

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



U.O. TECNOLOGIE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

IMPIANTI LFM – GALLERIA BAULADU

Relazione di calcolo dell'impianto di terra della cabina MT/BT

SCALA:

-

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

RR0H 01 D 18 CL LF0100 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	S. Ricci 	Marzo 2018	M. Castellani 	Marzo 2018	T. Paoletti 	Marzo 2018	G. Guido Buffarini U.O. Tecnologie Centro Ing. Guido Buffarini Ufficio Risorse Ufficiali n. 1/812

File: RR0H01D18CLLF0100001A.doc

n. Elab.: 598

INDICE

1.	PREMESSA E SCOPO	3
1.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
3.	CRITERI PROGETTUALI	6
4.	COSTITUZIONE DELL'IMPIANTO	7
5.	DIMENSIONAMENTO.....	8
5.1	SCELTA DEI PARAMETRI PROGETTUALI	8
5.2	CALCOLO DELLA RESISTENZA DI TERRA DEL DISPERSORE – PIAZZALI RI51 E RI52	9
5.3	CALCOLO DELLA RESISTENZA DI TERRA DEL DISPERSORE – PIAZZALE RI54	10
5.4	VERIFICA DELLE TENSIONI DI PASSO E DI CONTATTO	11

	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU					
	IMPIANTI LFM – GALLERIA BAULADU Relazione di calcolo dell'impianto di terra delle cabine MT/BT	COMMESSA RR0H	LOTTO 01 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0100001	REV. A

1. **PREMESSA E SCOPO**

Nell'ambito degli interventi di velocizzazione della linea San Gavino – Sassari - Olbia è prevista la realizzazione di un nuovo tracciato a singolo binario, la variante di Bauladu con lunghezza pari a 8500m.

Il tracciato sarà interessato dalla presenza di numerose opere civili, tra cui la galleria Bauladu.

Tale galleria ha lunghezza pari a 3826 metri , dalla pk 2+214 alla pk 6+040.

Nelle cabine dei Fabbricati Tecnologici saranno installati i quadri di Media Tensione ed i trasformatori dedicati alla:

- alimentazione dei quadri generali di bassa tensione (attraverso due trasformatori 20/0,4 kV) dedicati alla protezione ed alimentazione delle principali utenze di piazzale e fabbricati ;
- alimentazione delle dorsali ad 1 kV (attraverso due trasformatori 20/1 kV) dedicate alla protezione ed alimentazione delle apparecchiature di sicurezza in galleria per i due binari pari e dispari.

Il sistema elettrico di alimentazione degli impianti di galleria sarà conforme a quanto indicato dalla Specifica tecnica di costruzione per il miglioramento della sicurezza nelle gallerie ferroviarie (RFIDPRIMSTCIFSFL610C del 24/04/2012).

Il sistema di alimentazione degli impianti facenti parte di quest'intervento, data l'elevata potenza impegnata, sarà realizzata tramite cabine MT/BT poste nei PGEP ed in corrispondenza della finestra F2. Le cabine MT/BT poste nei PGEP saranno alimentate da forniture di energia elettrica in MT a 20 KV; la cabina MT/BT posta lungo linea sarà invece alimentata in entra esce dalla dorsale. Le due fonti di alimentazione agli estremi della tratta saranno tra loro elettricamente distinte in modo che sia garantita l'alimentazione di tutti i quadri di tratta anche in mancanza di una delle due.

I piazzali in cui sono previsti gli impianti di terra oggetto della presente relazione sono:

- RI51, in cui sono presenti:
 - FA01A - PGEP Imbocco Sud;
 - FA01B – Locale vasca antincendio Imbocco Sud;
- RI54, in cui è presente:
 - FA02A – Fabbricato tecnologico finestra 2;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU					
	IMPIANTI LFM – GALLERIA BAULADU Relazione di calcolo dell'impianto di terra delle cabine MT/BT	COMMESSA RR0H	LOTTO 01 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0100001	REV. A

- RI52, in cui sono presenti:
 - FA03A - PGEP Imbocco Nord;
 - FA03B – Locale vasca antincendio Imbocco Nord.

Tali piazzali saranno saranno dotati di un dispersore di terra costituito da anelli realizzati con corda di rame nuda di sezione 120 mm² posati lungo il perimetro dei fabbricati, interrati da dispersori verticali di terra di diametro 25 mm e lunghi 3 m.

Scopo del presente documento è quello di riportare le modalità di progettazione, le indicazioni e le prescrizioni per il dimensionamento di tali impianti di terra, con riferimento a sistemi elettrici di categoria II.

1.1 Documenti di riferimento

Titolo Elaborato	Codifica																		
Planimetria rete di terra_ Piazzale RI52 Imbocco lato Nord - pk 6+040	R	R	0	H	0	1	D	1	8	P	A	L	F	0	1	0	0	0	0
Planimetria rete di terra_ Piazzale RI51 Imbocco lato Sud - pk 2+234	R	R	0	H	0	1	D	1	8	P	A	L	F	0	1	0	0	0	0
Planimetria rete di terra_ Piazzale RI54 finestra 2 - pk 4+194	R	R	0	H	0	1	D	1	8	P	A	L	F	0	1	0	0	0	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU					
	IMPIANTI LFM – GALLERIA BAULADU Relazione di calcolo dell'impianto di terra delle cabine MT/BT	COMMESSA RR0H	LOTTO 01 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0100001	REV. A

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- **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 (9.6):** “Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse; Parte 1a: Provvedimenti concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra”;
- **Norma CEI 99-3 (EN50522):** “Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.”
- **Norma CEI 11-17:** “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo”;
- **Norma CEI EN60865-1 (11-26):** “Correnti di corto circuito – Calcolo degli effetti; parte 1a: Definizioni e metodi di calcolo”;
- **D. Lgs. 09/04/08 n.81:** “Testo Unico sulla sicurezza”.

Inoltre, si devono considerare prescrizioni di Enti Locali (USL, VVFF, Ispettorato del Lavoro) per quanto possibile applicabili.

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.

	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU					
IMPIANTI LFM – GALLERIA BAULADU Relazione di calcolo dell'impianto di terra delle cabine MT/BT	COMMESSA RR0H	LOTTO 01 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0100001	REV. A	FOGLIO 6 di 11

3. CRITERI PROGETTUALI

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 I.

L'impianto dovrà essere realizzato nel rispetto della Norma CEI EN50522 che ha sostituito definitivamente la norma CEI 11-1 dal 1° novembre 2013.

Nei sistemi di II e III 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 il sistema di II categoria con neutro isolato, destinato alla alimentazione MT della medesima.

Al fine di garantire la protezione contro i contatti indiretti le masse metalliche che necessitano di collegamento a terra, saranno collegate direttamente e stabilmente al collettore di 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.

	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU					
IMPIANTI LFM – GALLERIA BAULADU Relazione di calcolo dell'impianto di terra delle cabine MT/BT	COMMESSA RR0H	LOTTO 01 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0100001	REV. A	FOGLIO 7 di 11

4. COSTITUZIONE DELL'IMPIANTO

Il sistema disperdente di ogni fabbricato tecnologico sarà composto dai seguenti elementi:

- Anello perimetrale interno, interrato a 0,6 m di profondità lungo il perimetro del piazzale del fabbricato;
- Anello perimetrale esterno, interrato a 1,2 m di profondità lungo il perimetro del piazzale del fabbricato;
- Sistema di dispersori verticali a picchetto in numero idoneo a ottenere la limitazione delle tensioni di contatto.

Il calcolo rigoroso della resistenza di terra per un impianto così configurato richiede un approccio analitico complesso, approssimabile considerando la resistenza totale come parallelo tra le resistenze relative all'anello perimetrale ed ai picchetti.

All'interno di ciascun locale verrà realizzato uno o più nodi equipotenziali a cui collegare le masse metalliche di cabina tramite cavo in rame di sezione pari a 120 mm². L'installazione a parete dei nodi equipotenziali e delle relative derivazioni alle masse metalliche dovrà essere realizzata mediante interposizione di distanziali in resina autoestinguente, a loro volta fissati a parete con viti in acciaio e tasselli in PVC. Ai suddetti nodi saranno realizzati almeno i seguenti collegamenti equipotenziali:

- Centro stella trasformatori;
- Barra di terra Quadro Generale di Bassa Tensione;
- Barra di terra Quadro di Media Tensione.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU					
IMPIANTI LFM – GALLERIA BAULADU Relazione di calcolo dell'impianto di terra delle cabine MT/BT	COMMESSA RR0H	LOTTO 01 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0100001	REV. A	FOGLIO 8 di 11

5. DIMENSIONAMENTO

5.1 Scelta dei parametri progettuali

I parametri significativi al fine del dimensionamento del dispersore di terra sono il tempo t d'intervento delle protezioni sul sistema, la resistenza di terra R_{tot} del dispersore medesimo e la corrente di terra I_t dispersa, funzione della corrente di guasto totale I_g .

In mancanza di informazioni specifiche, e ipotizzando il caso peggiore con sistema neutro MT compensato come proposto dalla Norma CEI 0-16, per la corrente di guasto ed il tempo di intervento delle protezioni si assumono i valori:

$$t = 10 \text{ s};$$

$$I_g = 50 \text{ A};$$

che andranno poi confermati in fase di Progettazione Esecutiva.

Per la determinazione della resistenza di terra R_E è essenziale conoscere il valore della resistività del terreno; in questa fase si è assunto il valore

$$\rho = 150 \Omega \text{m}$$

Anche in questo caso sarà cura dell'Appaltatore effettuare le necessarie verifiche strumentali per confermare o correggere il valore attribuito a tale parametro.

Il valore della resistenza di terra è stato determinato implementando l'architettura della rete di terra e i dati di input nel software di calcolo "Geo2".

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU					
	IMPIANTI LFM – GALLERIA BAULADU Relazione di calcolo dell'impianto di terra delle cabine MT/BT	COMMESSA RR0H	LOTTO 01 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0100001	REV. A

5.2 Calcolo della resistenza di terra del dispersore – Piazzali RI51 e RI52

La resistenza di terra dell'intero sistema disperdente può essere calcolata come parallelo delle resistenze dei singoli sistemi componenti, ossia del dispersore lineare perimetrale e dei dispersori verticali a picchetto.

I dispersori perimetrali interni dei fabbricati sono costituiti da corda nuda in rame sez.120 mm² interrata a profondità di 0,6 m, mentre i dispersori perimetrali esterni sono della medesima sezione e interrati a 1,2 m rispetto al piano di calpestio del piazzale.

I dispersori lineari saranno integrati da un sistema di dispersori verticali a picchetto, costituiti da aste in acciaio ramato infisse nel terreno e collegate al dispersore lineare a mezzo di capocorda in rame bullonati ad appositi collari fissati all'estremità dei picchetti. Tali picchetti avranno le seguenti caratteristiche dimensionali:

- L_p [m] = 3,0: Lunghezza complessiva del picchetto;
- d [mm] = 25: Diametro del picchetto.

Di seguito le caratteristiche degli impianti di terra relative ad ogni fabbricato presente sul piazzale:

FA01A - PGEP:	FA01B – Locale Vasca Antincendio:
Lunghezza anello perimetrale Esterno \approx 85m	Lunghezza anello perimetrale Esterno \approx 48m
Lunghezza anello perimetrale Interno \approx 76m	Lunghezza anello perimetrale Interno \approx 40m
Numero di picchetti previsti = 10	Numero di picchetti previsti = 4

I collegamenti tra i dispersori ed i nodi di terra dovranno essere derivati in corrispondenza dei picchetti più vicini e saranno realizzati con cavo (FG17 colore giallo-verde) in rame di sezione pari a 120mm².

Gli impianti di terra sopra descritti saranno messi in parallelo mediante un doppio collegamento in cavo (FG17 colore giallo-verde) fra il collettore di terra del locale BT ed il collettore di terra del Locale Vasca antincendio.

Il valore calcolato della resistenza di terra di ciascun piazzale di imbocco della galleria Bauladu è pari a:

$$R_{E1} = 2,55 \, \Omega \text{ (Piazzale RI51)}$$

$$R_{E2} = 2,55 \, \Omega \text{ (Piazzale RI52)}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU					
	IMPIANTI LFM – GALLERIA BAULADU Relazione di calcolo dell'impianto di terra delle cabine MT/BT	COMMESSA RR0H	LOTTO 01 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0100001	REV. A

5.3 Calcolo della resistenza di terra del dispersore – Piazzale RI54

La resistenza di terra dell'intero sistema disperdente può essere calcolata come parallelo delle resistenze dei singoli sistemi componenti, ossia del dispersore lineare perimetrale e dei dispersori verticali a picchetto.

I dispersori perimetrali interni dei fabbricati sono costituiti da corda nuda in rame sez. 120 mm² interrata a profondità di 0,6 m, mentre i dispersori perimetrali esterni sono della medesima sezione e interrati a 1,2 m rispetto al piano di calpestio del piazzale.

I dispersori lineari saranno integrati da un sistema di dispersori verticali a picchetto, costituiti da aste in acciaio ramato infisse nel terreno e collegate al dispersore lineare a mezzo di capocorda in rame bullonati ad appositi collari fissati all'estremità dei picchetti. Tali picchetti avranno le seguenti caratteristiche dimensionali:

- L_p [m] = 3,0: Lunghezza complessiva del picchetto;
- d [mm] = 25: Diametro del picchetto.

Di seguito le caratteristiche degli impianti di terra relative ad ogni fabbricato presente sul piazzale:

<i>FA02A – Fabbricato Tecnologico Finestra:</i> Lunghezza anello perimetrale Interno \approx 57m Lunghezza dispersore lineare magliato \approx 150m Numero di picchetti previsti = 13

I collegamenti tra i dispersori ed i nodi di terra dovranno essere derivati in corrispondenza dei picchetti più vicini e saranno realizzati con cavo (FG17 colore giallo-verde) in rame di sezione pari a 120mm².

Il valore della resistenza di terra del piazzale di finestra 2 della galleria Bauladu è pari a:

$$R_{E3} = 3 \Omega \text{ (Piazzale RI54)}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU					
	IMPIANTI LFM – GALLERIA BAULADU Relazione di calcolo dell'impianto di terra delle cabine MT/BT	COMMESSA RR0H	LOTTO 01 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0100001	REV. A

5.4 Verifica delle tensioni di passo e di contatto

Il dispersore così dimensionato dovrà essere tale da impedire che in qualsiasi punto dell'impianto le tensioni di contatto e di passo che si stabiliscono con la corrente di guasto I_g siano superiori ai valori della seguente tabella:

Condizioni di breve durata (EN50522)

Tempo elimin. Guasto [s]	Tensione [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

Nel caso in esame (tempo di intervento delle protezioni pari a 10s), il valore da non superare è pari a 85V.

Per soddisfare la condizione: $U_E \leq U_{TP}$ in ogni punto dell'impianto, i sistemi di dispersione relativi ad ogni piazzale sopra citato verranno collegati in parallelo mediante cavo unipolare 1x50 mm² tipo FG18M16 (PE), pertanto la resistenza di terra risultante è di seguito calcolata come parallelo delle singole resistenze relative ad ogni piazzale:

$$R_E = \frac{1}{R_{E1}} + \frac{1}{R_{E2}} + \frac{1}{R_{E3}} = 0,9 \Omega$$

$$U_E = I_g * R_{Tot} = 45 \text{ V} < U_{TP} = 85 \text{ V}$$

Gli impianti di terra in esame rientrano nelle condizioni richieste dalla norma.

L'Appaltatore sarà tenuto ad effettuare di nuovo i calcoli degli impianti di terra tenendo conto dei reali valori di resistività del terreno misurati e dei reali valori di tempo di estinzione del guasto e corrente di guasto comunicate dall'Ente distributore di Energia Elettrica.