

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche
Dot. Paolo Cucino
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

RELAZIONE

16 - LUCE FORZA MOTRICE

ELABORATI GENERALI

Relazione di calcolo impianto di terra

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO Ing. Pietro Gianvecchio		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 B	E	Z Z	C L	L F 0 0 0 0	0 0 2	A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	D.Turolla	17/12/2021	G.Di Cosimo	31/12/2021	D.Buttafoco (Dolomiti)	19/01/2022	IL PROGETTISTA P.Cucino
								29/01/2022

File: IB0U1BEZZCLLF0000002A.docx

n. Elab.:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
16 - LUCE FORZA MOTRICE Relazione di calcolo impianto di terra	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0000002	REV. A	FOGLIO. 2 di 10

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1 RIFERIMENTO NORMATIVO	4
2.2 RIFERIMENTI AD ELABORATI DI PROGETTO	4
3. CRITERI PREGETTUALI	6
4. COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO	7
5. DIMENSIONAMENTO	8
5.1 SCELTA DEI PARAMETRI PROGETTUALI.....	8
5.2 CALCOLO DELLA RESISTENZA DI TERRA DEL DISPERSORE.....	8
6. VERIFICA DELLE TENSIONI DI PASSO E DI CONTATTO	10

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
16 - LUCE FORZA MOTRICE Relazione di calcolo impianto di terra	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0000002	REV. A	FOGLIO. 3 di 10

1. PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di riportare le modalità di progettazione, le indicazioni e le prescrizioni per il dimensionamento dell'impianto di terra relativo alle nuove cabine previste nel progetto e dedicate all'alimentazione degli impianti di illuminazione, forza motrice e sicurezza in galleria afferenti la linea AV Verona-Fortezza.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
16 - LUCE FORZA MOTRICE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo impianto di terra	IBOU	1BEZZ	CL	LF0000002	A	4 di 10

2. NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La presente relazione tecnica generale, nonché tutta la documentazione progettuale implicitamente od esplicitamente richiamata nel prosieguo, è conforme alle prescrizioni indicate dalle NT, istruzioni, circolari RFI e disposizioni di legge nella loro edizione più recente, delle quali di seguito si elencano le principali.

2.1 RIFERIMENTO NORMATIVO

- **Decreto ministeriale n°37 del 2008:** "Regolamento recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici";
- **Legge n°123 del 2007:** "Misure in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro e delega al Governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia";
- **Decreto legislativo n°81 del 9 Aprile 2008:** "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- **DM 28.10.2005 :** "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie";
- **Legge n°186 del 1/3/1968:** "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici";
- **Legge n°791 del 18/10/77:** "Direttiva per il materiale elettrico di bassa tensione";
- **Norma CEI 0-16:** "Condizioni tecniche per la connessione alle reti di distribuzione dell'energia elettrica a tensione nominale superiore ad 1 kV";
- **Norma CEI EN50122-1:** "Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse; Parte 1a: Provvedimenti concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra";
- **Norma CEI EN 50522:** Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- **Norma CEI EN 61936-1:** Impianti elettrici con tensioni superiore 1kV in corrente alternata.;
- **Norma CEI EN60909-0:** Correnti di corto circuito nei sistemi trifasi in c.a. – Calcolo delle correnti;
- **Norma CEI EN60865-1:** "Correnti di corto circuito – Calcolo degli effetti; parte 1a: Definizioni e metodi di calcolo";
- **Nota RFI-DTC.ST.E\A0011\P\2017\0000153** del 27/9/2017 - Normativa di riferimento per la fornitura di cavi di Energia.
- **Nota RFI-DTC.ST\A0011\P\2017\0001906** del 21.12.2017 Indicazioni sull'impiego di cavi elettrici destinati a costruzioni negli impianti ferroviari - REGOLAMENTO (UE) n. 305/2011;

Per tutto quanto non esplicitamente indicato, dovranno in ogni caso essere sempre adottate tutte le indicazioni normative, di legge e tutti gli standard atti a garantire la realizzazione del sistema a regola d'arte e nel rispetto della sicurezza.

2.2 RIFERIMENTI AD ELABORATI DI PROGETTO

Nel prosieguo delle descrizioni si farà riferimento implicito od esplicito agli elaborati di Progetto Esecutivo, ed in particolare:

IBL11BD58ROLF0000001 – Relazione tecnica descrittiva-esplicativa impianti LFM;

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
16 - LUCE FORZA MOTRICE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo impianto di terra		IBOU	1BEZZ	CL	LF0000002	A	5 di 10

IBOU1BEZZDXLF0000001A	– Schema Elettrico Generale Sistema Alimentazione MT 20kV;
IBOU1BEZZCLLF0000001A	– Relazione di Calcolo Linee MT;
IBOU1BEZZDXLF0000003A	– Schema a Blocchi Carichi Elettrici BT;
IBOU1BEZZPBLF0100001A	– Cabina elettrica MT-BT (PGEP) Stazione Fortezza ex-Dogana - Layout apparecchiature e impianto di terra Cabina MT/BT;
IBOU1BEZZPALF0100001A	– Cabina elettrica MT-BT Finestra Forch - Layout apparecchiature e impianto di terra Cabina MT/BT;
IBOU1BEZZPBLF0100003A	– Cabina elettrica MT-BT By Pass n. 1 Galleria Scaleres - Layout apparecchiature e impianto di terra Cabina MT/bt;
IBOU1BEZZPBLF0100004A	– Cabina elettrica MT-BT By Pass n. 2 Galleria Scaleres - Layout apparecchiature e impianto di terra Cabina MT/bt;
IBOU1BEZZPALF0100002A	– Cabina elettrica MT-BT - Finestra Albes - Layout apparecchiature e impianto di terra Cabina MT/BT;
IBOU1BEZZPBLF0100005A	– Cabina elettrica MT-BT (PGEP) - Finestra Funes - Layout apparecchiature e impianto di terra Cabina MT/bt;
IBOU1BEZZPBLF0100008A	– Cabina elettrica MT-BT - Bypass Galleria Gardena - Layout apparecchiature e impianto di terra Cabina MT/bt;
IBOU1BEZZPBLF0100009A	– Cabina elettrica MT-BT (PGEP) - Ponte Gardena - Layout apparecchiature e impianto di terra Cabina MT/bt;

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
16 - LUCE FORZA MOTRICE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo impianto di terra	IBOU	1BEZZ	CL	LF0000002	A	6 di 10

3. CRITERI PREGETTUALI

L'impianto di messa a terra in oggetto è destinato a realizzare il sistema di protezione dai contatti indiretti denominato **"Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione"**, che è il solo metodo ammesso per gli impianti elettrici alimentati da sistemi di categoria superiore alla 1a. Esso dovrà essere realizzato nel rispetto delle Norme CEI EN61936-1 e CEI EN 50522.

Nei sistemi di 2a e 3a 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. Nella cabina sarà presente un sistema di 2a categoria con neutro compensato, destinato alla alimentazione MT della medesima.

Per attuare un'efficace protezione contro i rischi di contatti indiretti, la normativa vigente prevede che tutte le masse metalliche del sistema siano collegate direttamente e stabilmente a terra.

Il collegamento a terra deve essere effettuato per il tramite di un apposito dispersore, avente caratteristiche tali da garantire che le tensioni di contatto e di passo che si stabiliscono sulle masse metalliche durante il guasto si mantengano al di sotto dei valori massimi ammessi. Qualora i valori di tensione di passo e contatto calcolati superassero quelli massimi ammessi occorre procedere con opportune misure strumentali delle suddette tensioni.

L'impianto di messa a terra sarà unico, e ad esso saranno collegate tutte le ferramenta, carpenterie, involucri metallici, tubazioni ed altri elementi metallici presenti nell'area della postazione, fabbricati compresi, che possano essere oggetto di indebite tensioni elettriche in caso di guasto.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
16 - LUCE FORZA MOTRICE Relazione di calcolo impianto di terra	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0000002	REV. A	FOGLIO. 7 di 10

4. COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO

Il sistema disperdente sarà composto dai seguenti elementi:

- Dispersore orizzontale composto da corda nuda Cu 120mmq interrata a 0,8m di profondità lungo il perimetro esterno del fabbricato (lunghezza complessiva circa 77m, superficie sottesa circa 620mq);
- Sistema di dispersori verticali a picchetto in acciaio ramato di lunghezza 6m, in numero idoneo a ottenere la limitazione delle tensioni.

Il calcolo rigoroso della resistenza di terra per un impianto così configurato richiede un approccio analitico molto complesso, in quanto i dispersori non si possono considerare indipendenti tra loro ma si influenzano reciprocamente; tuttavia si può pensare di valutare, in prima approssimazione, la resistenza totale del sistema come parallelo tra le resistenze di ciascuno dei sistemi disperdenti.

L'impianto sarà completato con l'installazione a parete di un collettore di terra in piatto Cu 50x5mm con relative derivazioni alle masse metalliche; il suddetto collettore dovrà essere installato mediante interposizione di distanziali in resina autoestinguente, a loro volta fissati a parete con viti in acciaio e tasselli in PVC, e dovrà essere collegato in più punti all'impianto di dispersione di terra tramite cavo 1x120mmq.

Al collettore dovranno essere collegate tutte le masse metalliche di cabina, il centro stella trasformatori e la barra di terra dei quadri elettrici.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
16 - LUCE FORZA MOTRICE Relazione di calcolo impianto di terra	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0000002	REV. A	FOGLIO. 8 di 10

5. DIMENSIONAMENTO

5.1 SCELTA DEI PARAMETRI PROGETTUALI

I parametri significativi al fine del dimensionamento del dispersore di terra sono:

- t [s]: tempo d'intervento delle protezioni;
- R_{tot} [Ω]: resistenza di terra del dispersore;
- I_t [A]: corrente di terra dispersa;
- I_g [A]: corrente di guasto totale.

Come tempo di eliminazione del guasto e corrente di guasto monofase a terra si assumono i valori di seguito indicati:

$$t = 10 \text{ s}; \quad I_g = 50 \text{ A};$$

confermati in fase di Progettazione Esecutiva.

Per la determinazione della resistenza di terra R_{tot} del dispersore è essenziale conoscere il valore della resistività del terreno; nella presente fase progettuale, in mancanza di dati derivanti da misurazioni strumentali, si assume il valore prudenziale:

$$\rho = 100 \Omega \text{m};$$

Anche in questo caso sarà necessario, in fase Esecutiva, verificare tale valore con apposite indagini in sito.

5.2 CALCOLO DELLA RESISTENZA DI TERRA DEL DISPERSORE

La resistenza dell'anello perimetrale posato attorno al fabbricato può essere calcolata con la seguente formula:

$$R_a = \frac{\rho}{\pi^2 D_a} \ln \frac{2\pi D_a}{d_a};$$

nella quale i termini D_a e d_a assumono i seguenti significati:

- D_a : Diametro del cerchio di area equivalente alla superficie sottesa dal dispersore orizzontale;
- d_a : diametro del conduttore costituente il dispersore orizzontale.

Sostituendo i dati precedentemente riportati si ha:

$$R_a = 3,45 \Omega.$$

La resistenza complessiva del sistema di dispersori verticali a picchetto può essere calcolata come parallelo tra le resistenze dei singoli picchetti.

Assumendo per ciascuno di essi le seguenti misure per la lunghezza della parte infissa e diametro del bastone:

$$L_p = 6 \text{ m}; \quad D_p = 25 \text{ mm};$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
16 - LUCE FORZA MOTRICE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo impianto di terra	IBOU	1BEZZ	CL	LF0000002	A	9 di 10

la resistenza del singolo picchetto si ricava dalla formula:

$$R_p = \frac{\rho}{2\pi L_p} \ln \frac{4L_p}{D_p};$$

che fornisce il valore:

$$R_p = 18,22\Omega$$

Per il sistema di 7 picchetti in parallelo si ha:

$$R_{pp} = \frac{R_p}{N} = 2,60\Omega;$$

Infine si può calcolare la resistenza complessiva dei due sistemi disperdenti (considerati in parallelo fra loro) con la seguente formula:

$$R_{tot} = \frac{R_a \cdot R_{pp}}{R_a + R_{pp}} = 1,48\Omega .$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
16 - LUCE FORZA MOTRICE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo impianto di terra	IBOU	1BEZZ	CL	LF0000002	A	10 di 10

6. 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 I_g , in qualsivoglia punto dell'impianto, le tensioni di contatto e di passo non siano superiori ai valori riportati nella seguente tabella in funzione del tempo di interruzione T_F :

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

T_F [s] Durata del guasto	U_{TP} [V]
10	85
5	86
1	103
0,5	220
0,2	537
0,10	654
0,05	716

Nel caso in esame (tempo di intervento delle protezioni pari a 10s), il valore da non superare è $U_{TP} = 85V$

Detta:

- V_c [V]: tensione di contatto;

con i valori precedentemente forniti risulta:

$$V_c = I_g \cdot R_{tot} = 74,00V;$$

valore inferiore a quello limite di 80V ricavato dalla tabella della (EN 50522 tab. B.2) In ogni caso, a valle della realizzazione e messa in servizio dell'impianto, occorrerà effettuare apposite misure delle tensioni di passo e contatto.