



Comune di Bologna



Sostenibilità
è Bologna



PUMS
BOLOGNA
METROPOLITANA

RTI Progettisti:



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA DELLA PRIMA LINEA TRANVIARIA DI BOLOGNA (LINEA ROSSA)



Intervento finanziato con risorse
FSC 2014-2020 – Piano operativo della Città
metropolitana di Bologna
Delibera CIPE n.75/2017



IMPIANTI ELETTROFERROVIARI Relazione Tecnica Impianti Elettroferroviari

COMUNE DI BOLOGNA
SETTORE MOBILITA' SOSTENIBILE E INFRASTRUTTURE

IL DIRETTORE DEL SETTORE

ING. CLETO CARLINI

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ING. GIANCARLO SGUBBI

IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO

ING. MIRKA RIVOLA

SEGRETERIA TECNICA

ING. BARBARA BARALDI

GEOM. AGNESE FERÒ

RESPONSABILE DI COMMESSA

ING. PAOLO MARCHETTI

RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

ING. SANTI CAMINITI

Gruppo di Progettazione:

Ing. Alessandro Piazza (Coordinatore Tecnico)
Ing. Santi Caminiti (Progetto sistemi tranviari)
Ing. Andrea Spinosa (Studi Trasportistici)
Arch. Sebastiano Fulci De Sarno (Prog. Architettonico e Inser. Urbanistico)
Ing. Sergio Di Nicola (Sovrastruttura Tranviaria)
Ing. Jeremie Weiss (Impianti Tecnologici)
Ing. Maurizio Falzea (Esperto Armamento)
Ing. Giorgio Coletti (Progettazione Funzionale Depositi)
Ing. Pietro Caminiti (Viabilità Interferente)
Ing. Stefano Tortella (Opere Strutturali)
Ing. Andrea Carlucci (Esperto Impianti Elettro-ferroviari)
Ing. Domenico D'Apollonio (Impianti di Trazione Elettrica)
Ing. Francesco Azzarone (Impianti Meccanici)
Arch. Sergio Moscheo (Prime Disposizioni per la Sicurezza)
Ing. Boris Rowenczyn (Piani Economici e Finanziari)
Prof. Matteo Mattioli (Valutazione impatto ambientale e impatto acustico)

COMMESSA	FASE	DISCIPLINA	TIPO/NUMERO	REV.	SCALA	NOME FILE
B381	SF	ITC	RT001	C		B381-SF-ITC-RT001C

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Dic. 2018	EMISSIONE	CARLUCCI	D'APOLLONIO	S. CAMINITI
1	Gen. 2019	AGGIORNAMENTO RELAZIONE	CARLUCCI	D'APOLLONIO	S. CAMINITI
2	Giugno 2019	AGGIORNAMENTO A SEGUITO DI ISTRUTTORIA	CARLUCCI	D'APOLLONIO	S. CAMINITI

INDICE

1. PREMESSA	5
2. SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DELLA TRAZIONE ELETTRICA.....	6
2.1 ALIMENTAZIONE ELETTRICA	6
2.1.1 Premessa	6
2.1.2 Struttura del sistema di Alimentazione della Trazione Elettrica.....	7
2.1.3 Pre-Dimensionamento elettrico.....	8
2.1.3.1 Dimensionamento elettrico preliminare del gruppo trasformatore/raddrizzatore di SSE.....	8
2.1.3.2 Calcolo preliminare della Potenza Elettrica alle rese ENEL	11
2.2 LINEA DI CONTATTO	13
2.2.1 Premessa	13
2.2.2 Andamento altimetrico della linea di contatto	14
2.2.3 Poligonazione	14
2.2.4 Regolazione automatica	14
2.2.5 Fili di Contatto e Feeders	14
2.2.6 Sospensioni.....	15
2.2.7 Pali e Ancoraggi agli edifici.....	15
2.2.8 Linea di Contatto nel Deposito Principale e nel Deposito Ausiliario "Pilastro".....	16
3. SEGNALAMENTO, LOCALIZZAZIONE E PRIORITÀ SEMAFORICA	17
3.1 ARCHITETTURA GENERALE	18
3.2 SISTEMA DI LOCALIZZAZIONE.....	20
3.2.1 Introduzione.....	20
3.2.2 Componenti del Sistema di Localizzazione.....	21
3.2.2.1 Unità di Bordo.....	21
3.2.2.2 Unità di ricezione e trasmissione a terra.....	22
3.2.2.3 Postazione per la Localizzazione al PCC.....	22
3.2.3 Gestione riconoscimento banchina.....	23
3.3 SISTEMA DI SEGNALAMENTO/COMANDO SCAMBI.....	24



3.3.1	<i>Introduzione</i>	24
3.3.2	<i>Componenti del sistema di Segnalamento/Comando Scambi</i>	25
3.3.2.1	<i>Unità di Bordo</i>	25
3.3.2.2	<i>Sistema di Trasmissione Bordo/Terra</i>	26
3.3.2.3	<i>Unità di Ricezione e Trasmissione</i>	26
3.3.2.4	<i>Unità di Comando Scambi</i>	26
3.3.2.5	<i>Postazione Centrale per il Segnalamento/Comando Scambi</i>	27
3.3.3	<i>Segnalamento del Deposito Principale</i>	28
3.3.3.1	<i>Introduzione</i>	28
3.3.3.2	<i>Componenti del sistema di Segnalamento del Deposito Principale</i>	28
3.3.3.3	<i>Unità di Comando Scambi</i>	28
3.3.3.4	<i>Postazione operatore del PCD</i>	29
3.3.4	<i>Segnalamento del Deposito Ausiliario "Pilastro"</i>	30
3.3.4.1	<i>Introduzione</i>	30
3.3.4.2	<i>Componenti del sistema di Segnalamento del Deposito Ausiliario</i>	30
3.4	SISTEMA DI PRIORITA' SEMAFORICA	30
3.4.1	<i>Introduzione</i>	30
3.4.2	<i>Componenti del Sistema di Priorità semaforica</i>	31
3.4.2.1	<i>Unità di Bordo</i>	32
3.4.2.2	<i>Sistema di trasmissione bordo terra</i>	32
3.4.2.3	<i>Unità di ricezione e trasmissione</i>	32
3.4.2.4	<i>Postazione per la Localizzazione al PCC</i>	32
3.4.3	<i>Passi Carrai</i>	32
3.5	IMPIANTI SEMAFORICI	33
3.5.1	<i>Premessa</i>	33
3.5.2	<i>Componenti di Impianto</i>	34
3.5.2.1	<i>Regolatore Semaforico</i>	34
3.5.2.2	<i>Lanterne Semaforiche</i>	39
3.5.2.3	<i>Sostegni</i>	40
3.5.2.4	<i>Pulsante di chiamata Pedonale</i>	41

3.5.2.5	Messa a terra.....	42
3.5.2.6	Cavi.....	42
4.	TELECOMUNICAZIONI E SISTEMA DI TELECOMANDO/TELECONTROLLO.....	43
4.1	TELECOMUNICAZIONI.....	43
4.1.1	Introduzione.....	43
4.1.2	Sistema di Trasmissione a fibre ottiche.....	43
4.1.2.1	Architettura del sistema.....	44
4.1.2.2	Dorsale in fibra ottica.....	45
4.1.2.3	Sistema di gestione NMS.....	45
4.1.2.4	Apparati.....	45
4.1.2.5	Funzionalità aggiuntive.....	46
4.1.3	Impianto TVCC.....	47
4.1.3.1	Architettura del sistema.....	47
4.1.3.2	Posto Centrale di Controllo.....	48
4.1.3.3	Fermata.....	48
4.1.3.4	Punti notevoli del tracciato.....	48
4.1.3.5	Funzionalità del sistema.....	49
4.1.4	Impianto Diffusione Sonora.....	50
4.1.4.1	Architettura dell'impianto.....	50
4.1.4.2	Trasmissione dell'audio.....	51
4.1.4.3	Posto centrale di Controllo.....	51
4.1.4.4	Fermata.....	52
4.1.4.5	Funzionalità del sistema.....	52
4.1.5	Impianto telefonico e telefonico d'emergenza.....	53
4.1.5.1	Funzionalità del sistema.....	53
4.1.5.2	Apparati.....	54
4.1.6	Pannelli Informativi di Informazione al Pubblico.....	56
4.1.6.1	Architettura.....	56
4.1.6.2	Posto Centrale di Controllo.....	56
4.1.6.3	Fermata.....	57
4.1.6.4	Funzionalità.....	57



4.1.7	<i>Sistema Radio</i>	61
4.1.7.1	<i>Funzionalità</i>	61
4.1.7.2	<i>Architettura</i>	62
4.1.8	<i>Sistema di Sincronizzazione Oraria</i>	63
4.1.8.1	<i>Architettura</i>	63
4.1.8.2	<i>Posto Centrale di Controllo</i>	64
4.1.8.3	<i>Fermata</i>	64
4.1.8.4	<i>Funzionalità'</i>	64
4.1.9	<i>Sistema di Tariffazione</i>	65
4.1.9.1	<i>Architettura</i>	65
4.1.9.2	<i>Funzionalità</i>	66
4.1.9.3	<i>Apparati</i>	67
4.2	SISTEMA DI TELECOMANDO/TELECONTROLLO	68
4.2.1	<i>Sistema di Telecomando/Telecontrollo della Trazione Elettrica</i>	69
4.2.1.1	<i>Architettura</i>	70
4.2.1.2	<i>Funzionalità</i>	72
4.2.1.3	<i>Affidabilità del Sistema SCADA TE</i>	74
4.2.2	<i>Sistema di Telecontrollo impianti di fermata e di linea</i>	75
5.	CONTROLLO CENTRALIZZATO DELL'ESERCIZIO	76
5.1	INTRODUZIONE	76
5.2	ARCHITETTURA DEL PCC	77
5.3	FUNZIONALITÀ DEL PCC	78

1. PREMESSA

Nell'ambito del servizio di Progettazione di Fattibilità Tecnica ed Economica della prima Linea tranviaria della Città di Bologna (Linea Rossa), la presente Relazione Tecnica descrive gli Impianti Elettro-Ferroviani necessari per la circolazione dei veicoli tramviari a trazione elettrica, e per il corretto svolgimento dell'Esercizio.

Tali impianti e sistemi sono diffusamente descritti nei seguenti capitoli e sono di seguito elencati:

- *Sistema di Alimentazione della Trazione Elettrica*
 - *Alimentazione Elettrica*
 - *Linea di Contatto*
- *Sistema di Segnalamento, Localizzazione, Priorità e Impianti Semaforici*
 - *Segnalamento e comando scambi*
 - *Sistema di Localizzazione*
 - *Sistema di Priorità semaforica*
 - *Impianti Semaforici*
- *Telecomunicazioni e Sistema di Telecomando/Telecontrollo*
 - *Sistemi di Telecomunicazione*
 - *Sistema di Telecomando/Telecontrollo*
- *Controllo Centralizzato dell'Esercizio*

2. SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DELLA TRAZIONE ELETTRICA

2.1 ALIMENTAZIONE ELETTRICA

2.1.1 PREMESSA

Scopo del presente capitolo è quello di illustrare le caratteristiche generali del Sistema di Alimentazione della Trazione Elettrica (TE) e le principali apparecchiature delle Sottostazioni Elettriche di Alimentazione a 750 Vcc della Linea di Contatto della Linea Rossa del Sistema Tramviario della Città di Bologna.

La Linea Rossa sarà alimentata da n. 10 Sotto-Stazioni Elettriche (SSE) di conversione dell'energia da 15 kVca e 750 Vcc, di cui n. 9 dedicate alla alimentazione dei veicoli in linea e delle utenze elettriche di fermata, e n. 1 alla alimentazione della Linea di Contatto in Deposito.

Ogni SSE di Linea sarà costituita dai seguenti componenti:

- n.1 Quadro di Media Tensione;
- n.2 Trasformatori di trazione a tre avvolgimenti 15/0.590/0.590 kV;
- n.1 Trasformatore dei servizi ausiliari 15/0.4 kV;
- n. 2 Raddrizzatori 590Vac/750Vcc, a doppio ponte di Graetz;
- n. 2 Quadri alimentatori di Linea, con interruttore extrarapido;
- n. 1 Quadro negativi
- n. 1 Quadro BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari di SSE e delle utenze di fermata e di Linea

L'intera tratta da Porta San Felice e Piazza XX Settembre (per una lunghezza di circa 2 km) sarà priva di linea aerea di contatto, avendo l'Amministrazione in programma l'acquisizione di Materiale Rotabile in grado di accumulare energia di trazione direttamente a bordo sufficiente a superare l'intera sezione senza linea di contatto, con adeguati margini di sicurezza.

Il numero e la collocazione delle SSE è rappresentato negli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale.

La SSE di Deposito sarà costituita dai seguenti componenti:

- n.1 Quadro di Media Tensione;
- n.3 Trasformatori di trazione a tre avvolgimenti 15/0.590/0.590 kV;
- n.1 Trasformatore dei servizi ausiliari 15/0.4 kV;
- n. 3 Raddrizzatori 590Vac/750Vcc, a doppio ponte di Graetz;
- n. 2 Quadri alimentatori di Linea, con interruttore extrarapido;
- n. 1 Quadro negativi
- n. 1 Quadro BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari di SSE e delle utenze di fermata e di Linea

Dalla SSE di Deposito sarà derivata l'alimentazione elettrica a 15 kV per la Cabina di Trasformazione MT/BT di Deposito.

Le SSE sia di linea che di deposito sono collocate all'interno di fabbricati costruiti fuori terra o interrati, in prossimità delle linee di contatto da alimentare.

2.1.2 STRUTTURA DEL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DELLA TRAZIONE ELETTRICA

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, il Sistema di alimentazione della Trazione Elettrica prevede la suddivisione della Linea di Contatto (ove prevista) in sezioni elettricamente separate per mezzo di isolatori di sezione.

Ciascuna zona sarà alimentata in bilaterale da due SSE adiacenti.

In corrispondenza di ogni isolatore di sezione, un sezionatore del tipo motorizzato, normalmente aperto, sarà in grado di riconfigurare il sistema di alimentazione in caso di fuori servizio e/o manutenzione di ciascuna SSE, in modo tale che le SSE adiacenti possano sobbarcarsi l'intero carico di trazione.

E' questa la condizione più gravosa dal punto di vista elettrico sia per quanto riguarda il dimensionamento del gruppo trasformatore/raddrizzatore di ciascuna SSE (deve poter sostenere il carico di un'intera tratta normalmente alimentata in bilaterale) sia per la Linea di Contatto (la caduta di tensione deve essere contenuta entro i limiti previsti dalle norme considerando il numero totale dei veicoli presenti in linea).

Anche in caso di fuori servizio della SSE di Deposito, lo stesso potrà essere alimentato dalla SSE di Linea più vicina, mediante la chiusura di un sezionatore motorizzato all'ingresso del Deposito.

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, per alimentare il sistema di Alimentazione della Trazione Elettrica in Media Tensione (15 kV) da due fonti elettriche diverse si propone uno schema elettrico di alimentazione caratterizzato da:

- Suddivisione del sistema di alimentazione elettrica delle SSE in due sezioni contigue;
- Alimentazione di ciascuna sezione di alimentazione tramite n. 1 collegamento in Media Tensione (MT) a 15 kV diretto e dedicato da Cabina Primaria ENEL a ciascun estremo della Linea Tramviaria.
- Collegamento in entra-esce fra tutte le SSE con un cavo 3x1x240 mm², tipo RG7H1R 12-20 kV, di interconnessione in MT 15 kV posto in sede tranviaria (polifora di linea) tale da permettere l'alimentazione dell'intera Linea Tramviaria per mezzo di uno dei due collegamenti da Cabina Primaria ENEL in caso di fuori servizio dell'altro.

2.1.3 PRE-DIMENSIONAMENTO ELETTRICO

Nella presente sezione è riportato il pre-dimensionamento del sistema di alimentazione della trazione elettrica, che dovrà essere confermato nelle successive fasi progettuali, con aduati strumenti di verifica e sulla base di dati di impianto e di esercizio definitivi.

2.1.3.1 Dimensionamento elettrico preliminare del gruppo trasformatore/raddrizzatore di SSE

Il dimensionamento elettrico preliminare del gruppo trasformatore/raddrizzatore di ciascuna SSE è fatto con riferimento ai seguenti parametri:

- Potenze assorbite dal materiale rotabile
- Frequenza massima dei convogli
- Tensione di alimentazione della linea di contatto
- Ubicazione SSE

Ciascuna SSE sarà dimensionata in modo da poter sopperire al fuori servizio di una delle SSE adiacenti.

In particolare sono stati assunti i seguenti parametri:

Veicolo tipo

- Corrente media assorbita per trazione: $I_m=340$ A
- Corrente media assorbita per servizi ausiliari di bordo: $I_{aux}=140$ A

Frequenza massima dei veicoli

- Frequenza dei veicoli all'ora di punta: 4 min

Con velocità commerciale 18km/h (5m/s), all'ora di punta si avrebbe un veicolo ogni 1200m.

Tensione di alimentazione della linea di contatto

- Tensione linea di contatto: 750 Vcc

Ubicazione SSE

- Distanza media fra le SSE: 2 km

Recupero dell'Energia di frenatura non considerato

Dai dati sopra riportati discende che la potenza totale richiesta ad ogni SSE è pari a :

$$P_{tot} = P_{traz} + P_{aux}$$

In cui:

$$P_{traz} = 2N \times V \times I_m$$

$$P_{aux} = 2N \times V \times I_{aux}$$

dove:

- N è il numero di veicoli per senso di marcia ricadenti nella sezione di competenza di ogni SSE. Considerando che tale sezione è lunga 2000m (1000m prima della SSE e 1000m dopo la SSE) e che i veicoli sono distanziati 1200m, per N si ha: $2000/1200 = 1,6$ veicoli per sezione, approssimabile a 2.
- $V = 750V_{cc}$
- $I_m = 340A$
- $I_{aux} = 140A$

Da cui discende:

$$P_{traz} = 2N \times V \times I_m = 2 \times 2 \times 750V_{cc} \times 340A = 1.020kW$$

$$P_{aux} = 2N \times V \times I_{aux} = 2 \times 2 \times 750V_{cc} \times 140A = 420kW$$

Da cui la potenza totale richiesta ad ogni SSE:

$$P_{tot} = P_{traz} + P_{aux} = 1.020 + 420 = 1.440 kW$$

In base ai calcoli sopra riportati, si decide di prevedere in ogni SSE un gruppo Trasformatore/Raddrizzatore da 1.600 kW, a cui è affiancato un gruppo Trasformatore/Raddrizzatore di riserva di pari potenza.

In caso di fuori servizio di una SSE, il sezionatore di parallelo in corrispondenza del sezionamento prossimo alla SSE fuori servizio sarà chiuso e la potenza richiesta alle SSE adiacenti è pari a:

$$P_{tot} = P_{traz} + P_{aux}$$

In cui:

$$P_{traz} = 2N \times V \times I_m$$

$$P_{aux} = 2N \times V \times I_{aux}$$

dove:

- N è il numero di veicoli per senso di marcia ricadenti nella sezione di competenza di ogni SSE. Considerando che tale sezione, in caso di fuori servizio di una SSE, diventa lunga

3000m (1000m prima della SSE e 2000m dopo la SSE) e che i veicoli sono distanziati 1200m, per N si ha: $3000/1200= 2,5$ veicoli per sezione, approssimabile a 3.

- $V=750V_{cc}$
- $I_m=340A$
- $I_{aux}=140A$

Da cui discende:

$$P_{traz} = 2N \times V \times I_m = 2 \times 3 \times 750V_{cc} \times 340A = 1.530kW$$

$$P_{aux} = 2N \times V \times I_{aux} = 2 \times 3 \times 750V_{cc} \times 140A = 630kW$$

Da cui la potenza totale richiesta ad ogni SSE:

$$P_{tot} = P_{traz} + P_{aux} = 1.530+630 = 2.160 kW$$

In base ai calcoli sopra riportati, in caso di fuori servizio di una SSE, la potenza necezzaria per continuare l'esercizio tramviario senza degradare la frequenza dovrà essere fornita mettendo in servizio il gruppo Trasformatore/Raddrizzatore di riserva delle SSE adiacenti.

2.1.3.2 *Calcolo preliminare della Potenza Elettrica alle rese ENEL*

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, per alimentare il sistema di Alimentazione della Trazione Elettrica in Media Tensione (15 kV) da due fonti elettriche diverse si propone uno schema elettrico di alimentazione caratterizzato da:

- Suddivisione del sistema di alimentazione elettrica delle SSE in due sezioni contigue:
Sezione 1 - da SSE1 (deposito) a SSE 4; Sezione 2 – da SSE 5 a SSE10;
- Alimentazione di ciascuna sezione di alimentazione tramite n. 1 collegamento in Media Tensione (MT) a 15 kV diretto e dedicato da Cabina Primaria ENEL a ciascun estremo della Linea Tramviaria.

Nel seguito è riportata la valutazione preliminare della Potenza Elettrica da richiedere all'ENEL a ciascun estremo della Linea.

Sezione 1 – da SSE 1 (Deposito) a SSE 4



	Potenza per Trazione [kW]	Potenza ausiliari di SSE e utenze di Fermata/Linea/Deposito [kW]	Coefficiente di contemporaneità/utilizzazione	Totale [kW]
SSE 1 (Linea)	720	30	0.7	525
SSE 1 (Deposito)	1000 (veicoli in movimento e veicoli in ricarica)	-	0.7	700
Cabina MT/BT deposito	-	1000	0.7	700
SSE 2	1.440	60	0.7	1.050
SSE 3	1.440	60	0.7	1.050
SSE 4	720	30	0.7	525
Totale Potenza Resa ENEL in Deposito				4.550

Sezione 2 – da SSE 5 a SSE 10

	Potenza per Trazione [kW]	Potenza ausiliari di SSE e utenze di Fermata/Linea [kW]	Coefficiente di contemporaneità/utilizzazione	Totale [kW]
SSE 5	720	30	0.7	525
SSE 6	1.440	60	0.7	1.050
SSE 7	720	30	0.7	525
SSE 8	1.440	60	0.7	1.050
SSE 9	1.440	60	0.7	1.050

SSE 10	720	30	0.7	525
Totale Potenza Resa ENEL in SSE 10				4.725

Stanti le tabelle di calcolo precedenti, si ritiene opportuno avviare già da questa fase le consultazioni con ENEL per ottenere una Resa di Potenza elettrica pari a 5 MW rispettivamente in corrispondenza della SSE 1 di Deposito e della SSE 10.

Stante poi la necessità di dover continuare ad esercire la Linea anche in caso di indisponibilità di una delle due Rese ENEL, si prevede di interconnettere le SSE delle due sezioni elettriche della Linea mediante un cavo MT in grado di permettere l'alimentazione dell'intera Linea da una delle due Rese ENEL estreme.

In tal senso, in corrispondenza di ciascuna Resa ENEL dovrà essere prevista la diponibilità di potenza sufficiente ad alimentare l'intera Linea (10 MW).

2.2 LINEA DI CONTATTO

2.2.1 PREMESSA

La presente capitolo ha lo scopo di descrivere le caratteristiche generali della Linea di Contatto della Linea Rossa del Sistema Tramviario della Città di Bologna.

Le successive fasi di progettazione e di installazione della linea aerea di contatto e di tutte le relative apparecchiature è prevista nel rispetto dei franchi prescritti dalla CEI9-2 rispetto alle opere fisse. Riguardo alle parti mobili del materiale rotabile circolante sulla linea, i franchi dovranno tenere conto anche dei massimi spostamenti possibili, considerando in particolare, l'iscrizione in curva del pantografo dovuta al disassamento longitudinale dello stesso rispetto all'asse dei carrelli.

2.2.2 ANDAMENTO ALTIMETRICO DELLA LINEA DI CONTATTO

L'altezza normale del piano di contatto sul piano del ferro (P.F.) sarà di 5,60 m. L'altezza non sarà minore di 4,80 m. Nei tratti di raccordo altimetrico la pendenza relativa dei fili di contatto rispetto al P.F. non sarà maggiore del 5‰.

2.2.3 POLIGONAZIONE

In rettilineo la poligonazione del filo di contatto sarà di ± 200 mm rispetto all'asse del binario. Fra le sospensioni poligonate a +200 mm e a -200 mm sarà inserita una sospensione intermedia con poligonazione zero.

In curva, le campate massime geometricamente ammesse per vari raggi di curva sono legate al raggio della curva; analogamente, anche la poligonazione da adottarsi in curva è funzione del raggio della curva stessa. Apposite tabelle sono state sviluppate al fine di definire, per ogni raggio di curvatura, la poligonazione da adottare e la campata massima ammessa.

2.2.4 REGOLAZIONE AUTOMATICA

La linea aerea di contatto sarà del tipo con "regolazione automatica" e sarà basata sull'impiego di dispositivi (a taglia o a molla) in grado di mantenere costante la tensione meccanica del filo di contatto e di compensare nel contempo le variazioni di lunghezza dei conduttori stessi dovute alle escursioni termiche ambientali; in tal modo l'assetto geometrico dei fili aerei rimarrà costante al variare delle condizioni ambientali, mantenendo ottimale la presa del pantografo.

I dispositivi per la tensionatura dei fili di contatto saranno adeguatamente strumentati in modo tale che l'eventuale interruzione sia immediatamente rilevata per mettere in sicurezza la tratta.

2.2.5 FILI DI CONTATTO E FEEDERS

Per ciascun binario la linea presenta un filo aereo di contatto, avente sezione di 120 mm², sostenuto da sospensioni trasversali e adeguatamente poligonato rispetto all'asse del binario. I fili di contatto sono coadiuvati da un feeder costituito da n. 2 cavi isolati tipo RG7H1R 1,8/3kV 2x1x300 mm², posati nel cavidotto tranviario. Con cadenzamento regolare di circa 400m, i fili di

contatto e il feeder sono collegati in parallelo fra loro per mezzo di un cavo di sezione 120 mm² per ciascun filo.

Ogni 200m circa, alternativamente ai paralleli fra fili di contatto e feeders, i fili di contatto sono collegati fra loro per mezzo di un cavo di sezione 120 mm².

2.2.6 SOSPENSIONI

La linea di contatto è sostenuta da sospensioni essenzialmente di due tipologie:

- sospensioni portanti;
- sospensioni di ritenuta.

Le sospensioni portanti, montate su tiranteria trasversale costituita da funi di materiale sintetico isolante (tipo PARAFIL), hanno la funzione di sostenere il peso della linea e sono disposte lungo tutta la linea, sia in curva sia in rettilineo; la campata massima che si può adottare per tali sospensioni è di 40 m. In rettilineo le sospensioni portanti realizzano anche la poligonazione (± 200 mm) rispetto all'asse del binario; fra le sospensioni poligonate a +200 mm e a -200 mm è, di norma, inserita una sospensione intermedia con poligonazione zero.

Le sospensioni di ritenuta, montate sempre su tiranteria trasversale, sono posizionate solo sulle curve e hanno la funzione di far seguire il percorso della curva al filo di contatto.

2.2.7 PALI E ANCORAGGI AGLI EDIFICI

Le sospensioni trasversali saranno generalmente ancorate a pali tubolari rastremati di acciaio è caratterizzati dalla forma a segmenti cilindrici di diametro decrescente verso le estremità superiori. I pali tubolari rastremati saranno realizzati facendo uso di acciaio ad alta resistenza per consentire una assoluta sicurezza di esercizio.

Ciascun palo sarà fondato in apposita fondazione in cls.

Ove possibile, l'ancoraggio delle sospensioni trasversali è previsto mediante l'ancoraggio di grappe su strutture (edifici) esistenti. Il fissaggio delle grappe sarà eseguito utilizzando di norma tasselli chimici; non saranno utilizzati chiodi a sparo.

L'esecuzione delle forature sulle facciate sarà realizzata in modo che, in nessun caso, vengano tagliati i ferri di armatura.

2.2.8 LINEA DI CONTATTO NEL DEPOSITO PRINCIPALE E NEL DEPOSITO AUSILIARIO "PILASTRO"

Nelle aree del Deposito Principale e del Deposito ausiliario "Pilastro", la linea di contatto sarà generalmente realizzata con gli stessi criteri adottati per la piena linea, ma senza prevedere la tensionatura (fili di contatto 120 mm² sorretti mediante tiranteria trasversale ancorata a pali o alle strutture di deposito).

La linea di contatto di ciascun binario all'interno dei fabbricati o tettoie (ove prevista) sarà sezionabile mediante un sezionatore con lame di terra, contrapposto ad un isolatore di sezione, ove necessario.

La linea di contatto in corrispondenza delle postazioni di manutenzione dell' officina del Deposito Principale sarà del tipo a Catenaria Rigida Mobile.

La Catenaria Rigida Mobile (CRM) sarà sostenuta da sostegni girevoli motorizzati, in grado di ruotare di 90° al fine di lasciare libera l'area dell'imperiale dei veicoli in manutenzione per la movimentazione dei carriponte.

La catenaria sarà formata da profilati in lega metallica estrusi. Il filo di contatto da 120 mmq di rame sarà fissato al profilato con apposito utensile.

L'accesso ai ponti di lavoro e, comunque, le lavorazioni sull'imperiale dei veicoli dovranno avvenire con la CRM disalimentata e messa a terra. Perché ciò si svolga in sicurezza, sarà predisposto un adeguato sistema di interblocchi a chiave.

3. SEGNALAMENTO, LOCALIZZAZIONE E PRIORITÀ SEMAFORICA

Nel presente Capitolo sono descritti i sistemi e gli apparati utilizzati per la realizzazione delle seguenti funzioni:

- sistema di comando e di controllo degli scambi
- sistema di localizzazione del veicolo
- sistema di asservimento semaforico

Tutte queste funzionalità faranno capo al “Posto di Controllo Centralizzato (PCC)” che è ubicato in appositi locali siti nel Deposito. Esso avrà la funzione di supervisionare il regolare svolgimento dell’esercizio lungo la linea, consentendo una gestione centralizzata ed ottimizzata di tutte le principali funzionalità e garantendo il necessario coordinamento fra gli operatori delle diverse discipline in caso di intervento di emergenza.

Il tracciato della linea corre quasi interamente in sede “propria protetta”; in alcuni punti della linea sono previsti attraversamenti con la viabilità ordinaria, regolati da semafori di tipo stradale: le indicazioni semaforiche sono comunque previste asservite al passaggio del veicolo tramviario.

Il tipo di esercizio previsto è analogo a quello di una tramvia tradizionale, ovvero con "marcia a vista", con l'integrazione di alcune informazioni di ausilio al manovratore, in particolare in corrispondenza degli scambi e degli incroci.

In generale, il sistema di segnalamento/comando scambi garantisce la corretta gestione dei tracciati dei tram e assicura la opportuna predisposizione della linea ai transiti in tutti i punti interessati da “itinerari”, la cui attuazione contemporanea espone i convogli al rischio di collisione.

Il segnalamento per la tramvia è basato sul principio di “marcia a vista”: il conducente del tram è responsabile dell’osservanza dei segnali disposti lungo il tracciato e della distanza tra il proprio veicolo e quello che lo precede: i segnali quindi aiutano il conducente nella “marcia a vista” ma

ciò non solleva il conducente dall'essere l'unico responsabile della sicurezza della marcia del veicolo.

3.1 ARCHITETTURA GENERALE

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, il sistema è basato su una serie di componenti tra loro integrati per realizzare le funzioni di localizzazione del veicolo, controllo e comando degli scambi, asservimento semaforico, sia a supporto del conducente del tram che per supervisionare da un'unica postazione centralizzata il regolare svolgimento dell'esercizio lungo le linee, consentendo una gestione centralizzata ed ottimizzata dell'esercizio tramviario.

Il sistema utilizza come supporto trasmissivo una rete in fibra ottica (Gigabit Ethernet) che collega il PCC a tutti i siti periferici (fermate SSE) e una rete Radio a standard Tetra per il collegamento tra il PCC e i singoli veicoli in Linea.

Lungo la linea sono localizzate Unità di Comunicazione terra/bordo, dotate di loop induttivi, connesse alla Rete in Fibra ottica. Tramite tali loop saranno effettuate la rilevazione della presenza dei tram in fermata, la richiesta di preferenziazione semaforica e il comando degli scambi.

L'intero sistema è concepito per essere " a sicurezza intrinseca". Nel caso in cui, infatti, nonostante gli elementi di sicurezza introdotti nella trasmissione, dovesse fallire la comunicazione bordo - terra, non si verificherebbero mai condizioni di pericolo, ma verrebbero solo a mancare le condizioni per la realizzazione delle funzionalità richieste:

- non verrebbe visualizzato il transito del veicolo sul sinottico del PCC;
- non si realizzerebbe l'asservimento semaforico;
- non si realizzerebbe la commutazione degli scambi.

In tutti i casi, comunque, si avrebbero condizioni di esercizio alterato o ritardato, ma non si peggiorerebbero le condizioni di sicurezza generali, dato che, rispettivamente:

- i segnali tranviari non concederebbero il via libera al tram, causando la fermata dello stesso;
- il macchinista dovrebbe imporre lo spostamento dello scambio in modo manuale, mediante la leva meccanica.

I futuri veicoli tramviari dovranno essere equipaggiati con una Unità di Bordo in grado di gestire le comunicazioni radio, tramite unità radio Tetra, le comunicazioni induttive, tramite una apposita unità di comunicazione con antenna, e di interfacciare gli apparati di bordo per informazioni al pubblico, di realizzare tutte le logiche necessarie a supporto della operatività e di gestire la console a disposizione del conducente.

Il tram in servizio, alla rilevazione di un loop, dovrà trasmettere il proprio identificativo alla Unità di Comunicazione terra/bordo di terra, che ritrasmetterà tale informazione, assieme al proprio identificativo, al PCC tramite la rete a fibre ottiche.

Il PCC utilizzerà tali informazioni per localizzare il tram, calcolarne l'anticipo/ritardo rispetto all'orario di servizio, visualizzare posizione e anticipo/ritardo sulle postazioni operatore del PCC, e, tramite radio Tetra, trasmettere il dato di anticipo/ritardo al tram;

Il dato di anticipo/ritardo sarà visualizzato sulla consolle del conducente in modo che lo stesso possa regolare il movimento del tram stesso;

Il PCC inoltre utilizzerà le informazioni ricevute per generare informazioni al pubblico alle fermate.

Nel caso di loop di asservimento semaforico, l'Unità di Comunicazione terra/bordo inoltra al PCC sia la richiesta di preferenziazione, sul loop di richiesta posto ad opportuna distanza dal semaforo, che la richiesta di liberazione, sul loop di liberazione posto dopo il semaforo.

L'effettiva concessione della priorità al veicolo tramviario sarà effettuata dalla Centrale di Gestione della rete semaforica della Città di Bologna a cui il PCC inoltrerà la richiesta di priorità tramite collegamento su rete telefonica nazionale o fibra ottica dedicata.

Nel caso di loop di comando scambi, l'Unità di bordo del veicolo, sulla base della selezione del conducente, trasmetterà ad una Unità di Comunicazione terra/bordo il comando per l'instradamento richiesto. L'Unità di Comunicazione terra/bordo a sua volta lo trasmette alla Unità di Comando Scambi posta in prossimità dell'area di manovra che, previa verifica di compatibilità, lo realizza comandando la cassa di manovra.

L'Unità di Comando Scambi inoltre provvede a trasmettere le informazioni di stato/posizione dello scambio, dei segnali tranviari e dei circuiti di binario al PCC tramite la rete a fibra ottica. Il PCC utilizza tali informazioni per visualizzarle sulle postazioni operatore del PCC stesso.

3.2 SISTEMA DI LOCALIZZAZIONE

3.2.1 INTRODUZIONE

Il sistema di localizzazione dei veicoli ha lo scopo di segnalare al Posto di Controllo Centrale (PCC) la posizione di ciascun veicolo lungo il tracciato, in un determinato istante di tempo.

Il Sistema di Localizzazione (anche detto Sistema di Localizzazione Automatica dei Veicoli - AVLS) è costituito da elementi di linea e da un modulo software residente su un Server del PCC che consente la realizzazione a livello centrale di tutte le funzionalità previste per questa applicazione.

Il sistema prevede la modalità di localizzazione di tipo "discontinuo" in cui i dati di posizione dei veicoli vengono trasmessi al PCC solo quando il tram passa nei punti notevoli della linea, tipicamente localizzati in coincidenza con gli elementi di linea: deviatoid, ingresso/uscita dalle fermate, incroci semaforici. La rilevazione del passaggio del treno è pertanto periodica ad intervallo spaziale.

Il sistema di Localizzazione assicura le funzionalità tipiche del "Train Describer" ossia la visualizzazione della posizione del veicolo e degli elementi di linea che la caratterizzano (Deviatoid, Fermate, Segnali) su di una rappresentazione schematica della linea tranviaria, consentendo di

affrontare con visione globale della linea un eventuale stato di estrema perturbazione dell'esercizio.

Esso inoltre implementa anche le funzionalità tipiche del 'Train Graph' calcolando e rappresentando il ritardo o l'anticipo del tram rispetto alla tabella oraria di riferimento.

La precisione e la puntualità della segnalazione del passaggio del tram in un punto della linea, dipendono dalla densità di tali punti lungo i binari (posti in punti critici della linea ed in funzione delle velocità medie di particolari tratti di linea, comunque non superiore ai 250-300 m).

3.2.2 COMPONENTI DEL SISTEMA DI LOCALIZZAZIONE

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, il Sistema di Localizzazione è costituito da:

- sistema di trasmissione che realizza il trasferimento dell'identificativo del veicolo da bordo a terra basato su accoppiamento induttivo tra antenna di bordo e loop a terra;
- unità di ricezione e trasmissione informazioni di localizzazione al PCC tramite rete a fibre ottiche Gigabit Ethernet
- postazione dedicata al sistema di Localizzazione, localizzata al PCC per la visualizzazione della posizione dei veicoli in linea
- Unità di Bordo dei futuri veicoli per la trasmissione, per mezzo del canale di comunicazione costituito dall'accoppiamento tra antenna e loop, dell'identificativo del veicolo agli apparati di terra e per la ricezione tramite radio Tetra delle informazioni di anticipo/ritardo proveniente dal PCC.

3.2.2.1 Unità di Bordo

Ai fini della localizzazione, la l'Unità di Bordo ha la funzione di:

- trasmettere, per mezzo del canale di comunicazione costituito dall'accoppiamento tra antenna e loop, l'identificativo del veicolo agli apparati di terra

- ricevere tramite radio Tetra delle informazioni di anticipo/ritardo proveniente dal PCC e visualizzarle sulla consolle di bordo

3.2.2.2 Unità di ricezione e trasmissione a terra

Ai fini della localizzazione, la funzione di trasmissione a terra delle informazioni di localizzazione del veicolo, identificativo e posizione, è realizzata dall'Unità di Comunicazione terra/bordo localizzato nella fermata più vicina al punto di rilevamento interessato.

Sono punti di rilevamento i loop posizionati:

- nelle fermate
- in prossimità degli scambi
- in prossimità dei semafori stradali
- in punti di localizzazione isolati

Le informazioni di localizzazione vengono trasmesse al PCC tramite rete Gigabit Ethernet.

3.2.2.3 Postazione per la Localizzazione al PCC

Le funzionalità previste per la postazione centrale sono le seguenti:

- acquisizione e visualizzazione della posizione dei veicoli in linea
- calcolo e visualizzazione dell'anticipo/ritardo dei veicoli in linea

Tali informazioni sono:

- visualizzate sulle workstations degli operatori di PCC per permettere agli stessi di monitorare la posizione dei tram sulla linea
- inviate via radio al conducente del tram per informarlo dello stato di anticipo/ritardo rispetto alla tabella orario
- utilizzate per la generazione delle informazioni audio e video in fermata (tempi di arrivo in banchina, destinazione del tram, approccio del tram in banchina)

3.2.3 GESTIONE RICONOSCIMENTO BANCHINA

Il sistema di bordo dei futuri veicoli dovrà essere in grado di gestire il sistema di riconoscimento banchina tramite il segnale proveniente dalla linea, a supporto del conducente per l'apertura delle porte solo in corrispondenza del lato dal quale i passeggeri possono scendere sulla banchina.

Il meccanismo di predisposizione apertura porte si basa sui seguenti componenti:

- loop in fermata
- antenna di bordo
- Centralina di bordo

La sequenza funzionale prevede i seguenti passi:

1. Il circuito di abilitazione apertura porte è normalmente in condizione di apertura porte disabilitata;
2. il loop di ingresso alla fermata trasmette il proprio ID (identificativo) alla Centralina di bordo;
3. la Centralina di bordo dispone di una tabella di corrispondenza ID di fermata - lato apertura porte;
4. identificato il lato di apertura porte alla fermata, la Centralina di bordo tramite due uscita I/O dovrà comandare il circuito abilitazione apertura; il comando dovrà essere fatto mediante due contatti antivalenti che impongono lo stato di abilitazione SX e disabilitazione DX o viceversa;
5. lo stato assunto da circuito viene restituito tramite ulteriori due contatti alla CU che quindi può verificare la corretta attuazione della impostazione generando un allarme in caso di esito negativo;

6. il macchinista preme il pulsante di apertura porte DX o SX collegati al sistema di apertura tramite il circuito di abilitazione apertura porte;
7. solo se la richiesta del macchinista corrisponde alla preselezione impostata dalla CU le porte si aprono.

3.3 SISTEMA DI SEGNALAMENTO/COMANDO SCAMBI

3.3.1 INTRODUZIONE

Il sistema di segnalamento/comando scambi garantisce la corretta gestione dei movimenti dei veicoli e assicura la opportuna predisposizione della linea ai transiti in tutti i punti interessati da "itinerari", la cui attuazione contemporanea espone i convogli al rischio di collisione.

Il segnalamento per la tramvia è basato sul principio di "marcia a vista": il conducente del tram è responsabile dell'osservanza dei segnali disposti lungo il tracciato e della distanza tra il proprio veicolo e quello che lo precede: i segnali quindi aiutano il conducente nella "marcia a vista" ma ciò non solleva il conducente dalla propria responsabilità.

Solo nell'unica sezione a binario unico della Linea prevista in corrispondenza del ponte sul fiume Reno, è prevista l'installazione di un sistema di terra per "arresto automatico del veicolo" in caso di indebito superamento di un segnale posto a via impedita.

I veicoli di futura acquisizione dovranno essere equipaggiati con la corrispondente apparecchiatura di bordo per l'attuazione pratica dell'arresto automatico comandato dal sistema di terra.

E' da evidenziare che il comando scambi in linea viene realizzato solo ed esclusivamente a livello "locale", ossia ogni singolo scambio, ovvero insieme di scambi da comandare contemporaneamente, viene comandato direttamente dal veicolo che si approssima ad esso; nella postazione di segnalamento del PCC è prevista la rappresentazione grafica della posizione degli scambi di linea, ma non è prevista nessuna funzione di comando degli scambi.

3.3.2 COMPONENTI DEL SISTEMA DI SEGNALAMENTO/COMANDO SCAMBI

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, il sistema è costituito da:

- Unità di Bordo di bordo dei futuri veicoli che, oltre alle funzioni di comunicazione per le funzioni di Localizzazione, permetterà di inviare, per mezzo dello stesso canale di comunicazione costituito dall'accoppiamento tra antenna di bordo e loop a terra, i comandi utili alla formazione dell'itinerario che il tram deve seguire.
- sistema di trasmissione che realizza il trasferimento del comando da bordo a terra basato su accoppiamento induttivo tra antenna a bordo e loop a terra
- unità di ricezione comando e trasmissione alla unità di attuazione
- unità di attuazione, controllo e gestione delle condizioni di sicurezza
- circuiti di binario, che realizzano il controllo di occupazione generando l'eventuale inibizione alla formazione dell'itinerario
- segnale laterale lungo linea di ausilio alla condotta del manovratore che visualizza la posizione del deviatore

3.3.2.1 Unità di Bordo

Ai fini del segnalamento/comando scambi, l'Unità di Bordo ha la funzione di:

- trasmettere, per mezzo del canale di comunicazione costituito dall'accoppiamento tra antenna e loop, l'identificativo del veicolo agli apparati di terra
- ricevere, per mezzo del canale di comunicazione costituito dall'accoppiamento tra antenna e loop, l'identificativo del loop
- elaborare l'itinerario previsto sulla base dell'identificativo del loop e delle tabelle di percorrenza, se previsto l'invio del comando automatico

- trasmettere, per mezzo del canale di comunicazione costituito dall'accoppiamento tra antenna e loop, il comando agli apparati di terra

In caso di invio del comando automatico, l'Unità di Bordo determina l'invio del comando dell'itinerario all'Unità Comando Scambi di terra alla ricezione dell'identificativo del loop

Date le previste condizioni di "marcia a vista", la priorità di azionamento dello scambio è comunque lasciata al macchinista del veicolo. A tale scopo è prevista la possibilità di comando manuale del deviatore attraverso la consolle di bordo.

3.3.2.2 Sistema di Trasmissione Bordo/Terra

Ai fini del segnalamento/comando scambi, il sistema di trasmissione bordo/terra ha la funzione di:

- realizzare il trasferimento dell'identificativo del veicolo da bordo a terra tramite accoppiamento induttivo tra antenna a bordo e loop a terra
- realizzare il trasferimento dell'identificativo del loop da terra a bordo tramite accoppiamento induttivo tra antenna a bordo e loop a terra
- realizzare il trasferimento del comando scambio da bordo a terra tramite accoppiamento induttivo tra antenna a bordo e loop a terra, sia esso generato automaticamente che manualmente dall'operatore

3.3.2.3 Unità di Ricezione e Trasmissione

Ai fini del segnalamento/comando scambi, la funzione di trasmissione a terra delle informazioni di comando scambio è normalmente realizzata dall'Unità di Comunicazione terra/bordo localizzata nella fermata più vicina allo scambio interessato.

3.3.2.4 Unità di Comando Scambi

L'Unità di Comando Scambi è responsabile del controllo della movimentazione delle casse di manovra e garantisce l'attuazione in sequenza delle seguenti funzioni:

- ricezione delle richieste di attuazione attraverso loop di comunicazione
- verifica, attraverso i circuiti di binario di eventuali incongruenze tra itinerario richiesto e stato degli enti, abilitando la formazione dell'itinerario solo in assenza di incongruenze (o a seguito della liberazione dei cdb stessi)
- controllo e predisposizione dei segnali tranviari (costituiti da due o più luci) e indicazione al conducente della posizione degli aghi dello scambio mediante segnali luminosi
- blocco degli itinerari conflittuali
- attuazione sequenziale degli itinerari richiesti (dopo il transito del veicolo sullo scambio e la successiva liberazione "di coda", i sistemi di gestione dello scambio si predispongono a "via libera" in modo da consentire l'accesso di un secondo veicolo).
- rilevamento dei treni attraverso i circuiti di binario

In caso di guasto di un c.d.b. l'informazione trasmessa all'apparato sarà quella di occupazione.

Ogni singolo deviatoio può essere comandato solo dal veicolo che si approssima ad esso senza alcuna possibilità di intervento da parte dell'operatore del PCC.

3.3.2.5 Postazione Centrale per il Segnalamento/Comando Scambi

Le funzionalità previste per la postazione centrale sono le seguenti:

- monitoraggio della posizione degli scambi
- monitoraggio dello stato dei segnali
- monitoraggio dello stato dei circuiti di binario
- stato e diagnostica degli apparati di controllo in campo

Tali informazioni sono:

- visualizzate sulle workstations degli operatori di PCC per permettere agli stessi di monitorare la posizione di scambi e segnali

- messe a disposizione dell'operatore di manutenzione

3.3.3 *SEGNALAMENTO DEL DEPOSITO PRINCIPALE*

3.3.3.1 *Introduzione*

Il sistema di segnalamento di deposito garantisce la corretta gestione degli itinerari in ingresso/uscita dal Deposito predisposti dal Dirigente Movimento del Deposito presso il Posto di Controllo del Deposito (PCD).

3.3.3.2 *Componenti del sistema di Segnalamento del Deposito Principale*

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, il sistema di segnalamento del Deposito Principale è costituito da:

- Unità di attuazione, controllo e gestione delle condizioni di sicurezza
- circuiti di binario, che opportunamente posizionati in relazione alle esigenze di esercizio, realizzano il controllo di occupazione generando l'eventuale inibizione alla formazione degli itinerari o liberando gli scambi rendendo possibile l'attuazione di nuovi itinerari;
- segnali laterali o di ausilio alla condotta del manovratore che visualizza lo stato di stop and go
- display in ingresso al deposito che indica al conducente del tram la destinazione impostata dal PCD
- Postazione operatore del PCD

3.3.3.3 *Unità di Comando Scambi*

L'Unità di Comando Scambi è proposta alla movimentazione delle casse di manovra del deposito e garantisce l'attuazione in sequenza delle seguenti funzioni:

- ricezione delle richieste di attuazione da PCD o pannello richiesta ricovero

- verifica, attraverso i circuiti di binario e/o mass detector di eventuali incongruenze tra itinerario richiesto e stato degli enti, abilitando la formazione dell'itinerario solo in assenza di incongruenze
- movimentazione delle casse di manovra
- controllo e predisposizione dei segnali tranviari e indicazione al conducente della costruzione dell'itinerario mediante segnali luminosi
- blocco degli itinerari conflittuali
- attuazione sequenziale degli itinerari richiesti
- rilevamento dei treni attraverso i circuiti di binario

Al Posto di Controllo di Deposito viene riportata la posizione in tempo reale dei deviatori, dei segnali e dei circuiti di binario.

3.3.3.4 Postazione operatore del PCD

Nel deposito è prevista una postazione a disposizione del Dirigente Movimento per la gestione dei movimenti dei tram all'interno del deposito stesso.

La postazione è presidiata e tutte le operazioni di instradamento sono comandate dall'operatore a seguito delle richieste provenienti dai tram.

Le funzionalità previste per la postazione operatore di deposito sono le seguenti:

- monitoraggio e comando degli scambi del deposito
- monitoraggio dello stato dei segnali del deposito
- monitoraggio dello stato dei circuiti di binario del deposito
- acquisizione e visualizzazione della posizione dei veicoli nel deposito
- stato e diagnostica degli apparati di controllo in deposito

3.3.4 SEGNALAMENTO DEL DEPOSITO AUSILIARIO "PILASTRO"

3.3.4.1 Introduzione

Per le ridotte dimensioni del Deposito Ausiliario "Pilastro", non si è ritenuto necessario predisporre una postazione a disposizione del Dirigente Movimento per la gestione dei movimenti dei tram all'interno del deposito stesso.

In questo senso, il sistema di segnalamento del deposito ausiliario sarà analogo a quello della piena linea e gestito da un'unica Unità di attuazione, controllo e gestione delle condizioni di sicurezza. I movimenti di ingresso e uscita dal deposito avverranno con l'intervento diretto del conducente.

3.3.4.2 Componenti del sistema di Segnalamento del Deposito Ausiliario

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, il sistema di segnalamento del Deposito Ausiliario è costituito da:

- Unità di attuazione, controllo e gestione delle condizioni di sicurezza
- circuiti di binario, che opportunamente posizionati in relazione alle esigenze di esercizio, realizzano il controllo di occupazione generando l'eventuale inibizione alla formazione degli itinerari o liberando gli scambi rendendo possibile l'attuazione di nuovi itinerari;
- segnali laterali o di ausilio alla condotta del manovratore che visualizza lo stato di stop and go
- pulsantiera da palo per la selezione manuale degli itinerari di ingresso in caso di necessità.

3.4 SISTEMA DI PRIORITA' SEMAFORICA

3.4.1 INTRODUZIONE

L'asservimento semaforico ha l'obiettivo di garantire il rispetto dell'orario teorico, al fine di fornire un servizio regolare agli utenti.

In condizioni di normale svolgimento dell'esercizio, il tram che approccia un incrocio regolato da semaforo invia, per mezzo della unità integrata di bordo, all'unità di terra, attraverso il ricevitore di terra, la richiesta di asservimento semaforico.

L'unità di terra, tramite la rete in fibra ottica di linea, inoltra tale richiesta al Server di Localizzazione del PCC, il quale, tramite collegamento su rete telefonica nazionale o fibra ottica dedicata, inoltra tale richiesta alla Centrale di Gestione della rete semaforica della Città di Bologna.

Sarà responsabilità della Centrale di Gestione della rete semaforica della Città di Bologna la verifica della possibilità di concedere il "via libera" al tram in approccio al dato incrocio semaforizzato e, in caso positivo, l'attuazione del comando.

Superato l'incrocio semaforizzato, il tram invia, per mezzo della unità integrata di bordo, all'unità di terra, attraverso il ricevitore di terra, la richiesta di liberazione.

3.4.2 COMPONENTI DEL SISTEMA DI PRIORITÀ SEMAFORICA

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, il sistema è costituito da:

- Unità di bordo dei futuri veicoli per la trasmissione, per mezzo del canale di comunicazione costituito dall'accoppiamento tra antenna a bordo e loop a terra, sia della richiesta di preferenziazione semaforica sia della richiesta di liberazione.
- sistema di trasmissione che realizza il trasferimento dell'identificativo del veicolo da bordo a terra basato su accoppiamento induttivo tra antenna e loop;
- unità di ricezione richiesta di preferenziazione semaforica e trasmissione della richiesta al server di Localizzazione al PCC, per l'inoltro alla Centrale di Gestione della rete semaforica della Città di Bologna

3.4.2.1 Unità di Bordo

Ai fini della preferenziazione semaforica, l'Unità di bordo ha la funzione di trasmettere, per mezzo del canale di comunicazione costituito dall'accoppiamento tra transponder e loop, la richiesta agli apparati di terra

3.4.2.2 Sistema di trasmissione bordo terra

Ai fini della preferenziazione semaforica, il sistema di trasmissione bordo/terra ha la funzione di realizzare il trasferimento della richiesta del veicolo da bordo a terra tramite accoppiamento induttivo tra transponder e loop.

3.4.2.3 Unità di ricezione e trasmissione

Ai fini dell'asservimento semaforico, la funzione di trasmissione a terra delle richieste di preferenziazione e di liberazione sono normalmente realizzate dall'Unità di comunicazione terra/bordo localizzata nella fermata più vicina al semaforo interessato.

3.4.2.4 Postazione per la Localizzazione al PCC

Ai fini dell'asservimento semaforico, le funzionalità previste per la postazione centrale di Localizzazione dei veicoli in linea sono le seguenti:

- acquisizione e visualizzazione della posizione dei veicoli in linea
- l'inoltro alla Centrale di Gestione della rete semaforica della Città di Bologna della richiesta di priorità o della comunicazione di liberazione dell'incrocio.

Tali informazioni sono comunque visualizzate sulle workstations degli operatori di PCC per permettere agli stessi di monitorare anche le informazioni relative alla priorità dei veicoli in linea.

3.4.3 PASSI CARRAI

Nonostante la particolarità di queste intersezioni, il principio di funzionamento dell'asservimento semaforico è analogo a quello già descritto per gli incroci semaforizzati.

L'unica differenza è costituita dalla necessità di rilevare la presenza di un veicolo privato in stazionamento sulla sede tranviaria, tramite una spira opportunamente posizionata e connessa direttamente al centralino semaforico.

E' il caso di un veicolo che ha impegnato l'incrocio con il tram prima del sopraggiungere di questo, ma che, a causa del traffico sulla sede stradale, tarda ad immettersi su di essa.

Tale informazione deve inibire la possibilità di concedere il via libera al tram. In questo caso, quindi, nonostante la richiesta di priorità semaforica avanzata dal mezzo pubblico, il sistema di controllo e comando impone la segnalazione di via impedita al tram sino a che l'intersezione non è stata liberata.

3.5 IMPIANTI SEMAFORICI

3.5.1 PREMESSA

Nell'ambito della realizzazione della linea tramviaria, gli impianti semaforici stradali esistenti dovranno essere in parte riadattati in ragione del nuovo assetto viabilistico derivante dall'inserimento della linea tranviaria stessa.

Altri impianti semaforici dovranno essere realizzati ex-novo.

E' evidente che, sia la rivisitazione degli impianti semaforici esistenti, che la realizzazione di nuovi impianti comporteranno il conseguente adattamento della esistente Centrale di Gestione della rete semaforica della Città di Bologna.

Gli standard impiantistici e realizzativi saranno allineati con quelli normalmente adottati nelle recenti realizzazioni sul territorio, e con le normative specifiche di settore.

Il sistema semaforico, oltre alla gestione efficiente dell'attraversamento pedonale e veicolare degli incroci semaforizzati e dei passi carrai, provvederà ad assegnare la priorità al veicolo tramviario in approccio, del quale argomento si è trattato in altra sezione della presente relazione.

3.5.2 COMPONENTI DI IMPIANTO

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, un impianto semaforico tipo risulta essere costituito dai seguenti elementi, nel seguito più diffusamente descritti:

- Regolatore Semaforico
- Lanterne Semaforiche
- Sostegni
- Pulsante Pedonale
- Messa a terra
- Cavi

3.5.2.1 *Regolatore Semaforico*

Sono previsti due differenti tipologie di regolatore semaforico, uno per le intersezioni veicolari ed uno per quelle pedonali.

Entrambi i tipi di Regolatore Semaforico avranno la caratteristica di essere interfacciabili con l'esistente Centrale di Gestione della rete semaforica della Città di Bologna.

In generale, il regolatore avrà la capacità ed essere equipaggiato per realizzare almeno le seguenti funzioni:

- Interfaccia operatore con visualizzazione in chiaro almeno delle seguenti informazioni:
 - Stato funzionale
 - Diagnostica
 - Emergenze
 - Dati contenuti in memoria

- Gestione dell'impianto semaforico, o di una maglia d'impianti (regolatori slave), mediante un algoritmo di controllo personalizzabile, che generi in tempo reale ed in modo dinamico i tempi di verde per la gestione di ciascun flusso in funzione dell'andamento del traffico e delle sue variazioni.
- Gestione dell'impianto semaforico con modalità personalizzabili secondo un flow chart definibile da utente.
- Capacità di generare (regolatore master) e/o ricevere (regolatore slave) comandi, tramite linea seriale, in funzione di condizioni rilevate sull'impianto o di comandi inviati dall'operatore.
- Monitoraggio di tutte le lampade delle lanterne semaforiche per verificarne la corretta funzionalità e segnalare la bruciatura di una singola lampada.
- Raccolta e archiviazione dati traffico volumetrici.
- Archiviazione dati storici di funzionamento.
- Archiviazione dati inerenti allarmi insorti, comprendenti oltre a quelli identificanti l'allarme vero e proprio almeno i seguenti ulteriori dati:
 - data;
 - valore tensione di rete;
 - valore temperatura interna al regolatore;
 - stato dei registri interni del regolatore.

Il regolatore semaforico sarà strutturato per poter gestire almeno:

- 40 Gruppi semaforici (120 uscite di potenza);
- 30 Uscite digitali a relè;
- 72 Ingressi digitali;

- 16 Programmi selezionabili da remoto o da tabella oraria con datario settimanale e annuale.

In considerazione della particolare importanza rivestita dalla sicurezza in un impianto semaforico, il regolatore sarà equipaggiato con una serie di circuiti di controllo strutturati in modo ridondante e su Hardware differenziati, costituiti da microprocessori indipendenti da quello di gestione e sensori di tensione e di corrente su tutte le uscite

In particolare i sensori di tensione sulle luci verdi saranno raddoppiati per garantire le condizioni di sicurezza sulla lettura dello stato della luce.

I controlli standard di cui l'apparecchiatura dovrà essere dotata sono:

- controllo su tutte le uscite della corretta corrispondenza al diagramma programmato;
- controllo sull'accensione delle luci verdi secondo una matrice di compatibilità programmabile;
- controllo dell'intertempo fra le luci verdi (Intergreen Time Control) secondo una matrice di compatibilità programmabile;
- controllo sui tempi minimi di accensione delle luci verdi;
- controllo sul corretto spegnimento delle luci rosse secondo una matrice di compatibilità programmabile;
- controllo amperometrico per il rilevamento della bruciatura delle lampade rosse;
- controllo di "watch-dog" sui microprocessori;
- controllo incrociato di corretto funzionamento fra i microprocessori.

L'intervento di detti controlli porrà l'impianto in condizioni d'emergenza (Lampeggio), sezionando inoltre l'alimentazione alle lampade verdi e rosse.

Oltre ai controlli d'emergenza l'apparecchiatura effettuerà anche i seguenti controlli e/o azioni:

- azione di filtro secondo una matrice di compatibilità programmabile, atta ad impedire che la CPU possa trasferire comandi incompatibili ai moduli di I/O;
- controllo amperometrico con auto apprendimento del carico presente su tutte le uscite per rilevare e segnalare la bruciatura di una singola lampada.

Nel regolatore saranno residenti una serie di controlli diagnostici operanti, sia in modo on-line sia off-line, allo scopo di facilitare l'intervento manutentivo per l'identificazione delle parti in avaria nel regolatore stesso e sull'impianto, quali ad esempio:

- memorie;
- porte seriali;
- uscite;
- ingressi.

La diagnostica consentirà inoltre di accedere ai registri interni di macchina per esaminare in dettaglio le condizioni registrate negli ultimi 100 ms prima dell'insorgere di una condizione d'emergenza.

Il regolatore sarà equipaggiato con un pannello di visualizzazione e programmazione che può essere posto anche in una postazione distante dal regolatore stesso, dotato di:

- display di tipo LCD da almeno 80 caratteri per la visualizzazione dello stato funzionale, dei messaggi d'allarme e diagnostica;
- tastiera personalizzata per la gestione e la programmazione.

L'interfaccia uomo macchina sarà particolarmente curata sia per gli aspetti diagnostici sia per quelli di programmazione. Infatti sul pannello dovranno essere visualizzati in chiaro i messaggi indicanti lo stato funzionale del regolatore, le condizioni di allarme i risultati dei test diagnostici e i dati di programmazione del regolatore.

Il software di base dovrà essere strutturato per consentire una facile soluzione delle necessità richieste dagli incroci più semplici e dovrà consentire di risolvere facilmente anche le situazioni più complesse sino ad arrivare alla generazione in tempo reale dei tempi di verde in funzione dell'andamento del traffico.

La programmazione del regolatore dovrà poter essere realizzata tramite pannello residente o tramite PC con un software dedicato operante sotto sistema operativo WINDOWS, che consenta, sul PC medesimo, anche la prova dei programmi realizzati, con visualizzazione dell'accensione delle lanterne semaforiche e possibilità d'immissione tramite tastiera, di comandi interattivi per la simulazione degli eventi esterni.

La funzione di Upload e Download dei programmi dovrà essere realizzata senza interruzione del servizio.

I dati di programmazione del regolatore dovranno essere sottoposti a password per motivi di sicurezza e dovranno essere residenti su memorie di tipo EPROM FLASH per il mantenimento delle informazioni senza batterie di back-up.

Il software di programmazione dovrà consentire inoltre il colloquio con la CPU del regolatore per effettuare il prelievo dei file di archivio dati contenuti nella memoria del regolatore.

Il regolatore dovrà essere completamente modulare secondo il formato EUROSTANDARD.

I moduli base costituenti l'apparecchiatura dovranno essere:

- MODULO Alimentatore
- MODULO Alimentatore circuiti aux
- MODULO Unità centrale
- MODULO Pannello di comando
- MODULO Interfaccia di I/O (12 Uscite + 4 Ingressi + Sensori corrente e tensione)
- MODULO GPS per Sincronizzazione Orologio da sistema satellitare
- MODULO Interfaccia remota

In fine, il regolatore avrà almeno le seguenti caratteristiche tecniche generali:

- Tensione di alimentazione 230 V -20% +15%
- Potenza max. installabile su ogni uscita 800 W
- Protezione uscite fusibili da 4A tipo EF Insensibilità ai buchi di tensione sino a 100 ms
- Temperatura di funzionamento $-20^{\circ}\text{C} \div +70^{\circ}\text{C}$

Il regolatore sarà contenuto in armadio stradale in poliestere caricato e stampato a caldo, Grado di Protezione: IP55.

3.5.2.2 Lanterne Semaforiche

Le lanterne semaforiche si suddividono in:

- Lanterne semaforiche normali: sono le lanterne veicolari “a luce piena” destinate all’uso generico;
- lanterne semaforiche di corsia: sono normali lanterne veicolari con una freccia indicante la direzione dei veicoli cui si riferiscono; tali lanterne quindi possiedono una freccia verde, una gialla e una rossa;
- lanterne per i mezzi di servizio pubblico (conosciute come “barra tram”): il giallo è costituito da un triangolo giallo su fondo nero, mentre il rosso è una barra bianca orizzontale e il verde una barra bianca verticale, con a fianco una barra bianca obliqua nel caso di percorso con svolte;
- lanterne pedonali: assumono il medesimo aspetto di quelle veicolari, con la differenza del disegno di una silhouette rappresentante un pedone fermo per le luci gialla e rossa e un pedone in movimento per la luce verde; la durata della luce gialla, deve essere sufficiente ai pedoni per completare l’attraversamento, prima che inizi il tempo del verde veicolare in conflitto con essi; questo significa che il giallo pedonale non potrà essere contemporaneo al veicolare, come avveniva in passato, ma il tempo di verde pedonale dovrà essere ridotto, per consentire poi un tempo di giallo adeguato allo sgombero dei pedoni.

Le lanterne semaforiche avranno le lampade a LED.

Le lanterne semaforiche avranno almeno caratteristiche specificate di seguito.

- Costruzione modulare ad elementi componibili D.200 e D.300 mm;
- Sportelli ad innesto rapido e dispositivo di chiusura con rotazione 90° ,completi di lente in policarbonato;
- Visiere paraluce ad innesto rapido con inserti a rotazione differenziata anticaduta accidentale;

- Attacchi per supporti a palo D.102 (gomito con tronchetto e paletta) e/o a richiesta per "Band-it", sospensione palo sbraccio o su fune.

Le lanterne semaforiche saranno realizzate in policarbonato colorato in pasta all'origine in colore verde assimilabile al RAL 6009, stabilizzato U.V.

Le lenti saranno realizzate in policarbonato colorato in pasta all'origine nei colori rosso-giallo-verde con caratteristiche cromatiche secondo norma EN 12368.

Le connessioni elettriche saranno realizzate con cavi unipolari aventi sezione 1,5 mm² a marchio IMQ, in numero di uno per ciascun portalampe più uno per la connessione comune.

Le lanterne avranno grado di protezione IP55 con certificato di conformità CESI o altro laboratorio ufficialmente riconosciuto.

Le lanterne saranno a doppio isolamento, classe: "II" secondo norme CEI.

La lanterna semaforica dovrà possedere l'omologazione rilasciata dal Ministero dei Lavori Pubblici.

I pannelli di contrasto per le lanterne semaforiche veicolari montate al di sopra della carreggiata devono essere in alluminio a fondo nero con bordo bianco secondo la fig. II 462 Art. 168 del D.P.R. 495 al 16/12/92 nelle seguenti dimensioni:

- 600x900 mm. atto a contenere lanterna veicolare 3x210 mm;
- 700x1000 mm atto a contenere lanterna veicolare 2x210 mm + 1x300 mm;
- 900x1350 mm. atto a contenere lanterna veicolare 3x300 mm oppure 2x210mm + 1x300 mm;

I pannelli di contrasto devono essere di alluminio 15/10 verniciato a fondo nero con vernici epossidiche a forno.

3.5.2.3 Sostegni

Le paline semaforiche avranno le seguenti caratteristiche:

- Esecuzione in acciaio S235jo a sezione tonda, fabbricati in unico pezzo con saldatura continua longitudinale sull'intera lunghezza secondo norme EN 10025.
- zincatura a caldo per immersione secondo norme EN 40.5;
- diametro 102 mm;

- spessore minimo 2,5 mm;
- altezza 3600 mm;
- foro ingresso cavi e bullone di messa a terra.

Le paline poste a distanza minore di 3m rispetto all'asse del binario, dovranno essere in vetroresina, al fine del rispetto della norma EN 50122-1.

Le paline dovranno essere dotate di supporti in policarbonato per il montaggio di un massimo di quattro lanterne, completi di morsettiera con almeno 14 morsetti facilmente ispezionabile e accessibile.

I pali a sbraccio saranno calcolati, secondo norme vigenti, per sopportare oltre ai carichi propri del palo anche le necessarie lanterne semaforiche montate sullo sbraccio e complete del relativo pannello di contrasto, in condizioni di vento avente una velocità massima di 145 km/h.

I pali avranno le seguenti caratteristiche costruttive:

- realizzazione in 2 pezzi da assemblare al montaggio mediante giunto meccanico e bulloni di bloccaggio;
- esecuzione rastremata a sezione circolare in tronchi di tubo imbutiti di acciaio S235jr, fra di loro saldati secondo metodo omologato R.I.N.A e norme ANSI/AWS D1.1;
- spessore minimo della parte diritta 4 mm;
- spessore minimo dello sbraccio 3,2 mm;
- zincatura a caldo per immersione secondo norme EN 40.5;
- foro ingresso cavi e bullone di messa a terra;
- cava dotata di portella di ispezione e morsettiera composta da almeno 10 morsetti realizzata ad un'altezza di 1000 mm da terra.

3.5.2.4 Pulsante di chiamata Pedonale

Il contenitore del pulsante di chiamata pedonale dovrà essere in policarbonato con resistenza meccanica sufficiente a ridurre eventuali danni provocati da atti vandalici. Rispondente ad un grado di protezione minimo IP 55.

Il frontale del pulsante porterà in modo indelebile la scritta "CHIAMATA. PEDONALE".

Il pulsante sarà realizzato con doppio contatto, bloccato sul frontale in modo da non essere asportabile.

Il pulsante sarà stampato in un unico blocco con il contenitore con la possibilità di fissaggio al palo tramite bulloni, o band-it.

Il pulsante sarà dotato di spia luminosa realizzata con una finestrella trasparente, posta sotto il pulsante, ed illuminata a LED ad alta luminosità, situati su un circuito stampato.

3.5.2.5 *Messa a terra*

Gli impianti semaforici prevedono la messa a terra dei sostegni e delle altre parti metalliche, collegati mediante conduttore tipo N07V-K 450/750V con sezione di 16 mm², ad una dorsale di terra non inferiore ai 35 mm² del tipo nudo cordato e/o a puntazze di terra dedicate.

Le connessioni tra conduttori e dorsale saranno realizzate mediante morsetti.

La resistenza dell'impianto di messa a terra dovrà avere un valore inferiore a 20 Ω (norma CEI 64/8).

Si evidenzia che le paline poste a distanza minore di 3 m rispetto all'asse del binario devono essere in materiale isolante (vetroresina) o in metallo se collegate al diodo di sgancio della rotaia.

Quanto sopra decade se per le protezioni contro contatti indiretti si utilizzano sistemi in bassissima tensione (detti anche di categoria 0 se $\leq 50\text{Vac}$) tipo SELV cioè una alimentazione da fonte autonoma (batteria) o trasformatore a doppio isolamento di sicurezza. In questi sistemi non deve assolutamente esistere il collegamento verso terra.

3.5.2.6 *Cavi*

I cavi per gli impianti semaforici dovranno essere del tipo per energia e segnalazioni – Isolanti in gomma etilenpropilenica, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi.

4. TELECOMUNICAZIONI E SISTEMA DI TELECOMANDO/TELECONTROLLO

4.1 TELECOMUNICAZIONI

4.1.1 INTRODUZIONE

Il presente capitolo descrive gli impianti di Telecomunicazione al servizio della linea Tramviaria ed in particolare:

- Sistema di trasmissione a fibre ottiche;
- Impianto TVCC
- Impianto Diffusione Sonora
- Impianto Telefonico/Telefonico d'Emergenza
- Pannelli Informativi di Informazione al Pubblico
- Sistema Radio
- Sistema di Sincronizzazione Oraria

In presente capitolo descrive anche il sistema di Tariffazione

4.1.2 SISTEMA DI TRASMISSIONE A FIBRE OTTICHE

Il sistema di trasmissione impiegato per la Linea Tramviaria è costituito da una rete Gigabit Ethernet IEEE 802.3z con struttura ad anello; essa trasporta, mediante dispositivi switch di tipo L3 e L2+, i servizi di comunicazione dati e fonia tra le fermate ed il Posto Centrale di comando e Controllo (PCC). Ogni switch è collegato in anello realizzando una protezione da singolo guasto e garantendo così il reinstradamento del traffico dati in caso di guasto o rottura di un link; i tempi di riconfigurazione di ogni anello saranno inferiori al secondo. La connessione tra utenze dati/fonia e apparati in campo verrà realizzata con interfacce Ethernet 10/100 Mb, ed ogni fermata, deposito e Sotto Stazione Elettrica verrà equipaggiata con un numero di switch necessari a coprire le esigenze di accesso alla rete.

4.1.2.1 Architettura del sistema

Il protocollo di rete impiegato è il protocollo IP (Internet Protocol). Per il trasporto, invece, sono adottati il protocollo UDP o il protocollo TCP secondo la particolare applicazione, una caratteristica essenziale degli apparati installati è la possibilità di realizzare Virtual LAN (VLAN) raggruppando in maniera adeguata porte di qualsiasi nodo della rete.

Ciascun nodo della rete è costituito da apparati che effettuano switching di livello 2+ su una configurazione ad anello realizzata su dorsale ottica. Saranno richieste alcune caratteristiche del livello 3 quali la gestione del QoS, la gestione di almeno 5 vlan e, in modo particolare nelle fermate la gestione del protocollo IGMP Snooping per l'ottimizzazione del traffico multicast.

I collegamenti tra nodi adiacenti sono di tipo Gigabit Ethernet, con capacità trasmissiva di 1 Gbit/s, su fibra ottica monomodale, mentre i link alle apparecchiature connesse localmente sono di tipo Ethernet/Fast Ethernet 10BaseT o 100BaseTX, con capacità trasmissiva di 10/100 Mbit/s.

Nella presente descrizione si adotta la denominazione "sistema di trasmissione" per indicare l'insieme della rete Gigabit Ethernet ovvero la rete di trasmissione ottica con i protocolli adottati e gli apparati di fermata che consentono l'accesso delle apparecchiature in campo (telefoni VoIP, orologi, etc.) alla rete stessa: switch L2+, switch L3, Media Converter, Line server, switch.

Le utenze di fermata saranno collegate direttamente alla rete gigabit Ethernet attraverso le porte Ethernet 10/100 degli switch.

Al centro (PCC), testa dell'anello di linea, sono previsti n. 3 switch collegati ad anello in modo da garantire la protezione da singolo guasto.

Nelle Sotto Stazioni Elettriche sono previsti switch industriali a 6 porte RJ45, consentendo la gestione delle utenze Ethernet di SSE (telefonia VoIP).

Per la gestione della Telefonia per le SSE nel deposito, a differenza delle SSE lungo linea, è previsto un telefono digitale e collegandolo direttamente al PABX di deposito.

Lo switch di deposito è inserito nell'anello di linea; è previsto uno switch che consenta di interfacciare alla rete di trasporto fino a 20 utenze.

Tutti gli apparati di fermata saranno connessi o direttamente allo switch o mediante line server se gli apparati fossero muniti di sole interfacce seriali (RS232, RS485, RS422).

4.1.2.2 *Dorsale in fibra ottica*

La dorsale in fibra ottica costituisce il supporto fisico per la connessione dei diversi nodi di fermata e di PCC. In particolare, è previsto un cavo a 12 fibre monomodali sul lato pari, ed uno, con le stesse caratteristiche, sul lato dispari del sedime tranviario opportunamente sezionati per realizzare un anello di linea. In particolare, l'anello è realizzato con due fibre ottiche (due fibre in entrata e due fibre in uscita per ciascuna fermata); adeguati cassette ripartitori ottici all'interno degli armadi di telecontrollo siti al PCC e nelle fermate consentiranno l'estrazione delle fibre necessarie al collegamento degli apparati. La tecnologia impiegata è in grado di supportare le dorsali ottiche costituite dalle fibre più diffuse in commercio ed in particolare, le fibre monomodali 10/125 μ m (ITU-T G.652).

4.1.2.3 *Sistema di gestione NMS*

La gestione e la manutenzione del sistema sarà garantita da una applicazione software grafica di semplice ed immediato impiego. L'interfaccia grafica consente una veloce identificazione dei problemi ed il logger mantiene traccia di tutti gli eventi significativi avvenuti. Il sistema di management, comunque, non è vincolato ad un nodo specifico della rete ed eventualmente, può essere escluso conservando le piene caratteristiche di affidabilità e di ridondanza dell'intero sistema.

Il software NMS sarà installato in una workstation specifica situata nella sala calcolatori del PCC.

4.1.2.4 *Apparati*

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, oltre ai cavi in fibra ottica, il sistema di trasmissione sarà costituito dai seguenti apparati:

- Apparati di PCC

L'anello che connette le varie fermate sarà chiuso con l'anello principale di PCC per mezzo di switch 24 porte Ethernet 10/100/1000 baseT Layer 3 e Layer 2;

- Apparati di Deposito

In deposito è previsto uno switch Layer 2 equipaggiato a 24 porte RJ45 con 2 porte gigabit Ethernet SM per connettersi all'anello di Linea. Il suddetto switch può gestire fino a 24 porte RJ45.

- Apparati di fermata

Switch di fermata con 16 porte 10/100 base T FastEthernet MM FO e due porte Gigabit Ethernet Switch di banchina con 5 porte Ethernet e di una porta FastEthernet MM FO.

- Apparati SSE

Le Sotto Stazioni Elettriche verranno equipaggiate con switch industriali a 4 porte RJ45, consentendo la gestione della telefonia VoIP in SSE, e con switch industriali a 5 porte Ethernet e di una porta FastEthernet 100baseSX per le funzioni di Telecomando e Telecontrollo

4.1.2.5 Funzionalità aggiuntive

Nelle successive fasi progettuali, in dipendenza di specifiche determinazioni dell'Amministrazione, la Rete a Fibre ottiche potrà essere esteso a punti notevoli del tracciato tramviario o ricadenti in prossimità dello stesso, e siti di particolare interesse.

Tali collegamenti, oltre che permettere di estendere la rete di videosorveglianza, di cui si dirà nel seguito, permetteranno l'installazione di Pannelli a messaggio variabile la cui gestione, oltre che presso il PCC, potrebbe essere remotizzata presso altri Enti (Polizia Municipale, Forze di Polizia, VVF, ecc) per informare la cittadinanza su eventi di particolare interesse o per semplici informazioni di servizio (traffico stradale congestionato, percorsi alternativi, incidenti, emergenze, ecc).

4.1.3 IMPIANTO TVCC

L'impianto TeleVisione a Circuito Chiuso (TVCC) ha lo scopo di consentire, 24 ore su 24, la videosorveglianza delle fermate dislocate lungo la linea tranviaria da parte del personale operante presso il Posto di Controllo Centrale, al fine di:

- verificare il corretto svolgimento del servizio di trasporto passeggeri
- agevolare il personale operativo ad effettuare le opportune richieste di intervento presso le stesse fermate in caso di necessità
- permettere di effettuare, da parte degli enti competenti, analisi di particolari eventi avvenuti nelle fermate, utilizzando la registrazione che il sistema TVCC effettua delle immagini selezionate dagli operatori del PCC

4.1.3.1 Architettura del sistema

Il sistema si basa su un'architettura periferia-centro, dove:

- il centro è costituito dall'insieme delle apparecchiature di supervisione del sistema stesso collocate al Posto di Controllo Centrale (PCC)
- la periferia è costituito dall'insieme delle apparecchiature TVCC dislocate nelle fermate lungo il percorso tranviario

La comunicazione tra centro e periferia è garantita dal protocollo IP della rete multiservizio Gigabit Ethernet.

I due principali elementi che caratterizzano l'architettura periferia-centro dell'impianto in oggetto sono la digitalizzazione delle informazioni video ed il loro trasporto su rete IP. La prima caratteristica consente ai flussi video di poter essere trattati con opportuni algoritmi di compressione, al fine di ridurre sia la banda trasmissiva necessaria al loro trasporto che lo spazio per il loro immagazzinamento.

L'utilizzo della rete IP, invece, permette la distribuzione delle immagini digitalizzate provenienti dalle fermate verso i decodificatori digitali-analogici presenti al PCC, eliminando la necessità di utilizzo di apposite matrici di commutazioni fisiche.

4.1.3.2 Posto Centrale di Controllo

Gli apparati ubicati nel Posto di Controllo Centrale garantiscono la funzione di controllo e gestione centralizzata dell'impianto TVCC.

In particolare il sistema TVCC al PCC sarà così composto:

- n°1 Postazione Operatore Linea
- n°1 Postazione Supervisore
- n°1 Central Configuration Server

La postazione operatore e la postazione supervisore sono in grado di gestire il sistema TVCC per quanto riguarda la visualizzazione su monitors delle immagini provenienti dalle banchine selezionate.

Il Central Configuration Server è invece preposto alla configurazione remota dei codec di fermata e alla registrazione delle immagini.

4.1.3.3 Fermata

In corrispondenza delle banchine di fermata saranno installate telecamere a colori con ottica fissa.

Le fermate interessate saranno dotate di un codec collegato tramite porta Ethernet allo switch di fermata.

Le telecamere, dotate di grado di protezione IP65, saranno installate in esterno, in posizione tale da permettere la piena copertura visiva delle aree sorvegliate e, nel contempo, scoraggiare eventuali atti di vandalismo.

Si prevede l'installazione di una telecamera all'interno della struttura del "Totem" di ciascuna banchina.

4.1.3.4 Punti notevoli del tracciato

Nelle successive fasi progettuali, in dipendenza di specifiche determinazioni dell'Amministrazione, il sistema TVCC potrà essere esteso a punti notevoli del tracciato tramviario o ricadenti in prossimità dello stesso, e siti di particolare interesse.

Le immagini riprese in tali punti notevoli o siti di interesse, oltre che al PCC potranno essere remotizzate presso altri Enti (Polizia Municipale, Forze di Polizia, VVF, ecc) al fine del controllo e della gestione di eventuali emergenze.

4.1.3.5 Funzionalità del sistema

Le principali funzionalità del sistema TVCC in oggetto sono:

- selezione delle banchine per la visualizzazione contemporanea delle immagini al PCC su monitors
- registrazione video delle immagini visualizzate al PCC
- titolazione delle immagini
- selezione automatica e visualizzazione delle immagini in caso di allarme in fermata
- visualizzazione dell'orario
- configurazione e diagnostica dei codec da postazione remota

L'operatore di PCC sarà in grado di selezionare e visualizzare su monitors le immagini provenienti dalle banchine dotate di telecamere di videosorveglianza, fino ad un numero adeguato di immagini contemporanee. Quest'ultime saranno di tipo a colori full motion.

Gli operatori al PCC saranno in grado di registrare le immagini visualizzate su monitors e di memorizzarle per un periodo di tempo approssimativamente non superiore ad una settimana. Tali registrazioni potranno essere quindi periodicamente trasferite ed archiviate su opportuni hard disk o supporti ottici dedicati per far posto a nuove registrazioni.

Tutte le immagini presentate sui monitor al PCC avranno in sovrapposizione il nome o l'acronimo di fermata/banchina da cui provengono. Nella registrazione, oltre alla suddetta informazione, sarà inserita anche quella oraria.

Il sistema TVCC, infatti, dovrà essere in grado di ricevere il segnale di sincronismo orario dal Master Clock del sistema Sincronizzazione Oraria, tramite protocollo NTP implementato via TCP-IP sulla rete LAN.

La sincronizzazione è necessaria per la visualizzazione in sovrapposizione dell'orario sulle immagini visualizzate e registrate sui monitor al PCC.

La configurazione dei codec di fermata sarà demandata al Central Configuration Server al PCC. Tramite le postazioni operatore sarà possibile inoltre monitorare la condizione di funzionamento dei codec video di fermata, al fine di individuare con maggiore rapidità le cause di eventuali malfunzionamenti degli stessi.

4.1.4 IMPIANTO DIFFUSIONE SONORA

L'impianto di diffusione sonora, avrà lo scopo di consentire l'invio di annunci sonori registrati o dal vivo, da parte del personale operante presso il Posto di Controllo Centrale PCC verso le banchine di fermata, al fine di fornire all'utenza informazioni sia sullo stato dell'esercizio della linea, sia l'annuncio di arrivo treno, qualora previsto.

4.1.4.1 Architettura dell'impianto

Il sistema di diffusione sonora si basa su un'architettura periferia-centro dove la comunicazione avviene tramite protocollo TCP-IP su di una rete multiservizio di tipo Gigabit Ethernet.

Il centro sarà costituito dall'insieme postazioni operatore, localizzate al Posto di Controllo Centrale (PCC) munite di microfono e tastiera di chiamata, da cui saranno eseguiti gli annunci dal vivo o registrati.

La periferia, ovvero l'insieme delle apparecchiature diffusione sonora dislocate nelle fermate, sarà costituita essenzialmente dagli amplificatori, uno per banchina, e da una coppia di altoparlanti da esterno per banchina.

L'indirizzamento dei messaggi audio potrà essere puntuale, cioè indirizzato ad una sola fermata, oppure di gruppo coinvolgendo più fermate, fino alla totalità delle fermate della linea. In tal caso il messaggio sarà di tipo generale o broadcast.

Il software di gestione, incluso il database dei messaggi pre-registrati, sarà contenuto in un server situato al PCC. Le consolle operatore garantiranno l'interfaccia funzionale per la diffusione sonora, permettendo all'operatore di selezionare la fermata o il gruppo di fermate dove diffondere l'annuncio sia di tipo live che di tipo pre registrato.

4.1.4.2 *Trasmissione dell'audio*

I due parametri fondamentali che caratterizzano l'architettura dell'impianto di diffusione sonora di linea sono:

- la digitalizzazione dell'audio
- il trasporto numerico su protocollo TCP-IP delle informazioni.

La numerizzazione delle informazioni audio ha il vantaggio di consentire che le stesse possano essere trattate con opportuni algoritmi di compressione, al fine di ridurre sia la banda trasmissiva necessaria al loro trasporto sia lo spazio per il loro immagazzinamento. L'utilizzo del protocollo TCP-IP invece, consente la distribuzione dell'audio digitale verso i decodificatori delle fermate eliminando la necessità di matrici di commutazione fisiche. Ciò avviene grazie all'incapsulamento delle informazioni in pacchetti e al loro dispacciamento su base origine-destinazione operato dal protocollo stesso.

4.1.4.3 *Posto centrale di Controllo*

Il PCC ha lo scopo di garantire la piena visibilità degli impianti di telecomunicazione e segnalamento delle linee, svolgendo una funzione di controllo e gestione centralizzata di tutto l'impianto.

Nella sala controllo del PCC vi saranno due postazioni operatore corredate di microfono a disposizione del personale adibito all'utilizzo del servizio di diffusione sonora. I tool di gestione della diffusione sonora saranno installati nelle seguenti postazioni operatore:

- operatore linea
- supervisore

Le postazioni operatore sono collegate tramite rete LAN interna al PCC ai corrispettivi server. Gli operatori che dovranno accedere alla funzione di diffusione sonora avranno a disposizione sulla loro scrivania una consolle microfonica munita di tasti per l'attivazione.

4.1.4.4 Fermata

Lungo la Linea è prevista l'installazione di amplificatori audio ed altoparlanti per la distribuzione dell'informazione di Diffusione Sonora al pubblico.

Ciascuna fermata sarà dotata di:

- n°1 amplificatore audio
- n° 4 altoparlanti
- n°1 scheda di sorveglianza

Gli altoparlanti saranno ubicati in quantità di due per banchina (uno degli altoparlanti di banchina sarà integrato nel "Totem" di fermata).

4.1.4.5 Funzionalità del sistema

Le funzionalità del sistema di diffusione sonora di linea sono:

- Invio di annuncio registrato in fermata su comando operatore tramite postazione PCC
- Invio di annuncio dal vivo in fermata su comando operatore tramite postazione PCC
- Configurazione apparati della Diffusione Sonora
- Diagnostica apparati

L'operatore di PCC potrà, tramite l'apposita consolle, effettuare un annuncio dal vivo usando il microfono o scegliere quale annuncio di servizio registrato trasmettere ai passeggeri e selezionare in quale delle fermate trasmetterlo.

La diffusione audio potrà riguardare:

- Singolo punto di diffusione (singola fermata).
- Gruppo di punti di diffusione (gruppi di fermate).
- Tutti i punti di diffusione (tutte le fermate).

Ogni annuncio dal vivo o registrato sarà preceduto dal tono di attenzione (chaim-way), inoltrato automaticamente verso le fermate.

Per la diagnosi dell'impianto di diffusione sonora, l'applicativo SW fornisce la possibilità di monitorare lo stato di esercizio del sistema di diffusione sonora. Gli eventuali allarmi verranno riportati su di una interfaccia grafica ed eventualmente potranno essere esportati verso un sistema di diagnostica di livello superiore.

4.1.5 IMPIANTO TELEFONICO E TELEFONICO D'EMERGENZA

Il presente capitolo si riferisce al "Sistema Telefonico" e al "Sistema di Telefonia d'emergenza", facenti parte del Sistema di Telecomunicazioni.

4.1.5.1 Funzionalità del sistema

Il sistema telefonico/telefonico d'emergenza consentirà la gestione delle seguenti comunicazioni:

- Comunicazioni telefoniche interne al Deposito/PCC/SSE
- Comunicazioni telefoniche esterne verso la rete telefonica pubblica
- Comunicazioni d'emergenza dalle fermate agli operatori al PCC

Il sistema provvederà a fornire il servizio di comunicazione voce nei seguenti punti:

- Uffici/deposito
- SSE
- Posto Centrale Operativo PCC
- Fermate (solo in caso d'emergenza)

Presso gli uffici al PCC e al deposito saranno presenti apparecchi telefonici sia analogici di tipo BCA sia digitali con possibilità di visualizzazione del chiamante.

Presso le SSE sarà presente un telefono VoIP per comunicazioni verso il PCC.

Infine, presso le fermate sarà installato (incassato nel Totem di banchina) un citofono stagno (VoIP) per consentire ai passeggeri comunicazioni d'emergenza con il PCC.

Tutti gli apparecchi (ad esclusione di quelli installati presso le SSE ed i citofoni d'emergenza) saranno utilizzati per chiamate sia interne che verso la rete pubblica attraverso il PABX centrale.

Tutte le comunicazioni saranno gestite da un centralino PABX opportunamente equipaggiato. Tale centralino sarà provvisto di una workstation con il software di gestione. Il PABX sarà alloggiato al PCC (sala apparati) insieme al sistema per la configurazione e controllo del PABX.

I telefoni VoIP di linea utilizzeranno la rete di trasporto Gigabit Ethernet per stabilire le comunicazioni verso il PCC.

Gli operatori del centro, avranno a disposizione un telefono digitale in grado di visualizzare il chiamante.

In deposito sarà installato un media-gateway consentirà la comunicazione da/verso i telefoni di deposito per mezzo del PABX, attraverso la rete multimediale a fibre ottiche.

4.1.5.2 *Apparati*

Centralino telefonico

Il centralino telefonico risponderà alle seguenti specifiche funzionali:

- Garantire l'espandibilità in termini di dimensioni, capacità e servizi.
- Connettersi alla rete PSTN tramite l'interfaccia ISDN
- Connettersi al sistema radio mediante interfaccia ISDN
- Gestire tutte le linee interne connesse e le connessioni tra la rete PSTN e i numeri interni
- Gestire telefonia analogica e telefonia VoIP

Il sistema sarà modulare in modo da essere montato su rack 19".

Tutti i telefoni analogici al PCC e al deposito saranno telealimentati e collegati al PABX su singola coppia.

I telefoni digitali saranno provvisti di alimentatore indipendente.

Apparecchi telefonici

Gli apparecchi telefonici nelle SSE (e quelli d' emergenza nelle fermate) comunicheranno con il PCC attraverso la rete di trasporto Gigabit Ethernet.

Le chiamate saranno ricevute in sala di controllo su una qualsiasi delle postazioni operatore. In questo modo, sarà possibile gestire più chiamate contemporanee.

Tutte le comunicazioni di emergenza saranno anche automaticamente registrate.

Apparecchi telefonici per uffici al PCC ed al deposito

I telefoni amministrativi verranno installati nel Posto Centrale di Controllo e nei locali del deposito (uffici, magazzini, aree di manutenzione).

Si prevede la fornitura di apparecchi telefonici sia di tipo digitale che di tipo analogico.

Tutti i telefoni amministrativi saranno collegati alla rete VoIP ed eventualmente alla rete pubblica tramite il PABX centrale.

Apparecchi telefonici per le SSE

All'interno di ogni SSE è previsto un telefono VoIP che garantisca la comunicazione tra il personale presente nella SSE e il posto centrale di controllo. Esso sarà collegato allo switch presente nella SSE.

Apparecchi telefonici di fermata (citofoni d'emergenza)

I citofoni d' emergenza installati presso le fermate garantiranno la comunicazione d'emergenza tra i passeggeri e gli operatori del posto centrale di controllo . Essi saranno collegati localmente allo switch di fermata.

E' previsto un telefono per banchina, da installare incassato nel Totem di banchina.

L'apparecchio suddetto sarà di tipo VoIP, vivavoce e stagno per installazioni da esterno.

4.1.6 PANNELLI INFORMATIVI DI INFORMAZIONE AL PUBBLICO

4.1.6.1 Architettura

I pannelli informativi installati nelle fermate provvederanno ad informare i passeggeri sullo stato di esercizio della linea e sul tempo di attesa all'arrivo dei tram.

I pannelli saranno costituiti da una matrice di LED che, illuminandosi opportunamente, riproducono testi alfanumerici. La composizione del testo ed il suo contenuto sarà affidata al software di controllo installato nei server del Posto Centrale di Comando PCC.

Il sistema si basa su un'architettura periferia-centro, dove:

- il centro è costituito dall'insieme delle apparecchiature di supervisione del sistema stesso collocate al Posto di Controllo Centrale (PCC)
- la periferia è costituita dai pannelli informativi ubicati nelle fermate lungo il percorso tranviario

La comunicazione tra centro e periferia è garantita dal protocollo IP della rete multiservizio Gigabit Ethernet.

4.1.6.2 Posto Centrale di Controllo

Gli apparati ubicati nel Posto di Controllo Centrale garantiranno la funzione di controllo e gestione centralizzata dell'impianto Pannelli Informativi.

Il software di controllo si baserà su una architettura del tipo client-server. In particolare il software client gestisce l'interfaccia grafica utilizzata dagli operatori; mentre nel server risiede il software di controllo/configurazione che si interfaccia direttamente con gli apparati di campo mediante opportuni driver.

Il sistema Pannelli Informativi al PCC sarà così composto:

- n°1 Postazione Operatore di Linea
- n°1 Postazione Supervisore
- n°1 Server

La Postazione Operatore di Linea, la Postazione Supervisore ed il Server contengono gli applicativi di gestione e configurazione del sistema, oltre che il Data Base contenente i messaggi testo che verranno inviati ai pannelli ubicati nelle fermate.

Tramite l'interfaccia grafica l'operatore potrà verificare, oltre che lo stato diagnostico dei pannelli, anche il corretto invio dei messaggi pre-registrati o live.

4.1.6.3 *Fermata*

Lungo la Linea è prevista, per ciascuna fermata, l'installazione di n°1 pannello informativo incassato nel Totem di ciascuna Banchina.

I pannelli informativi di fermata saranno essenzialmente costituiti da un profilo in alluminio, con integrata la protezione frontale trasparente in policarbonato, e da una copertura posteriore tramite la quale accedere ai componenti interni (matrici LED, schede controllo, alimentatori ed accessori), il tutto progettato per una classe di protezione ambientale IP55.

Sul policarbonato, lato esterno, sarà applicata una pellicola anti riflesso, a sua volta verniciato di nero RAL 9004 all'intorno delle finestre attive e bloccato al telaio in alluminio.

L'area attiva sarà realizzata con tecnologia a LED monocromatico giallo, costituita da una superficie grafica atta a visualizzare informazioni sui mezzi in transito e l'ora corrente.

La dimensione dei caratteri, le spaziature tra i caratteri e tra le righe, le caratteristiche di leggibilità (intensità luminosa, coordinate cromatiche, angolo di leggibilità e contrasto) dovranno essere in accordo con le recenti normative italiane in materia: norma CEI 214-2/4 "Pannelli a Messaggio Variabile per Viabilità Urbana ed Aree Pedonali".

L'ampio angolo di illuminazione garantirà una buona leggibilità dello scritto da vari punti di osservazione del passeggero.

4.1.6.4 *Funzionalità*

Il sottosistema Pannelli Informativi svolgerà la funzione di informazione visuale al pubblico tramite l'invio di messaggi di testo in modalità automatica o dal vivo tramite operatore al PCC.

L'invio dei messaggi automatici potrà avvenire su evento, come ad esempio l'arrivo del tram nella fermata. In tal caso il display visualizzerà l'arrivo del tram ed il suo eventuale tempo di attesa. In

caso di anomalia riguardo lo stato di esercizio della tramvia l'operatore al PCC potrà darne notifica ai passeggeri tramite opportuni messaggi di avviso.

La modalità di invio dei messaggi potrà essere:

- puntuale - l'invio dei messaggi riguarderà solamente un pannello informativo
- di gruppo - l'invio dei messaggi riguarderà un gruppo composto da più pannelli
- generale - l'invio dei messaggi riguarderà la totalità dei pannelli presenti sulla linea

I pannelli saranno inoltre provvisti di un contatore "time out" che in caso di assenza di connessione con la rete provvederà a cancellare l'ultimo messaggio visualizzato. Tale funzione eviterà il persistere di messaggi cronologicamente non più validi.

Il software di gestione dei Pannelli avrà un'interfaccia verso il sistema di localizzazione. Tale interfaccia provvederà alla ricezione dei messaggi di localizzazione del tram che, tradotti dal server Telecomunicazione, generano l'invio automatico dei messaggi testo ai pannelli delle stazioni interessate.

Le postazioni operatore saranno costituite da un PC con piattaforma Windows sul quale verrà installato il software di interfaccia grafica.

Di seguito vengono riassunte le principali funzioni attuabili tramite il software di gestione dei pannelli:

- Invio messaggi manuali pre-registrati
- Invio messaggi manuali live
- Invio messaggi ciclici
- Invio messaggi multicast/broadcast
- Aggiornamento del database dei messaggi pre-registrati
- Aggiornamento dei parametri funzionali dei display

Le informazioni principali che il software del centro passerà al display per attivare la visualizzazione di un messaggio pre-registrato sono le seguenti:

- Effetto grafico di visualizzazione (scorrimento, lampeggiamento, fisso, ecc.)
- Countdown (tempo di attesa all'arrivo del tram)
- Tempo di vita del messaggio (allo scadere di questo tempo, il messaggio sarà automaticamente cancellato)

I messaggi automatici sono un sottoinsieme dei messaggi pre-registrati e sono generati automaticamente sulla base di un evento trasmesso dal sistema di localizzazione dei veicoli. Tale sistema sarà infatti deputato alla tracciatura dei veicoli sulla linea ed esegue pertanto la funzione di triggering verso il sistema Pannelli Informativi affinché vengano visualizzati i messaggi di annuncio tram nelle fermate previste.

Il display sarà in grado di visualizzare dei messaggi live provenienti dagli operatori del centro direttamente digitati dalle console operatore al PCC.

Tale tipologia di messaggi sarà utilizzata qualora vi sia la necessità di informare i passeggeri circa un evento inatteso sul normale esercizio della tranvia.

Il messaggio potrà essere digitato direttamente dall'operatore ed inviato ai display oppure a gruppi di display. La modalità di invio sarà a discrezione dell'operatore.

L'operatore potrà associare al messaggio da visualizzare gli effetti grafici come il lampeggiamento o il testo scorrevole.

L'operazione di invio di messaggi live interromperà momentaneamente o definitivamente l'invio dei messaggi automatici pre-registrati.

All'interno delle stringhe dei messaggi (siano essi live o pre-registrati) possono essere contenuti dei caratteri speciali che permettono di attivare funzioni di visualizzazione particolari.

Tali caratteri sono a tutti gli effetti dei comandi che inseriti prima o dopo i caratteri del testo vengono interpretati dal display come azioni grafiche da eseguire sul testo stesso.

L'operatore, nel caso di messaggio live, dovrà solamente selezionare il tipo di effetto grafico da associare al testo che sta inviando.

Le modalità principali sono:

- testo fisso

- testo lampeggiante
- testo scorrevole

Un area del pannello informativo sarà dedicata alla rappresentazione dell'ora. La centrale oraria al PCC, una volta ricevuto il segnale di riferimento, provvederà a propagarlo sulla rete IP tramite protocollo NTP, fornendo automaticamente la sincronizzazione necessaria ai pannelli informativi ubicati nelle fermate.

Questi ultimi saranno comunque dotati di un clock interno (RTC) in grado di mantenere la sincronizzazione oraria con un buon grado di precisione anche in assenza della rete multiservizio o della mancanza della sincronizzazione NTP.

Il pannello informativo sarà dotato di un dispositivo in grado di adattare i livelli di luminosità della matrice di LED.

Il dispositivo misurerà l'illuminazione media dell'ambiente circostante e di conseguenza regolerà il livello di luminosità dei LED. Tale regolazione risulta utile per migliorare la leggibilità del testo in condizioni di eccessiva illuminazione (posizionamenti contro sole). Sarà anche possibile regolare la luminosità del pannello tramite configurazione software.

Il pannello informativo sarà dotato di un sistema di regolazione interna della temperatura. Il sistema opera su più livelli in funzione della temperatura misurata all'interno del contenitore.

Il sistema di termoregolazione installato all'interno del PID sarà costituito da:

- ventole tangenziali poste nella parte inferiore del contenitore con funzione di ricircolo interno dell'aria atto a ridurre le differenze di temperatura fra le varie zone ed evitare la formazione di condensa sullo schermo anteriore
- ventole radiali di espulsione aria. L'aspirazione è effettuata attraverso finestre realizzate nel portello. Sia la finestra di aspirazione che quella di espulsione sono protette da griglie dotate di filtri con grado di protezione IP54.
- superficie di scambio termico con l'esterno costituita dalle pareti esterne del contenitore, realizzate in alluminio.

Il sistema entrerà in funzione automaticamente all'innalzamento oppure all'abbassamento della temperatura.

4.1.7 SISTEMA RADIO

Il presente capitolo descrive le caratteristiche tecnico/funzionali del Sistema Radio, facente parte del Sistema di Telecomunicazioni della Linea 1 della Rete Tramviaria della Città di Bologna.

Il sistema proposto è un sistema radiomobile digitale a standard TETRA, caratterizzato da alta affidabilità e versatilità, nonché largamente utilizzato nei sistemi di trasporto in ambito urbano (Tram, Metropolitane, ecc).

La concessione delle frequenze per il sistema Radio Tetra è regolata dal D. Lgs. N° 259, 1° Agosto 2003: Codice delle comunicazioni elettroniche.

4.1.7.1 Funzionalità

Il Sistema Radio TETRA dovrà consentire, senza soluzione di continuità temporale e lungo l'intero sviluppo della linea, conversazioni tra tram, Dirigenza Operativa al PCC e squadre di manutenzione lungo linea.

In particolare, saranno possibili le seguenti tipologie di comunicazione in fonia:

Da PCC:

- A tram → Individuale verso il conducente (Half e Full Duplex)
- A più tram → Di gruppo verso più conducenti (Half Duplex)
- A più tram → Broadcast verso più conducenti (Half Duplex)
- A tram → Individuale verso i passeggeri di un tram tramite il sistema di diffusione sonora di bordo (Half Duplex)
- A manutentore → Individuale (Half e Full Duplex)
- A più manutentori → Di gruppo (Half Duplex)
- A più manutentori → Broadcast (Half Duplex)

Da Tram:

- A PCC → Individuale verso operatore (Half e Full Duplex)
- A manutentore → Individuale verso operatore (Half e Full Duplex)
- A PCC e/o altri conducenti e/o manutentori → Di gruppo (Half Duplex)
- A PABX → Individuale (Full Duplex), se richiesto
- A PCC in Emergenza → Ascolto discreto della fonia in cabina

Da Manutentore:

- A PCC → Individuale verso operatore (Half e Full Duplex)
- A Tram → Individuale verso il conducente (Half e Full Duplex)
- A PCC e/o conducenti e/o altri manutentori → Di gruppo (Half Duplex)
- A PABX → Individuale (Full Duplex)

Le effettive possibilità di chiamata per ciascuna categoria di utenti, saranno successivamente definite in accordo con l'Amministrazione sulla base degli scenari operativi previsti, considerando l'impatto che la configurazione delle funzionalità di comunicazione potrà avere sulle risorse radio disponibili.

Il Sistema Radio permetterà, inoltre, la ricetrasmisione di dati tra gli utenti della rete. In particolare è garantito l'invio di dati sottoforma di messaggi TETRA (SDS), attraverso i quali i Sistemi di Bordo tram ed i sistemi al PCC potranno interagire tra di loro.

4.1.7.2 Architettura

Il Sistema Radio sarà costituito da:

- N° 4 Stazioni Radio Base (il numero delle stazioni Radio Base potrà essere esattamente definito solo nelle successive fasi progettuali, a seguito di adeguato studio di Radio-Copertura del tracciato tramviario)
- N° 1 Radio Core installato nella sala apparati del PCC
- N° 1 Dispatcher per la Postazione Operatore del Supervisore di Linea

- N° 1 Dispatcher per la Postazione Operatore SCADA
- N° 1 Dispatcher per la Postazione del Supervisore di Sala di Controllo
- N° 1 Postazione per la gestione e la configurazione della rete TETRA (Network Management System)
- Radio veicolari a bordo dei veicoli tramviari
- Terminali portatili per le squadre di manutenzione

Le interconnessioni tra le Stazioni Radio Base ed il Radio Core saranno realizzate tramite la rete di trasmissione in fibra ottica (fibre dedicate per ciascuna SRB).

La fibra ottica garantisce, infatti, la larghezza di banda necessaria al flusso dati che interessa il link SRB-Nodo.

Per quanto riguarda la copertura radio, allo stato attuale del progetto si assume che i siti che saranno individuati nelle successive fasi progettuali insieme con l'Amministrazione per il posizionamento delle stazioni radio base, garantiscano un target di copertura soddisfacente lungo il tracciato della linea tramviaria,

La localizzazione dei siti caratterizza direttamente il livello di copertura, l'architettura del sistema proposto e, in particolare, il numero di stazioni radio base. Qualora i siti individuati per le stazioni radio base non fossero adatti a garantire la copertura voluta, potrà essere necessario aumentare il numero di stazioni radio base rispetto a quello ipotizzato in questa fase.

4.1.8 SISTEMA DI SINCRONIZZAZIONE ORARIA

L'impianto Sincronizzazione Oraria ha lo scopo di distribuire l'informazione oraria a tutti gli elementi ad esso collegati.

4.1.8.1 Architettura

I dispositivi, ubicati al PCC, che costituiranno il sistema in questione sono i seguenti:

- n°1 Centrale Oraria (Network Master Clock)
- n°1 Antenna GPS

Il sistema si baserà su un'architettura periferia-centro, dove:

- il centro è costituito dagli apparati suddetti in grado di distribuire l'informazione oraria
- la periferia è costituito dall'insieme dei dispositivi che necessitano di sincronizzazione

La comunicazione tra centro e periferia sarà garantita dalla rete multiservizio Gigabit Ethernet, sulla quale viene implementato protocollo NTP con modalità di tipo client-server.

La Centrale Oraria, ricevuto il segnale di sincronismo dall'antenna con riferimento temporale alla quale è collegata, distribuirà l'informazione oraria ai dispositivi che necessitano di sincronizzazione.

4.1.8.2 Posto Centrale di Controllo

Gli apparati ubicati nel Posto di Controllo Centrale che necessitano di sincronizzazione sono servers e workstations

La Centrale Oraria, agendo da NTP Server, sarà in grado di fornire ai suddetti dispositivi la sincronizzazione necessaria.

4.1.8.3 Fermata

Gli apparati ubicati nelle fermate che necessitano di sincronizzazione sono i Pannelli Informativi con Orologio Digitale integrato.

La Centrale Oraria, agendo da NTP Server, sarà in grado di fornire ai suddetti dispositivi la sincronizzazione necessaria.

L'informazione oraria sarà quindi fruibile sia per esigenze di servizio che ad uso pubblico per i passeggeri in transito nelle banchine.

4.1.8.4 Funzionalità

Oltre alla distribuzione dell'informazione oraria, le principali funzionalità offerte dal sistema Sincronizzazione Oraria in oggetto saranno:

- diagnostica ed allarmistica relative al funzionamento del sistema stesso
- continuità nella fruizione del servizio orario

Il software di gestione della Centrale Oraria consentirà, oltre che di configurare il sistema, di monitorarne lo stato di funzionamento segnalando nell'eventualità varie tipologie di allarme.

In caso di assenza del segnale satellitare, la Centrale Oraria garantirà comunque la continuità del servizio orario grazie all'attivazione automatica del proprio quarzo interno.

4.1.9 SISTEMA DI TARIFFAZIONE

Il sistema di Tariffazione si compone di apparecchiature per la vendita self-service di titoli di viaggio ed apparecchiature per la validazione dei titoli di viaggio stessi.

Il sistema di Tariffazione al servizio della Linea 1 della Rete Tramviaria di Bologna sarà interoperabile il sistema di tariffazione attualmente in uso sulla rete di trasporto pubblico della Città di Bologna.

Gli apparati che lo compongono sono quelli destinati alla vendita self-service dei titoli di viaggio e quelli di obliterazione dei titoli di viaggio stessi.

Le apparecchiature di emissione dei titoli di viaggio, installate in fermata, operano indipendentemente le une dalle altre (stand-alone), ma saranno anche collegate con il Posto Centrale di Controllo tramite la Rete Ethernet a Fibre Ottiche, per operazioni di controllo centralizzato, statistiche sulle vendite, ecc.

Le macchine validatrici, installate a bordo dei veicoli, saranno in grado di scaricare i dati relativi alle operazioni di validazione ad ogni rientro in deposito, tramite la rete WI-FI in essa installata, per il successivo inoltro, al Posto Centrale di Controllo tramite la Rete Ethernet a Fibre Ottiche, per le operazioni di controllo centralizzato, statistiche sulle obliterazioni, ecc.

4.1.9.1 Architettura

Il sistema di tariffazione sarà organizzato secondo un'architettura strutturata su 3 livelli:

- Livello 1 – Vendita: Emettitori self-service
- Livello 2 – Obliterazione: Validatori di titoli di viaggio combinati cartaceo+contactless
- Livello 3 – Controllo Centralizzato: Server e postazione operativa di Posto Centrale

Il numero delle Emettrici in fermata e delle obliteratrici a bordo dei veicoli dovrà essere definito nelle successive fasi progettuali, in base ai dati relativi ai flussi di passeggeri attesi alle fermate e a bordo, ed alle esigenze dell'Amministrazione.

4.1.9.2 Funzionalità

Il sistema di Tariffazione al servizio della Linea 1 della Rete Tramviaria di Bologna dovrà essere interoperabile il sistema di tariffazione attualmente in uso sulla rete di trasporto pubblico della Città di Bologna.

In questo senso, il sistema di Tariffazione al servizio della Linea 1 dovrà essere meglio dettagliato nelle successive fasi progettuali, dopo aver acquisito le necessarie informazioni relative al sistema attualmente in uso sulla rete di trasporto pubblico della Città di Bologna.

In generale, il sistema di tariffazione proposto in questa fase prevede:

- titoli di viaggio su supporto cartaceo, di diverse tipologie, compresi i tagliandi di abbonamento da abbinare alla tessera di identificazione personale;
- titoli di viaggio basati su tecnologia senza contatto (contactless)

Le emettitrici dislocate sulle fermate, così come le obliteratrici montate a bordo delle vetture, dovranno essere in grado di gestire entrambe le tipologie di titolo di viaggio.

Dal punto di vista del pagamento, le emettitrici saranno in grado di accettare pagamenti in monete, banconote, carte magnetiche e carte bancarie ed in grado di erogare il resto.

Le emettitrici permetteranno il controllo remoto dal Posto Centrale di Controllo, per fornire i dati gestionali (incassi, biglietti emessi, etc.) e ricevere i dati del sistema di bigliettazione (tariffe, sconti, etc.).

Le obliteratrici, installate a bordo dei veicoli, saranno in grado di scaricare i dati relativi alle operazioni di validazione ad ogni rientro in deposito, tramite la rete WI-FI in essa installata, per il successivo inoltro, al Posto Centrale di Controllo tramite la Rete Ethernet a Fibre Ottiche, per le operazioni di controllo centralizzato, statistiche sulle obliterazioni, ecc.

4.1.9.3 Apparati

Emettitrici

Le emettitrici risponderanno alle richieste di bigliettazione ad elevato tasso di utilizzo con pagamenti di tipo tradizionale, monete e banconote, e di tipo evoluto quale la gestione dell'utilizzo di carte contactless, carte di credito etc. con interfaccia realizzata attraverso un display a colori del tipo touch screen, adattabile quindi ad utenze diverse, e concepite per lavorare in orario diurno e notturno.

Le funzioni previste per l'emissione dei titoli di viaggio consentono:

- il pagamento tramite banconote con resto in monete;
- il pagamento tramite monete con resto in monete;
- la ricarica di carte contactless;
- il pagamento con Bancomat o carte di credito del circuito autorizzato;
- il pagamento con carte contactless.

La struttura, adatta ad essere incassata nel "Totem" di fermata, sarà comunque adatta a lavorare in condizioni ambientali difficili (esterno).

Particolarmente curata sarà la realizzazione del sistema di protezione del denaro, mutuato concettualmente dalle casseforti, con chiusura a pistoni e piastre di spessore adeguato all'uso.

L'interno sarà concepito in maniera tale che le due categorie di personale autorizzato ad intervenire aprendo le apparecchiature, personale addetto allo svuotamento delle casse e personale addetto alla manutenzione, non possano intervenire una nelle zone di competenza dell'altra. Così pure lo svuotamento della cassetta del denaro sarà concepito per permettere la semplice sostituzione di cassette vuote con quelle piene che vengono ritirate, diminuendo il rischio di maneggiamento del denaro.

Il fissaggio a terra di sicurezza sarà realizzato con opportuni tirafondi filettati M20 e fissati con apposite resine, oppure con piastra di fissaggio, sarà realizzato nella zona protetta del vano

cassetta di sicurezza al fine di rendere oltremodo difficile sia l'atto di furto dell'intera apparecchiatura sia l'atto vandalico.

Sempre al fine di proteggere le apparecchiature da atti vandalici particolare cura sarà dedicata alla protezione dello schermo touch screen tramite un vetro di adeguato spessore.

L'emettitrice opererà sempre restituendo il resto in monete se vengono introdotte monete o banconote di valore superiore al dovuto. In caso di mancanza di monete, perché esaurite, sarà stampato un biglietto certificante l'importo dovuto come resto, che l'utente potrà farsi rimborsare.

Obliteratrici

Le obliteratrici che verranno installate a bordo tram saranno caratterizzate da una costruzione modulare per cui potranno essere impiegate sia come obliteratrice tradizionali per i biglietti cartacei che come validatrici dei biglietti elettronici contactless.

Avranno struttura compata e senza spigoli, idonea ad essere installata a bordo di veicoli con presenza di passeggeri.

Prevedono inoltre un sistema operativo programmabile e le necessarie dotazioni per lo scarico/carico dati tramite rete WI-FI in deposito (numero tipologia di titoli di viaggio obliterati, black lists, ecc)

4.2 SISTEMA DI TELECOMANDO/TELECONTROLLO

Il sistema di Telecomando/Telecontrollo permetterà di controllare e gestire i seguenti impianti: e sistemi

- Alimentazione, SSE e Trazione Elettrica (in telecomando/telecontrollo);
- impianti di fermata e di linea (solo telecontrollo).

Per il deposito, è stato proposto un sistema di supervisione tipo Building Management System (BMS) di tutti gli impianti tecnologici in esso presenti di tipo locale (con postazione operatore prevista nel Posto di Controllo di Deposito - PCD), che permetterà di controllare e regolare i parametri per gli impianti di cdz e ventilazione e degli impianti elettrici e speciali.

Tale impianto è descritto più diffusamente nella specifica Relazione di Deposito facente parte della documentazione progettuale.

4.2.1 SISTEMA DI TELECOMANDO/TELECONTROLLO DELLA TRAZIONE ELETTRICA

La presente sezione ha lo scopo di illustrare l'architettura, la configurazione hardware, le funzionalità del Sistema di Telecomando/Telecontrollo che dovrà comandare, diagnosticare e controllare le sottostazioni (S.S.E.) di conversione per l'alimentazione della Trazione Elettrica (TE) della linea tranviaria.

Tale sistema è anche detto SCADA Trazione Elettrica (SCADA TE).

Obiettivi del sistema sono:

- Diagnostica del sistema di alimentazione della trazione elettrica
- Comando degli interruttori e dei sezionatori comandabili a distanza
- Rappresentazione a videosinottico del Posto Centrale di Controllo degli schemi elettrici unifilari relativi all'impianto elettrico con animazione in tempo reale dello stato dei singoli componenti controllati.
- Rappresentazione a videosinottico del valore misure acquisite dal sistema in real time e dei grafici attuali e storici
- Registrazione, visualizzazione, stampa degli eventi e degli allarmi in modo cronologico

Al sistema di telecontrollo e telecomando non sono ovviamente demandate funzioni di protezione, per le cose e le persone, relative agli apparecchi controllati, alle utenze elettriche alimentate da questi apparecchi, alle condutture elettriche.

Queste funzioni sono espletate da specifici componenti installati nei quadri elettrici; a questi dispositivi viene inoltre demandato il compito di eseguire gli interblocchi per le manovre di apertura e chiusura degli interruttori e dei sezionatori anche se questi interblocchi vengono gestiti dal sistema di automazione.

In particolare, sarà prevista una logica elettromeccanica per la gestione delle sicurezze per l'apertura generale, automatica ed in sequenza, degli interruttori e dei sezionatori.

4.2.1.1 Architettura

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, l'architettura dello SCADA TE è suddivisa su tre livelli e su una infrastruttura di comunicazione descritti di seguito.

1° Livello: Posto Centrale di Comando

Il Posto Centrale Centrale di Comando del sistema SCADA TE sarà ubicato al PCC della Linea Tramviaria e consente di eseguire i telecomandi e i telecontrolli di tutte le sottostazioni, nonché la centralizzazione delle responsabilità in merito alla configurazione del sistema di alimentazione della trazione elettrica (Dirigente Centrale dell'Elettrificazione).

La configurazione hardware-software del Posto Centrale di Comando è costituita da:

- N° 2 Postazioni Server (una di riserva all'altra)
- N° 1 Postazioni Client per Operatore SCADA
- N° 1 Postazioni Client per Supervisore della sala di controllo

2° Livello: Posto di Comando di Sottostazione

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, ogni sottostazione sarà dotata di interfaccia operatore dalla quale possono essere eseguiti tutti i telecomandi e telecontrolli eseguibili dal posto centrale ma limitatamente alla sottostazione stessa

La configurazione hardware-software del Posto di Comando Locale sarà costituita da una Postazione PC Industriale.

3° Livello: Modulo PLC - Remote I/O – Apparati Di Rete

Acquisirà i comandi dai posti di comando centrale e/o di sottostazione e i segnali dal campo, elaborerà gli algoritmi di controllo, piloterà le uscite e metterà a disposizione dei posti di comando centrale e/o di sottostazione i dati di impianto.

Il sistema si compone di:

MODULO PLC

I PLC di tutte le sottostazioni avranno la stessa configurazione:

- N° 1 rack 8 slot
- N° 1 alimentatore isolato 24Vdc
- N° 1 CPU con porta Ethernet
- N° 1 Modulo Ethernet

MODULO REMOTE I/O

SWITCH INDUSTRIAL-ETHERNET

Gli switch saranno costruiti rispettando gli standard tipicamente industriali. Essi saranno prodotti "Industrial Ethernet" (tipologia di prodotti dedicati esclusivamente all'applicazione dello standard Ethernet in ambiente Industriale) e si distingueranno dai comuni apparati attivi di rete Ethernet sostanzialmente per le seguenti caratteristiche :

- Alta Affidabilità
- Alimentazione da +18V a + 32V DC
- Possibilità di alimentazione ridondata
- Installazione su "DIN RAIL Guide"
- Gestione di un relè di "FAULT" programmabile
- Gestore di ridondanza interno del ring ottico
- Controllo intelligente delle connessioni

- Management con WEB Server Embedded
- 2 Porte TP (Cu) "autosensing" 10baseT/100baseTX
- 2 Porte F.O. 100baseFX

Questi switch saranno provvisti di una o due porte di comunicazione principali in F.O. ethernet (100baseFX con connettori SC) per la realizzazione della dorsale ottica di comunicazione e due o più porte (10baseT-100baseTX con connettore RJ45) per il collegamento delle periferiche agli utilizzatori di rete. I link in F.O., potranno essere realizzati in fibra multi o monomodale e riusciranno a coprire distanze anche notevoli nel caso di utilizzo di F.O. monomodale.

L'anello ottico chiuso con cui tutti gli apparati di rete saranno collegati renderà la rete di comunicazione più affidabile e soprattutto più disponibile. Infatti, l'apparato stesso sarà in grado di riconoscere una qualsiasi anomalia sulle porte di comunicazione e devierà automaticamente il flusso dei dati in transito su un'altra porta di comunicazione configurata come ridondanza.

4.2.1.2 Funzionalità

Su ciascun posto di comando delle singole sottostazioni sarà rappresentato il video sinottico dello schema elettrico unifilare della sottostazione con rappresentazione in tempo reale dello stato dei singoli componenti controllati e del valore delle misure acquisite dal sistema. Sul video wall del Posto di Comando Centrale sarà rappresentato il video sinottico dello schema elettrico unifilare di tutte le sottostazioni

Su ciascun posto di comando delle singole sottostazioni saranno rappresentati i grafici delle misure della sottostazione acquisite dal sistema. Sul posto di comando centrale saranno rappresentati i grafici delle misure di tutte le sottostazioni

I comandi di chiusura e apertura dei singoli interruttori avverranno dalla postazione supervisore (locale o remota) per mezzo dei relativi "pulsanti" previsti in corrispondenza dell'interruttore che sarà rappresentato con simbolo e colori che ne definiscono lo stato.

I comandi di ciascun interruttore saranno abilitati dal sistema solo se sussistono le condizioni di sicurezza relative al singolo interruttore e contattore.

Se a fronte di un comando non dovesse realizzarsi l'azione richiesta ovvero il sistema non dovesse registrare il cambiamento di stato dell'utenza comandata, il sistema genererà l'allarme "Mancata chiusura (apertura) interruttore xxxxx"

L'emissione dei comandi dovrà essere prerogativa di una sola postazione di supervisione; tale facoltà deve poter essere trasferita ad altra postazione da parte della postazione normalmente designata a tale funzionalità ed essere recuperata dalla stessa in modalità autonoma (cioè senza l'intervento della postazione temporaneamente designata). La definizione della postazione designata alla funzionalità di emissione comandi sarà possibile con password di alto livello.

Gli interruttori comandabili dal sistema di supervisione sono:

- Tutti gli interruttori del quadro media tensione
- Gli interruttori extrarapidi in CC; il sistema di supervisione si limita ad inviare il comando di apertura e chiusura dell'interruttore; la logica di autorichiusura dell'interruttore extrarapido, l'attuazione del comando di chiusura dell'extrarapido che può essere attuato solo previa verifica diagnostica dello scomparto, la sequenza di prova linea saranno realizzate da logiche elettromeccaniche interne al quadro
- I sezionatori di linea, di parallelo, di deposito

Il sistema SCADA TE registrerà cronologicamente tutti gli eventi:

- cambio stato degli ingressi digitali
- allarmi
- comandi operatore
- Login/logoff del sistema

4.2.1.3 Affidabilità del Sistema SCADA TE

L'affidabilità dei sistemi di automazione in generale dipende da due elementi:

- MTBF (Middle time between failures), che è un parametro statistico rappresentativo, in ultima analisi, delle probabilità che un determinato componente possa guastarsi
- Ridondanza, che è una soluzione d'architettura per garantire la continuità di servizio a fronte di un guasto

Il livello di affidabilità del sistema è una scelta progettuale, che dipende dalla natura e dalla criticità dell'applicazione, nonché dal tempo massimo di mancato servizio accettabile per l'applicazione, secondo un criterio di costi/benefici.

In linea generale, la ridondanza di tutti i livelli del sistema consente di arrivare a livelli di affidabilità statisticamente molto elevati.

Per quanto attiene al sistema SCADA TE proposto, la ridondanza al livello dei server di supervisione è garantita dalla commutazione automatica dal server principale al server secondario in caso di guasto del server principale. La scelta di ridondare il livello di supervisione è legata all'MTBF delle postazioni PC, tipicamente piuttosto basso (<5000 ore) per effetto di componenti soggetti ad usura come i gli Hard-Disk, le porte esterne, i monitor.

La ridondanza delle reti di comunicazione è garantita dall'architettura ad anello in FO.

La caratteristica dell'anello è la possibilità di riconfigurare il percorso delle comunicazioni in caso di guasto di un componente (switch) o di una tratta di cavo in modo veloce ed automatico. La scelta di ridondare la rete è legata alle difficoltà che tipicamente accompagnano la diagnosi dei guasti di rete, che potrebbero pertanto causare disservizi di lunga durata.

Il PLC non è ridondato. La scelta di non ridondare il PLC è conseguenza dell'elevato MTBF delle apparecchiature di controllo industriale (> 30.000 ore), sia per natura e qualità dei componenti che per criteri costruttivi specifici per il funzionamento in condizioni ambientali severe per temperatura, vibrazioni e contaminazione.

4.2.2 SISTEMA DI TELECONTROLLO IMPIANTI DI FERMATA E DI LINEA

Il sistema di Telecontrollo degli impianti di fermata e di linea, anche detto SCADA Impianti Fissi SCADA IF, si basa su un'architettura centro/periferia che utilizza come rete di trasporto la rete Gigabit Ethernet.

In ogni fermata sono installate le RTU che hanno il compito di raccogliere gli stati/allarmi provenienti dalle apparecchiature in essa presenti (impianti di Telecomunicazione, Tariffazione, elettrici).

Al centro (PCC) il software di gestione del sistema SCADA IF sarà installato sui server SCADA TE.

Il suddetto software costituisce sia l'ambiente di sviluppo per la configurazione software del sistema SCADA IF, sia l'ambiente per la gestione vera e propria dell'intero sistema.

Ad ogni ingresso (DI) o uscita (DO) del sistema è associata una variabile globale software che viene riportata al Server SCADA TE attraverso la rete di trasporto Gigabit Ethernet e protocollo TCP/IP.

In questo modo l'unità centrale raccoglie i valori di tutti gli ingressi/uscite dei siti (fermate) consentendo la gestione da remoto.

L'interfaccia grafica per gli operatori sarà riportata sui terminali SCADA TE e risulterà semplice ed intuitiva.

5. CONTROLLO CENTRALIZZATO DELL'ESERCIZIO

5.1 INTRODUZIONE

Il Posto Centrale di Controllo (PCC) del sistema di trasporto tramviario della città di Bologna è situato presso appositi locali allo scopo dedicati negli edifici del Deposito Principale.

Si tratta di un unico sistema centrale in grado di gestire l'esercizio della Linea tranviaria, le esigenze dei viaggiatori, il controllo dei componenti del sistema di alimentazione della trazione elettrica e dei principali impianti di fermata consentendo:

- controllo dell'intero sistema di trasporto da un'unica postazione
- contenimento del numero di addetti all'esercizio ed alla supervisione della linea, mantenendo, nel contempo, le prestazioni operative degli enti periferici, a garanzia delle condizioni di esercizio in sicurezza della linea
- possibilità di avere sotto controllo i parametri necessari per poter effettuare interventi coordinati e corretti nel caso di emergenze o perturbazioni all'esercizio
- supervisione della sicurezza dei passeggeri, disponendo della possibilità di intervento in tempo reale con sistemi efficaci di interazione col pubblico, quali l'acquisizione di immagini dalla linea e la possibilità di trasmissione di messaggi sonori e di informazioni
- riduzione dei tempi di riconfigurazione e di attivazione/disattivazione degli impianti e dell'esercizio.

Il PCC consente al personale della sala di controllo di interagire, mediante workstation, con tutti i sottosistemi di Segnalamento, di Localizzazione dei veicoli in linea, di telecomunicazioni e supervisione degli impianti situati al PCC stesso e lungo linea.

Per consentire l'attuazione delle funzionalità sopra riportate, si utilizzano:

- la dorsale di comunicazione in fibre ottiche Gigabit Ethernet estesa per tutto lo sviluppo della linea, la quale interconnette tutti i nodi distribuiti con il Posto di Controllo Centralizzato

- il sistema radio Tetra che interconnette il PCC a tutti i tram.

Le workstation del PCC, pertanto, costituiscono un'interfaccia uomo-macchina che permette agli operatori di gestire il normale esercizio e le situazioni di emergenza attraverso indicazioni e digitazioni user-friendly.

Il PCC è predisposto per ospitare le postazioni operative e le relative apparecchiature di supporto delle ulteriori tre Linee che costituiranno la Rete tramviaria della città di Bologna.

5.2 ARCHITETTURA DEL PCC

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della documentazione progettuale, il sistema è costituito da:

Nella Sala Apparati:

- Server per la gestione del Segnalamento
- Server per la gestione della Localizzazione e richiesta di priorità semaforica dei veicoli
- Server per la gestione delle funzioni TLC (PI, TVCC, DS, ECP)
- PABX per le comunicazioni telefoniche
- Sistema radio Tetra per tutte le comunicazioni radio
- Server sistema Telecomando/Telecontrollo (SCADA)
- Switch per le interconnessioni di rete

Nella Sala di Controllo:

- Postazione Operatore Esercizio Linea 1
- Postazione Operatore SCADA
- Postazione Supervisore

Tutti gli apparati sono interconnessi in rete locale.

Le due Sale Apparati previste nello stesso edificio del PCC sono predisposte per ospitare le apparecchiature centrali di ulteriori tre linee tramviarie.

La Sala di Controllo è predisposta per ospitare ulteriori tre Postazioni Operatore di Esercizio ed eventualmente espandere la Postazione Operatore SCADA.

5.3 FUNZIONALITÀ DEL PCC

L'insieme delle funzionalità previste presso Posto di Controllo Centralizzato (PCC) è così distribuito sui server:

- Server per la gestione del Segnalamento:
 - monitoraggio della posizione degli scambi
 - monitoraggio dello stato dei segnali
 - monitoraggio dello stato dei circuiti di binario
 - stato e diagnostica degli apparati di controllo in campo
- Server per la gestione del sistema di Localizzazione e richiesta di priorità semaforica dei veicoli
 - acquisizione e visualizzazione della posizione dei veicoli in linea (train describer)
 - calcolo e visualizzazione dell'anticipo/ritardo dei tram e trasmissione della informazione ai tram stessi
 - scambio dati con la Centrale di Gestione della rete semaforica della Città di Bologna della richiesta di priorità di veicoli tramviari o della comunicazione di liberazione degli incroci
- Server per gestione degli impianti di comunicazione e di interazione con i viaggiatori e con il personale di servizio:
 - impianti di diffusione sonora
 - impianti di acquisizione delle immagini dalla linea

- cartelli luminosi ubicati presso le fermata
- Server sistema Telecomando/Telecontrollo (SCADA)
 - Telecomando/Telecontrollo del sistema di alimentazione della Trazione Elettrica
 - Telecontrollo dello stato di impianti complementari di linea e di fermata

Le tre postazioni operatore della Sala di Controllo avranno le funzioni e le dotazioni di seguito descritte:

- Postazione Operatore Esercizio Linea 1, avrà il compito di monitorare il corretto svolgimento dell'esercizio tramviario in Linea, con particolare riferimento alle delicate fasi di avvio/termine del servizio, e nelle ore di punta. Avrà anche il compito di interfacciarsi con l'Utenza mediante i sistemi di telecomunicazione e di monitorare le banchine per mezzo del sistema di videosorveglianza.

Avrà a disposizione le seguenti dotazioni:

- telefono operatore
- 2 WS segnalamento (una Normale e una Riserva)
- 2 WS localizzazione (una Normale e una Riserva)
- Dispatcher Radio
- WS TVCC/DS
- WS PID
- Telefono operatore emergenza ECP
- DS call station
- Video Wall dedicato

- Postazione Operatore SCADA, avrà il compito di telecomandare e telecontrollare il sistema di alimentazione della trazione elettrica e telecontrollare gli impianti complementari di linea e di fermata, con particolare riferimento alla gestione delle fasi di emergenza e dei guasti, oltre che a coordinare l'azione delle squadre di pronto intervento e di manutenzione programmata.

Avrà a disposizione le seguenti dotazioni:

- telefono operatore
 - 2 WS SCADA (una Normale e una Riserva)
 - Dispatcher Radio
 - Telefono operatore emergenza ECP
 - DS call station
 - Video Wall dedicato
- Postazione Supervisore, avrà il compito di supervisionare al corretto svolgimento delle operazioni nella Sala di Controllo, oltre che tenere direttamente i rapporti con Enti Terzi (Vigili del Fuoco, Pubblica Sicurezza, Sanitari, ecc) e con il Management Aziendale.

In caso di necessità il Supervisore di sarà dovrà essere in grado di sostituirsi a ciascuno degli Operatori della sala di Controllo.

Avrà a disposizione le seguenti dotazioni:

- telefono operatore
- 2 WS segnalamento (una Normale e una Riserva)
- 2 WS localizzazione (una Normale e una Riserva)
- 2 WS SCADA (una Normale e una Riserva)
- Dispatcher Radio



Comune di Bologna

SERVIZIO DI PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA DELLA
PRIMA LINEA TRANVIARIA DI BOLOGNA (LINEA ROSSA)

CIG 7499621308 - CUP F32E18000020001



Sostenibilità
è Bologna

- WS TVCC/DS
- WS PID
- Telefono operatore emergenza ECP
- DS call station