



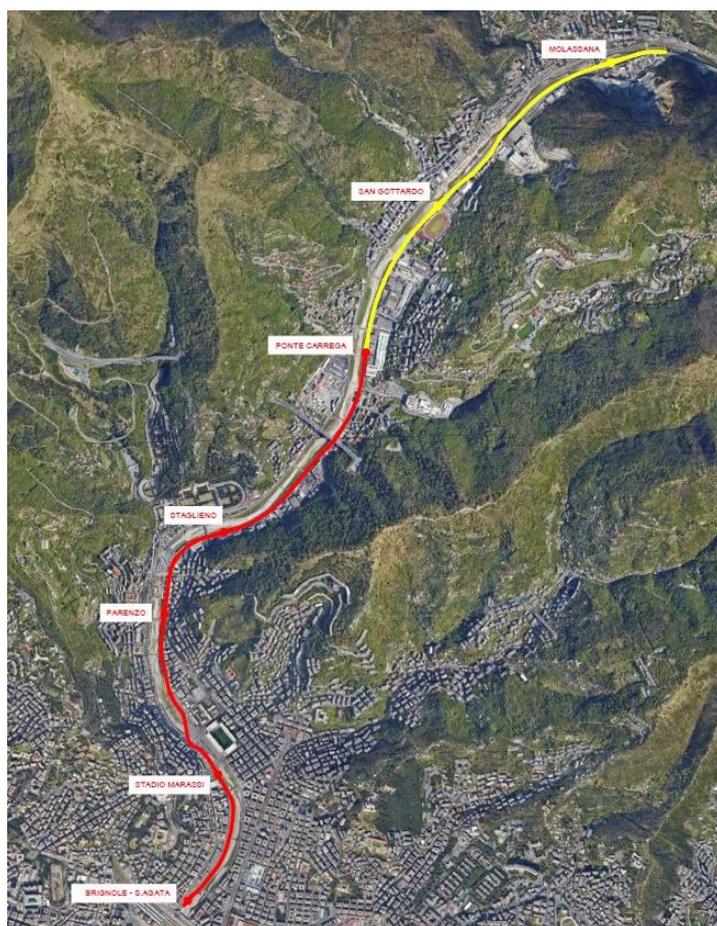
Comune di Genova

# SKYMETRO

## PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO

CUP B39J22001360001 CIG 9262977270

### PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA (D.lgs. n. 36 / 2023)



#### TRAZIONE ELETTRICA SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE Specifiche tecniche apparecchiature

Commessa	Fase	Lotto	Disciplina	WBS	Tipo	Numero	Foglio	Rev.
MGE1	P4	LV	LTE	SS0	R	003	00	A

Rev.	Descrizione	Nome		Data
A	Adeguamento al parere del CSLPP e altri Enti e allineamento progetto	Redatto	M. Scatena	07/03/2025
		Verificato	N. Carones	07/03/2025
		Approvato	M. Castellani	07/03/2025
		Autorizzato	P. Cucino	07/03/2025
B		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
C		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
D		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		



## INDICE

<b>1.</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>SCOPO</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>RIFERIMENTI PROGETTUALI</b>	<b>10</b>
<b>5.</b>	<b>SPECIFICHE TECNICHE</b>	<b>12</b>
<b>5.1</b>	<b>QUADRO DI MEDIA TENSIONE</b>	<b>12</b>
<b>5.2</b>	<b>TRASFORMATORE DI GRUPPO</b>	<b>13</b>
5.2.1.1	Prove	15
5.2.1.2	Norme di riferimento:	15
<b>5.3</b>	<b>SEZIONE 750 Vcc</b>	<b>17</b>
5.3.1.1	Raddrizzatore	18
5.3.1.2	Scomparto Sezionatore Bipolare	18
5.3.1.3	Scomparto Alimentatore e Interruttore extrarapido	19
5.3.1.4	Cella negativi	21
5.3.1.5	Sezionatori I e II fila	22
<b>5.4</b>	<b>TRASFORMATORE SERVIZI AUSILIARI</b>	<b>24</b>
<b>5.5</b>	<b>ALIMENTATORE STABILIZZATO CARICA BATTERIA</b>	<b>25</b>
<b>5.6</b>	<b>UPS</b>	<b>27</b>
<b>5.7</b>	<b>QUADRO BT</b>	<b>30</b>
<b>5.8</b>	<b>CIRCUITO DI EMERGENZA IN LINEA</b>	<b>32</b>
<b>5.9</b>	<b>CIRCUITO DI SCATTATO</b>	<b>33</b>
<b>5.10</b>	<b>QUADRO PER LA GESTIONE DEI CIRCUITI DI EMERGENZA E SCATTATO</b>	<b>34</b>
<b>5.11</b>	<b>CIRCUITO DI APERTURA GENERALE (PAG)</b>	<b>35</b>
<b>5.12</b>	<b>CAVI</b>	<b>36</b>
<b>5.13</b>	<b>QUADRO SCADA</b>	<b>36</b>
<b>5.14</b>	<b>REQUISITI GENERALI</b>	<b>38</b>
5.14.1.1	Condizioni di installazione	38
5.14.1.2	Condizioni ambientali	38
5.14.1.3	Criteri costruttivi	38
5.14.1.4	Interfacciamento con esistente	38
5.14.1.5	Attrezzature	38
<b>5.15</b>	<b>INTERVENTI IN SSE BRIGNOLE SU APPARECCHIATURE ESISTENTI</b>	<b>40</b>



---

## INDICE DELLE FIGURE

<b>Figura 1.</b>	Inquadramento Territoriale	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
<b>Figura 2.</b>	Interventi in SSE Brignole - schema di principio	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
<b>Figura 3.</b>	Schema di principio UPS	27

## 1. INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO

Il progetto SkyMetro prevede l'estensione del servizio della rete metropolitana esistente da Genova Brignole fino al quartiere di Molassana, con lunghezza di circa 7 Km, in doppio binario su viadotto, con 7 stazioni, andando a servire la Val Bisagno, una delle due principali vallate urbanizzate facenti parte del Comune di Genova. La linea si sviluppa in sponda destra a filo argine del torrente Bisagno, partendo dalla nuova stazione denominata "Brignole Sant'Agata", fino alla stazione denominata "Stadio Marassi" per poi portarsi a nord della piastra di tombamento del torrente, in zona Marassi, sulla sponda sinistra dove è prevista l'ubicazione delle stazioni "Parenzo", "Staglieno", "Ponte Carrega", "San Gottardo" e "Molassana".

La linea sarà alimentata da 3 sottostazioni elettriche (SSE) con sistema 750Vcc ed equipaggiata con catenaria rigida (ad eccezione del primo tratto di connessione con la linea metropolitana esistente che sarà realizzato con catenaria flessibile).

Per soddisfare l'attuale finanziamento, la realizzazione dell'opera verrà divisa in due lotti di cui il primo, della lunghezza di circa 4,5 km, parte dalla stazione "Brignole Sant'Agata" e arriva alla stazione "Ponte Carrega", definendo così un lotto funzionale. Il secondo lotto, partendo dalla stazione "Ponte Carrega", termina alla stazione di testa "Molassana", definendo così un lotto di completamento. La nuova infrastruttura è provvista di un binario di servizio per il collegamento al deposito esistente di Dinegro.

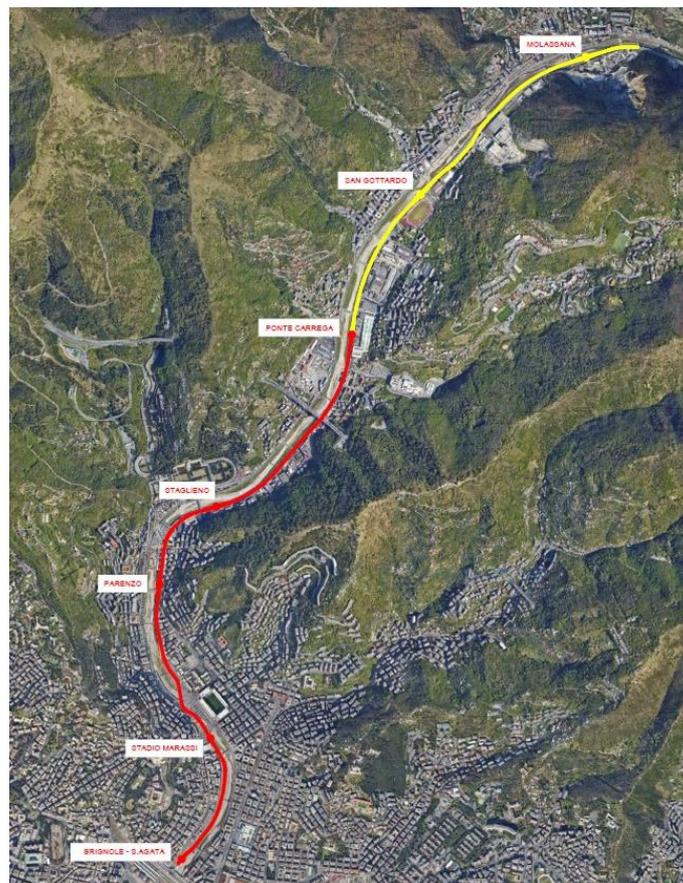


Figura 1. Inquadramento Territoriale



---

## 2. SCOPO

Scopo del presente elaborato è quello di fornire le prescrizioni tecniche sulle apparecchiature, sui sistemi e sugli interventi oggetto del presente appalto.



## 3. NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 3.1 Riferimenti Normativi

La presente relazione tecnica generale, nonché tutta la documentazione progettuale implicitamente od esplicitamente richiamata nel prosieguo, è conforme norme CEI e EU nella loro edizione più recente, delle quali di seguito si elencano le principali (elenco non esaustivo).

**CEI EN 50123-1** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie, e metropolitane. “Impianti fissi – Apparecchiature a corrente continua”

**CEI EN 50123-2** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane. “Impianti fissi – Apparecchiature a corrente continua” - Parte 2: Interruttori a corrente continua

**CEI EN 50123-3** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e succ. varianti metropolitane. “Impianti fissi – Apparecchiature a corrente continua” Parte 3: Interruttori di manovra sezionatori e sezionatori a corrente continua per interno

**CEI EN 50526-1** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie, e metropolitane. Impianti fissi – Scaricatori di sovratensione e limitatori di tensione in corrente continua. Parte 1: Scaricatori di sovratensione

**CEI EN 50123-6** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e succ. varianti metropolitane. “Impianti fissi – Apparecchiature a corrente continua” Parte 6: Apparecchiatura preassemblata a corrente continua

**CEI EN 50123-7-2** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane. “Impianti fissi – Apparecchiature a corrente continua” Parte 7: Apparecchi di misura, controllo e protezione di uso specifico nei sistemi di trazione a corrente continua Sezione 2: Trasduttori di corrente isolanti e altri apparecchi di misura di corrente

**CEI EN 50123-7-3** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane. Impianti fissi – Apparecchiature a corrente continua” Parte 7: Apparecchiature di misura, controllo e protezione di uso specifico nei sistemi di trazione a corrente continua Sezione 3: Trasduttori di tensione isolanti e altri apparecchi di misura e di tensione

**CEI EN 50328** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie, e metropolitane. Impianti fissi – Convertitori elettronici di potenza per sottostazioni

**CEI EN 60529** Gradi di protezione degli involucri (codice IP)

**EN 50163** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione;

**CEI EN 50522** Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a

**CEI EN 61936-1** Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni



---

**CEI EN 50122-1** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi - Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno Parte 1: Provvedimenti di protezione contro lo shock elettrico

**CEI EN 50119** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi - Linee aeree di contatto per trazione elettrica

**CEI EN 50125-2** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Condizioni ambientali per gli equipaggiamenti Parte 2: Impianti elettrici fissi

**CEI EN 50124-1** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane Coordinamento degli isolamenti Parte 1: Requisiti base Distanze in aria e distanze superficiali per tutta l'apparecchiatura elettrica ed elettronica

**CEI EN 50124-1/A1/A2** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane Coordinamento degli isolamenti Parte 1: Requisiti base Distanze in aria e distanze superficiali per tutta l'apparecchiatura elettrica ed elettronica

**CEI EN 50124-2** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane Coordinamento degli isolamenti Parte 2: Sovratensioni e relative protezioni

**CEI EN 50329** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi: Trasformatori di trazione

**CEI EN 50329/A1** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi: Trasformatori di trazione

**CEI EN 60947-1** Apparecchiature a bassa tensione Parte 1: Regole generali

**CEI EN 61439-1** Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Regole generali

**CEI EN 61439-2** Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 2: Quadri di potenza

**CEI EN 60947-1, /A1 e /A2** Apparecchiature a bassa tensione Parte 1: Regole Generali

**CEI EN 60947-2** Apparecchiature a bassa tensione Parte 2: Interruttori automatici

**CEI EN 60947-3, /A1** Apparecchiatura a bassa tensione Parte 3: Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e unità combinate con fusibili

**CEI EN 50121-1** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Compatibilità elettromagnetica Parte 1: Generalità

**CEI EN 50121-2** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Compatibilità elettromagnetica Parte 2: Emissione dell'intero sistema ferroviario verso l'ambiente esterno

**CEI EN 50121-5** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Compatibilità elettromagnetica Parte 5: Emissione ed immunità di apparecchi e impianti fissi di alimentazione



---

**D.Lgs 09/04/2008 n. 81** Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro)

**Legge 01/03/1968 n. 186** Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici

**CEI 0-16** Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle Imprese distributrici di energia elettrica

**CEI 64-8** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua

**CEI 50327** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi - Armonizzazione dei valori di targa per gruppi di conversione e prove sui gruppi di conversione

**CEI 62271-200** Apparecchiatura ad alta tensione Parte 200: Apparecchiatura per corrente alternata con involucro metallico per tensioni superiori a 1 kV fino a 52 kV compresi

**REGOLAMENTO (UE) 2024/573 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO** del 7 febbraio 2024 sui gas fluorurati a effetto serra, che modifica la direttiva (UE) 2019/1937 e che abroga il regolamento (UE) n. 517/2014

**Regolamento UE 2011/305**

**Regolamento UE N.548/2014**

### 3.2 Riferimenti Progettuali

Di seguito si riportano i documenti di progetto ai quali si farà riferimento nella lettura del documento:

MGE1P2LVLTESSOR001-00_A	TRAZIONE ELETTRICA	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE	RELAZIONE DI DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI TRAZIONE ELETTRICA
MGE1P2LVLTESSOR002-00_A	TRAZIONE ELETTRICA	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE	RELAZIONE DESCRITTIVA SISTEMA TRAZIONE ELETTRICA
MGE1P2LVLTESSOR003-00_A	TRAZIONE ELETTRICA	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE	SPECIFICHE TECNICHE
MGE1P2LVLTESS1K001-00_A	TRAZIONE ELETTRICA	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE	SSE PONTE CARREGA - SCHEMA ELETTRICO GENERALE
MGE1P2LVLTESS1T001-00_A	TRAZIONE ELETTRICA	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE	SSE PONTE CARREGA - DISPOSIZIONE APPARECCHIATURE
MGE1P2LVLTESS2K001-00_A	TRAZIONE ELETTRICA	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE	SSE MOLASSANA - SCHEMA ELETTRICO GENERALE
MGE1P2LVLTESS2T001-00_A	TRAZIONE ELETTRICA	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE	SSE MOLASSANA - DISPOSIZIONE APPARECCHIATURE
MGE1P2LVLTESS3K001-00_A	TRAZIONE ELETTRICA	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE	SSE BRIGNOLE - SCHEMA ELETTRICO GENERALE
MGE1P2LVLTESS3T001-00_A	TRAZIONE ELETTRICA	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE	SSE BRIGNOLE - DISPOSIZIONE APPARECCHIATURE
MGE1P2LVLDCCOMK001-00_A	IMPIANTI ELETTROFERROVIARI	LINEA DI CONTATTO	SCHEMA ELETTRICO



---

MGE1P2LVIELCOMK002-00_A	IMPIANTI ELETTRICI	LUCE E FORZA MOTRICE	SCHEMA UNIFILARE - DISTRIBUZIONE MT
-------------------------	--------------------	-------------------------	--



## 5. SPECIFICHE TECNICHE

### 5.1 Quadro di media tensione

Il quadro di media tensione installato in ciascuna SSE dovrà essere conforme alla specifica RFI DMA IM LA LG IFS 300 A, con due requisiti aggiuntivi:

- il quadro dovrà essere equipaggiato non solo di UPP, ma anche di UPC.
- relativamente all'isolamento, va preso in considerazione il nuovo regolamento (UE) 2024/573 sui gas fluorurati a effetto serra

Caratteristiche principali

▪ tensione nominale	24 kV
▪ frequenza nominale	50 Hz
▪ tensione nominale di tenuta a frequenza industriale per 1'	50 kV
▪ tensione nominale tenuta ad impulso	125 kV
▪ corrente nominale delle sbarre principali	630A - 800A - 1250A
▪ corrente nominale ammissibile di breve durata per 1"	16 kA
▪ valore di cresta della corrente di breve durata	40 kA
▪ tenuta all'Arco Interno sui quattro lati	16 kA – 1 sec.
▪ grado IP involucro esterno	IP2XC
▪ grado IP separazioni interne	IP2X
▪ compartimentazione	LSC2A
▪ isolamento quadro	Aria

La struttura del quadro deve essere realizzata in lamiera zincata, verniciata almeno sul fronte quadro e deve essere divisa nei seguenti compartimenti:

- compartimento sbarre isolato in aria;
- compartimento apparecchiature in MT e cavi;
- compartimento bassa tensione.

I quadri elettrici su tutti e quattro i lati devono essere in grado di resistere a sovrappressioni dovute ad un arco interno del valore di 16kA per 1 secondo; devono essere quindi realizzati e provati secondo le prescrizioni IAC A FLR della norma CEI IEC EN 62271-2004.

I comandi degli organi di manovra e di sezionamento devono essere riportati sul fronte del quadro elettrico.



## 5.2 Trasformatore di gruppo

Scopo della presente sezione è quello di definire le caratteristiche tecniche, costruttive e funzionali dei trasformatori trifasi in MT, in resina epossidica, per l'alimentazione di raddrizzatori da 1,5 MW a 750 Vcc.

Il trasformatore previsto deve essere realizzato con isolamento in resina epossidica, con due avvolgimenti secondari e con commutatore di rapporto a vuoto posto sugli avvolgimenti primari. Il trasformatore sarà destinato ad alimentare un gruppo raddrizzatore al silicio del tipo a reazione dodecafase da 1,5 MW a 750 kVcc.

Il trasformatore dovrà essere costituito da un avvolgimento primario connesso a triangolo e n° 2 avvolgimenti secondari, ciascuno di potenza pari alla metà dell'avvolgimento primario, rispettivamente il primo connesso a triangolo ed il secondo connesso a stella. Tra le fasi omonime degli avvolgimenti secondari dovrà risultare uno sfasamento elettrico pari a 30° in modo da generare una reazione dodecafase sul gruppo raddrizzatore.

Le condizioni ambientali di riferimento sono:

- |   |                   |
|---|-------------------|
| ▪ Categoria di sovratensione:                   | OV4;              |
| ▪ Grado di inquinamento:                        | PD4;              |
| ▪ Ambiente:                                     | salino/polveroso; |
| ▪ Altitudine (classe AX):                       | ≤ 1000 s.l.m.;    |
| ▪ Sovrapressione:                               | ≤ 5 kPa;          |
| ▪ Temperature:                                  | -5 °C ÷ +45°C;    |
| ▪ Temperatura di trasporto e/o immagazzinaggio: | -25 °C ÷ +70 °C;  |
| ▪ Umidità:                                      | < 93%.            |

I trasformatori dovranno garantire una classe ambientale E2.

I trasformatori dovranno garantire una classe climatica minima C2.

I trasformatori dovranno garantire una classe climatica minima F1.

- |   |   |
|---|---|
| ▪ Potenza nominale avvolgimento primario A1n:                               | 1,93 MVA;                                   |
| ▪ Potenza nominale avvolgimenti secondari A2n, A 3n:                        | 1,93/2 MVA;                                 |
| ▪ Sovraccarico:   | conforme alla norma EN 50329 Duty Class VI; |
| ▪ Gruppo vettoriale:  | Dy11/Dd0;                                   |
| ▪ Tensione nominale primaria V1n:   | 15kV;                                       |
| ▪ Tensione nominale secondaria V2n e V3n:                                   | 590V;                                       |
| ▪ Classe d'isolamento avvolgimento primario:                                | 24 kV;                                      |
| ○ tensione di tenuta a 50 Hz per 1' verso terra e tra le fasi:              | 50 kV;                                      |
| ○ tensione di tenuta ad impulso atmosferico 1,2/50 µs:                      | 125 kV;                                     |
| ▪ Classe d'isolamento avvolgimenti secondari:                               | 3,6 kV;                                     |
| ○ tensione di tenuta a 50 Hz per 1' verso terra e tra le fasi:              | 10 kV;                                      |
| ○ tensione di tenuta ad impulso atmosferico 1,2/50 µs:                      | 20 kV;                                      |
| ▪ Frequenza nominale:   | 50 Hz;                                      |
| ▪ Gradini di regolazione a vuoto sull'avvolgimento primario rispetto a V1n: | ± 4 x 2,5%;                                 |

- Tensione di c.to c.to Vcc D-y11 % (Vcc 1-2 %) per ogni presa
  - con secondario d0 aperto riferita ad A1n /2: 8÷10%;
- Tensione di c.to c.to Vcc D-d0 % (Vcc 1-3 %) per ogni presa
  - con secondario y11 aperto riferita ad A1n /2: 8÷10%;
- Tensione di c.to c.to Vcc y11-do % (Vcc 2-3 %) per ogni presa
  - con primario D aperto riferita ad A2n: 10÷16%;
- Perdite in c.to c.to 120°C: ≤ 18 kW;
- Corrente a vuoto Io%: ≤ 0,6%;
- Classe termica: F;
- Rumorosità del trasformatore ad 1 m di distanza: ≤ 70 dB.

Il K di accoppiamento tra i secondari deve essere minore o uguale a 0,2

Gli avvolgimenti dovranno essere costruiti con nastro di alluminio esente da bave e con spigoli arrotondati.

Gli avvolgimenti dovranno essere tutti inglobati, separatamente (primari/secondari), in resina epossidica con trattamento in autoclave e successiva post-cottura in forno autoventilato dotato di controllo del ciclo di cottura.

I trasformatori dovranno essere costruiti con materiali isolanti di classe uguale o superiore alla classe termica prevista per gli avvolgimenti (F= 155°C).

Il trasformatore dovrà essere dotato di una idonea protezione termica (26) atta a rilevare le temperature e/o sovratemperature che possono danneggiare gli avvolgimenti ed il nucleo.

Dovranno essere presenti, pertanto, almeno n° 8 sonde termiche (PT100) per il rilievo della temperatura rispettivamente: n° 6 per gli avvolgimenti secondari e la restante n° 2 per il nucleo. L'isolamento delle sonde termiche dovrà essere il medesimo dell'avvolgimento sul quale la singola sonda viene posizionata.

I trasformatori dovranno essere dotati delle seguenti parti accessorie standard:

- isolatori passanti per i collegamenti ai conduttori dell'avvolgimento primario;
- terminali per le uscite degli avvolgimenti secondari;
- sensori termici (PT100) per ogni avvolgimento secondario più 1 sul nucleo;
- centralina termocontrollo;
- piastre di commutazione di tensione;
- morsettiera di cambio tensione;
- ganci per il traino nei due sensi;
- golfari di sollevamento;
- morsetti di terra;
- ruote orientabili;
- targa identificativa;

Il raffreddamento del trasformatore dovrà essere a Ventilazione Naturale (tipo AN).



Nel caso della SSE Molassana, il trasformatore sarà installato in un apposito locale dedicato adiacente al locale contenente le apparecchiature di protezione ed automazione. Inoltre, dovrà avere dimensioni massime tali da essere contenuto nei locali delle dimensioni indicate nell'elaborato MGE1P2LVLTSS2T001-00\_A

Nel caso della SSE Ponte Carrega, il trasformatore sarà installato in un box, e dovrà avere dimensioni massime tali da essere contenuto nei locali delle dimensioni indicate nell'elaborato MGE1P2LVLTSS1T001-00\_A.

Il costruttore deve fornire una relazione di calcolo, contenuta anche nel manuale di installazione uso e manutenzione, che riporta la quantità di aria minima da estrarre dal predetto locale e box, in m<sup>3</sup>/h, per consentire lo smaltimento del calore prodotto nel funzionamento del trasformatore.

#### **5.2.1.1 Prove**

Dovranno essere eseguite a carico del fornitore tutte le prove di accettazione di seguito elencate in accordo dalla norma EN 60076-11.

- esame visivo e verifica dimensionale;
- misura della resistenza degli avvolgimenti;
- misura del rapporto di tensione e controllo dello spostamento angolare;
- misura della tensione di corto circuito e delle perdite a carico;
- misura delle perdite e della corrente a vuoto;
- prova di tenuta a tensione applicata;
- prova di tenuta a tensione indotta in c.a.;
- misura delle scariche parziali.

Inoltre, dovranno essere eseguite le seguenti prove di accettazione:

- Prova di tenuta all'impulso atmosferico

Inoltre, dovranno essere eseguite le seguenti prove di tipo:

- Misura del livello di rumore
- Prova di tenuta al cortocircuito
- Prova di sovratemperatura

Ai fini delle prove di tipo, saranno accettati certificati di colludo relativi a prodotti oggetto di altre forniture purché realizzati con il medesimo progetto.

Le apparecchiature ausiliare ritenute indispensabili (es. Protezione termica, PT100, ecc.) al corretto funzionamento del trasformatore dovranno essere alimentate in corrente continua alla tensione di 125Vcc.

Le apparecchiature ausiliare ritenute non indispensabili al corretto funzionamento del trasformatore dovranno essere alimentate in corrente alternata alla tensione di 230Vca.

#### **5.2.1.2 Norme di riferimento:**

- CEI EN 60076-1 .....: Trasformatori di potenza. Parte 1: Generalità
- CEI EN 60076-2 .....: Trasformatori di potenza. Parte 2: Riscaldamento



- CEI EN 60076-3 .....: Trasformatori di potenza. Parte 3: Livelli di isolamento, prove dielettriche e distanze isolanti in aria.
- CEI EN 60076-5 .....: Trasformatori di potenza. Parte 5: Capacità di tenuta al cortocircuito.
- CEI EN 60076-10 .....: Trasformatori di potenza. Parte 10: Determinazione dei livelli di rumore.
- CEI EN 60076-11 .....: Trasformatori di potenza. Parte 11: Trasformatori di tipo a secco.
- CEI 7-6 (1997-04) .....: Norme per il controllo della zincatura a caldo per immersione su elementi di materiale ferroso destinati a linee e impianti elettrici.
- CEI EN 50216 .....: Accessori per trasformatori di potenza e reattori.
- IEC 60050 .....: Vocabolario elettrotecnico internazionale
- IEC 60071 .....: Coordinamento dell'isolamento. EN 60071 Serie CT 28
- CEI 14-7 .....: Marcatura dei terminali dei trasformatori di potenza
- UNI ISO 2081 .....: Rivestimenti metallici. Rivestimenti elettrolitici di zinco su ferro o acciaio.
- ISO 9001 .....: Sistemi qualità - Modello per l'assicurazione della qualità nella progettazione, sviluppo, fabbricazione, installazione ed assistenza.



### 5.3 Sezione 750 Vcc

Il quadro in corrente continua è costituito essenzialmente dalle seguenti sezioni:

1. sezione di conversione alternata / continua
2. sezione di alimentazione della linea di contatto

Il quadro in corrente continua è un insieme con involucro metallico del tipo blindato per interno.

Il quadro blindato è formato da una serie di scomparti normalizzati, tra loro accoppiati, in cui sono montate le apparecchiature di manovra ed i dispositivi di comando, misura e protezione, con i relativi collegamenti di potenza ed ausiliari.

Lo studio dell'involucro metallico, delle disposizioni degli apparati, il tipo di accesso del tutto indipendente tra gli apparecchi di bassa tensione e quelli di potenza, la particolare robustezza della struttura portante del quadro e dei setti di separazione sono tutti fatti allo scopo di garantire la più assoluta sicurezza nell'esecuzione delle normali operazioni di esercizio e manutenzione.

Sono inoltre previsti gli accessori di cella e i blocchi accuratamente studiati in modo da impedire errate manovre e/o comunque garantire l'incolumità degli operatori, nonché la messa a terra di tutte le singole parti.

Le principali caratteristiche elettriche della sezione in corrente continua sono:

▪ tensione nominale Un	750Vcc
▪ tensione di targa Une	900Vcc
▪ tensione di isolamento assegnato Unm	1,2kV
▪ minima e massima tensione del sistema di trazione in conformità alla CEI EN 50163	
▪ Corrente nominale sbarre omnibus del complesso cc	≥6000A
▪ Corrente di corto circuito di breve durata (200ms) circuiti principali	≥80kA
▪ Corrente di corto circuito limite dinamica (v. di cresta) circuiti principali	≥120kA
▪ Corrente di corto circuito di breve durata (200ms) circuiti di terra	≥30 kA
▪ Corrente di corto circuito limite dinamica (valore di cresta) circuiti di terra	≥65Ka
▪ Grado di sovratensione	OV4
▪ Grado di inquinamento	PD4
▪ tensione di tenuta ad impulso	
▪ verso terra e tra i poli (UniA)	≥12kV
▪ a cavallo di una eventuale distanza di isolamento all'interno (UniB)	≥14,4kV
▪ livello di tensione di tenuta a frequenza industriale 50Hz:	
▪ verso terra e tra i poli (UaA)	≥6,5 kV
▪ a cavallo di una eventuale distanza di isolamento all'interno (UaB)	≥6,6 kV
▪ alimentazione dei circuiti ausiliari	125Vcc & 230Vac
▪ ingresso/uscita cavi	dal basso
▪ accessibilità	fronte

L'intero quadro a corrente continua QCC e i sezionatori di I e II fila dovranno essere certificati alla tenuta all'arco elettrico interno.



Tutti gli scomparti, raddrizzatore, alimentatori di linea, negativo, sezionatori di prima e seconda fila avranno in comune le caratteristiche costruttive di seguito descritte.

Gli scomparti sono del tipo prefabbricato con involucro metallico, con grado di protezione complessivo almeno IP 30, per installazione all'interno. È comunque garantito, a portelle aperte, un grado di protezione almeno IP 20 per le apparecchiature che rimangono in tensione. Sulla cella logica di comando, protezione e misure, sul pannello di comando è previsto un commutatore che escluda la possibilità di comando a distanza delle apparecchiature, qualora si volesse manovrare localmente per le prove con l'interruttore in posizione di sezionato.

È prevista una sbarra di terra estesa per tutta la lunghezza dello scomparto. La sbarra è provvista di un terminale adeguato al collegamento all'impianto di terra dell'installazione. Il collegamento inoltre deve realizzare la segnalazione e la protezione di guasto a terra sul lato corrente continua. In generale la continuità dei circuiti di terra è assicurata tenendo presenti le sollecitazioni termiche e meccaniche causate dalle correnti dalle quali potrebbero essere percorsi.

Il comando ed il controllo del quadro blindato in corrente continua potranno essere eseguiti:

1. in locale per le prove in bianco
2. a distanza da un quadro sinottico (quadro SCADA)
3. in telecomando

#### **5.3.1.1 Raddrizzatore**

Il raddrizzatore dovrà essere in versione blindata estraibile, a reazione dodecafase realizzata ponendo in parallelo sul lato cc due raddrizzatori a reazione esafase, ciascuno contenuto in uno scomparto ed alimentato da un secondario del trasformatore a tre avvolgimenti a monte. Il raffreddamento sarà ad aria naturale. Sarà previsto un sistema di monitoraggio temperatura diodo.

Di seguito vengono elencate le caratteristiche elettriche principali dell'apparecchiatura.

▪ Tipo di apparecchiatura	Raddrizzatore a diodi per trazione
▪ Norma nazionale di riferimento	CEI EN 50328
▪ Tensione nominale in c.c.	750 V
▪ Potenza in c.c.	1500 kW
▪ Corrente continua base	2000 A
▪ Classe di servizio	VI tabella 5 norma CEI EN 50328
▪ Tensione alternata di targa lato alimentazione	590 V
▪ Tensione di targa d'isolamento UNm	1.2 kV
▪ Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min.	6.5 kV
▪ Metodo di raffreddamento	AN
▪ Portata in corto circuito	16 kA 250 ms (3.7.2.4 CEI EN 50328)
▪ Collegamento	Connessione (n.9 tab. 4 CEI EN 50328)

#### **5.3.1.2 Scomparto Sezionatore Bipolare**

Ogni raddrizzatore dovrà essere connesso alla sbarra omnibus tramite un sezionatore bipolare a comando motorizzato.



Caratteristiche principali:

▪ Tensione Nominale	Un: 750V
▪ Classe di isolamento	1,2 kV
▪ N° di poli:	2
▪ Corrente nominale:	4000A
▪ Tensione alimentazione motore:	125Vcc
▪ Contatti ausiliari	xxx

Lo scomparto sarà equipaggiato con relè di protezione guasto a terra, selettore locale remoto, lampade di segnalazione, scaldiglie, lampada di illuminazione, interruttori magnetotermici, morsetti di attestazione. Lo scomparto va adeguatamente interfacciato con le unità di protezione, comando e controllo del quadro QCC.

### **5.3.1.3 Scomparto Alimentatore e Interruttore extrarapido**

L'interruttore extrarapido dovrà essere di tipo estraibile, unipolare, in aria a soffio magnetico a sgancio libero ed aggancio magnetico per l'installazione in uno scomparto metallico prefabbricato di tipo blindato.

Principali caratteristiche elettriche:

▪ Tipo	estraibile
▪ Sensibilità extrarapido	bidirezionale
▪ Corrente termica nominale	4000 A
▪ Massima corrente di picco presunta in corto circuito franco	≥120 kA
▪ Massima corrente di regime presunta in corto circuito franco	≥80 kA
▪ Potere di interruzione (valore di picco)	≥120 kA
▪ Potere di interruzione (valore di regime)	≥80 kA
▪ Tensione nominale	750 Vcc
▪ Tensione massima e minime, in accordo alle norme	CEI EN 50163

Ciascuno degli scomparti alimentatori di linea è diviso internamente in celle, sempre tramite pannelli o diaframmi, che conterranno le singole apparecchiature e gli altri componenti necessari per assicurare il corretto funzionamento dello stesso, quali sbarre di distribuzione c. c., interruttore extrarapido, misure, logiche di comando, sezionatori di terra, relè rilevatori di guasto a terra in linea, prova linea, negativo ed ausiliari.

La parte fissa dello scomparto è suddivisa nelle seguenti celle segregate:

- a. La cella interruttore contenente il carrello dell'interruttore extrarapido, con gli innesti e tutti gli altri dispositivi necessari per realizzare l'estraibilità.

Per quanto riguarda i richiesti relè rilevatori di guasto a terra in linea, si intende un dispositivo atto ad analizzare le variazioni della corrente erogata al fine di individuare se sono dovute a normali assorbimenti dei rotabili o a guasti in linea lontano dalla sottostazione, con queste caratteristiche:

Funzioni previste con possibilità di regolazione dei parametri:

# funzione massima corrente:

- i. regolazione di soglia
- ii. regolazione di ritardo intervento

# funzione massimo gradiente:

- iii. regolazione di soglia intervento

# funzione immagine termica con due soglie di intervento regolabili:

- iv. soglia di allarme
- v. soglia di blocco

# funzione diagnostica con autotest diagnostico funzionale alla accensione e test comandato da tastiera e da linea di comunicazione.

La cella è chiusa sui fianchi da pannelli, sul fronte da una portella e dalle altre celle con diaframmi. La cella assicura il corretto funzionamento dell'interruttore sia dal punto di vista della circolazione dei gas ionizzati che da quello del raffreddamento corretto delle parti attive previsto in aria e a convezione naturale.

All'interno della cella interruttore sono montati i principali componenti quali gli otturatori metallici, gli interblocchi meccanici ed elettrici, il meccanismo di avanzamento e guida dell'interruttore, il connettore per il collegamento dei servizi ausiliari, il fine corsa di segnalazione della posizione dell'interruttore, il sistema di messa a terra del carrello, i contatti di sezionamento fisso e le scaldiglie.

Quando l'interruttore viene inserito le sue posizioni sono definite da opportuni arresti; in ogni posizione l'interruttore viene meccanicamente bloccato. Nella sua corsa tra inserito e disinserito il carrello è collegato a terra mediante contatti striscianti.

È prevista una segnalazione della posizione raggiunta dall'interruttore; detta segnalazione è di tipo meccanico.

La cella è provvista di tutta una serie di blocchi aventi la funzione di impedire errate manovre e di assicurare che esse vengano compiute nella giusta sequenza ed in modo simile a quelle previste per gli altri interruttori.

- b. La cella sbarre omnibus è atta a contenere la sbarra positiva a 750 Vcc e dimensionata per una corrente continuativa di 6 kA, disposta orizzontalmente, nonché la parte fissa del polo di ingresso dell'interruttore extrarapido. Tale sbarra è posizionata nella parte alta della cella. La cella è chiusa da pannelli e/o da diaframmi.
- c. La cella logica di comando, protezione e misure contiene i relè ausiliari, gli interruttori di protezione B.T., l'amperometro, la parte logica del relè prova linea, il relè di protezione e diagnostica, il relè di rilevazione guasto a terra, le segnalazioni ed i comandi locali. La cella ha accessibilità dal fronte dello scomparto tramite portella ed è chiusa da pannelli e/o da diaframmi.



- d. La cella uscita linea è atta a contenere la parte posteriore del polo di uscita dell'interruttore extrarapido, lo shunt ed il trasduttore per le misure di corrente "uscita linea" e per l'alimentazione dei relè, la parte di potenza del relè prova linea, i terminali per il collegamento dei cavi di potenza, il sezionatore unipolare di terra e il toroide del relè di terra. La cella è chiusa da pannelli e/o diaframmi.

Le principali apparecchiature presenti nello scomparto sono le seguenti:

- interruttore Extrarapido
- sistema di prova linea completo di:
  - Contattore
  - Resistenza
  - Fusibile
- shunt per inserzione trasduttore di corrente
- trasduttore di Corrente e Tensione - Unità Trasmettitore
- unità ricevitrici del trasduttore di corrente e tensione
- unità periferica di protezione e controllo (UPP ed UPC)
- un sezionatore di terra
- un relè direzionale in c.c.
- comando prova/servizio
- apparecchiature ausiliarie di bassa tensione come selettore a chiave per controllo Locale / Remoto, lampade di segnalazione, resistenza anticondensa, lampada, interruttori ausiliari, terminali, contatti di segnalazione ecc.
- un canale di misura per il rilevamento dei guasti a terra.

#### **5.3.1.4 Cella negativi**

La cella negativi sarà dotata di un dispositivo limitatore della tensione con caratteristica d'intervento conforme alla norma EN 50122. L'apparecchiatura ha lo scopo di stabilire un collegamento di potenza tra il circuito TE corrispondente al polo negativo 750Vcc della Trazione Elettrica e l'impianto di terra locale relativo all'impianto di conversione dell'energia in cc per cui l'apparecchiatura svolge la preposta funzione di limitazione della tensione. Le presenti prescrizioni integrano nei dettagli tecnico-funzionali la normativa di riferimento.

Tale collegamento "equipotenziale" dovrà essere attuato dal dispositivo (nel rispetto di tempi di intervento ben definiti) allorché la differenza di potenziale tra il circuito negativo 750 Vcc e l'impianto di terra superi i valori limite di tensione/tempo previsti nelle apposite sezioni della normativa di riferimento (EN 50122). Tale funzione di chiusura del collegamento di potenza deve avvenire sia per sovratensioni in corrente continua che per quelle in corrente alternata.

Sono accettate soluzioni con collegamento di potenza di tipo meccanico (basate su sezionatori), di tipo elettronico (basate su semiconduttori) od anche di tipo misto.

La cella negativi sarà inoltre dotata di un relè di massa per il corretto intervento delle protezioni in caso di guasto a terra.

L'unità cella negativi avrà le seguenti caratteristiche:

- scomparti segregati per il sezionatore ed il VLD;

- scomparto segregato di bassa tensione con relè di misura e di protezione e PLC per interfacciamento con lo SCADA;
- sezionatori a comando manuale o motorizzato con manovra d'emergenza manuale;
- visibilità della posizione dei contatti principali del sezionatore;
- dispositivo di limitazione di tensione del negativo estraibile (VLD);
- relè presenza tensione, relè di guasto a terra;
- accessibilità solo frontale;

### 5.3.1.5 *Sezionatori I e II fila*

Caratteristiche principali:

- |  |                 |
|--|-----------------|
| ▪ tensione nominale Un   | 750Vcc          |
| ▪ tensione di targa Une  | 900Vcc          |
| ▪ tensione di isolamento assegnato Unm                                 | 1,2kV           |
| ▪ minima e massima tensione del sistema di trazione in conformità alla | CEI EN 50163    |
| ▪ Grado di sovratensione (EN 50123 e EN 50124)                         | OV4             |
| ▪ Grado di inquinamento  | PD4             |
| ▪ alimentazione dei circuiti ausiliari                                 | 125Vcc & 230Vac |
| ▪ ingresso/uscita cavi   | dal basso       |
| ▪ accessibilità  | fronte          |

Il quadro sarà formato da scomparti preassemblati in carpenteria metallica. L'apparecchiatura ha caratteristiche di segregazione tra tutte le parti costituenti, tale da permettere di lavorare senza alcun pericolo su di un singolo sezionatore lasciando in tensione le altre parti. Eventuali

L'unità sezionatore di prima fila sarà equipaggiata con le seguenti apparecchiature:

- n°1 sezionatore sotto carico unipolare, 4000 A, 750Vcc, comando motorizzato e manuale;
- n°1 scaricatore di sovratensione;
- n°1 dispositivo RV di minima tensione;
- n°1 relè di massa;
- comando di apertura e chiusura sezionatore;
- scomparto segregato di Bassa Tensione con Relè di protezione e PLC per interfacciamento con lo SCADA; (\*)
- scomparti segregato per ogni sezionatore;
- switch a comando manuale o motorizzati con manovra d'emergenza manuale;
- visibilità della posizione dei contatti principali;

L'unità sezionatore di seconda fila sarà equipaggiata con le seguenti apparecchiature:

- n°1 sezionatore sotto carico unipolare, 4000 A, 750Vcc, comando motorizzato e manuale;
- comando di apertura e chiusura sezionatore;
- scomparto segregato di Bassa Tensione con Relè di protezione e PLC per interfacciamento con lo SCADA; (\*)
- scomparti segregato per ogni sezionatore;



- 
- switch a comando manuale o motorizzati con manovra d'emergenza manuale;
  - visibilità della posizione dei contatti principali;

*(\*) non necessariamente ciascun sezionatore avrà un PLC, il numero dei PLC per la gestione dei sezionatori di I e II fila sarà ottimizzato in base alle funzioni richieste e alle capacità del PLC.*



## 5.4 Trasformatore servizi ausiliari

Il trasformatore dei servizi ausiliari installato in ciascuna SSE dovrà essere conforme alla specifica RFI DTC ST E SP IFS SS 114 A.

Caratteristiche principali

- |   |              |
|---|--------------|
| ▪ Potenza nominale An.:   | 160 kVA;     |
| ▪ Frequenza nominale:   | 50 Hz;       |
| ▪ Gruppo vettoriale:  | Dyn11;       |
| ▪ Stato del neutro:   | disponibile; |
| ▪ Tensione di cto cto Vcc riferita alla tensione di presa centrale e alla potenza nominale (temperatura di riferimento 120 °C): | 6 %;         |
| ▪ Perdite a vuoto (REGOLAMENTO (UE) N. 548/2014)  | ≤ 360 W;     |
| ▪ Perdite a carico (temperatura di riferimento 120 °C) (REGOLAMENTO (UE) N. 548/2014)   | ≤ 2,6 kW;    |
| ▪ Corrente all'inserzione IMax-Inserzione:  | < 8 In;      |
| ▪ Corrente a vuoto Io %:  | < 2 %;       |
| ▪ Classe termica:   | F;           |
| ▪ Raffreddamento  | AN;          |

Il trasformatore dovrà essere dotato di una idonea protezione termica (26) atta a rilevare le temperature e/o sovratemperature che possono danneggiare gli avvolgimenti ed il nucleo.

Nel caso della SSE Molassana, il trasformatore sarà installato in un apposito locale dedicato adiacente al locale contenete le apparecchiature di protezione ed automazione. Inoltre, dovrà avere dimensioni massime tali da essere contenuto nei locali delle dimensioni indicate nell'elaborato MGE1P2LVLTESS2T001-00\_A

Nel caso della SSE Ponte Carrega, il trasformatore sarà installato in un box, e dovrà avere dimensioni massime tali da essere contenuto nei locali delle dimensioni indicate nell'elaborato MGE1P2LVLTESS1T001-00\_A.

Il costruttore deve fornire una relazione di calcolo, contenuta anche nel manuale di installazione uso e manutenzione, che riporta la quantità di aria minima da estrarre dal predetto locale e box, in m<sup>3</sup>/h, per consentire lo smaltimento del calore prodotto nel funzionamento del trasformatore.



## 5.5 Alimentatore stabilizzato carica batteria

L'alimentazione dei sistemi ausiliari a 125 Vcc e 24 Vcc sarà realizzata attraverso un raddrizzatore caricabatterie (Alimentatore Caricabatterie) destinato ad alimentare tutte le logiche in corrente continua a 125Vcc e 24Vcc e contemporaneamente a provvedere alla ricarica di un complesso di batterie a 125 Vcc.

È previsto un sistema di alimentazione BT a 400 V con neutro francamente a terra. Esso deve essere in grado di funzionare con la tensione di alimentazione variabile  $\pm 10\%$  rispetto al valore nominale mentre la frequenza è fissa al valore di 50 Hz  $\pm 5\%$ .

Il sistema caricabatterie 125Vcc/24Vcc sarà costituito dalle seguenti sezioni:

- sezione 400 Vca /125 Vcc: doppio ramo raddrizzatore;
- sezione a 125 Vcc: doppio convertitore DC/DC a 125/125 Vcc;
- sezione a 24 Vcc: doppio convertitore DC/DC a 125/24 Vcc;
- sezione batterie 125 Vcc;

A protezione - sezionamento delle sezioni del complesso alimentatore caricabatterie saranno previsti interruttori magnetotermici per la protezione dei circuiti e sezionatori sotto carico per consentire interventi di manutenzione/riparazione di una sezione mantenendo in servizio gli altri elementi del complesso. Saranno inoltre previsti elementi di disaccoppiamento per evitare che qualsiasi guasto a un convertitore 125/24 possa influenzare il secondo.

Tutti gli interruttori e sezionatori, dovranno essere dotati di contatto ausiliario in commutazione disponibile in morsettiera e/o via seriale.

In funzionamento normale l'apparecchiatura provvederà alla carica di mantenimento delle batterie mediante i rami raddrizzatori AC/DC e contemporaneamente alimenta i carichi a 125Vcc attraverso due convertitori statici DC/DC funzionanti in parallelo con ripartizione naturale del carico, e i carichi a 24 Vcc attraverso n°2 convertitori statici DC/DC a 125/24 Vcc, anch'essi funzionanti in parallelo con ripartizione naturale del carico.

Il funzionamento dell'alimentatore caricabatteria dovrà essere indipendente dalla presenza delle batterie.

Il guasto di un raddrizzatore e/o di un convertitore non pregiudica il funzionamento degli altri e comunque dell'intero sistema alimentatore. Si dovrà infatti garantire la possibilità di manutenzione e/o riparazione (in sicurezza) sulla sezione guasta mentre le restanti sezioni dell'alimentatore sono in funzione.

Quando i caricabatteria (raddrizzatori) vanno fuori servizio, l'alimentazione ai carichi è direttamente fornita dalle batterie, senza soluzione di continuità.

In caso di corto circuito a valle degli alimentatori (lato carichi), i convertitori DC/DC devono mantenere la massima corrente di guasto per un tempo sufficiente a garantire l'intervento delle protezioni preposte (interruttori magnetotermici).



Dopo una scarica delle batterie, l'apparecchiatura provvederà automaticamente alla ricarica con cicli di carica ottimizzati per le batterie di accumulatori del tipo indicato.

Il sistema è dotato di un dispositivo di regolazione e compensazione automatico della tensione di mantenimento in funzione della temperatura, rilevata tramite una sonda ambiente posizionata nello scomparto batteria, atto ad evitare il fenomeno della “fuga termica” nel rispetto delle tabelle caratteristiche fornite dal Costruttore delle batterie.

È previsto un sistema di diagnostica a microprocessore che verificherà ciclicamente il collegamento e lo stato delle batterie e fornirà in caso di avaria della batteria una segnalazione esterna (locale e a distanza) con contatti liberi da tensione acquisiti da un modulo I/O per il riporto degli allarmi. Dovrà essere possibile regolare, tramite software, le soglie di intervento, l'intervallo tra due test e la durata del test.

L'apparato sarà dotato di un pannello sinottico, che rappresenta la configurazione dell'intero sistema caricabatterie.

L'apparato sarà dotato di un unità di comando e controllo (PLC o similare) e di appositi switch di rete per l'interconnessione all'anello in fibra ottica per l'interfaccia con il sistema SCADA.

Dovrà essere inoltre prevista una interfaccia per il collegamento tramite PC o altro sistema, per la programmazione dei parametri funzionali e per la visualizzazione degli stati di funzionamento, delle segnalazioni di anomalia e dei parametri memorizzati.

Grado di protezione IP:

- quadro nella sua totalità IP 31
- quadro a porte aperte IP 20

#### CARATTERISTICHE ELETTRICHE CIRCUITI DI POTENZA

Sistema di alimentazione	TNS
Tensione nominale Ue	400V
Tensione di isolamento Ui	660V
Tensione di alimentazione	400 V $\pm$ 10%
Frequenza di alimentazione	50 Hz $\pm$ 5%
Fattore di potenza complessivo a pieno carico	0.8
Rendimento complessivo a pieno carico	0.8
Corrente di cto.cto lato primario	400Vc.a. 10 kA
Tensione di uscita	125 Vcc $\pm$ 1%
Tensione di uscita	24 Vcc $\pm$ 1%

#### CARATTERISTICHE BATTERIE

Compensazione automatica carica tampone:	Secondo le curve del costruttore delle batterie
Tempo di ricarica 90% C10	8 ore
Capacità nominale C10	170Ah
Autonomia a pieno carico nominale	1h
Tensione carica	2,27 V/elemento
Tensione di fine scarica	1,8 V/elemento
Batterie di tipo	Piombo ermetico
Vita attesa delle batterie (anni)	10

*(\*) Dimensionamento di batterie e alimentatori andrà verificato nella fase di progetto esecutivo*

## 5.6 UPS

L'UPS richiesto è destinato ad alimentare i carichi elettrici no break della stazione.

E' previsto un sistema di alimentazione BT trifase + N a 400 Vac per ciascun UPS. Il regime del neutro previsto sulla sbarra privilegiata è da considerarsi di tipo TN-S.

L'UPS dovrà essere del tipo On Line a doppia conversione (VFI-SS-111 secondo la norma IEC EN 62040-3) con trasformatore in uscita dell'inverter. Il carico verrà sempre alimentato dall'inverter, che fornirà una tensione sinusoidale stabilizzata in tensione ed in frequenza.

L'UPS sarà costituita essenzialmente dai seguenti componenti:

- raddrizzatore/caricabatteria (convertitore c.a./c.c.);
- batterie;
- inverter (convertitore c.c./c.a.);
- interruttore statico inverter;
- interruttore statico rete di emergenza;
- interruttore statico di batteria;
- bypass manuale esterno per manutenzione;

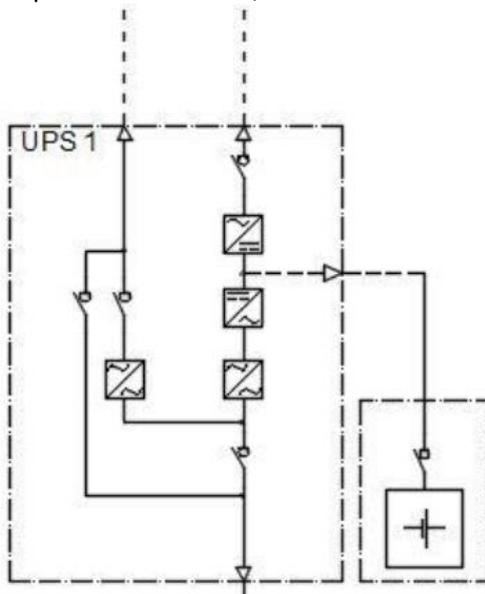


Figura 2. Schema di principio UPS

Compito del raddrizzatore è gestire la carica delle batterie e, contemporaneamente, fornire la corretta alimentazione per l'inverter. Compito dell'inverter è generare una tensione alternata di elevata qualità (stabilizzata in frequenza, tensione, con bassa distorsione armonica THD(V)), a partire dalla propria tensione di ingresso in c.c. opportunamente sorretta dalle batterie in caso di disalimentazione del raddrizzatore. Nell'UPS di tipo "On Line" il carico è alimentato, in condizioni di normalità, dall'inverter pertanto l'interruttore statico a valle dello stesso risulta essere in conduzione.

In caso di fuori servizio inverter (per spegnimento dello stesso o per sovracorrente), il carico viene alimentato dalla rete di soccorso/emergenza che attinge potenza dalla rete a monte dell'UPS; in tali condizioni l'interruttore statico dell'inverter si porta in interdizione mentre quello della rete di



emergenza/soccorso si porta in conduzione per il tempo necessario. La commutazione tra gli interruttori statici avviene in tempi estremamente ridotti (frazioni di periodo) in maniera tale da realizzare dei piccolissimi buchi di tensione compatibili con l'hold-up delle apparecchiature elettroniche alimentate. La coppia di interruttori statici realizza quello che comunemente viene chiamato "Commutatore Statico".

L'interruttore statico di batteria ha la funzione di salvaguardare la batteria di accumulatori interrompendo il circuito in condizione di fine scarica

L'UPS deve prevedere un dispositivo sezionatore di uscita.

L'UPS avrà le seguenti principali caratteristiche:

- Potenza nominale: 30 kVA – 27 kW
- Ingresso:
  - Tensione nominale: 400 V trifase + N
  - Tolleranza di tensione: 240 V ÷ 480 V
  - Frequenza nominale: 50/60 Hz ± 10%
- Uscita:
  - Fattore di potenza: 0,9 (secondo IEC/EN 62040-3)
  - Tensione nominale: 400 V trifase + N (configurabile a 380 / 415 V)
  - Frequenza nominale: 50/60 Hz
- Rendimento in modalità VFI: fino al 95%
- Batteria:
  - Tecnologia: VLRA
  - Configurazione: esterna
  - Autonomia: 1h

La ricarica automatica delle batterie dovrà essere effettuata, secondo la norma CEI EN 62040 in modo tale da garantire il massimo rendimento e vita delle batterie. Al fine di salvaguardare la vita attesa delle batterie, la tensione di carica tampone delle stesse deve essere compensata automaticamente in funzione della temperatura ambiente.

La batteria sarà alloggiata in un apposito armadio analogo (per altezza, colore e struttura) a quello dell'UPS. Il sezionamento deve avvenire mediante sezionatore installato a bordo UPS o sul quadro batterie e la protezione deve avvenire mediante fusibili o interruttore automatico.

Al fine di salvaguardare le batterie dai danni derivanti dalle scariche profonde la tensione di blocco dell'inverter dovrà essere programmata adeguatamente. La batteria di accumulatori dovrà avere una vita attesa di 10 anni ad una temperatura controllata di 25°C

L'UPS sarà dotata di un pannello di controllo, posizionato sul fronte dell'apparecchiatura può essere usato per monitorare e controllare tutti i parametri riguardanti l'UPS e la batteria ad esso collegata. La segnalazione dello stato di funzionamento dell'UPS è fornita mediante uno schermo LCD. Inoltre, saranno presenti dei pulsanti di comando e controllo dell'UPS.

L'UPS sarà dotata di adeguata porta di comunicazione per l'interfacciamento allo SCADA di tutti i segnali relativi a stati di funzionamento, allarmi e misure. Sarà inoltre prevista una morsettiera sulla quale saranno resi disponibili diversi contatti liberi da tensione (input e output) per interfacciamento con altre apparecchiature o circuiti esterni (es. circuito di apertura di emergenza).



---

In caso di azionamento del comando di apertura di emergenza (PAG, Pulsante Apertura Generale), sarà provocato il blocco del raddrizzatore, il blocco dell'inverter e l'apertura del sezionatore di batteria (dotato di apposito sganciatore).



## 5.7 Quadro BT

Il Quadro BT è destinato all'alimentazione di carichi elettrici in bassa tensione presenti nel locale di SSE. Il quadro sarà suddiviso nelle seguenti sezioni:

- sezione 400/230 Vca Normale – alimentata dai due trasformatori MT/bt di SSE;
- sezione 400/230 Vca Emergenza – alimentata dalla sbarra Vca Normale e dalla linea di alimentazione in arrivo dalla cabina di stazione;
- sezione 400/230 Vca Continuità – alimentata da UPS;
- sezione 125 Vcc Continuità – alimentata dal quadro carica batterie;
- sezione 24 Vcc Continuità – alimentata dal quadro carica batterie;

Per le linee di arrivo dai trasformatori MT/bt e della cabina di stazione, si prevedono interruttori in esecuzione estraibile, con opportuno sistema di interblocco. A valle degli interruttori generali dovrà essere inserito un multimetro digitale in grado di eseguire le misure delle seguenti grandezze:

- Tensioni di alimentazione concatenate e di fase (V)
- Correnti assorbite da ogni fase (A)
- Fattore di potenza ( $\cos\phi$ )
- Frequenza (Hz)
- Potenza attiva (kW)
- Potenza reattiva (kVAR)
- Potenza apparente (kVA).

Il Quadro BT sarà costituito da un armadio modulare dotato di più scomparti affiancati.

La struttura del quadro sarà realizzata con strutture in profilati di acciaio e pannelli di chiusura. La struttura sarà chiusa su ogni lato e posteriormente, ed il pannello posteriore dovrà poter essere rimosso unicamente tramite attrezzo al fine di poter ispezionare o rimuovere eventuali apparecchiature fuori uso. La carpenteria nel complesso dovrà essere opportunamente trattata, internamente ed esternamente, contro la corrosione mediante cicli di verniciatura esenti da ossidi di metalli pesanti. Le portine anteriori saranno incernierate ed avranno una tenuta garantita da apposite guarnizioni di gomma con chiusura a serratura con chiave tipo Yale o ad impronta incassata, quadra o triangolare. Le portine saranno provviste di opportune asole, comprensive di idonee cornici coprifilo, al fine di consentire la fuoriuscita delle leve di comando degli interruttori di potenza installati all'interno del quadro.

Le principali caratteristiche elettriche del quadro in oggetto sono:

- Tensione nominale di alimentazione: 400/230 V trifase con neutro
- Tensione di isolamento: 690 V
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Tensione di tenuta impulso: 8 kV
- Corrente nominale di c.to c.to ICW: almeno 70 kA
- Tensioni circuiti di distribuzione: 400/230Vac – 125 Vcc – 24 Vcc
- Segregazione: Forma 3
- Grado di protezione: IP 55
- Portelle: In lamiera incernierata
- Installazione: A pavimento
- Entrata/uscita cavi: Dal basso



---

La carpenteria è dimensionata affinché la temperatura di esercizio assicuri una adeguata dissipazione per convezione ed irraggiamento del calore prodotto dalle perdite, in relazione alle condizioni ambientali di installazione, determinate dalle indicazioni di progetto.

Sulla parte bassa del quadro sarà presente una morsettiera DIN per l'attestazione dei cavi di alimentazione delle varie utenze, di sezione adeguata al cavo da morsettare di volta in volta. I quadri dovranno contenere le apparecchiature indicate sugli schemi di progetto che verranno realizzati nelle successive fasi progettuali.

Le sbarre presenti nel quadro saranno in rame elettrolitico, di sezione rettangolare a spigoli arrotondati, fissate alla struttura a mezzo di appositi supporti isolanti (portasbarre). Sia le sbarre che i supporti isolanti saranno disposti in modo tale da permettere modifiche e/o ampliamenti futuri nel quadro.

Tutti i conduttori presenti nel quadro dovranno essere identificati a mezzo di apposite targhette identificative installate alle estremità di ciascun cavo per la loro univoca identificazione, così come le morsettiere, del tipo componibile su guida unificata, a cui si attestano i singoli cavi, dovranno essere munite di numerazione corrispondente agli schemi elettrici di progetto e opportunamente separate con diaframmi isolanti tra le varie utenze.

Le sbarre principali dovranno essere dimensionate termicamente per un'intensità pari al doppio della taglia degli interruttori generali della rispettiva sezione, mentre le sbarre di distribuzione secondaria dovranno essere dimensionate termicamente per un'intensità pari a 1,5 volte quella degli interruttori generali della rispettiva sezione.

Tutte le sbarre, comunque, dovranno essere dimensionate per sopportare le sollecitazioni dinamiche per i valori delle correnti di corto circuito previste. Nel quadro dovrà essere installato il conduttore di protezione, in barra di rame, che dovrà essere dimensionata sulla base delle sollecitazioni dovute alle correnti di guasto (cfr. CEI EN 61439).



---

## 5.8 Circuito di Emergenza in linea

Questo tipo di circuito sarà costituito da logiche relè (85E), posizionate in sottostazione, da un cavo che le collega e da comando a maniglia o pulsante (normalmente in posizione di chiuso), installato lungo linea ad intervalli di circa 50 m un e nelle banchine di stazione. L'azionamento del comando a maniglia o pulsante di emergenza (girando la maniglia o premendo il pulsante) comanda l'apertura di tutti gli alimentatori di tutte le SSE e si disalimenta quindi l'intera linea; automaticamente avviene poi la predisposizione alla richiusura degli interruttori alimentanti le tratte non interessate dal disservizio.

Dopo che sono state rimosse le condizioni, viene dato un comando di sblocco delle condizioni di emergenza ed è possibile quindi ridare l'alimentazione alla tratta dando il comando di chiusura degli alimentatori: in questo modo però rimane ancora indicata la posizione di intervento del circuito di emergenza che risulta perciò non in funzione. Per ripristinare il circuito occorre procedere alla chiusura dell'interruttore a maniglia azionato.

Considerando che la SSE Brignole alimenta contestualmente la tratta 'storica' e la linea SkyMetro, in virtù delle valutazioni sull'esercizio delle due linee e su approfondimenti progettuali della fase esecutiva, è onere dell'Appaltatore definire in accordo con la Committenza la modalità di intervento del circuito di emergenza (*intervento su entrambe le linee oppure separazione dell'intervento tra le due tratte storica e SkyMetro*).



---

## 5.9 Circuito di scattato

Per proteggere la linea di contatto da guasti permanenti, gli interruttori extrarapidi alimentanti la stessa tratta, installati in SSE adiacenti, sono provvisti di un interblocco elettrico (85I) che provvede a comandare l'apertura di un interruttore quando il suo corrispondente apre per guasto in linea. Il circuito di scattato può essere, se ritenuto necessario, escluso tramite comando manuale. Il circuito è costituito da logiche a relè (85I).

Considerando che la SSE Brignole alimenta contestualmente la tratta 'storica' e la linea SkyMetro, in virtù delle valutazioni sull'esercizio delle due linee e su approfondimenti progettuali della fase esecutiva, è onere dell'Appaltatore definire in accordo con la Committenza la modalità di intervento del circuito di scattato.



## 5.10 Quadro per la gestione dei circuiti di emergenza e scattato

In SSE (e cabina di stazione se necessario) va previsto un quadro per la gestione delle funzioni sopradescritte, che ospiterà le logiche relè, le morsettiere per interfacciamento cavi verso linea e verso apparecchiature di SSE e accessori.

Caratteristiche tecniche:

- tensione circuiti ausiliari non essenziali 400/230Vac
- tensione circuiti essenziali 125 Vcc
- grado di protezione a portelle aperte IP 20
- grado di protezione a portelle chiuse IP 31
- accessibilità anteriore
- struttura portante in lamiera di acciaio con spessore minimo 20/10

Il quadro sarà equipaggiato con delle lampade sul fronte per indicazione locale dell'attivazione dei circuiti. I relè che costituiscono le logiche saranno relè adatti ad applicazioni ferroviarie/metropolitane (relè Gavazzi FS89 o equivalente). Sarà previsto un selettore per bypassare circuito di scattato. Saranno riportati a morsettiera i contatti per il monitoraggio dello stato dei relè e di altri elementi del quadro (es. interruttori), questi contatti saranno poi riportati in cablato sul PLC del quadro BT per la trasmissione degli stati al sistema SCADA locale e di Posto Centrale.



---

## 5.11 Circuito di apertura generale (PAG)

In corrispondenza degli accessi ai locali tecnici di SSE sono installati dei pulsanti di apertura generale (PAG), che se attivati localmente, escludono tutte le tensioni superiori a 100 V. L'attivazione del PAG, agisce quindi sugli interruttori MT, interruttori extrarapidi, sui sezionatori di I fila e su interruttori BT > 100V.

Tale sistema, interamente ed esclusivamente realizzato a logica cablata, dovrà assicurare la massima sicurezza ed affidabilità, ed interverrà automaticamente in caso di perdita di isolamento delle apparecchiature "sensibili" di SSE, ovvero in caso di azionamento di uno qualsiasi dei pulsanti di emergenza. Pertanto, esso si avvarrà delle informazioni provenienti da:

- relè di massa posizionato nella cella negativi;
- pulsanti di emergenza (PAG), collocati all'interno del fabbricato;

I vari canali di misura, interni alle apparecchiature del quadro QCC saranno a disposizione per la rilevazione e per la ricerca guasti. I relè di massa installati nei quadri sezionatori di prima fila agiranno sul rispettivo sganciatore dell'interruttore extrarapido.

## 5.12 Cavi

### Cavi MT

- cavi unipolari di tipo RG26H1M16 12/20 kV;
- classe reazione al fuoco Cca s1b-d1-a1;

### Cavo 750V POSITIVO

- cavi unipolari di tipo RG16H1M16 3,6/6 kV;
- classe reazione al fuoco Cca s1b-d1-a1;

### Cavo 750V NEGATIVO

- cavi unipolari di tipo FG16M16 0,6/1 kV;
- classe reazione al fuoco Cca s1b-d1-a1;

### Cavi BT

- cavi unipolari e multipolari di tipo FG16(O)M16 0.6/1 kV;
- cavi unipolari e multipolari di tipo FG17;
- classe reazione al fuoco Cca s1b-d1-a1;

## 5.13 Quadro SCADA

Per ogni SSE si prevede la fornitura e posa in opera di un Quadro SCADA per la realizzazione di un sistema di comando e controllo locale e l'interfacciamento con il Posto Centrale per il telecomando e il telecontrollo (SCADA Elettrificazione SkyMetro). Il Quadro SCADA funge da centralizzatore ed elaboratore dei dati (stati, allarmi, misure, ecc.) provenienti dalle varie apparecchiature di SSE (dotate di apposite unità periferiche di protezione, comando e controllo) e da interfaccia con il Posto Centrale.

Il quadro SCADA sarà equipaggiato con monitor sinottico (o in alternativa sarà prevista una postazione con monitor e periferiche) per la gestione in locale della SSE, in regime di telecomando escluso. Inoltre, sul fronte dei quadri allocati all'interno del fabbricato, (sez. prima fila, sez. seconda fila, celle alimentatore, ecc.) verranno realizzati pannelli secondari di comando e controllo locale degli enti suddetti, per consentire ad eventuali operatori di verificare sul posto lo stato di alcune apparecchiature nonché effettuare manovre degli enti elettromeccanici (interruttori, sezionatori ecc.) anche in regime di telecomando escluso.

Il passaggio in regime di telecomando escluso dovrà essere gestito mediante appositi selettori (muniti di chiave, estraibile soltanto con selettore in posizione di telecomando escluso), da installare sul Quadro SCADA e sulle varie apparecchiature.

I principali componenti del Quadro SCADA saranno quindi:

- coppia di PLC in hot-backup per la concentrazione dei segnali;
- un panel touch screen per la gestione in locale;
- due coppie di switch di comunicazione (una coppia dedicata al collegamento verso il quadro Telecom, una coppia per il collegamento verso gli apparati di SSE);
- opportune specole e selettori a bordo quadro;



---

Il Quadro SCADA, le unità di protezione comando e controllo delle apparecchiature, gli switch, la rete di comunicazione saranno progettati e realizzati tenendo in considerazione le relative interfacce e compatibilità con il sistema SCADA Elettrificazione di Posto Centrale.

## 5.14 Requisiti generali

### 5.14.1.1 Condizioni di installazione

I quadri saranno progettati per poter essere addossati a parete e non richiedere sui lati e sul retro nessun vincolo per la manutenzione agli apparati. Tutte le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria sui quadri dovranno essere effettuate dal fronte.

Dovrà essere garantito, a portelle aperte, un grado di protezione IP20 su tutte le apparecchiature. L'ingresso cavi avviene dal basso.

Le apparecchiature avranno dimensioni massime tali da essere contenute nei locali delle dimensioni indicate negli elaborati *MGE1P2LVLTSS1T001-00\_A SSE Ponte Carrega layout*, *MGE1P2LVLTSS2T001-00\_A SSE Molassana Layout*, *MGE1P2LVLTSS3T001-00\_A SSE Brignole Layout*

### 5.14.1.2 Condizioni ambientali

- Ambiente .....: salino/polveroso;
- Altitudine (classe AX) .....: ≤ 1000 s.l.m.;
- Sovrapressione .....: ≤ 5 kPa;
- Temperatura .....: -5 °C ÷ +45°C;
- Temperatura di trasporto e/o immagazzinaggio .....: -25 °C ÷ +70 °C;
- Umidità .....: < 93%.

### 5.14.1.3 Criteri costruttivi

I cablaggi interni di potenza avranno sezione minima di 1,5 mm<sup>2</sup>, sono realizzati con cavetti flessibili in rame isolati di tipo non propagante l'incendio secondo le norme CEI 20/22 parte II e a bassissima emissione di gas tossici a norme CEI 20-38, oppure in H07Z1-K type 2 - 450/750 V Cca - s1b, d1, a1.

Tutti i materiali isolanti impiegati nella costruzione del quadro devono essere di tipo autoestinguente. I materiali isolanti devono essere scelti con particolare riguardo alle caratteristiche di resistenza alla scarica superficiale e alla traccia di antigroscopicità.

La sbarra di terra dei quadri sarà in piatto di rame elettrolitico di sezione non inferiore a 200mm<sup>2</sup>, in grado di sostenere la corrente di guasto verso terra. Ad essa saranno collegati: gli involucri dei singoli armadi, le parti metalliche inattive degli apparecchi estraibili e fisse. Le porte sono collegate alla struttura a mezzo di treccia di rame flessibile di sezione minima 16mm<sup>2</sup>. Tutti i collegamenti con la sbarra di terra saranno realizzati con morsetti muniti di rondelle anti svitanti.

### 5.14.1.4 Interfacciamento con esistente

Considerando la natura dell'intervento, sarà onere dell'Appaltatore sviluppare una soluzione tecnica adeguata alle interfacce con gli impianti e i sistemi esistenti e in esercizio: nel caso specifico delle sottostazioni elettriche questo aspetto risulta particolarmente significativo in relazione agli interventi in SSE Brignole e nel Posto Centrale di Brin.

### 5.14.1.5 Attrezzature

In ciascuna SSE, dovranno essere fornite a corredo dell'impianto, le sottoelencate attrezzature, arredi e mezzi d'opera nelle quantità specificate:



- 
- N.1 Cassetta di pronto soccorso
  - N.1 Scrivania operativa di tipo commerciale in bilaminato di dimensione minima cm160x80
  - N.1 Cassettiera 3 scomparti
  - N.3 sedie operative, conformi al D.L. 81/08.
  - tools per l'esercizio e la manutenzione delle apparecchiature;



---

## 5.15 Interventi in SSE Brignole su apparecchiature esistenti

Come descritto al capitolo 4, nella SSE Brignole si prevedono degli interventi sulle apparecchiature esistenti.

Nello specifico si prevede di:

- estendere il quadro MT esistente aggiungendo una cella interruttore MT;
- estender il quadro 750Vcc esistente aggiungendo una cella sezionatore bipolare;
- modifiche e riconfigurazione del quadro SCADA (QS esistente);

Agli apparati suddetti si applicano le specifiche tecniche delle apparecchiature esistenti per ragioni di compatibilità e uniformità funzionale e impiantistica.

È onere dell'Appaltatore implementare gli interventi sugli impianti esistenti tenendo in considerazione tutte le condizioni di interfacciamento e compatibilità. Inoltre, per tutte le lavorazioni su tecnologie proprietarie incluse nel progetto, sarà onere dell'Appaltatore interfacciarsi col detentore della tecnologia proprietaria e portare a compimento le attività necessarie.