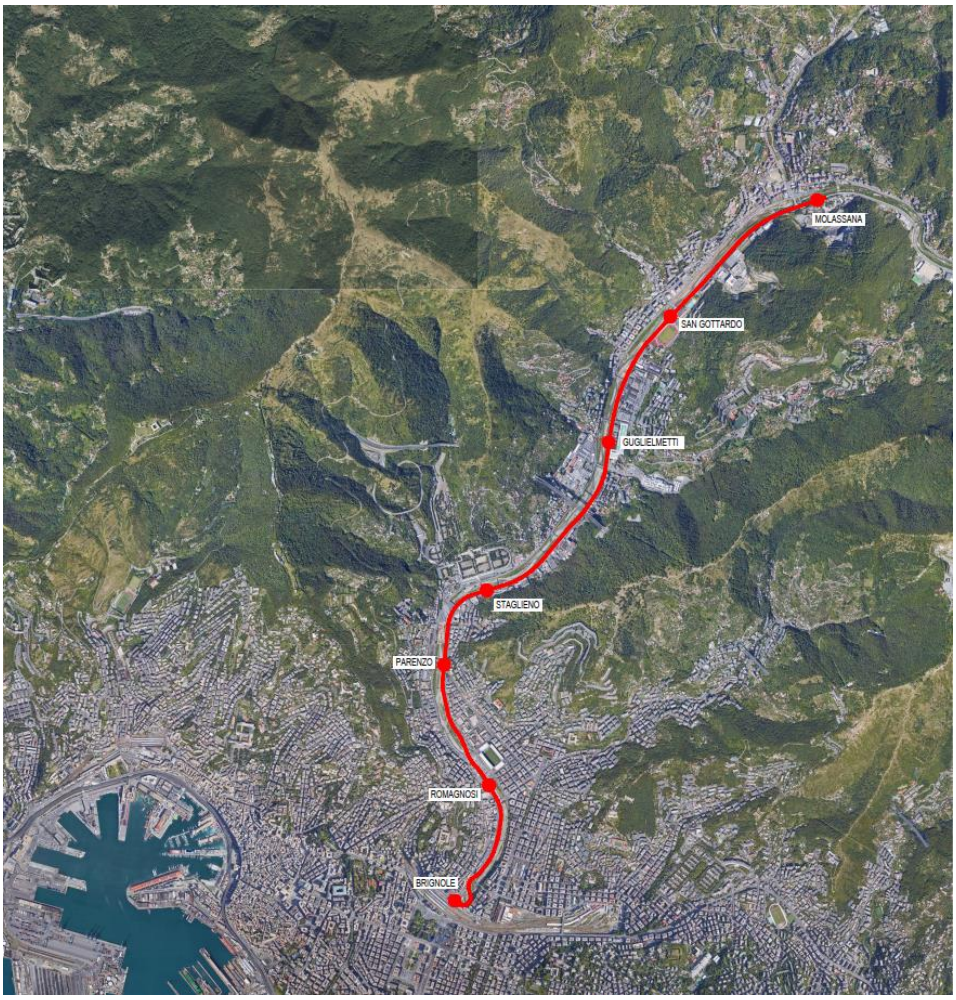
Comune di Genova

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
Relazione descrittiva sistema trazione elettrica

Commessa	Fase	Lotto	Disciplina	WBS	Tipo	Numero	Foglio	Rev.
MGE1	PR	LV	LTE	SS1	R	002	00	A

SYSTRA SOTECNI SYSTRA SYSTRA SWS ITALFERR architecna LAND

Rev.	Descrizione	Nome		Data
A	Emissione	Redatto	M. Scatena	10/10/2023
		Verificato	N. Carones	10/10/2023
		Approvato	G. Buffarini	10/10/2023
		Autorizzato	P. Marchetti	10/10/2023
B		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
C		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
D		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		

INDICE

1.	**INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO**	**6**
2.	**SCOPO**	**7**
NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO		**8**
3.1	**RIFERIMENTI NORMATIVI**	**8**
3.2	**RIFERIMENTI PROGETTUALI**	**11**
DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI		**12**
4.1	**SSE GUGLIELMETTI**	**13**
4.2	**SSE MOLASSANA**	**15**
4.3	**SSE BRIGNOLE**	**17**
4.4	**CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELLE APPARECCHIATURE**	**18**
4.4.1	QUADRO DI MEDIA TENSIONE	18
4.4.2	TRASFORMATORE DI GRUPPO	20
4.4.2.1	Prove	22
4.4.2.2	Norme di riferimento:	22
4.4.3	SEZIONE A CORRENTE CONTINUA	24
4.4.3.1	Raddrizzatore	25
4.4.3.2	Scomparto Sezionatore Bipolare	26
4.4.3.3	Scomparto Alimentatore e Interruttore extrarapido	26
4.4.3.4	Cella negativi	28
4.4.3.5	Unità sezionatore di prima fila	29
4.4.3.6	Unità sezionatore di seconda fila	29
4.4.4	TRASFORMATORE SERVIZI AUSILIARI	30
4.4.5	ALIMENTATORE STABILIZZATO CARICA BATTERIA	31
4.4.6	CIRCUITO DI EMERGENZA IN LINEA	33
4.4.7	CIRCUITO DI SCATTATO	33
4.4.8	QUADRO PER LA GESTIONE DEI CIRCUITI DI EMERGENZA E SCATTATO	33
4.4.9	CIRCUITO DI APERTURA GENERALE (PAG)	34
4.4.10	CAVI	34
4.4.11	REQUISITI GENERALI	35
4.4.11.1	Condizioni di installazione	35
4.4.11.2	Condizioni ambientali	35
4.5	**SISTEMA DI COMANDO E CONTROLLO**	**36**
4.6	**POSTO CENTRALE DI BRIN**	**37**

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Inquadramento Territoriale 6

INDICE DELLE TABELLE

Non è stata trovata alcuna voce dell'indice delle figure.

1. INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO

Oggetto del seguente Appalto, è la progettazione di fattibilità tecnica ed economica della linea metropolitana SkyMetro della città di Genova.

La linea SkyMetro rappresenta un'estensione della linea metropolitana esistente, e si svilupperà dalla stazione di Brignole fino alla località Molassana, attraverso la Val Bisagno.

La lunghezza complessiva del tracciato è di circa 6,8 km e sono previste 7 stazioni:

- Brignole (esistente)
- Romagnosi
- Parenzo
- Staglieno
- Guglielmetti
- San Gottardo
- 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).

Nei pressi della stazione Brignole, la nuova linea SkyMetro si interconnetterà con la linea metropolitana esistente. L'interconnessione permetterà il transito dei mezzi dalla linea esistente alla linea SkyMetro. Pertanto, l'attrezzaggio tecnologico della nuova linea dovrà essere compatibile con la linea esistente permettendo l'interoperabilità del materiale rotabile.



Figura 1. Inquadramento Territoriale

2. SCOPO

Scopo della presente relazione è quello di delineare i criteri progettuali generali dei nuovi impianti di trazione elettrica a servizio della nuova Linea metropolitana SkyMetro della città di Genova.

La descrizione dei singoli sottosistemi è desumibile dagli specifici elaborati di progetto, citati nella presente relazione generale, tutte le volte che vi verrà fatto esplicito riferimento.

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 I 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 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:

MGE1PRLVLTESS1R001-00_A	Impianti elettroferroviari - Sottostazioni elettriche - Relazione di dimensionamento del sistema di trazione elettrica
MGE1PRLVLTESS1K001-00_A	Impianti elettroferroviari - Sottostazioni elettriche - Schema elettrico generale
MGE1PRLVLTESS1T001-00_A	Impianti elettroferroviari - Sottostazioni elettriche - Disposizione apparecchiature (Layout)
MGE1PRLVLTECOMK001-00_A	Impianti elettroferroviari - Linea di contatto - Schema TE
MGE1PRLVLFMSTZK002-00_A	Impianti elettroferroviari - Luce e forza motrice - Schema unifilare distribuzione MT
MGE1PRLVIELCOMR001-00_A	Impianti Elettrici - Luce E Forza Motrice - Relazione Tecnica

DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI

Oggetto del seguente Appalto sarà la costruzione, realizzazione, installazione e collaudo degli impianti fissi di trazione elettrica a servizio della nuova linea Metropolitana SKYMETRO della città di Genova.

La linea SkyMetro sarà alimentata tramite 3 SSE, in particolare:

- SSE Brignole attualmente esistente e in esercizio
- SSE Guglielmetti di nuova realizzazione
- SSE Molassana di nuova realizzazione

L'architettura generale del sistema elettrico di trazione è presentata nei seguenti documenti di dettaglio:

- MGE1PRLVLTESS1R001-00_A Impianti elettroferroviari - Sottostazioni elettriche - Relazione di dimensionamento del sistema di trazione elettrica
- MGE1PRLVLTECOMK001-00_A Impianti elettroferroviari - Linea di contatto - Schema TE

Trattandosi di tipici impianti di conversione e distribuzione dell'energia per uso di Trazione Elettrica, l'equipaggiamento delle SSE sarà composto essenzialmente:

- dal quadro di media tensione con allaccio all'ente fornitore di energia;
- dai gruppi di trasformazione e conversione, costituiti principalmente dai trasformatori di potenza e dai raddrizzatori;
- dalle apparecchiature di protezione e distribuzione a 750V c.c. rappresentate da interruttori extrarapidi;
- dai sezionatori di prima e seconda fila in quadro;

Sarà inoltre presente un'impiantistica accessoria e la quadristica di comando e controllo di tutte le apparecchiature ed impianti presenti in SSE descritte ai successivi punti.

4.1 SSE Guglielmetti

L'impianto sarà connesso all'ente distributore di energia locale in media tensione con apparecchiature in quadro MT conformi alla norma CEI 0-16.

Il quadro MT sarà composto dai seguenti stalli:

- Arrivo linea
- Dispositivo generale
- Misure di sbarra
- Partenze (x3) per i Gruppi di conversione
- Partenze (x2) per i trasformatori servizi ausiliari
- Partenze (x2) per alimentazione cabine MT/ bt di stazione e partenza (x1) per alimentazione di soccorso della SSE Molassana secondo architettura rete MT (vedi MGE1PRLVLFMSTZK002-00_A)

Lo schema elettrico di potenza è riportato nel seguente elaborato:

- MGE1PRLVLTESS1K001-00_A Impianti elettroferroviari - Sottostazioni elettriche - Schema elettrico generale

Per la SSE in questione è previsto l'impiego di sistema di conversione costituito da:

- n.3 trasformatori trifase da 1930kVA a doppio secondario per l'alimentazione dei 3 gruppi raddrizzatori al silicio 750V c.c. da 1500kW. Il trasformatore sarà alloggiato in un locale dedicato in come riportato sugli elaborati di progetto;
- n.3 celle raddrizzatori ciascuna in configurazione a ponte dodecafase, completamente attrezzata con armadi raddrizzatori da 1500kW;
- circuiti per le misure e protezioni, per gli interblocchi delle manovre e per le segnalazioni.

Per ciascun gruppo di conversione, si preveder un sezionamento bipolare tra raddrizzatore e Quadro a Corrente Continua (QCC).

Il QCC della SSE sarà composto dalle seguenti celle:

- n.3 celle ospitanti i raddrizzatori;
- n.3 celle ospitanti i sezionatori bipolari;
- n.4 celle alimentatore dotate di interruttori extrarapidi estraibili;
- n.1 cella negativi funzionale per il collegamento del circuito di ritorno in sottostazione. La cella sarà dotata anche di un dispositivo limitatore della tensione (VLD) con caratteristica d'intervento conforme alla norma EN 50122 connesso alla maglia di terra dell'impianto;

Nell'impianto sarà installato un Quadro Sezionatori (QS) così composto:

- N.4 sezionatori di prima fila, interbloccati con i rispettivi interruttori extrarapidi;
- N.2 sezionatori di seconda fila;

I collegamenti tra il quadro QS e la linea di contatto, ed i collegamenti tra la cella negativi del QCC ed il circuito di ritorno, sono riportati nei rispettivi documenti:

- MGE1PRLVLTESS1R001-00_A Impianti elettroferroviari - Sottostazioni elettriche - Relazione di dimensionamento del sistema di trazione elettrica
- MGE1PRLVLTECOMK001-00_A Impianti elettroferroviari - Linea di contatto - Schema TE

Oltre agli impianti di potenza descritti, nella SSE sarà presente un'impiantistica accessoria costituita da:

- un impianto di alimentazione elettrica in b.t.;
- un sistema di apertura generale;
- un impianto di terra;
- un impianto d'illuminazione del fabbricato, costituito da corpi illuminanti da interno ed apparecchi di interruzione/comando e di presa corrente;
- impianti LFM;
- un insieme di cartelli e targhe di riferimento e monitorie, sia all'interno del fabbricato che sul perimetro dello stesso;
- un impianto di rilevazione incendi;
- un impianto anti-intrusione;
- un impianto di telefonia;

L'alimentazione elettrica per tutti gli impianti accessori sopra descritti sarà fornita da un sistema in bt all'interno del fabbricato stesso.

L'alimentazione dei servizi ausiliari sarà fornita attraverso n.2 stalli del quadro MT che alimenta n.2 trasformatori in resina 20000/400V - 160kVA conforme alla specifica RFI DTC ST E SP IFS SS 114 A.

I trasformatori saranno alloggiati in locali dedicati in come riportato sugli elaborati di progetto.

L'impianto bt sarà dotato di un'alimentazione di riserva dalla più vicina cabina mt/bt di stazione. Pertanto, il quadro generale di bassa tensione sarà munito di una logica d'interblocchi a relè per permettere il passaggio automatico da un'alimentazione ad un'altra.

Per quanto concerne i circuiti alimentati in corrente continua a 125V, è prevista la fornitura in opera di un alimentatore stabilizzato carica batterie, nonché di una batteria di accumulatori completa di tutti gli accessori. Le batterie stazionarie suddette saranno collocate in un apposito quadro ubicato accanto al dispositivo caricabatterie.

Per garantire la continuità di alimentazione dei sistemi vitali in corrente alternata (ad esempio per il sistema di governo), è previsto un UPS.

La SSE sarà dotata di un sistema di sicurezza il cui intervento avrà quale effetto l'apertura generale, automatica ed in sequenza, di tutti gli organi di interruzione e sezionamento delle linee a 750V c.c. (e cioè degli interruttori extrarapidi e dei sezionatori a diseccitazione di 1a fila), oltre che degli interruttori di protezione del trasformatore di gruppo.

L'impiantistica accessoria sarà completata da un impianto di rilevazione incendio e controllo accessi.

Nell'intera area di SSE, la protezione delle persone dai contatti indiretti e dagli altri effetti nocivi della corrente elettrica verrà realizzata per mezzo di un apposito impianto di messa a terra. Esso sarà costituito da un dispersore orizzontale e da dispersori verticali, cui viene affidato il compito di disperdere nel terreno le correnti di guasto che possono destarsi nell'impianto nel caso che uno o più

elementi metallici delle apparecchiature e strutture di SSE, normalmente isolate dai circuiti elettrici, vengano indebitamente in contatto con conduttori e parti in tensione per effetto di anomalie e/o perdita d'isolamento. Anche per le apparecchiature interne al fabbricato verrà realizzato un impianto di protezione di terra, che integrerà quello principale esterno e che sarà essenzialmente costituito da una serie di collettori equipotenziali. Il circuito di terra del fabbricato, così realizzato, verrà poi collegato al dispersore esterno. La struttura fondale del fabbricato costituisce un "dispersore di fatto". Pertanto, per migliorare l'efficacia dell'intero sistema di protezione di terra, verranno effettuati opportuni collegamenti tra questi dispersori ed il dispersore di terra.

Il negativo di SSE, come le apparecchiature metalliche e le varie ferramenta, verrà collegato all'impianto di terra generale, non stabilmente per evitare che quest'ultimo venga interessato dalle correnti di ritorno di trazione, ma per mezzo di un dispositivo cortocircuitatore (VLD). Tale dispositivo manterrà "aperto" il contatto tra impianto di terra generale e negativo di SSE nelle condizioni di normale funzionamento; tuttavia, quando per effetto di un guasto sulle apparecchiature, verrà a stabilirsi una differenza di potenziale diretta tra impianto dispersore di terra e negativo di SSE, tale contatto verrà "chiuso" realizzando il collegamento diretto tra l'impianto di terra ed i binari in modo da migliorare le caratteristiche disperdenti dell'impianto di terra.

Nella SSE si prevede inoltre l'installazione di un quadro per la gestione del circuito di scattato (trasferimento del comando di scattato da una SSE all'altra) e del circuito di emergenza in linea (pulsanti di emergenza collocati lungo linea e in banchina che, se azionati, dovranno comportare la disalimentazione della trazione elettrica).

4.2 SSE Molassana

L'impianto sarà connesso all'ente distributore di energia locale in media tensione con apparecchiature in quadro MT conformi alla norma CEI 0-16.

Il quadro MT sarà composto dai seguenti stalli:

- Arrivo linea
- Dispositivo generale
- Misure di sbarra
- Partenze (x3) per i Gruppi di conversione
- Partenze (x2) per i trasformatori servizi ausiliari
- Partenza (x1) per alimentazione cabine MT/ bt di stazione e partenza (x1) per alimentazione di soccorso alle SSE Guglielmetti secondo architettura rete MT (vedi MGE1PRLVLFMSTZK002-00_A)

Lo schema elettrico di potenza è riportato nel seguente elaborato:

- MGE1PRLVLTESS1K001-00_A Impianti elettroferroviari - Sottostazioni elettriche - Schema elettrico generale

Per la SSE in questione è previsto l'impiego di sistema di conversione costituito da:

- n.3 trasformatori trifase da 1930kVA a doppio secondario per l'alimentazione dei 3 gruppi raddrizzatori al silicio 750V c.c. da 1500kW. Il trasformatore sarà alloggiato in un locale dedicato in come riportato sugli elaborati di progetto;

- n.3 celle raddrizzatori ciascuna in configurazione a ponte dodecafase, completamente attrezzata con armadi raddrizzatori da 1500kW;
- circuiti per le misure e protezioni, per gli interblocchi delle manovre e per le segnalazioni.

Per ciascun gruppo di conversione, si preveder un sezionamento bipolare tra raddrizzatore e Quadro a Corrente Continua (QCC).

Il QCC della SSE sarà composto dalle seguenti celle:

- n.3 celle ospitanti i raddrizzatori;
- n.3 celle ospitanti i sezionatori bipolari;
- n.5 celle alimentatore dotate di interruttori extrarapidi estraibili [n.4 celle per alimentazione 'piena linea', n.1 cella per alimentazione area tronchini di ricovero];
- n.1 cella negativi funzionale per il collegamento del circuito di ritorno in sottostazione. La cella sarà dotata anche di un dispositivo limitatore della tensione (VLD) con caratteristica d'intervento conforme alla norma EN 50122 connesso alla maglia di terra dell'impianto;

Nell'impianto sarà installato un Quadro Sezionatori (QS) così composto:

- N.5 sezionatori di prima fila, interbloccati con i rispettivi interruttori extrarapidi [2 per alimentazione 'piena linea', 1 per alimentazione area tronchini di ricovero]
- N.3 sezionatori di seconda fila;

I collegamenti tra il quadro QS e la linea di contatto, ed i collegamenti tra la cella negativi del QCC ed il circuito di ritorno, sono riportati nei rispettivi documenti:

- MGE1PRLVLTESS1R001-00_A Impianti elettroferroviari - Sottostazioni elettriche - Relazione di dimensionamento del sistema di trazione elettrica
- MGE1PRLVLTECOMK001-00_A Impianti elettroferroviari - Linea di contatto - Schema TE

Oltre agli impianti di potenza descritti, nella SSE sarà presente un'impiantistica accessoria costituita da:

- un impianto di alimentazione elettrica in b.t.;
- un sistema di apertura generale;
- un impianto di terra;
- un impianto d'illuminazione del fabbricato, costituito da corpi illuminanti da interno ed apparecchi di interruzione/comando e di presa corrente;
- impianti LFM;
- un insieme di cartelli e targhe di riferimento e monitorie, sia all'interno del fabbricato che sul perimetro dello stesso;
- un impianto di rilevazione incendi;
- un impianto anti-intrusione;
- un impianto di telefonia;

L'alimentazione elettrica per tutti gli impianti accessori sopra descritti sarà fornita da un sistema in bt all'interno del fabbricato stesso.

L'alimentazione dei servizi ausiliari sarà fornita attraverso n.2 stalli del quadro MT che alimenta n.2 trasformatori in resina 20000/400V - 160kVA conforme alla specifica RFI DTC ST E SP IFS SS 114 A.

I trasformatori saranno alloggiati in locali dedicati in come riportato sugli elaborati di progetto.

L'impianto bt sarà dotato di un'alimentazione di riserva dalla più vicina cabina di stazione. Pertanto, il quadro generale di bassa tensione sarà munito di una logica d'interblocchi a relè per permettere il passaggio automatico da un'alimentazione ad un'altra.

Per quanto concerne i circuiti alimentati in corrente continua a 125V, è prevista la fornitura in opera di un alimentatore stabilizzato carica batterie, nonché di una batteria di accumulatori completa di tutti gli accessori. Le batterie stazionarie suddette saranno collocate in un apposito quadro ubicato accanto al dispositivo caricabatterie.

Per garantire la continuità di alimentazione dei sistemi vitali in corrente alternata (ad esempio per il sistema di governo), è previsto un UPS.

L'impiantistica accessoria sarà completata da un impianto di rilevazione incendio e controllo accessi.

Nell'intera area di SSE, la protezione delle persone dai contatti indiretti e dagli altri effetti nocivi della corrente elettrica verrà realizzata per mezzo di un apposito impianto di messa a terra. Esso sarà costituito da un dispersore orizzontale e da dispersori verticali, cui viene affidato il compito di disperdere nel terreno le correnti di guasto che possono destarsi nell'impianto nel caso che uno o più elementi metallici delle apparecchiature e strutture di SSE, normalmente isolate dai circuiti elettrici, vengano indebitamente in contatto con conduttori e parti in tensione per effetto di anomalie e/o perdita d'isolamento. Anche per le apparecchiature interne al fabbricato verrà realizzato un impianto di protezione di terra, che integrerà quello principale esterno e che sarà essenzialmente costituito da una serie di collettori equipotenziali. Il circuito di terra del fabbricato, così realizzato, verrà poi collegato al dispersore esterno. La struttura fondale del fabbricato costituisce un "dispersori di fatto". Pertanto, per migliorare l'efficacia dell'intero sistema di protezione di terra, verranno effettuati opportuni collegamenti tra questi dispersori ed il dispersore di terra.

Il negativo di SSE, come le apparecchiature metalliche e le varie ferramenta, verrà collegato all'impianto di terra generale, non stabilmente per evitare che quest'ultimo venga interessato dalle correnti di ritorno di trazione, ma per mezzo di un dispositivo cortocircuitatore. Tale dispositivo manterrà "aperto" il contatto tra impianto di terra generale e negativo di SSE nelle condizioni di normale funzionamento; tuttavia, quando per effetto di un guasto sulle apparecchiature, verrà a stabilirsi una differenza di potenziale diretta tra impianto dispersore di terra e negativo di SSE, tale contatto verrà "chiuso" realizzando il collegamento diretto tra l'impianto di terra ed i binari in modo da migliorare le caratteristiche disperdenti dell'impianto di terra.

Nella SSE si prevede inoltre l'installazione di un quadro per la gestione del circuito di scattato (trasferimento del comando di scattato da una SSE all'altra) del circuito di emergenza in linea (pulsanti di emergenza collocati lungo linea e in banchina che, se azionati, dovranno comportare la disalimentazione della trazione elettrica).

4.3 SSE Brignole

Considerando che la SSE Brignole è attualmente in esercizio, che alimenta la tratta esistente e che alimenterà le future estensioni verso Canepari e Martinez, è necessaria una valutazione integrata per verificare che i gruppi trasformatori/raddrizzatori esistenti siano in grado di sostenere il carico totale richiesto da tratta esistente, estensioni Canepari e Martinez, SkyMetro; che contempli l'intera linea

nella finale configurazione (da Canepari a Martinez, con la 'derivazione' SkyMetro) e nel definitivo scenario di esercizio.

La potenza che la SSE Brignole deve erogare per alimentare lo SkyMetro è riportata nella relazione di dimensionamento del sistema elettrico MGE1PRLVLTESS1R001-00_A. Questi valori non sono da sommarsi (sia in termini di potenza da richiedere al distributore dell'energia elettrica che di capacità di carico dei gruppi) in maniera algebrica a quanto si prevede che la SSE eroghi per le altre tratte (esistenti e future) in quanto occorre tenere conto dei fattori di contemporaneità dei carichi massimi e della distribuzione dei flussi distribuiti sulle direttrici Canepari – Molassana – Martinez. Considerando che la SSE Brignole è attualmente in esercizio, che alimenta la tratta esistente e che alimenterà le future estensioni verso Canepari e Martinez, la definizione della potenza che la SSE deve erogare necessita di una valutazione integrata, che contempli l'intera linea nella finale configurazione (da Canepari a Martinez, con la 'derivazione' SkyMetro) e nel definitivo scenario di esercizio.

In questa fase preliminare, si assume che i gruppi esistenti nella SSE Brignole siano in grado di sostenere il carico, per cui gli interventi previsti nella SSE Brignole sono i seguenti:

1. introduzione di 2 nuove celle alimentatori sul quadro QCC esistente, dotate di interruttori extrarapidi estraibili, per l'alimentazione della nuova linea SkyMetro. Si è optato per questa scelta piuttosto che aggiungere un sezionatore di II fila: questo per evitare che, in caso di guasto, chiudendo il sezionatore di II fila si venisse a creare una situazione di eccessivo carico per l'extrarapido interessato (che si troverebbe ad alimentare sia la tratta esistente che la tratta SkyMetro).
2. introduzione di due nuovi sezionatori di 1a fila associati ai suddetti interruttori extrarapido;
3. introduzione di una nuovo stallo MT sul quadro MT esistente, per l'alimentazione delle cabine MT/bt di stazione, secondo architettura rete MT (*vedi MGE1PRLVLFMSTZK002-00_A*);
4. aggiornamento sistema SCADA in relazione alle nuove apparecchiature;
5. modifiche al circuito di scattato e di emergenza in linea per interfacciamento con linea SkyMetro;

4.4 Caratteristiche principali delle apparecchiature

4.4.1 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 l'unico requisito addizionale che il quadro dovrà essere equipaggiato non solo di UPP, ma anche di UPC.

Inoltre, tra le due possibili soluzioni proposte dalla specifica suddetta, sarà considerato il caso di quadro con isolamento misto (PARTE III della specifica).

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 principali2 (*) 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 sovrapressioni 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.

4.4.2 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 a750 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 è 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;
- Temperatura .....: -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.

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

Gli avvolgimenti primari e secondari dovranno essere disposti in modo sovrapposto (concentrici e non intercalati) come indicato nella figura 21 della Norma IEC 61378-3 (CEI 14-42). 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.

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° 7 sonde termiche (PT100) per il rilievo della temperatura rispettivamente: n° 6 per gli avvolgimenti secondari e la restante n° 1 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 costruiti con materiali isolanti di classe uguale o superiore alla classe termica prevista per gli avvolgimenti (F= 155°C).

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;
- 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).

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 MGE1PRLVLTESS1T001-00_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, in m^3/h, per consentire lo smaltimento del calore prodotto nel funzionamento del trasformatore.

4.4.2.1 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.

4.4.2.2 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.

4.4.3 Sezione a corrente continua

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

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

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
3. in telecomando

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
- tensione di tenuta ad impulso UNI
  - verso terra e tra i poli (UNIA) ≥12kV
- livello di tensione di tenuta a frequenza industriale 50Hz:
  - verso terra e tra i poli (UaA) ≥6,5 kV
- Corrente nominale sbarre omnibus del complesso cc
  ≥3000A
- Corrente di corto circuito di breve durata (250ms) circuiti principali ≥80kA
- Corrente di corto circuito limite dinamica (v. di cresta) circuiti principali
  ≥100kA
- Corrente di corto circuito di breve durata (250ms) circuiti di terra ≥30 kA
- Corrente di corto circuito limite dinamica (valore di cresta) circuiti di terra ≥65kA
- tensione nominale di alimentazione dei circuiti ausiliari 125 Vcc
- ingresso/uscita cavi dal basso
- accessibilità fronte

L'intero quadro a corrente continua QCC dovrà essere certificato 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. La struttura dei quadri è atta a realizzare i collegamenti per i cavi di comando, segnalazioni e controllo. Per facilitare le operazioni di manutenzione, i pannelli posteriori sono muniti di cerniera.

Internamente, pannelli e/o diaframmi suddividono lo scomparto in celle contenenti i singoli complessi.

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.

4.4.3.1 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
Caratteristiche	
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	160 kA 250 ms (clausola 3.7.2.4 norma CEI EN 50328)
Collegamento	Connessione n.9 tab. 4 CEI EN 50328

4.4.3.2 Scomparto Sezionatore Bipolare

Ogni raddrizzatore dovrà essere connesso alla sbarra omnibus tramite un sezionatore bipolare

4.4.3.3 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.

L'interruttore extrarapido ha le seguenti principali caratteristiche elettriche:

- Tipo estraibile
- Tensione nominale 750 Vcc
- Tensione massima e minime, in accordo alle norme CEI EN 50163
- Sensibilità extrarapido bidirezionale
- Corrente termica nominale 4000 A
- Massima corrente di picco presunta in cto cto franco ≥100 kA
- Massima corrente di regime presunta in cto cto franco ≥80 kA
- Potere di interruzione (valore di picco) ≥100 kA
- Potere di interruzione (valore di regime) ≥80 kA

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 3 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.
- un selettore a chiave per 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.

4.4.3.4 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. 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;

4.4.3.5 Unità sezionatore di prima fila

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 a fibra ottica;
- 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;

4.4.3.6 Unità sezionatore di seconda fila

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.

4.4.4 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.

4.4.5 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 ± 10% rispetto al valore nominale mentre la frequenza è fissa al valore di 50 Hz ± 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 ± 10%
Frequenza di alimentazione	50 Hz ± 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 ± 1%
Tensione di uscita	24 Vcc ± 1%

CARATTERISTICHE BATTERIE

Compensazione automatica carica tampone:	Secondo le curve del costruttore delle batterie
Tempo di ricarica 90% C10	8 ore
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 sarà sviluppato nella fase di progetto esecutivo

4.4.6 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.

4.4.7 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).

4.4.8 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.

4.4.9 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.

4.4.10 Cavi

Cavi MT

- cavi unipolari di tipo RG26H1M16 12/20 kV;

Cavi BT

- cavi unipolari e multipolari di tipo FG16(O)M16 0.6/1 kV;
- cavi unipolari e multipolari di tipo FG17;

Cavo 750V POSITIVO

- Sezione da 500 mm² in rame;
- Cavo Unipolari;
- cavi dovranno essere certificati CPR secondo il Regolamento (UE) n. 305/2011, relativo ai Prodotti da Costruzione (Construction Products Regulation);
- Tensione di isolamento pari a 1.8/3 kV;
- Conduttore circolare compatto in rame (in accordo alla norma CEI EN 60228),
- Strato semiconduttivo estruso sul conduttore;
- Strato estruso isolante in gomma etile propilenica ad alto modulo elastico;
- Strato semiconduttivo estruso sull'isolante;
- Schermo metallico a nastri di rame, di sezione idonea a sopportare la massima corrente di corto circuito per il tempo prefissato per l'intervento delle protezioni;
- Armatura a nastri d' acciaio;
- Guaina termoplastica LSOH estrusa;
- Classe di reazione al fuoco B2ca-s1a,d1,a1.

Cavo 750V NEGATIVO

- Sezione da 500 mm² in rame;
- Cavi Unipolari;
- cavi dovranno essere certificati CPR secondo il Regolamento (UE) n. 305/2011, relativo ai Prodotti da Costruzione (Construction Products Regulation);

- Tensione di isolamento pari a 0.6/1 kV;
- Conduttore a corda flessibile rotonda (in accordo alla norma CEI EN 60228);
- Strato semiconduttivo estruso sul conduttore;
- Strato estruso isolante in gomma etile propilenica ad alto modulo elastico
- Strato semiconduttivo estruso sull'isolante;
- Schermo metallico a nastri di rame, di sezione idonea a sopportare la massima corrente di corto circuito per il tempo prefissato per l'intervento delle protezioni;
- Armatura a nastri d' acciaio;
- Guaina termoplastica LSOH estrusa;
- Classe di reazione al fuoco B2ca-s1a,d1,a1.

4.4.11 Requisiti generali

4.4.11.1 Condizioni di installazione

I quadri saranno progettati per poter essere addossati a parete e non richiedere sui lati 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 nell'elaborato MGE1PRLVLTESS1T001-00_A.

4.4.11.2 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%.

4.5 Sistema di comando e controllo

Per ogni SSE si prevede la fornitura e posa in opera dei componenti hardware e software per il sistema di telecomando e telecontrollo degli impianti tecnologici di SSE, con supervisione in locale tramite sistema SCADA.

Tutti gli impianti tecnologici delle SSE faranno capo ad un sistema SCADA, il quale provvederà alla gestione delle apparecchiature di SSE quali:

- quadri di media tensione
- trasformatori
- raddrizzatori
- apparecchiature 750Vdc
- apparecchiature di bassa tensione
- impianti di rivelazione incendi
- impianti antintrusione

In linea generale l'obiettivo dell'impianto è quello di controllare gli aspetti principali del sistema elettromeccanico che comprendono:

- lo stato delle apparecchiature di protezione (interruttori e relè)
- gli allarmi dovuti all'intervento delle protezioni (centraline termometriche, relè di protezione, ecc.)
- la misura dei parametri elettrici durante il funzionamento della centrale (tensioni, correnti, potenze, ecc.)

Il sistema sarà costituito da un Quadro SCADA che 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. Tramite un'apposita rete di comunicazione si provvederà ad assicurare l'interconnessione tra il Quadro SCADA e le unità periferiche: le apparecchiature di SSE saranno dotate a bordo quadro di uno switch di rete per l'interconnessione a un anello in fibra ottica, che interconnetterà le apparecchiature di SSE con il quadro SCADA.

Il quadro SCADA rappresenta l'interfaccia verso lo SCADA di Posto Centrale per il telecomando e telecontrollo, con il quale comunica tramite la rete TLC multiservizi.

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.

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 che il sistema SCADA di Posto Centrale è quello esistente e in esercizio, e quindi saranno considerati gli aspetti di interfaccia e di compatibilità con il sistema esistente in termini di protocolli di comunicazione e di interfaccia fisica.

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.

4.6 Posto Centrale di Brin

Il sistema SCADA di telecomando e telecontrollo degli apparati di SSE, trazione elettrica e cabine mt bt, installato nel Posto Centrale di Brin e in esercizio per la linea esistente, sarà riconfigurato ed ampliato in relazione alle nuove apparecchiature da telecomandare e telecontrollare per la tratta SkyMetro. Si rimanda alla disciplina *Impianti elettro ferroviari - Sistema di automazione e di telecomando/telecontrollo*