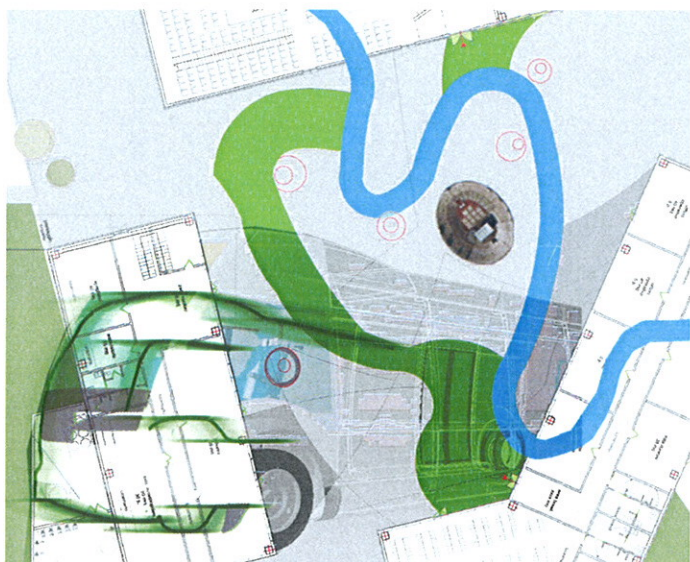


SISTEMA DI TRASPORTO PUBBLICO DI TIPO FILOVIARIO

GARA D'APPALTO PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA,
L'ESECUZIONE DEI LAVORI E LA FORNITURA DEI VEICOLI

OFFERTA TECNICA
B2 - PROGETTO DEFINITIVO



PROGETTO :

SOTTOSTAZIONI

RELAZIONE TECNICA - SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

CONCORRENTE
ATI:

SOVECO
COSTRUZIONI SPA

CONSORZIO COOPERATIVE COSTRUZIONI
CCC

Società cooperativa
(MANDATARIA/CAPOGRUPPO)

APTS
Advanced Public
Transport Systems bv

ALPIQ
Alpiq InTec Verona S.p.A.

MAZZI
Impresa Generale Costruzioni
S.p.A.

Balfour Beatty
Rail

SCALA	-
RIF. N°	PDE0300RTOIA.doc
ALLEGATO N°	PD E0300 RTOIA

PROGETTAZIONE
COSTITUENDO R.T.P.:

TECNOLOGIA
(MANDATARIA/CAPOGRUPPO)

DIRETTORE TECNICO

Dott. Ing. Massimo Raccosta

GIRPA

DIRETTORE TECNICO

Dott. Arch. Valentina Butterini

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE	REDATTO	VISTO	APPROVATO
A	Dic. 2010	Emissione	Technital	Follesa	Tittarelli	Renso

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato, in tutto o in parte, senza il consenso scritto. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge.
This document may not be copied, reproduced or published, either in part or entirely, without the written permission. Unauthorized use will be prosecuted by law.

1. SCOPO DEL DOCUMENTO	2
2. INTRODUZIONE.....	2
3. NORME DI RIFERIMENTO	2
4. IMPIANTI MT/BT DI SOTTOSTAZIONE	4
4.1. GENERALITÀ	4
4.2. CONFIGURAZIONE DELLE SOTTOSTAZIONI.....	5
4.3. ARCHITETTURA DELLE SOTTOSTAZIONE	6
4.3.1. SEZIONE MEDIA TENSIONE (M.T.)	7
4.3.2. SEZIONE TRASFORMAZIONE.....	9
4.3.3. SEZIONE CONVERSIONE, SEZIONAMENTO E ALIMENTATORI A 750Vcc	9
4.3.4. SEZIONE SERVIZI AUSILIARI 400/230Vca E 110Vcc.....	10
4.4. IMPIANTI AUSILIARI DI SOTTOSTAZIONE.....	11
4.5. IMPIANTO DI TERRA DELLE SOTTOSTAZIONI	12
4.6. IMPIANTO DI TELECOMANDO DELLE SOTTOSTAZIONI	12
5. IMPIANTO DI TRAZIONE DI LINEA A 750VCC	13
5.1. GENERALITÀ	13
5.2. CONFIGURAZIONE DELLA LINEA DI TRAZIONE.....	13
5.2.1. ALIMENTATORI DI RINFORZO LUNGO LINEA.....	14
5.2.2. SEZIONAMENTI LUNGO LINEA.....	15
5.2.3. SEZIONAMENTI NELL'AREA DEL DEPOSITO	16
5.3. IMPIANTO DI RILEVAZIONE ROTTURA FILO DI CONTATTO	16
5.4. SISTEMA DI GESTIONE DELLA POLARITÀ NEGATIVA IN LINEA	17
6. IMPIANTI AUSILIARI LUNGO LINEA	17
6.1. IMPIANTI DI FERMATA	17

1. SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo della presente Relazione tecnica è quello di descrivere le caratteristiche elettriche e costruttive del Sistema elettrico di alimentazione previsto per l’Impianto filoviario TPTF di Verona.

2. INTRODUZIONE

Il Sistema di alimentazione che permette di rendere funzionale l’Impianto filoviario è costituito dall’insieme di tre macrosottosistemi.

I tre macrosottosistemi che si possono individuare in questa tipologia di Impianto sono i seguenti:

- Impianti di Sottostazioni MT/BT
- Impianto di trazione di linea a 750Vcc
- Impianti ausiliari lungo linea

Nel seguito saranno descritte le caratteristiche elettriche e costruttive di ogni macrosottosistema individuato.

3. NORME DI RIFERIMENTO

- **Norma It. CEI EN 50163 - Classif. CEI 9-31 - CT 9 - Anno 2006 - Fascicolo 8513 C Edizione Seconda**
Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione
- **Norma It. CEI EN 50163/A1 - Classif. CEI 9-31 - CT 9 - Anno 2008 - Fascicolo 9238**
Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione
- **Norma It. CEI EN 50122-1 - Classif. CEI 9-6 - CT 9 - Anno 1998 - Fascicolo 4433 Edizione Terza**
Applicazioni ferroviarie - Installazioni fisse
Parte 1: Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra

- **Norma It. CEI EN 50122-2 - Classif. CEI 9-6/2 - CT 9 - Anno 1999 - Fascicolo 5334 Edizione Prima**

Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi

Parte 2: Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua.

- **Norma It. CEI 9-20/1 - Classif. CEI 9-20/1 - CT 9 - Anno 2002 - Fascicolo 6394 Edizione Prima**

Guida d'applicazione della normativa di sicurezza per gli impianti fissi di trazione a corrente continua in presenza di strutture metalliche od in cemento armato

Parte 1: Sistemi con tensione nominale di linea sino a 1500V

- **Norma It. CEI EN 50124-1 - Classif. CEI 9-65/1 - CT 9 - Anno 2001 - Fascicolo 6119 Edizione Prima**

Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane - Coordinamento degli isolamenti

Parte 1: Requisiti base - Distanze in aria e distanze superficiali per tutta l'apparecchiatura elettrica ed elettronico

- **Norma It. CEI EN 50124-1/A1/A2 - Classif. CEI 9-65/1;V1 - CT 9 - Anno 2005 - Fascicolo 7832 Edizione Prima.**

Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane - Coordinamento degli isolamenti

Parte 1: Requisiti base - Distanze in aria e distanze superficiali per tutta l'apparecchiatura elettrica ed elettronico

- **Norma It. CEI EN 50124-2 - Classif. CEI 9-65/2 - CT 9 - Anno 2001 - Fascicolo 6120 Edizione Prima**

Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane - Coordinamento degli isolamenti

Parte 2: Sovratensioni e relative protezioni

- **Norma It. CEI 11-1 - Classif. CEI 11-1 - CT 99 - Anno 1999 - Fascicolo 5025 Edizione Nona+Ec 1**

Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata

- **Norma It. CEI 64-8 Anno 2007 Fascicolo 9999**
Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata a 1500 V in corrente continua
- **Norma It. CEI EN 61000-6-2 - Classif. CEI 210-54 - CT 210 - Anno 2006 - Fascicolo 8506 C Edizione Terza**
Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 6-2: Norme generiche – Immunità per gli ambienti industriali
- **Norma It. CEI EN 61000-6-4 - Classif. CEI 210-66 - CT 210 - Anno 2002 - Fascicolo 6673 Edizione Prima**
Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali. Inoltre tutte le apparecchiature che verranno a comporre il quadro saranno conformi alle rispettive norme CEI di prodotto.
- **Norma it. CEI 0-16 - Classif. CEI 0-16 - Anno 2008 - Fascicolo 9404 Edizione Seconda**
Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- **Norma it. CEI 0-16;V2 - Classif. CEI 0-16 - Anno 2009 - Fascicolo 9736**
Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.

4. IMPIANTI MT/BT DI SOTTOSTAZIONE

Nel presente capitolo sono descritte le caratteristiche elettriche e costruttive dei vari impianti principali e ausiliari che appartengono al macrosottosistema.

4.1. GENERALITÀ

Uno studio accurato di dimensionamento elettrico, attraverso l'impiego di un programma di calcolo specialistico descritto in dettaglio nel documento PD E0300 RT02A, ha permesso di individuare i punti più appropriati in cui fornire l'alimentazione alla sezione elettrificata a 750 Vcc, del Impianto filoviario TPTF, al fine di ottenere una distribuzione equilibrata del potenziale lungo linea, evitando di avere sezione in cui la caduta di tensione sia troppo accentuata.

Lungo il tracciato sono stati individuati tredici punti dove localizzare una sottostazione di alimentazione, che nello specifico sono undici più due sottostazioni aggiuntive dedicate per alimentare la futura estensione dell'elettrificazione verso il centro, ad esclusione delle parti più sensibili:

- Ponte della Vittoria, via Diaz, corso Cavour e corso Castelvechio
- corso di Porta Nuova, via degli alpini e via Pasubbio

La denominazione delle sottostazioni è indicata nel documento PD E0300 SH01A "Schema elettrico di trazione" e nel seguito richiamata, invece per il posizionamento sul tracciato, si vedano le tavole del piano di elettrificazione:

S.S.E. 1 – Via Paganella

S.S.E. 2 – Via Confortini

S.S.E. 3 – Rondò della Corte, via Mefistofele

S.S.E. 4 – Via Passo Buole

S.S.E. 5 – Cà de Cozzi

S.S.E. 6 – Stadio, via Frà Giocondo

S.S.E. 7 – Piazza XXV Aprile

S.S.E. 8 – Fiera, via Scopoli

S.S.E. 9 – Largo Perlar

S.S.E.10 – Deposito

S.S.E. 11 – Via Bengasi

nella futura estensione della rete:

S.S.E. 12 – Piazza Pradaval

S.S.E. 13 – Via Barana

Ad eccezione della S.S.E. 7, S.S.E. 12 e S.S.E. 13 che sono state analizzate e progettate per essere realizzate interrate, le altre sono in superficie fuori terra. Nel seguito del documento è riportata una descrizione generale delle due tipologie di S.S.E..

Ogni sottostazione per poter fornire l'alimentazione a 750Vcc all'impianto filoviario, riceve a sua volta l'alimentazione in ingresso dalla rete elettrica di AGSM Verona in media tensione a 10/15kV, pertanto in corrispondenza di ciascuna sottostazione è stato previsto un punto di consegna.

4.2. CONFIGURAZIONE DELLE SOTTOSTAZIONI

Al fine di poter garantire una maggior flessibilità in fase di esercizio e manutenzione sono state individuate due configurazioni dello Schema unifilare generale di potenza: tipo 1 e tipo 2.

La configurazione tipo 1, riportata nel documento PD E0303 SH01A, è stata utilizzata in quei punti in cui è richiesto di alimentare indipendentemente due sezioni separate del tracciato. I due alimentatori si

connettono al bifilare rispettivamente uno a destra e l'altro a sinistra dell'isolatore di sezione, installato sulla linea di trazione in corrispondenza della sottostazione stessa.

La presente configurazione come indicato nello schema elettrico di trazione e richiamato nello schema unifilare di potenza è applicabile alle S.S.E. n. 2, 4, 5, 7, 8, 9 e 13.

La configurazione di tipo 2 dello schema unifilare di potenza, riportata invece nel documento specifico PD E0303 SH02A, è stata utilizzata in quei punti in cui è richiesto di alimentare le sezioni di tracciato terminali della linea di trazione. Sono previsti ugualmente due alimentatori connessi indipendentemente al bifilare, ad eccezione della S.S.E. 12, solo uno è normalmente in funzione e alimenta la linea, l'altro è di riserva e permette di realizzare una totale ridondanza dell'alimentazione verso la linea. La ridondanza permette di avere un sistema di alimentazione più flessibile in fase di esercizio, riducendo la probabilità di fuori servizi e con minori vincoli nella programmazione delle attività di manutenzione.

La presente configurazione come indicato nello schema elettrico di trazione e richiamato nello schema unifilare di potenza è applicabile alle S.S.E. n. 1, 3, 6, 10, 11, e 12 :

4.3. ARCHITETTURA DELLE SOTTOSTAZIONE

Come accennato in precedenza sono state previste due tipologie di sottostazione, la prima fuori terra e la seconda interrata.

Le planimetrie con il layout di localizzazione delle apparecchiature nelle due tipologie sono riportate nel documento di dettaglio PD E0301 PL01A per la S.S.E. fuori Terra e PD E0302 PL01A per quella interrata.

Per consentire il passaggio dei cavi di connessione tra le varie apparecchiature all'interno del fabbricato e delle linee in partenza verso l'impianto di trazione sono stati previsti dei cunicoli di larghezza variabile, profondità 500mm, e copertura in grigliato tipo Keller, si rimanda per la visione dei percorsi al documento di dettaglio PD E0301 PL05A per la S.S.E. fuori Terra e PD E0302 PL05A per quella interrata.

Al fine di realizzare la separazione dei cavi di potenza da quelli dei circuiti ausiliari (bt e di comando/controllo apparecchiature), è stato previsto di posare sul fondo del cunicolo quelli di potenza e segregare all'interno di una passerella fissata alla parete i cavi ausiliari.

Nelle sottostazioni interrate per consentire la discesa dei cavi nel cunicolo dai due pozzetti posti in superficie, sono state previste due passerelle fissate a parete: la prima dedicata ai cavi di "arrivo alimentazione MT" e l'altra a quelli di "linea" verso l'impianto.

Nelle sottostazioni fuori terra per delimitare l'area è stata prevista una recinzione e l'accesso all'area sarà possibile attraverso un cancello scorrevole automatico di dimensioni idone per l'ingresso di automezzi.

Nel “locale ingresso fornitura energia” saranno installate le apparecchiature di manovra dell’ente fornitore e rappresenta il punto di consegna della fornitura in media tensione, nel “locale misure” sarà installato il gruppo di misura e l’accesso è consentito anche all’utente.

- **Sezione media tensione (MT)**

- **Sezione trasformazione**

- Sezione conversione, sezionamento e alimentatori a 750Vcc

- **Sezione servizi ausiliari 400/230Vca e 110Vcc;**

4.3.1. SEZIONE MEDIA TENSIONE (M.T.)

La sezione MT è costituita dal quadro di Media Tensione QMT.

Le caratteristiche elettriche principali del quadro che sarà fornito sono le seguenti:

- Tensione nominale kV 24

• Tensione di esercizio	kV	10
• Numero fasi		3
• Frequenza nominale	Hz	50
• Livelli di isolam. (nom/FI/Imp. 1,2/50μs)	kV	24/50/125
• Corrente nominale sbarre principali	A	630
• Corrente ammissibile di breve durata	kA	16 kA
• Durata nominale del cto.cto.	s	1
• Corrente ammissibile di cresta	kA	40
• Tensione aux comandi e segnalazioni	Vcc	110 (+10,-15%) -- sistema flottante verso terra
• Tensione aux x anticondensa	Vca	230 -- sistema TN-S
• Isolamento verso massa c.aux	kV	2 (1 min)
• Classificazione IAC		AFLR

Il quadro sarà essere garantito per la tenuta all'arco interno

• Corrente di tenuta all'arco interno (CEI-EN 62271-200 Allegato A)	kA (1s)	16
--	---------	----

Il quadro MT in ogni sottostazione sarà composto da una serie di unità modulari così contraddistinte:

- Unità Arrivo Cavi con interruttore di manovra sezionatore "UAC";
- Unità Dispositivo Generale e misure "UDG";
- Unità Linea Trafo 1 e 2 denominate "ULT1 e ULT2";
- Unità Linea Trafo ausiliari con Interruttore di manovra sezionatore e fusibili "ULTI".

La linea di alimentazione in MT, proveniente dal "locale ingresso fornitura energia" riservato all'ente fornitore, si attesterà alle sbarre di rame nella Unità "UAC".

Le connessioni ai trasformatori saranno realizzate in cavo di tipo RG7H1R 3X(1X95)mm² 12/20kV, si veda a miglior spiegazione lo Schema unifilare generale di potenza tipo 1 e tipo 2.

Come riportato nello schema unifilare, per garantire la sicurezza dell'operatore nello svolgimento delle attività sia in fase di esercizio e di manutenzione, saranno previsti:

- interblocchi elettrici e meccanici (blocchi a chiave) nelle manovre di apertura e chiusura degli interruttori, sezionatori di linea e di terra

- distributori a chiave per interblocchi di sicurezza con le celle trasformatori, raddrizzatori, extrarapidi, e sezionatori bipolari.

4.3.2. SEZIONE TRASFORMAZIONE

La sezione di trasformazione sarà costituita dai trasformatori di gruppo denominati T1 e T2.

Essi verranno alimentati dal quadro QMT, rispettivamente dalle unità ULT1 e ULT2.

I trasformatori di gruppo alimenteranno le celle raddrizzatori del quadro a 750Vcc che a sua volta alimenterà il bifilare della linea di trazione.

I trasformatori trifase saranno del tipo a secco in resina per trazione, di potenza nominale 1250 kVA a due secondari 625-625 kVA, con rapporto di trasformazione 10/15($\pm 2 \times 2,5\%$)/0,59 kV, e raffreddamento natura AN.

Nelle sottostazioni i trasformatori di gruppo saranno installati all'interno di celle di segregazione in rete metallica, smontabile dall'interno, altezza minima 2,2m con blocco a chiave di tipo AREL sulla porta di accesso.

4.3.3. SEZIONE CONVERSIONE, SEZIONAMENTO E ALIMENTATORI A 750Vcc

La sezione conversione, sezionamento e alimentatori sarà costituita dal quadro in corrente continua a 750Vcc di tipo blindato a tenuta d'arco interno, con le seguenti caratteristiche elettriche:

• Tensione di esercizio		Vcc	750
• Livello di isolamento nominale circuiti di potenza kV	1,2		
• Classe di sovratensioni	OV3		
• Isolamento FI verso terra/sul sezionamento	kV	3,6/4,3	
• Isolamento a Imp. verso terra/sul sezionamento	kV	8/9,6	
• Corrente nominale sbarre positivo e negativo	A	4000	
• Corrente di cto.cto. di targa	kA	50	
• Tensione aux motori, comandi e segnalazioni	Vcc	110 (+10,	
		-15%) -- sistema	
		flottante verso terra	
• Tensione aux x anticondensa e luce interna	Vca	230	
		-- sistema TN-S	

Il quadro in corrente continua sarà strutturato nei seguenti scomparti:

- n°2 - Scomparto raddrizzatore a reazione dodecafase con bobina interfaseca
- n°2 - Scomparto arrivo C.C. da raddrizzatore, sezionatore bipolare e ritorno dalla linea
- n°2 - Scomparto alimentatore con interruttore extrarapido

Come riportato nello schema unifilare, per garantire la sicurezza dell'operatore nello svolgimento delle attività sia in fase di esercizio e di manutenzione, saranno previsti:

- blocchi elettrici e meccanici (blocchi a chiave) sulle posizioni di inserito o sezionato delle apparecchiature (raddrizzatore, extrarapido)
- blocchi che impediscono di accedere direttamente a parti in tensione: apertura non intenzionalmente delle serrande dello scomparto raddrizzatore e dell'interruttore extrarapido
- interblocchi meccanici (blocchi a chiave) sulle manovre di apertura e chiusura del sezionatore di terra nello scomparto alimentatore.

Il quadro sarà alimentato dai secondari dei trasformatori di gruppo attraverso linee di connessione in cavo di tipo RG7H1R 3X2X(1X120/25)mm² 1,8/3kV che si attesteranno sulle sbarre di potenza in rame nello scomparto raddrizzatore.

Dallo scomparto alimentatore e dalla sbarra dei negativi del quadro saranno derivate le linee in cavo di tipo RG7H1R 2X(1X120/25)mm² 1,8/3kV per ciascuna polarità, per alimentare il bifilare della linea di trazione, ad eccezione del collegamento alla tratta "stradone Maffei – porta Vescovo" dalla S.S.E. 12, in cui visto la lunghezza del collegamento circa 650m, sarà necessario per limitare la caduta di tensione impiegare due cavi di tipo ARG7H1R (1X400/25)mm² 1,8/3kV per polarità.

Le caratteristiche elettriche e costruttive dei cavi con isolamento 1,8/3kV sono riportate in dettaglio nel documento PD E0304 RS07A "Specifica Tecnica cavi per sistema a 750Vcc ed accessori".

4.3.4. SEZIONE SERVIZI AUSILIARI 400/230Vca E 110Vcc

Dallo scomparto "ULTI" del quadro QMT sarà derivata mediante una connessione in cavo di tipo RG7H1R 3X(1X95)mm² 12/20kV l'alimentazione al trasformatore dei servizi ausiliari che a sua volta alimenterà il quadro dei servizi ausiliari QSA.

Il trasformatore trifase sarà del tipo a secco in resina, di potenza nominale pari a 30 kVA, con rapporto di trasformazione 10/15(±2x2,5%)/0,4-0,23 kV, e raffreddamento naturale AN.

Il trasformatore verrà fornito all'interno di un box metallico autoportante su ruote, con blocco a chiave di tipo AREL sulla portella di accesso.

Il quadro dei servizi ausiliari QSA sarà composto da due sezioni: c.a. e c.c..

La sezione c.a. sarà suddivisa in due sbarre:

- sbarra normale, da cui saranno derivate le alimentazioni alle utenze ausiliarie a 230V delle apparecchiature presenti in sottostazione (scaldiglie, illuminazione interna scomparti, ecc..),
- sbarra essenziale, sarà alimentata attraverso un UPS trifase con autonomia di due ore dalla sbarra normale. Le utenze sottese alla sbarra essenziale saranno le seguenti: illuminazione interna ed esterna del fabbricato, acquisizione dati, quadro prese di servizio, impianto antintrusione, impianto di videosorveglianza.

La sezione c.c. sarà costituita dalla sbarra di continuità a 110Vcc, alimentata dal quadro caricabatteria; al fine di garantire l'alimentazione alle utenze ausiliarie delle apparecchiature (ad esempio le protezioni multifunzione a microprocessore, relè ausiliari, ecc...) che richiedono la continuità di esercizio, ed una stabilizzazione della tensione d'uscita entro limiti ristretti al variare delle caratteristiche di rete e del carico.

Il quadro caricabatteria QCB, con relativo scomparto batterie QB sarà costituito da un raddrizzatore in corrente continua al silicio a due rami, per permettere la ricarica di una batteria di accumulatori e la contemporanea alimentazione delle utenze ausiliarie in corrente continua a 110 V c.c.

Lo scomparto batterie è costituito da batterie di accumulatori ermetici al Pb di capacità nominale pari a 160Ah, in contenitore e coperchio in ABS ritardante la fiamma e con vita attesa di 12 anni.

L'installazione della presente tipologia di batterie non necessita di un locale dedicato, sarà pertanto posizionato nel "locale apparecchiature".

4.4. IMPIANTI AUSILIARI DI SOTTOSTAZIONE

Nelle sottostazioni saranno previsti i seguenti impianti elettrici e speciali:

- ✓ impianto di illuminazione
- ✓ impianto FM di servizio
- ✓ impianto di drenaggio delle acque bianche di sentina per le SSE di tipo interrato
- ✓ impianto di ventilazione
- ✓ impianti speciali quali:
 - rivelazione fumi ed allarme incendio
 - allarme intrusione
 - rilevamento presenza acqua nei cunicoli cavi
 - videosorveglianza

Le caratteristiche tecniche dei suddetti impianti sono descritte in dettaglio nella relazione tecnica specifica, documento PD E0300 RT03A.

4.5. IMPIANTO DI TERRA DELLE SOTTOSTAZIONI

In ogni sottostazione è stato previsto un impianto di terra per permettere la dispersione delle correnti di guasto a terra, le caratteristiche tecniche dell'impianto descritte nel seguito, sono riportate in dettaglio nel documento specifico PD E0301 PL05A per la SSE fuori terra e PD E0302 PL05A per quella interrata.

L'impianto di terra sarà composto da:

- rete primaria di dispersione esterna interrata
- collettore di terra interno e maglia equipotenziale
- collegamenti di messa a terra delle apparecchiature

La rete primaria di dispersione esterna sarà costituita da due anelli interconnessi tra di loro, realizzati in corda nuda di rame da 70mm^2 , posati lungo il perimetro sul letto dello scavo. In corrispondenza di ogni vertice dell'anello sarà infisso nel terreno un dispersore verticale in acciaio.

All'anello più interno verranno collegati i ferri di armatura del manufatto e attestati gli stacchi di collegamento al collettore di terra posto all'interno della SSE, costituito da una bandella in rame nudo $40 \times 5\text{mm}$ disposta ad anello e fissata alla parete del cunicolo.

Alla bandella verranno connessi i collegamenti di messa a terra delle apparecchiature, realizzati in due punti per ogni quadro con cavo G/V di tipo N07V/K $1 \times 70\text{mm}^2$ e due stacchi dalla maglia equipotenziale realizzata con una rete elettrosaldata posata sottopavimento.

Nota: In fase di progettazione esecutiva sarà effettuata la misura della resistività del terreno e verificata la resistenza totale di terra dell'impianto in questione.

4.6. IMPIANTO DI TELECOMANDO DELLE SOTTOSTAZIONI

L'impianto di telecomando di SSE sarà equipaggiato a seconda delle esigenze di ciascuna sottostazione, e le funzioni implementate saranno relative a:

- Comando e Controllo Locale apparati (previsto pannello di visualizzazione)
- Supervisione e Diagnostica
- Rete LAN di Sottostazione

per il quale si rimanda al documento specifico del progetto definitivo PD E0300 RT04A.

5. IMPIANTO DI TRAZIONE DI LINEA A 750VCC

Nel presente capitolo, sono descritte le caratteristiche elettriche e costruttive degli impianti principali e ausiliari che appartengono al macrosottosistema.

5.1. GENERALITÀ

L'impianto di trazione elettrificato a 750Vcc del Sistema filoviario TPTF di Verona è costituito da una linea a doppio bifilare, uno destinato per la via di andata e l'altra per quella di ritorno. Per le caratteristiche tecniche e costruttive dei componenti che sostengono il filo di contatto, si rimanda al documento PD G0100 RT01A "Relazione Tecnica Linea di Contatto".

Ciascun bifilare sarà costituito da un filo in rame di sezione pari a 100mm^2 per polarità, con equipotenziali lungo linea tra le due vie di percorrenza, realizzati mediante l'impiego di un conduttore isolato di tipo FG7R $1\times 150\text{mm}^2$ 1,8/3kV per entrambe le polarità.

Il medesimo studio di dimensionamento elettrico già precedentemente richiamato, descritto nel dettaglio nel documento PD E0300 RT02A, ha consentito di definire la configurazione della linea di trazione riportata nello schema elettrico di trazione.

Nello studio condotto, oltre alla sezione di rete oggetto del presente progetto definitivo a base di gara, è stata eseguita anche una valutazione sulla futura estensione dell'elettrificazione verso il centro, si veda a miglior spiegazione lo schema elettrico di trazione.

La futura estensione proposta, evidenziata in colore rosso, sarà alimentata solo dalla S.S.E. 12 la porzione e dalla S.S.E. 13, in quanto in corrispondenza dei punti di inizio estensione saranno installati sulla linea gli isolatori di sezione, ad eccezione del tratto evidenziato anch'esso in rosso verso nord fino a Borgo Trento che sarà alimentato come naturale estensione dell'elettrificazione dalla S.S.E 4.

Per fornire l'alimentazione alla porzione di tracciato elettrificato appartenente alla futura estensione, non occorrerà eseguire nessuna modifica sull'impianto di alimentazione previsto nel progetto definitivo a base di gara, sarà necessario aggiungere solo nella S.S.E. 4 il collegamento del cavo alimentatore di rinforzo in parallelo alla linea, con una risalita di alimentazione al bifilare circa a metà sezione, si veda a miglior spiegazione lo schema elettrico di trazione.

5.2. CONFIGURAZIONE DELLA LINEA DI TRAZIONE

La configurazione proposta della linea di trazione ottenuta dallo studio di dimensionamento elettrico, permette di garantire:

- la sicurezza in fase di esercizio (sia per intervento della protezione diretta degli interruttori extrarapidi, anche al verificarsi di un cortocircuito a fine linea e sia per la presenza in linea del sistema di rilevazione rottura filo di contatto)
- la sicurezza degli operatori durante le attività di intervento sulla linea di trazione (interposizione di opportuni sezionamenti lungo linea realizzati con sezionatori ad apertura sottocarico)

Nel seguito si descrivono le caratteristiche della rete elettrificata che sarà realizzata, riportate in dettaglio nello schema elettrico di trazione.

La linea sarà sezionata mediante isolatori di sezione in corrispondenza delle sottostazione di alimentazione ad eccezione per quelle che alimentano sezioni di tracciato terminali.

Nella maggior parte della linea, ciascuna sezione riceve una doppia alimentazione in parallelo dai due alimentatori installati nelle due S.S.E. adiacenti. L'alimentazione bidirezionale permette al verificarsi di un fuori servizio di uno dei due alimentatori, di garantire ugualmente la continuità dell'esercizio che, in funzione del tratto interessato dal guasto, potrà solamente subire una dilatazione della frequenza delle corse.

Anche nelle connessioni tra la sottostazione e la linea di trazione (ad eccezione per la S.S.E. 12 e S.S.E. 13), per ogni alimentatore sarà prevista una configurazione ridondata, con due cavi di tipo RG7H1R (1X120/25)mm² 1,8/3kV in parallelo per polarità, dai calcoli eseguiti il valore efficace della corrente fornita dall'alimentatore risulta inferiore alla portata di un singolo cavo pari a circa 377A. Questo, in caso di guasto su uno dei due cavi, permette il pieno mantenimento dell'esercizio tranne il breve periodo necessario a scollegare il cavo guasto.

In tutte le connessioni dalle sottostazioni alla linea sarà previsto lato linea l'installazione sul palo di uno scaricatore per ogni polarità a protezione del cavo di alimentazione.

5.2.1. ALIMENTATORI DI RINFORZO LUNGO LINEA

Per mantenere la tensione in linea nei limiti previsti dalla Normativa di riferimento, limitando le cadute di tensione, e garantire in qualsiasi punto della rete in caso di un cortocircuito l'intervento della protezione diretta dell'interruttore extrarapido, è stato previsto lungo linea in alcune sezioni un alimentatore di rinforzo in parallelo al bifilare, di tipo ARG7H1R 1x400mm² con isolamento 1,8/3kV. Tale conduttore sarà posato nel cavidotto di linea; con frequenza circa di 750m, sarà derivata per mezzo di un giunto a "T" la connessione alla linea realizzata con un cavo di tipo 1x150 mm² FG7R, 1,8/3kV, si veda il documento PD E0300 RT02A "Simulazione per il dimensionamento del sistema elettrico di trazione" e lo schema elettrico di trazione. Sul cavo 1x150 mm² FG7R sarà previsto prima della connessione con il bifilare l'installazione di uno scaricatore per polarità a protezione dell'alimentatore di rinforzo.

Per le caratteristiche costruttive ed estensione del cavidotto, si veda le tavole del piano di elettrificazione. I giunti di derivazione a "T" saranno installati all'interno di pozzetti che intercettano il cavidotto lungo linea. Le caratteristiche elettriche e costruttive del cavo e dei giunti di derivazione sono riportate nel documento PD E0304 RS07A "Specifica Tecnica cavi per sistema a 750Vcc ed accessori".

5.2.2. SEZIONAMENTI LUNGO LINEA

Per assicurare la minima interruzione dell'esercizio in caso di guasto o per manutenzione, la linea di contatto è stata sezionata in corrispondenza dei punti di diramazione del tracciato e previsti sei sezionatori con apertura sottocarico denominati "QSEZ. n" (con n da 1 a 6).

I tratti di linea sezionati da ciascun sezionatore sono i seguenti:

- Q SEZ. 1 seziona la linea in direzione del Parcheggio San Michele
 - Q SEZ. 2 seziona la linea in direzione Rondò della Corte
 - Q SEZ. 3 seziona in piazza Simoni la linea 1A e 1B (nel tratto di estensione dell'elettrificazione)
 - Q SEZ. 4 seziona in piazza Simoni la linea 2A e 2B (nel tratto di estensione dell'elettrificazione)
 - Q SEZ. 5 seziona la linea in direzione Borgo Roma
 - Q SEZ. 6 seziona la linea in direzione Parcheggio Verona Sud / Deposito
- (a miglior spiegazione si veda lo schema elettrico di trazione).

Normalmente i sezionatori QSEZ. 1, 2, 5 saranno gestiti chiusi, QSEZ. 6 potrà essere chiuso solo con Q SEZ. 5 aperto¹; in caso di guasto il sezionatore verrà aperto isolando il tratto coinvolto, lasciando gli altri in tensione e permettendo quindi il funzionamento elettrico della restante parte dell'impianto filoviario.

QSEZ. 3 e 4 saranno normalmente chiusi, in caso di guasto nel tratto percorso dalla linea 2A e 2B il QSEZ. 4 sarà aperto isolando il tratto, invece per guasto nell'altra sezione percorsa dalla linea 1A e 1B sarà necessario aprire sia QSEZ. 3 e 4, permettendo il funzionamento elettrico della restante parte del sistema.

I sezionatori saranno di tipo bipolare motorizzati installati a pavimento all'interno di armadi da esterno in acciaio INOX , localizzati in prossimità dell'isolatore di sezione di linea. Le caratteristiche tecniche e costruttive di dettaglio dei quadri sono riportate nel documento PD E0304 RS08A "Specifica tecnica Quadro sezionatore da esterno a 750Vcc", invece per la localizzazione lungo il tracciato si veda le tavole del piano di elettrificazione.

¹ È da evitare la configurazione con entrambi i sezionatori QSEZ. 5 e 6 chiusi, in quanto in caso di un cortocircuito sulla linea in corrispondenza della SSE 11, non è garantito l'intervento della protezione diretta dell'interruttore extrarapido che alimenta la sezione nella SSE 9.

Il polo negativo del sezionatore, quando sarà in posizione di aperto, chiuderà un contatto ausiliario di messa a terra collegato alla sbarra di terra del quadro, la quale sarà connessa attraverso corde in rame alla rete di terra della sottostazione più prossima al quadro.

I sezionatori saranno telecomandati dalle rispettive SSE di appartenenza oltre che dal Posto centrale, oppure potranno essere manovrati manualmente in sito, QSEZ. 1 e QSEZ. 2 saranno comandati dalla S.S.E. 2; QSEZ. 3 e QSEZ. 4 dalla S.S.E. 12; QSEZ. 5 e QSEZ. 6 dalla S.S.E. 8.

I quadri QSEZ. 3 e QSEZ. 4 sono relativi alla proposta di estensione del tratto elettrificato e verranno esclusi dalla fornitura delle apparecchiature oggetto del presente Progetto Definitivo a base di gara.

5.2.3. SEZIONAMENTI NELL'AREA DEL DEPOSITO

L'anello di bifilare elettrificato previsto nell'area del Deposito sarà alimentato direttamente dalla linea di trazione, in prossimità della rotonda di termine linea a Verona Sud, saranno installati gli isolatori di sezione, normalmente bypassati da un collegamento realizzato mediante un sezionatore bipolare motorizzato con apertura sottocarico denominato QSEZ. 8, comandato dalla S.S.E. 10. Il sezionatore QSEZ. 8 normalmente sarà chiuso, e permetterà di alimentare "l'anello di deposito", in caso di guasto sul bifilare di deposito dovrà essere aperto. Il sezionatore sarà anch'esso installato all'interno di quadro da esterno, posato a livello del calpestio, le caratteristiche tecniche e costruttive di dettaglio del quadro sono riportate nel documento specifico PD E0304 RS08A.

Sarà previsto un altro quadro di sezionamento QSEZ. 7 costituito da due sezionatori bipolari sottocarico con comando manuale all'interno del fabbricato Officina, per sezionare le due linee di ausilio alle attività di test e manutenzione dei mezzi, denominate rispettivamente sullo schema elettrico "Linea prova 1" e "Linea prova 2".

5.3. IMPIANTO DI RILEVAZIONE ROTTURA FILO DI CONTATTO

Sulla linea di trazione sarà installato un sistema che provvederà attraverso dei dispositivi locali collegati alla linea, al monitoraggio continuo dello stato della linea di contatto, per rivelarne istantanei cambiamenti nei parametri elettrici ed, a seguito del riconoscimento della rottura del filo, comandare l'apertura degli interruttori extrarapidi della sezione interessata.

Il collegamento tra le unità di monitoraggio lungo linea e le SSE sarà realizzato attraverso una connessione via cavo in fibra ottica, posato in un tributo distribuito lungo linea.

Si rimanda per la descrizione in dettaglio delle caratteristiche tecniche dell'Impianto al documento PD G0100 RT03A "Relazione tecnica sistema di rilevazione rottura filo di contatto".

5.4. SISTEMA DI GESTIONE DELLA POLARITÀ NEGATIVA IN LINEA

Come previsto dalla Norma CEI EN 50122-1 il negativo sarà francamente collegato a terra in un solo punto. Al fine di consentire le attività manutentive in sicurezza, e garantire di avere al variare della configurazione della linea di trazione la messa a terra del negativo sempre in un solo punto, la polarità negativa dei sezionatori sottocarico QSEZ di linea sarà equipaggiata con un contatto ausiliario di chiusura a terra a sezionatore aperto.

6. IMPIANTI AUSILIARI LUNGO LINEA

Nel presente capitolo sono descritte le caratteristiche elettriche e costruttive degli impianti di fermata e dell'impianto di semaforizzazione che appartengono al macrosottosistema.

6.1. IMPIANTI DI FERMATA

In fermata in funzione della tipologia, saranno previsti dispositivi informativi e di sicurezza (pannelli informativi, colonnine SOS, videosorveglianza, ecc..)

Per alimentare questi dispositivi saranno previsti quadri con adduzione dalla rete pubblica installati in prossimità della fermata.