GUASTI IN C.C.....	10
5.1.1.-..	<i>Scelta dei parametri progettuali.....</i>	10
5.1.2.-..	<i>Verifica delle tensioni di passo e di contatto</i>	11
5.2.-..	VERIFICA DELLA SEZIONE DEL CONDUTTORE	12
6.-..	CONCLUSIONI.....	14

1.-. PREMESSA E SCOPO

Nella presente relazione tecnica vengono descritti i criteri impiegati per il progetto dell'impianto di terra da realizzare nell'area della nuova SSE di San Nicola di Melfi, la cui realizzazione è prevista nell'ambito degli interventi di elettrificazione della linea a semplice binario Foggia – Potenza.

La presente relazione illustra le scelte tecniche adottate per il dimensionamento del suddetto impianto ed indica le prescrizioni da adottare per realizzare un sistema che garantisca la sicurezza della vita umana e l'integrità dei componenti elettrici collegati al sistema.

Il piazzale della SSE di San Nicola di Melfi occuperà un'area a forma di rettangoloide, con di dimensioni pari a 70x22,40m e superficie di circa 1408m², come si evince dall'elaborato:

- **IA0X01D18P9SE0200007**: SSE di San Nicola di Melfi – Layout impianto di terra di Piazzale.

L'alimentazione primaria della SSE sarà garantita da una fornitura in Media Tensione (20kV); essa a sua volta alimenterà gli impianti di Trazione Elettrica 3kVcc di una linea a semplice binario, pertanto sarà attrezzata con due gruppi di conversione della potenza di 3600kVA ciascuno.

Poiché nella suddetta sottostazione confluiscono sistemi elettrici di varie categorie, l'impianto di messa a terra oggetto della presente relazione tecnica dovrà soddisfare le esigenze di sicurezza di tutti i sistemi afferenti. Trattandosi inoltre di impianto ferroviario verranno attuati tutti i criteri progettuali previsti dalla normativa tecnica valida per gli impianti di trazione elettrica, con particolare riferimento alle Norme CEI citate nei successivi paragrafi. Inoltre verranno tenuti in debita considerazione anche i criteri progettuali e costruttivi di Italferr/RFI, dato il particolare carattere dell'impianto in oggetto.

Le caratteristiche di dettaglio, la descrizione dei singoli elementi componenti e tutte le prescrizioni tecniche sono desumibili dagli specifici elaborati di Progetto Definitivo.

2.-. RIFERIMENTI

La presente relazione di calcolo, nonché tutta la documentazione progettuale che verrà successivamente citata, è conforme alle prescrizioni tecniche contenute nelle Norme CEI e le norme tecniche di RFI.

Nei punti seguenti vengono citati i principali documenti tecnici cui nel prosieguo della relazione verrà fatto esplicito od implicito riferimento.

2.1.-.RIFERIMENTI NORMATIVI

Per la esecuzione del presente progetto sono state adottate le Norme CEI nella loro edizione più recente nonché le Norme Tecniche, Istruzioni e Circolari RFI vigenti, delle quali si elencano qui di seguito le principali:

- **NT TE118:** Norme Tecniche per la costruzione delle condutture di contatto e di alimentazione a corrente continua a 3kV;
- **RFI DMA IM LA SP IFS 370 A:** Dispositivo di collegamento del negativo 3kVcc all'impianto di terra di SSE e cabine TE;
- **Norme CEI EN50119 (9.2):** Linee di Trazione Elettrica;
- **Norme CEI EN50122-1 (9.6):** Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse; Parte 1^a: Provvedimenti concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra;
- **Norme CEI EN 50522** Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- **Norme CEI EN60865 -1 (11-26):** Correnti di corto circuito – Calcolo degli effetti; parte 1^a: Definizioni e metodi di calcolo;
- **Istruzione FS C.3/70:** Istruzione per il circuito di ritorno TE e per i circuiti di terra sulle linee elettrificate a 3kV;
- **D.M. 22-1-2008 n. 37:** Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, 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;
- **DL n°81 del 9.04.2008** concernente le procedure di attuazione per la sicurezza sul lavoro;
- **ANSI / IEEE Std 80:** Guide for Safety in AC Substation Grounding;

Per quanto non esplicitamente indicato, dovranno in ogni caso essere sempre adottate tutte le indicazioni normative e di legge atte a garantire la realizzazione dell'impianto a regola d'arte e nel rispetto della sicurezza.

2.2.-.RIFERIMENTI AD ELABORATI DI PROGETTO

Per i riferimenti progettuali impliciti, sono stati presi in esame gli elaborati di progetto qui di seguito elencati:

- **IA0X01D18ROSE0000001:** Sottostazioni elettriche e Cabine TE – Relazione Tecnica;
- **IA0X01D18DXSE0200001:** SSE di San Nicola di Melfi – Schema unifilare di potenza;
- **IA0X01D18P9SE0200007:** SSE di San Nicola di Melfi – Layout impianto di terra di Piazzale;
- **IA0X01D18PBFA0011001:** Elaborati Generali - Fabbriato di SSE – Impianto di terra e relè di massa.

3.-. CRITERI PROGETTUALI

L'impianto di terra della nuova SSE di San Nicola di Melfi dovrà essere progettato secondo i riferimenti richiamati al punto precedente e soddisfare inoltre i seguenti requisiti:

- a) avere adeguata resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;
- b) essere in grado di sopportare, dal punto di vista termico, le più elevate correnti di guasto prevedibili;
- c) essere in grado di evitare danni a componenti elettrici ed a beni;
- d) garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano sugli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto.

I parametri da prendere in considerazione nel dimensionamento degli impianti di terra sono quindi:

- Valore della corrente di guasto a terra;
- Tempo di eliminazione del guasto a terra;
- Resistività del terreno;

In un impianto in cui sono presenti sistemi elettrici in Bassa ed Alta Tensione (secondo definizione CEI 50522 par. 3.1.3 e 3.1.4), le prescrizioni precedenti devono essere soddisfatte per ciascuno dei sistemi.

Non è necessario prendere in considerazione la contemporaneità di guasti in sistemi con tensioni diverse.

L'impianto di terra realizza la protezione dai contatti indiretti mediante il criterio di "interruzione automatica dell'alimentazione", che è il solo metodo ammesso per gli impianti elettrici alimentati da sistemi in Alta Tensione. Per attuare un'efficace protezione dai contatti indiretti, la normativa vigente prevede che tutte le masse del sistema siano collegate direttamente e stabilmente a terra.

Se una qualunque delle apparecchiature appartenenti a tali sistemi diviene sede di un guasto, può verificarsi il "tensionamento" indebito di masse e parti metalliche normalmente fuori tensione, con il conseguente pericolo di contatti indiretti.

È inoltre previsto un collegamento, attraverso un dispositivo cortocircuitatore, tra la rete di terra ed il circuito di ritorno TE. Tale dispositivo pone in continuità metallica, e quindi elettrica, l'impianto di terra con in binario nel caso in cui la differenza di potenziale tra i due circuiti superi, in caso di guasto, un valore prefissato.

In questo modo il circuito di ritorno contribuisce a disperdere la corrente di guasto, limitando di conseguenza l'aliquota che fluisce attraverso la maglia di terra e di conseguenza limitando le tensioni pericolose che si generano.

Pertanto la rete di terra deve avere caratteristiche tali da garantire che le tensioni di contatto e di passo che si stabiliscono durante il guasto si mantengano, in ogni caso, al di sotto dei valori consentiti dalle norme. Per quanto riguarda il dispositivo cortocircuitatore, la specifica di riferimento è la:

- **RFI DMA IM LA SP IFS 370 A:** *Dispositivo di collegamento del negativo 3kVcc all'impianto di terra di SSE e cabine TE.*

Nella presente relazione verrà dimensionato l'impianto di protezione di terra del piazzale e dei Fabbricati di SSE in relazione ad eventuali guasti e conseguenti rischi di contatti indiretti derivanti dal solo sistema di trazione elettrica a 3kVcc.

Tale criterio è giustificato dal fatto che il sistema in MT viene alimentato con neutro isolato, e pertanto è sede di correnti di guasto notevolmente inferiori a quelle del sistema a 3kVcc poiché dovute unicamente all'accoppiamento capacitivo dei conduttori in cavo tra loro e verso massa.

Relazione di Calcolo Impianto di Terra	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA0X	01	D 18 CL	SE 0200 001	A	6 DI 14

Poiché poi all'interno del fabbricato esistono altri impianti elettrici utilizzatori, sia in MT che in bt, anche per essi occorrerà prevedere la messa a terra di sicurezza.

In relazione al fatto che il fabbricato e tutti gli impianti residenti cadono all'interno del piazzale di SSE e che pertanto non è possibile realizzare per essi impianti di terra elettricamente indipendenti dal precedente, l'impianto di messa a terra sarà **UNICO** e ad esso saranno collegate tutte le masse e le masse estranee delle apparecchiature presenti all'interno del fabbricato.

In particolare saranno collegate direttamente al dispersore, per mezzo di conduttori di rame nudi, tutte le masse metalliche del piazzale (cioè le armature metalliche dei cavi, l'involucro del trasformatore d'isolamento, i tubi d'acciaio e tutte le altre eventuali masse metalliche accessibili poste all'interno dell'anello perimetrale della rete di terra).

Le masse metalliche all'interno del fabbricato saranno invece collegate al dispersore tramite appositi relè di massa, i quali hanno la funzione di comandare l'immediato intervento delle protezioni TE in caso di basso isolamento o guasto a terra.

Questo tipo di protezione aumenta di fatto il livello di sicurezza degli ambienti interni al fabbricato, dove è più frequente la presenza di operatori.

Tutte le masse metalliche che fuoriescono dall'area di piazzale quali tubazioni per l'allacciamento a servizi vari, potenzialmente pericolose perché potrebbero "portare" fuori dal piazzale tensioni pericolose in caso di guasto, andranno opportunamente isolate per mezzo giunti isolanti.

4.-. CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO

4.1.-.IMPIANTO DI TERRA DI PIAZZALE

Così come riportato sull'elaborato grafico:

- **IA0X01D18P9SE0200007:** SSE di San Nicola di Melfi – Layout impianto di terra di Piazzale;

l'impianto di terra di piazzale sarà costituito essenzialmente da un dispersore orizzontale a rete magliata realizzata in corda di rame nudo da 120mm², interrato a circa 60cm di profondità in corrispondenza delle zone interne di piazzale ed a circa 120cm di profondità in corrispondenza dell'anello perimetrale.

La sezione della corda di rame che costituisce il dispersore è ampiamente sovrabbondante rispetto a quella minima prescritta dalla normativa in relazione alle sollecitazioni termiche ed alla loro resistenza meccanica. Tuttavia essa viene normalmente impiegata negli impianti ferroviari, sia per la facile reperibilità del conduttore (corde portanti per TE) sia per tenere conto della eventualità che sui conduttori stessi si verifichino migrazioni di materiale per effetto delle corrosioni elettrolitiche prodotte dalle correnti vaganti.

La dimensione delle singole maglie sarà mediamente di 4x4m, in modo da realizzare una superficie pressoché equipotenziale su tutta l'area interessata dall'impianto. Lo sviluppo superficiale complessivo della rete, con particolare riferimento alla lunghezza del conduttore perimetrale, sarà oggetto di verifica nel presente calcolo.

L'impianto verrà integrato con dispersori verticali, costituiti da picchetti in acciaio ramato infissi nel terreno, corredati da apposita "puntazza" e disposti all'interno di pozzetti ispezionabili; inoltre saranno presenti i "dispersori di fatto" rappresentati dalle armature metalliche relative alle fondazioni sia del fabbricato sia delle apparecchiature di piazzale.

Dette fondazioni, realizzate in cemento armato, contribuiscono notevolmente alla dispersione delle correnti di guasto, a condizione di realizzare la continuità metallica tra esse ed il dispersore intenzionale. Ciò si ottiene collegando tra loro, con efficaci legature in fil di ferro o meglio con punti di saldatura forte, tutti i ferri d'armatura durante la loro formazione. Le gabbie metalliche così formate dovranno poi essere collegate alla rete di terra a mezzo di "frustoni" in corda di rame.

Il numero, la collocazione e le dimensioni dei dispersori intenzionali verranno verificati nell'ambito del presente documento, trascurando, a titolo precauzionale, il contributo dei dispersori di fatto.

Oltre a presentare i valori di resistenza di terra tali da contenere le tensioni pericolose, l'impianto di terra dovrà essere tale da contenere al proprio interno tutte le apparecchiature che possono diventare sede di tensioni pericolose a seguito di guasto a terra. Inoltre per evitare che possano instaurarsi tensioni pericolose al suolo a ridosso del confine dell'area di SSE l'elemento disperdente più periferico dovrà trovarsi a debita distanza (circa 2,5m) dalla recinzione dell'area di SSE.

Esso inoltre dovrà presentare un andamento il più possibile morbido e regolare, poiché la presenza di vertici o antenne favorirebbe lo stabilirsi di zone ad intensa attività disperdente, con conseguenze indesiderabili sul gradiente di potenziale che si stabilisce nel terreno.

Per lo stesso motivo gli elementi dei cancelli metallici di accesso al piazzale non saranno collegati alla rete di terra di sottostazione, ma saranno dotati di un dispersore proprio. Tale accorgimento si rende necessario per evitare l'instaurarsi di tensioni pericolose tra le masse metalliche dei cancelli e le eventuali masse esterne all'area di piazzale.

In caso di guasto, tanto la tensione di passo e che la tensione di contatto (definite dalla norma CEI 50522 cap. 3.4.14, 3.4.15, 3.4.16) che si stabiliscono all'interno dell'area di sottostazione possono assumere valori pericolosi e pertanto il progetto del dispersore verrà eseguito con particolare riferimento a questi valori.

Solo nelle zone periferiche, cioè in prossimità del conduttore perimetrale, le tensioni di passo possono assumere valori più elevati. Per fronteggiare questa evenienza, i conduttori perimetrali saranno interrati a profondità maggiore in modo da modificare il profilo del gradiente di potenziale.

	LINEA POTENZA-FOGGIA - AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE SSE DI SAN NICOLA DI MELFI					
	Relazione di Calcolo Impianto di Terra	PROGETTO IA0X	LOTTO 01	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 0200 001	REV. A

Ad ogni buon conto, anche le tensioni di passo nella zona a ridosso della recinzione saranno oggetto di verifica.

4.2.-.IMPIANTO DI TERRA DEL FABBRICATO

Per quanto riguarda l'impianto di terra del fabbricato destinato al contenimento delle apparecchiature di sottostazione, la sua realizzazione consisterà in:

- installazione di un collettore di terra in piatto di rame 50x4mm in ogni locale, graffettato alle pareti;
- esecuzione delle derivazioni di terra, con piatto di rame 40x3mm, dalle masse metalliche fisse al collettore;
- installazione di un relè di massa di tipo elettromeccanico a parete (complementare a quelli di tipo elettronico a corredo delle celle blindate degli interruttori extrarapidi e dei filtri), montato su supporti isolanti all'interno della cella negativo;
- posa e collegamento di un doppio cavo in rame da 120mm², dal relè di massa sino alla rete di terra di piazzale;
- connessioni di continuità elettrica delle carpenterie mobili, con conduttori flessibili delle seguenti sezioni:
 - 50mm², per la messa a terra dei pannelli mobili (ante di celle ed armadi);
 - 70mm², per la messa a terra delle altre parti mobili, tipo aste di manovra.

L'installazione del collettore di terra e delle relative derivazioni alle masse metalliche dovrà essere opportunamente distanziata dalla parete mediante interposizione di distanziali in resina autoestingente, ed il fissaggio a parete dovrà essere eseguito con viti in acciaio e tasselli in PVC.

Le sbarre in rame dell'impianto di terra interno al fabbricato (collettore e relative derivazioni) dovranno essere verniciate sulle parti a vista, in GIALLO con strisce VERDI, oppure con il simbolo di terra (verniciato o prestampato, ben adesivo e resistente).

5.-. DIMENSIONAMENTO

5.1.-. CALCOLO DELLA RESISTENZA DI TERRA DEL DISPERSORE

Come mostrato dal citato elaborato:

- **IA0X01D18P9SE0200007:** SSE di San Nicola di Melfi – Layout impianto di terra di Piazzale;

il dispersore di piazzale è costituito da una rete magliata di superficie pari a circa 995m², con lato di magliatura mediamente pari a circa 4m.

Per la determinazione della resistenza di terra R_t del dispersore è essenziale conoscere il valore ρ_t della resistività del terreno. Dai sondaggi effettuati per la classificazione dei terreni presenti nel sito di installazione (sondaggio S4) si rileva la presenza di limo argilloso sia negli strati più superficiali che in quelli profondi (fino a 6m).

In accordo a quanto indicato nella tabella J.1 dell'allegato J (Norma CEI EN 50522):

**Tabella J.1 - Resistività del terreno per correnti alternate
(Gamma dei valori che sono stati misurati frequentemente)**

Tipo di terreno	Resistività del terreno ρ_E Ωm	
Terreno paludoso	da 5	a 40
Terriccio, argilla, humus	da 20	a 200
Sabbia	da 200	a 2 500
Ghiaietto	da 2 000	a 3 000
Pietrisco	Per lo più sotto 1 000	
Arenaria	da 2 000	a 3 000
Granito	fino a 50 000	
Morena	fino a 30 000	

per quanto riguarda la resistività elettrica del terreno superficiale si assume cautelativamente un valore pari a:

$$\rho_E = 100 \Omega m$$

mentre per gli strati più profondi, destinati ad accogliere i dispersori verticali a picchetto, si assume un valore medio pari a:

$$\rho_P = 200 \Omega m$$

La resistenza R_r della rete magliata può essere calcolata con la formula (CEI 50522, allegato J2)

$$R_r = \frac{\rho_E}{2D}$$

dove D è il diametro del cerchio di area equivalente alla rete magliata, pari a circa 35,60m.

Sostituendo i valori numerici si ricava il seguente valore:

$$R_r = 1,40 \Omega$$

L'impianto sarà integrato da dispersori verticali aggiuntivi, costituiti da paletti di acciaio ramato di diametro pari a 30mm e lunghezza 6m, ciascuno dei quali presenta una resistenza di terra R'_p pari a:

$$R'_p = \frac{\rho_P}{2\pi L} \times \ln \frac{4 \cdot L}{d}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA - AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE SSE DI SAN NICOLA DI MELFI					
	Relazione di Calcolo Impianto di Terra	PROGETTO IA0X	LOTTO 01	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 0200 001	REV. A

in cui L e d sono rispettivamente la profondità d'infissione (lunghezza) ed il diametro del tondo di cui è costituito il picchetto. Con i valori già forniti, si ottiene:

$$R_p = 35,46 \Omega$$

Ai fini della verifica verranno considerati n°13 picchetti distribuiti nel piazzale di SSE; pertanto la resistenza di terra dei picchetti, considerati in parallelo, sarà:

$$R_{pp} = R_p / 13 = 2,72 \Omega$$

Pertanto la resistenza teorica totale R_T dell'intero dispositivo di dispersione, costituito dal parallelo dei due dispersori parziali (rete e picchetti) sarà pari a:

$$R_T = \frac{R_r \cdot R_{pp}}{R_r + R_{pp}} = 0,92 \Omega$$

Si noti che nella determinazione di R_T non si è tenuto conto del contributo (tutt'altro che trascurabile) dei dispersori di fatto.

5.1.-. VERIFICA DELLE TENSIONI DI PASSO E DI CONTATTO PER GUASTI IN C.C.

5.1.1.-. SCELTA DEI PARAMETRI PROGETTUALI

Come detto la SSE di San Nicola di Melfi si estende su un piazzale di superficie pari a circa 1408m². La determinazione della corrente continua di terra I_{ct} che l'impianto di terra di SSE è chiamato a disperdere è basata sulla schematizzazione del sistema elettrico composto dalla SSE stessa e dalle limitrofe SSE di Ascoli Satriano e di Rionero, che distano rispettivamente circa 31km e 37km.

Il valore della corrente di guasto a terra è stato determinato facendo riferimento a schemi circuitali in cui si sono considerate:

- La resistenza interna della SSE (assunto pari a 0,15Ω per tutte le SSE);
- La resistenza di terra complessiva dell'impianto di SSE San Nicola di Melfi ($R_r=1,16\Omega$);
- Le resistenze delle Linee di Contatto ricavate considerando una resistenza chilometrica pari a 0,05Ω/km e 0,04Ω/km, caratteristiche rispettivamente delle sezioni equivalenti di 440mmq e 540mmq.

Inoltre si sono assunti valori di resistenza e conduttanza chilometrica del binario rispettivamente pari a:

$$R_b = 0,0166 \Omega/\text{km}; \quad G_b = 0,2 \text{ S}/\text{km}.$$

Supponendo un guasto franco a terra sulla sbarra positiva di SSE ed assumendo la tensione alle sbarre delle due sottostazioni adiacenti pari a 3600V, dalla simulazione si ricava, per la corrente I_T drenata a terra dall'impianto di SSE, valori piuttosto esigui, pari a circa 2,0kA. In via cautelativa, per la verifica dell'impianto nei confronti delle tensioni di passo e di contatto, si assumerà:

$$I_T = 4,0 \text{ kA}$$

Le protezioni dai guasti SSE sono costituite dagli interruttori extrarapidi e dagli ultrarapidi di gruppo, il cui tempo d'intervento viene normalmente assunto pari a:

$$t = 0,1 \text{ s}$$

5.1.2.-.VERIFICA DELLE TENSIONI DI PASSO E DI CONTATTO

Il dispersore così dimensionato dovrà essere tale da impedire che, con la corrente di guasto a terra di cui al precedente paragrafo si verificano in qualsivoglia punto dell'impianto tensioni di contatto e di passo pari o superiori ai valori della seguente tabella:

Condizioni di breve durata (EN 50122 tab. 6)

Tempo di eliminazione del guasto [s]	Tensione [V]
0,02	870
0,05	735
0,10	625
0,20	520
0,30	460
0,40	420
0,50	385
0,60	360
0,70	350

Nel caso in esame (tempo di intervento delle protezioni pari a 0,1s) si ottiene che il valore di tensione da non superare è pari a:

$$U_{tp} = 625V.$$

Poiché, specialmente nelle zone interne alla rete di terra, la tensione di contatto V_c assume valori sempre superiori a quelli della tensione di passo V_p , conviene riferirsi alla prima, il cui valore, per il dispersore impiegato, viene fornito dalla formula semiempirica:

$$V_c = 0,7 \frac{\rho_E \cdot I_{tr}}{L_M}$$

in cui I_{tr} è l'aliquota della corrente di terra I_t dispersa dal solo dispersore a rete magliata ed L_M è la lunghezza totale di tale dispersore, pari a:

$$L_M = 584m.$$

Poiché la rete ed il sistema dei paletti aggiuntivi si ripartiscono la corrente di terra in ragione inversa delle loro resistenze di terra, si ricava:

$$I_{tr} = I_T \frac{R_{pp}}{R_r + R_{pp}} = 2641A$$

$$I_{tp} = I_t \frac{R_r}{R_r + R_{pp}} = 1359A$$

e, con gli altri valori precedentemente forniti, risulta:

$$V_c = 317V$$

Tale valore risulta inferiore a quello limite di 625V, pertanto l'impianto così configurato può considerarsi sufficiente alla protezione nei confronti di tensionamenti indebiti.

Nelle zone più periferiche del piazzale conviene valutare anche il valore che assume la tensione di passo V_p , poiché in corrispondenza del perimetro esterno la dispersione di corrente è più attiva e quindi aumentano i gradienti di potenziale.

Per le zone suddette viene impiegata la formula prudenziale:

$$V_p = 4 \cdot \frac{\rho_E \cdot I_{tr}}{d^2}$$

che tiene conto dei fenomeni suddetti maggiorando il valore della V_p di oltre tre volte rispetto a quelli che la stessa tensione di passo assume all'interno della rete. Nella formula il termine "d" rappresenta la diagonale della superficie rettangolare occupata dalla rete di terra, che nel caso in oggetto è pari a circa 62,52m.

Sostituendo i valori, si ha:

$$V_p = 270 \text{ V}$$

Pur risultando tale valore inferiore a quello massimo ammissibile di 625V esposto nella precedente tabella per $t \approx 0,1s$, conviene ridurne ugualmente gli effetti, interrando i conduttori periferici della rete, come già detto, ad una profondità sensibilmente maggiore rispetto agli altri elementi del dispersore (1,2m per quello più esterno e 0,6m per quello precedente). In tal modo risulterà sensibilmente più basso il gradiente di tensione nelle zone marginali del piazzale.

5.2.-.VERIFICA DELLA SEZIONE DEL CONDUTTORE

In funzione del valore stabilito per la corrente di guasto a terra, può essere eseguita la verifica della sezione scelta per il conduttore utilizzato per la costruzione della maglia.

Detta verifica verrà eseguita tramite l'algoritmo proposto dalla Norma CEI EN 50522 allegato D [D.1]:

$$A = \frac{I_T}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

Nella quale è:

- A [mm²]: sezione del conduttore;
- I [A]: corrente di guasto;
- t [s]: tempo di permanenza del guasto;
- K [A mm⁻² s^{1/2}]: costante tipica del materiale del conduttore;
- β [°C]: reciproco del coefficiente di temperatura della resistenza del componente percorso dalla corrente a 0°C;
- Θ_i [°C]: temperatura iniziale in gradi Celsius;
- Θ_f [°C]: temperatura finale in gradi Celsius.

Assumendo per la corda di rame i valori (cfr. CEI EN 50522 all. D tab. D.1):

- K = 226 [A mm⁻² s^{1/2}]
- $\beta = 234,5^\circ\text{C}$

Relazione di Calcolo Impianto di Terra	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA0X	01	D 18 CL	SE 0200 001	A	13 DI 14

ed ipotizzando per le temperature iniziale e finale i valori suggeriti dalla suddetta norma:

- $\Theta_i = 20^\circ\text{C}$
- $\Theta_f = 300^\circ\text{C}$

Si ottiene:

$$A = \frac{4000}{226} \sqrt{\frac{0,1}{\ln \frac{300 + 234,5}{20 + 234,5}}} = 6,50 \text{mm}^2$$

Pertanto la sezione di 120mm^2 scelta in prima approssimazione risulta adeguata alle esigenze anche dal punto di vista termico.

6.-. CONCLUSIONI

Dalle ipotesi di calcolo effettuate e quanto confrontato rispetto ai valori suggeriti dalle Normative di riferimento per le tensioni contatto e per quelle di passo ammissibili dalle Normative Vigenti il progetto può ritenersi corretto.

Il dimensionamento dell'impianto di terra è stato condotto sulla base di 3 criteri fondamentali:

- Resistenza meccanica e alla corrosione;
- Tenuta termica;
- Sicurezza delle persone.

Si ricorda che il DPR 547 art. 328 prescrive per gli impianti di terra una verifica prima della messa in funzione e periodicamente ad intervalli non superiori ai 2 anni.

La norma inoltre stabilisce di verificare l'efficienza dell'impianto di terra mediante esame a vista e prove prima della messa in servizio e ad intervalli non superiori a:

- 6 anni per le stazioni elettriche del distributore;
- 3 anni per gli impianti utilizzatori posti a valle del punto di consegna dell'energia da parte del distributore comprese le stazioni elettriche del cliente.

In condizioni di ordinario funzionamento deve essere verificata la continuità dei conduttori di terra, deve essere effettuata la misura della resistenza di terra e, ove necessario, la misura della tensione di contatto ed eventualmente di passo.