



REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



UNIONE EUROPEA



Comune di Cagliari



trasporti regionali della sardegna

ARST S.p.A.

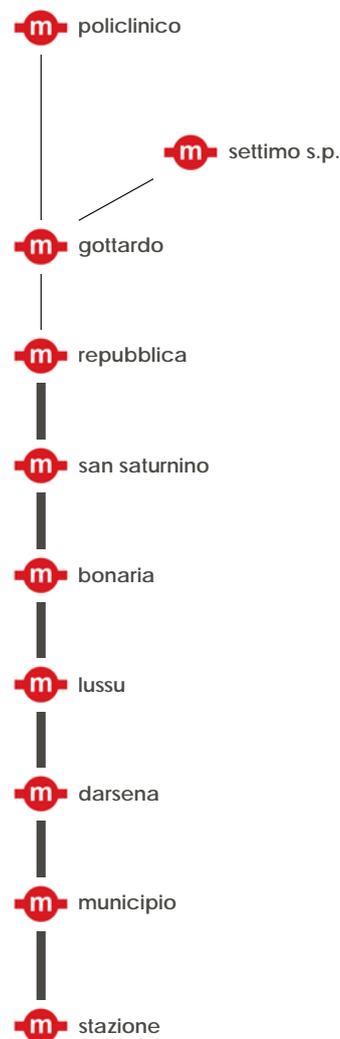
METROPOLITANA LEGGERA DI CAGLIARI LINEA 3

collegamento Repubblica/Matteotti/Stazione

PROGETTO PRELIMINARE

progettazione: Servizio Tecnico - ARST SpA
Servizio Mobilità, Infrastrutture Viarie e Reti - Comune di Cagliari

coordinatore: ing. Ernesto Porcu



ALLEGATI ALLO STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

OGGETTO:
TRAZIONE ELETTRICA
SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE - RELAZIONE DESCRITTIVA

NOME-FILE

SCALA:

TAVOLA:

4.20.1

REV.	MODIFICHE	DATA	ELABORAZIONE
0			
1			
2			
3			
4			

1 GENERALITÀ

Le Sottostazioni elettriche SSE_3 e SSE_4 sono state progettate in modo da garantire la più alta affidabilità e sicurezza di servizio dell'impianto.

I criteri seguiti, impiegando quadri modulari, permettono tra le altre cose di:

- Ridurre al minimo le dimensioni dei locali di sottostazione;
- Aumentare la sicurezza del personale, impedendo la possibilità di contatti accidentali con parti in tensione;
- Facilitare e ridurre le operazioni di montaggio;
- Ridurre al minimo le operazioni di manutenzione, utilizzando apparecchiature in versione estraibile.

Le due SSE previste sono caratterizzate elettricamente da una sezione di "Media Tensione", una di "Trasformazione MT/BT", una "Corrente continua" ed una "Servizi ausiliari".

Il comando ed il controllo della SSE sono effettuati:

- In locale, dal quadro mosaico;
- In telecomando;
- In locale per le prove "in bianco" (solo per interruttori extrarapidi in c.c.).

Per assicurare i servizi ausiliari, essenziali per mancanza di tensione, é previsto un sistema di batterie a 110 V c.c. e relativo carica batterie con doppio ramo di uscita.

E' previsto – inoltre - per l'alimentazione delle segnalazioni, della centralina allarmi e del mosaico, un convertitore 110/24 Vcc.

Le due SSE ed i relativi componenti sono realizzati in conformità alle norme per gli impianti e le apparecchiatura di trazione, e alle norme vigenti per la sicurezza e la prevenzione infortuni.

2 DATI DI PROGETTO, DESCRIZIONE E VERIFICA DIMENSIONAMENTO

2.1 DATI DI PROGETTO

Le condizioni ambientali, riferite al microambiente in cui sono installate le apparecchiature, sono:

- | | |
|-----------------------------------|------------------|
| ▪ Tipo di installazione | interno; |
| ▪ Temperatura ambiente minima | -5° C; |
| ▪ Temperatura ambiente massima | 55° C; |
| ▪ Temperatura minima sala quadri | 5° C; |
| ▪ Temperatura massima sala quadri | 40° C; |
| ▪ Altitudine | ≤ 1000 m/s.l.m.; |
| ▪ Umidità relativa | ≤ 90%. |

Le caratteristiche elettriche principali della SSE_3 (Bonaria) sono le seguenti:

- | | |
|--|--------|
| ▪ Tensione nominale di alimentazione primaria: | 15 kV; |
|--|--------|

- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Tensione nominale raddrizzata: 750 Vcc.

N° 2 gruppi trasformatore-raddrizzatore nella SSE sia per l'alimentazione dei veicoli in linea direzione SSE_1 (Mercalli): Binario Dispari e Binario Pari e sia per l'alimentazione dei veicoli in linea direzione SSE_4: Binario Dispari e Binario Pari;

Le caratteristiche elettriche principali della SSE_4 (Stazione RFI) sono le seguenti:

- Tensione nominale di alimentazione primaria: 15 kV;
- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Tensione nominale raddrizzata: 750 Vcc.

N° 1 gruppo trasformatore-raddrizzatore nella SSE sia per l'alimentazione dei veicoli in linea direzione SSE_3(Bonaria): Binario Dispari e Binario Pari;

N° 1 gruppo trasformatore-raddrizzatore di riserva;

N° 1 gruppo trasformatore-raddrizzatore per ampliamenti futuri.

2.2 VERIFICA DIMENSIONALE SOTTOSTAZIONE

CORRENTE CONTINUA

La linea di contatto in oggetto è sostanzialmente divisa in tre sezioni isolate tra loro, mediante isolatori di sezione, connettabili mediante sezionatori a corna

- Linea 3.3/1 tra fermata Repubblica e la Sottostazione SSE_3: Binario Dispari e Binario Pari, alimentata bilateralmente;
- Linea 3.3/4 tra la Sottostazione SSE_3 e la Sottostazione SSE_4, lunga ed alimentata bilateralmente;

2.2.1.1 Alimentatori con interruttore extrarapido

Per uniformare gli scomparti alimentatori cc (estraibili) la configurazione generale delle sottostazioni è pertanto la seguente:

- SSE_3, Linea 2.1: Binario Dispari n°1 alimentatore 2500 A;
- SSE_3, Linea 2.1: Binario Pari n°1 alimentatore 2500 A;
- SSE_3, Linea 3.1: Binario Dispari n°1 alimentatore 2500 A;
- SSE_3, Linea 3.1: Binario Pari n°1 alimentatore 2500 A;
- SSE_3, disponibili n°2 alimentatori 2500 A;
- SSE_4, Linea 2.1.1: Binario Dispari n°1 alimentatore 2500 A;
- SSE_4, Linea 2.1.1: Binario Dispari n°1 alimentatore 2500 A;
- SSE_4, disponibile n°2 alimentatore 2500 A.

2.2.1.2 Raddrizzatori

Sottostazione SSE_3 (Bonaria)

- Linea 2.1 :Binario Pari 2000/2 A = 1000 A in quanto alimentata anche da SSE_1;
- Linea 2.1 :Binario Pari 2000/2 A = 1000 A in quanto alimentata anche da SSE_1;

- Linea 3.1 :Binario Pari 2000/2 A = 1000 A in quanto alimentata anche da SSE_4;
- Linea 3.1 :Binario Pari 2000/2 A = 1000 A in quanto alimentata anche da SSE_4.

Assorbimento totale massimo $I_{totale}= 4000$ A

Configurazione scelta:

- n° 2 Raddrizzatori dodecafase da 2000 A in servizio continuo (1500 kW); la corrente disponibile è $I_{raddrizz}=4000$ A

Sottostazione SSE_4 (Stazione RFI):

- Linea 3.1 :Binario Pari 2000/2 A = 1000 A in quanto alimentata anche da SSE_3;
- Linea 3.1 :Binario Pari 2000/2 A = 1000 A in quanto alimentata anche da SSE_3.

Assorbimento totale massimo $I_{totale}= 2000$ A

Configurazione scelta:

- n° 1 Raddrizzatori dodecafase da 2000 A in servizio continuo (1500 kW); la corrente disponibile è $I_{raddrizz}=2000$ A.

2.2.2 Trasformatori di gruppo

Ad ogni Gruppo Raddrizzatore dodecafase da 1500 kW è associato un trasformatore MT/BT, isolato in resina, classe E1C1F1, Dy11d0 da 1,8 MVA, distribuiti su due avvolgimenti secondari di metà potenza, connessi mediante bobina intefasica per ottenere il sistema dodecafase.

2.3 DESCRIZIONE SEZIONE MEDIA TENSIONE

La sezione media tensione è composta elettricamente da un arrivo trifase di alimentazione a 15 kV derivato dall'Ente Distributore e da un sistema di sbarre da cui vengono derivate le alimentazioni ai trasformatori di gruppo ed al trasformatore dei servizi ausiliari.

Lo scomparto arrivo in cavo in MT, conforme alla Norma IEC 62271-200, del tipo LSC2A-PM, a tenuta all'arco interno sul fronte tipo IAC AF (16kA/1s) è realizzato in carpenteria metallica con grado di protezione IP3X, $V_n=24$ kV, $I_n=630$ A, $I_{cw}= 16$ kA (1s).

Lo scomparto del DG, le partenze ai trasformatori di gruppo, sono realizzate mediante scomparti in carpenteria metallica, conformi alla Norma IEC 62271-200, del tipo LSC2A-PM, a tenuta all'arco interno sul fronte tipo IAC AF (16kA/1s), grado di protezione IP3X, $V_n=24$ kV, $I_n=630$ A, $I_{cw}= 16$ kA (1s), corredati di sezionatore di linea isolato in SF₆, d'interruttore ad SF₆ (esafluoruro di zolfo) con: $I_n=630$ A, $I_{cn}=16$ kA, $V_n=24$ kV, corredato di relé di massima corrente a microprocessore, con le funzioni 50/51/51N, n. 03 TA di fase e n. 01 TO toroide per la protezione omopolare conformi alla Norma CEI 016 edizione III 2012.

Lo scomparto per la protezione del trasformatore dei Servizi Ausiliari, per le due sottostazioni, conforme alla Norma IEC 62271-200, del tipo LSC2A-PM, a tenuta all'arco interno sul fronte tipo IAC AF (16kA/1s), carpenteria metallica con grado di protezione IP3X, $V_n=24$ kV, $I_n=630$ A, $I_{cw}= 16$ kA (1s), munito di interruttore di manovra sezionatore isolato in SF₆, corredato di una terna di fusibili MT e di relé di massima corrente omopolare 51N e toroide, conforme nel complesso alla Norma CEI 0-16 edizione III 2012.

Riassumendo si hanno le seguenti tipologie di arrivi/partenze:

- N° 1 Arrivo 15 kV Ente Distributore;
- N° 2 Partenze alimentazione trasformatore di gruppo nella SSE_3;

- N° 3) Partenze alimentazione trasformatore di gruppo nella SSE_4;
 - N° 1 Partenza alimentazione trasformatore dei servizi ausiliari;
- E' previsto inoltre uno scomparto misure al fine di misurare la tensione in ingresso.

2.4 DESCRIZIONE SEZIONE DI TRASFORMAZIONE

La sezione di trasformazione della tensione MT/BT si compone di due parti:

Trasformazione per alimentazione del gruppo raddrizzatore a reazione dodecafase per l'alimentazione dei veicoli in linea;

Trasformazione per alimentazione del quadro di distribuzione dei SA

I trasformatori previsti nelle SSE_3 e SSE_4 sono del tipo a secco inglobati in resina; le caratteristiche principali sono di seguito riassunte:

- Potenza nominale trasformatori di gruppo 1800 kVA;
- N° 2 per la SSE_3;
- N° 3 per la SSE_4;
- potenza erogabile in servizio continuo 1800 kVA/ 900 kVA/ 900 kVA,
- tensione di esercizio avvolgimento MT / BT 15kV / 0,59-0,59 kV;
- gruppo Dy11d0;
- Tensione di cortocircuito X1,2-3% 16%.

Trasformatore Servizi ausiliari per SSE_3 3 SSE_4:

- potenza erogabile in servizio continuo: 125kVA;
- tensione di esercizio M.T / BT 15 / 0,4-0,23 kV;
- Gruppo Dy11n.

Benché i due trasformatori di gruppo, tramite i rispettivi raddrizzatori, possano funzionare in parallelo sulle sbarre omnibus a 750 Vcc, in caso di cortocircuito sulle stesse il valore della corrente di guasto è circa 31kA, in relazione alle reattanze di cortocircuito, la somma delle correnti, richiamate sui rispettivi primari, $2 \cdot 434 \text{ A} = 867 \text{ A}$ che non supera la corrente di corto circuito della taglia limite del trasformatore 1600 kVA a 15 kV-Vcc%=6: $I_{cc} = 1.028 \text{ A}$, questo evita che intervenga la protezione in cabina primaria del Distributore, come prescritto dalla Norma CEI 016 III edizione 2012 .

Inoltre, allo scopo di contenere le correnti d'inserzione dei trasformatori, in conformità al paragrafo 8.5.14. della Norma CEI 0-16 III edizione 2012, deve essere installato un dispositivo che, in caso di mancanza di tensione per un tempo superiore a 5 s, provveda alla energizzazione temporizzata dei trasformatori, precedentemente in funzione, con tempi di rientro di almeno 1s.

2.5 DESCRIZIONE SEZIONE CORRENTE CONTINUA

2.5.1 Sottostazione SSE_3 e SSE_4

Nel progetto, per la SSE_3 e la SSE_4, è stata considerata un'unica tipologia di sezione in corrente continua: n° 1 Sezione dedicata all'alimentazione dei veicoli in linea.

La gestione del negativo è realizzata conformemente a quanto contenuto nella **Norma EN50122-2 "Railways application - Fixed installations" Part 2: Protective provisions against the**

effects of stray currents caused by d.c. traction system". I negativi sono isolati da terra e connessi a terra tramite un chiuditore di terra con il potere di chiusura adeguato alle caratteristiche più gravose dell'impianto, pilotato da due relè di tensione uno sensibile alla tensione in cc ed uno sensibile alla tensione in c.a.

Inoltre in serie a tale apparecchiatura sarà previsto un relè di massima corrente per mantenere chiuso a terra il chiuditore il tempo necessario a individuare il guasto tramite l'autorichiusura degli interruttori extrarapidi.

2.5.2 Sezione in corrente continua alimentante la linea di contatto.

I quadri in corrente continua destinati ad alimentare la linea di contatto sono costituiti essenzialmente dalle seguenti sezioni:

- Sezione di conversione alternata - continua;
- Sezione di alimentazione della linea di contatto.

Le condizioni ambientali di riferimento sono le seguenti:

- Tipo di installazione: interno;
- Temperatura ambiente massima sala quadri: $\leq 35^{\circ}\text{C}$;
- Temperatura ambiente minima: $\geq - 5^{\circ}\text{C}$;
- Altitudine: ≤ 1000 m s.l.m.;
- Umidità: $\leq 90\%$.

La sezione di conversione alternata-continua, costituita da due gruppi raddrizzatore a reazione dodecafase parallelo, è composta dai seguenti scomparti:

2.5.2.1 SSE_3:

- N° 2 gruppi raddrizzatore dodecafasi (N° 4 scomparti totale);
- N° 2 scomparti sezionatore bipolare di gruppo, misura cc e ritorno negativi;
- N° 1 scomparto con dispositivo limitatore di tensione del negativo con dispositivo semiconduttore.

La sezione alimentazione della linea di contatto è composta elettricamente da:

- N° 4 feeder positivi di alimentazione linea di contatto;
- N° 2 feeder positivi a disposizione per emergenza e/o per ampliamenti futuri.

Nel complesso si ha un unico quadro composto da 13 scomparti prefabbricati da interno così composto:

- N° 2 raddrizzatori dodecafasi (N° 4 scomparti totali);
- N° 2 scomparti sezionatore bipolare di gruppo, misura cc e ritorno negativi;
- N° 1 scomparto con dispositivo limitatore di tensione del negativo;
- N° 6 scomparti alimentatore di linea.

2.5.2.2 SSE_4:

- N° 3 gruppi raddrizzatori dodecafasi (N° 6 scomparti totale);
- N° 3 scomparti sezionatore bipolare di gruppo, misura cc e ritorno negativi;

- N° 1 scomparto con dispositivo limitatore di tensione del negativo con dispositivo semiconduttore.

La sezione alimentazione della linea di contatto è composta elettricamente da:

- N° 2 feeder positivi di alimentazione linea di contatto;
- N° 2 feeder positivi a disposizione per emergenza e/o per ampliamenti futuri.

Nel complesso si ha un unico quadro composto da 14 scomparti prefabbricati da interno così composto:

- N° 3 raddrizzatori dodecafase (N° 6 scomparti totali);
- N° 3 scomparti sezionatore bipolare di gruppo, misura cc e ritorno negativi;
- N° 1 scomparto con dispositivo limitatore di tensione del negativo;
- N° 4 scomparti alimentatore di linea.

2.6 DESCRIZIONE SEZIONE BASSA TENSIONE SERVIZI AUSILIARI

La sezione di bassa tensione dei servizi ausiliari è realizzata in maniera da garantire la alimentazione ausiliaria alle varie apparecchiature delle due SSE.

A tale scopo è stata prevista una alimentazione normale derivata da un trasformatore 15/0,4 kV, come precedentemente descritto, ad un quadro (QGSA) comprendente la distribuzione dei servizi ausiliari e suddiviso nelle seguenti sezioni:

Scomparto distribuzione per alimentazione servizi 400/230 Vca tra cui:

- Caricabatteria servizi 110 Vcc e 24 Vcc;
- UtENZE Condizionamento Sottostazione;
- UtENZE Segnalamento e Telecomando;
- Illuminazione e servizi Forza Motrice Sottostazione.

Scomparto distribuzione per alimentazione servizi 110 Vcc tra cui:

- Ausiliari 110 Vcc quadri MT e CC;
- Illuminazione di emergenza sottostazione;
- PLC e servizi di continuità Telecomando.

Scomparto distribuzione per alimentazione servizi 24 Vcc tra cui:

- Quadro Sinottico Sottostazione;
- Ausiliari per la logica delle protezioni generali di sottostazione;
- Ausiliari quadro QGSA.

Il caricabatterie, è costituito essenzialmente dalle seguenti parti:

- Raddrizzatore destinato, in servizio normale, alla carica automatica di una batteria ed alla contemporanea alimentazione dei circuiti in corrente continua tramite i convertitori statici cc/cc;
- n° 2 convertitori statici alimentati dal gruppo di conversione e trasformazione in grado di stabilizzare la tensione sui carichi a $110 Vcc \pm 2\%$;
- Convertitore statico con uscita 24V;

- Scomparto batterie ermetiche al piombo-gel in armadio metallico comprendente un interruttore tripolare che svolge la funzione di sezionamento, parzializzazione della tensione, e di blocco in caso di arresto da Pulsante Arresto Generale.

3 SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO SOTTOSTAZIONE

In ciascuna sottostazione è necessario un sistema di smaltimento dell'energia termica dissipata dalle apparecchiature al fine di contenere la temperatura ambiente entro i limiti accettabili. Le apparecchiature e macchine elettriche principali, in accordo con le specifiche di progetto accettano la temperatura ambiente fino a 40°C. Alcune apparecchiature risentono particolarmente della temperatura elevata e per altre, tra cui gli accumulatori al piombo, la durata si riduce sensibilmente.

E' consigliabile perciò mantenere la temperatura ambiente entro i 30°C, in modo che all'interno dei quadri, a fronte di una sovratemperatura ipotizzabile di 10°C, non si oltrepassino i 40°C.

3.1 BILANCIO ENERGETICO TERMICO

L'energia da dissipare all'interno delle sottostazioni è dovuta principalmente alle seguenti apparecchiature:

- Trasformatori MT / BT per gruppi di alimentazione veicoli in linea;
- Trasformatori MT / BT per servizi ausiliari sottostazione;
- Raddrizzatori, filtri RC e trasformatore interfascio.

Si considera come riferimento la Sottostazione SSE_3 dove è previsto il contemporaneo funzionamento dei due gruppi raddrizzatori. Il sistema di raffrescamento, del tipo a ventilazione forzata tramite aria esterna, è gestito da un apposito PLC, munito di idonei moduli di interfaccia, per il riporto degli stati e degli allarmi al sistema di supervisione Telecomando.

4 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE (SSE_3 e SSE_4)

E' possibile comandare le apparecchiature da telecomando o dal quadro sinottico a mosaico effettuando la scelta tramite un unico commutatore Mosaico - Telecomando installato nella "sezione servizi ausiliari".

In posizione di "Telecomando" le segnalazioni luminose previste in SSE e la centralina di allarme sono comunque attive, mentre risulta esclusa la suoneria.

Gli interruttori extrarapidi possono essere comandati anche localmente, presso i vari scomparti, solo per effettuarne "prove in bianco". Su ogni scomparto alimentatore è montato un commutatore che lo esclude dal comando a distanza (mosaico o telecomando) mantenendo invariato il tipo di funzionamento degli altri; questo permette di effettuare manovre di manutenzione sulle singole apparecchiature mantenendo la SSE in servizio.

I sezionatori bipolari di gruppo sono proposti in versione **motorizzata** al fine di sezionare automaticamente un gruppo e tramite il telecomando continuare l'esercizio con il secondo gruppo.

Un interblocco elettrico impedisce la chiusura del corrispondente interruttore di alimentazione MT se il sezionatore bipolare è aperto. Infatti, la posizione dei sezionatori bipolari sarà sempre in "chiuso".

La chiusura del sezionatore bipolare è permessa solo dal mosaico. In condizioni di emergenza (guasto al motore) la manovra potrà essere effettuata manualmente sul sezionatore.

E' prevista una morsettiera di interfaccia con il telecontrollo: su tale morsettiera sono disponibili tutti i segnali di stato, i telecomandi e le telemisure (specificati in seguito).

I segnali di stato sono costituiti da contatti liberi da tensione, i telecomandi sono eseguiti attraverso contatti impulsivi, mentre le grandezze analogiche sono rese tramite opportuni convertitori di misura.

La gestione della richiusura di ogni linea in corrente continua (ogni qualvolta si apra per guasto) e la logica del prova linea è gestita e controllata dalla logica stessa presente sullo scomparto interruttore di linea, quindi non necessita di alcun controllo ulteriore.

Per quanto riguarda la richiesta di inserimento e disinserimento della richiusura automatica degli interruttori in c.c. e la sua segnalazione di esclusione è stata realizzata una logica che, tramite un predispositore comune a tutta la SSE, installato sul quadro Sinottico, esclude o include la logica di autorichiusura prevista per gli alimentatori di linea.

La centralina di allarme sul quadro Sinottico realizza la sequenza per cui, in caso di guasto, la spia luminosa lampeggia e la suoneria entra in funzione; acquisito, tramite l'apposito pulsante, il guasto, la suoneria si tacita e se la causa persiste, la spia passa in luce fissa mentre, al contrario, si spegne.

Al presentarsi di un qualsiasi allarme sarà inviato un segnale al telecomando e sarà azionato in SSE un opportuno segnalatore acustico (escluso con la SSE gestita da telecomando).

Presso l'ingresso principale delle due Sottostazioni SSE_3 e SSE_4. è installato un "pulsante di apertura generale" (P.A.G.) che, in caso di grave pericolo, come ad esempio un incendio, e se attivato localmente da un Operatore, esclude tutte le tensioni superiori a 24 V. Si deve però tenere conto che il 15 kV erogato dall'Ente Distributore rimane presente fino al sezionamento sullo scomparto "arrivo Ente Distributore".

E' stata progettata, inoltre, una logica di blocco generale che mette fuori servizio la SSE nei casi indicati in seguito nel capitolo delle protezioni.

La sicurezza del personale e delle manovre è realizzata, principalmente, da opportuni blocchi a chiave posti sui rispettivi scomparti.

Per quanto riguarda i principi di funzionamento e di comando delle varie apparecchiature sono stati seguiti i principali criteri di progettazione di seguito descritti.

In generale tutti gli interruttori di media tensione possono essere aperti, oltre che dal comando di apertura, anche da una causa esterna che ne determina il blocco o solo l'apertura, in particolare:

Interruttore arrivo Ente Distributore

Blocco ⇒ intervento P.A.G. e sue protezioni 50/51 e 50N/51N.

Interruttore MT alimentante il trasformatore di gruppo (alimentazione veicoli in linea)

Apertura ⇒ intervento del relè 32 del gruppo alimentato dall'altro interruttore di gruppo;

Blocco ⇒ intervento protezioni 50/51/50N/51N, intervento protezioni raddrizzatori, intervento protezione termica del trasformatore di gruppo, intervento protezioni di guasto a terra della sezione di conversione e intervento del relè 32 del gruppo alimentato dall'interruttore stesso.

Interruttore di manovra-sezionatore trasformatore S.A. conforme a Norma CEI 016

Apertura ⇒ scatto fusibili, protezione termica del trasformatore SA ed intervento protezione 51N.

E' previsto che l'intervento delle protezioni di guasto a terra in corrente continua realizzi l'identificazione di dove è avvenuto il guasto riducendo così al minimo il disservizio.

Gli interruttori extrarapidi sono provvisti del circuito di "prova linea" che analizza le condizioni di isolamento della linea di contatto, dopodiché se l'esito della prova è positivo permette la chiusura dell'interruttore Viceversa, dopo tre tentativi, ne impedisce la chiusura e lo blocca in aperto.

E' prevista una logica di autorichiusura in caso di apertura automatica dell'interruttore extrarapido. La logica comanda automaticamente la chiusura dell'interruttore dopo un tempo impostato e aver verificato automaticamente l'integrità della linea (prova linea). Tramite un comando esterno è possibile escludere tale logica.

L'intervento della logica della protezione di guasto a terra, disattiva il circuito di autorichiusura che entra in funzione invece, quando interviene lo sganciatore diretto dell'interruttore e il relè di/dt.

Il relè di/dt, come risulta nel paragrafo coordinamento delle protezioni elettriche, ha anche funzione di dispositivo di autodiagnostica dell'interruttore stesso.

In accordo alle Norme Europee, come descritto precedentemente, il negativo di linea è isolato da terra e messo a terra in SSE tramite un chiuditore di terra pilotato da due relè di tensione (45 e 59) che chiuderanno se la tensione in alternata e/o continua supera i valori massimi ammessi dalla norma (è previsto in serie al chiuditore di terra un relè di corrente ad inserzione diretta (76) che se eccitato manterrà chiuso a terra il chiuditore).

Il contattore è in esecuzione con i poli normalmente chiusi a bobina diseccitata (condizione di sicurezza).

In funzionamento normale quindi la bobina sarà sempre eccitata.

Le filosofie di funzionamento del chiuditore di terra sono illustrate nel paragrafo 5.8.

5 CARATTERISTICHE E COORDINAMENTO DELLE PROTEZIONI

Le due Sottostazioni sono equipaggiate con protezioni elettriche che permettono il rilevamento e quindi l'eliminazione del guasto tempestivamente al suo manifestarsi e l'individuazione e la circoscrizione della zona in cui esso si è manifestato, in maniera da ridurre al minimo i disservizi.

In questo capitolo si descrivono le protezioni previste, mettendo in rilievo quali sono le possibili cause che determinano il loro intervento e soprattutto la metodologia utilizzata per realizzarne la selettività.

5.1 SEZIONE DI MEDIA TENSIONE

5.1.1 Scomparto arrivo ente distributore 15 kv

Lo scomparto in oggetto è equipaggiato con il SPG (Sistema di Protezione Generale), composto dall'insieme dei relè di protezione associati all'interruttore generale PG (Protezione Generale) che riceve i segnali dai TA e dai TV.

Complessivamente la protezione contro le sovracorrenti sulle fasi, espletata dal PG, si articola su tre soglie di intervento di seguito descritte:

- $I(>)$ (51) : soglia a tempo dipendente;
- $I(>>)$ (51) : soglia a tempo indipendente ;
- $I(>>>)$ (50) : soglia istantanea.

La $I(>>)$ e la $I(>>>)$ del relè di massima corrente sono viste essenzialmente come protezione di rincalzo alla protezione a valle $I(>>)$ e $I(>>>)$ prevista sugli interruttori alimentanti il trasformatore di gruppo.

La selettività è realizzata sia tramite differente temporizzazione per $I(>>>)$ e $I(>>)$ (selettività amperometrica) e sia attraverso la selettività logica secondo i tre casi previste dalla Norma CEI 016 III edizione 2012.

La protezione di terra (massima corrente omopolare), secondo la CEI 0-16 III edizione 2012, deve essere a due soglie: 51N e 50N, in base al valore della corrente di guasto monofase a terra e del relativo tempo d'intervento delle protezioni comunicati dal Distributore.

5.1.2 Scomparto alimentazione trasformatore di gruppo

Lo scomparto in oggetto è equipaggiato con un relè di protezione multifunzione di massima corrente.

Complessivamente sono previste le seguenti funzioni:

- $I(>>)$ (50) soglia istantanea;
- $I(>)$ (51) soglia a tempo indipendente con ritardo intenzionale;
- $I_0(>)$ (51N).

La soglia $I(>>)$ è utilizzata per proteggere, contro corto circuiti, la zona di impianto compresa tra l'interruttore di gruppo e il primario del trasformatore in maniera coordinata con le analoghe protezioni inserite sull'arrivo Ente Distributore.

La soglia $I(>)$ e' utilizzata invece per proteggere, contro corto circuiti, la zona di impianto compresa tra l'avvolgimento secondario lato BT fino alle sbarre omnibus del quadro in corrente continua.

5.1.3 Scomparto alimentazione trasformatore servizi ausiliari

In conformità alla Norma CEI 016 III edizione 2012, per il trasformatore SA. delle SSE, la protezione dalle sovracorrenti è realizzata mediante fusibili, mentre per guasti monofase a terra si utilizza il relè 51N (massima corrente omopolare).

5.2 SEZIONE DI TRASFORMAZIONE

5.2.1 Trasformatori di gruppo

La centralina di controllo che, esplica la protezione termica (26), riceve il segnale dalle termosonde (PT100) inserite nel punto più caldo degli avvolgimenti del trasformatore e nel nucleo.

La protezione è dotata di due soglie di intervento.

Il primo gradino è utilizzato per inviare una segnalazione di allarme in SSE e a telecomando; il secondo gradino, che indica il superamento della temperatura limite per il funzionamento del

trasformatore, è invece utilizzato per comandare l'apertura dell'interruttore di gruppo bloccandolo in aperto.

5.2.2 Trasformatore dei servizi ausiliari

Le modalità di inserzione e la filosofia di funzionamento è la stessa di quella descritta per il trasformatore di gruppo.

Il primo gradino della protezione termica (26) riceve il segnale dalle termosonde (PT100) inserite nel punto più caldo degli avvolgimenti del trasformatore e nel nucleo ed è utilizzato per inviare una segnalazione di allarme in SSE e a telecomando; il secondo gradino, che indica il superamento della temperatura limite per il funzionamento del trasformatore, è invece utilizzato per comandare l'apertura l'interruttore di manovra – sezionatore.

5.3 SEZIONE IN CORRENTE CONTINUA

5.3.1 Sezione conversione alternata – continua

Il quadro in corrente continua destinato ad alimentare la linea di contatto è costituito essenzialmente dalle seguenti sezioni:

- Sezione di conversione alternata – continua;
- Sezione di alimentazione della linea di contatto.

La sezione di conversione alternata-continua, costituita da gruppi raddrizzatore a reazione dodecafase parallelo, è composta dai seguenti scomparti:

- N° 2 gruppi raddrizzatore dodecafase per SSE_3;
- N° 3 gruppi raddrizzatori dodecafase, di cui uno di riserva e uno per ampliamenti futuri, per SSE_4 ;
- N° 2 scomparti sezionatore bipolare di gruppo, misura cc e ritorno negativi per SSE_3;
- N° 3 scomparti sezionatore bipolare di gruppo, misura cc e ritorno negativi per SSE_4;
- N° 1 scomparto dispositivo limitatore di tensione del negativo per SSE_3 e per SSE_4.

La sezione alimentazione della linea di contatto è composta elettricamente da:

- N° 4 alimentatori per la SSE_3, dei quali N°2 per il filo conduttore + feeder in direzione SSE_1 (Mercalli), N°2 per il filo conduttore + feeder in direzione SSE_4 e N° 2 alimentatori per un futuro ampliamento;
- N° 2 alimentatori per la SSE_4: per il filo conduttore + feeder in direzione SSE_3 e N° 2 alimentatori per un futuro ampliamento;
- N° 4 sezionatori a corna montati sulla parete della SSE_3;
- N° 2 sezionatori a corna montati sulla parete della SSE_4.

5.3.2 Gruppo raddrizzatore alimentante la linea di contatto

Il raddrizzatore è costituito da due scomparti modulari in carpenteria metallica (denominati RZA e RZB identici tra loro) collegati a doppio ponte di Graetz trifase con diodi al silicio a disco, collegati in parallelo con interposizione di un trasformatore interfase, (atto a ridurre la circolazione di correnti nei circuiti secondari del trasformatore in accordo alle norme EN 50329:4.1 e EN 50327 allegato C e posizionato nel pannello negativi).

Lo stato di ciascun fusibile deve essere inviato ad una centralina di allarme ed essere singolarmente segnalato tramite display.

Allo stesso modo dovrà essere monitorata la temperatura dei dissipatori mettendo un elemento termosensibile (termosonda PT100) nel punto più caldo del dissipatore stesso e tarato in modo da generare un allarme quando la temperatura presunta della giunzione raggiunge il 70% di quella massima ammessa dal costruttore. Questa temperatura non dovrà essere mai raggiunta in condizioni normali neppure con i sovraccarichi richiesti.

I raddrizzatori dovranno essere isolati verso terra in tutti i loro componenti.

I raddrizzatori dovranno essere equipaggiati con, almeno, i seguenti accessori:

- piastre di attacco lato c.a. e lato c.c.;
- filtri antidisturbo;
- amperometro e voltmetro con relativo shunt e trasduttori;
- resistenza di caduta per eliminare l'effetto "capacità" del raddrizzatore;
- centralina per il monitoraggio e la diagnostica dei principali parametri termici ed elettrici;
- segnalazione di ogni diodo guasto e apertura interruttore automatico MT al secondo diodo guasto dello stesso ramo, con la necessità di ripristino manuale una volta avvenuta la sostituzione del diodo in avaria;
- termostato con contatti di allarme e scatto per il controllo della temperatura dei dissipatori;
- scaldiglia termostata.

5.3.3 Protezione contro le sovratensioni

Per la protezione dei raddrizzatori contro le sovratensioni di origine interna e di origine esterna al raddrizzatore è utilizzato il circuito di smorzamento per le sovratensioni lato c.c.

Il III circuito di smorzamento è sdoppiato per motivi di sicurezza, in quanto - in caso contrario - l'intervento del fusibile di protezione priverebbe il raddrizzatore di qualsiasi protezione da sovratensioni, causando l'immediato guasto di uno o più diodi.

Ognuno dei due gruppi RC è infatti protetto da opportuno fusibile avente lo scopo principale di evitare l'esplosione del condensatore in caso di avaria dello stesso e di permettere parallelamente il funzionamento ridondante del secondo gruppo RC.

L'intervento anche di un solo fusibile fa aprire l'interruttore di gruppo bloccandolo in aperto.

In parallelo ai due gruppi RC è posta una resistenza avente lo scopo di autoscarica dei condensatori, ai fini antinfortunistici.

5.3.4 Protezione termica

La protezione termica (26) del raddrizzatore è gestita dalla centralina per il controllo della temperatura dei dissipatori dei diodi, tramite sonde termiche PT100.

La protezione è dotata di due soglie di intervento, il primo gradino che è utilizzato per mandare una segnalazione di allarme in SSE e a telecomando; il secondo gradino, che indica il superamento della temperatura limite per il funzionamento del raddrizzatore, è invece utilizzato per comandare l'apertura dell'interruttore di gruppo bloccandolo in aperto.

Il collegamento tra il dissipatore e la centralina è realizzato tramite termosonda.

- Potere di interruzione (valore di regime) ≥ 80 kA;
- Tensione d'arco ≤ 2.5 kV.

La sequenza di operazioni nominale è 0-3min-CO-3min-CO. Con questa sequenza l'interruttore è in grado di interrompere il suo potere di interruzione indicato nei dati elettrici.

5.5.1 Sezionatore di messa a terra – linea

Ogni cella contenente l'interruttore extrarapido è dotata di sezionatore di messa a terra della linea in uscita, del tipo motorizzato, manovrabile in apertura ed in chiusura a vuoto, conforme alle Norme EN 50123-3 ed avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Tensione nominale 1.000 Vcc;
- Corrente nominale 2.000 A.

Corrente nominale massima ammissibile I_{cw} e corrente di picco I_p corrispondenti alle situazioni più gravose in situazione di guasto lato corrente continua.

Interblocchi: non è possibile chiudere l'extrarapido con il sezionatore bipolare aperto.

Il sezionatore di terra è dotato di blocchi a chiave che lo bloccheranno nelle posizioni di chiuso e aperto

5.5.2 Scaricatori

All'ingresso dei cavi alimentatori, per ogni cella, lato linea di contatto, è montato uno scaricatore di sovratensione, per la protezione da sovratensioni d'origine atmosferica dalla linea di contatto e da sovratensioni di manovra, collegato tra il positivo e l'impianto di messa a terra, avente le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale kVcc; manca il numero
- Corrente di scarica nominale 10 kA.

5.5.3 Sistema di asservimento ASDE.

Il sistema di asservimento (denominato ASDE: asservimento a diseccitazione), necessario nel caso di linea alimentata bilateralmente, prevede il collegamento e la comunicazione degli interruttori extrarapidi preposti all'alimentazione e protezione della linea, mediante l'utilizzazione di un circuito di relazione, costituito da una coppia telefonica normalmente percorsa da una corrente continua.

Poiché, infatti, un guasto distante può essere fonte di una corrente di valore inferiore a quella di taratura delle protezioni, è fondamentale l'assistenza della Sottostazione più vicina al guasto, in grado perciò di rilevarlo. L'apertura dell'interruttore extrarapido della Sottostazione è, così, comunicato alla Sottostazione più lontana, alimentante la medesima linea, consentendo l'apertura dell'interruttore extrarapido competente.

Il sistema deve prevedere la possibilità di abbassare il livello normale di taratura degli interruttori extrarapidi per adeguarlo al minor livello di protezione, in caso di fuori esercizio dell'asservimento o quando sia instaurato il collegamento di prolungamento tratta (parziale e temporaneo fuori servizio di una SSE). In quest'ultimo caso è necessario che siano attive le protezioni di asservimento: se ad esempio è fuori servizio una SSE, il prolungamento è realizzato tramite la chiusura di uno e/o più sezionatori unipolari a corna sottocarico motorizzati su palo, all'esterno della SSE e gli interruttori attivi ai fini della protezione diventano quelli delle SSE limitrofe; comandati ad aprirsi al superamento della soglia più bassa corrispondente ad un guasto a metà tratta.

L'apertura degli interruttori extrarapidi deve essere determinata anche da un sovraccarico temporaneo o da un guasto delle apparecchiature del sistema ASDE. In tali casi l'apertura viene seguita dalla richiusura automatica degli interruttori, previa prova linea, con la predisposizione a taratura alta nel primo caso e a taratura bassa nel secondo.

La doppia taratura deve essere realizzata attraverso modalità che dipendono dal tipo di interruttore extrarapido installato. Per esempio inserendo in serie alla bobina di ritenuta una resistenza addizionale che è shuntata automaticamente ad asservimento in servizio (taratura alta) e inserita ad asservimento fuori servizio (taratura bassa).

Deve essere, inoltre, previsto il sistema di asservimento con la SSE_1 esistente, che alimenta, attualmente, a sbalzo la tratta tranviaria Mercalli – Repubblica.

5.6 RELE' DI PROTEZIONE E DIAGNOSTICA

Si prevede di diagnosticare l'interruttore extrarapido tramite relè a microprocessore multifunzione, che garantisce sia le funzioni di protezione e controllo e sia la diagnostica degli interruttori extrarapidi. Tale apparecchiatura (tramite l'eccitazione di relè al suo interno) informerà l'Operatore del momento in cui si deve effettuare la manutenzione.

Il relè dovrà integrare un display grafico, corredato di registrazione oscillografica, e fornire, contemporaneamente, funzioni di controllo e visualizzazione dello stato dell'alimentatore.

Le seguenti informazioni ed operazioni dovranno essere visibili ed effettuabili dal fronte del dispositivo stesso:

- rappresentazione grafica su display dello stato dell'interruttore extrarapido, dei valori di corrente di linea, di tensione di sbarra e di ingresso linea (cavo);
- misure di energia, potenza, potenza inversa (w, wh);
- pannello integrato con indicazione degli allarmi personalizzabile a led;
- pulsanti di comando (ON/OFF) delle apparecchiature della cella;
- selettore a chiave estraibile con posizione locale/remoto.

L'analisi dei dati e la taratura dei parametri deve poter essere effettuata sia in locale direttamente sul dispositivo e sia tramite PC portatile (notebook), collegato con l'interfaccia seriale di cui il Dispositivo/Relè sarà corredato.

In particolare l'analisi riguarderà i dati, gli eventi ed i grafici (registrati a seguito di guasti in linea o di manovre).

La registrazione degli eventi dovrà essere attivata esclusivamente da interventi veloci di protezione quali di/dt e $I >>$. Il collegamento con il notebook consentirà di acquisire tutti i dati immagazzinati nel dispositivo, al fine di effettuare ulteriori valutazioni o stampe.

Il relè dovrà comprendere sia funzioni di protezione sia di controllo, supportate da un unico pacchetto software modulare.

Dovranno essere disponibili informazioni di supporto alla manutenzione (diagnostica) derivate dai dati di funzionamento delle apparecchiature, quali tempi di intervento dell'extrarapido, numero di manovre di apertura nelle diverse condizioni di carico, numero delle aperture per corto circuito, etc. .

Al raggiungimento di valori soglia o con riferimento ad algoritmi dei costruttori delle apparecchiature (es. extrarapidi) sarà generato un avviso di "necessità intervento per manutenzione".

Dovrà – inoltre - comprendere un numero congruo di contatori di eventi, quindi quelli riguardanti le funzioni di protezione ($I>$, $I>>$, di/dt remota, di/dt vicina e Immagine termica) e quelli utilizzati per la valutazione delle attività di manutenzione necessarie all'extrarapido (tempi di funzionamento, numero totale di aperture, aperture sotto carico).

Il relè deve essere dotato di apposito interfaccia di comunicazione seriale per il collegamento al sistema di controllo di Sottostazione (Scada).

Il dispositivo dovrà consentire la realizzazione di interblocchi tra le apparecchiature di cella (sezionatori, extrarapido, by-pass) e prevedere la funzione/logiche di "prova linea".

Le funzioni di Protezioni e Controllo, minime richieste, sono le seguenti:

- Protezione massima corrente ($I>$) – I° soglia;
- Protezione massima corrente tempo indipendente ($I>>$) – II° soglia;
- Protezione di massimo gradiente di corrente di/dt , $\Delta I/\Delta T$;
- Protezione massima corrente - sovraccarico cavi – immagine termica I_{th} ;
- Protezione gruppo – corrente direzionale;
- Supervisione cavi (guasti di isolamento) per 2 sistemi di cavi;
- Supervisione tensione di linea;
- Supervisione tensione di sbarra;
- Logiche di Prova linea;
- Comando apparecchiature cella da locale o input da remoto;
- Registratore cronologico eventi;
- Alimentazione ausiliaria: 110Vcc.

Ogni interruttore extrarapido è dotato di relè di protezione diagnostica.

La funzione della protezione di massimo gradiente di corrente di/dt , $\Delta I/\Delta t$ è quella di rilevare quei cortocircuiti che si producono in linea ad una certa distanza dalla SSE di alimentazione o che presentano resistenze di guasto elevate e che in ogni caso provocano una circolazione di corrente inferiore al valore di taratura dell'interruttore extrarapido.

La protezione è quindi realizzata in modo da permettere di distinguere le correnti di guasto da quelle dovute ad avviamenti successivi o simultanei di veicoli che possono trovarsi in prossimità della SSE.

L'intervento della protezione, naturalmente, comanda l'apertura dell'interruttore extrarapido e quindi l'azionamento del dispositivo di "prova linea".

Oltre a questo la protezione fornisce anche la funzione:

- diagnostica interruttore extrarapido.

La diagnostica, è una "protezione intrinseca per il sistema". Questa funzione è di fondamentale importanza in quanto consente un notevole risparmio all'Esercente.

Infatti, grazie ad essa, si è in grado di valutare lo "stato di consumo" dell'interruttore extrarapido senza dover porre fuori servizio l'alimentatore interessato.

Utilizzando la diagnostica, inoltre, è statisticamente molto remoto il caso in cui più interruttori necessitino di manutenzione allo stesso tempo (che potrebbe comportare una situazione di fermo impianto).

L'apparecchiatura deve essere fornita di autodiagnosi che, tramite relè di uscita, ne segnala il disservizio; l'intervento di tale relè fa aprire il rispettivo interruttore extrarapido di linea.

5.7 SEZIONATORE BIPOLARE DI GRUPPO

Il sezionatore proposto è del tipo motorizzato, installato all'interno degli scomparti sezionatore bipolare di gruppo, misura cc e ritorno negativi, ed è impiegato nelle SSE al fine di sezionare automaticamente un gruppo (guasto al raddrizzatore intervento relè 32) e tramite il telecomando continuare l'esercizio con il secondo gruppo.

La manovra potrà essere effettuata oltre che con il comando a motore tramite una manovra di emergenza manuale innestabile in qualsiasi punto della manovra. **(non è chiaro)**

- Tensione nominale 750 Vcc;
- Tensione massima permanente 900 Vcc;
- Corrente nominale ≥ 3 kA.

5.8 CHIUDITORE DI TERRA

Come precedentemente descritto in caso che il negativo sia tenuto isolato da terra (precauzione per limitare le correnti vaganti), deve essere previsto un sistema che lo ponga a terra in caso che le tensioni tra negativo e terra superino determinati valori ritenuti pericolosi.

Deve essere installata, pertanto, una protezione da sovratensione con contattore di corto circuito in grado di stabilire un collegamento di potenza tra il circuito TE (negativo) e l'impianto di terra della SSE, relativo all'impianto di conversione: l'apparecchiatura svolge la funzione di limitazione della tensione.

Se la tensione misurata supera i valori della tensione di contatto specificati dalle norme EN 50122-1, entrambi i circuiti sono collegati in corto circuito.

L'intervento di corto circuito dovrà essere realizzato da un dispositivo elettronico veloce e da un contattore in parallelo; le logiche saranno demandate ad un dispositivo di controllo (PLC o equivalente).

Per la protezione da sovratensione è fondamentale il limitatore di tensione ibrido a tiristori. Questo dispositivo assicura brevi tempi di reazione e permette di tornare al normale funzionamento per correnti fino a 100 kA (4/10 μ s). Il dispositivo, pertanto, non provoca un corto circuito permanente come una convenzionale valvola di tensione.

Un contattore, in parallelo al limitatore di tensione, aumenta la portata della corrente consentendo di sopportare periodi di guasto più lunghi. Per garantire una sicurezza intrinseca si utilizza un contattore, chiuso in assenza di tensione ausiliaria, così da garantire il funzionamento in caso di mancanza della stessa.

Il valore soglia della tensione del modulo può essere stabilito tramite dei parametri entro campi di variazione differenti in corrente continua ed in corrente alternata, appena la tensione impostata viene superata, il contattore metterà in corto circuito i due potenziali.

Il monitoraggio della corrente e il controllo del contattore avviene grazie a un controllore a logica programmabile (PLC), il quale, insieme al monitoraggio della corrente, assicura che il contattore si chiuda e rimanga bloccato in posizione di chiuso. Inoltre, il sistema PLC monitora il funzionamento del tiristore ed invia un segnale nel caso in cui l'unità subisca un corto circuito permanente causato da una corrente di corto circuito estremamente alta.

Lo scaricatore di sovratensione a varistore, compreso nell'unità, è in grado di limitare in modo estremamente veloce i picchi di tensione nel giro di pochi nano secondi. Durante il tempo di attivazione del tiristore ed il successivo intervento del contattore la tensione di contatto non deve superare mai i livelli di sicurezza.

Il PLC fornisce un segnale che deve essere utilizzato per far scattare gli interruttori "extrarapidi" che alimentano le sezioni interessate.

La porta della cella o scomparto del chiuditore di terra deve essere interbloccata con la chiusura del dispositivo e l'operatore deve avere il controllo visivo della chiusura del chiuditore.

In caso di mancanza della tensione ausiliaria, il contattore si chiude (chiuso in assenza di tensione ausiliaria). Ciò garantisce la sicurezza del personale. Inoltre, il tiristore continua a funzionare in parallelo al contattore, dato che questa unità non necessita un'alimentazione ausiliaria.

In funzionamento normale quindi la bobina sarà sempre eccitata.

Sono previsti 3 relè di protezione:

- Relè di massima tensione c.c. (45);
- Relè di massima tensione c.a. (59);
- Relè di massima corrente (76).

5.8.1 Principio di funzionamento

Il funzionamento elettrico è il seguente:

In caso di intervento del relè di massima tensione c.a. (59)!, il PLC comanda l'innesco del tiristore, il contattore se in posizione di aperto, sarà chiuso automaticamente e resterà permanentemente chiuso (lo sblocco avverrà sul posto).

In caso di intervento del relè di massima tensione c.c. (45), il PLC comanda l'innesco del tiristore, il contattore se in posizione di aperto, sarà chiuso automaticamente e resterà in questa posizione per circa 10 secondi dopodiché automaticamente si riaprirà, richiudendosi se nuovamente i relè che pilotano la sua chiusura rilevano tensioni pericolose.

In caso di intervento del relè di corrente ad inserzione diretta 76, il PLC comanda l'innesco del tiristore, gli interruttori extrarapidi saranno aperti automaticamente e il contattore dovrà rimanere chiuso bloccato in modo che la funzione "prova linea" identifichi il guasto (lo sblocco avverrà sul posto manualmente).

5.9 TRASDUTTORI DI MISURA PER CORRENTE E TENSIONE IN C.C.

All'interno del quadro in corrente continua sono previste misure di corrente e tensione in corrente continua. Il sistema che si utilizza per la trasmissione dei segnali agli apparecchi di misura è del tipo a fibra ottica.

5.10 RELE' DI MASSIMA TENSIONE C.C. (45) MASSIMA TENSIONE C.A. (59)

Tale apparecchiatura è prevista installata all'interno dello scomparto chiuditore di terra. La funzione di tali relé è quella di comandare la chiusura del chiuditore di terra se le tensioni in cc e in ca del negativo rispetto a terra assumono valori pericolosi.

Sono utilizzate due funzioni e più precisamente:

- massima tensione c.c. funzione 45;

- massima tensione monofase funzione 59.

La norma europea EN50122-1 al capitolo 7 " Protection against the danger of rail potential" punti 7.2.3 " Permanent conditions "a.c. traction system" e 7.3.3." Permanent conditions d.c. traction systems" fissa i limiti di tensione alternata e continua massimi:

- *Punto 7.2.3.*

The accessible voltages shall not exceed 60V(rms) except in workshops and similar locations where the limit shall be 25V (rms).

- *Punto 7.3.3.*

The accessible voltages shall not exceed 120V except in workshops and similar locations where the limit shall be 60V.

Tali valori risultano più alti rispetto a quanto era in uso in Italia, per cui si ritiene conveniente avere un campo di regolazione dei relè molto ampio in modo da poter coprire anche campi più conservativi.

Per determinare il campo di tensioni di misura in corrente continua, si deve applicare la norma europea EN50163 "RAILWAY APPLICATIONS SUPPLY VOLTAGES OF TRACTION SYSTEMS".

I relè impiegati saranno utilizzati per rilevare le tensione verso terra del negativo ed intervenire quando questa supera valori ritenuti pericolosi.

Tali relè garantiscono un alto grado di affidabilità e di precisione con regolazioni sicure e costanti.

5.11 PROTEZIONE CONTRO I GUASTI A TERRA (64)

Questa tipologia di guasto grazie alle caratteristiche delle apparecchiature proposte risulta estremamente rara.

Sezione in corrente continua destinata alla alimentazione dei veicoli in linea.

Funzionalmente nella sezione conversione alternata - continua gli scomparti raddrizzatori sono stati collegati elettricamente assieme allo scomparto sezionatore bipolare di gruppo in quanto qualsiasi dispersione a massa delle due tipologie di scomparti comporta il fuori servizio del gruppo.

L'involucro esterno dell'unità funzionale, isolato elettricamente rispetto agli altri scomparti e rispetto alla base di appoggio, è collegato a terra in un solo punto attraverso una barra passante in un trasduttore magnetico ad alta sensibilità che permette la rilevazione della corrente di guasto verso terra di lievi entità in c.c. a fronte di una portata continuativa di oltre 1000 A.

La sensibilità è del tipo bidirezionale in modo da sentire sia perdite sul positivo ma anche ritorni indebiti sul negativo.

L'intervento del relè di massa nella sezione conversione alternata - continua può essere per una causa a monte o a valle del sezionatore bipolare di gruppo, ragione per cui viene studiata una procedura per consentire la ripresa dell'esercizio in caso di guasto a monte e cioè tale da poter essere eliminato riprendendo l'esercizio.

L'intervento può avvenire in due fasi:

- 1° fase: si comanda l'apertura e il blocco dell'interruttore del gruppo interessato al guasto, l'apertura dell'altro interruttore di gruppo, degli interruttori extrarapidi e del sezionatore bipolare motorizzato del gruppo interessato al guasto;

- 2ª fase: una volta che da telecomando, o tramite automatismo, saranno richiusi gli interruttori extrarapidi e l'interruttore di gruppo non interessato al guasto, in caso che il relè si ecciti nuovamente vuol dire che il guasto è sulla parte comune a valle del sezionatore bipolare di gruppo e quindi tale da mettere fuori servizio la SSE (blocco generale).

5.12 SEZIONE ALIMENTAZIONE DELLA LINEA DI CONTATTO

Ogni scomparto alimentatore di linea è dotato delle seguenti protezioni:

5.12.1 Relè "prova linea"

Tale apparecchiatura ha il compito di verificare lo stato di isolamento della linea, cioè di stabilire se è possibile la chiusura dell'interruttore extrarapido senza alimentare cortocircuiti iniziali.

Occorre notare che l'apertura automatica dell'interruttore extrarapido, tramite la logica di autorichiusura mette in funzione il suo dispositivo "prova linea". In questo caso il "prova linea" ha il compito di stabilire se le cause che hanno provocato l'apertura dell'interruttore sono fenomeni transitori o permanenti.

A tale proposito sono previsti 3 test e nel caso che tutti siano negativi (linea "guasta") la logica del dispositivo manda in blocco l'interruttore. In caso contrario, al primo dei tre test che risulti positivo (linea "sana") la logica comanda la chiusura automatica dell'interruttore.

L'apparecchiatura è fornita di un relè di uscita che ne segnala il disservizio. L'intervento di tale relè non permette la chiusura del rispettivo interruttore di linea.

Il sistema di verifica dell'integrità della linea, ha come scopo di verificare lo stato della catenaria prima di comandare la chiusura dell'extrarapido per evitare i pericoli connessi alla alimentazione di una linea guasta.

La verifica dello stato della catenaria avviene per mezzo di un'iniezione di corrente in linea alla tensione di rete, con misura della resistenza di linea e confronto della stessa con un valore di resistenza di taratura R_T prefissato.

La misura è indipendente dal valore della tensione di rete (tensione delle sbarre omnibus in SSE).

Il complesso prova linea si compone essenzialmente di due parti:

Un dispositivo di iniezione di corrente e misura, collegato in parallelo all'interruttore extrarapido, composto da un contattore protetto da fusibili con segnalazione di integrità, un resistore di adeguata potenza e da un circuito di misura.

Un dispositivo di logica, che comanda il funzionamento del circuito di iniezione, elabora le informazioni trasmesse dal dispositivo di misura e si interfaccia con le altre apparecchiature di comando.

L'apparecchiatura deve essere provvista, almeno, dei seguenti relè di uscita aventi funzione di blocco, comando chiusura interruttore, comando modulo di misura, consenso/allarme.

Le principali caratteristiche sono le seguenti:

- Resistenza di riferimento $1 \div 5 \Omega$;
- Tempo di misura ≤ 200 ms;
- Numero di prove 3;
- Tempo di ritardo tra le prove ≤ 30 s.

5.13 SEZIONE DI BASSA TENSIONE SERVIZI AUSILIARI

La sezione "Bassa Tensione SA" nelle due SSE è formata dai seguenti scomparti.

- N° 1 scomparto distribuzione c.a.;
- N° 1 scomparto distribuzione c.c.;
- N° 1 scomparto pannello sinottico;
- N° 1 scomparto caricabatterie;
- N° 1 scomparto batterie.

5.13.1 Scomparti di distribuzione

Le protezioni di questa sezione sono costituite dagli interruttori magnetotermici previsti per realizzare la distribuzione delle alimentazioni BT 400/230 Vca, 110Vcc e 24 Vcc.

Oltre agli interruttori è presente un relè per il controllo dell'isolamento dei circuiti ausiliari a 110 Vcc.

Il suo intervento causa un allarme in SSE e a telecomando.

Localmente sulla protezione tramite una segnalazione a led sarà segnalata quale polarità è andata a terra.

5.13.2 Scomparto caricabatterie

Sul caricabatterie sono previste le seguenti protezioni e dispositivi:

- controllo dell'efficienza del caricabatterie in grado di segnalare i guasti ai circuiti interni dell'apparecchiatura stessa compresa la mancanza di tensione di alimentazione a 380 Vca.
- sistema di regolazione automatica della carica delle batterie in funzione della temperatura di batteria, in modo da impedire una considerevole riduzione della vita delle batterie di accumulatori.

La continuità di esercizio è garantita anche in caso di avaria di un convertitore statico in quanto ne è stato previsto un altro collegato in parallelo ad esso.

E' previsto che in caso di cortocircuito a valle dei convertitori statici sia garantito l'intervento degli interruttori di protezione che altrimenti non interverrebbero a causa del dispositivo di limitazione di corrente della apparecchiatura.

Un dispositivo che disinserisce le batterie quando il loro valore di V/elemento raggiunge 1,7 V. Questo per evitare la scarica completa delle batterie sconsigliata dai costruttori di batterie al piombo-gel.

5.13.3 Scomparto batterie

E' stato previsto un interruttore generale di batteria che oltre a realizzare la protezione realizza la parzializzazione dei monoblocchi in maniera tale che l'Operatore in caso di manutenzione non possa essere sottoposto ad una tensione superiore a quella prevista dalle Norme.

L'interruttore è provvisto di sganciatore di apertura predisposto per essere comandato dal P.A.G.

5.13.4 Pulsante apertura generale (p.a.g.)

Il pulsante di apertura generale è utilizzato in caso di pericolo (esempio incendio) per isolare la SSE da tensioni pericolose per gli operatori addetti allo spegnimento.

L'azionamento del P.A.G. farà aprire:

- l'interruttore arrivo Ente Distributore 52L di media tensione (le teste dei cavi di arrivo Ente Distributore rimarranno però in tensione);
- tutti gli interruttori extrarapidi;
- l'interruttore di batteria a 110 Vcc;

L'intervento del pulsante è segnalato al telecontrollo.

5.14 LOGICA BLOCCO GENERALE SSE

In caso di intervento (2^a fase) delle protezioni 64 montate sulla sezione corrente continua destinata alla alimentazione dei veicoli in linea, questa logica interviene per realizzare il blocco generale della SSE, facendo aprire l'interruttore di gruppo e gli alimentatori dedicati alla alimentazione dei veicoli in linea.

L'intervento di tale logica è segnalata localmente in SSE al telecontrollo.

6 MISURE PREVISTE IN SOTTOSTAZIONE

Per consentire di avere centralizzate tutte le misure previste in SSE, queste devono essere riportate sul quadro sinottico delle due SSE.

Localmente (cioè sugli scomparti) sono previste le misure di corrente continua in uscita da ogni feeder.

Inoltre, sono state previste misure sugli scomparti di distribuzione e batterie.

Sullo scomparto di distribuzione sono previste le misure della tensione c.a., quelle di tensione 110 Vcc e 24 Vcc.

Sullo scomparto batterie sono visualizzate le misure di corrente e tensione di batteria.

Sul sinottico sono riportate le seguenti misure:

- Tensione 15 kV in corrispondenza delle sbarre M.T.;
- Tensione 750 Vcc sezione dedicata all'alimentazione dei veicoli in linea;
- Corrente generale sbarre MT;
- Corrente MT alimentazione trafo gruppo 1-2;
- Corrente sbarre BT servizi ausiliari;
- Tensione sbarre BT servizi ausiliari;
- Tensione servizi ausiliari 110Vcc;
- Tensione servizi ausiliari 24Vcc;
- Corrente erogata raddrizzatore gruppo 1;
- Corrente erogata raddrizzatore gruppo 2;
- Corrente interruttore extrarapido feeder (per ogni extrarapido).

7 TELECOMANDO

Il software applicativo del Posto centrale, deve permettere di gestire in remoto, in comunicazione con il Posto Periferico presente nella SSE, la supervisione delle funzionalità dell'impianto stesso e la registrazione di tutte le grandezze e gli eventi significativi.

Il sistema SCADA realizzerà le seguenti principali funzioni:

- Telecomando;
- Telecontrollo;
- Telemisure;
- Diagnostica apparecchiature;
- Committente dell'interfaccia di supervisione.

Inoltre, il sistema realizza alcune funzioni ausiliarie come la registrazione cronologica eventi e la stampa di tabulati statistici.

I controlli effettuati sono memorizzati nel data base del sistema e gestiti alla stessa stregua dei controlli normali, sia per la rappresentazione grafica sul video, sia per la presentazione, acquisizione, ecc. degli allarmi associati.

Per le operazioni di comando richieste all'operatore giornalmente si possono prevedere sequenze prestabilite di comandi con opportune temporizzazioni; ciascuna sequenza può essere attivata digitando un unico comando indirizzato ad un ente fittizio; quest'ultimo rappresenta ai fini operativi un insieme di enti uguali o con funzioni di comando analoghe.

Per alcuni comandi, per esempio quelli relativi alla chiusura delle apparecchiature di SSE, il sistema verifica che i comandi stessi siano inviati rispettando le procedure e l'ordine prefissato.

I comandi non rispondenti a tali criteri sono rifiutati e di ciò verrà informato l'operatore in modo esplicito.

Il monitor grafico è utilizzato:

- per la rappresentazione generale dello stato della rete di distribuzione dell'energia di trazione e dello stato degli impianti tecnologici ausiliari di sottostazione raggruppati per categorie
- per la rappresentazione di dettaglio di ogni impianto.
- la lista degli allarmi
- l'eco alle pulsate effettuate dall'operatore
- l'impostazione dei comandi.

7.1 TELECOMANDI, TELESEGNALAZIONI E TELEMISURE

Le prestazioni delle nuove Sottostazioni SSE devono essere realizzate in linea con quelle preesistenti nella Sottostazione SSE_1 (Mercalli), garantendo la perfetta compatibilità rispetto alla linea di contatto ed alle ulteriori funzioni e servizi.

7.1.1 Architettura del sistema

Il complesso degli impianti delle sottostazioni dovrà essere gestito da un sistema di telecomando e telecontrollo.

Al sistema di telecomando e telecontrollo sopracitato dovranno fare capo le informazioni (allarmi, misure, segnalazioni) inviate dalle unità remote delle sottostazioni.

Il sistema di telecomando e telecontrollo offerto deve inoltre essere in grado di inviare comandi alle unità periferiche delle sottostazioni allo scopo di intervenire per emergenza o per routine sulle apparecchiature di sezionamento e protezione.

L'impianto offerto deve risultare articolato nei seguenti componenti e sottosistemi:

- unità centrale del sistema di telecomando e telecontrollo delle sottostazioni e del relativo software di elaborazione e controllo dei dati di campo provenienti dalle periferiche remote delle sottostazioni, dotata di video e tastiera per colloquio con l'operatore;
- linee di trasmissione – rete di comunicazione per il collegamento su banda larga delle unità periferiche all'unità centrale di elaborazione del sistema di telecomando e telecontrollo delle sottostazioni;
- unità periferiche remote a microprocessore da installare nella sottostazioni, per l'interfacciamento del sistema con il campo e per la concentrazione e l'elaborazione dei dati di sottostazione.

7.1.2 Caratteristiche dell'unità centrale del sistema di telecomando e telecontrollo delle sottostazioni

Si dovrà implementare l'unità centrale del sistema di telecomando e telecontrollo delle sottostazioni e del relativo software di elaborazione e controllo per gestire i dati di campo provenienti dalle periferiche remote delle sottostazioni.

L'unità centrale del sistema di telecomando e telecontrollo delle sottostazioni è costituito da:

- Due computer industriali denominati PC server 1 e Pc server 2, uno in riserva calda all'altro, dotati di interfacce per realizzare l'interfacciamento con le unità periferiche remote;
- Rete ethernet;
- Una unità di backup di idonea capacità;
- Stampante a modulo continuo.

La configurazione software dell'unità centrale del sistema di telecomando e telecontrollo delle sottostazioni dovrà avere la seguente configurazione:

- Sistema operativo;
- Software di supervisione (SCADA) con supporto Web Client;
- Visualizzazione delle informazioni di impianto in pagine grafiche animate dinamicamente, così divise:
 - Pagine video principali comprendenti la rappresentazione di tutte le sottostazioni SSE e del bifilare di ciascuna linea, compreso il menù operatore. Dovranno essere visualizzate in tempo reale l'assorbimento di corrente (A) e la potenza (kW), rappresentate mediante barra dinamica; dovrà essere visualizzato lo stato di collegamento ON\OFF e allarme mediante una diversa colorazione;
 - Pagine grafiche per ogni sottostazione controllata. Le pagine grafiche devono contenere la riproduzione dello schema elettrico delle sottostazioni ed evidenziare le apparecchiature controllate (interruttori M.T., trasformatori, raddrizzatori, sezionatori, extra rapidi, ecc...); in corrispondenza di ciascuna apparecchiatura dovrà essere riportato il valore delle grandezze

analogiche (potenza, costi, tensioni e correnti) rilevate dai sensori e descritte con visualizzazione numerica e a barra dinamica;

- Pagine segnali, che dovranno rappresentare lo stato di tutti i segnali digitali, la descrizione e lo stato;
 - Pagine misure, che dovranno rappresentare le misure analogiche raccolte dalle unità periferiche remote con il valore riportato in unità ingegneristiche;
 - Pagine allarme;
 - Pagine di comando.
- Visualizzazione dei limiti di taratura delle grandezze analogiche (tensioni e correnti di ogni sottostazione) con segnalazione automatica su stampante e pagine allarmi dei valori sotto soglia o sopra soglia. I limiti di taratura dovranno essere modificabili dall'operatore del sistema di telecomando e telecontrollo di sottostazione;
 - Algoritmi di calcolo del sovraccarico di corrente, realizzati mediante integrale dei valori rilevati su un intervallo di tempo specifico;
 - Visualizzazione automatica degli eventi di allarme secondo le seguenti modalità:
 - In tutte le pagine grafiche sarà evidenziato mediante lampeggio o diverso colore il numero della sottostazione in allarme;
 - Nelle pagine allarmi dovranno essere elencati gli allarmi in chiaro (analogici-digitali) secondo l'ordine cronologico di arrivo;
 - La generazione di un allarme dovrà produrre una segnalazione acustica tacitabile.
 - Visualizzazione delle misure inviate dalle unità periferiche remote ogni secondi idoneo intervallo di tempo;
 - Esecuzione di comandi di apertura/chiusura/reset delle apparecchiature da parte dell'operatore con visualizzazione immediata dell'esito del comando;
 - Differenziazione dei livelli di accesso del sistema di telecomando e telecontrollo sottostazioni per un congruo numero di operatori;
 - Registrazione degli eventi e delle misure in archivio (disco rigido) con richiesta automatica di scarico su unità di backup per saturazione archivio;
 - Acquisizione della variazione di stato dell'unità periferiche remote in tempi dell'ordine del secondo;
 - Stampa automatica dei messaggi di allarme con indicazione dei parametri relativi all'evento;
 - Stampa su richiesta degli eventi di allarme o di comando relativi ad una determinata sottostazione per intervalli di tempo selezionati dall'operatore;
 - Stampa dei grafici delle grandezze analogiche archiviate in un determinato periodo di tempo selezionato dall'operatore;
 - Stampa delle grandezze analogiche archiviate, durante un determinato intervallo di tempo, in un determinato periodo di tempo selezionato dall'operatore;
 - Nelle pagine allarmi dovranno essere elencati gli allarmi in chiaro (analogici-digitali).

7.1.3 Caratteristiche della rete di comunicazione

Le caratteristiche di rete dovranno essere le seguenti:

- collegamento su linea a banda larga;
- tipologia del collegamento: punto-punto, multipunto;
- metodologia di scambio messaggi: interrogazione (polling) tra centrale e periferiche in modalità client-server;
- intervallo di tempo complessivo per l'acquisizione dei dati da periferia a Posto Centrale dell'ordine del secondo.

7.1.4 Caratteristiche funzionali delle unità periferiche remote

Le caratteristiche funzionali delle unità periferiche remote dovranno essere le seguenti:

- acquisizione ed elaborazione autonoma dei segnali digitali e analogici provenienti dai quadri ausiliari delle apparecchiature e dai sensori, con generazione di allarmi opportuni;
- visualizzazione su interfaccia uomo macchina locale di:
 - stato di funzionamento dell'unità periferica;
 - stato della comunicazione con il computer centrale;
 - condizioni di allarme nel sistema;
 - stati di anomalia sul funzionamento della periferica;
- autodiagnosi sempre attiva con immediata informazione ad interfaccia uomo/macchina locale e a centro di controllo di eventuale situazione di guasto interno.
- comunicazione con la centrale di supervisione per le seguenti funzioni:
 - segnalazione degli allarmi in tempo reale;
 - segnalazione di guasti o anomalie del sistema;
 - trasmissione delle variazioni di stato dei dispositivi;
 - trasmissione dei valori analogici misurati;
 - ricezione di comandi di attuazione a distanza, in forma singola o mediante sequenze predefinite.
- configurazione hardware e software modulare
- facile espandibilità
- funzioni di automazione locale:

In particolare dovrà essere possibile configurare sequenze di comandi predefinite e logiche di interblocco per l'attivazione/disattivazione delle sottostazioni o di una parte di esse, variabile per ciascun giorno della settimana, secondo le necessità di esercizio del committente; la configurazione dovrà essere realizzata per mezzo di computer portatile o di collegamento remoto. In locale sarà possibile anche la visualizzazione "on line" dello stato di ogni singola sequenza o logica di interblocco.

7.1.5 Interfaccia verso le utenze di campo

Le unità periferiche previste dovranno essere dimensionate per un opportuno numero sia di ingressi digitali ed analogici sia per uscite digitali.

Dovrà essere previsto un idoneo margine di ampliamento (scorte) di segnali di allarmi, di comando e di misura pur restando in ogni caso la possibilità di espansione del sistema mediante aggiunta di nuove schede modulari.

Le unità periferiche dovranno accettare sia segnali sotto forma di contatti liberi da potenziale, sia segnali in forma analogica (segnale in corrente), inoltre dovranno poter comandare degli attuatori mediante contatti.

Tutte le apparecchiature ed accessori (trasduttori, sonde, convertitori, shunt, sensori ad effetto Hall, partitori, relè, rilevatori, etc.), con relativi cablaggi condutture e tubi protettivi, atte a consentire la rilevazione, l'interfacciamento e la trasmissione delle grandezze o dei dispositivi sorvegliati e/o comandati e le unità periferiche, dovranno intendersi incluse nella dotazione delle unità remote stesse.

8 SOMMARIO

1	GENERALITÀ	1
2	DATI DI PROGETTO, DESCRIZIONE E VERIFICA DIMENSIONAMENTO	1
2.1	DATI DI PROGETTO	1
2.2	VERIFICA DIMENSIONALE SOTTOSTAZIONE	2
2.2.2	<i>Trasformatori di gruppo</i>	3
2.3	DESCRIZIONE SEZIONE MEDIA TENSIONE	3
2.4	DESCRIZIONE SEZIONE DI TRASFORMAZIONE	4
2.5	DESCRIZIONE SEZIONE CORRENTE CONTINUA	4
2.5.1	<i>Sottostazione SSE_3 e SSE_4</i>	4
2.5.2	<i>Sezione in corrente continua alimentante la linea di contatto</i>	5
2.6	DESCRIZIONE SEZIONE BASSA TENSIONE SERVIZI AUSILIARI	6
3	SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO SOTTOSTAZIONE	7
3.1	BILANCIO ENERGETICO TERMICO	7
4	PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE (SSE_3 e SSE_4)	7
5	CARATTERISTICHE E COORDINAMENTO DELLE PROTEZIONI	9
5.1	SEZIONE DI MEDIA TENSIONE	9
5.1.1	<i>Scomparto arrivo ente distributore 15 kv</i>	9
5.1.2	<i>Scomparto alimentazione trasformatore di gruppo</i>	10
5.1.3	<i>Scomparto alimentazione trasformatore servizi ausiliari</i>	10
5.2	SEZIONE DI TRASFORMAZIONE	10
5.2.1	<i>Trasformatori di gruppo</i>	10
5.2.2	<i>Trasformatore dei servizi ausiliari</i>	11
5.3	SEZIONE IN CORRENTE CONTINUA	11
5.3.1	<i>Sezione conversione alternata – continua</i>	11
5.3.2	<i>Gruppo raddrizzatore alimentante la linea di contatto</i>	11
5.3.3	<i>Protezione contro le sovratensioni</i>	13
5.3.4	<i>Protezione termica</i>	13
5.3.5	<i>Protezione corrente inversa (32)</i>	14
5.4	TRASFORMATORE INTERFASICO	14
5.5	INTERRUTTORE EXTRARAPIDO	14
5.5.1	<i>Sezionatore di messa a terra – linea</i>	15
5.5.2	<i>Scaricatori</i>	15
5.5.3	<i>Sistema di asservimento ASDE</i>	15
5.6	RELE' DI PROTEZIONE E DIAGNOSTICA	16
5.7	SEZIONATORE BIPOLARE DI GRUPPO	18
5.8	CHIUDITORE DI TERRA	18
5.8.1	<i>Principio di funzionamento</i>	19
5.9	TRASDUTTORI DI MISURA PER CORRENTE E TENSIONE IN C.C.	19
5.10	RELE' DI MASSIMA TENSIONE C.C. (45) MASSIMA TENSIONE C.A. (59)	19
5.11	PROTEZIONE CONTRO I GUASTI A TERRA (64)	20
5.12	SEZIONE ALIMENTAZIONE DELLA LINEA DI CONTATTO	21
5.12.1	<i>Relè "prova linea"</i>	21
5.13	SEZIONE DI BASSA TENSIONE SERVIZI AUSILIARI	22
5.13.1	<i>Scomparti di distribuzione</i>	22
5.13.2	<i>Scomparto caricabatterie</i>	22
5.13.3	<i>Scomparto batterie</i>	22

5.13.4 Pulsante apertura generale (p.a.g.)	23
5.14 LOGICA BLOCCO GENERALE SSE	23
6 MISURE PREVISTE IN SOTTOSTAZIONE	23
7 TELECOMANDO	24
7.1 TELECOMANDI, TELESEGNALAZIONI E TELEMISURE	24
7.1.1 Architettura del sistema	24
7.1.2 Caratteristiche dell'unità centrale del sistema di telecomando e telecontrollo delle sottostazioni	25
7.1.3 Caratteristiche della rete di comunicazione	27
7.1.4 Caratteristiche funzionali delle unità periferiche remote	27
7.1.5 Interfaccia verso le utenze di campo	27
8 SOMMARIO	29