

TRAM SIRIO FIRENZE
Linea 1

DESCRIZIONE GENERALE DEL VEICOLO

REVISIONE	LIV.CRITICITA'	DATA
3		12/11/07
REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
V.ROMOLI	V.ROMOLI	A.CARUSO

RIEPILOGO REVISIONI

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE/DESCRIPTION
0	05/03/04	Prima emissione
1	03/01/05	Revisione generale in accordo alla configurazione del veicolo riportata nel dis. P/N AA01N8W rev.5 e ai commenti ricevuti sul documento rev.0
2	14/07/06	Aggiornata descrizione relativamente alla parte impianto freno e arredi interni
3	12/11/07	Aggiornato layout passeggeri su richiesta Cliente e descrizione porte.
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

INDICE DEL DOCUMENTO

RIEPILOGO REVISIONI.....	2
CONFIGURAZIONE DOCUMENTO.....	3
INDICE DEL DOCUMENTO	5
1 CARATTERISTICHE GENERALI DEL VEICOLO	11
1.1 Condizioni generali di fornitura	11
1.2 Dimensioni.....	11
1.3 Capacità	11
Condizione con le 4 postazioni HK occupate	11
Condizione senza HK a bordo veicolo.....	11
1.3 Modularità.....	11
1.4 Ubicazione equipaggiamenti	12
1.5 Traino in emergenza	12
1.6 Passeggeri diversamente abili	12
2. CONDIZIONI AMBIENTALI	15
2.1 Condizioni climatiche	15
2.2 Perturbazioni elettromagnetiche.....	15
2.3 Inquinamento ambientale	15
3. COMPORTAMENTO AL FUOCO	15
4.0 COMFORT ACUSTICO.....	15
4.1 Generalità.....	15
4.2 Livelli di rumore.....	16
5. QUALITÀ DI MARCIA.....	16
6. TENUTE.....	16

7. PESI.....	16
8. VISIBILITÀ DAL POSTO DI GUIDA.....	17
9. DESCRIZIONE DELLA CASSA.....	17
9.1 Struttura Cassa	17
9.2 Modulo d'estremità (CASSA MA, DIS. AA03BPF).....	17
9.3 Modulo appeso (CASSA RA – RB DIS. AA03BPG).....	18
9.4. Modulo portante (CASSA P, DIS. AA03BPH).....	19
9.5 Verniciatura e protezione contro la corrosione.....	19
9.6 Resistenza della struttura.....	19
9.7 Calcoli della struttura.....	20
9.8 Protezione agli urti	20
9.9 Sollevamento veicolo	20
9.10 Imperiale	21
9.11 Testata.....	21
9.12 Articolazioni.....	22
9.13 Ammortizzatori idraulici.....	24
11. ARREDI.....	25
11.1. Rivestimenti fiancate.....	25
11.2 Rivestimenti del cielo	25
11.3 Sedili passeggeri	26
.....	26
11.3 Mancorrenti.....	26
11.4 Finestrini passeggeri.....	26
11.5 Pavimento.....	26
11.5.1 Rivestimento del pavimento.....	27
11.6 Parete divisoria cabina / comparto	27
12. CABINA DI GUIDA.....	27

12.1 Equipaggiamenti della cabina di guida.....	28
12.1.2. Sedile conducente.....	28
12.1.3 Banco di manovra	28
12.1.4 Specchi retrovisori.....	28
12.1.5 Illuminazione posto guida.....	28
13. ILLUMINAZIONE INTERNA COMPARTO PASSEGGERI	28
14 PORTE PASSEGGERI	29
14.1 funzionamento e caratteristiche tecnico-costruttive.....	29
14.1.1 Generalità	29
14.1.2 Caratteristiche generali.....	29
14.1.3 Caratteristiche dei componenti principali	30
Ante.....	30
Sospensione delle ante	31
Motorizzazione	31
Sistema di punto morto	31
Sistema di guida superiore	31
Guida e ritegno nella parte inferiore	31
Vincolo centrale.....	31
Maniglia d'emergenza.....	31
Comando d'apertura dall'interno mediante chiave quadra.....	32
Comando di chiusura dall'interno	32
Comando d'apertura manuale dall'esterno.....	32
Comando movimentazione servoassistita a veicolo disabilitato.....	32
Comando fuori servizio (isolamento porta).....	32
Centralina di comando porta.....	32
Avvisatore acustico	33
Connessioni elettriche	33
Interfaccia elettrica con il veicolo.....	33
Modalità di funzionamento	33
Sicurezza e caratteristiche peculiari del sistema.....	33
15. IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA (TVCC).....	34
15.1 Descrizione del sistema	34
15.2 Visualizzazione delle immagini	35
16. IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE CABINA E COMPARTO PASSEGGERI.....	35
17 CARRELLI	39

17.1	Caratteristiche generali del carrello motore	39
17.2	Caratteristiche generali del carrello portante.....	40
17.3	Caratteristiche del rodiggio	41
17.4	Telaio	41
17.5	Trasferimento dei carichi tra cassa e carrello.....	42
17.6	Sala montata.....	42
17.7	Cuscinetti delle ruote.....	42
17.8	Apparecchiature sulle boccole.....	42
19.9	SOSPENSIONI	42
	Caratteristiche generali.....	42
	Sospensione Primaria	43
	Sospensione Secondaria.....	43
	Elementi elastici.....	43
20	IMPIANTO FRENO AD ATTRITO	43
20.1	Freni a pattini.....	45
20.2	Sabbie	45
20.3	Ungibordo.....	45
21.	PRESTAZIONI E CARATTERISTICHE DI MARCIA.....	45
21.1	Impiego e profilo di missione.....	45
21.2	Prestazioni di trazione e frenatura (simulazioni sulla linea).....	46
21.3	Diagramma di marcia.....	48
21.4	Velocità.....	49
21.5	Accelerazione	50
21.6	Pendenza massima superabile.....	50
21.7	Simulazioni sulla linea Firenze-Scandicci.....	50
21.8	Prestazioni degradate per guasti all'azionamento.....	60
22.	DESCRIZIONE EQUIPAGGIAMENTO ELETTRICO	63

22.1 Tensioni d'alimentazione delle apparecchiature B.T. - M.T. - A.T.....	63
22.2 Rigidità dielettrica e resistenza d'isolamento	64
22.3 Protezioni dell'equipaggiamento elettrico	65
22.4 Software	65
22.5 Circuito di trazione.....	65
22.6 Pantografo.....	72
22.7 Scaricatore sovratensione	75
22.8 Interruttore extrarapido.....	75
22.9 Filtro di linea.....	75
22.10 Convertitore di trazione-frenatura.....	75
22.11 Reostati di frenatura	83
23 MOTORI DI TRAZIONE	84
24 CONVERTITORI AUSILIARI	89
24.1 Caratteristiche riferite al singolo convertitore	91
24.2 Filtro d'ingresso.....	91
24.3 Convertitore trifase servizi ausiliari in M.T.....	92
24.4 Convertitore servizi ausiliari in bt	92
24.5 Unità di regolazione e controllo (ACU).....	93
24.6 Segnalazioni diagnostiche	94
24.7 Batterie.....	94
25 DESCRIZIONE SISTEMA TRAIN CONTROL AND MONITORING SYSTEM.....	96
25.1 Interfacce centraline CCU e UD del TCMS	96
25.2 Descrizione dell'architettura del TCMS.....	96
25.3 Funzioni delle centraline del TCMS	99
25.3.1 Funzioni della CCU.....	99
25.3.2 Funzioni delle UD	99
25.3.3 Funzioni della IDU	100

25.3.4 Ridondanze	100
25.4 Integrated Diagnostic Unit (IDU)	100
26 DIAGNOSTICA	103
26.1 Diagnostica di veicolo (1° e 2° livello)	103
27. IMPIANTI DI SICUREZZA	106
27.1 Dispositivo «Uomo Morto»	106
27.2 Dispositivo di «Velocità Zero»	108
28 REGISTRATORE STATICO DI EVENTI	110
29. MANIPOLATORE	112

1 CARATTERISTICHE GENERALI DEL VEICOLO

1.1 Condizioni generali di fornitura

I rotabili tranviari oggetto della presente fornitura sono progettati per la linea 1 "Firenze – Scandicci".

I veicoli composti da 5 casse articolate, sono di tipo bidirezionale, a pianale totalmente ribassato (350 mm. dal p.d.f.) nella zona passeggeri, in modo da facilitare l'accesso al veicolo. Le persone portatrici di handicap motori hanno la possibilità di accedere all'interno del veicolo senza l'ausilio di pedane mobili.

Il pavimento della cabina di guida è situato a mm 850 dal p.d.f. per consentire una migliore visibilità della via e una migliore protezione del conducente.

Il rotabile è dotato per ciascuna fiancata di N°4 porte larghe mm 1350 e N° 2 porta larghe mm 900.

Le dimensioni sono riportate nel dis. P/N AA01N8W rev.7.

Per comodità si riportano di seguito le principali caratteristiche

1.2 Dimensioni

Le caratteristiche più significative sono le seguenti:

Lunghezza massima	32.030 mm
Larghezza massima	2.400 mm
Altezza massima escluso pantografo	3.414 mm
Altezza interna nel comparto passeggeri	2.200 mm
Altezza pavimento nella zona passeggeri	350 mm
Altezza pavimento di cabina	850 mm
% pianale ribassato	100 %

1.3 Capacità

Condizione con le 4 postazioni HK occupate

Passeggeri seduti	N° 42 + 4 diversamente abili
Passeggeri in piedi (4 pass/m ²)	N° 142
Passeggeri in piedi (6 pass/m ²)	N° 212
Capacità totale (4 pass/m ²)	N° 188 pass (di cui 42 seduti + 4 divers. abili)
Capacità totale (6 pass/m ²)	N° 258 pass (di cui 42 seduti + 4 divers. abili)

Condizione senza HK a bordo veicolo

Passeggeri seduti	N° 50
Passeggeri in piedi (4 pass/m ²)	N° 148
Passeggeri in piedi (6 pass/m ²)	N° 222
Capacità totale (4 pass/m ²)	N° 198 pass (di cui 50 seduti)
Capacità totale (6 pass/m ²)	N° 272 pass (di cui 50 seduti)

1.4 Modularità

Il rotabile proposto è di costruzione modulare; è in altre parole composto da moduli ripetitivi base:

- cabina anteriore CA,
- motrice anteriore MA,
- rimorchiata appesa anteriore RA,

- portante anteriore P,
- rimorchiata appesa centrale RB,
- motrice posteriore MB,
- testata posteriore CB.

1.4 Ubicazione equipaggiamenti

Il lay-out delle apparecchiature del veicolo è rappresentato nel dis. P/N AA03GYM rev. 4

La propulsione e gli ausiliari sono interamente alloggiati sul tetto dei moduli "M"; la climatizzazione è alloggiata sul tetto dei moduli "R"; sul tetto del modulo P è alloggiato il pantografo.

Questi costituiscono unità integrate, contenute in appositi cassoni facilmente accessibili e quindi facilmente ispezionabili e manutenibili.

Nelle cabine di guida è installato un armadio elettrico per le apparecchiature ed un banco di manovra per la guida e il controllo del veicolo; gli armadi elettrici sono facilmente accessibili mediante apertura di sportelli a tutta altezza dal vestibolo prospiciente la cabina di guida.

Nel sottocielo delle casse R e P sono installate delle unità decentrate di B.T. e segnale che alimentano le funzioni gli apparati presenti delle rispettive casse.

1.5 Traino in emergenza

In caso di un'avaria grave che impedisca al veicolo di trazionare, i rotabili possono essere rimossi tramite un altro tram o un veicolo di soccorso tipo Unimog. L'accoppiamento meccanico con il veicolo di soccorso avviene mediante una barra Albert presente su ciascuna testata del veicolo mentre l'accoppiamento elettrico avviene mediante una prolunga connessa fra al momento dell'accoppiamento.

Le modalità di recupero dei tram sono riportate nel documento P/N AA06YP5 rev.0.

1.6 Passeggeri diversamente abili

Per i passeggeri diversamente abili che affidano la loro mobilità all'uso di carrozzelle, sono previste quattro postazioni due per ciascuna cassa R poste in prossimità delle porte passeggeri

Le postazioni, qualora risultino occupate, vengono segnalate dall'esterno veicolo tramite display luminoso

L'incarozzamento a bordo del veicolo avviene direttamente dalla banchina senza l'ausilio di pedane mobili.

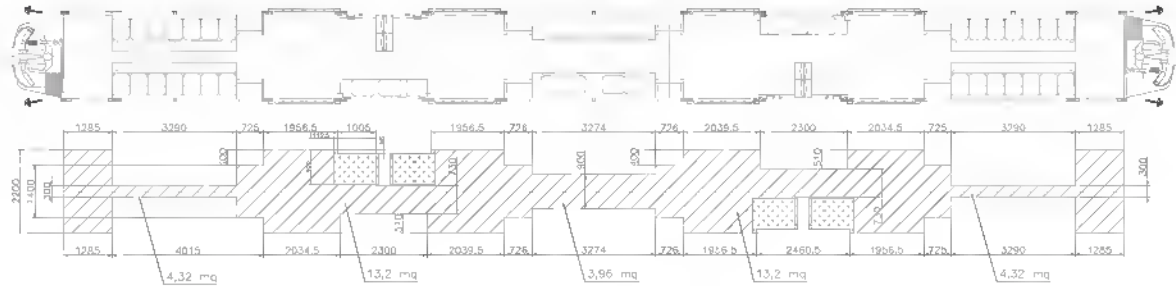
In accordo alle prescrizioni dalla norma UNI 11174 par. 5.1.4. il livello d'incarozzamento si pone ad un'altezza rispetto alla banchina fra +50 mm e - 20mm. Il gap fra veicolo e banchina è di mm 70, Dimensione consentita dalla presenza di una soglia che sporge dal fianco del veicolo di mm 60.

Una volta raggiunta la postazione, la messa in sicurezza della carrozzina avviene mediante l'utilizzo di una cintura di sicurezza con avvolgitore automatico di tipo automobilistico. Un pannello posto in prossimità di ogni postazione consente al diversamente abile di segnalare al conducente la propria condizione o di prenotare la fermata.

A supporto di quanto sopra riportato si riportano di seguito i seguenti documenti:

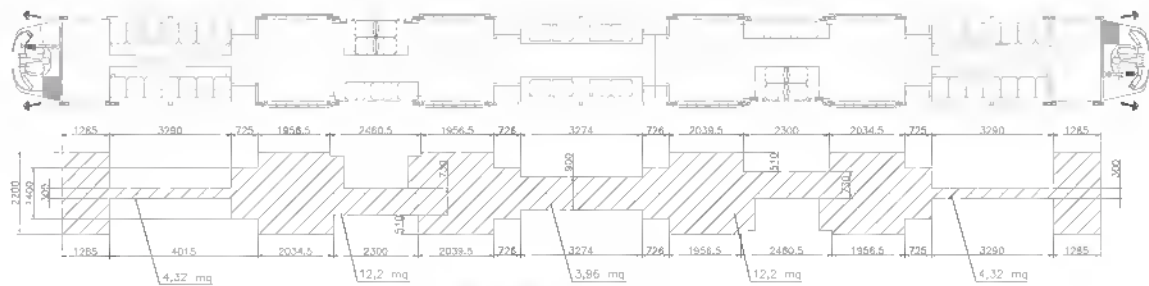
- Figurino generale P/N AA01N8W rev. 7
- Calcolo aree passeggeri P/N AA037CE rev.6

Calcolo aree passeggeri p/n AA037CE rev.6



CALCOLO PASSEGGERI CON DISARILI A BORDO

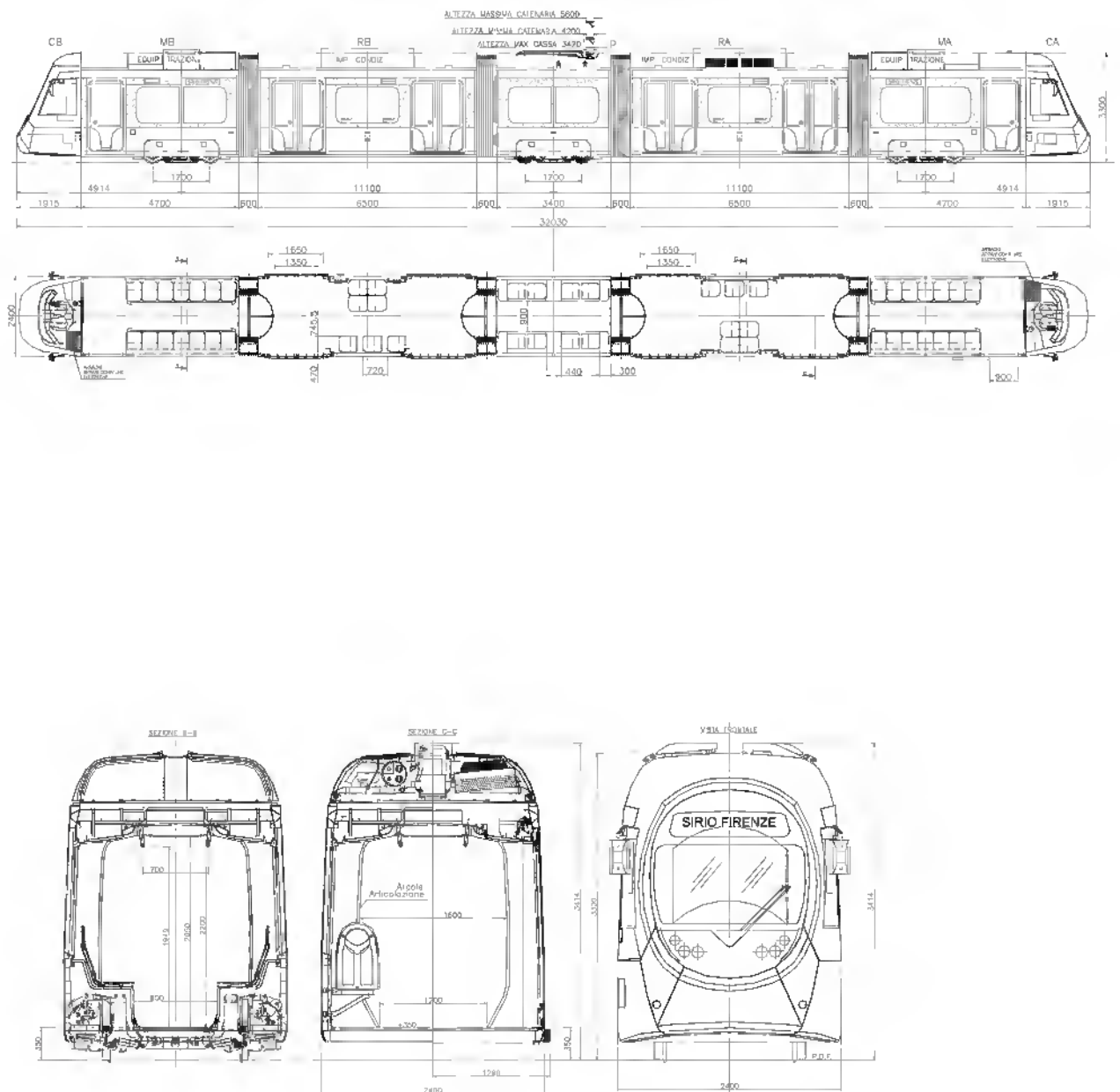
Area totale = 39 mq
 Area Disabili (4 x 0,9mq) = 3,6 mq
 Passeggeri in piedi (n°4 x 35,4mq) = 142
 Passeggeri in piedi (n°8 x 35,4mq) = 212
 Passeggeri seduti = 42
 Passeggeri totali (a 4 pass/mq) = 186
 Passeggeri totali (a 6 pass/mq) = 258
 Tasso di comfort (a 4 pass/mq) = 22,3%



CALCOLO PASSEGGERI SENZA DISARILI A BORDO L. SULLI SPALINZI I LOCCHI

Area Disponibile = 37 mq
 Passeggeri in piedi (n°4 x 37mq) = 148
 Passeggeri in piedi (n°8 x 37mq) = 222
 Passeggeri seduti = 50
 Passeggeri totali (a 4 pass/mq) = 198
 Passeggeri totali (a 6 pass/mq) = 272
 Tasso di comfort (a 4 pass/mq) = 25,2%

Figurino Generale P/N AA01N8W Rev.7



2. CONDIZIONI AMBIENTALI

2.1 Condizioni climatiche

I rotabili sono progettati per svolgere servizio passeggeri in presenza delle seguenti condizioni ambientali:

Campo di Temperatura Ambientale Operativa:	-20°C ÷ + 55 °C
Umidità relativa:	100%
Altitudine di funzionamento:	s.l.m.
Comparsa di rugiada:	Si
Presenza di pioggia, polvere, foglie sui binari, neve e per umidità relativa fino al 100% con comparsa di rugiada	

2.2 Perturbazioni elettromagnetiche

In fase di progetto e di costruzione del rotabile, sono state adottate, tutte le precauzioni affinché il livello d'inquinamento E.M. trasmesso per irradiazione, conduzione, accoppiamento capacitivo o induttivo sia compatibile con la soglia d'immunità delle apparecchiature e delle reti sensibili ai disturbi E.M. (telefonia, radiofonia e televisione, reti informatiche, etc.) e rispettato in tutte le condizioni di marcia normale e degradata del rotabile.

2.3 Inquinamento ambientale

I rotabili sono progettati e costruiti per non subire alcun danno nelle condizioni ambientali definite nel presente paragrafo e tenendo conto anche della polluzione prodotta dalla vegetazione (foglie, polline, etc.) e dal rotabile durante la marcia (sabbatura delle rotaie, consumo delle guarnizioni frenanti, degli striscianti del pantografo, etc.).

3. COMPORTAMENTO AL FUOCO

Questo progetto è stato sviluppato fra il 2004 e il 2007. In questo arco di tempo, le normative che regolano il comportamento al fuoco dei materiali non metallici hanno subito aggiornamenti importanti in particolare nel 2005 è stata introdotta la norma UNI CEI 11170. Con riferimento a tale norma, AB ha prodotto un documento nel quale sono riportate le caratteristiche del veicolo in funzione della norma sopracitata.

Inoltre è stato prodotto un documento che regola la fornitura di tutti i materiali non metallici riguardo la rispondenza alle norme fuoco fumi vedi P/N AA036LN.

4.0 COMFORT ACUSTICO

4.1 Generalità

Particolare attenzione è stata posta nella progettazione e nella realizzazione del veicolo, adottando le soluzioni atte a prevenire e a controllare l'emissione acustica del veicolo in tutte le sue condizioni di esercizio.

In generale le sorgenti di rumore e di vibrazione che si presentano sono essenzialmente di tre tipi:

- sorgenti interne, che comprendono ventilatori, reostati, impianti di condizionamento, porte, ecc.;
- interazione ruota rotaia;
- rumore aerodinamico;

Il controllo del rumore avviene operando direttamente sulle sorgenti di emissione e attraverso soluzioni progettuali tese all'introduzione di dispositivi e tecnologie appropriate.

4.2 Livelli di rumore

Il rotabile è progettato mediante soluzioni tali che, i livelli di rumore, misurati con porte e finestrini chiusi e nel caso di rotabile fermo con tutti i sottosistemi operanti, compresi gli impianti di ventilazione e condizionamento nelle condizioni di massima emissione (sonora), danno i seguenti valori:

Velocità (Km/h)	0	40	60
Cabina di guida	60 dB(A)	66 dB(A)	70 dB(A)
Comparto passeggeri	65 dB(A)	70 dB(A)	72 dB(A)
Articolazione tra le casse	65 dB(A)	72 dB(A)	74 dB(A)

La rumorosità all'interno del comparto a rotabile fermo, durante la fase di apertura e chiusura delle porte non supera i 70 dBA coi dispositivi acustici disattivati.

I livelli di rumore propri del veicolo verso l'esterno saranno contenuti entro i seguenti valori:

Velocità (Km/h)	0	50
Esterno (secondo le norme pr EN-ISO 3095 e 3381)	60 dB(A)	75 dB(A)

5. QUALITÀ DI MARCIA

Il veicolo è progettato per assicurare il miglior comfort di marcia per i passeggeri.

Le frequenze proprie degli organi costituenti il rotabile e il rodiggio si discostano dalle frequenze di maggior sensibilità per i passeggeri, indipendentemente dalle condizioni di carico sul rotabile stesso:

Verticalmente	da 0 a 1 Hz e da 4 a 8 Hz
Trasversalmente	da 1 a 2 Hz

6. TENUTE

Il veicolo e le sue parti sono progettate per garantire una opportuna tenuta all'acqua anche durante le operazioni di lavaggio. Le articolazioni sono protette dall'esterno mediante l'impiego di doppi mantici di sezione chiusa. Le porte sono di tipo ad espulsione e scorrimento con ante munite di guarnizione perimetrale che assicura una buona tenuta con la cassa. I finestrini e i pannelli di rivestimento delle fiancate sono incollati alla struttura e sigillati sul tutto il perimetro.

La tenuta viene verificata su tutti i veicoli ultimati tramite prove idriche eseguite mediante un impianto munito di spruzzatori di acqua a pressione prestabilita.

7. PESI

Il peso del veicolo è contenuto nel documento P/N AA03H9A. I più significativi sono:

- **tara:** veicolo in ordine di marcia con conducente tonnellate 39,768 \pm 4%
- **carico massimo:** posti seduti + 6 pass/m² i tonnellate 58,808 \pm 4%

8. VISIBILITÀ DAL POSTO DI GUIDA

Gli angoli di visibilità orizzontali e verticali sono riportati nello "schema di visibilità" dis.P/N AA03E86 rev.1 Gli angoli di visibilità verticali anteriori sono conformi alla norma CUNA NC 586 – 05.

9. DESCRIZIONE DELLA CASSA

9.1 Struttura Cassa

Il tram è composto da cinque moduli collegati fra loro da articolazioni.

Ciascun modulo è costituito da un telaio, due fiancate e un imperiale.

I due moduli di estremità sono muniti di testata

I documenti di riferimento sono:

- Dis. AA032PW, Insieme cassa motrice MA-MB.
- Dis. AA03BPG REV.1, Assieme cassa RA-RB.
- Dis. AA03BPH, Assieme cassa P

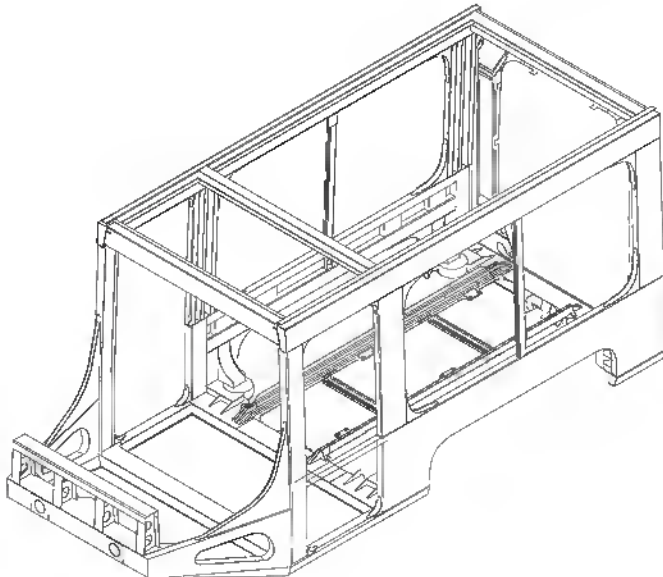
I materiali utilizzati per la struttura delle casse sono:

- Acciaio S 500 MC EN 10149/2 (ex E 490 D)
- Acciaio S 355 J2G3C EN 10025 (ex Fe 510 D)
- Acciaio S 355 J2WP UNI EN 10155 (ex CORTEN A)

9.2 Modulo d'estremità (CASSA MA, DIS. AA03BPF)

Il modulo di estremità del tram si compone di tre zone distinte: la zona cabina, la zona porta, il modulo di trazione.

La zona cabina è costituita da una grossa trave di testa di tipo scatolato e da due piegati laterali, anch'essi scatolati. Inoltre è prevista una struttura di protezione per il macchinista costituita da una trave di cintura trasversale anteriore, collegata alla trave di testa mediante quattro montanti.



La trave di testa è provvista delle interfacce necessarie ad alloggiare due assorbitori di energia.

La zona porta è costituita da due montanti ai quali si ancora la struttura cabina, uniti frontalmente da due traverse. Il vano porta è completato lateralmente dal tegolo e dal longherone basso. Il tetto in questa zona è chiuso superiormente con una lamiera irrigidita.

Il modulo di trazione è l'elemento che realizza l'interfaccia con il carrello e con l'articolazione e supporta le apparecchiature a tetto.

Il modulo è costituito da due travi portanti, sulle quali si trovano gli appoggi per le sospensioni secondarie del carrello, collegate tra loro tramite due longheroni alti.

I montanti sono due grossi scatolati ottenuti tramite saldatura di piegati di diverso spessore, ed uniscono i longheroni al tegolo.

Il tegolo è una trave a sezione chiusa, ottenuta tramite saldatura di lamiera piegate.

La trave che unisce superiormente i montanti di estremità porta l'interfaccia per la parte superiore dell'articolazione.

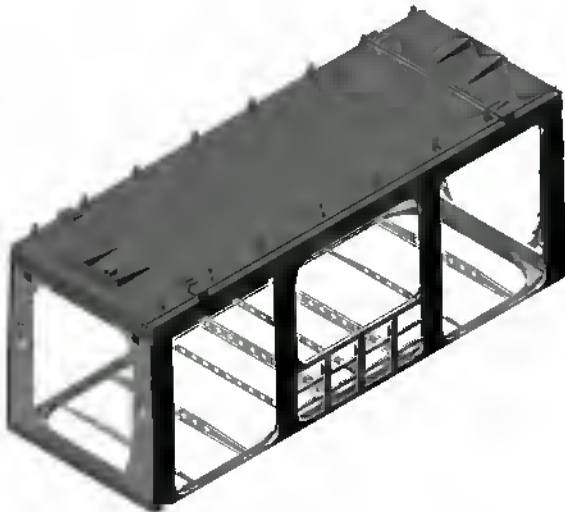
La testata piana è costituita da due lamiere irrigidite che realizzano l'interfaccia della struttura con il mantice dell'intercomunicante.

L'imperiale, che viene realizzato separatamente, è costituito da una struttura portante a centine e longheroni, chiusa con lamieratura, nella quale sono realizzati superiormente, i supporti per le apparecchiature montate sopra il tetto, ed inferiormente i supporti per la ventilazione, i cablaggi, l'illuminazione ed i mancorrenti. Tale struttura viene unita al tegolo tramite chiodatura.

9.3 Modulo appeso (CASSA RA – RB DIS. AA03BPG)

Il modulo appeso è costituito dalla composizione di due moduli strutturali base: modulo finestra e modulo porta.

Le travi di testa del modulo appeso derivano da quelle del modulo di trazione della cassa di estremità riprendendone la geometria generale ed adottando la medesima interfaccia per l'articolazione, ma non hanno l'interfaccia per l'appoggio delle sospensioni secondarie. I montanti sono costruiti con la medesima filosofia di quelli del modulo di trazione.



Per consentire anche l'eventuale montaggio di sedili a sbalzo a 2 posti sono previste due guide longitudinali adatte al fissaggio dei sedili.

I longheroni sono uniti da una serie di traverse costituite da piegati a sezione aperta, tranne che in occasione dei montanti porta, dove le traverse sono invece delle travi a sezione chiusa.

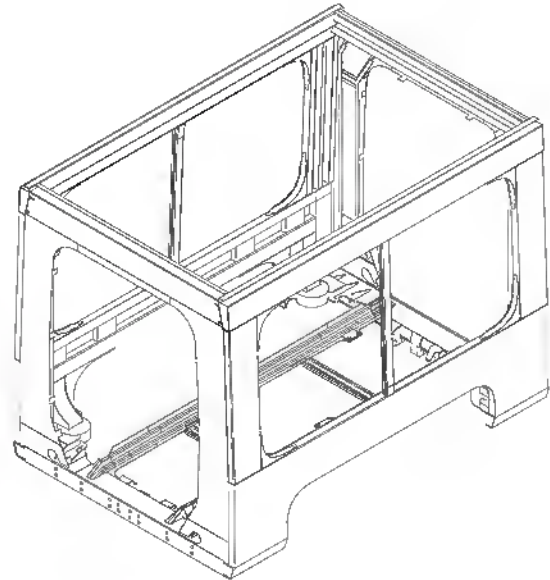
Il tegolo del modulo appeso è costruttivamente identico a quello del modulo di trazione.

L'imperiale è realizzato con la medesima filosofia costruttiva di quello del modulo di trazione, anche se diverso dal punto di vista dei supporti per le apparecchiature sopra il tetto.

Il telaio e il collegamento con il carrello sottostante sono tali da consentire un'altezza costante del pavimento in tutto il comparto di 350 mm.

9.4. Modulo portante (CASSA P, DIS. AA03BPH)

Il modulo portante è identico al modulo di trazione ad eccezione delle parti relative alla porta ed alla cabina che sono mancanti.



9.5 Verniciatura e protezione contro la corrosione

I provvedimenti adottati contro la corrosione sono quelli che hanno dato ottimi risultati in precedenti applicazioni dello stesso tipo e sono principalmente i seguenti:

- cicli di verniciatura delle parti strutturali mediante uso di vernice epossimicacea
- protezione delle parti scatolate e delle travi strutturali tramite spruzzatura di olio ceroso (WAXOIL)
- uso di film o paste in modo da prevenire il contatto fra metalli di diversa natura.

9.6 Resistenza della struttura

La struttura delle casse è dimensionata e costruita per il servizio del rotabile senza che le sollecitazioni normali ed eccezionali alle quali può essere sottoposta causino deformazioni permanenti o rotture per fatica.

La struttura è anche dimensionata per sopportare, senza deformazioni permanenti, le sollecitazioni derivanti da deragliamento e dalla conseguente rimessa in linea con martinetti applicati in appositi punti del telaio.

Le aree di tetto previste per l'effettuazione della manutenzione sopportano, oltre ai normali carichi dovuti alle apparecchiature, anche il peso di una persona (800 N) concentrato e di due persone (1600 N) poste a distanza di circa 1 m.

La struttura resiste senza deformazioni permanenti né fessurazioni alle forze elencate nei seguenti documenti:

- Calcolo FEM Cassa MA P/N AA03FLF par. "Condizioni di carico"
- Calcolo FEM Cassa RA P/N AA03FLG par. "Condizioni di carico"
- Calcolo FEM Cassa P P/N AA03FLH par. "Condizioni di carico"

9.7 Calcoli della struttura

La struttura delle varie casse sopra descritte è stata sottoposta ad analisi ad elementi finiti usando le condizioni di carico e di vincolo riportate nei documenti riportati al par. 9.5

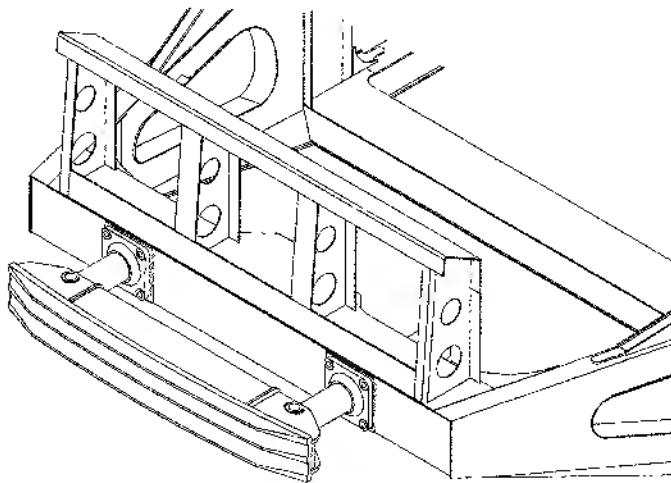
La verifica è riportata negli stessi documenti.

Per il calcolo F.E.M. è stato realizzato un modello dettagliato delle varie strutture mediante il software IDEAS Master Series rev.8; Lo stesso software è utilizzato per il post processing del calcolo.

Il solutore utilizzato per il calcolo è MSC NASTRAN.

9.8 Protezione agli urti

Nella zona anteriore del telaio motrice sono applicati due assorbitori di energia di tipo autorigenerante in grado di assorbire l'energia generata in caso di urto, Dis. AA02LCK .



Un dispositivo antisormonto applicato in asse agli assorbitori d'energia è realizzato con lamiera in acciaio di opportuno spessore a formare una trave dotata di nervature che, in caso d'urto fra due veicoli, si incastrano fra loro impedendo l'accavallamento degli stassi.

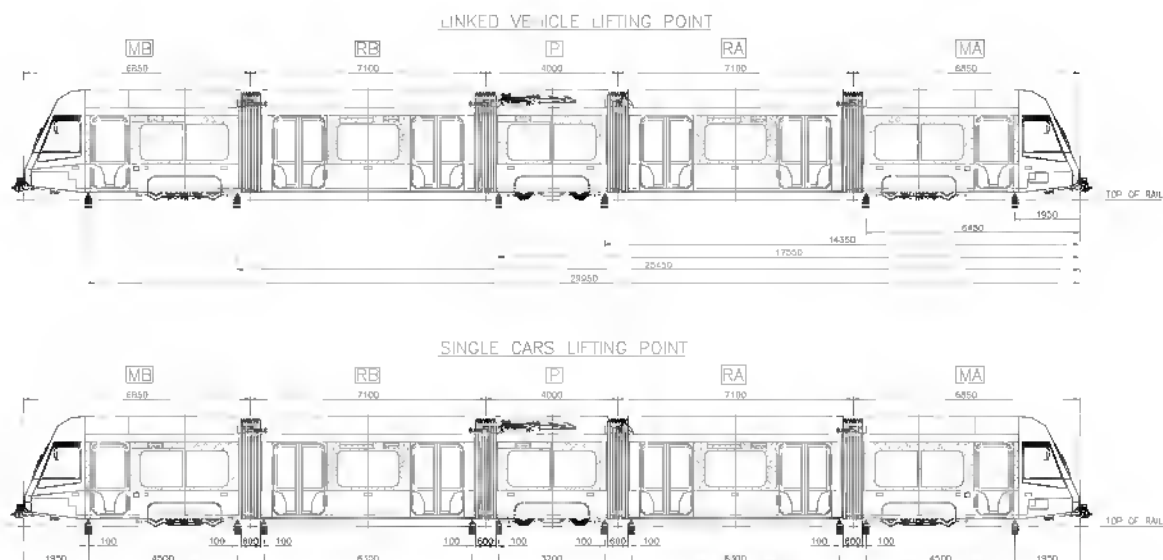
Il dispositivo antisormonto è nascosto da un guscio di vetroresina, sostituibile facilmente, che, in caso di urto, si rompe liberando la nervatura.

Inoltre la cabina di guida è dotata di una struttura portante che si sviluppa perimetralmente a livello cintura proteggendo il macchinista da urti frontali e laterali.

9.9 Sollevamento veicolo

Sul telaio delle varie casse, in corrispondenza dei montanti, sono previsti opportuni punti (evidenziati con pittogrammi visibili dall'esterno) da utilizzare per il sollevamento del veicolo in officina o in caso di deragliamento in linea.

Si riporta di seguito lo schema dei punti di sollevamento.



9.10 Imperiale

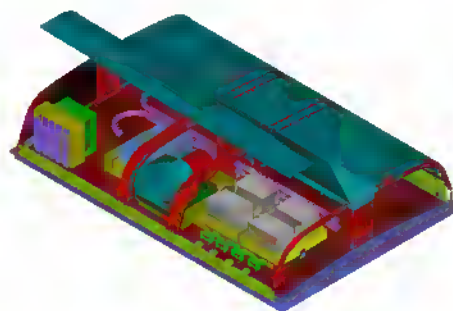
L'imperiale coniuga la sua funzione strutturale con l'esigenza di contenere e proteggere le apparecchiature.

La struttura nei vari moduli è costituita da una ossatura di piegati e tubi saldati fra loro. Questa ha il duplice scopo di contribuire alla integrità strutturale e al tempo stesso realizzare l'interfaccia necessaria sia al montaggio delle apparecchiature che al fissaggio delle pannellature di copertura dello stesso.

La struttura portante del modulo tetto è dimensionata per sopportare i carichi che le derivano dalle condizioni di esercizio, dalle condizioni di carico (sia statiche che affaticanti), ed il peso delle apparecchiature.

Il collegamento del modulo alle fiancate ed alle testate, è realizzato tramite chiodatura ed avvitatura.

Sotto ciascun modulo del tetto è montato inserito il modulo del sottocielo che contiene i canali dell'aria, la plafoniera dell'illuminazione e gli altri equipaggiamenti elettrici ed elettronici.



9.11 Testata

Il veicolo, rispetto alla versione di offerta, adotta una testata ricavata da Sirio Atene. Questa testata, disegnata da Pininfarina, ha la possibilità di contenere al proprio interno un accoppiatore per la marcia in multiplo. La personalizzazione della testata potrà essere effettuata attraverso la coloritura con i richiami dei colori della città di Firenze.

La testata è realizzata in PRFV opportunamente rinforzata con inserti metallici.

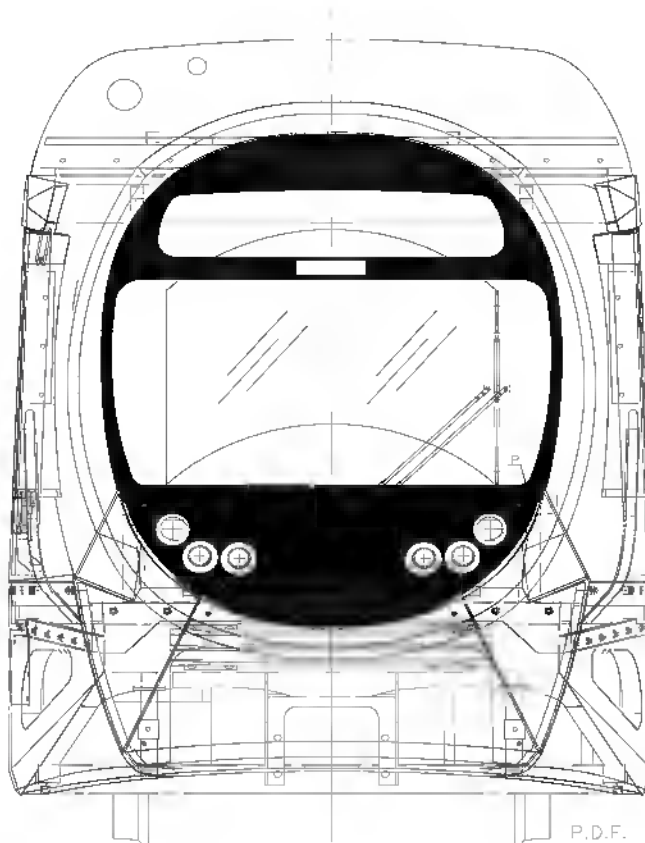
La testata è fissata al resto della struttura con collegamenti bullonati che utilizzano appositi elementi di interfaccia.

Una successiva sigillatura della zona di accoppiamento garantisce la tenuta contro tutti gli agenti atmosferici.

Il parabrezza fissato alla struttura mediante sigillatura è rimovibile dall'esterno veicolo.

Si riporta di seguito la vista frontale della testata.

Vista frontale Sirio Firenze



9.12 Articolazioni

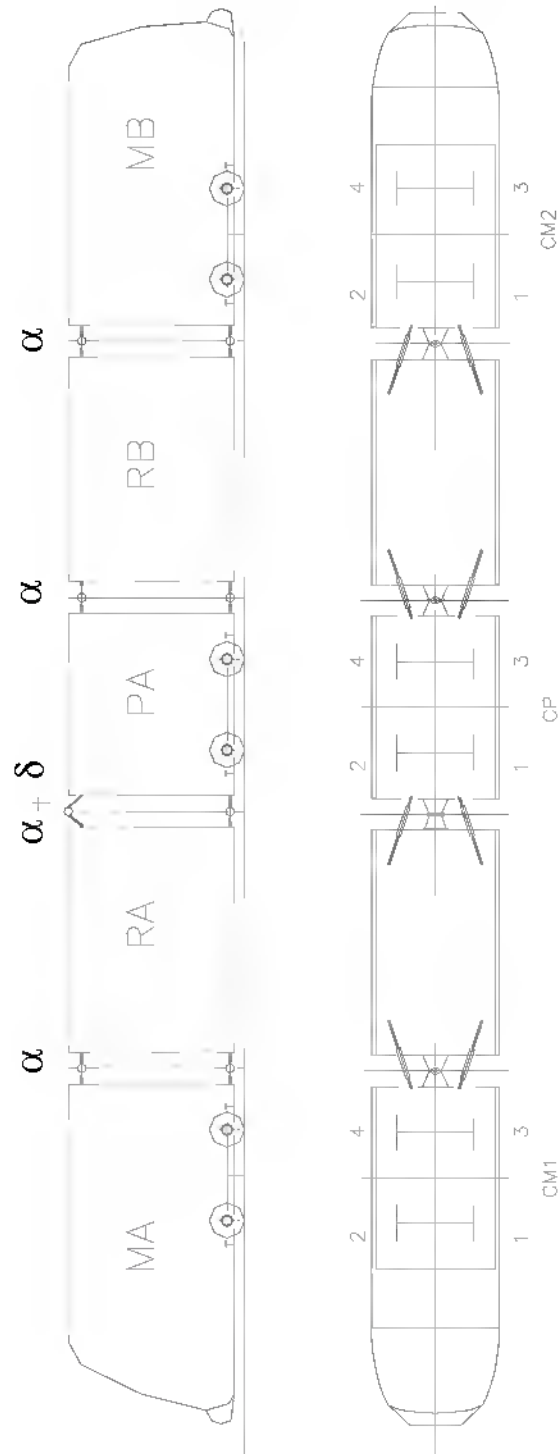
Si riporta di seguito lo schema delle articolazioni del veicolo.

Come rappresentato nello schema riportato, le articolazioni utilizzate su Sirio Firenze sono di tre tipi:

— NESSUNA ARTICOLAZIONE PUO' ROLLARI

α : SOLO ROTAZIONE ORIZZONTALE

$\alpha + \delta$: ROTAZIONE ORIZZONTALE E BECCHEGGIO



Articolazione inferiore.

- Articolazione superiore per sola rotazione orizzontale.
- Articolazione superiore per rotazione orizzontale + beccheggio.

L'articolazione munita di beccheggio è posta al centro del veicolo e consente una rotazione verticale delle due metà ottenute.

Tutte le altre articolazioni consentono la sola rotazione delle casse sul piano orizzontale.

Le articolazioni non consentono il rollio.

Per maggiori dettagli vedi il documento P/N AA033KP

Un mantice esterno chiude completamente la sezione trasversale del veicolo per garantire la tenuta alle infiltrazioni di acqua ed aria.

I collegamenti elettrici ed idraulici sono realizzati con "penzoli" posizionati nella intercapedine tra il mantice e le carenature esterne.

L'articolazione è completata dagli organi meccanici di collegamento (giunti inferiore e superiore).

Il pavimento nella zona articolazione è realizzato con lamiera metallica antiscivolo.

La riduzione di passaggio in corrispondenza delle articolazioni è la minima possibile ed assicura un passaggio libero minimo di 1200 mm.

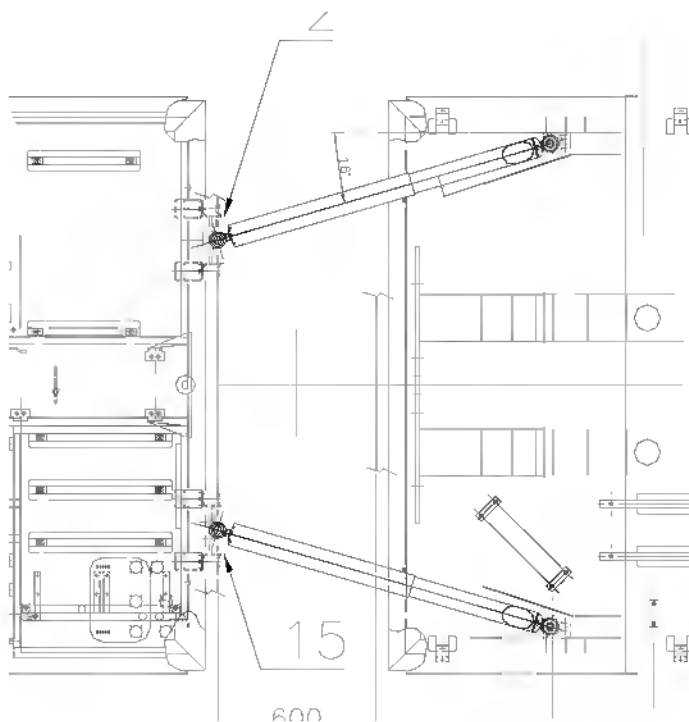
Le articolazioni sono state dimensionate per sostenere i carichi indotti dall'esercizio e da un carico di compressione di 40 tonn. in accordo al documento P/N AA036PW " Verifica FEM articolazione".

9.13 Ammortizzatori idraulici

Tutte le casse sono collegate fra loro a livello imperiale da due ammortizzatori idraulici che smorzano le oscillazioni dinamiche fino alla velocità massima di 70Km/h.

I requisiti degli ammortizzatori sono descritti nella specifica P/N AA01BU8 rev.1 e conformi fra l'altro alla specifica FS 308551 esp.2.

Si allega lo schema tipico di montaggio tra le casse.



11. ARREDI

Gli arredi e la colorazione del veicolo, sono stati scelti dal Committente, sulla base di una serie di proposte. La soluzione approvata è rappresentata nel rendering denominato "Versione Blu 2" allegato.

Questa versione contiene alcune varianti alla soluzione di offerta quali:

- Utilizzo di sedili imbottiti in sostituzione delle scocche in resina.
- Aggiunta di mancorrenti nelle aree porte passeggeri.
- Utilizzo di una parete divisoria fra cabina e comparto provvista di vetratura.

Il rivestimento interno del rotabile, sia del comparto passeggeri che della cabina di guida, è realizzato con materiali esenti da amianto e suoi derivati composti.

Sono stati inoltre evitati materiali bituminosi e quanto altro allo stato dell'arte sia ritenuto inquinante per l'ambiente e tossico o nocivo per i viaggiatori, gli operatori addetti alla condotta e alla manutenzione del rotabile.

11.1. Rivestimenti fiancate

I rivestimenti di fiancata sono realizzati con pannelli preassemblati fuori opera, in materiale composito, installati a tamponamento della struttura mediante bullonatura e sigillatura. Le dimensioni dei pannelli sono modulari, in modo da consentirne sia in fase di produzione che in esercizio un limitato stoccaggio dei componenti. Particolare attenzione è stata posta nel facilitare lo smontaggio dei pannelli per le operazioni di sostituzione in caso di danneggiamento

I pannelli hanno bordi arrotondati per garantire la sicurezza e agevolare la pulizia .

Le superfici sono antigraffiti

I colori sono riportati nel rendering versione " blu 2 "

11.2 Rivestimenti del cielo

La parte centrale del padiglione è impegnata dal canale di ventilazione. La parte in vista del canale è costituita da una lamiera opportunamente forata per consentire il corretto passaggio dell'aria climatizzata. L'illuminazione è composta da due canali luminosi posti ai lati del pannello centrale secondo quanto descritto al paragrafo 13.

Le mantovane che occupano la parte di cielo che si estende dai canali luminosi alle fiancate sono costituite da pannelli modulari in lega leggera incernirati e facilmente rimovibili per consentire una facile manutenibilità degli impianti elettrici e dei meccanismi porta.

Le superfici in vista sono verniciate con prodotti antigraffiti.

I colori sono riportati nel rendering versione " blu 2 "

11.3 Sedili passeggeri

La disposizione dei sedili (v. dis. P/N AA01N8W rev 7) è stata studiata per rispettare la capacità di trasporto dei passeggeri riportate al capitolo 1.3 ed alle richieste del Committente di prevedere n°4 postazioni per diversamente abili.

I sedili, su richiesta del Committente, sono stati sostituiti con un modello imbottito di forma e colore conforme al documento P/N AA060CH. Vedi fig. 1 La scocca del sedile è costituita da una struttura metallica interna. I sedili installati sulle casse RA – RB sono fissati alla fiancata attraverso supporti a mensola; questi sedili sono muniti di apposite maniglie per il sostegno dei passeggeri.

I sedili installati sui cassoni delle casse MA-MB e P sono identici a quelli presenti nelle casse RA-RB.

Il dimensionamento degli spazi disponibili per i passeggeri seduti e dei corridoi risponde alla norma CUNA NC 581-20 e NC 581-10

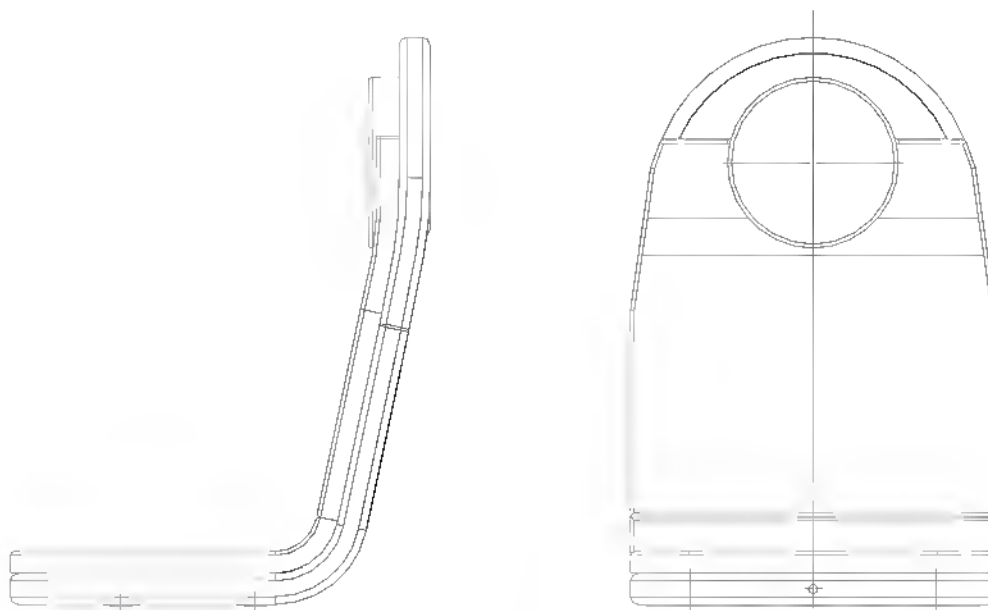


Fig. 1 - Sedile singolo di tipo imbottito

11.3 Mancorrenti

I mancorrenti sono dislocati sul veicolo secondo il disegno P/N AA06T96

11.4 Finestrini passeggeri

I finestrini laterali sono realizzati con vetri temprati di sicurezza atermici da lastra unica, rispondenti alla norma ECE 43 R. L'applicazione dei finestrini alla struttura avviene mediante incollaggio strutturale dall'esterno del veicolo. Per la disposizione dei finestrini vedi dis. P/N AA05YXX.

11.5 Pavimento

La struttura del pavimento è costituita da pannelli sandwich in legno e alluminio, fissati alla struttura del telaio mediante incollaggio.

I pannelli sono composti da due fogli di alluminio di spessore 1,5 mm con interposto uno strato di legno di balsa con uno spessore totale di mm 24. Le parti costituenti il pannello sono incollate tra loro con resine termoindurenti, mediante un sistema di polimerizzazione a caldo sotto pressione. Il pavimento è in grado di sostenere un carico di 7000 N/m² senza deformazioni permanenti. I bordi e le superfici esterne sono adeguatamente protetti in modo da impedire l'assorbimento di acqua e umidità. In corrispondenza di fonti di rumore ad esempio i carrelli, il pavimento è ricoperto da materiale fonoassorbente.

11.5.1 Rivestimento del pavimento

Il pavimento è rivestito con un tappeto di gomma antisdrucchiolo incollato sul pannello sopradescritto. Per facilitare le operazioni di pulizia il tappeto risale parzialmente sulle pareti a formare un effetto vasca. Il materiale ha caratteristiche autoestinguenti in accordo alla specifica AA036LN.

L'aspetto superficiale è in accordo alla livrea degli interni.

11.6 Parete divisoria cabina / comparto

La cabina di guida è separata dal comparto passeggeri mediante una parete trasversale. L'accessibilità alla cabina è assicurata da una porta scorrevole. Una ulteriore porta consente di accedere alle apparecchiature dell'armadio elettrico posto in cabina. La parete e la porta sono rappresentate nel disegno P/N AA05X3M.

La parete di separazione e la porta di cabina sono munite di superfici vetrata che consentono al conducente di visionare il comparto passeggeri.

L'ossatura della parete è realizzata con struttura in lega leggera ed è rivestita con pannelli di laminato plastico.

La porta di cabina è dotata di serratura.

12. CABINA DI GUIDA

Il veicolo, essendo di tipo bidirezionale, è dotato di n.2 cabina di guida progettata per offrire comfort e sicurezza al conducente.

Gli spazi e l'ergonomia del posto conducente soddisfano percentili donna 5° fino a percentili uomo 95° e cioè persone di altezza compresa fra 1,52 m. e 1,95 m.

L'altezza interna della cabina è di 2 m.

La visibilità del conducente è facilitata dalla posizione rialzata del pavimento di cabina che si trova a + 850 mm. dal piano della rotaia. Lo schema di visibilità del conducente è illustrato nel disegno AA03E86

I cristalli del parabrezza e i finestrini laterali sono costruiti in accordo alla normativa ECE 43 R.

La pulizia del parabrezza è assicurata da un tergicristallo completo di lavavetro azionato da un motorino elettrico a tre velocità.

La superficie del parabrezza è munita di una resistenza incorporata che ne assicura lo sbrinamento.

Un portello passa documenti posizionato sul lato destro della cabina consente al conducente di comunicare con l'esterno senza abbandonare la cabina di guida.

12.1 Equipaggiamenti della cabina di guida

12.1.2. Sedile conducente

Il sedile consente, attraverso una serie di regolazioni, di ottenere una corretta postura del conducente.

Il sedile è dotato di un sistema di molleggio in grado di ammortizzare le vibrazioni trasmesse dal veicolo durante la marcia.

I rivestimenti della seduta e dello schienale sono in materiale lavabile, antistatico traspirante e rispondente alle normative fuoco-fumi. Riportate nel documento P/N AA036LN.

Per le caratteristiche del sedile vedi dis. P/N AA031D4 .

12.1.3 Banco di manovra

Il banco di manovra è di forma avvolgente.

I comandi sono facilmente raggiungibili dall'operatore stando comodamente seduto nella sua posizione di guida.

La visibilità della strumentazione è garantita in ogni condizione di luce.

I pulsanti sono retro illuminati e consentono la verifica dell'avvenuta attivazione del meccanismo.

La consolle è suddivisa in zone di intervento/controllo di tipo "primario" e zone di intervento/controllo di tipo "secondario" più una zona di consultazione saltuaria.

Il manipolatore di trazione e frenatura (master controller) è posto sul lato sinistro del banco di manovra.

Lo spazio attorno alla consolle è tale da consentire una facile movimentazione in fase di ingresso e uscita del conducente dalla cabina.

Per la configurazione dei pannelli visualizzazioni e comandi vedi P/N AA05UMD e AA06Y40 .

12.1.4 Specchi retrovisori

La cabina guida è equipaggiata di due specchi retrovisori esterni posizionati in modo che il conducente, dal posto di guida, possa controllare entrambe le fiancate del veicolo. Gli specchi sono orientabili mediante comando elettrico da consolle.

12.1.5 Illuminazione posto guida

L'illuminazione di cabina è realizzata mediante 2 spot posti nel cielo della cabina di guida e una plafoniera dedicata all'illuminazione del pannello interruttori sistemato al lato del conducente.

L'illuminazione della cabina è a comando indipendente.

13. ILLUMINAZIONE INTERNA COMPARTO PASSEGGERI

L'illuminazione interna del comparto passeggeri è ottenuta attraverso due canali luminosi continui posti nella zona centrale del sottocielo.

Essi sono costituiti da un corpo di lega leggera al quale sono fissate le lampade fluorescenti e gli inverter di alimentazione (un inverte alimenta due lampade).

La parte interna del profilo è trattata con vernice riflettente.

I diffusori di luce sono realizzati in policarbonato autoestinguento.

L'impianto assicura una luminosità interna media di 350±50 lux.

L'alimentazione delle lampade avviene a 24 Vcc.

In condizioni di emergenza 1/3 delle lampade resta acceso. Le lampade di emergenza sono poste nelle aree prospicienti le porte e la zona dell'intercomunicante secondo quanto riportato nel disegno AA03GYM TAV.4

14 PORTE PASSEGGERI

Il veicolo proposto è equipaggiato con n. 6 porte per fiancata di cui n. 4 ad anta doppia ed n. 2 ad anta singola, secondo lo schema riportato nel figurino generale.

Le porte sono di tipo ad espulsione e scorrimento. Il comando è elettrico con ante guidate sia superiormente che inferiormente.

Le modalità di funzionamento rispettano le norme EN14752. Per la sola modalità di funzionamento della maniglia di sblocco manuale si fa riferimento alla norma UNIFER 8882

Il comando apertura porta è locale, posizionato sulle antine, e subordinato al consenso del manovratore,

Ogni tram è equipaggiato da:

- 8 porte doppie sulle casse R (4 ogni cassa R)
- 2 porte singole sulle casse MA
- 2 porte singole sulle casse MB

14.1 funzionamento e caratteristiche tecnico-costruttive

14.1.1 Generalità

Le porte sono di tipo ad espulsione e scorrimento. Le ante fuoriescono e si allontanano scorrendo parallelamente all'esterno della fiancata del veicolo, liberando il vano per l'incarozzamento dei passeggeri.

A porte chiuse, le ante formano un unico filo con l'esterno della fiancata del veicolo.

I comandi elettromeccanici di movimentazione, assemblati in un unico assieme, sono contenuti all'interno di un cassonetto ubicato sopra il vano porta. Ogni anta è dotata di un sistema di sospensione e guida vincolati alla parte mobile di comando. Il comando della parte inferiore delle ante è affidato ad una coppia d'alberi verticali dotati di braccio e rotella di guida.

Le ante sono costituite da un telaio in estrusi d'alluminio sul quale sono incollati due cristalli.

Il sistema è dotato d'organi di sicurezza che impediscono l'avviamento del veicolo a porte non perfettamente chiuse.

Ogni sistema è dotato di una maniglia d'emergenza che permette, in caso di necessità, lo sblocco meccanico e l'apertura manuale della porta.

14.1.2 Caratteristiche generali

Pota mono-anta:

- Funzionamento elettromeccanico
- Cristallo fisso Grigio Europa sp.5mm
- Corsa di ogni anta: 910 mm
- Larghezza passaggio ad anta aperte: 900 -0/+10 misurato a 1 m dal pavimento
- Luce libera di passaggio in altezza 2000 mm

- Corsa di espulsione zona alta 60-65 mm
- Corsa di espulsione zona bassa 56 mm
- Tempo d'apertura circa 3 sec (a 24 V o superiore)
- Tempo di chiusura (escluso preavviso) circa 3 sec (a 24 V o superiore)
- Alimentazione 24Vcc nominali (16÷32 Vcc)
Tensione di lavoro 29 Vcc

Porta bi-anta

Ante fra loro collegate e sincronizzate meccanicamente

- Funzionamento elettromeccanico
- Cristalli fissi (uno per ante) Grigio Europa sp. 5 mm
- Corsa di ogni ante: 658 mm
- Larghezza passaggio ad ante aperte: 1350 mm -0/+10 misurato a 1 m dal pavimento

- Luce libera di passaggio in altezza 2000 mm
- Corsa di espulsione zona alta 60-65 mm
- Corsa di espulsione zona bassa 56 mm
- Tempo d'apertura circa 3 sec (a 24 V o superiore)
- Tempo di chiusura (escluso preavviso) circa 3 sec (a 24 V o superiore)
- Alimentazione nominale 24 Vcc nominali (16÷32 Vcc)
- Alimentazione di lavoro 29 Vcc

14.1.3 Caratteristiche dei componenti principali

Ante

Sono costituite da un telaio saldato in estrusi d'alluminio al quale sono applicate mediante incollaggio strutturale i cristalli. Per l'applicazione sono utilizzati cristalli temperati con spessore di 5 mm conformi alla normativa ECE 43R.

I cristalli di colore grigio Europa risulteranno allineati al filo esterno dell'anta e dotati di serigrafia perimetrale con sfumatura nera pallinata.

L'anta ha una finitura verniciata con colorazione monocromatica.

La guarnizione paramano presente sull'anta è del tipo a "labirinto".

La guarnizione perimetrale è del tipo a "doppio labbro".

Sul cristallo dell'anta (destra, nel caso di doppia ante) è applicato un pulsante di comando apertura, il pulsante è di tipo capacitivo luminoso con led verdi che indicano l'abilitazione della porta, e rossi che indicano lo stato di "porta isolata". Il pulsante è comandabile sia internamente che esternamente. Il pulsante sarà illuminato con porta abilitata e riporterà nella zona di comando il simbolo d'apertura.

L'anta è fissata al sistema di sospensione e comandata in espulsione nella parte inferiore attraverso l'azionamento dei cardini laterali, i quali garantiscono la tenuta inferiore in condizioni di chiusura.

Meccanismo di comando

Si può suddividere il meccanismo di comando in 4 sottogruppi fondamentali:

1. Sospensione delle ante
2. Motorizzazione

3. Sistema di punto morto
4. Guida

Sospensione delle ante

La sospensione delle ante è affidata ad un meccanismo mobile dotato di guide telescopiche.

Le guide, ad estrazione completa a gabbia a sfere, sono montate su supporti basculanti che ne consentono la rotazione libera intorno al loro asse longitudinale.

La sezione delle guide è tale da garantire il corretto sostegno delle ante in posizione aperta e chiusa e la riduzione dello sbandieramento in direzione ortogonale alla fiancata.

Motorizzazione

La movimentazione della porta è affidata al sistema di motore a 24 Vcc brush-less collocato in parte fissa e riduttore epicicloidale con cassa rotante.

La rotazione della cassa trasforma il riduttore in un differenziale, che consente di suddividere la coppia generata dal motore, su due uscite, l'una necessaria al trascinarsi delle ante (che avviene tramite vite e chiocciola), l'altra necessaria al comando dell'albero di punto morto e quindi all'espulsione della porta. La situazione inversa si presenta al rientro e bloccaggio.

Tutti i rinvii di potenza sono eseguiti attraverso coppie di ruote dentate.

Sistema di punto morto

Questo sistema, composto da un albero orizzontale, montato sulla piastra mobile e collegato ad un sistema di leve, è deputato a portare in espulsione la piastra a cui è vincolato. Nella fase di chiusura, tale sistema è atto a generare una condizione di blocco che impedisce la riapertura della porta.

Sistema di guida superiore

È costituito da una rotaia di guida con sezione a U rovesciata, solidale alla piastra fissa porta apparecchi. La rotaia ha il compito di garantire la traiettoria delle ante sia in apertura sia in chiusura realizzando la combinazione tra moto traslatorio e moto d'espulsione o rientro.

Guida e ritegno nella parte inferiore

Un cardine verticale per ogni anta dotato di braccio e rullino, consente la guida nella fase d'espulsione e il ritegno della porta in posizione di apertura e chiusura.

Il cardine è vincolato superiormente alla piastra mobile attraverso un sistema di bielle dotata di snodi sferici al fine di adattarsi alle diverse condizioni operative dovuta alla cassa del veicolo.

Vincolo centrale

Allo scopo di contenere la deformazione sotto carico della parte centrale inferiore delle ante, è inserito un sistema di vincolo costituito da un perno che va ad impegnarsi, in porta chiusa, in un riscontro installato sul pavimento.

Maniglia d'emergenza

È prevista sulla parete interna del veicolo a fianco di ognuna delle porte. Il suo azionamento consente al passeggero di scendere in caso d'emergenza.

L'attivazione della maniglia d'emergenza, attraverso un rinvio a cavo bowden, consente:

- a) il superamento del punto morto
- b) l'espulsione della porta che garantisce la creazione di una luce libera, tra le guarnizioni paramano, di ≥ 40 mm.

Il completamento dell'apertura della porta è eseguito manualmente dal passeggero.

La maniglia sarà piombabile.

Per ottenere l'espulsione delle ante dalla posizione di porta "Chiusa e Bloccata" mediante l'azionamento della maniglia di emergenza, sarà sufficiente una rotazione della stessa di

un angolo non superiore a 150°; lo sforzo richiesto per tale manovra è non superiore a 150 N.

Sulla maniglia saranno presenti 2 microinterruttori.

Comando d'apertura dall'interno mediante chiave quadra

Il comando è esercitato agendo mediante chiave quadra sull'albero della maniglia d'emergenza.

Si ottengono gli stessi effetti sopradescritti senza effettuare lo strappo della piombatura presente sulla maniglia.

Comando di chiusura dall'interno

E' una leva che agisce direttamente sul meccanismo di comando di blocco della porta, accessibile questa soltanto al personale di servizio in quanto posta all'interno del cassonetto porta; è utilizzata solo per chiudere, in posizione di blocco, la ante dopo averle accostate manualmente.

Comando d'apertura manuale dall'esterno

Per le porte anteriori destre rispetto al senso di marcia è previsto l'inserimento di un comando d'apertura dall'esterno, azionabile con chiave quadra, costituito da un rinvio meccanico collegato attraverso un cavo flessibile alla maniglia d'emergenza.

Comando movimentazione servoassistita a veicolo disabilitato

Per la porta anteriore destra rispetto ad ambedue i sensi di marcia, è previsto un comando di movimentazione servoassistita della porta. Il comando sarà costituito da un commutatore a tre posizioni con 0 centrale stabile, posto in un vano adiacente alla porta protetto da uno sportello con serratura a chiave quadra. Questo comando permetta di movimentare la porta in modo servoassistito dall'esterno con veicolo non abilitato. All'interno del veicolo è previsto un analogo comando di apertura servoassistita della porta, a veicolo non abilitato, realizzato mediante un pulsante.

Comando fuori servizio (isolamento porta)

Qualora la porta necessiti di essere messa fuori servizio, il personale addetto deve effettuare l'isolamento elettrico tramite comando a chiave quadra posto in prossimità della maniglia di emergenza e successivamente azionare il blocco meccanico posto all'interno del cassonetto porta. La porta una volta fuori servizio è comunque apribile tramite l'azionamento della maniglia d'emergenza.

Centralina di comando porta

Ogni sistema è dotato di una centralina di comando ubicata nel cassonetto sopra il vano porta.

La centralina elettronica ha il compito di comandare, gestire e controllare il sistema .

Per facilitare le operazioni di manutenzione e messa a punto, sulla centralina sono previsti interruttori a levetta che permettono di movimentare il sistema in locale.

La centralina è in grado di eseguire una diagnostica su se stessa e sugli elementi principali ad essa collegati. E' possibile verificare lo stato del sistema localmente attraverso una serie di led presenti sul "case" o collegandosi alla centralina con un personal computer attraverso porta seriale RS232

E' presente un collegamento RS 485 verso il sistema informatico di veicolo per lo scambio delle informazioni d'avaria, guasto e degli stati del sistema.

Avvisatore acustico

Nel sistema è installato un avvisatore acustico pilotato dalla centralina elettronica. Le funzioni principali di questo dispositivo sono:

- Preavviso alla chiusura.
- Indicazione di porta in chiusura (intermittente).
- Indicazione di porte aperte per passeggeri non vedenti.
- Stato di porta in Emergenza

Connessioni elettriche

Il sistema porta si interfaccia alla logica di veicolo attraverso un connettore e alla rete informatica RS485 per mezzo di due connettori a 9 poli a vaschetta. Il collegamento elettrico del pulsante sull'anta è previsto mediante connettore a tenuta. E' prevista una treccia metallica per la messa a terra sia della parte mobile sia fissa del dispositivo di comando.

E' prevista la messa a terra delle ante attraverso cavo fissato direttamente sul pannello anta.

Interfaccia elettrica con il veicolo

Il sistema porta s'interfaccia con il veicolo attraverso una serie di comandi e segnalazioni che vengono descritte nel documento P/N AA079NE

Modalità di funzionamento

Per quanto concerne le modalità di funzionamento vedi descrizione tecnica VAPOR EUROPE P/N AA065H7 rev.4 e documento P/N AA079NE rev.0

Sicurezza e caratteristiche peculiari del sistema

Il complesso porte è provvisto di una serie di sicurezze tali da garantire adeguata protezione ai passeggeri in conformità alle norme UNIFER 8882 e EN 14752 (dove esiste contrasto fra queste normative, vengono considerati i criteri di sicurezza più severi).

Le principali sicurezze sono:

- Loop (porte chiuse e bloccate e abilitazione) per il blocco della trazione del veicolo.
- Dispositivo d'apertura delle porte in condizioni d'emergenza
- Finestrini fissi con cristalli temprati
- Guarnizioni in gomma autoestinguente e a basso grado di tossicità

Di seguito trattiamo inoltre le peculiarità di sicurezza del sistema porte riferendoci a possibili eventi critici:

- Apertura in emergenza
 - L'apertura in emergenza è possibile in ogni situazione, anche nel caso di porta isolata.
 - Lo scostamento delle ante è sempre garantito.
 - La manovra emergenza taglia il loop di veicolo e provoca una segnalazione alla logica di veicolo.

- I microinterruttori della maniglia emergenza sono 2 garantendo una segnalazione ridondata verso il veicolo e la centralina elettronica di controllo.
- La chiusura non controllata non è possibile in quanto:
 - Il sistema anti-imprigionamento è sempre attivo.
 - Un'alimentazione incontrollata provoca il taglio di alimentazione mediante dispositivo hardware al ponte di azionamento motore.
- E' improbabile il ferimento o l'intrappolamento dei passeggeri per merito di:
 - Assenza di parti sporgenti o contundenti sull'anta
 - Possibilità d'estrazione delle mani o altra parte che rimane serrata fra le ante conformemente a quanto previsto dalle normative.
- L'apertura indebita con veicolo in movimento non è possibile perché:
 - E' presente un dispositivo, internamente alla centralina, che taglia l'alimentazione al motore nel caso non sia permessa l'apertura.
 - A porta chiusa e bloccata, un carico applicato dai passeggeri sulle ante verso l'esterno non provoca l'apertura della porta ma attraverso il cinematismo di comando ne conferma la chiusura.
- Partire con porte "non correttamente chiuse" non è possibile in quanto vi sono 2 micro di loop di veicolo che garantiscono la ridondanza dei segnali.

15. IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA (TVCC)

L'impianto di videosorveglianza è costituito da quattro telecamere poste all'interno in posizione tale da assicurare al conducente una corretta visione degli interni ed in particolare delle postazioni riservate ai diversamente abili.

Il sistema di video sorveglianza non necessita di alcuna inizializzazione comandata per essere avviato, nel senso che appena viene posto sotto tensione esso si predispose per visualizzare un'immagine di default, e processare i comandi o richieste di stato ricevuti dal terminale. Fino a quando non si instaura la comunicazione seriale tra terminale ed apparecchiatura di controllo della video sorveglianza, il sistema si predisporrà per visualizzare una immagine .

15.1 Descrizione del sistema

Il sistema di videosorveglianza del tram Sirio Firenze consiste in un sistema di visualizzazione di immagini provenienti da quattro telecamere a colori.

In qualità di visualizzatore, il terminale collegato mostra un'immagine a tutto schermo, scelta fra le quattro telecamere oppure un'immagine composta da due immagini mediante una opportuna suddivisione dello schermo.

La selezione delle immagini è di tipo semi automatico, nel senso che l'operatore può intervenire in modo manuale oppure lasciare che il sistema si autoconfiguri. In modo manuale, l'operatore sceglie personalmente tramite il touch screen del terminale la configurazione che vuole visualizzare; in modo automatico il terminale fornisce la configurazione corrispondente allo stato del veicolo (es. veicolo con porte aperte) che viene identificato da appositi segnali di ingresso al sistema.

Ciascuna telecamera è costituita da una custodia contenente la circuiteria elettronica di acquisizione della immagine. La custodia è provvista di finestra trasparente (DOM) in policarbonato che opera come protezione antivandalica. La telecamera contiene anche i driver per l'uscita del

segnale PAL in bilanciato, e un convertitore DC/DC isolato per l'alimentazione (converte il 24 V dc proveniente dalla batteria tram).

Le telecamere sono posizionate sulle testate piane delle casse M e R in modo tale da garantire la visibilità dell'intera sezione del veicolo. In caso di sostituzione, esse non necessitano di alcuna regolazione per quanto riguarda la messa a fuoco dell'obiettivo e la posizione angolare. La prima operazione è infatti eseguita direttamente in fabbrica, mentre il posizionamento è obbligato da opportuni riferimenti meccanici.

L'obiettivo usato per le telecamere interne, ha un angolo di copertura di circa 90°.

Per i dati tecnici della telecamera vedi documento P/N AA06J7W.

15.2 Visualizzazione delle immagini

La comunicazione tra terminale video ed unità di controllo dell'impianto TVCC è del tipo half-duplex, dove il terminale video svolge la funzione di master.

Il criterio di visualizzazione delle immagini a video è determinato da un funzionamento semi automatico basato sui segnali letti dall'apparecchiatura di controllo (direzione e porte aperte), e inviati al terminale e da una selezione manuale effettuata dall'operatore tramite il touch screen, la cui matrice sensoriale è dinamicamente configurata dal software di gestione.

L'azione richiesta all'operatore per selezionare le immagini è quindi quella di toccare l'area/oggetto richiesto. Il software del terminale, in risposta, genera l'opportuna sequenza di comandi che viene inviata per via seriale RS-485 al sistema di video sorveglianza.

Il terminale svolge anche la funzione di interfaccia uomo/macchina per quanto riguarda la segnalazione di eventi diagnostici del veicolo; per ogni schermata di telecamere visualizzata, è mostrata in sovrapposizione un'area che consente al conducente di passare alla visualizzazione diagnostica del sistema. Qualora nel funzionamento normale avvenga un malfunzionamento che richiede la visualizzazione della diagnostica, la scritta in sovrapposizione sarà variata in un suo attributo (ad esempio inizierà a lampeggiare) segnalando al macchinista che è richiesto passaggio

alla visualizzazione diagnostica

L'operatore, toccando l'area del messaggio in sovrapposizione, potrà accedere alla visualizzazione della pagina di stato del veicolo. Il ritorno alla normale condizione di visualizzazione, avverrà sempre tramite touch screen.

16. IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE CABINA E COMPARTO PASSEGGERI

16.1 Descrizione Impianto

L'impianto di climatizzazione, installato sul Tram SIRIO FI è un sistema di condizionamento e riscaldamento indiretto denominato Chiller, ovvero i gruppi di trattamento posti sul tetto delle casse R raffreddano, o riscaldano, un fluido formato da acqua e glicole che verrà successivamente inviato con delle pompe di circolazione agli scambiatori di calore distribuiti nelle varie casse del veicolo e alle due cabine di guida.

Due reti idriche principali da 1 1/2 percorrono tutta la lunghezza del veicolo. Da queste tubazioni principali esce una rete a pettine di adduzione del fluido ai gruppi scambiatori aria/acqua ubicati nel sottocielo del comparto passeggeri. Ulteriori scambiatori sono posizionati nelle cabine di guida.

L'impiego di un circuito idrico comune del fluido secondario, comparto passeggeri e cabine di guida, implica l'utilizzo di elettrovalvole per l'intercettazione e il comando del flusso alle varie

utenza.

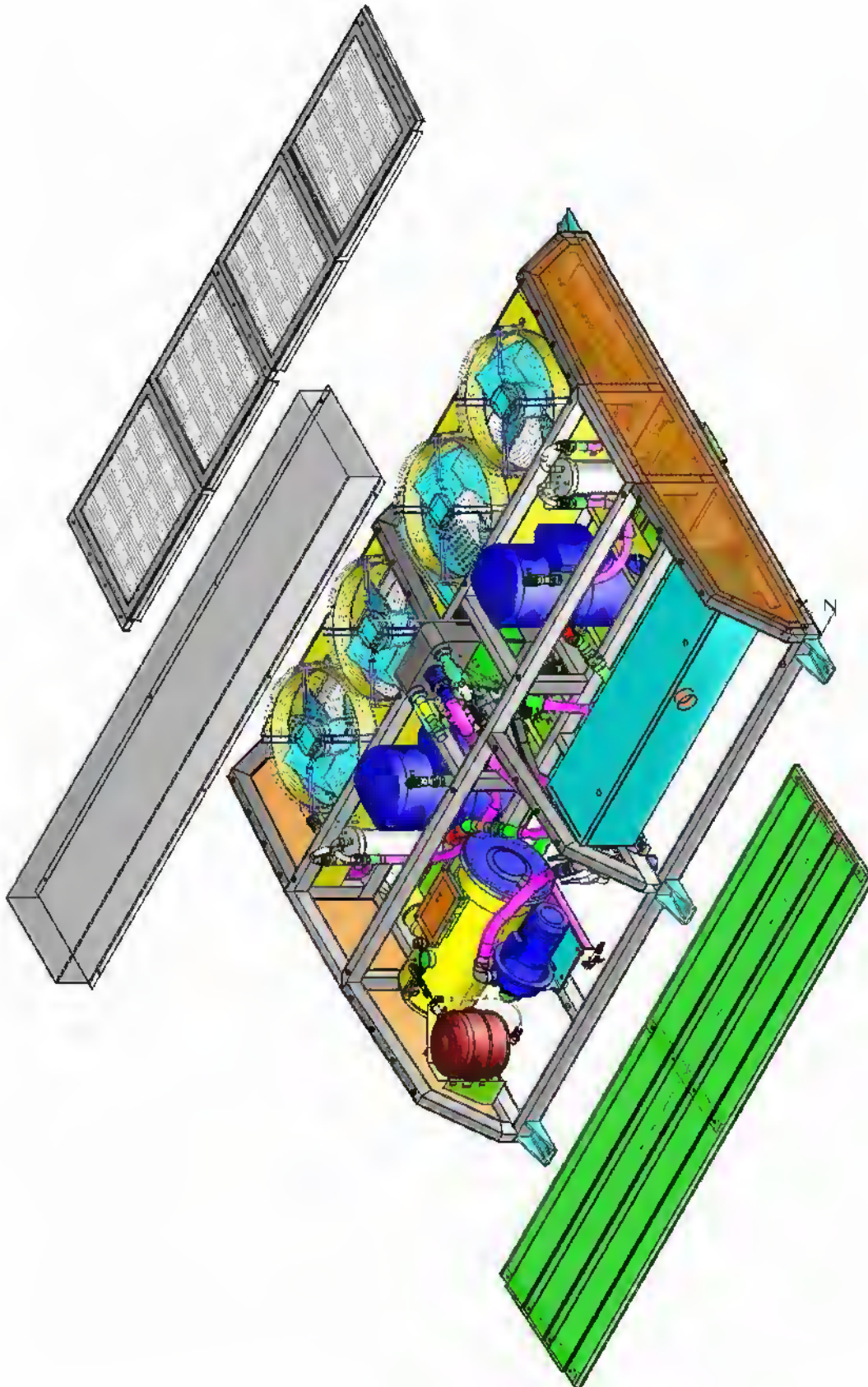
L'impianto è composto dai seguenti macrocomponenti:

1. Due Unità Chiller, installate sull'imperiale, per la fornitura di acqua refrigerata/riscaldata;
2. Due quadri elettrici, completi di schede elettroniche, installati a bordo delle due Unità Chiller;
3. Sette gruppi di scambiatori di calore per il trattamento aria compati, di quattro unità ciascuno, di cui uno collegato alla presa aria esterna (aria di rinnovo);
4. Due gruppi di scambiatori di calore per il trattamento aria in cabina di guida;
5. Piping di collegamento idrico.

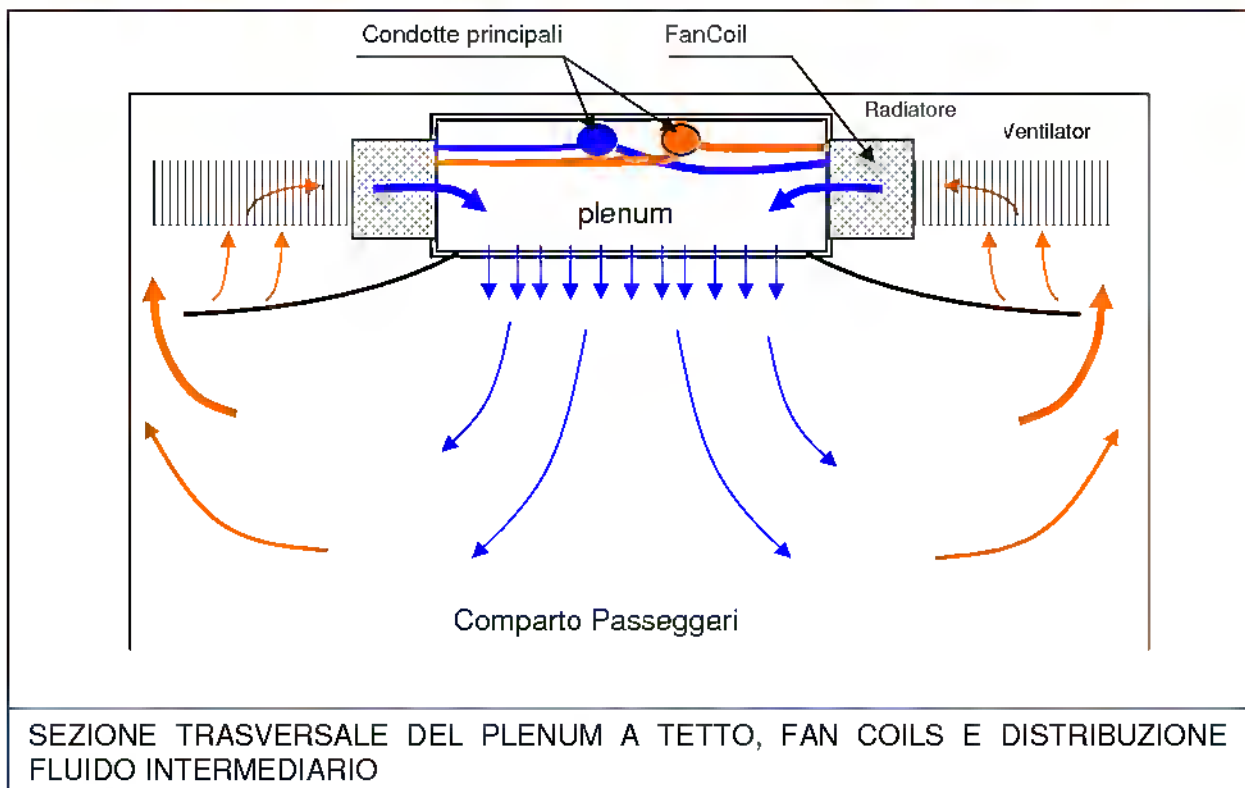
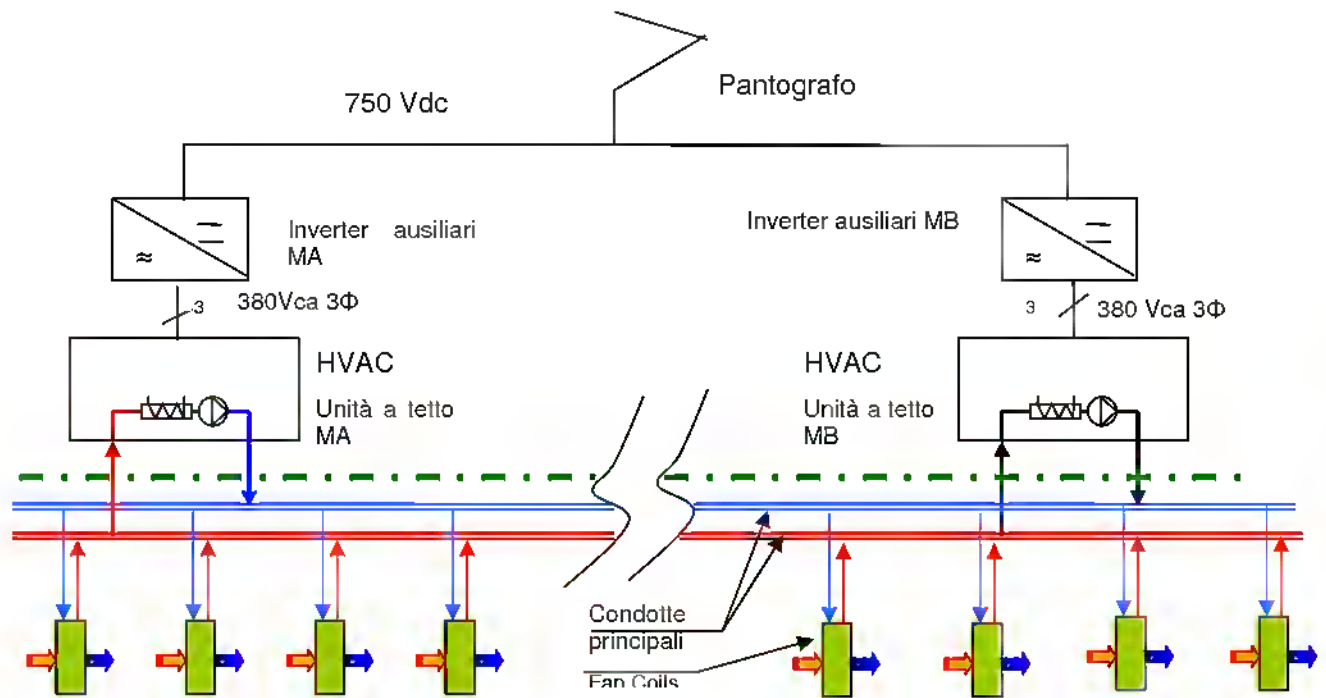
L'impianto permetterà il trattamento dell'aria realizzando un sistema in grado di ottenere un adeguato livello di Comfort nel rispetto della norma EN 14750-1,2

Per le prestazioni, dimensionamento e caratteristiche dell'impianto vedi Specifica tecnica di prodotto STF 01 redatta da Spantax quale ditta fornitrice dell'impianto.

ESPLOSO DEL MODULO A TETTO

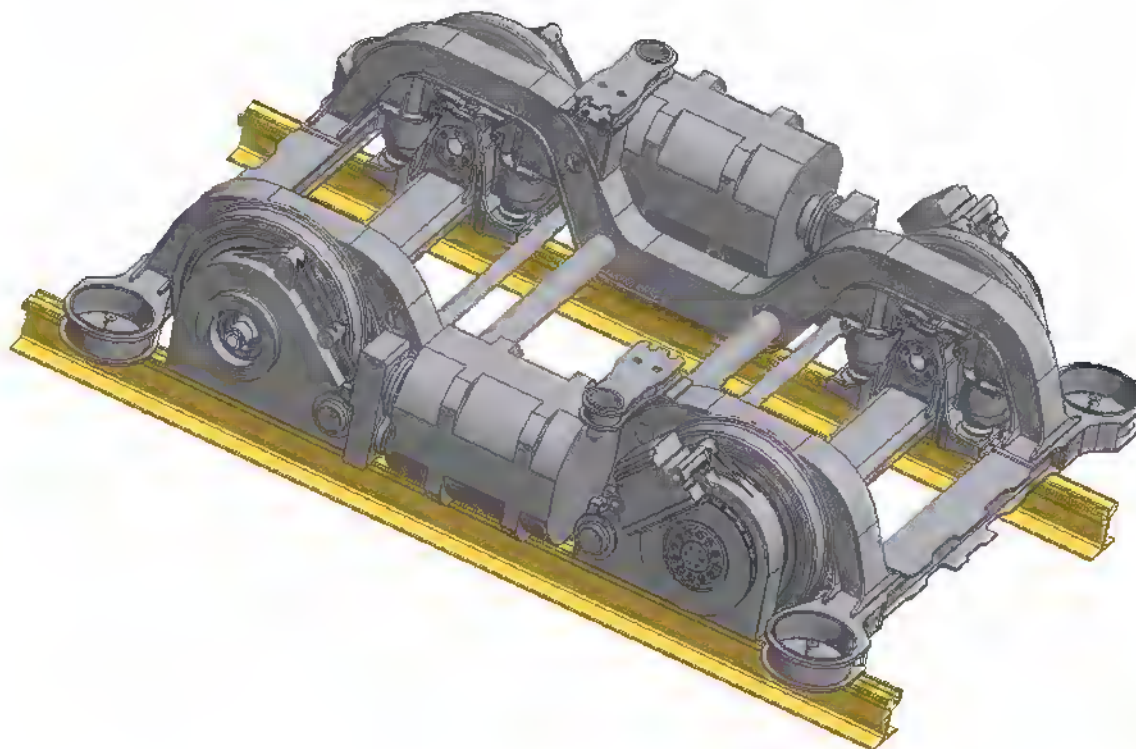


SCHEMA GENERALE DELL'IMPIANTO SUL VEICOLO



SEZIONE TRASVERSALE DEL PLENUM A TETTO, FAN COILS E DISTRIBUZIONE FLUIDO INTERMEDIARIO

17 CARRELLI



17.1 Caratteristiche generali del carrello motore

Il veicolo è dotato di n. 2 carrelli bimotorici secondo dis. AA03CPJ e un carrello portante secondo dis. AA03CPU. I carrelli sono stati progettati in modo tale da garantire:

- la stabilità di marcia senza serpeggio, beccheggio o setacciamento fino alla velocità massima di 70 Km/h incrementata del 10%, in condizioni di normale usura della fascia di rotolamento;
- il minimo valore delle masse non sospese;
- silenziosità di marcia per contenere il livello di rumorosità del rotabile entro i valori previsti.
- la semplicità delle operazioni di smontaggio dei vari componenti il carrello, in modo particolare per quanto attiene gli elementi di rodiggio, i riduttori, il motore di trazione;
- la possibilità in caso di svio di poter sollevare il rotabile per la rimessa nel binario del carrello
- il contenimento al minimo dei costi di manutenzione;
- la loro facile movimentazione tramite carro ponte, quando sono smontati dai rotabili.

I carrelli sono progettati per consentire il piano di calpestio a + 350 mm con l'obiettivo di non rinunciare nel contempo ai vantaggi che i carrelli tranviari bimotorici tradizionali possono offrire sia in termini di comportamento dinamico che di costi di esercizio.

L'abbassamento del piano di calpestio è stato ottenuto mediante la opportuna progettazione della falsa sala, vedi dis. AA060CP.

Il carrello motore è dotato di due motori (uno ogni assele); Il collegamento meccanico tra le due ruote di un asse avviene tramite un albero di trasmissione che passa sotto il piano di calpestio in modo da mantenere collegate meccanicamente le ruote di ciascun asse durante la marcia in rettilineo.

Il comportamento del carrello in curva risulta migliorativo rispetto ai carrelli tradizionali; in quanto le ruote del medesimo pseudo_asse vengono rese indipendenti grazie ad un apposito dispositivo (differenziale autobloccante) che ripartisce la coppia motrice tra le due ruote del medesimo pseudo_asse.

Con questo sistema vengono mitigati gli stridii che si generano nei veicoli tradizionali durante la marcia in curva causati dagli slittamenti tra ruota e rotaia; infatti la ruota che rotola sulla rotaia esterna percorre, rispetto alla ruota interna, un percorso più lungo di 50 mm ogni metro percorso su una curva di 20 m.

Il telaio, è realizzato in lamiera di acciaio saldata; la struttura del telaio è sottoposta a trattamento di distensione per eliminare le tensioni residue di saldatura.

La velocità di esercizio è di 70 km/h e la sicurezza e la qualità di marcia sono ricercate ottimizzando le caratteristiche delle sospensioni.

La sospensione primaria, v. dis. AA03CPK, è composta da una coppia di elementi di gomma-metallo.

La sospensione secondaria, v. dis. AA03CPL, è composta da N° 4 gruppi di molle ad elica in acciaio (due gruppi per lato) costituiti ognuno da N° 1 molla + N° 1 molla coassiale che trasferiscono i carichi verticali dalla trave di carico al telaio, N° 4 ammortizzatori idraulici per i movimenti verticali e di N° 4 ammortizzatori idraulici per i movimenti orizzontali.

Le molle della sospensione secondaria provvedono al trasferimento dei carichi di trazione tra cassa e carrello.

Il carrello è equipaggiato di impianto freno costituito da dischi con attuatori di tipo elettroidraulico inverso posti su ogni ruota, pattini elettromagnetici e sabbiera.

La descrizione dell'impianto freno è riportata nel doc. AA03CF1.

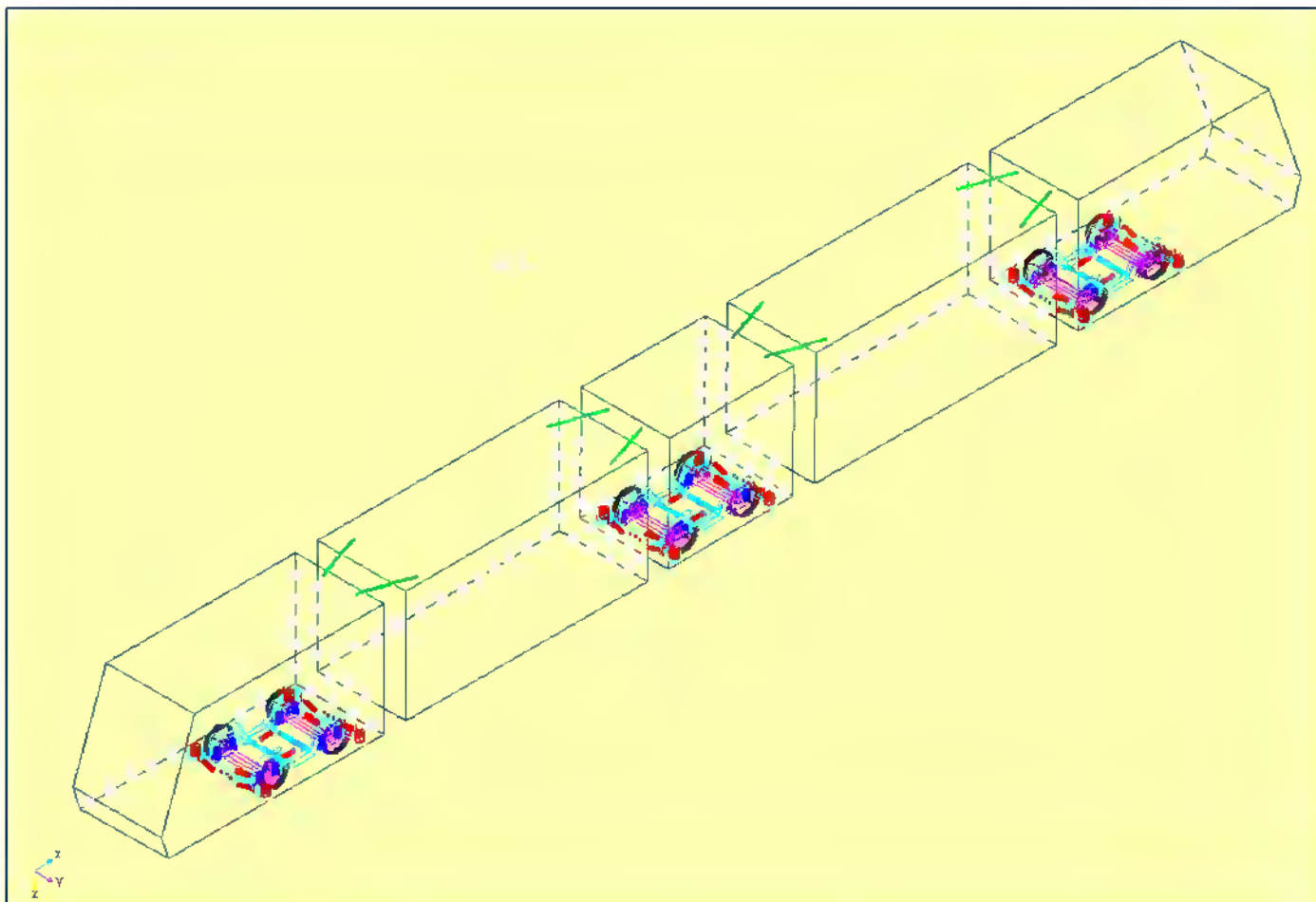
17.2 Caratteristiche generali del carrello portante

Il carrello portante, come il carrello motore, è progettato per ribassare il piano di calpestio con l'obiettivo di non rinunciare nel contempo ai vantaggi che i carrelli tranviari tradizionali possono offrire sia in termini di comportamento dinamico che di costi di esercizio.

Il telaio, le sospensioni primarie, secondarie, le ruote, la falsa sala, la pinza freno sono uguali a quelle del carrello motore, in modo da realizzare la standardizzazione dei componenti.

Il carrello è progettato per essere facilmente manutenibile, perciò i componenti destinati ad essere più frequentemente ispezionati sono accessibili dai fianchi o dal basso.

17.3 Caratteristiche del rodiggio



Il rodiggio avrà le seguenti caratteristiche:

- | | |
|--|----------|
| • Scartamento | 1435 mm. |
| • Diametro delle ruote a nuovo | 660 mm. |
| • Diametro delle ruote a max. usura indicativo | 610 mm. |
| • Passo | 1700 mm. |

17.4 Telaio

Il telaio dei carrelli è costituito da due longheroni laterali in acciaio S 355 J2G3C EN10025 (ex Fa 510 D1) formanti una sezione scatolata e sagomati con estremità rialzate in corrispondenza degli assili.

Tutti gli scatolati sono realizzati con lamiere opportunamente sagomate e piegate saldate fra loro

La struttura del telaio è sottoposta a trattamento di distensione per eliminare le tensioni di saldatura. Sono previsti attacchi che permettono il sollevamento del carrello per la movimentazione in officina o in deposito.

Sulla struttura del carrello sono previsti i supporti sui quali si scaricano le reazioni di frenatura dei pattini elettromagnetici.

Sono inoltre previsti gli attacchi per i dispositivi per l'ungibordo, e quant'altro necessario.

17.5 Trasferimento dei carichi tra cassa e carrello

Il disegno dei carrelli per permettere l'abbassamento integrale del pavimento a 350 mm. è fatto in modo che la traversa oscillante sia eliminata e le molle della sospensione secondaria appoggino direttamente sulla trave portante della cassa., vedi dis. AA03CPM.

Il telaio è di tipo solido ed è progettato per essere impiegato sia nella versione portante che motore. La trasmissione degli sforzi di trazione avviene tramite le molle della sospensione secondaria integrata per sicurezza da opportuni tamponi longitudinali.

Alle estremità del telaio trovano collocazione i 4 gruppi di molle ad elica della sospensione secondaria e quindi anche della trazione della cassa. Sui fianchi sono sospesi elasticamente su gomma i 2 motori di trazione. Le false sale (drop axle) sono collegate al telaio attraverso le molle in gomma della sospensione secondaria. I longheroni laterali sono ribassati al centro per consentire di far proseguire il pavimento a piano basso fino alla altezza della parete laterale del tram sui carrelli portanti dove non c'è l'ingombro dei motori di trazione. Il progetto del telaio consente anche la

17.6 Sala montata

Il fusello che porta la ruota è costruito in acciaio secondo la specifica UIC 811-1 e 2 e UIC 813.

Il dimensionamento è eseguito secondo la norma UNI 8350 e le raccomandazioni ORE B 136 rapp.11.

Le ruote sono elastiche ed il centro ruota è costruito in acciaio laminato.

Gli elementi elastici hanno caratteristiche tali da garantire la tenuta e l'integrità non solo per tutta la durata del cerchione, ma possono essere riutilizzati dopo una revisione generale del rodiggio.

Tra il cerchione ed il centro ruota sono previste trecce di messa a terra, applicabili anche in opera, per assicurare la continuità elettrica tra le due parti.

Il disco freno è del tipo a corona riportata smontabile senza necessità di scalettamento dal mozzo.

17.7 Cuscinetti delle ruote

I cuscinetti sono del tipo a rulli conici e sono calcolati per una percorrenza superiore a 1 milione di Km.

17.8 Apparecchiature sulle boccole

Le apparecchiature necessarie per la rilevazione del segnale di velocità sono applicate sul riduttore.

Il dispositivo di ritorno corrente è applicato sul fusello; la disposizione delle apparecchiature è riportata nel dis. AA03GYM

Lo smontaggio di queste apparecchiature è di facile esecuzione ed eseguibile con attrezzi di usuale utilizzo.

19.9 SOSPENSIONI

Caratteristiche generali

La sospensione è del tipo a due stadi, la primaria con elementi in gomma e la secondaria con doppia molla elicoidale coassiale.

Gli allineamenti e le complanarità richieste saranno realizzati spessorando opportunamente gli elementi della sospensione a rodiggio scollegato dal rotabile senza aggiustamenti dopo il montaggio.

Per limitare i cedimenti delle sospensioni sono previsti fine corsa registrabili.

Le caratteristiche delle sospensioni garantiscono in esercizio ampiezze di spostamenti perfettamente tollerabili dagli organi della trasmissione, con la struttura cassa ed il sottocassa, assicurando nel contempo la circolazione del rotabile nelle condizioni di esercizio.

Sospensione Primaria

La sospensione primaria, tra telaio e falsa sala, è del tipo ad elementi di gomma.

Sospensione Secondaria

La sospensione secondaria è del tipo a doppia molla ad elica coassiale, di tipo ampiamente sperimentato nel settore ferroviario e garantisce le condizioni di sicurezza e comfort di esercizio.

Elementi elastici

Tutti gli elementi elastici del rodiggio, sospensioni comprese, sono caratterizzati e certificati da prove di fatica ed invecchiamento.

20 IMPIANTO FRENO AD ATTRITO

Il rotabile è dotato degli impianti di frenatura elencati nella norma UNI 9153 ed in particolare di :

- freno elettrodinamico con reostato e recupero dell'energia di frenatura;
- freno elettroidraulico con attuatori inversi a molla;
- freno a pattini elettromagnetici sui carrelli motori e portante.

Le prestazioni dell'impianto freno sono state modificate rispetto ai requisiti di capitolato su richiesta del Committente per essere adeguate alle prestazioni riportate nella norma europea EN 13452-1.

Per le prestazioni e caratteristiche del freno elettroidraulico vedi documento "Impianto freno – logica di frenatura P/N AA03CF1 rev.3".

Il veicolo proposto è concepito con l'obiettivo di razionalizzare il sistema frenante per minimizzare i costi di esercizio in modo analogo a quanto già realizzato in altri progetti in Europa.

Al freno elettrodinamico è demandato il compito di farsi carico della quasi totalità delle prestazioni del veicolo, mediante l'opportuno dimensionamento prestazionale del sistema di trazione.

L'antipattinante sui carrelli motori è realizzato tramite sensori di velocità (presenti su ogni ruota) acquisiti dall'elettronica di controllo dell'impianto di trazione (TCU) e da sensori di velocità (presenti su ogni ruota) che vengono acquisiti dall'elettronica del freno BCU. Lo sforzo frenante su questi carrelli è dovuto quasi interamente al motore elettrico e integrato da quello meccanico.

Sui carrelli motori e portante lo slittamento viene rilevato dal sensore di velocità di cui è equipaggiata ogni ruota e lo sforzo frenante meccanico sullo pseudo-asse relativo viene modulato di conseguenza dalla centralina elettroidraulica sotto il controllo della centralina elettronica dell'impianto freno meccanico.

Il freno ad attrito è del tipo a recupero automatico del consumo delle guarnizioni frenanti e del disco, di semplice funzionamento ed elevata manutenibilità.

Il sistema frenante così composto realizza le funzioni del freno di servizio, del freno di emergenza, del freno di soccorso e del freno di stazionamento e di parcheggio.

Il freno di servizio viene realizzato quasi totalmente dal freno elettrodinamico; il freno elettroidraulico interviene solo per sopperire alla riduzione di efficienza del freno elettrico a bassa velocità (sotto circa 5 km/h) e, quando necessario ed in funzione del carico passeggeri, ad alta velocità per integrare eventualmente il freno elettrico.

Il freno meccanico compensa automaticamente il freno elettrico anche in caso di guasto di quest'ultimo.

In caso di guasto al freno elettrico il freno elettroidraulico entra automaticamente in funzione, provvedendo a sostituire completamente lo sforzo frenante elettrico ed in modo da mantenere la medesima prestazione di decelerazione di servizio, nel momento in cui avviene il guasto.

Il veicolo è dotato di N° 4 azionamenti distinti di trazione, completamente indipendenti, per cui, in caso di singolo guasto, questo interesserà un solo azionamento, lasciando sempre attivo il 75% della frenatura elettrica (e della potenza propulsiva).

Il freno di emergenza è realizzato richiedendo contemporaneamente lo sforzo frenante di tutti gli impianti disponibili (elettrico, elettroidraulico, pattini) e con tutti i controlli ausiliari attivi (sabbie, pesatura, antipattinante).

Il freno di soccorso, attivato mediante il fungo colore rosso posto sulla consolle, è esclusivamente meccanico, ed ha le stesse prestazioni del freno di servizio. Questo freno consente in qualunque condizione di guasto di arrestare con certezza il veicolo.

Viene perciò realizzato principalmente mediante l'applicazione dei freni ad attrito per mezzo della de-energizzazione dell'anello delle sicurezze.

La de-energizzazione di questo anello comporta la disalimentazione diretta delle valvole elettroidrauliche di sicurezza, pertanto il fluido idraulico di tutti gli attuatori viene messo allo scarico per mezzo di una valvola limitatrice di pressione che consente alle pinze di applicare lo sforzo frenante necessario ad assicurare la prestazione della frenatura di soccorso.

In questo modo tutti i controlli a microprocessore del veicolo sono tagliati fuori.

Il freno di soccorso prevede anche l'applicazione dei pattini elettromagnetici e delle sabbie.

Il freno di parcheggio è realizzato mediante l'applicazione dei medesimi freni a molla che realizzano il freno di soccorso e viene attivato mettendo allo scarico il fluido idraulico negli attuatori; e quindi disalimentando le valvole idrauliche appositamente dedicate.

Il sistema elettroidraulico consiste in:

- n. 1 centralina elettroidraulica (che include la motopompa) di controllo su ciascun carrello (sia motore che portante);
- un attuatore su ciascuna ruota del carrello motore;
- un attuatore su ciascuna ruota del carrello portante;
- centralina elettronica di controllo del freno elettroidraulico (BCU) sul carrello motore
- centralina elettronica di controllo del freno elettroidraulico (BCU) sul carrello portante;
- sensori di velocità su ciascun asse/ruota dei carrelli portanti;
- freni a pattino elettromagnetici sui carrelli motori.
- sabbie a comando elettrico sull'asse anteriore di ciascuno dei carrelli motori.
- Un sensore per il rilevamento della massa del veicolo installato sul carrello portante.

Il controllo del freno elettroidraulico sia del carrello motore sia del carrello portante si avvale di una centralina elettronica (BCU) dedicata per ciascun carrello.

La BCU del carrello motore realizza l'interfaccia con la CCU;. Le sue funzioni sono ridotte rispetto a quella che controlla i carrelli portanti; in particolare esegue il controllo dei gradini di frenatura, dell'antipattinaggio ma non è dotata di interfaccia MVB ed rilevamento della pesatura locale.

Il riferimento di pesatura viene inviato via MVB alla CCU dalla BCU del carrello portante che gestisce quindi anche l'interfaccia MVB ed il controllo di pesatura.

Il controllo del freno elettroidraulico dei carrelli motori è affidato invece all'elettronica che gestisce la logica di veicolo (CCU), ed è realizzata secondo una logica a step. Sui carrelli motori i sensori di velocità sono installati sulla scatola del riduttore per sfruttare la ruota dentata dello stesso come

ruota fonica e sono dotati di un sistema di regolazione del gap; i sensori sono sigillati ermeticamente.

Le elettroniche di controllo dei carrelli motori e portanti dialogano fra loro tramite il bus MVB di veicolo.

In caso di mancata sfrenatura di uno dei freni, è previsto un dispositivo di sbloccaggio manuale al livello dei carrelli, accessibile lateralmente dalla vettura e funzionante anche a vettura disabilitata. Una chiave a forma di "T" che riporta una appendice filettata viene inserita in una apposita sede ed avvitata a fondo fino a sbloccare la pinza in questione.

20.1 Freni a pattini

Ciascuno carrello è equipaggiato di pattini elettromagnetici.

Ciascun pattino esercita una forza di attrazione perpendicolare media al binario di circa 62 KN.

Le operazioni di montaggio, smontaggio e regolazione del pattino elettromagnetico sono agevoli senza dover intervenire su altri componenti.

Il sistema di sospensione del pattino è tale che l'altezza dal piano del ferro non sia influenzata dai cedimenti delle sospensioni e con un'agevole sistema di registrazione.

20.2 Sabbiere

Sulla prima coppia di ruote dei carrelli motore nel senso di marcia, è previsto un dispositivo di sabbatura ad aria compressa azionato da un mini compressore montato direttamente sul serbatoio della sabbia. I serbatoi hanno una capacità di 10 Kg e sono concepiti in modo tale da poter eseguire il caricamento dalla fiancata esterna del veicolo.

Ogni sabbiera è munita di una sonda di livello che collegata ad una spia sulla consolle avvisa il conducente della necessità di riempire il serbatoio.

Attraverso il monitor di consolle, il conducente potrà vedere quale sabbiera necessita del riempimento.

Le sabbiere sono di acciaio inox e munite di tappo di chiusura che garantisce la tenuta all'acqua e la conservazione della sabbia in condizioni idonee all'uso.

L'azionamento della sabbatura è eseguibile dal conducente tramite apposito comando posto sul banco di manovra oppure può avvenire in automatico qualora sia richiesta la frenatura di emergenza.

20.3 Ungibordo

Sulla prima coppia di ruote del primo e terzo carrello (1° e 6° asse), è previsto un dispositivo ungebordo che utilizza, per la lubrificazione del profilo del bordino, lubrificanti solidi in modo da evitare depositi di olio sul sottocassa e sui binari.

21. PRESTAZIONI E CARATTERISTICHE DI MARCIA

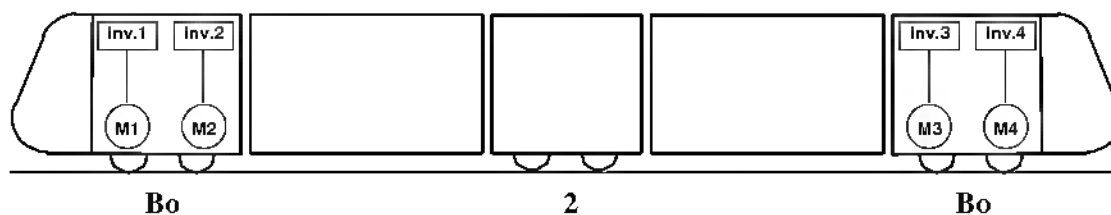
21.1 Impiego e profilo di missione

Il veicolo offerto è adatto all' "Impiego Prevalente" o "Profilo di missione" indicato nel paragrafo 1.2.1 del Capitolato Tecnico:

Collegamenti di 7,7 km con un impiego giornaliero di 16 ore e una percorrenza annua di circa 70.000 km con una velocità commerciale di 20 km/h, valutata con un tempo medio di sosta nelle 13 fermate intermedie di circa 20 secondi.

21.2 Prestazioni di trazione e frenatura (simulazioni sulla linea)

I veicoli offerti prevedono l'utilizzo di N°2 carrelli bimotores, di N.1 carrello portante e la ridondanza funzionale a livello di singolo motore di trazione: un azionamento di potenza ad inverter alimenta un solo motore di trazione (per dettagli vedi paragrafo 2.5.3 della presente offerta).



Tutte le prestazioni indicate in questo capitolo sono state calcolate a partire dai seguenti dati:

- | | |
|---|----------------------|
| • Tensione nominale di alimentazione | 750 V |
| • Massa a Pieno Carico (EL6) | 59 t |
| • Massa a Tara (ELE) | 40 t |
| • Masse rotanti | 4,5 t |
| • Diametro ruote a media usura | 635 mm |
| • Jerk in trazione e frenatura | 1,1 m/s ³ |
| • Caratteristica meccanica di trazione | Diagramma A1 |
| • Caratteristica meccanica in frenatura elettrica | Diagramma A2 |
| • Accelerazioni a carico EL6 e V linea 750 Vcc | |
| ➤ Accelerazione massima da 0 a 33 km/h | 1,1 m/s ² |
| ➤ Accelerazione media da 0 a 40 km/h | 1,0 m/s ² |
| ➤ Accelerazione media da 0 a 70 km/h | 0,7 m/s ² |
| ➤ Jerk massimo | 1,1 m/s ³ |

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE

Caratteristica meccanica di trazione

Condizioni di carico EL6 - Diametro ruote a media usura - Rodiggio Bo 2 Bo - Vlinea 750 Vcc

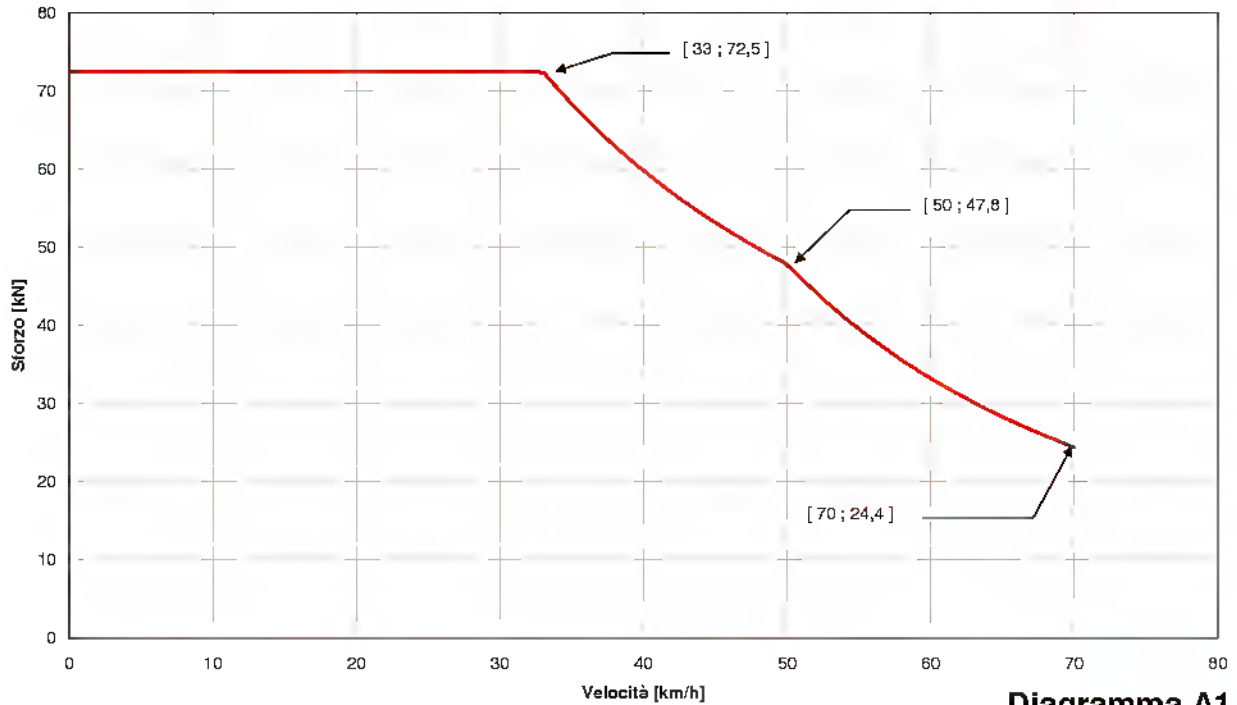


Diagramma A1

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE

Caratteristica meccanica in frenatura elettrica

Condizioni di carico EL6 - Diametro ruote a media usura - Rodiggio Bo 2 Bo - Vlinea 750 Vcc

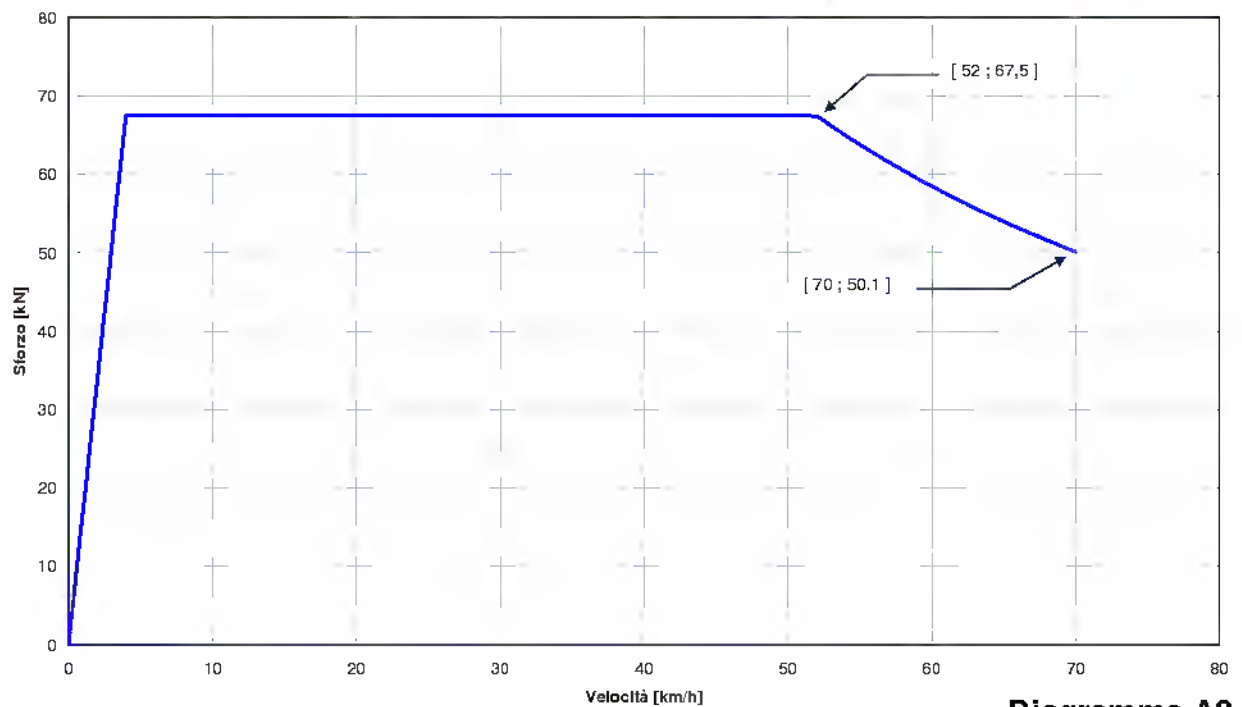


Diagramma A2

Resistenza al moto TOTALE secondo la formula

$$R_t = R + R_c$$

$$R = P * 9,81 * \left[p + A + \frac{v^2}{B} \right] \quad R_c = \frac{C * 9,81}{r}$$

dove:

Simbolo	Significato	Unità di misura	Valore
R_t	Resistenza al moto Totale	N	
R	Resistenza al moto in rettilineo	N	
P	Massa del veicolo	t	
p	Pendenza	per mille	
v	Velocità del veicolo	km/h	
A	Coefficiente		2,5
B	Coefficiente		850
R_c	Resistenza al moto addizionale in curva	N	
r	Raggio della curva	m	
C	Coefficiente		500

Le prestazioni d'accelerazione e velocità riportate nella presente descrizione sono state calcolate considerando una tensione nominale d'alimentazione di 750 Vcc.

Per valori di tensione inferiori, fino al minimo di 500 Vcc, la coppia massima disponibile dall'azionamento in fase d'avviamento non diminuirà rispetto al valore nominale, mentre decrescerà, proporzionalmente al diminuire della tensione di linea, la velocità raggiunta con tale valore di coppia.

Nelle valutazioni delle prestazioni il tempo è stato conteggiato a partire dall'istante in cui sono impartiti i comandi con l'azionamento del manipolatore di marcia/frenatura.

Il veicolo offerto è caratterizzato dai seguenti rapporti Potenza/Peso:

$$\frac{\text{Potenza totale massima ai cerchioni in trazione}}{\text{Massa a Tara (ELE)}} = 16,61 \text{ kW/t}$$

$$\frac{\text{Potenza totale massima ai cerchioni in trazione}}{\text{Massa a Carico Massimo (EL6)}} = 11,26 \text{ kW/t}$$

- Potenza media carichi ausiliari (riferiti alla catenaria)

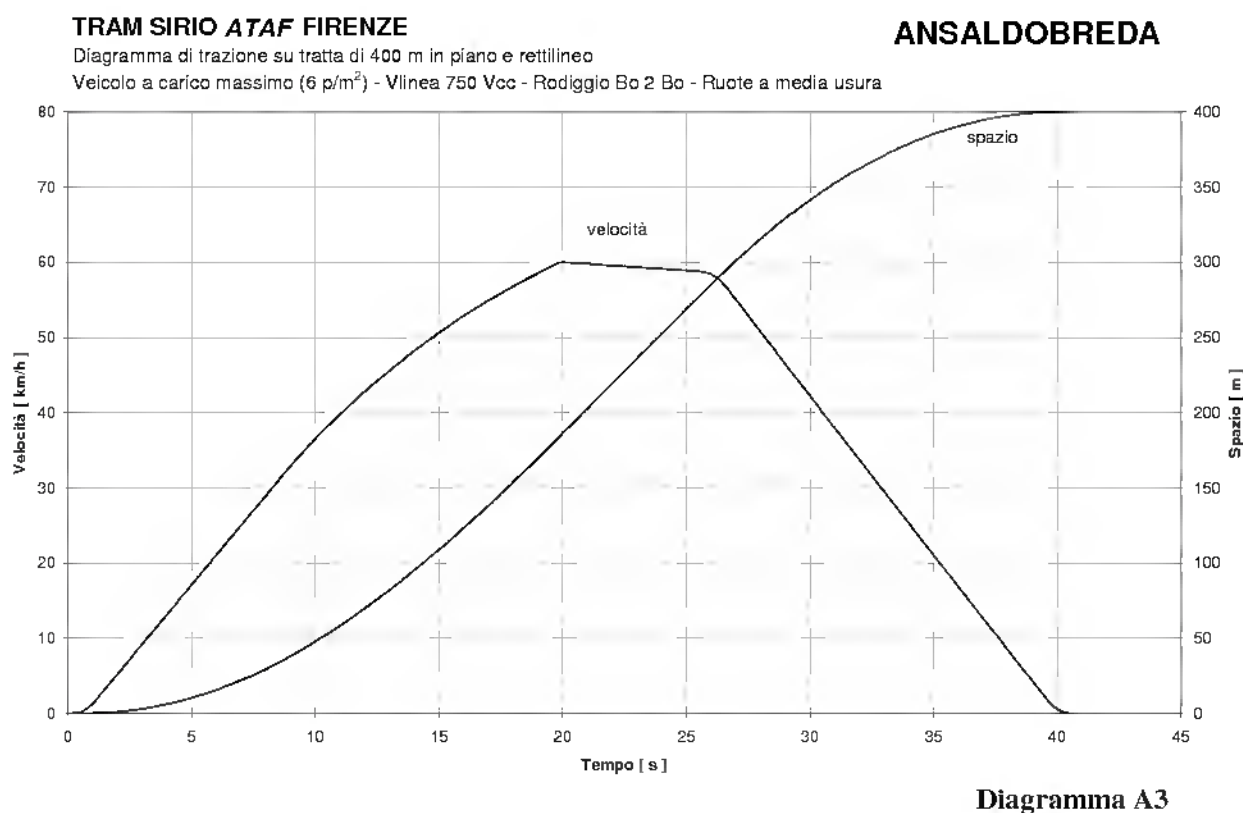
60 kW

21.3 Diagramma di marcia

La tratta e le condizioni prese a riferimento per il calcolo delle prestazioni sono le seguenti:

- Tratta piana e rettilinea di 400 metri;
- Tempo di sosta di 20 secondi;
- Rotaie asciutte e pulite;
- Assenza di vento;

Gli impianti di frenatura e di trazione dei veicoli assicurano la percorrenza della tratta, nelle condizioni e con le caratteristiche su indicate, come mostrato nel **Diagramma A3** sia con veicolo a carico massimo che a tara.



Le prestazioni rilevate nella tratta di 400 m con veicolo a pieno carico sono:

- | | |
|--|-----------|
| • Tempo effettivo di percorrenza tratta escluso tempo di sosta | 40,8 s |
| • Tempo totale di percorrenza comprensivo del tempo di sosta di 20 s | 60,8 s |
| • Velocità commerciale (tempo di sosta di 20 s) | 23,6 km/h |
| • Velocità massima raggiunta nella tratta di 400 metri in piano | 60 km/h |

21.4 Velocità

La velocità massima dei rotabili è di 70 km/h.

Il **Diagramma A4** riporta l'avviamento dei veicoli con ruote a media usura ($\phi_{\text{ruote}}=635\text{mm}$) fino al raggiungimento della velocità di 70 km/h.

La velocità massima di 70 km/h è garantita anche con ruote a massima usura ($\phi_{\text{ruote}}=610 \text{ mm}$) e con accelerazione residua di $>0,1 \text{ m/s}^2$.

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE

ANSALDOBREDA

Diagramma di accelerazione fino alla velocità massima

Veicolo a carico massimo (6 p/m²) - Vlinea 750 Vcc - Rodiggio Bo 2 Bo - Ruote a media usura

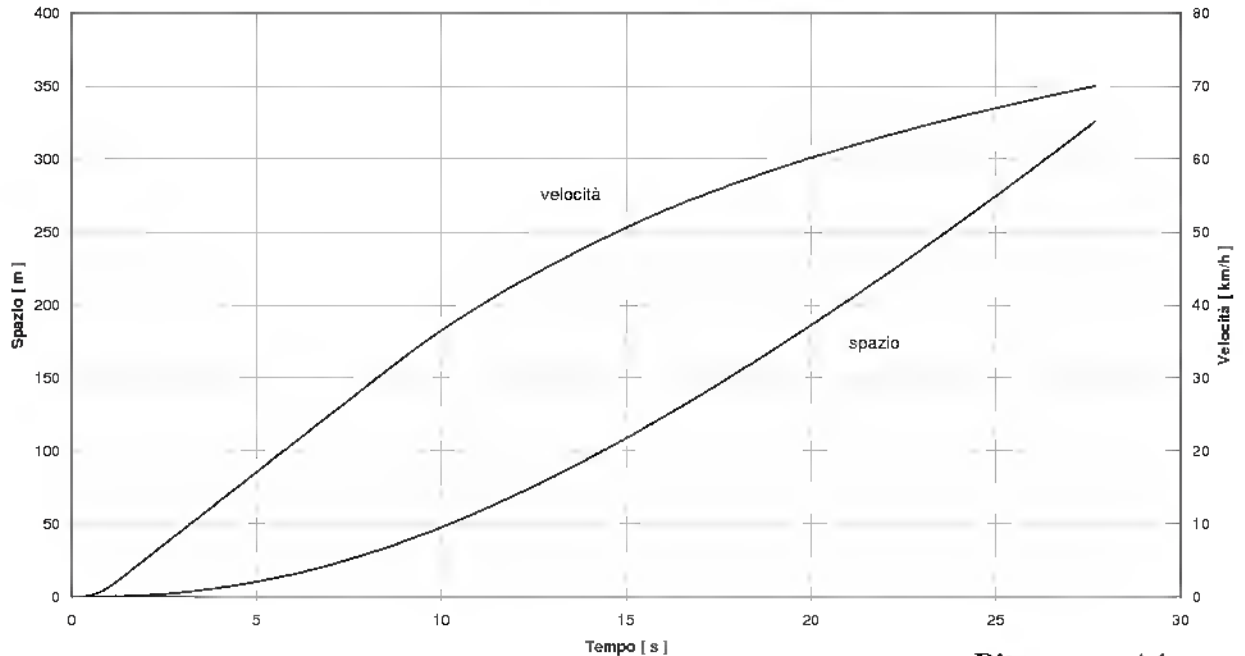


Diagramma A4

21.5 Accelerazione

L'equipaggiamento elettrico di trazione garantisce con tensione nominale d'alimentazione di 750 Vc.c. le seguenti accelerazioni d'avviamento:

- accelerazione media a partire da 0 fino a 40 Km/h 1 m/s²
- accelerazione media a partire da 0 fino a 70 Km/h 0,65 m/s²

Il gradiente d'accelerazione (jerk) è di 1,1 m/s³ (aggiustabile).

Un veicolo a carico massimo con azionamento funzionante al 50% (due azionamenti funzionanti su quattro) e con una tensione di catenaria pari a 500 Vcc (U_{min1}: minima permanente secondo EN 50163) è in grado di garantire una accelerazione di 0,1 m/s² impegnando un coefficiente di aderenza pari a 0,13.

21.6 Pendenza massima superabile

A carico massimo, il rotabile è in grado di riprendere la marcia con pendenze del 7%.

21.7 Simulazioni sulla linea Firenze-Scandicci

La simulazione è stata eseguita nelle seguenti condizioni:

- Tracciato: linea Firenze-Scandicci secondo quanto riportato nel documento allegato al capitolato;
- Velocità veicolo: come rilevabili nel documento allegato al capitolato;
- Veicolo con tutti gli equipaggiamenti funzionanti;
- Veicolo a carico massimo (tutti i sedili occupati + 6 pass/m² in piedi, considerando 70 kg a passeggero);
- Ruote a media usura (635 mm);

- Tempo di sosta alla fermata 20 secondi;
- Assenza di soste diverse dalle fermate passeggeri: prodotte da traffico, semafori, ecc.
- Caratteristica meccanica di trazione: **Diagramma A1**;
- Caratteristica meccanica in frenatura elettrica: **Diagramma A2**;
- Accelerazione massima consentita in trazione $1,1 \text{ m/s}^2$;
- Decelerazione massima consentita in frenatura $1,1 \text{ m/s}^2$;
- Resistenza al moto come sopra indicato;
- Jerk trazione frenatura $1,1 \text{ m/s}^3$;

PERCORSO DI ANDATA: S. MARIA NOVELLA → VILLA COSTANZA

- Progressiva spazio percorso da 86 a 7594 [m];
 - Tempo totale percorrenza (escluso il tempo di sosta al capolinea) 1122 s
- Vedi **Diagramma A5** fogli 1÷8.

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - ANDATA
Tratte: S.Maria Novella - Corso Italia
Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

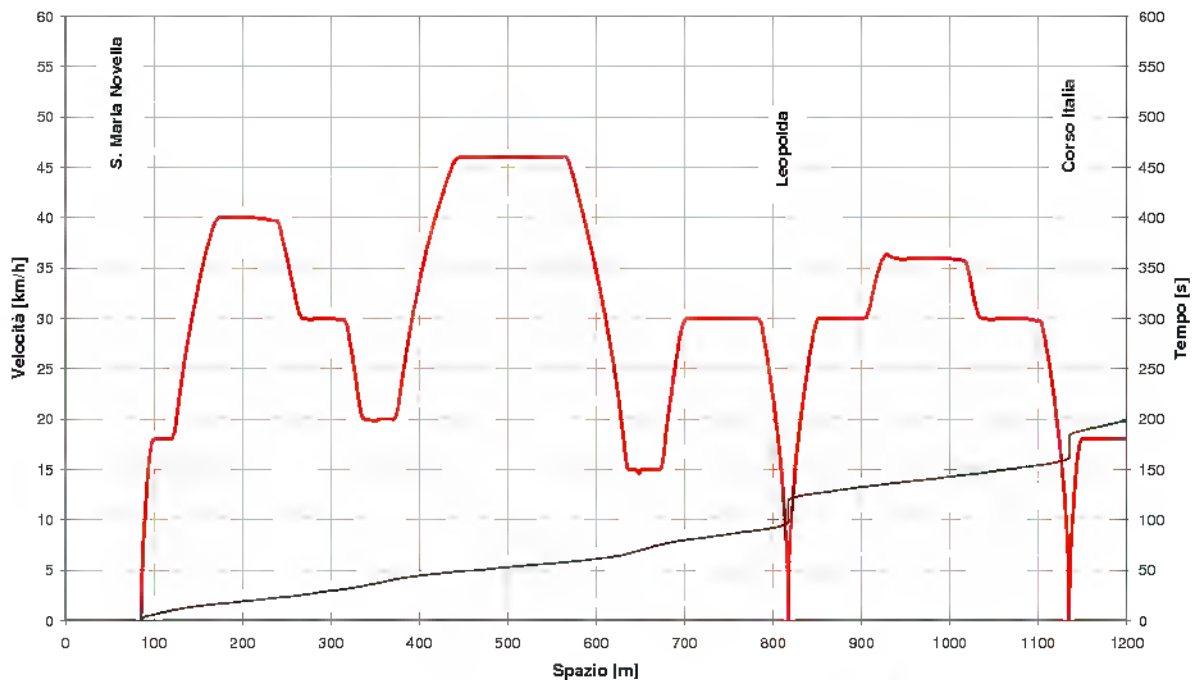


Diagramma A5 foglio 1

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - ANDATA
Tratte: Corso Italia - Arno
Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

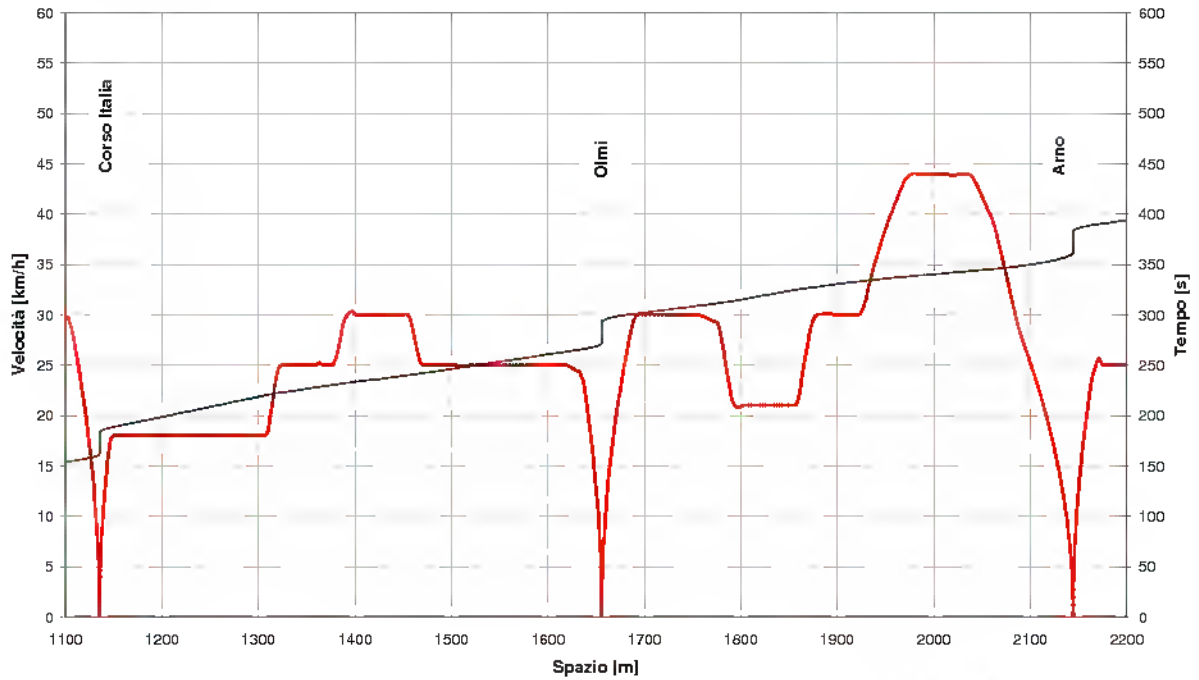


Diagramma A5 foglio 2

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - ANDATA
Tratte: Arno - Batoni
Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

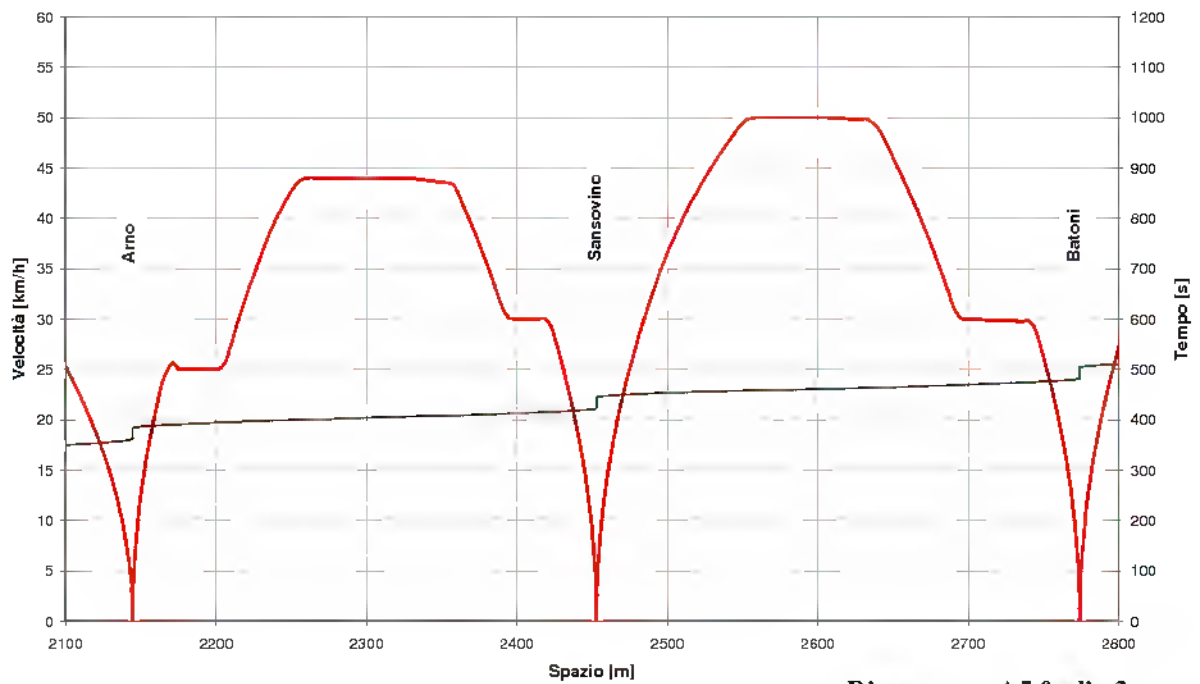


Diagramma A5 foglio 3

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - ANDATA
 Tratte: **Batoni - Foggini**
 Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

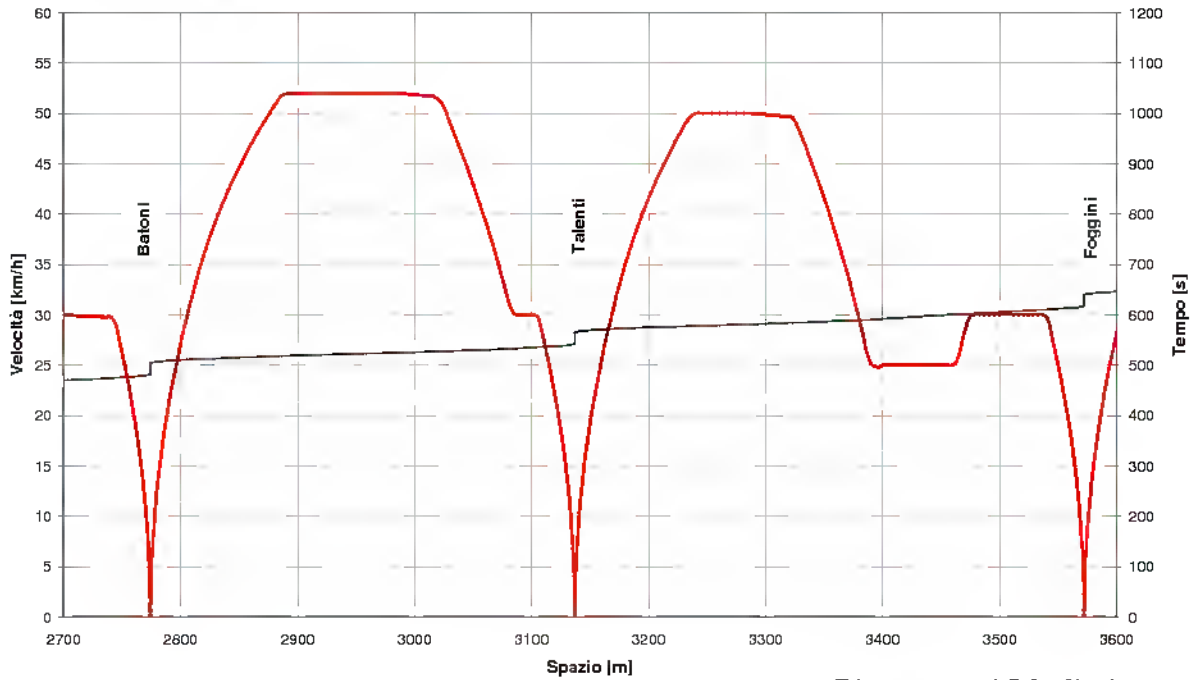


Diagramma A5 foglio 4

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - ANDATA
 Tratte: **Foggini - S. Lorenzo**
 Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

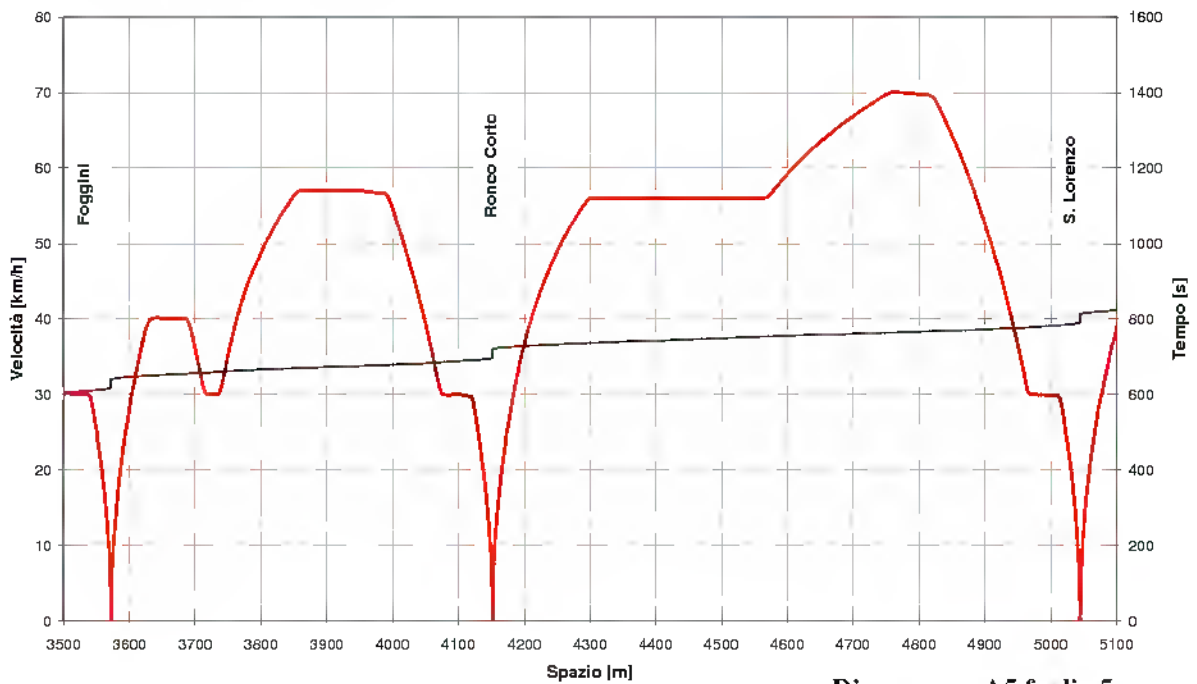


Diagramma A5 foglio 5

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - ANDATA
Tratte: S. Lorenzo - Aldo Moro
Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

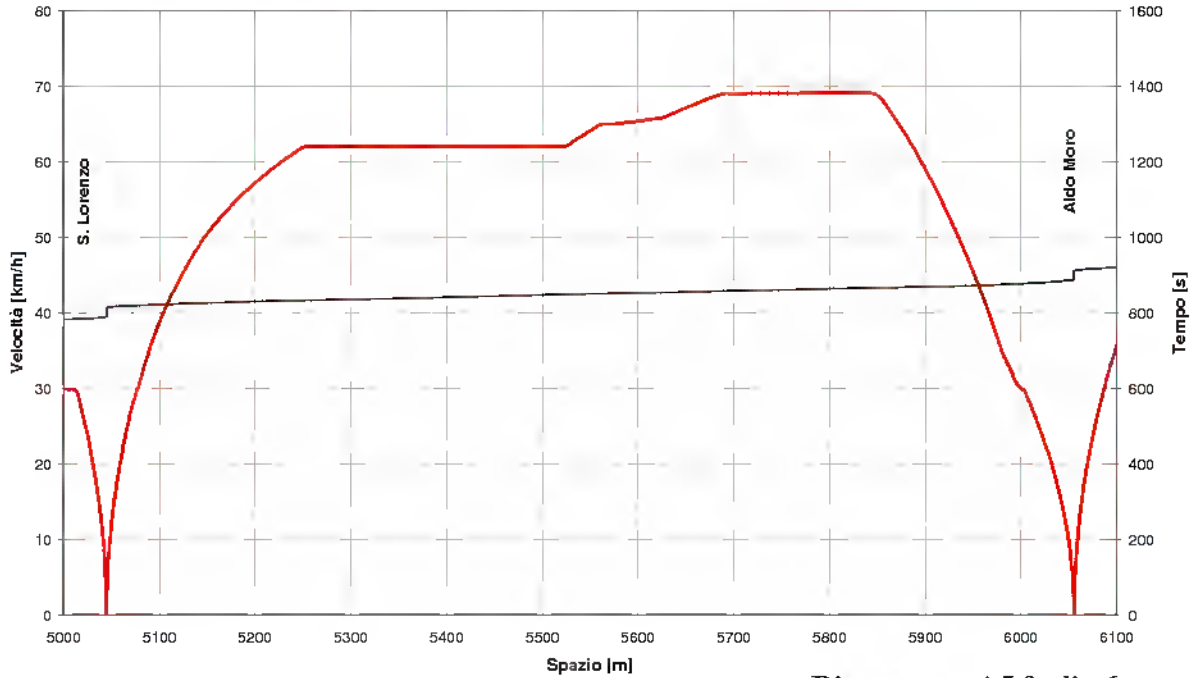


Diagramma A5 foglio 6

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - ANDATA
Tratte: Aldo Moro - Patin
Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

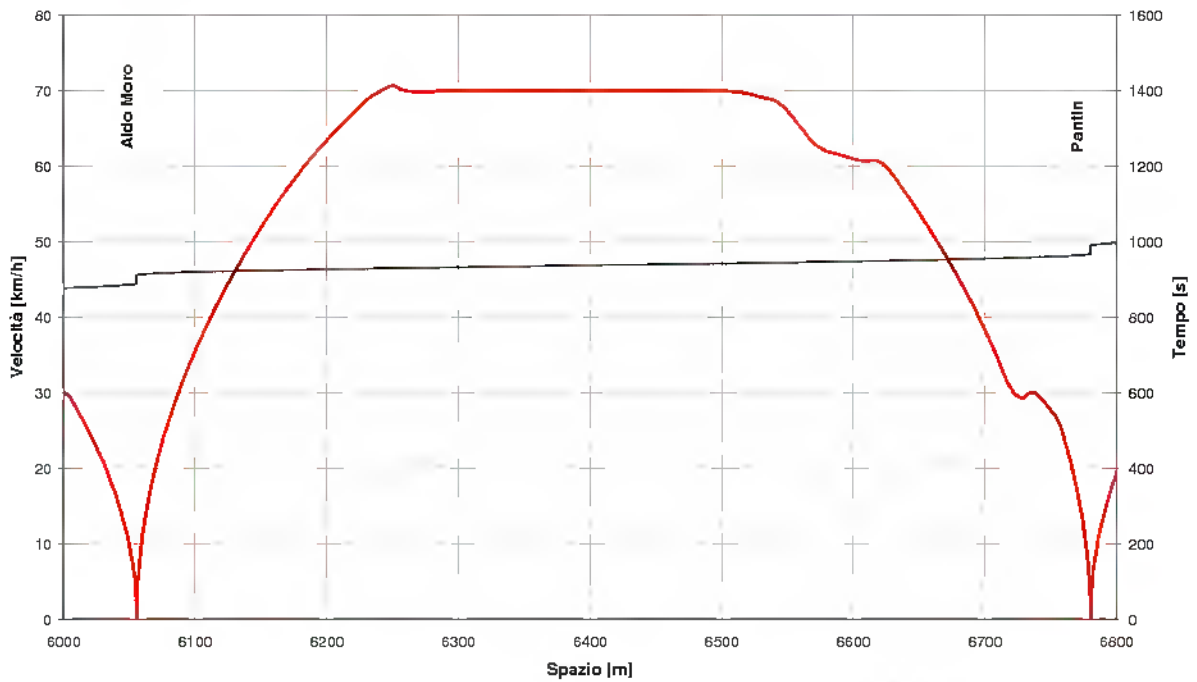


Diagramma A5 foglio 7

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - ANDATA
Tratte: Patin - Villa Costanza
Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

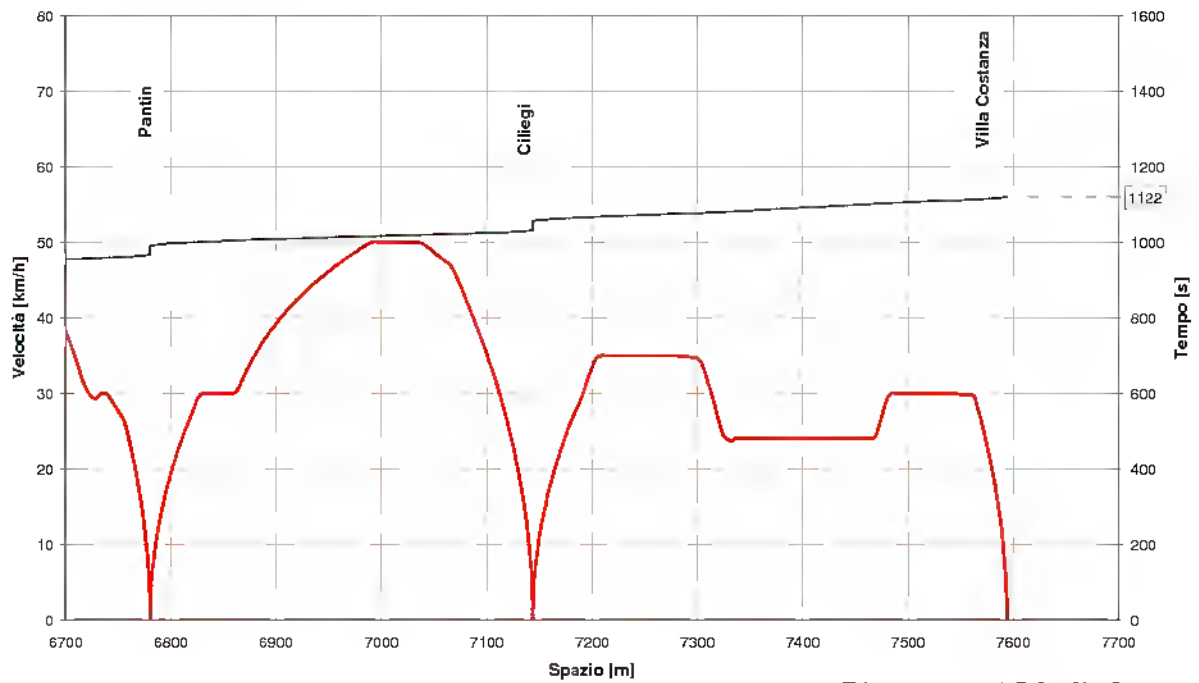


Diagramma A5 foglio 8

PERCORSO DI RITORNO: VILLA COSTANZA → S. MARIA NOVELLA

- Prograssiva spazio percorso
 - Tempo totale percorrenza (escluso il tempo di sosta al capolinea)
- Vedi **Diagramma A6 fogli 1÷8**.

da 7545 a 61 [m];

1131,6 s

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - RITORNO
Tratte: Corso Italia - S.Maria Novella

Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

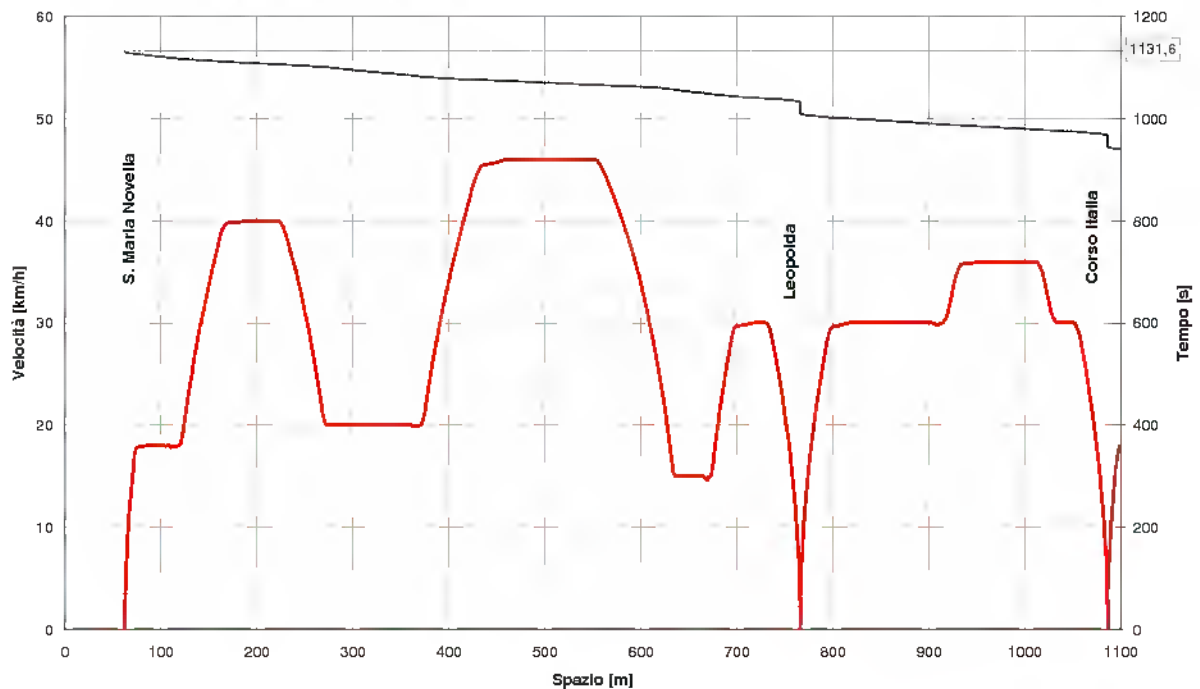


Diagramma A6 foglio 1

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - RITORNO
Tratte: Arno - Corso Italia
Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

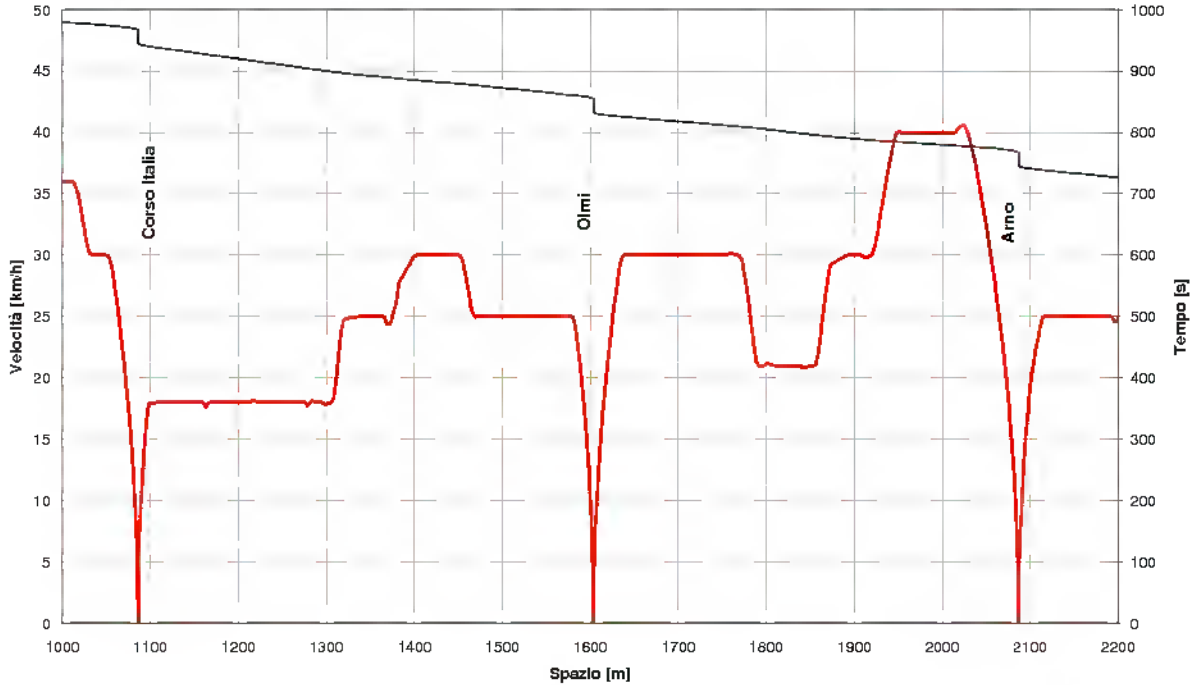


Diagramma A6 foglio 2

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - RITORNO
Tratte: Batoni - Arno
Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

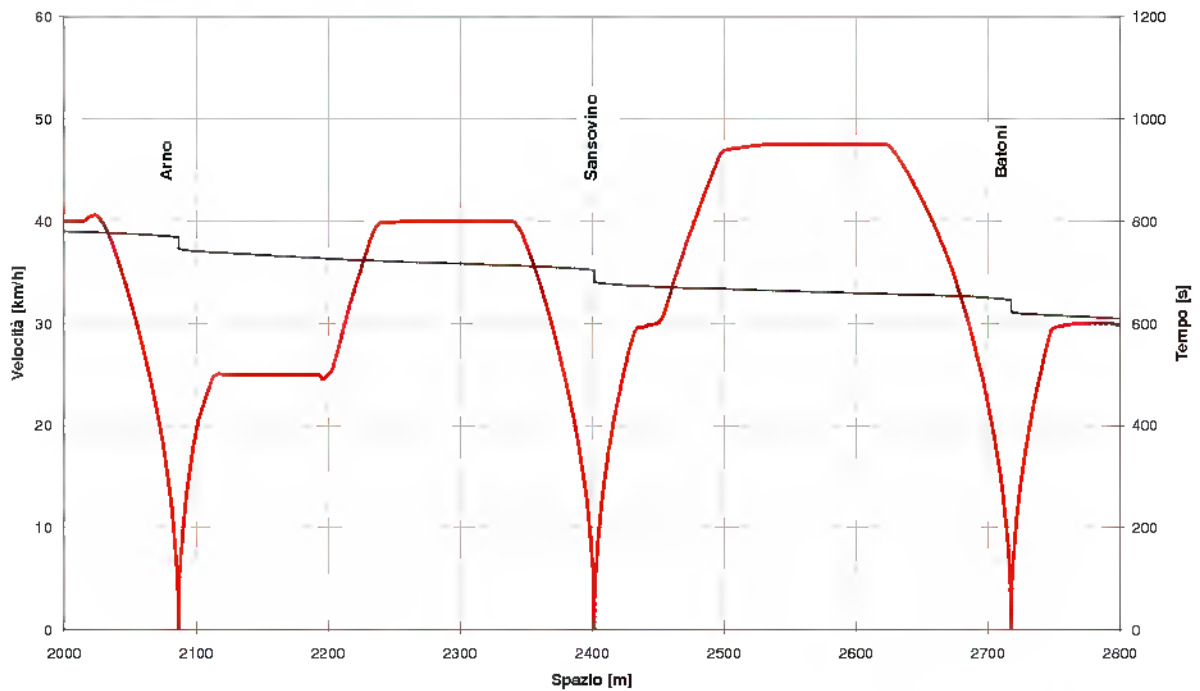


Diagramma A6 foglio 3

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - RITORNO
Tratte: Foggini - Batoni

ANSALDOBREDA

Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

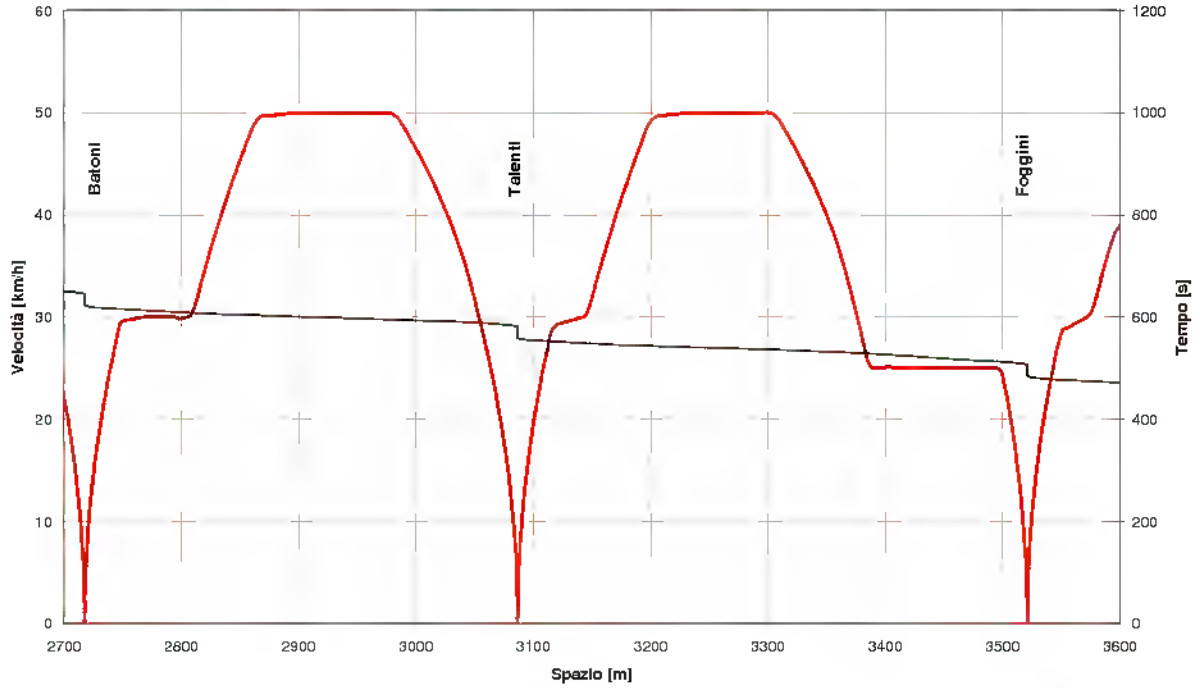


Diagramma A6 foglio 4

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - RITORNO
Tratte: S. Lorenzo - Foggini

ANSALDOBREDA

Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

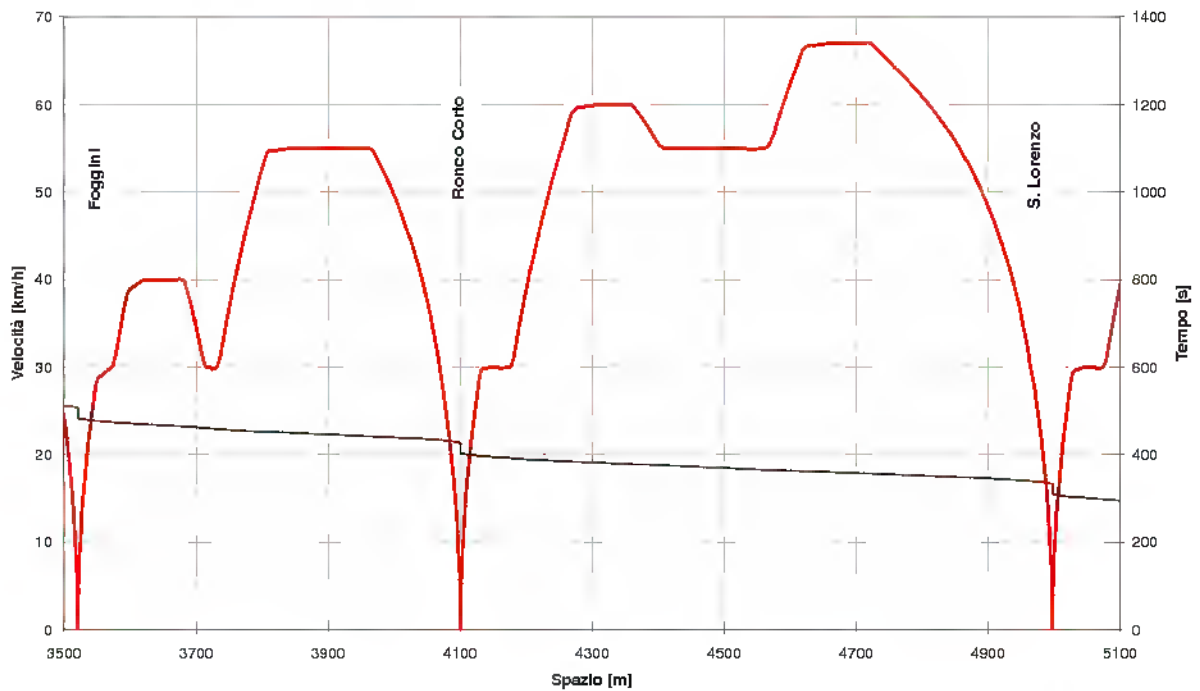


Diagramma A6 foglio 5

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - RITORNO
Tratte: Aldo Moro - S. Lorenzo

Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

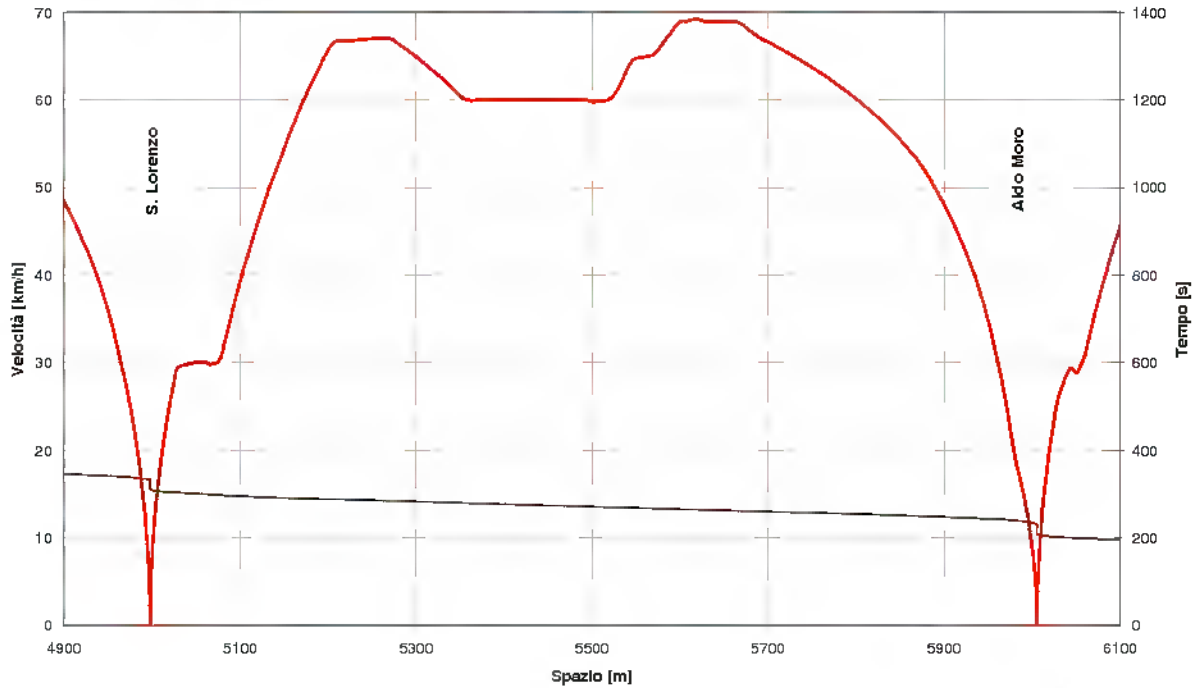


Diagramma A6 foglio 6

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - RITORNO
Tratte: Patin - Aldo Moro

Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

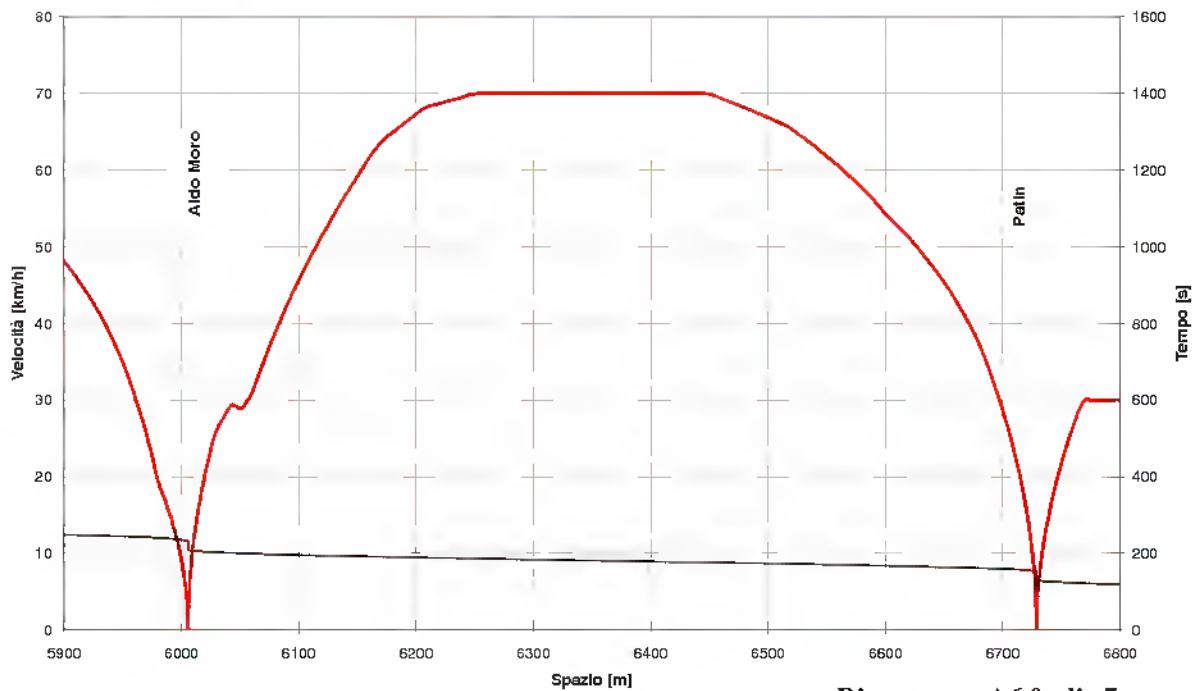


Diagramma A6 foglio 7

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE
LINEA FIRENZE SCANDICCI - RITORNO
Tratte: Villa Costanza - Patin

Veicolo a carico massimo - Vlinea 750 Vcc - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

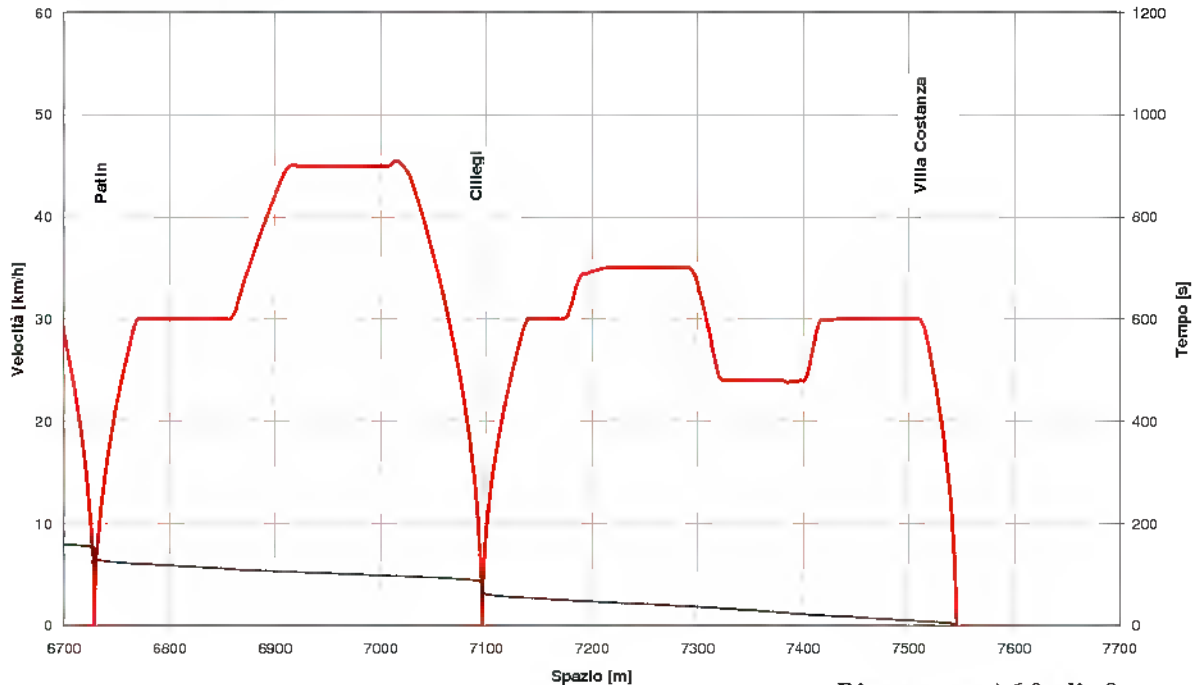


Diagramma A6 foglio 8

21.8 Prestazioni degradate per guasti all'azionamento

Come già accennato, i veicoli offerti prevedono l'utilizzo di N°2 carrelli bimotorici e la ridondanza funzionale a livello di singolo motore di trazione: un azionamento di potenza ad inverter alimenta un solo motore di trazione.

L'azionamento di ciascun motore sarà quindi completamente indipendente dagli altri e ciò consentirà di escluderlo automaticamente dal resto dell'equipaggiamento di trazione in caso d'avaria, in modo tale da permettere la prosecuzione della marcia in regime degradato.

La capacità del veicolo di marciare in condizioni degradate è stata valutata nelle seguenti condizioni:

- Veicolo a carico massimo
- Equipaggiamento tre azionamenti funzionanti su quattro
- Caratteristica meccanica di trazione-frenatura **Diagramma A7**
- Velocità massima limita a 50 km/h

In queste condizioni il veicolo è in grado di percorrere la tratta di 400 m in piano e rettilineo, come mostrato nel **Diagramma A8**, con le seguenti prestazioni:

- Tempo effettivo di percorrenza tratta escluso tempo di sosta 45,1 s
- Tempo totale di percorrenza comprensivo del tempo di sosta di 20 s 65,1 s
- Velocità commerciale (tempo di sosta di 20 s) 22,1 km/h
- Velocità massima raggiunta nella tratta di 400 metri in piano 50 km/h

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE

Caratteristica meccanica di trazione e frenatura elettrica
CONDIZIONI DEGRADATE: tre azionamenti funzionanti su quattro
Diametro ruote a media usura - Rodiggio Bo 2 Bo - Vlinea = 750 Vcc

ANSALDOBREDA

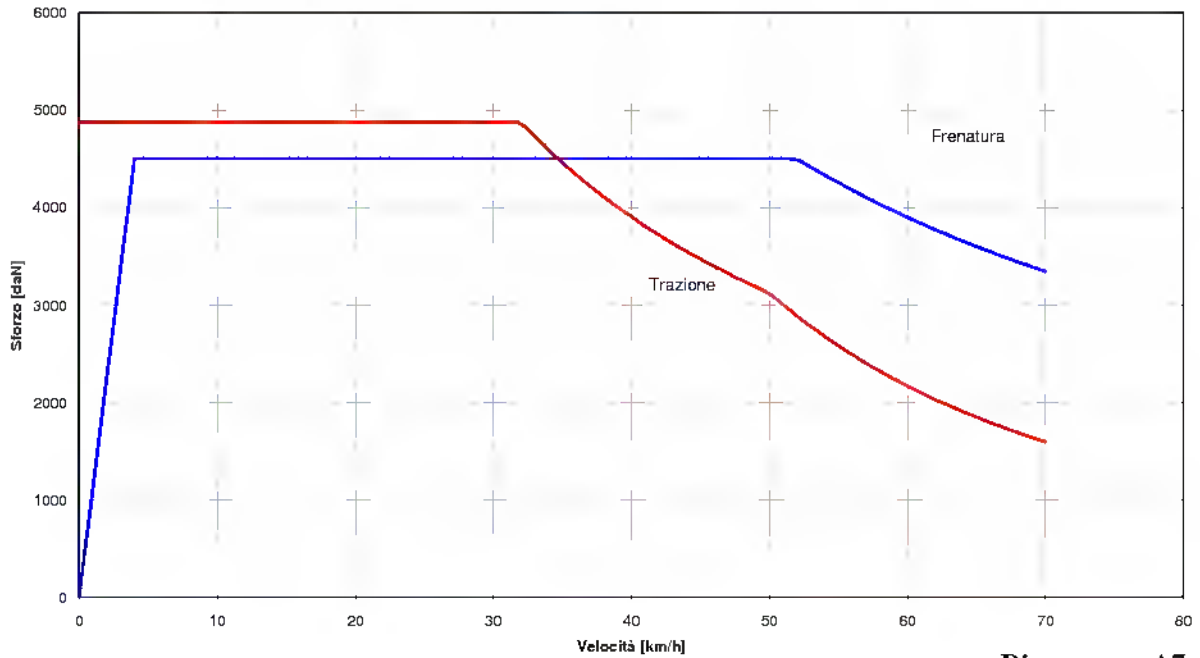


Diagramma A7

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE

Marcia degradata: tre azionamenti funzionanti su quattro
Diagramma di trazione su tratta di 400 m in piano e rettilineo
Veicolo a carico massimo (6 p/m²) - Vlinea 750 Vcc - Rodiggio Bo 2 Bo - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

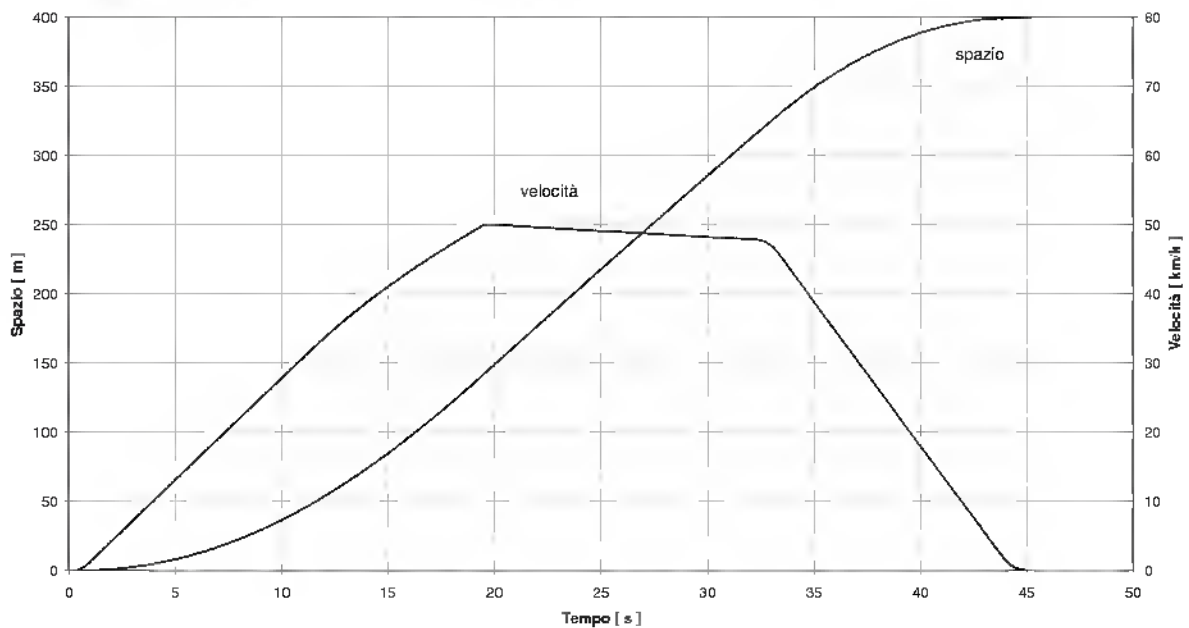


Diagramma A8

Il veicolo nelle condizioni su indicate (un azionamento guasto su quattro) e a carico massimo è in grado di riprendere la marcia su una pendenza del 7% raggiungendo una velocità massima di 32 km/h (vedi **Diagramma A9**).

TRAM SIRIO ATAF FIRENZE

Marcia degradata: tre azionamenti funzionanti su quattro

Diagramma di avviamento fino alla velocità massima su pendenza +7%

Veicolo a carico massimo (6 p/m2) - VIinea 750 Vcc - Rodiggio Bo 2 Bo - Ruote a media usura

ANSALDOBREDA

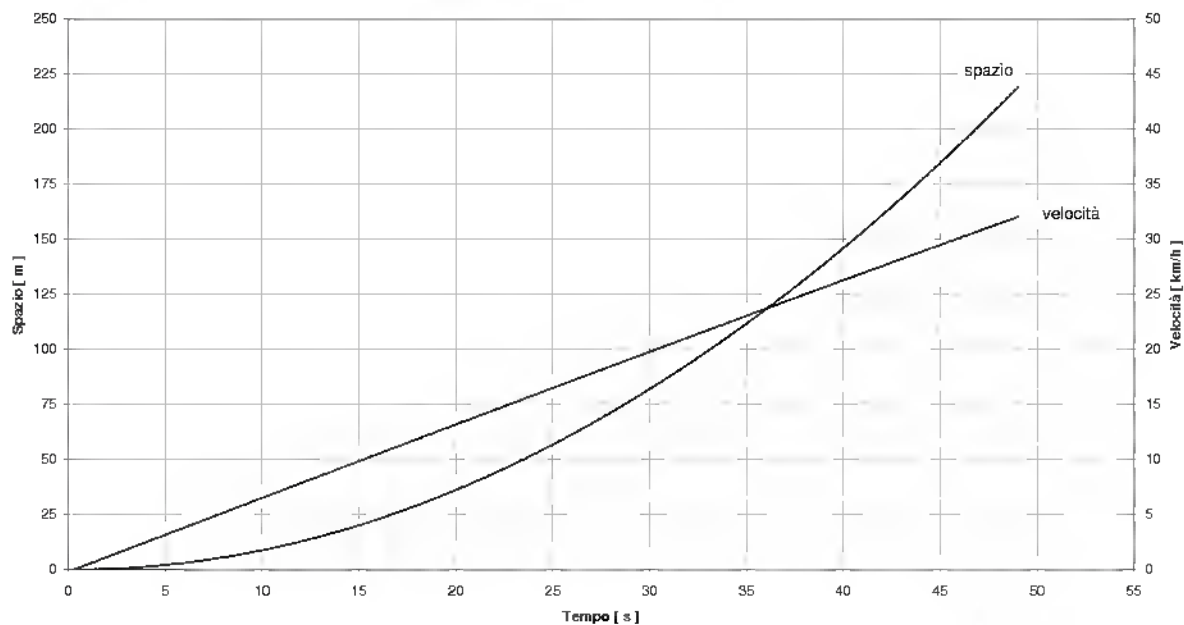


Diagramma A9

22. DESCRIZIONE EQUIPAGGIAMENTO ELETTRICO

L'equipaggiamento elettrico del veicolo è in grado di garantire quanto di seguito elencato:

- alimentazione da rete 750Vcc;
- l'avviamento in maniera graduale e lineare, in modo da mantenere il più possibile costante l'accelerazione per qualsiasi condizione di carico;
- la frenatura elettrodinamica, sfruttando i motori di trazione come generatori, a partire dalla velocità massima sino alla minima ottenibile (<5 km/h);
- il recupero dell'energia in fase di frenatura, in funzione delle condizioni di ricettività della linea;
- l'intervento automatico della frenatura meccanica in assenza della frenatura elettrodinamica;
- il controllo dalla cabina di guida del comando di tutte le apparecchiature distribuite lungo tutto il rotabile;
- la segnalazione selettiva delle avarie e la possibilità di escludere, manualmente e/o in automatico l'apparecchiatura guasta, in modo da non causare ritardi alla circolazione se non quelli dovuti alle eventuali ridotte prestazioni del convoglio;
- l'effettuazione di comandi in bassa tensione ottenuta con due batterie d'accumulatori collegate a due gruppi di carica funzionanti in parallelo e tali da garantire l'alimentazione delle utenze vitali in caso di fuori servizio di un gruppo.
- la sequenza automatica d'abilitazione mediante un solo comando;
- l'alimentazione d'utenze ausiliarie (condizionamento, illuminazione ordinaria comparto passeggeri, etc.);
- la registrazione statica degli eventi;
- il lavoro in sicurezza agli addetti alla manutenzione dell'equipaggiamento.

In ogni caso è garantita la conformità alla normativa vigente in materia di sicurezza e, per quanto non chiaramente specificato, alla norma EN 50153.

Tutte le apparecchiature elettroniche, se non diversamente specificato, sono conformi alla norma EN 50155 (equipaggiamenti elettronici destinati al materiale rotabile) ed EN 50207 (convertitori statici destinati al materiale rotabile) e comunque a tutta la normativa vigente in merito all'assicurazione della qualità.

22.1 Tensioni d'alimentazione delle apparecchiature B.T. - M.T. - A.T.

Tensioni d'alimentazione b.t.

La tensione nominale d'alimentazione di tutte le apparecchiature ed impianti in b.t. è di 24 Vcc.

La tensione d'alimentazione di riferimento, definita come la tensione reale di funzionamento alla quale sono ottimizzate tutte le caratteristiche delle utenze, è di 28 Vcc.

Tutte le utenze b.t. a 24 Vcc nominale, funzionano correttamente, se non diversamente specificato, nei campi di variazione compresi tra 16,8÷32 Vcc.

Al di fuori del campo di tensione, e più precisamente da 0 a 16Vcc e da 32 a 40 Vcc, le apparecchiature elettroniche di controllo arresteranno il loro funzionamento senza subire e/o provocare danni d'alcun tipo.

Le apparecchiature sono comunque protette da eventuali sovratensioni presenti nell'alimentazione, definite dalla norma EN 50155 paragrafo 3.4.

Tensioni d'alimentazione M.T.

La tensione nominale d'alimentazione delle utenze in M.T. è in corrente alternata trifase più neutro a 380 Vca-50Hz.

La dove non diversamente specificato s'intende applicata la norma EN 50155.

Sono alimentati a 380 Vca-50Hz i seguenti impianti:

- climatizzazione comparto passeggeri;
- climatizzazione cabina di guida;
- motoventilatori gruppo inverter di propulsione

Tensioni d'alimentazione A.T.

La tensione nominale d'alimentazione è pari a 750 (+22%; -33%) Vcc .

Il dimensionamento delle apparecchiature ha tenuto in debito conto che la tensione d'alimentazione può essere affetta da variazioni transitorie ripetitive dovute a difetti di captazione (distacco del pantografo) e da sovratensioni transitorie d'origine atmosferica, oppure dovute alla manovra dei carichi e/o agli interventi di dispositivi di protezione di bordo, anche d'altri rotabili operanti nelle vicinanze.

Le sovratensioni derivanti dalla manovra dei carichi e/o da interventi dei dispositivi di protezione, sono quelle definite dalla norma CEI 42-4 fascicolo 2100.

Tutte le utenze in A.T. funzionano correttamente ed a piena potenza nel campo di variazione della tensione di catenaria.

Le prestazioni delle apparecchiature, riferite alla tensione nominale di 750 Vcc, degraderanno proporzionalmente nel campo di variazione inferiore (750 -33%), mentre quelle dei dispositivi di protezione rimangono invariati.

Le apparecchiature elettroniche arresteranno il loro funzionamento per tensioni d'alimentazione al di fuori di tali campi, senza subire e/o provocare danni d'alcun tipo, entro i limiti di 0+900.Vcc.

22.2 Rigidità dielettrica e resistenza d'isolamento

La rigidità dielettrica di tutte le apparecchiature e degli impianti, se non diversamente indicata dalle relative specifiche, è stata dimensionata per la tenuta alla tensione di prova in conformità alle norme IEC 77 o corrispondenti norme CEI.

I valori minimi di tensione, alla quale sono provate le apparecchiature, sono di seguito riportate:

- apparecchiature e/o impianti alimentati alla tensione nominale di 750 Vcc: $V_p = 3500 V_r.m.s$
- apparecchiature e/o impianti alimentati alla tensione nominale di 380 Vca: $V_p = 2000 V_r.m.s$
- apparecchiature e/o impianti alimentati alla tensione di 24 Vcc: $V_p = 750 V_r.m.s$
- motori di trazione: $V_p = 3500 V_r.m.s$
- apparecchiature elettriche atte all'interruzione di circuiti A.T.: $V_p = 4500 V_r.m.s$
- apparecchiature elettroniche e loro sottoassiemi (schede): $V_p = 500 V_r.m.s$
- cestelli di contenimento schede e relativi cablaggi.: $V_p = 500 V_r.m.s$

I cestelli e le schede sono inoltre conformi rispettivamente a quanto prescritto dalle norme IEC 77 e dalla norma EN 50155.

La resistenza d'isolamento di ciascuna apparecchiatura e dell'impianto, ove non diversamente specificato, è comunque $>10 \text{ Mohm}$.

La resistenza d'isolamento complessiva degli impianti A.T. è misurata sul rotabile in ordine di marcia, non è inferiore ad 1 Mohm , secondo la Circolare Ministeriale n.8374 del 18 ottobre 1951.

22.3 Protezioni dell'equipaggiamento elettrico

Circuito motorico

Per il circuito motorico di trazione è prevista una protezione contro i sovraccarichi e contro i corto circuiti pieni o parziali.

Al fine di garantire che il guasto di un circuito motorico, rilevato dal controllo azionamento, non si propaghi ad altri circuiti motorici od impianti connessi alla linea, sono attuate le seguenti misure protettive:

- viene comandata l'apertura dell'interruttore extrarapido;
- il circuito motorico in cui si è presentato il guasto viene sezionato attraverso l'apertura del relativo contattore di linea;
- il veicolo, successivamente alla chiusura dell'interruttore extrarapido, riprende la marcia con i rimanenti circuiti motorici.

Circuiti ausiliari

Le protezioni sono affidate ad interruttori automatici, per i circuiti b.t. ed a fusibili per quelli A.T., esclusa la protezione in ingresso affidata all'interruttore extrarapido.

Tutti i fusibili e gli interruttori automatici sono chiaramente identificati da apposite targhette ed ubicati in punti facilmente accessibili.

Schede elettroniche

I circuiti stampati aventi ingressi e/o uscite collegati agli impianti esterni, sono adeguatamente protetti contro eventuali sovracorrenti e cortocircuiti, al fine di evitare le bruciature delle piste.

Sulla scheda non è previsto il montaggio di microfusibili e le piste della scheda, o parti di esse, non sono utilizzate come fusibile.

Le piste sono studiate in modo da garantire la maggiore sezione possibile.

Le schede sono protette con opportuna vernice anigroscopica.

Tutte le schede montate all'interno di rack, sono conformi alla norma IEC 297 e sono munite di opportuni dispositivi di antisbaglio meccanici.

Il collegamento tra la scheda ed il mondo esterno è effettuato esclusivamente tramite connettori.

Sul circuito stampato è serigrafata la disposizione dei componenti con la relativa sigla riferita allo schema elettrico.

22.4 Software

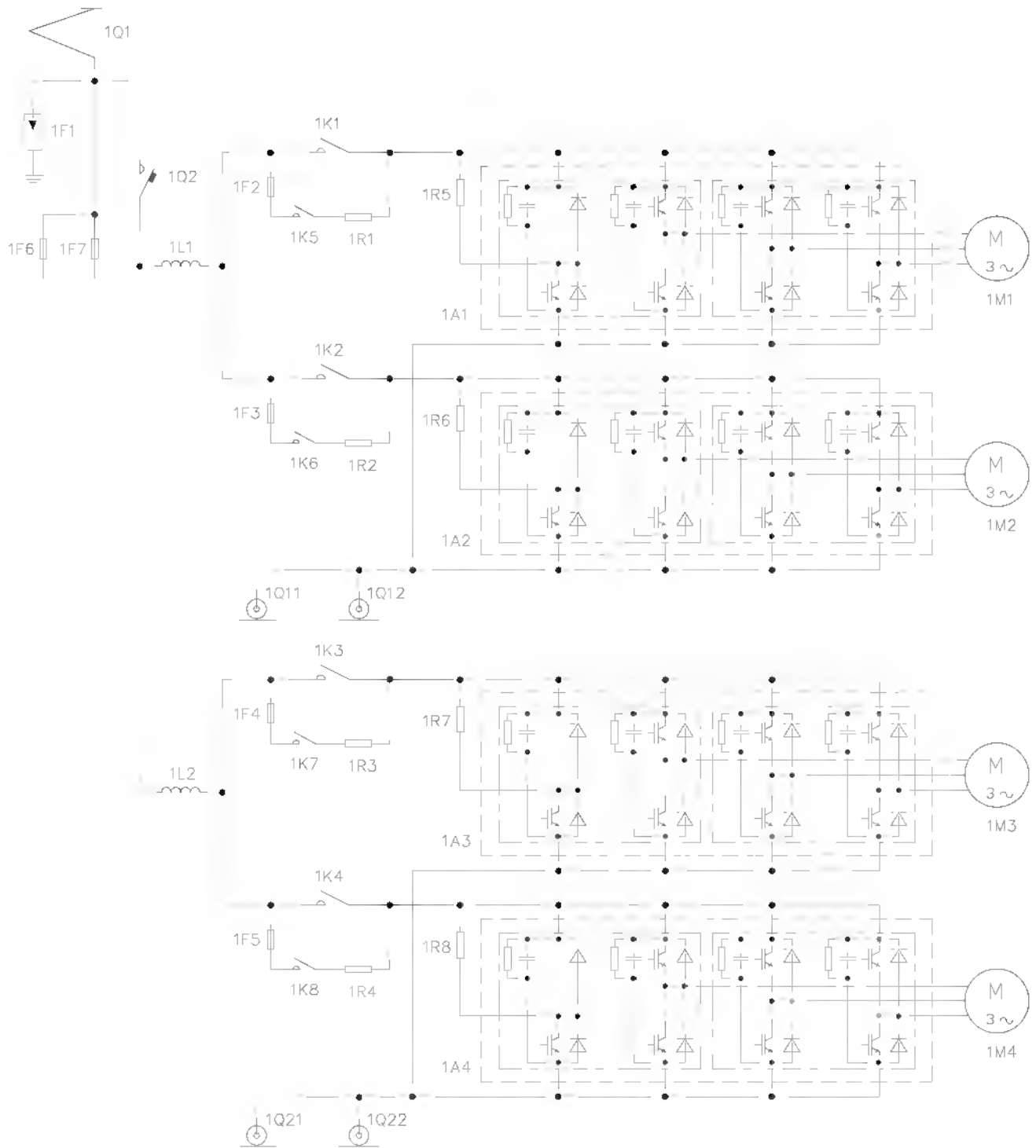
Tutto il software impiegato sul veicolo è conforme alla norma EN50155.

22.5 Circuito di trazione

Il circuito di trazione è composto da quattro azionamenti statici ad inverter a tensione e frequenza variabili, ciascuno dei quali alimenta un motore asincrono di trazione.

Il circuito di trazione è protetto da un unico interruttore extrarapido ed alimentato da un unico pantografo.

Un apposito contattore, in serie ad ogni azionamento, provvede a sezionare, in caso di avaria, l'azionamento guasto in modo completamente automatico.



Schema A.T. di propulsione

Con riferimento alla figura precedente il circuito di trazione risulta composto di:

Componente	Q.tà per veicolo	Sigla a schema
Pantografo	1	1Q1
Scaricatore di sovratensione	1	1F1
Interruttore rapido di protezione	1	1Q2
Contattore di linea	4	1K1; 1K2; 1K3; 1K4
Circuito di precarica filtro	4	1F2-1K5-1R1; 1F3-1K6-1R2; 1F4-1K7-1R3; 1F5-1K8-1R4
Induttanza di filtro linea	2	1L1; 1L2
Inverter completo di chopper di frenatura	4	1A1; 1A2; 1A3; 1A4
Reostato di frenatura	4	1R5; 1R6; 1R7; 1R8
Motore di trazione	4	1M1 ; 1M2 ; 1M3 ;1M4
Fusibile protezione convertitori ausiliari	2	1F6; 1F7

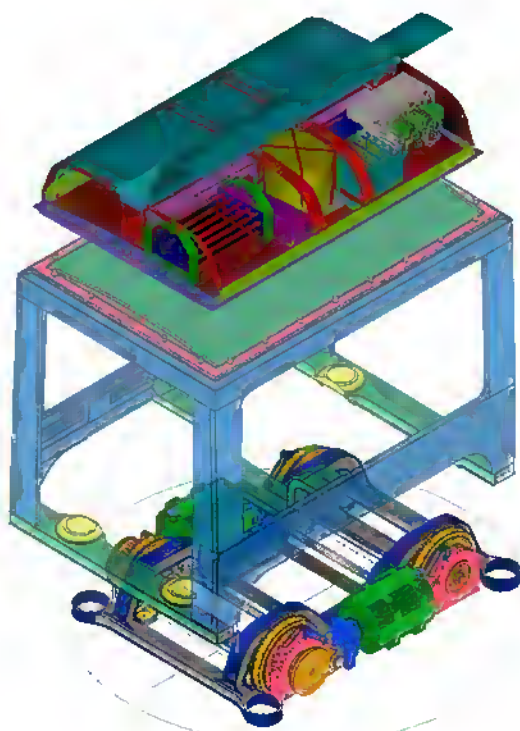
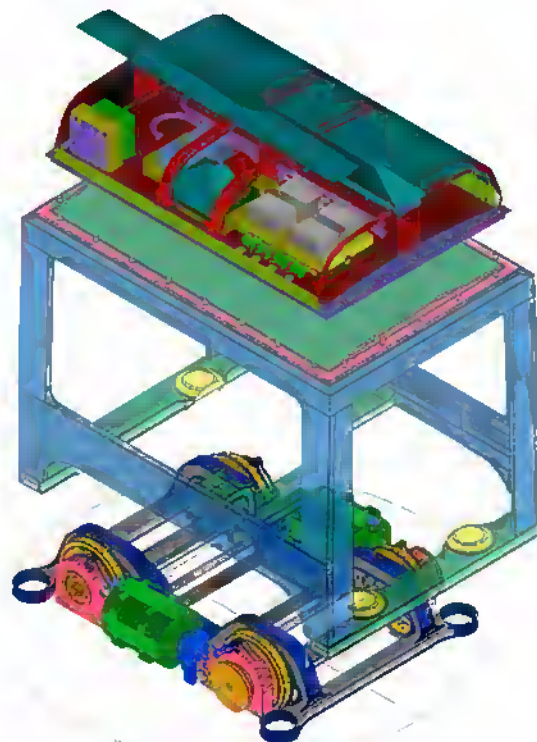
Lay-out equipaggiamento del modulo trazione

L'equipaggiamento elettrico di trazione relativo ad ogni singolo carrello motore, insieme al convertitore servizi ausiliari, è concentrato in un cassone posto nella zona di tetto sovrastante il carrello stesso.

Il cassone è costituito meccanicamente da una struttura chiusa, divisa in più vani separati (vedi figura sotto riportata), ognuno dei quali ispezionabile dall'alto tramite apposite portelle disposte in senso longitudinale rispetto al veicolo. Tale struttura, dopo l'allestimento elettrico ed i relativi tests, viene definitivamente fissata sul modulo motorizzato del veicolo, diventandone l'imperiale.

All'interno del cassone sono alloggiati:

- N° 2 convertitori ad IGBT indipendenti per l'alimentazione dei motori asincroni trifase di trazione, e relativi chopper di frenatura;
- N° 1 convertitore servizi ausiliari: Carica batterie + inverter trifase servizi ausiliari;



- N° 1 assieme batterie.

I convertitori di trazione ed ausiliari sono completi di:

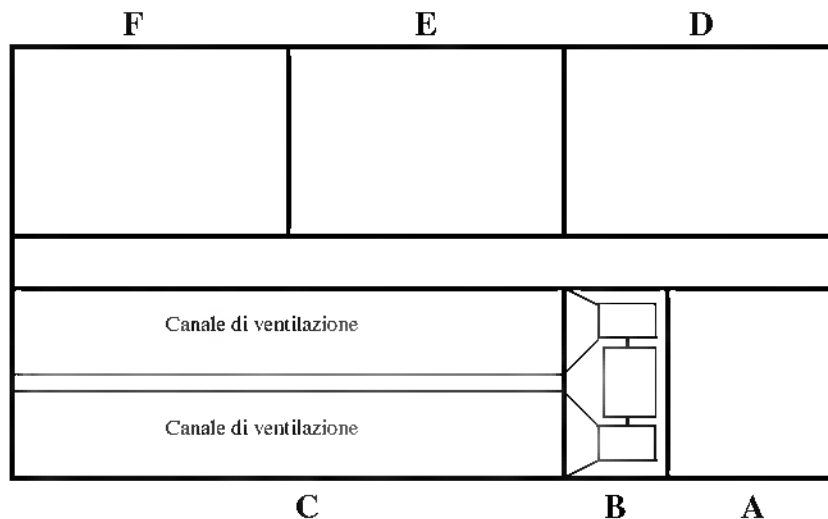
- Unità di controllo (TCU e ACU);
- Filtri di ingresso;
- Componenti elettromeccanici per la precarica dei filtri;
- Componenti elettromeccanici per il sezionamento/protezione delle linee di uscita BT ed MT.

All'interno del cassone, sul fondo del vano destinato ai moduli di potenza dei convertitori, sono stati ricavati due canali di ventilazione simmetrici (vedi figura). Questi ultimi, accoppiati ad un motoventilatore centrifugo doppio, costituiscono il sistema di raffreddamento.

Le interfacce elettriche tra cassone e veicolo sono realizzate:

- Uscite/Ingressi BT di segnale
 - Uscite BT di potenza e MT
- connettori circolari a baionetta
morsettiere

- Ingressi linea AT, uscite AT verso i motori isolatori passanti.



Cassone di tetto - vista dall'alto

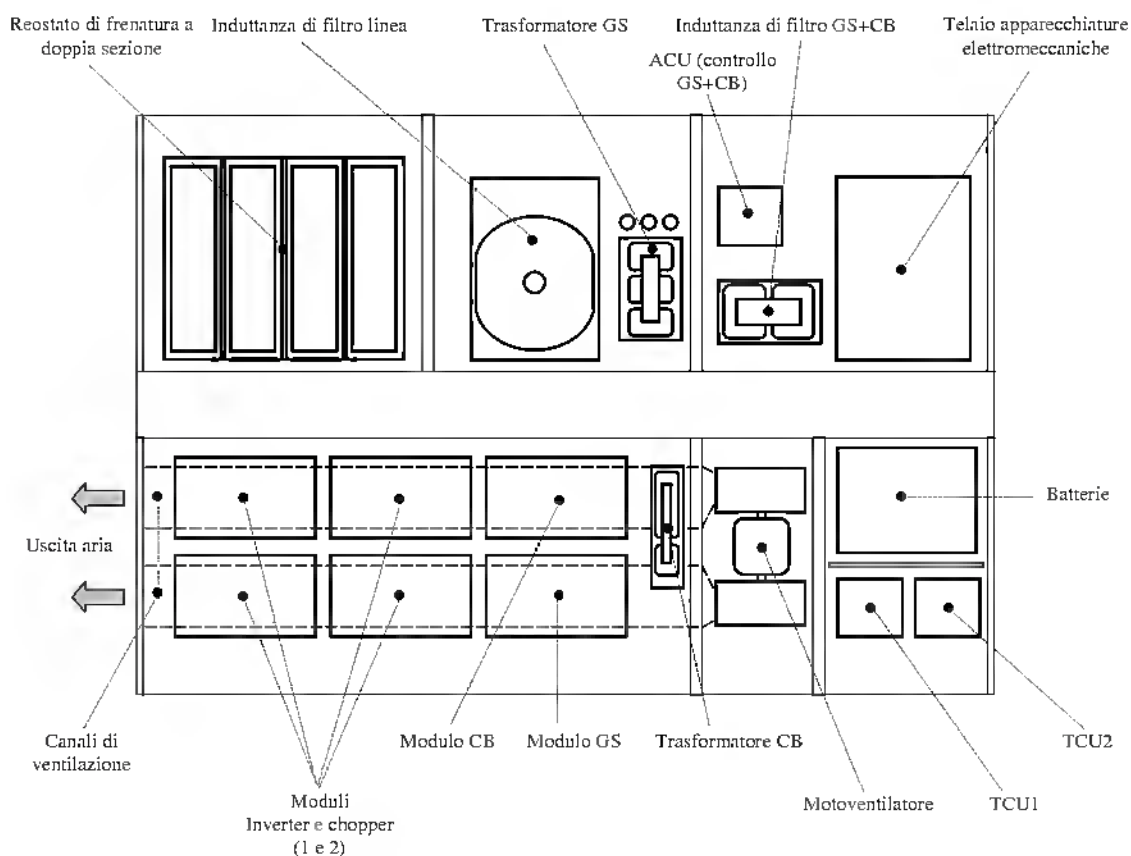
Con riferimento alla figura sopra riportata, il contenuto dei singoli vani del cassone è:

- Vano A** Batterie;
Unità di controllo convertitore di trazione A (TCUA);
Unità di controllo convertitore di trazione B (TCUB);
Connettori di interfaccia B.T.
- Vano B** Motoventilatore centrifugo doppio.
- Vano C** N° 4 moduli di potenza dei convertitori di trazione (convertitori A e B);
N° 2 moduli di potenza del convertitore per i servizi ausiliari;
Trasformatore a presa centrale del convertitore per i servizi ausiliari (sezione carica batterie);
Trasduttori di corrente e di tensione di linea;
Isolatori di interfaccia A.T. verso un motore di trazione.
- Vano D** Unità di controllo del convertitore per i servizi ausiliari (ACU);
Telaio componenti elettromeccanici:
- N° 2 contattori di linea;
 - N° 2 contattori di precarica filtro;
 - N° 2 resistenze di precarica filtro;
 - N° 2 fusibili precarica filtro;
- Induttore di filtro del convertitore per i servizi ausiliari;
Morsettiera di interfaccia per le uscite B.T. di potenza.

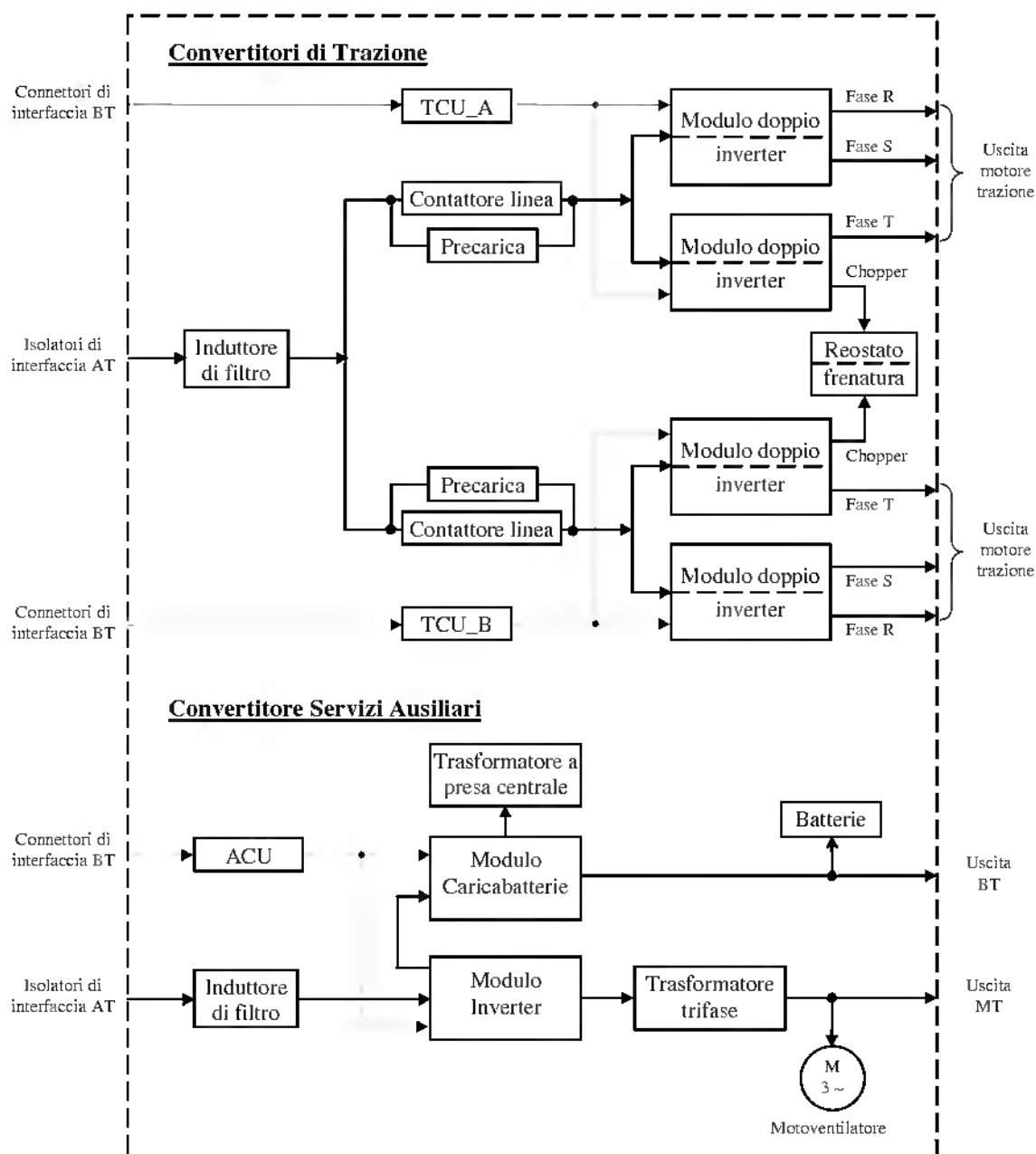
Vano E Induttore di filtro dei convertitori di trazione;
Trasformatore trifase del convertitore per i servizi ausiliari (sezione inverter);
Morsettiere di interfaccia per le uscite B.T. di potenza e per le uscite M.T.;
Isolatori di interfaccia A.T. verso un motore di trazione.

Vano F Reostato di frenatura a doppia sezione (una sezione per ogni convertitore di trazione)

La disposizione di detta apparecchiature è mostrata schematicamente nella figura sotto riportata. Lo schema a blocchi delle apparecchiature principali contenute nel cassone di tetto è riportato nella figura di pagina seguente.



Disposizione apparecchiature nel tetto del modulo motorizzato



Schema a blocchi apparecchiature principali contenute nel cassone di tetto del modulo motorizzato

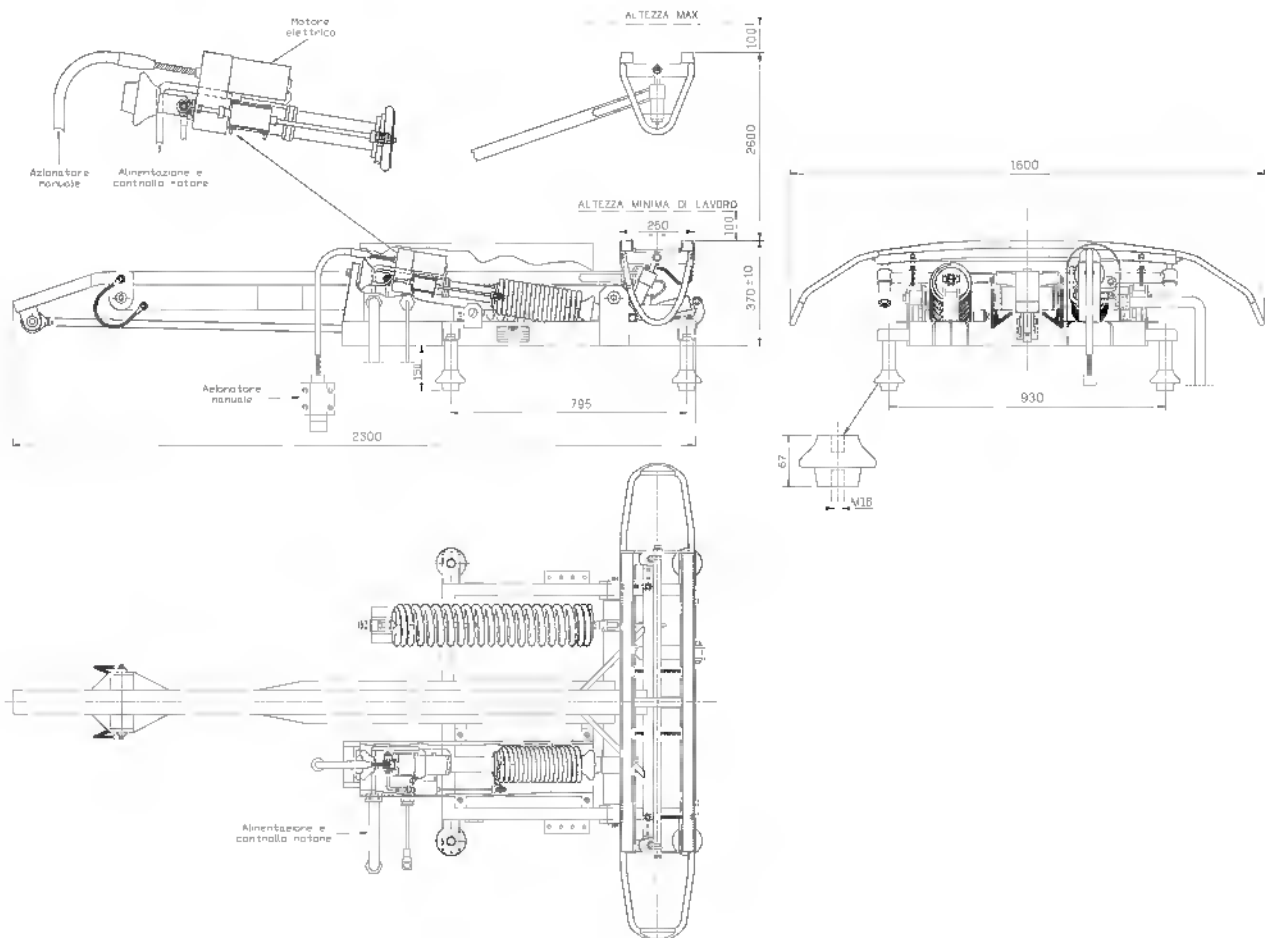
In generale per equipaggiamento elettrico di trazione e frenatura s'intende l'insieme delle seguenti apparecchiature:

- pantografo;
- scaricatore di sovratensioni;
- interruttore extrarapido;
- filtro e circuiti di precarica;
- azionamenti statici per la trazione e la frenatura elettrodinamica completi di dispositivi di protezione e sezionamento;

- reostati di frenatura;
- motori di trazione.

22.6 Pantografo

Il veicolo bidirezionale è dotato di un unico pantografo, posizionato sulla cassa Pal centro del veicolo.. La presa di corrente ANSALDO, serie ATRT 99, è un pantografo di geometria asimmetrica, a comando elettrico.



L'innalzamento e l'abbassamento del pantografo si ottengono grazie alla presenza di un dispositivo di azionamento elettrico composto da un motore in cc, accoppiato ad un attuatore lineare dotato di un interruttore di fine corsa.

Il pantografo è anche dotato di un dispositivo manuale di azionamento che consente il suo sollevamento o abbassamento in condizioni di emergenza; questo dispositivo è azionabile dall'interno del rotabile. Esso è costituito da un cavo flessibile collegato, ad un'estremità al motore elettrico del sistema di azionamento, ed all'altra estremità ad uno stadio isolato; il cavo è protetto da una guaina isolante elettricamente e da un tubo esterno di gomma.

Il pantografo è dotato di due molle elicoidali in acciaio collegate tra il telaio di base e l'albero motore, la cui azione è quella di sviluppare sull'albero la coppia meccanica necessaria al funzionamento del pantografo. Una molla è collegata direttamente al telaio di base; l'altra è collegata al dispositivo di azionamento elettrico.

L'archetto, realizzato in acciaio inox, è dotato di due striscianti di tipo composito in grafite con supporto metallico in rame (tipo Kasperowski), ed è collegato al quadro articolato tramite un sistema di sospensioni elastiche (sospensioni secondarie).

L'archetto, essendo di tipo autobilanciato, si mantiene sempre in posizione orizzontale durante tutti i movimenti verticali del pantografo.

La velocità di salita e di discesa è controllata da un ammortizzatore di tipo idraulico a doppio effetto, che ha anche la funzione di smorzare le oscillazioni causate dall'azione impulsiva che si determina fra pantografo e catenaria.

Il pantografo è montato sul tetto del modulo portante tramite quattro isolatori di sostegno; inoltre, esso è dotato di due piastrine per il collegamento dei cavi AT.

Le articolazioni principali del pantografo sono dotate di cuscinetti volventi con serbatoio di grasso, protetti da schermi con tenute stagne bilaterali e parapolvere, e non richiedono alcun intervento manutentivo.

Il pantografo è conforme alla Norma EN 50206 – 2: "Pantographs for metros and light rail vehicles".

Condizioni di utilizzo del pantografo

- Velocità massima di funzionamento 100 Km/h
- Tensione nominale 750 Vcc
- Variazione di tensione ammessa 500 ÷ 900 Vcc
- Corrente continuativa a rotabile in movimento 1200 A
- Corrente nominale a rotabile fermo 300 A
- Temperatura ambiente -30 ÷ 70°C

Caratteristiche dimensionali e meccaniche del pantografo

- Dimensioni massime d'ingombro (a riposo):
 - In senso longitudinale: 2300 mm
 - In senso trasversale (larghezza archetto): 1600 mm
 - In senso verticale (senza isolatori): 370 mm
- Ampiezza zona di lavoro 2600 mm
- Altezza massima raggiungibile dal pantografo riferita al piano inferiore degli isolatori 3120 mm
- N° 4 isolatori di sostegno:
 - interasse longitudinale 795 mm
 - Interasse trasversale 930 mm
- N° 2 striscianti in grafite con supporto in rame
- Peso dell'archetto circa 14.3 daN
- Spinta statica 7 daN
- Tolleranza sulla spinta ± 1.0 daN
- Tipo di azionamento elettrico
- Motore elettrico: tensione nominale 24 Vcc
- Peso del pantografo completo (compresi gli isolatori) circa 175daN
- Rigidezza trasversale: secondo la EN 50206-2

Principali elementi costituenti il pantografo

- **Telaio di base**

La struttura di base del pantografo è interamente realizzata con profili tubolari in acciaio a sezione rettangolare, adatta a sopportare le sollecitazioni flessionali e torsionali esistenti.

- **Quadro inferiore**
E' composto dall'albero motore e da un tirante.
L'albero motore è costituito da tre tubolari in acciaio: quello inferiore è a sezione circolare, e ruota su due cuscinetti a sfere alloggiati nell'albero stesso e protetti da tenute stagne esterne a doppio labbro di gomma; quello centrale è a sezione rettangolare rastremata; quello superiore è un tubolare a sezione circolare: è sede di un albero su cui alloggianno due cuscinetti a sfere sui quali ruota il braccio superiore.
- **Braccio superiore**
E' composto da un unico tubolare in acciaio a sezione rettangolare di piccolo spessore. Ad una estremità due orecchiette lo collegano al tirante. Nella parte intermedia altre due orecchiette lo collegano all'estremità superiore del quadro inferiore. Nell'altra estremità è invece saldato a T un albero tubolare di sezione circolare di piccolo spessore sul quale sono fissati due sospensioni atti ad attenuare l'indebito distacco dal filo dell'archetto, quando questo è soggetto alle accelerazioni perturbatrici generate dalla linea di contatto.
- **Archetto**
E' costituito da un telaio su cui vengono montati due striscianti in grafite con supporto in rame; alle due estremità sono presenti due corni autobilanciati che consentono all'archetto stesso di mantenersi sempre in posizione orizzontale durante i movimenti del pantografo.
Esso è collegato, tramite un sistema di sospensioni elastiche (sospensioni secondarie) all'alberino trasversale del braccio superiore.
- **Sistema motore**
Il sistema motore del pantografo è costituito da un dispositivo di azionamento elettrico composto da un motore in cc, accoppiato ad un attuatore lineare dotato di un interruttore di fine corsa.
L'interruttore di fine corsa serve ad indicare al circuito elettrico di comando in macchina il raggiungimento da parte del pantografo delle posizioni alto e basso.
- **Ammortizzatore idraulico**
L'ammortizzatore di tipo idraulico è a doppio effetto, e le sue caratteristiche ammortizzanti sono tali da controllare i movimenti del quadro articolato durante il funzionamento del pantografo, oltre che a garantire un adeguato controllo della fase di salita e di quella di discesa.
- **Articolazioni**
Tutte le articolazioni sono realizzate con cuscinetti protetti da tenute stagne e con serbatoi di grasso. Per impedire che la corrente captata possa attraversare i cuscinetti, le articolazioni sono bypassate da una coppia di trecce di rame.

22.7 Scaricatore sovratensione

Lo scaricatore di sovratensione è del tipo ad ossidi metallici, senza spinterometri, idoneo per montaggio su veicoli di trazione leggera, ed ampiamente sperimentato.

22.8 Interruttore extrarapido

Per la protezione dei circuiti di trazione è previsto un interruttore extrarapido. Tale interruttore, progettato specificatamente per l'uso in ambiente ferroviario, è a polo singolo, con soffio magnetico e controllo elettromagnetico. E' dotato di sganciatore diretto, con protezione di tipo bidirezionale, ed è tale da consentire l'apertura rapida da ciascun controllo in caso di avaria alla parte di potenza.

Grazie al suo dimensionamento, quest'interruttore è particolarmente idoneo a proteggere i circuiti di potenza dei convertitori statici.

Le caratteristiche principali sono:

- Bidirezionale
- Tensione nominale 750 Vcc
- Corrente continuativa 1000 A
- Potere di interruzione 30 kA con T = 15 ms

La logica per la chiusura, o per la richiusura dopo un intervento, è studiata in funzione della filosofia adottata per tutto l'equipaggiamento di trazione. L'interruttore è conforme alla norma IEC 77.

22.9 Filtro di linea

Tra la linea di contatto e ciascuna coppia di inverter relativa allo stesso carrello è presente un filtro monocella L-C.

Tale filtro, necessario per il corretto funzionamento dell'inverter, esplica le seguenti funzioni:

- protezione contro le sovratensioni di linea;
- riduzione delle armoniche di corrente immesse in linea, che possono causare interferenze con eventuali sistemi di segnalamento.

Il filtro di linea è costituito da un'induttanza di 2 mH (posizionata nel vano E del cassone di tetto) e dal parallelo dei condensatori contenuti nei moduli inverter (capacità totale di 5,28 mF).

I condensatori di filtro delle fasi inverter, di tipo non elettrolitico, sono dotati di resistenza di scarica permanentemente collegata in parallelo.

Un opportuno circuito di precarica filtro limita i picchi di corrente sui condensatori all'atto dell'alimentazione da linea di contatto.

Il circuito è costituito da una resistenza, un contattore e un fusibile di protezione.

Non appena i condensatori sono carichi, la resistenza di precarica viene corto-circuitata tramite il contattore di linea.

Il filtro di linea sarà dimensionato in modo che in ogni condizione di funzionamento, il contenuto armonico sarà tale da non provocare disturbi agli impianti di segnalamento, di radio, di telecomunicazione ed in generale a tutti gli impianti di bordo e di terra.

Non saranno altresì disturbati impianti e apparecchiature non appartenenti al sistema tranviario.

22.10 Convertitore di trazione-frenatura

Il convertitore di trazione-frenatura è di tipo a inverter a tensione impressa ad IGBT con comando a microprocessore e ventilazione forzata.

Il convertitore è progettato in modo da non richiedere la presenza dei circuiti di snubber (convertitore snubberless).

Questo tipo di soluzione comporta i seguenti vantaggi:

- maggiore compattezza e leggerezza;
- l'assenza di questi dispositivi di tipo dissipativo determina un miglioramento del rendimento del convertitore.

Ogni fase inverter è costituita dai semiconduttori di potenza IGBT e dall'elettronica di pilotaggio.

Non è previsto l'impiego di IGBT collegati fra loro in serie e/o parallelo.

In questo modo si evitano i problemi che possono derivare da eventuali disuniformi ripartizioni della corrente (componenti in parallelo) o della tensione (componenti in serie) a tutto vantaggio dell'affidabilità del convertitore.

Il chopper di frenatura è in pratica costituito da una fase inverter, con ciò determinando un'effettiva standardizzazione dei componenti di potenza, a beneficio delle scorte di parti di ricambio.

Grazie alla loro rapidità di commutazione, gli IGBT possono essere protetti localmente dai guasti (ad esempio in caso di perdite di commutazione), da un efficace protezione elettronica che spegne l'inverter prima del raggiungimento di pericolose sovracorrenti.

A differenza dei tiristori che richiedono un pilotaggio allo spegnimento tramite amplificatori di corrente, nel caso dell'IGBT è sufficiente l'applicazione di una tensione negativa al gate. Questa è un'altra caratteristica che contribuisce alla riduzione dell'ingombro del convertitore.

La frequenza di commutazione degli IGBT è molto elevata, così da poter generare una forma d'onda d'uscita con un basso contenuto armonico. Ciò riduce drasticamente le pulsazioni di coppia a bassa velocità.

Le caratteristiche principali del singolo convertitore, riferite alla tensione di alimentazione di 750Vcc, sono qui di seguito riassunte:

Caratteristiche INVERTER

Tensione di riferimento	750 Vcc
Escursione della tensione di ingresso	500 ÷ 900 Vcc
Tensione concatenata di uscita (in onda quadra)	562,5 Vca
Massima frequenza di 1 ^a armonica	133 Hz
Potenza massima in trazione	220 kVA
Rendimento	> 0,97

Caratteristiche CHOPPER di frenatura

Tensione di riferimento	750 Vcc
Tensione di funzionamento	800 ÷ 900 Vcc
Potenza massima	200 kW

L'inverter di trazione ed il chopper di frenatura sono conformi alle Norme:
IEC 1287 - EN 50207 - EN 50121

Caratteristiche elettriche della fase inverter

Ciascuna fase inverter è costituita dai seguenti sottoassiemi:

- Un assieme IGBT;
- Condensatori di filtro;
- Un trasduttore corrente di fase;
- Un pannello resistori di scarica dei condensatori di filtro.

L'assieme IGBT e' costituito da:

- * IGBT;
- * 1 dissipatore in alluminio estruso, con un'elevatissima superficie di scambio termico
- * 1 scheda di pilotaggio che realizza le seguenti funzioni:

- ⇒ Drivers di potenza:
portano i punti gate-emettitore degli IGBT a +15V per l'accensione o a -15V per lo spegnimento;
- ⇒ Controllo sequenze:
riconoscono gli impulsi accensione/spegnimento tra semifase alta e bassa, regolano il minimo T_{on} e T_{off} ed il tempo morto tra semifase alta e bassa;
- ⇒ Diagnostica e protezioni:
tengono costantemente sotto controllo i parametri elettrici degli IGBT, trasmettendo un segnale diagnostico al controllo in caso di guasto;
- ⇒ Alimentazione e isolamento galvanico:
fornisce le alimentazioni isolate (tramite trasformatore) per convertire i comandi, trasmessi dall'elettronica di regolazione (TCU), in segnali in tensione +/-15V, di accensione/spegnimento degli IGBT.

Caratteristiche elettriche chopper

Il chopper è costituito dagli stessi sottoassiemi di una fase inverter.

Tipologia di costruzione meccanica e raffreddamento

La parte di potenza è meccanicamente realizzata con moduli singolarmente estraibili dalla cassone di tetto (vedi figura sotto riportata). Ogni modulo costituisce elettricamente una coppia di fasi dell'inverter.

I condensatori di filtro utilizzano tecnologia a secco con film in polipropilene metallizzato; in ogni modulo sono presenti 6 condensatori da 1100V/220 μ F.

Gli IGBT sono montati a stretto contatto con i condensatori di filtro mediante una connessione piatta multistrato (bus bar) che, minimizzando le induttanze parassite, consente di eliminare i circuiti di clamp.

Gli IGBT, costituiti da un contenitore compatto ed isolato, sono montati direttamente su di un radiatore alettato di alluminio con interposizione di compound termoconduttore che ha il compito di migliorare lo scambio termico.

Sul radiatore vengono montate le due resistenze per la scarica permanente dei condensatori di filtro ed un termoswitch per la protezione termica degli IGBT.

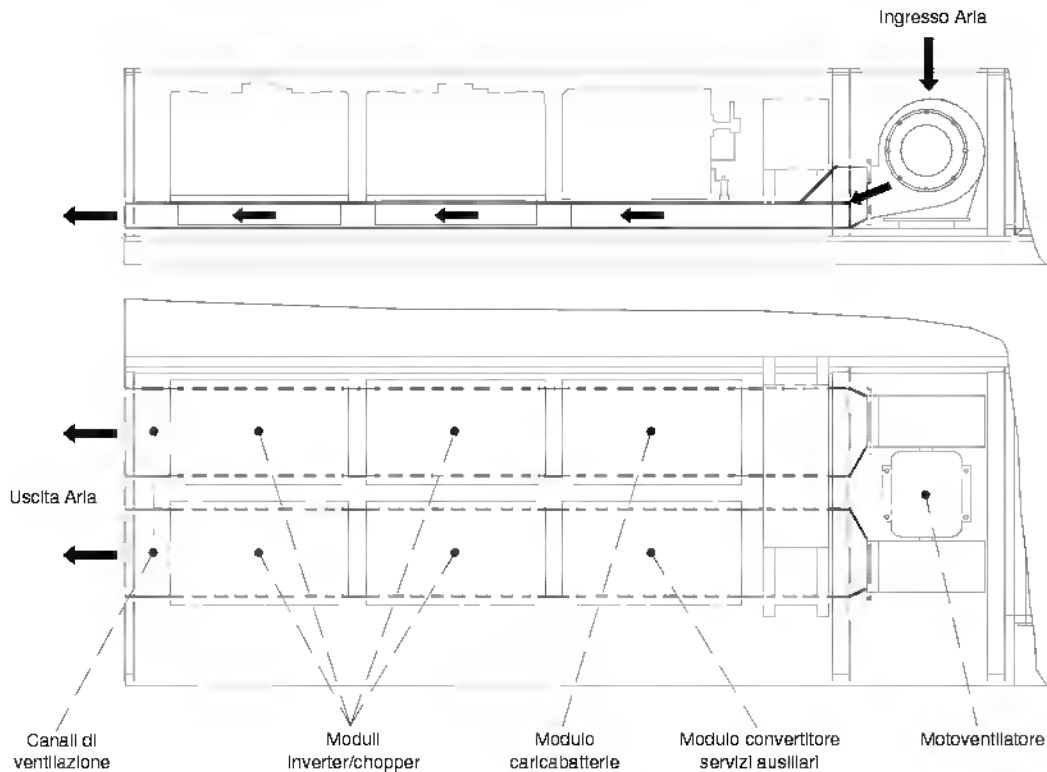
I radiatori di alluminio si affacciano su due canali di ventilazione (vedi figura sotto riportata) all'interno dei quali l'aria di raffreddamento viene fatta circolare da un motoventilatore a doppia girante.

In caso di guasto del motoventilatore è comunque possibile disporre di una residua prestazione di trazione/frenatura, soggetta alla sorveglianza delle protezioni termiche di cui dispongono le fasi inverter ed il chopper.

L'aria di raffreddamento lambisce la superficie esterna dei radiatori senza venire in contatto con i componenti in alta tensione, che sono completamente isolati dal canale di ventilazione tramite guarnizioni a prova di acqua e di polvere; non è quindi necessario l'uso di filtri aria, con i conseguenti problemi di manutenzione, ma è sufficiente una semplice griglia che impedisca l'entrata di foglie od altro.

Questo sistema di montaggio dei componenti elettronici, protetto da polvere ed acqua, consente un incremento in termini di affidabilità e di manutenibilità.

Nel modulo sono presenti inoltre le schede di pilotaggio degli IGBT e due trasduttori ad effetto Hall per il monitoraggio della corrente d'uscita dalle due fasi inverter.



Circuito di ventilazione

Caratteristiche principali IGBT

- | | |
|---|---------------|
| • Tensione [V_{CES}] | 1700 Vcc |
| • Corrente continuativa [I_C] | 800 A |
| • Corrente impulsiva max commutabile (con $t_p=1$ ms) [I_{CRM}] | 1600 A |
| • Tensione di isolamento [V_{ISOL}] | 4 kV |
| • Temperatura di funzionamento [T_{OP}] | -40 ÷ +125 °C |
| • Temperatura max di giunzione [T_{VJ}] | 150 °C |

Controllo azionamento (TCU)

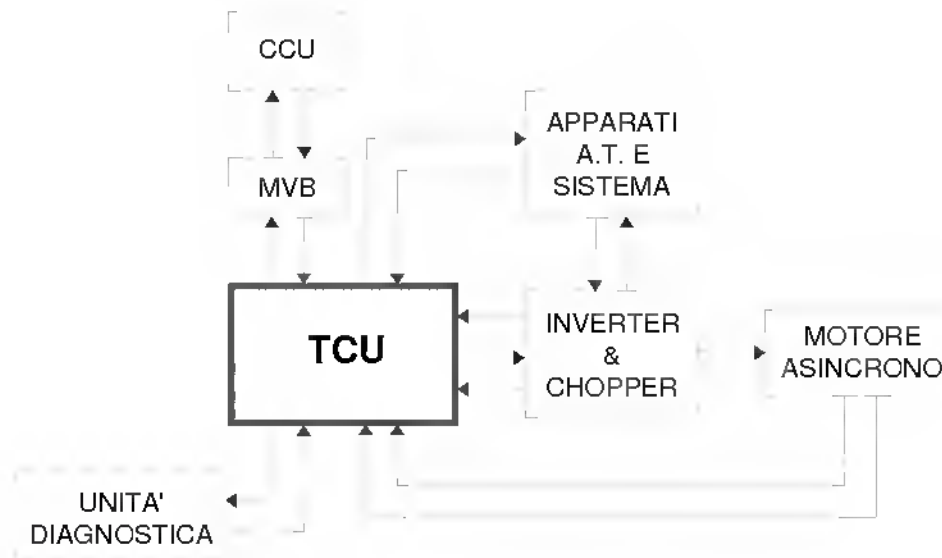
Ciascun inverter di potenza ed il relativo chopper di frenatura sono controllati da un'unità a microprocessore a 32 bit, denominata "Unità di Controllo Trazione" (TCU).

Questa è collocata sul tetto all'interno del cassone del convertitore di trazione; questa disposizione permette di minimizzare la lunghezza dei collegamenti con le schede di pilotaggio dei semiconduttori di potenza.

Le TCU colloquiano con le centraline CCU tramite il bus MVB.

La scelta di suddividere le elettroniche tra CCU e TCU (logica di rotabile e logica di azionamento), comune a tutte le architetture moderne di regolazione, è originata dall'opportunità di svincolare la funzione di controllo degli azionamenti (generazione impulsi e gestione delle protezioni) da quella di acquisizione e gestione dei segnali di «logica di veicolo» provenienti dalle cabine di guida e dagli impianti di bordo, poiché caratterizzati da tempistiche completamente diverse.

Schema a blocchi delle interconnessioni TCU con il mondo esterno



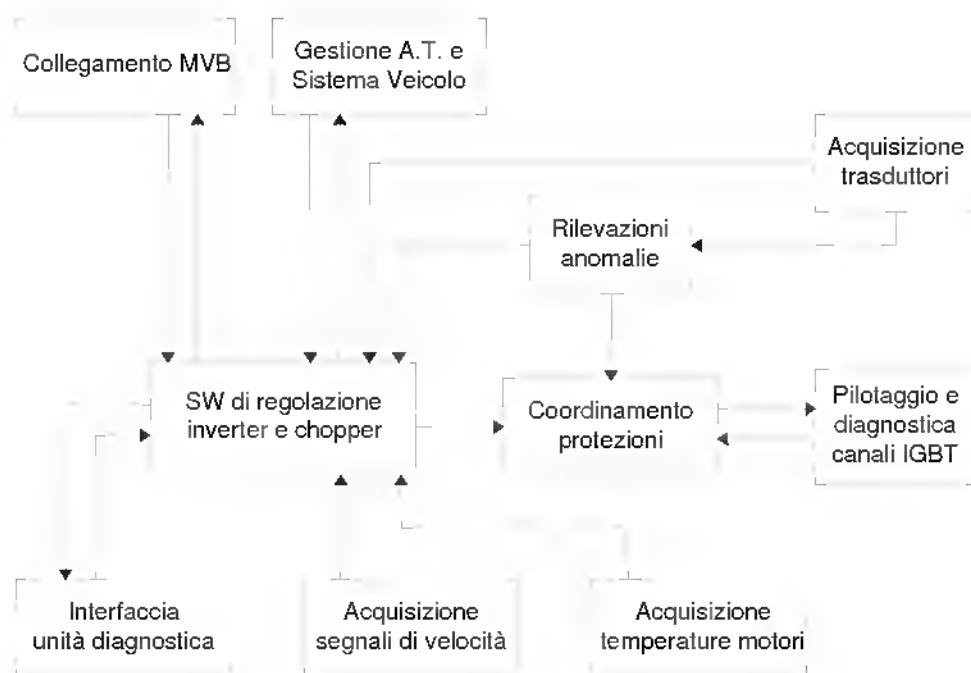
La TCU è costituita da un rack contenente i seguenti elementi:

- Modulo alimentatore
Questo modulo accetta in ingresso la tensione di batteria e fornisce le tensioni di alimentazione del cestello, galvanicamente isolate dall'ingresso;
- Scheda PCA
La PCA è la scheda che elabora il controllo di azionamento e calcola gli istanti di accensione degli IGBT dei moduli di potenza. La scheda ha dimensioni E2 ed è equipaggiata con un microcontrollore con coprocessore matematico e logica a tecnologia FPGA.
- Scheda DEA
È la scheda di comunicazione del cestello ed ha dimensioni E2 (interfaccia bus di veicolo e diagnostica).
- Scheda PIA
La scheda PIA genera le forme d'onda per l'accensione degli IGBT dei moduli di potenza, realizza le interfacce optoisolate verso l'azionamento, monitorizza le grandezze analogiche del veicolo, gestisce lo scatto delle protezioni e le anomalie. La scheda ha dimensioni E2.
- Scheda DO (Output digitali per comandi apparecchi elettromeccanici)
- Scheda DI (Input digitali)

Le principali funzioni svolte dalla TCU sono le seguenti:

1) Elaborazione dei segnali analogici e gestione protezioni

Questo blocco provvede all'acquisizione dei segnali dai trasduttori tensione/corrente del circuito di potenza, al rilievo di valori anomali e alla logica di protezione. I segnali analogici sono immediatamente convertiti in digitali per aumentare le prestazioni di rapporto segnale/rumore e sono inviati al controllo dell'inverter e del chopper.



Relativamente alle protezioni:

- **Corrente massima di fase:**
Nel caso sia rilevata, tramite i relativi trasduttori, una sovracorrente di fase, è comandata l'apertura dell'interruttore extrarapido;
- **Sbilanciamento fasi:**
Se tra due correnti di fase è monitorato uno sbilanciamento > 300 A, è comandata l'apertura dell'interruttore extrarapido;
- **Sovratensione di filtro**
Nel caso in cui la tensione dovesse superare la tensione massima dell'impianto (900Vcc), sarà impulsato il chopper di frenatura per 100 ms (in funzione di sfioratore).
Nel caso la tensione continuasse ad aumentare, sono dapprima bloccati gli impulsi alle fasi, e per $V > 1050$ V, è comandata l'apertura dell'interruttore extrarapido;
- **Bassa tensione filtro**
Nel caso la tensione dovesse scendere sotto i 500Vcc è avviata la gestione del circuito di precarica filtro;
- **Diagnostica schede di pilotaggio**
In caso di guasto ad una qualsiasi delle schede di pilotaggio, sono bloccati gli impulsi ed aperto l'interruttore extrarapido;
- **Diagnostica termoswitch**
Rilevando una sovratemperatura sui radiatori inverter, viene informata la CCU, che gestisce una diminuzione di prestazione.

Ogni qualvolta viene comandata l'apertura dell'interruttore extrarapido, è impulsato il chopper di frenatura, per favorire la scarica dei condensatori di filtro.

In parallelo ai condensatori sono comunque collegate in modo permanente delle resistenze che assicurano la scarica in un tempo inferiore a quello richiesto per la rimozione dei coperchi di accesso.

2) **Controllo inverter**

Il controllo dell'inverter si basa sulla teoria del controllo ad orientamento di campo delle macchine asincrona. I risultati di questo metodo sono paragonabili a quelli raggiunti grazie all'utilizzo di motori DC sia in fase statica che in condizioni dinamiche.

Infatti, è possibile disaccoppiare il controllo di coppia da quello di flusso agendo, rispettivamente, sulle componenti attiva e reattiva delle correnti statoriche. Il controllo, fin quando l'ampiezza della tensione statorica non raggiunge il valore massimo, agisce in modo tale da mantenere costante il flusso indipendentemente dalle variazioni di coppia richieste. Nel momento in cui la tensione è massima si lascia deflussare la macchina e il controllo agisce solo sulla componente attiva della corrente.

La tecnica descritta permetta di ottenere i seguenti vantaggi in tutte le condizioni di funzionamento:

- Disaccoppiamento tra controllo di coppia e di flusso
- Rapido esaurimento dei transistori
- Precisione nella produzione di coppia a regime
- Indipendenza dalle variazioni dei parametri del motore
- Elevate prestazioni in regime dinamico;

Come indicato nello schema a blocchi 295VE04731B, la centralina TCU riceve dalla CCU master (Central control Unit) il riferimento di sforzo trazione/frenatura e, in funzione del desiderato valore di flusso rotorico (che diminuisce nella zona di indebolimento), calcola le due componenti di corrente: la corrente diretta che controlla il flusso rotorico, e la componente in quadratura, che regola la coppia motorica, nel sistema di riferimento sincrono. Partendo da queste correnti, l'algoritmo di alimentazione a ciclo aperto, calcola le componenti della tensione e la frequenza di alimentazione da imprimere agli avvolgimenti statorici. Poi, al fine di calcolare la tensione e la frequenza di uscita per il modulatore PWM, viene attuata la trasformazione da coordinate polari in coordinate cartesiane ed una compensazione delle variazioni della tensione di linea.

Uno stadio del controllo esegue la funzione di osservare il flusso, riceve i segnali delle tre correnti erogate di fase, da un'unità che elabora il segnale analogico proveniente dai rispettivi trasduttori di corrente, la tensione di uscita, i segnali di velocità di motore e li elabora, tramite un filtro di Kalman, per generare in uscita il valore stimato di flusso e coppia.

Questi valori stimati sono confrontati con quelli attesi, e quindi corretti tramite un regolatore proporzionale-integrale (uno per il flusso, l'altro per la coppia).

Partendo dai valori di ampiezza di tensione e di frequenza il modulatore PWM decide la forma d'onda delle tre fasi dell'inverter, che sono inviate alla logica di controllo dell'unità di generazione degli impulsi agli IGBT di potenza.

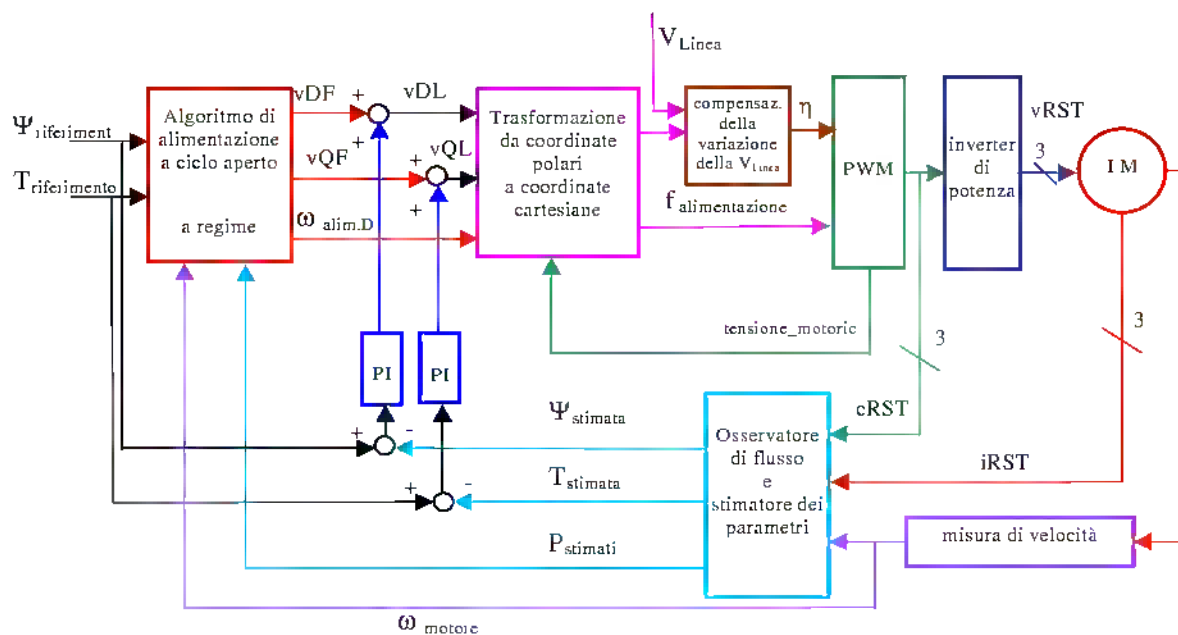
Il funzionamento del modulatore PWM è basato sulla modulazione vettoriale.

All'avviamento dell'inverter e alle basse frequenze di uscita dalla fondamentale, la frequenza di commutazione è tenuta costante, da ciò ne deriva un comando degli impulsi asincrono.

Al fine di evitare oscillazioni subarmoniche, al crescere della frequenza della fondamentale, viene impostata una tecnica di commutazione sincrona.

Alle frequenze più elevate di uscita, al fine di raggiungere la zona di deflussaggio, la transizione tra la modulazione vettoriale ed il funzionamento in onda quadra, è realizzata linearmente, con un metodo di eliminazione graduale degli impulsi (di durata inferiore al tempo minimo di conduzione degli IGBT).

CONTROLLO INVERTER - SCHEMA A BLOCCHI DELLA REGOLAZIONE AD ORIENTAMENTO DI CAMPO
- 295VE0473IB



Legenda:

- ω_{motore} = pulsazione motore
- $P_{stimata}$ = parametri stimati del motore
- $T_{stimata}$ = coppia stimata
- $T_{riferimento}$ = coppia di riferimento
- $\Psi_{stimata}$ = flusso stimato
- $\Psi_{riferimento}$ = riferimento di flusso
- $tensione_motorica$ = angolo della tensione motorica
- $f_{alimentazione}$ = frequenza di alimentazione motore
- V_f = tensione di alimentazione motore
- V_{Linea} = tensione di ingresso dell'inverter
- vDF = componente diretta della tensione, nel riferimento sincrono, calcolata dall' algoritmo di alimentaz.
- vDL = componente diretta della tensione, nel riferimento sincrono, corretta in retroazione
- vQF = componente in quadratura della tensione, nel riferimento sincrono, calcolata dall' algoritmo di alimentazione
- vQL = componente in quadratura della tensione, nel riferimento sincrono, corretta in retroazione
- $\omega_{alim.D}$ = pulsazione calcolata dall' algoritmo di alimentazione
- $vRST$ = tensione trifase di motore
- $cRST$ = comandi all'inverter trifase
- $iRST$ = corrente trifase di motore
- η = rendimento
- IM = motore asincrono
- PI = regolatore proporzionale+integrale

3) **Controllo del chopper di frenatura**

Effettua il controllo della frenatura elettrodinamica e la protezione contro sovratensioni di ingresso.

L'unità riceve il valore della tensione d'ingresso all'inverter tramite il blocco segnali analogico e protezioni e la richiesta di sforzo frenante dalla CCU.

Un treno di impulsi a frequenza fissa e duty-cycle variabile è inviato alla logica di controllo dell'unità di generazione impulsi.

Il chopper viene acceso durante la frenatura elettrodinamica o, in trazione, per "tagliare" i picchi di sovratensione.

4) **Logica di controllo della generazione impulsi**

Quest'unità genera la sequenza di comando ai singoli semiconduttori di potenza dell'inverter e del chopper, partendo dalle forme d'onda del modulatore PWM del controllo inverter e dal treno d'impulsi del controllo chopper.

Questi segnali sono inviati alla scheda di pilotaggio degli IGBT.

5) **Rampe anti-jerk**

In risposta ad una transizione trazione/coasting/frenatura o ad una variazione del valore di prestazione, provvede ad aumentare/diminuire il livello di sforzo impostato secondo una rampa lineare che limiti il gradiente di accelerazione (jerk) al valore impostato.

Essendo questo valore un parametro del software di regolazione, sarà eventualmente modificabile.

6) **Funzione antisliittante**

Il motore asincrono ha un comportamento intrinsecamente antisliittante, dovuto alla sua ripida caratteristica coppia/velocità

Ad una data frequenza, una variazione della velocità di rotazione del motore, dovuta ad uno slittamento, causa una rilevante riduzione della coppia, in accordo con la sua caratteristica naturale.

La funzione di controllo volta ad evitare lo slittamento viene effettuata calcolando il valore atteso della variazione di velocità del motore in determinati intervalli di tempo. Se il valore misurato supera il valore stimato, la coppia viene ridotta.

Il ristabilimento dello sforzo viene quindi effettuato in modo progressivo, al fine di non incorrere in nuovi slittamenti.

Le centraline TCU sono dotate di una propria diagnostica residente.

Attraverso il collegamento via BUS le centraline TCU trasferiscono le informazioni diagnostiche all'unità diagnostica integrata (IDU), sede della diagnostica centralizzata di veicolo, la quale, oltre alla loro memorizzazione, ne cura la presentazione sul display posto in cabina di guida.

22.11 **Reostati di frenatura**

I reostati sono del tipo a ventilazione naturale, idonei per essere installati sul tetto del rotabile e costruiti nel rispetto delle norme IEC 322/CEI 9-18 fascicolo 527 ed. VII 1980

Gli elementi resistivi sono realizzati in lamiera di acciaio al Ni Cr mentre gli accessori di montaggio sono in acciaio inox non inferiore al tipo AISI 304.

I materiali isolanti sono in ceramica vetrificata od equivalente e quindi in grado di resistere ad elevate temperature

Ogni azionamento è dotato di un reostato di frenatura, tramite il quale potrà essere dissipata l'energia di frenatura controllata dal chopper, nel caso la linea non sia ricettiva.

Il dimensionamento del reostato è fatto tenendo conto di un ciclo di carico in cui l'energia di frenatura viene completamente dissipata su di esso, senza alcun recupero in linea. L'insieme chopper più reostato verrà inoltre utilizzato come sfioratore in caso di sovratensione di linea. Gli elementi attivi del reostato sono realizzati in materiale amagnetico. Il telaio di sostegno è in acciaio, adeguatamente protetto contro l'ossidazione. Il collegamento dei cavi è realizzato al di fuori del flusso di aria calda, tramite terminali isolati dal telaio.

23 MOTORI DI TRAZIONE

Il motore di trazione MTA-A4-106V è strettamente derivato da quello già fornito od in corso di fornitura da AnsaldoBreda sui veicoli di Copenaghen, Birmingham, Manchester, Sassari, Napoli, Milano, Bergamo, Atene e Goteborg.

Ogni carrello motore è dotato di N° 2 motori di trazione di tipo trifase asincrono a gabbia; la loro costruzione, il sistema di isolamento ed i materiali sono tali da assicurare un'elevata affidabilità e sono basati sui più recenti progetti di motori di trazione di AnsaldoBreda..

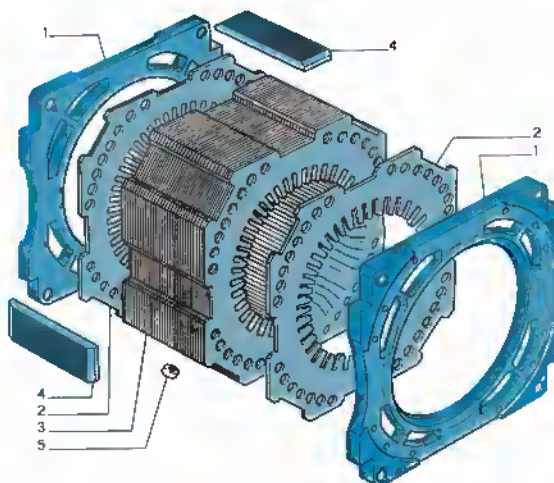
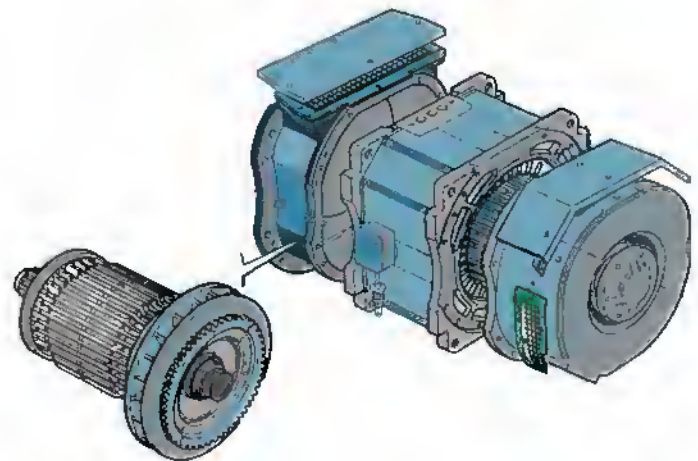
Caratteristiche progettuali

L'ente di Ingegneria motori di AnsaldoBreda ha sviluppato, negli anni di attività, un know-how che, attraverso procedure di calcolo validate dai risultati sperimentali, permette di realizzare un prodotto caratterizzato da un dimensionamento elettromagnetico e meccanico accurato nel quale vengono al meglio recepite le esigenze di ogni specifica applicazione.

Il calcolo meccanico dei motori asincroni di trazione ferroviaria viene sviluppato con l'ausilio del metodo ad elementi finiti (FEM) che è diventato uno standard nel processo di progettazione.

Il metodo FEM consente l'analisi del comportamento elastico di strutture comunque complesse, sottoposte a diverse condizioni di carico e di vincolo: cioè il calcolo della distribuzione delle tensioni nelle zone più critiche e la valutazione degli effetti che il carico applicato ha prodotto in relazione alle specifiche di progettazione. E' possibile, quindi, simulare il comportamento di una struttura ancor prima della fabbricazione.

Anche il calcolo elettromagnetico si avvale, per le verifiche, del metodo FEM; questo significa raggiungere in questo settore la possibilità di ottimizzare al massimo il dimensionamento della macchina.



Caratteristiche costruttive

- **Carcassa**

Il motore è privo di carcassa. La parte strutturale è costituita dal pacco magnetico statorico, da tiranti in acciaio e dalle due flange pressapacco di estremità realizzate in lamiera di acciaio di spessore adeguato e dimensionate per sopportare le sollecitazioni dinamiche trasmesse attraverso le sospensioni e la trasmissione.

- **Pacchi magnetici statorico e rotorico**

Sono costituiti da lamierini magnetici con bassa cifra di perdita di spessore 0,5 mm, isolati da ambo i lati.

Sono ricavati da un pezzo unico mediante tranciatura di precisione.

Nei lamierini del pacco statorico sono previsti: cave aperte e una fila di fori di ventilazione assiale.

L'assemblaggio viene realizzato sotto pressa a mezzo tiranti e flange pressapacco, saldati elettricamente.

I lamierini del pacco rotorico hanno cave aperte, una fila di fori di ventilazione e un foro centrale per il calettamento dell'albero.

- **Avvolgimenti**

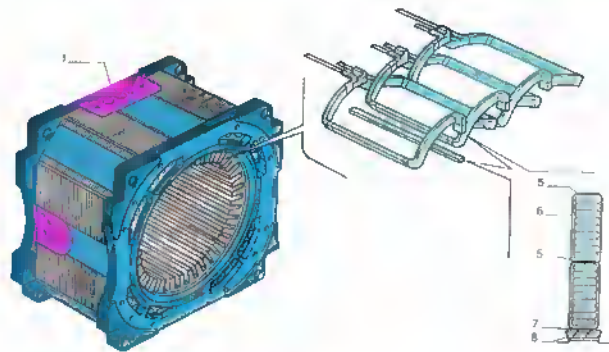
Il loro dimensionamento tiene conto delle condizioni di alimentazione (contenuto armonico presente nella forma d'onda della tensione applicata).

Gli avvolgimenti sono concepiti con l'obiettivo di ridurre sensibilmente le perdite addizionali.

Quello di statore è realizzato con piattine di rame preisolate, mentre quello di rotore è una gabbia di scoiattolo a barre superficiali di rame zirconio con sezione rettangolare.

La resistenza meccanica delle testate dell'avvolgimento di statore viene assicurata da legature di ancoraggio.

Particolare cura è stata posta nella scelta dei materiali isolanti e nello studio del circuito di ventilazione.



- **Isolamento**

L'avvolgimento di statore è costituito da piattine preisolate con nastrature in Kapton Tipo "Corona resistente".

L'isolamento è costituito da tre elementi principali:

- Isolamento tra conduttori singoli (isolamento tra spire)
- Isolamento degli avvolgimenti verso massa
- Isolamento di agglomerazione di tutti i materiali isolanti con resina mediante procedimento di impregnazione con vuoto e pressione (V.P.I.).

L'isolamento tra spire è ottenuto realizzando l'avvolgimento con piattina di rame preisolata con nastratura di kapton resistente all'effetto corona..

Le singole bobine, sagomate con la piattina preisolata di rame di cui sopra, vengono isolate contro massa con nastrature 2/3 sovrapposte di nastro vetro mica poroso al silicone di spessore 0,12 mm rinforzato con legante aramidico per facilitarne l'applicazione.

Il montaggio dell'avvolgimento in cava avviene con una protezione verso massa costituita da un cartoccio di kapton tipo H500 di spessore 0,125 mm, un isolamento fondo cava costituito da uno spessore di Nomex tipo 418, un interstrato fra bobine costituito da uno spessore di Nomex micato tipo 418 e un isolamento sotto chiavetta costituito da uno spessore di Nomex tipo 410.

La chiavetta di chiusura della cava è costituito da uno stratificato vetroepossidico, autoestinguente e senza alogeni di classe H.

L'avvolgimento già montato nel pacco viene impregnato, con procedimento V.P.I., con la resina poliesteremidica denominata SAV 84 di produzione Ansaldo Trasporti.

La resina è omologata dagli UNDERWRITERS LABORATORIES INC e classificata appartenente alla classe termica 200 °C secondo entrambi i metodi:

TWISTED PAIR ASTM D 3251

HELICAL COIL ASTM D 2519.

Il sistema di isolamento e impregnazione adottato conferisce, oltre che ottime caratteristiche isolanti (resistenza alle sovratensioni originate dalla commutazione forzata dei semiconduttori del convertitore di alimentazione ed ai gradienti di tensione localizzati nelle prime spire di ciascuna fase), anche una buona compattezza meccanica e permette una buona trasmissione del calore.

- **Albero**

L'albero, in acciaio di qualità, è dimensionato per trasmettere la coppia massima e per sopportare gli urti dinamici in esercizio con deformazioni contenute.

- **Cuscinetti**

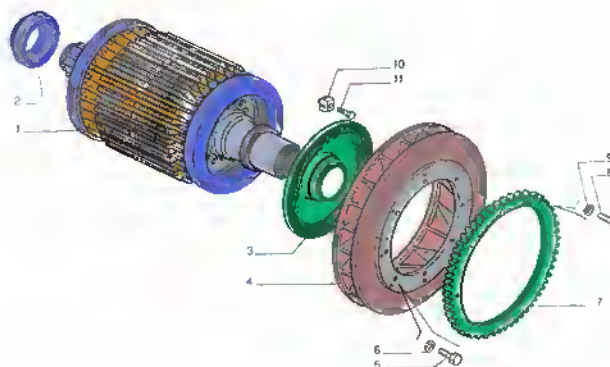
Il rotore è equipaggiato con cuscinetti a rotolamento; uno di essi è isolato ed entrambi sono lubrificati a grasso.

I cuscinetti sono dotati di particolari labirinti per assicurare la tenuta del grasso.

- **Ventilazione**

Il motore è autoventilato. L'aria aspirata da una ventola interna viene fatta fluire nella macchina assialmente attraverso fori ricavati nei pacchi di statore e rotore.

Il sistema di prese d'aria sul veicolo è realizzato in modo da ridurre l'impolveramento e l'infiltrazione di acqua.



Dati tecnici

• Motore tipo	MTA-A4-106V
• N. poli	4
• Collegamento fasi	stella
• Tensione concatenata in onda quadra	562.5 Vc.a.
• Frequenza di passaggio in onda quadra	77.9 Hz
• Frequenza massima di alimentazione	132.7 Hz
• Classe termica	200

Prestazioni continuative

• Tensione concatenata	411 Vc.a.
• Frequenza	56,9 Hz
• Potenza continuativa	106 kW
• Corrente continuativa	202 A
• Velocità	1683 giri/1'
• Cos φ	0,78

Prestazioni orarie

• Tensione concatenata	411 Vc.a.
• Frequenza	56,9 Hz
• Potenza oraria	118 kW

- Corrente oraria 220 A
- Velocità 1679 giri/1'
- Cos φ 0,8

Per l'ingombro si rimanda al disegno 232MESE081F di seguito riportato.
Il motore è conforme alla Norma EN 60349-2.

24 CONVERTITORI AUSILIARI

In ciascun telaio contenente gli assiemi dedicati alla propulsione (moduli inverter, TCU, reostati ecc.) è ubicato anche un convertitore, alimentato dalla linea di Alta Tensione, che provvede a generare due diverse tensioni di alimentazione per i circuiti dei servizi ausiliari.

La figura riportata nella pagina seguente mostra lo schema a blocchi della distribuzione MT e bt sul veicolo.

Il veicolo è quindi equipaggiato con due convertitori, ciascuno dei quali rende disponibili le seguenti uscite:

- Uscita a 24 Vcc per l'alimentazione dei carichi in bassa tensione e la gestione della carica della rispettiva batteria;
- Uscita 380/220 Vca / 50 Hz per l'alimentazione delle utenze trifasi e monofasi.

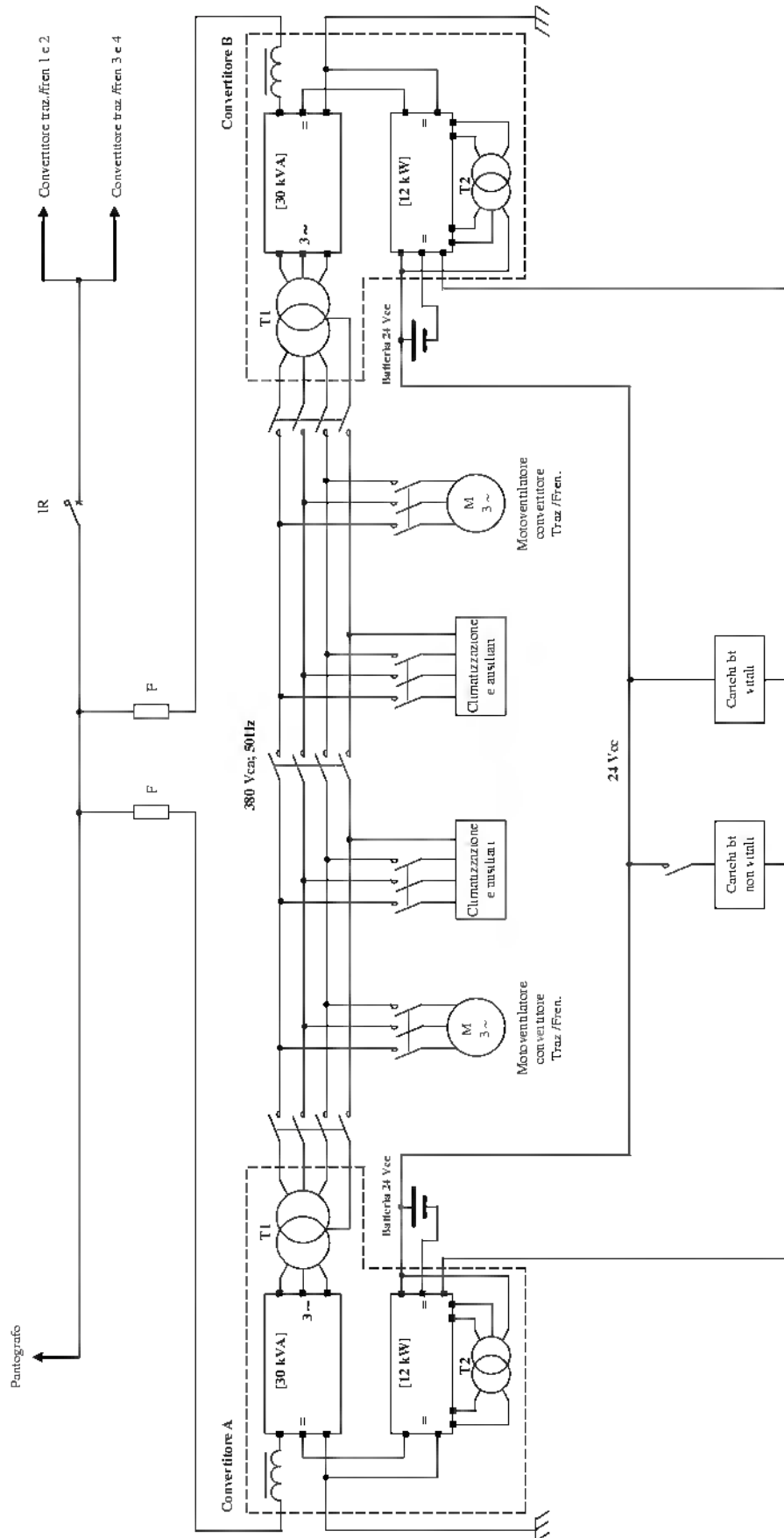
Entrambe le uscite sono galvanicamente isolate dalla linea aerea attraverso opportuni trasformatori. In normali condizioni di funzionamento i due convertitori servizi ausiliari alimentano la totalità dei carichi b.t., ed i carichi M.T. opportunamente ripartiti.

In caso di avaria ad un convertitore servizi ausiliari, quello funzionante alimenta i soli carichi M.T. privilegiati e i carichi b.t. con l'eventuale ausilio delle batterie di bordo.

In questo modo si viene a realizzare uno schema di distribuzione in cui la ridondanza dei convertitori servizi ausiliari permette di conseguire, previa esclusione dei carichi non vitali, i seguenti vantaggi:

- il veicolo è in grado proseguire la marcia senza alcuna limitazione sia per quanto riguarda le prestazioni di trazione, che per quelle di frenatura e senza compromettere le condizioni di sicurezza;
- modularità nella concezione e realizzazione per quanto riguarda i sottoassiemi sia di potenza sia di controllo per ciascun tipo di convertitore.

SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE M.T. E B.T.



24.1 Caratteristica riferite al singolo convertitore

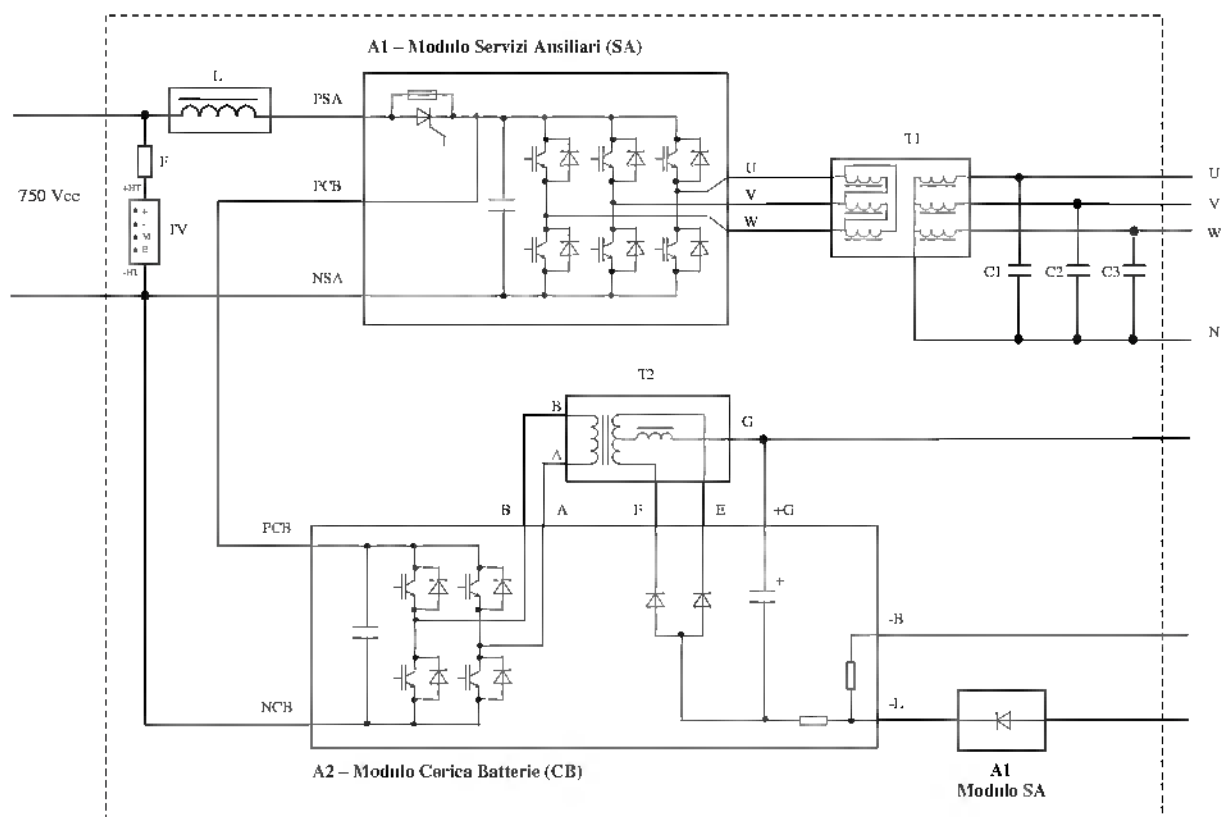
Il convertitore servizi ausiliari usa componenti allo stato solido per la conversione sia di frequenza sia di tensione ed è controllato tramite microprocessore.

L'energia ausiliaria è fornita con le seguenti caratteristiche:

- trifase/monofase, 380/220V corrente alternata, 50Hz, con uscita regolata;
- 24V, corrente continua, con uscita regolata.

Il convertitore si avvia automaticamente anche in assenza della tensione di batteria, purché sia presente la tensione di linea.

Il convertitore comprende gli IGBT, i diodi, i condensatori di filtro, l'elettronica di pilotaggio dei semiconduttori, la regolazione, i trasduttori e i trasformatori di isolamento (vedi schema sotto riportato).



Convertitore Servizi Ausiliari e Carica Batterie

Gli IGBT e gli altri componenti dissipativi sono montati, a stretto contatto termico, su radiatori di alluminio che si affacciano su un canale collegato al ventilatore di raffreddamento del convertitore di trazione: in pratica esiste un unico circuito di ventilazione che raffredda sia il convertitore di trazione sia quelli ausiliari, utilizzando un solo ventilatore.

L'aria di raffreddamento lambisce la superficie esterna dei radiatori, senza venire in contatto con i componenti in alta tensione, che sono completamente isolati dal canale di ventilazione tramite guarnizioni a prova di acqua e di polvere, non richiedendo quindi l'uso di filtri aria.

Questo sistema di montaggio dei componenti elettronici, protetto da polvere ed acqua, consente un incremento in termini di affidabilità e di manutenibilità.

Ogni gruppo di conversione comprende le seguenti sezioni:

24,2 Filtro d'ingresso

Il filtro d'ingresso ha lo scopo di proteggere il gruppo dalle sovratensioni esterne e provvede a

sopprimere interferenze e transienti ed a limitare le armoniche di corrente sulla linea di alimentazione.

E' un dispositivo passivo, resistente alle vibrazioni, che fa da filtro unico sia per il convertitore ausiliario in media tensione che per il carica batterie.

Consiste di un'induttanza a ventilazione naturale e di condensatori non elettrolitici.

In parallelo ai condensatori sono poste la resistenza di scarica permanente del filtro, che fanno sì che la tensione ai loro capi scenda al di sotto dei 50V in circa 60 secondi.

Il circuito di precarica è costituito da una resistenza che viene esclusa tramite un tiristore comandato dal controllo del convertitore.

Il circuito d'ingresso è protetto tramite fusibile.

La tensione d'ingresso presenta le seguenti caratteristiche:

- tensione nominale di alimentazione 750 Vcc
- range di variazione della tensione d'ingresso 500 ÷ 900 Vcc
- tensione massima continuativa di ingresso 1000 Vcc
- Transienti secondo EN50163
- Induttanza di filtro line 20 mH

24.3 Convertitore trifase servizi ausiliari in M.T.

L'inverter ausiliario è realizzato mediante tre moduli IGBT (1700V/200A) a semiponte montati su di un unico dissipatore raffreddato in aria forzata e da un trasformatore trifase d'uscita.

Considerando che i carichi principali sono costituiti da motori asincroni, l'inverter è dotato di un controllo che prevede una rampa di avviamento con rapporto V/f (tensione/frequenza) costante, in concomitanza delle prese di carico (avviamento motori).

Ciò consente il contenimento delle correnti di spunto dei motori permettendone quindi l'avviamento contemporaneo.

L'inverter si accende, in presenza delle alimentazioni di alta e bassa tensione

Se la tensione di alimentazione (di linea o di batteria) è al di fuori dell'intervallo ammesso, il convertitore si spegne. Al ritorno delle condizioni nominali, l'inverter si riavvia automaticamente.

Le prestazioni del convertitore sono:

- Tensione concatenata di uscita 380 Vca ± 5%
- Frequenza di uscita 50Hz ± 0,5 Hz
- Forma d'onda sinusoidale
- Potenza continuativa di uscita 30 kVA
- Fattore di potenza > 0,75
- Distorsione armonica della tensione di uscita ≤ 5%
- Tensione di isolamento tra uscita ed ingresso 4,5 kV_{RMS} @ 50 Hz per 1 min
- Rendimento > 0,85
- Frequenza di commutazione degli IGBT 3 kHz
- Avviamento e spegnimento a rampa V/f costante

Sono inoltre previste le seguenti protezioni:

- limitazione della corrente d'ingresso;
- protezione contro il corto circuito in uscita (questa è una protezione permanente che può essere ripristinata solo tramite il segnale di avvio esterno).

24.4 Convertitore servizi ausiliari in bt

Il caricabatterie è realizzato tramite un ponte ad H (implementato con due moduli IGBT 1700V/200A a semiponte), un trasformatore di isolamento a presa centrale con nucleo in ferrite ed un ponte raddrizzatore a diodi. L'induttanza di spianamento di uscita è inclusa nel trasformatore.

I moduli IGBT ed i diodi sono montati su di un unico dissipatore raffreddato in aria forzata.

Il convertitore alimenta i carichi in bassa tensione del veicolo e provvede a caricare le batterie con opportuno filtraggio delle armoniche.

Per la carica delle batterie è prevista un'uscita specializzata, al fine di regolare la corrente di carica, senza necessità di resistenze limitatrici, assicurandone la vita nominale nel rispetto delle caratteristiche di carica.

Le uscite sono galvanicamente isolate dalla linea aerea.

La tensione di ricarica dipende dalla temperatura della batteria secondo la caratteristica di quest'ultima.

In caso di guasto ai circuiti esterni di rilevazione della temperatura il carica batterie funzionerà come se le batterie si trovassero ad una temperatura di 20°C.

Le prestazioni del convertitore sono:

- Tensione di uscita nominale 24 Vcc
- Tensione di uscita di fine carica U_{fc} a $T_{amb}=20^{\circ}C$ 28,8 Vcc \pm 1%
- Variazione della U_{fc} con la temperatura di batteria $U_{fc}(T) = U_{fc}(20^{\circ}C) + 0,04 \cdot (T - 20^{\circ}C)$
- Potenza massima di uscita 12 kW
- Corrente massima di carica 14 A \pm 5%
- Corrente massima totale con $I_{bat}=0$ ed a $U_{fc}(20^{\circ}C)$ 417 A \pm 5%
- Ondulazione max della I totale di uscita <30 App
- Tensione di isolamento tra uscita ed ingresso 4,5 kV_{RMS} @ 50 Hz per 1 min
- Rendimento > 0,85
- Frequenza di commutazione degli IGBT 10 kHz

Il convertitore è protetto contro l'inversione di polarità.

Sono previste due limitazioni di corrente:

- limitazione della corrente totale, legata alla massima potenza del convertitore;
- limitazione della corrente di carica della batteria, in funzione delle caratteristiche della stessa.

24.5 Unità di regolazione e controllo (ACU)

L'unità di controllo del convertitore ausiliario è costituita da un rack contenente i seguenti elementi:

- Modulo alimentatore
Questo modulo accetta in ingresso la tensione di batteria e fornisce le tensioni di alimentazione del cestello, galvanicamente isolate dall'ingresso;
- Scheda CIA
Le funzioni della scheda CIA sono quelle di controllo, regolazione e diagnostica dell'inverter ausiliario.
 - Generazione sequenze di comando per gli IGBT.
I comandi sono generati da un microcontroller a 16bit il quale implementa una PWM vettoriale con avviamento a rampa V/f costante ed arretramento rampa all'inserimento dei carichi.
 - Circuito di protezione hardware in grado di rilevare le seguenti anomalie :
 - sovratensioni di filtro; sovracorrente di linea;
 - sovracorrente uscita fase; sovratemperatura IGBT;
 - power good alimentatore; watch dog microcontrollore.Tali eventi sono rilevati anche via software, quindi le suddette protezioni sono ridondate anche dal microcontrollore.
- Scheda PSC
Le funzioni della scheda PSC sono quelle di controllo, regolazione e diagnostica del caricabatterie.
 - Generazione sequenze di comando per gli IGBT
I segnali di comando PWM sono generati, con tecnica "phase-shift" per mezzo di un regolatore hardware che è comunque gestito e supervisionato da un microcontrollore a 16 bit.
 - Circuito di protezioni hardware in grado di rilevare le seguenti anomalie:

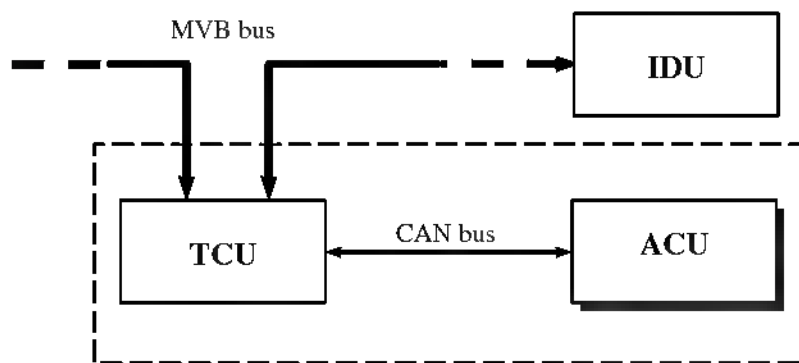
sovratensione filtro di ingresso; sovracorrente di linea; sovracorrente di batteria; sovracorrente di uscita totale; sovratensione di batteria; sovracorrente al primario del trasformatore; power good alimentatore controllo; watch dog microcontroller e regolatore;

24.6 Segnalazioni diagnostiche

I convertitori sono progettati in modo da segnalare il loro stato (di corretto funzionamento o guasto) al personale di guida e/o di manutenzione attraverso il monitor posto nelle cabine di guida.

La trasmissione delle informazioni alla diagnostica centralizzata di veicolo (IDU – vedi paragrafo relativo al TCMS) avviene attraverso un CAN bus che collega il controllo del convertitore ausiliario (ACU) con le centraline di controllo trazione (TCU) presenti nello stesso cassone di tetto (vedi figura sotto riportata).

In pratica le TCU costituiscono il "ponte" tra il controllo del convertitore ausiliario e, tramite l'MVB bus, la diagnostica di veicolo IDU.



Le segnalazioni permettono di discriminare lo stato dei singoli convertitori presenti sul veicolo.

I convertitori sono progettati e costruiti con una filosofia modulare: ogni convertitore S.A. (b.t. e M.T.) è costituito da due moduli di potenza (dedicati rispettivamente per la M.T. e la b.t.) facilmente estraibili dal cassone di tetto.

In caso di avaria la segnalazione di stato permette di individuare il "modulo convertitore" guasto e, successivamente al suo smontaggio dal veicolo, se ne prevede una comoda e rapida riparazione in laboratorio.

Questo criterio permette di ridurre i tempi di fermo in quanto, sostituendo il "modulo convertitore" guasto, il veicolo è in grado di riprendere subito servizio perché i tempi di individuazione dell'elemento o sottoinsieme guasto e di riparazione, operazioni non previste sul veicolo, vengono trasferiti alle attività di laboratorio.

Le indicazioni di grandezze analogiche (tensioni e correnti), essendo specifiche di ciascun gruppo convertitore installato, potranno essere visualizzate sul monitor di banco, dopo opportuna selezione sulla tastiera dello stesso monitor.

24.7 Batterie

Sono previste due batterie di accumulatori per veicolo.

Ciascuna batteria è costituita da 20 elementi (24 V) della capacità di 70 Ah riferiti a regime di scarica in 5 ore tipo SRX-70-FR.

Il contenitore degli elementi è realizzato in materiale plastico ad alta resistenza meccanica e rispondente alle norme UL 94-V0 per quanto riguarda il comportamento al fuoco.

La batteria sarà provvista di una termosonda, per la rilevazione della temperatura dell'elettrolito, nel vano batteria, al fine di trasferire al carica batterie il segnale per la compensazione del valore di tensione di ricarica.

La batteria completa di cassone è munita di un circuito idraulico per il rabbocco centralizzato che evita la necessità di dover periodicamente procedere alla misurazione del livello dell'elettrolito nei singoli elementi, ne consente un facile e veloce rabbocco e convoglia in sicurezza i gas prodotti naturalmente dalla batteria durante le fasi di ricarica in un unico punto d'evacuazione posizionato con sbocco all'esterno in aria libera.

L'apparecchio è idoneo per l'applicazione su rotabili ferroviari e conforme alle norme IEC77.

Caratteristiche elettriche della batteria 10 elementi:

- Tensione nominale : 12 V
- Capacità : 70 Ah / 5h
- Durata della riserva di elettrolito a +20°C: > 6 mesi con carica alla tensione di 1,45 Volt/el
- Resistenza interna a +20°C con elemento carico al 100% : 0,57 mΩ
- Resistenza interna a +20°C con elemento carico al 50% : 0,65 mΩ
- Tensioni di fine carica dopo 12 ore di carica a corrente costante con I = 23A: 1,9 V/el.
- Tensione di carica : 1,45 V/el.
- Corrente di carica nominale : 14A
- Corrente massima iniziale di carica : 140A
- Autoscarica dopo il primo mese a +20°C : 15÷20%
- Autoscarica per mesi successivi a +20°C : 1÷2 % mese
- Rendimento di carica: 85%
- Durata di vita convenzionale : ≥ 15 anni
- Riserva di elettrolito per elemento : 315 cm³
- Temperatura di funzionamento : - 20 ÷ + 50 °C

Nota: la batteria può funzionare a temperature inferiori a -20 °C (-45 °C) con cambio del tipo di elettrolito.

- Elettrolito costituito da una soluzione di idrossido di potassio in acqua distillata o demineralizzata con un aggiunta di un additivo composto da idrossido di Litio. Densità a 20 °C compresa fra 1,19 e 1,21 in Kg/dm³ ± 0,03
- Rigidità dielettrica : 750 Vca – 1' – 50 Hz
- Resistenza di isolamento : ≥ 10 mΩ
- Carica : le batterie devono essere caricate con sistema I U e cioè corrente limitata nella prima fase di 14A (02 C5A) e tensione stabilizzata nella seconda fase di 29 Vcc ± 1% (1,45 < Velem.).

La capacità delle batterie (cariche al 90%, con coefficiente di invecchiamento pari a 0,9 ed alla temperatura di -20°C) è in grado di assicurare, in caso di guasto ad uno dei due caricabatteria e successivamente all'esclusione dei carichi non privilegiati, 1 ora di funzionamento del rotabile senza alcuna limitazione delle prestazioni.

25 DESCRIZIONE SISTEMA TRAIN CONTROL AND MONITORING SYSTEM

Il sistema TCMS (Train Control and monitoring System) è l'insieme delle centraline elettroniche a microprocessore che presiedono al controllo e monitoraggio dell'intero veicolo ed il Bus MVB che è il supporto fisico fulcro delle comunicazioni tra la centralina.

I principali elementi architetturali del TCMS sono:

- **Bus MVB**
- **Unità Centrale (CCU)**
- **Unità Decentrate (UD)**
- **Monitor Diagnostico (IDU)**

Il TCMS implementa le seguenti funzioni:

- **Logica di Veicolo (CCU, UD)** - governa l'intero veicolo relativamente a tutte le funzioni di esercizio sovrintendendo alle funzioni logiche per la corretta supervisione delle apparecchiature elettromeccaniche e per il controllo e il comando dei principali stati macchina di Trazione, Coasting e Frenatura.
- **Diagnostica centralizzata di veicolo (IDU)**: svolge l'azione di monitoraggio che non è limitata al solo equipaggiamento elettrico di trazione/frenatura, ma si estende, per quanto possibile, anche a quegli ausiliari/impianti di bordo il cui funzionamento è comunque determinante ai fini dell'esercizio del veicolo.

L'interfaccia tra il sistema di controllo e il personale in cabina di guida è realizzata attraverso comandi e segnali di banco (manipolatore di marcia/frenatura e apparecchi di comando) e la centralina IDU.

25.1 Interfacce centraline CCU e UD del TCMS

Le interfacce della centralina CCU e UD con il veicolo e con le altre centraline si avvalgono dei seguenti supporti hardware:

- bus MVB
- colloqui seriali RS485
- Input/Output digitali

Dal punto di vista funzionale i segnali scambiati dalla centralina si possono suddividere in:

- **Comandi operatore**, costituiti da tutti i comandi che si possono richiedere dal banco di manovra per espletare le funzioni di "Logica di veicolo" e "Logica di treno".
- **Stati veicolo**, raccolta di informazioni costituite da tutti i possibili stati di funzionamento degli impianti, utilizzati per la loro supervisione e per guidare l'operatore nel normale esercizio del treno.
- **Segnalazioni diagnostiche**, informazioni di supporto alla guida (allarmi, avarie, malfunzionamenti di ogni genere degli impianti più importanti) e alla manutenzione (presentazione dei dati diagnostici, indicazioni alla manutenzione).

Le informazioni transitanti sul bus MVB si suddividono in:

- **Data set in Input**, informazioni che si ricevono dagli impianti collegati via MVB.
- **Data set in Output**, informazioni che si trasmettono agli impianti collegati via MVB. In generale, sono comandi che richiedono l'esecuzione di qualche attività o stati che consentono ai controlli locali la corretta esecuzione delle proprie elaborazioni.

25.2 Descrizione dell'architettura del TCMS

Il sistema TCMS è basato sull'uso esteso di comunicazioni via **Bus MVB** attraverso il quale la **CCU** acquisisce informazioni da banco, le **UD** distribuite acquisiscono le informazioni locali con il compito

di fare da tramita tra gli impianti del modulo e la CCU, mentre la **IDU** è informata sullo stato di funzionamento dei principali sottoassiemi/impianti del veicolo.

Dallo schema si evince che l'Unità Centrale di Controllo (CCU) è completamente ridondata in modo da garantire la piena funzionalità del veicolo anche in caso di guasto.

Anche il Bus MVB è ridonato su due linee A e B in grado di funzionare separatamente.

Il TCMS colloquia e si interfaccia con gli impianti/componenti del sistema nei seguenti modi:

Ingressi/Uscite digitali in locale (**CCU**) o in remoto (tramite **UD**):

- Banco di manovra modulo CA
- Banco di manovra modulo CB
- Impianti di condizionamento cabina e/o comparto passeggeri
- Apparecchiatura elettromeccaniche

Bus MVB, di cui la **CCU** è l'apparecchiatura master:

- TCU controllo Azionamenti
- BCU controllo Frenatura elettroidraulica
- IDU Monitor Diagnostico
- RSE Registratore Statico Eventi

Colloquio seriale RS485 in locale (**CCU**) o in remoto (tramite **UD**):

- Porte
- Indicatori di percorso (veletta)

Colloquio seriale RS485 in locale (**IDU**):

- Video sorveglianza

In particolare l'architettura generale del veicolo è rappresentata schematicamente nella figura seguente.

TRAIN CONTROL AND MONITORING SYSTEM

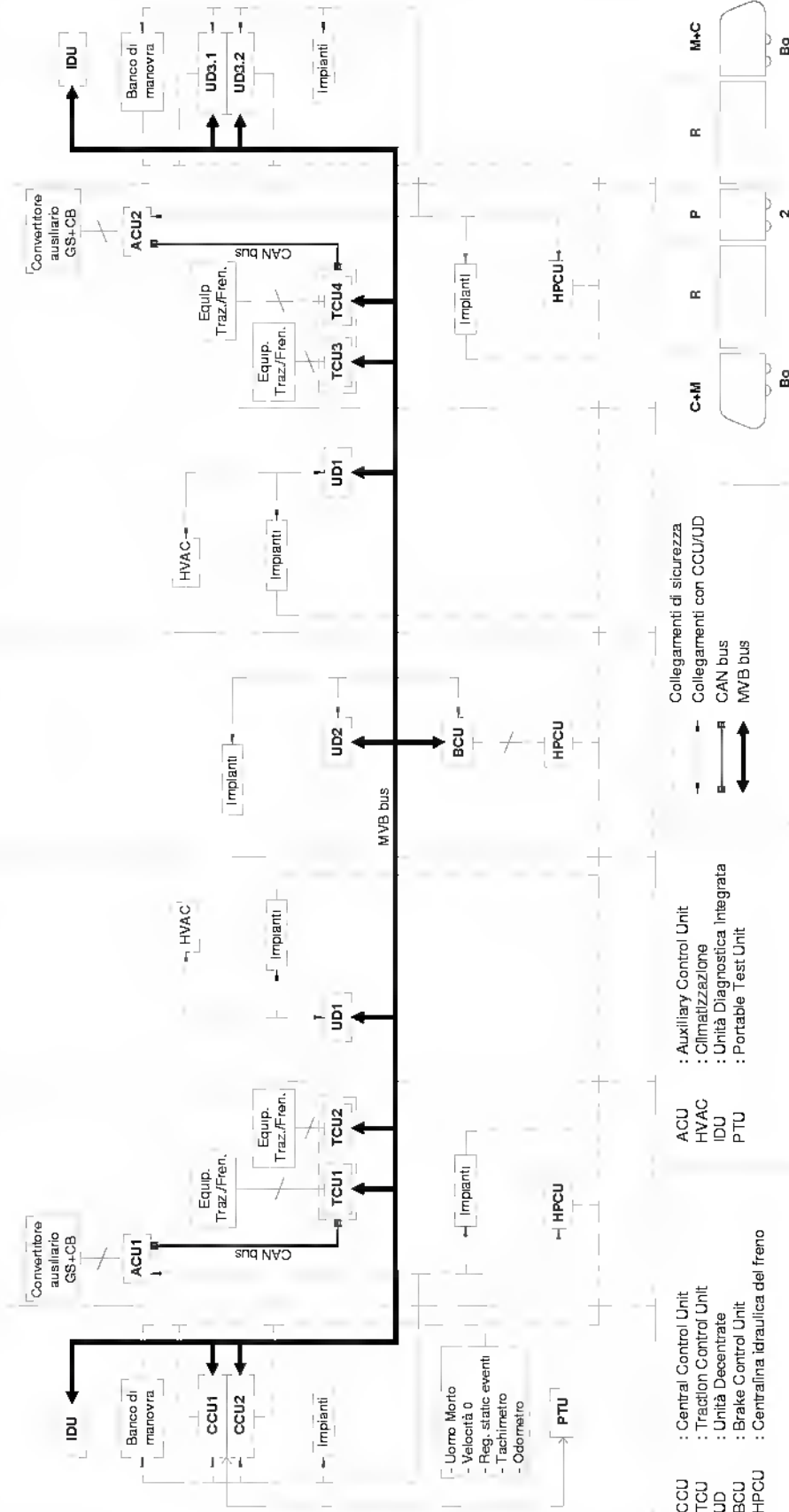
Modulo M + C

Modulo R

Modulo P

Modulo R

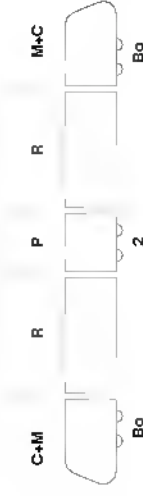
Modulo C + M



- CCU : Central Control Unit
- TCU : Traction Control Unit
- UD : Unità Decentrate
- BCU : Brake Control Unit
- HPCU : Centralina idraulica del freno

- ACU : Auxiliary Control Unit
- HVAC : Climatizzazione
- IDU : Unità Diagnostica Integrata
- PTU : Portable Test Unit

- Collegamenti di sicurezza
- Collegamenti con CCU/UD
- CAN bus
- MVB bus



25.3 Funzioni delle centraline del TCMS

25.3.1 Funzioni della CCU

La CCU ha il compito di acquisire i comandi da banco, la informazione locali dalle UD e governare l'intero veicolo relativamente a tutte le funzioni di esercizio.

Le funzioni principali della **CCU** sono:

1. Logica di Veicolo

Gestisce gli I/O digitali e le informazioni da e per MVB, trasmette via MVB agli azionamenti le informazioni impartite dal manovratore, sovrintende alle funzioni logiche per la corretta gestione delle apparecchiature elettromeccaniche e per il controllo ed il comando dei principali stati macchina.

Le principali attività sono:

- gestire l'acquisizione dei segnali di comando provenienti dal posto guida (trazione/coasting/franatura);
- effettuare il coordinamento del freno meccanico con quello elettrodinamico;
- consentire il collegamento con la PTU (Unita Diagnostica Portatile) per lo scarico delle informazioni diagnostiche (diagnostica di 2° livello), tramite un'interfaccia seriale;
- gestire le comunicazioni sul BUS.
- generare il riferimento di coppia, da trasmettere via BUS ai controlli degli azionamenti, proporzionale allo spostamento angolare del manettino trazione/franatura, posto sul banco di manovra. Tale segnale è opportunamente corretto in funzione delle condizioni di carico, in modo da mantenere costanti le prestazioni richieste.
- provvedere a tutte le operazioni relative all'abilitazione automatica del rotabile
- consentire di effettuare la trazione a coppia o a velocità limitata, in caso di necessità, in modo da poter effettuare eventuali spostamenti a velocità ridotta.

2. Diagnostica di apparato

Provvede al trattamento ed al controllo degli stati di trazione e l'invio su Bus all'IDU delle informazioni diagnostiche circa lo stato di funzionamento e/o anomalie ed eventi di guasto relativi agli impianti controllati.

3. Autodiagnostica

Provvede all'analisi di funzionamento delle singole schede e l'invio su Bus all'IDU delle informazioni diagnostiche rilevate.

4. Ridondanza

In normali condizioni di funzionamento una delle due CCU, all'atto della abilitazione del sistema, assume la funzione di master del bus MVB e quindi di controllo del sistema.

In caso di guasto alla CCU che temporaneamente riveste il ruolo di master, il controllo del sistema passa all'altra CCU.

In queste condizioni (1° guasto) il sistema garantisce la prosecuzione del servizio del veicolo senza nessuna limitazione prestazionale

25.3.2 Funzioni delle UD

Le varie UD distribuite nei moduli hanno il compito di fare da tramite tra gli impianti del modulo e l'unità centrale (CCU).

Le funzioni principali delle **UD** sono:

1. Gestione Input

Acquisizione locale di input digitali ed invio alla CCU tramite Bus MVB

2. Gestione Output

Pilotaggio uscite in funzione dei comandi di CCU acquisiti da Bus MVB

3. Autodiagnostica

Provvede all'analisi di funzionamento delle singole schede e l'invio su Bus alla CCU ed all'IDU delle informazioni diagnostiche rilevate.

4. Ridondanza

In normali condizioni di funzionamento una delle due UD3, all'atto della abilitazione del sistema, assume la funzione di "attiva" mentre l'altra rimane in stand-by pronta a subentrare a quella "attiva" in caso di guasto.

25.3.3 Funzioni della IDU

La IDU sovrintende alla gestione della diagnostica centralizzata del veicolo.

La funzione principale della IDU:

1. Diagnostica centralizzata di Veicolo

Concentra le informazioni diagnostiche provenienti dal veicolo, provvede a sintetizzarle per la presentazione al personale di guida tramite il display di banco (diagnostica di 1° livello), effettua la memorizzazione statica dei dati diagnostici in memoria non volatile e relativo scarico dati diagnostici, per gli interventi di riparazione/manutenzione (diagnostica di 2° livello).

2. Monitoraggio telecamere

Concentra su display le informazioni provenienti telecamere sia esterne che interne relative alla video sorveglianza.

Il terminale diagnostico può essere commutato sulla diagnostica o sul monitoraggio telecamere tramite comando su terminale stesso.

Un qualsiasi segnale di guasto sarà visualizzato sul video contemporaneamente alle immagini e sarà compito del conducente commutare su la diagnostica o cancellarlo dal video.

25.3.4 Ridondanze

In normali condizioni di funzionamento una delle due CCU, all'atto della abilitazione del sistema, assume la funzione di master del bus MVB e quindi di controllo del sistema.

In caso di guasto alla CCU che temporaneamente riveste il ruolo di master, il controllo del sistema passa all'altra CCU.

Il Bus MVB è ridondato nel senso che la CCU trasmette simultaneamente su entrambe le linee A e B e accetta i dati solo da una linea (denominata linea "vera") e osserva l'altra (denominata linea "osservata"). Nel caso in cui non si ricevono dati o si ricevono dati disturbati sulla linea "vera", si effettua una commutazione tra linea "vera" e linea "osservata" internamente all'apparato ed in maniera indipendente dal funzionamento degli altri apparati. I casi di commutazione tra "linea vera" e "linea osservata" non provocano commutazioni di CCU né segnalazioni diagnostiche.

25.4 Integrated Diagnostic Unit (IDU)

Nell'ambito del sistema il controllo e la gestione della diagnostica vede come unità principale "l'Unità Diagnostica Integrata" (IDU).

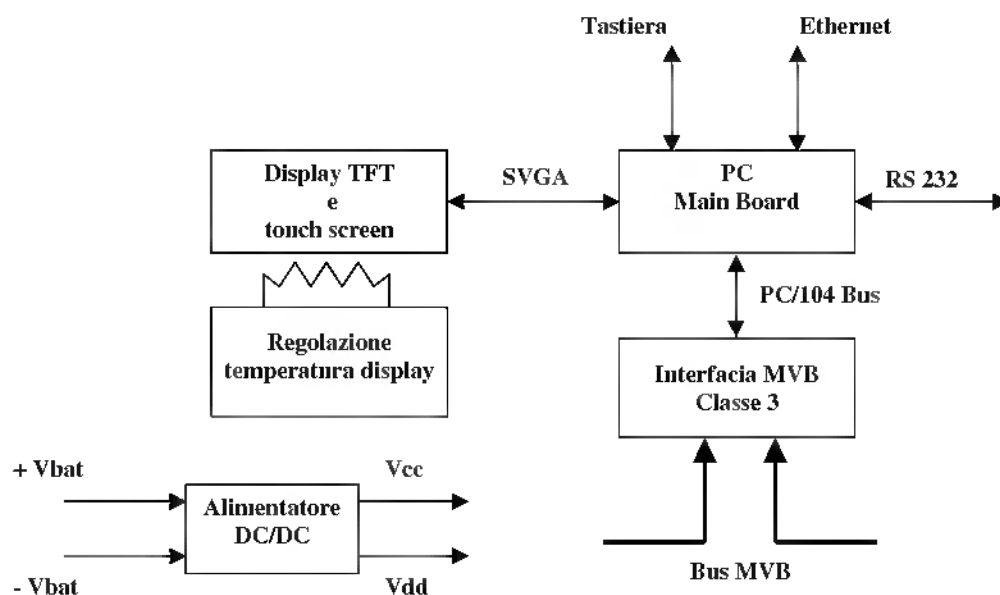
Questa unità è posta sul banco di manovra in ciascuna delle due cabine di guida.

Questo è un sistema PC dedicato ad applicazioni industriali e ferro-tranviarie.

L'architettura hardware della IDU consiste nei seguenti sottosistemi (vedi anche la figura sotto riportata):

- Un display TFT;

- Un touch screen per l'input manuale di dati/comandi;
- Una scheda PC;
- Una scheda per interfaccia MVB Classe 3;
- Una interfaccia Ethernet;
- Un sistema di regolazione della temperatura del display;
- Un alimentatore isolato DC/DC.


Architettura HW

Le caratteristiche tecniche principali della IDU sono:

Display

Funzioni	Caratteristiche
Display	TFT 10" risoluzione 640x480
Touch screen	Resistivo

Scheda PC

Funzioni	Caratteristiche
CPU	Processore 486 DX4
Controllore video	SVGA 640x480 Ram video 2 Mbyte
Porta seriale	N.1 RS232 (per servizio)
Bus extension	PV/104 16 bit
Hard Disk	20 Mbyte Flash Disk

Memoria cache	256 kbyte
Interfaccia per tastiera	Solo per sviluppo
Interfaccia Ethernet	Solo per sviluppo

MVB

Funzioni	Caratteristiche
Microcontroller	MC683xx (16 Mhz)
Comunicazione	MVB classe 3 Controller MVBC-01 Trafic memory 256 kb
Memoria	SRAM 256 kb FLASH EEPROM 256 kb

26 DIAGNOSTICA

Il sistema diagnostico svolge le seguenti principali funzioni:

- supporto al conducente nell'individuare le azioni necessarie per ripristinare piena o degradata funzionalità del rotabile a seguito di un guasto (1° livello);
- supporto al personale di manutenzione per minimizzare i tempi di ricerca guasti e quindi accrescere l'indice di disponibilità del rotabile (2° livello);
- supporto al personale di laboratorio nella ricerca di componenti guasti al fine di minimizzare i costi della riparazione (3° livello).

Il sistema diagnostico è suddivisibile a livello logico come di seguito riportato:

- diagnostica di rotabile (1° e 2° livello);
- diagnostica portatile (2° livello);
- diagnostica impianto freno;
- diagnostica di terra, attrezzature e documentazione di laboratorio (3° livello).

26.1 Diagnostica di veicolo (1° e 2° livello)

Il sistema proposto prevede lo svolgimento di funzioni diagnostiche direttamente a bordo del veicolo con lo scopo di:

- supportare il conducente nell'individuazione delle azioni necessarie per ripristinare piena o degradata funzionalità del rotabile a seguito di un guasto (1° livello);
- supportare il personale di manutenzione per minimizzare i tempi di ricerca guasti e quindi accrescere l'indice di disponibilità del rotabile (2° livello);

Il veicolo Sirio è a pianale completamente basso e ciò porta inevitabilmente ad una disposizione sul tetto di quasi tutti gli equipaggiamenti/impianti di bordo, rendendoli così accessibili, in deposito e in linea, solo attraverso dispositivi di elevazione (scale, piattaforme, ecc.).

Una tale situazione rende necessaria una diagnostica centralizzata di veicolo la cui azione di monitoraggio non è limitata al solo equipaggiamento elettrico di trazione/frenatura, ma si estende, per quanto possibile, anche a quegli ausiliari/impianti di bordo il cui funzionamento è comunque determinante ai fini dell'esercizio del veicolo.

Come già descritto il veicolo è equipaggiato con un sistema informatico completamente organizzato su Bus MVB.

Al Bus di veicolo sono collegate in maniera diretta le centraline di comando e controllo CCU1 e CCU2, le centraline di controllo trazione e frenatura TCU1 ÷ TCU4, la centralina freno BCU e le Unità Decentrate.

Nell'ambito del sistema il controllo e la gestione della diagnostica vede come unità principale "l'Unità Diagnostica Integrata" (IDU).

Questa unità è posta sul banco di manovra in ciascuna delle due cabine di guida.

Alla IDU spetteranno i seguenti compiti :

- Codifica e memorizzazione dei dati diagnostici provenienti dal veicolo in un Flash Disk.
- Classificazione dell'evento diagnostico ricevuto in funzione dei suoi effetti sul funzionamento del veicolo e del modo di presentazione al personale.
- Presentazione dati al personale.
- Interfacciamento con unità esterna PTU (Portable Test Unit).

Memorizzazione dati diagnostici

Gli eventi diagnostici sono classificati nel seguente modo:

- Allarmi Quando l'evento impatta sulla continuità del servizio del veicolo o sulle condizioni di sicurezza.
- Guasti Quando l'evento non impatta sulla continuità del servizio del veicolo (al più ne comporta una continuazione «degradata» o sotto condizioni prestabilite) né sulle condizioni di sicurezza.
- Stati Stati di apparati/impianti e apparecchiature elettromeccaniche

In generale le informazioni diagnostiche sono memorizzate con un formato che contiene le seguenti informazioni :

- Data - Ora;
- Identificazione del dispositivo/impianto che ha generato l'informazione diagnostica;
- Identificazione del guasto;
- Identificazione modalità di presentazione (visualizzazione).

Il ripristino di un'avaria cancellerà automaticamente la stessa dai sistemi di visualizzazione.

La memorizzazione degli eventi nel sistema è organizzata come una coda circolare: quando verrà saturata la capacità di memorizzazione i dati più vecchi verranno ricoperti dai nuovi.

La memorizzazione avverrà in una memoria non volatile di tipo Flash Disk che non richiede l'uso di batterie tampone per il mantenimento delle informazioni in assenza di alimentazione esterna.

La scelta di questo tipo di memoria (flash) rende più affidabile il sistema in quanto elimina i rischi di perdita di informazioni dovuti alla scarica o guasto delle batterie tampone.

Il sistema permetterà l'interfacciabilità con il sistema di comunicazione per la trasmissione dei dati a terra.

Architettura dell'impianto

Sotto il profilo funzionale il sistema è di tipo "distribuito", nel senso che:

- Ogni unità intelligente del veicolo (equipaggiamento di trazione sotto la supervisione della TCU, centralina BCU del freno elettroidraulico del carrello portante, CCU, convertitori ausiliari sotto la supervisione del relativo controllo, ecc.) è dotata di capacità autonoma di sorveglianza (autodiagnosi) in grado di riconoscere eventuali anomalie di funzionamento o guasti. Le informazioni diagnostiche derivanti verranno trasferite in forma completa alla IDU tramite il Bus MVB.
- Gli altri impianti e le apparecchiature indicheranno, tramite la UD e il Bus MVB, il loro stato funzionale sotto forma di segnali digitali che verranno trasferiti alla IDU.

In questo modo l'unità diagnostica centrale è informata in maniera dettagliata sullo stato funzionale dei principali sottoassiemi/impianti del veicolo.

Presentazione dati

L'insorgere di un evento diagnostico è comunicato al personale addetto alla guida e/o alla manutenzione tramite le seguenti interfacce :

a) Display sul banco di manovra

Sul display è possibile la visualizzazione di una serie di pagine informative accessibili tramite strutture a menu:

- visualizzazione eventi;
- visualizzazione stati veicolo;
- visualizzazione strumenti (grandezze analogiche).

Il passaggio o selezione delle varie pagine informative e l'attivazione di tutte le funzioni disponibili avverrà agendo su dei tasti "visualizzati" sul display (touch screen).

Sono previste due modalità di presentazione delle informazioni in relazione al personale che dovrà riceverle:

- Personale di guida (1° livello)
Durante il servizio del veicolo al manovratore saranno presentate sul display di banco solamente:
 - la funzione strumenti;
 - le informazioni su stati ed eventi diagnostici rilevanti ai fini del servizio con relativa guida operatore
- Personale addetto alla manutenzione e di deposito (2° livello)
Tramite il display è possibile accedere ai dati memorizzati in modo da individuare, dove possibile, l'elemento guasto o l'area funzionale dell'equipaggiamento elettrico di trazione o del veicolo in cui l'evento si è prodotto.

b) Spie luminose sul banco di manovra

Per ragioni di sicurezza una parte delle informazioni di stato o di guasto riportate a monitor, sono ridondate sotto forma di spie luminose poste sul banco di manovra.

27. IMPIANTI DI SICUREZZA

Questi impianti servono a garantire la sicurezza durante l'esercizio del veicolo e sono composti da un dispositivo che attua le seguenti funzioni:

- funzione «uomo morto»;
- funzione «velocità zero»;

27.1 Dispositivo «Uomo Morto»

A bordo del veicolo è previsto il dispositivo "uomo morto" che verifica la presenza attiva del manovratore, al fine di evitare situazioni di pericolo derivanti dalla perdita del controllo da parte del manovratore stesso. In caso di un malore del conducente con conseguente abbandono della leva di manovra; questo evento è rilevato da microcontatti manovrati dalla pressione della mano sulla leva e deve tramutarsi in un intervento della frenatura di soccorso (apertura contatti relè).

Il dispositivo previsto è costruito secondo la tecnica «fail safe», cioè realizzato in modo tale che per ogni possibile tipologia di guasto interverrà la frenatura.

Il dispositivo è costituito essenzialmente dalle seguenti apparecchiature:

- n.1 centralina di controllo elettronico a microprocessore;
- n.2 rivelatori di velocità, montati su 2 ruote fra loro indipendenti. I rivelatori sono condivisi con il rivelatore di «velocità zero» ed il registratore statico d'eventi;
- n.1 avvisatore acustico installato in cabina di guida;
- n.1 esclusore, piombabile, posto in cabina di guida;
- n.1 sensore di presenza attiva del manovratore, conglobato nel manipolatore di marcia/frenatura;
- n.1 segnalazione ottica di «dispositivo intervenuto», posto sul banco di manovra.

Il sistema è progettato in modo da essere ridondante. Due schede identiche costituiscono i due canali di funzionamento aventi in comune gli stessi ingressi.

Tutti i segnali in ingresso sono collegati in parallelo alle due schede ad eccezione dei segnali di velocità che sono connessi in cross coupling. I segnali di velocità provenienti da due sensori distinti, alimentati da due alimentazioni separate, sono collegati al sistema veglia mediante due cavi separati e sono connessi, all'interno del rack, alle schede scambiati tra loro. In questo modo una scheda avrà all'ingresso velocità 'master' un sensore, mentre l'altra scheda avrà all'ingresso 'master' l'altro sensore. Questa soluzione è stata adottata per aumentare il grado di affidabilità del sistema.

L'alimentatore del sistema veglia è ridondato ed è costituito da una scheda contenente due alimentatori indipendenti.

La tensione di ingresso batteria è analizzata da due circuiti distinti, uno per alimentatore, per verificare se il valore di tensione della batteria è nel campo di funzionamento nominale e per spegnere l'alimentatore se l'ingresso è fuori dai limiti consentiti.

Il limite di funzionamento consentito è definito come l'intervallo di tensioni, minima e massima, durante il quale l'alimentatore può funzionare regolarmente e senza essere danneggiato.

I segnali in uscita dal sistema veglia possono essere suddivisi in due categorie:

- Segnali di sicurezza
- Segnali di stato

I segnali di sicurezza sono quelli provenienti dal relè di comando del laccio di frenatura/relè ripetitore. I segnali di stato sono relativi allo stato di funzionamento del sistema veglia e più precisamente:

- Stato del relè di comando del laccio di frenatura/relè ripetitore
- Stato di failure
- Stato del buzzer

In sintesi il dispositivo è costituito da due canali identici, galvanicamente separati fra loro, realizzati in modo tale che si controllino reciprocamente in modo continuo.

L'avaria, anche di un solo canale, se non viene verificata la presenza attiva del manovratore, provocherà l'intervento immediato della frenatura. Per ciascun canale è previsto un relè finale.

Ciascun relè finale è provvisto di contatti interbloccati meccanicamente, in modo da rendere possibile il controllo in sicurezza dei contatti principali.

Il controllo incrociato fra i canali consentirà, tra l'altro, la verifica dello stato dei contatti dei relè finali ad ogni loro intervento.

All'atto dell'abilitazione del veicolo è previsto un ciclo di autotest del dispositivo con controllo di congruenza dei segnali di ingresso e uscita.

Sono inoltre adottati opportuni accorgimenti per evitare che un contatto accidentale (con il positivo o negativo di b.t.) sui cavi provenienti dal sensore possa provocare il riconoscimento della situazione "uomo presente".

Il sensore di presenza attiva del conducente è inserito nel manipolatore di marcia/frenatura e è costituito da un contatto che viene commutato agendo su pulsante inserito nella manopola della leva di comando dello stesso manipolatore.

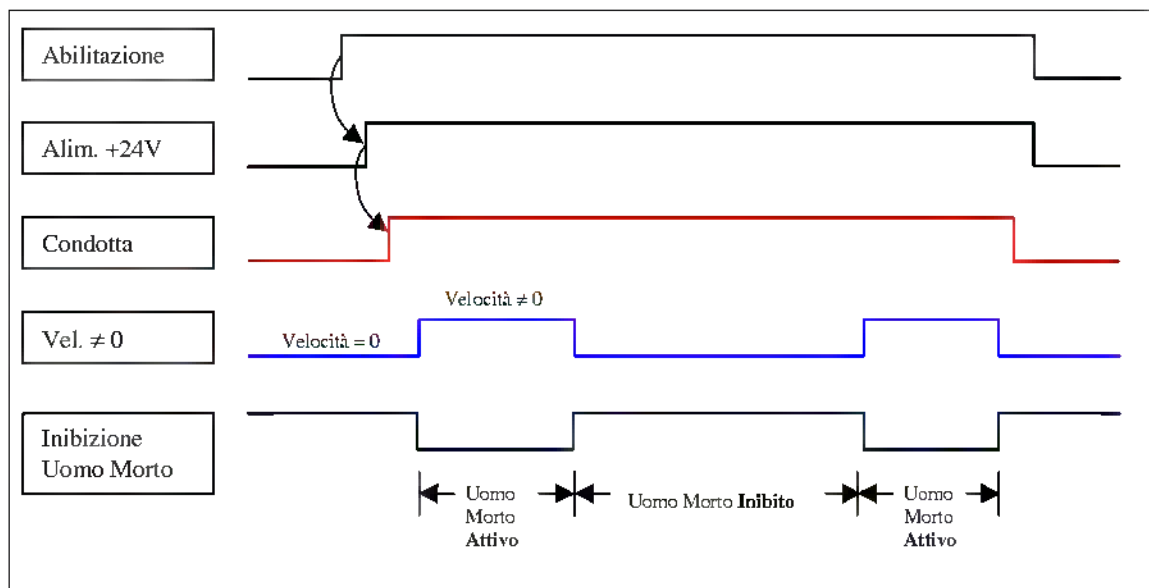


Figura 1. Timings funzione Uomo Morto.

Le fasi temporali relative alla funzione Uomo Morto, rappresentate schematicamente in Figura 1, sono le seguenti:

- **fase di abilitazione:** questa è la fase di preparazione del tram, durante la quale viene eseguita l'inserzione delle batterie e l'alimentazione dei vari apparati.
- **alimentazione apparati:** in questa fase i vari dispositivi eseguono l'autotest. Il sistema veglia, quando operativo, attende il segnale di condotta per iniziare le normali operazioni.
- **condotta:** in questa fase il sistema veglia diventa operativo verificando la velocità del tram.
- **velocità:** quando la velocità è superiore alla soglia prefissata il sistema veglia verifica la presenza attiva dell'operatore mediante il sensore sul manipolatore. Nel caso di velocità superiore alla soglia e macchinista non presente il sistema Veglia comanda una frenata di soccorso.

Le temporizzazioni relative alla funzione Uomo Morto negli intervalli "attivi" sono schematizzate in Figura 2 e descritte di seguito:

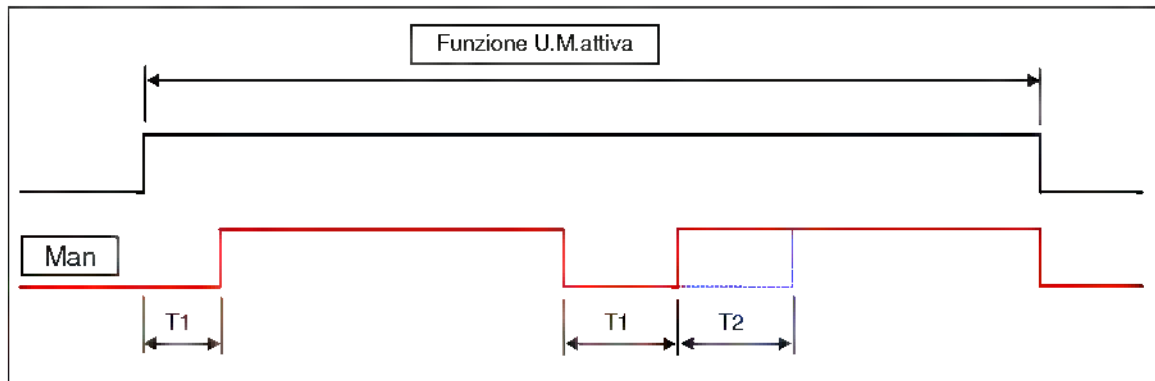


Figura 2. Timings intervalli attivi funzione Uomo Morto.

T1= tempo di attesa "stato manipolatore" dentro finestra di "U.M.attivo"; se allo scadere di detto tempo il segnale "Man" permane basso viene attivata la suoneria del sistema veglia e la lampada di segnalazione.

T2= allo scadere del primo "Time out" T1 ne fa seguito un altro; se non resettato il sistema veglia comanda la frenatura di soccorso tramite l'apertura del laccio di frenatura/relè ripetitore.

I tempi T1 e T2 sono impostati a 2 secondi, ma possono essere programmati singolarmente da un minimo di 1 secondo ad un massimo di 10 secondi, con passi di 1 secondo, mediante l'utilizzo di un «software» dedicato.

Il manovratore, nel caso faccia intervenire la frenatura di soccorso, può riassetare il sistema attivando il segnale di manipolazione "Man".

Terminata la fase di condotta cessa l'operatività del sistema Veglia.

Il dispositivo «uomo morto» è inserito nello stesso rack dell'apparato elettronico che realizza la memorizzazione degli eventi, mantenendone distinta l'elettronica ad essa dedicata.

27.2 Dispositivo di «Velocità Zero»

A bordo di ciascun veicolo è previsto un dispositivo per il consenso all'apertura delle porte solo quando il veicolo ha raggiunto una velocità minore a 4 km/h.

Il rilevamento della velocità è eseguito a partire dalla lettura degli impulsi originati da 2 sensori di velocità montati su due ruote distinte, condivisi con il dispositivo «uomo morto» ed il registratore statico d'eventi, elaborati da due canali indipendenti.

I due canali filtrano e squadrano il segnale velocità per poi ritrasmetterlo al sistema veglia tramite canali optoisolati. Per velocità = 0, ovvero compresa tra 0 e ~ 3Km/h, il relè di velocità è chiuso, per velocità superiori il relè è aperto. Per evitare cambi di stato indesiderati è prevista un'isteresi corrispondente a 3 Km/h (Figura 3).

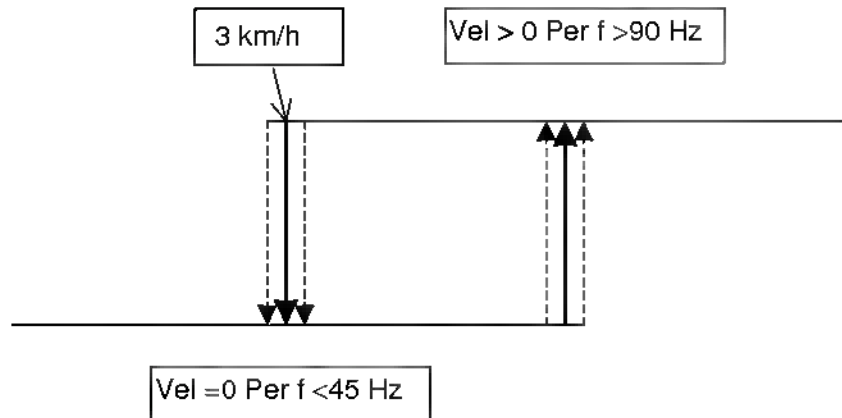


Figura 3. Isteresi sul segnale di velocità.

Il dispositivo prevede due uscite relative ai contatti di due relè di velocità, comandati in modo indipendente dai rispettivi segnali (di velocità).

Il criterio di velocità zero è realizzato in sicurezza tramite il collegamento in serie di tali contatti.

Il consenso di apertura delle porte è dato solo con i relè di entrambi i canali eccitati; infatti l'assenza di lettura di una velocità o di guasto ad un canale provoca la diseccitazione del relativo relè e conseguentemente la perdita del consenso stesso.

L'apertura delle porte è consentita solo quando si verificheranno le seguenti due condizioni:

- autorizzazione da parte del guidatore;
- velocità della vettura inferiore 4 km/h.

All'atto dell'abilitazione del veicolo è previsto un ciclo di autotest del dispositivo.

Anche il dispositivo velocità zero è integrato nel rack dell'unità centrale del «Registratore Statico di Eventi».

28 REGISTRATORE STATICO DI EVENTI

Il registratore a bordo di ciascun rotabile è completamente indipendente dal resto degli impianti di bordo e svolge le seguenti funzioni:

- registrazione statica di eventi con relativo orario;
- totalizzatore chilometrico, non azzerabile;
- indicazione tachimetrica.

Il dispositivo ha lo scopo di caricare su una memoria statica segnali logici e grandezze analogiche. Tali segnali serviranno a funzioni fiscali e gestionali dell'intero veicolo.

È configurata un'area di memoria, con caricamento ciclico, che consentirà di immagazzinare dati con una capacità > a 256 kbytes ed un campionamento ogni 100ms, con velocità del veicolo superiore alla minima rilevabile ed indipendentemente dalla presenza o assenza di variazioni di canali logici.

In assenza di variazioni dei canali logici e con velocità del veicolo inferiore alla minima rilevabile non ci è nessuna memorizzazione.

Il dispositivo è inviolabile, protetto ed in funzione con rotabile abilitato.

Oltre a memorizzare il numero del rotabile, nonché la data, ora, minuto e secondo, il sistema è in grado di acquisire 2 grandezze analogiche, oltre lo spazio e la velocità, e 32 segnali logici.

Dei segnali logici, 4 sono completamente distinti dagli altri, anche per quanto riguarda il negativo, in quanto separati galvanicamente dalla tensione di batteria.

È presente un modulo estraibile costituente la memoria statica sulla quale sono registrate le grandezze analogiche e gli eventi logici. In caso di sostituzione del dispositivo è garantita la riprogrammabilità del dato chilometrico visualizzato sul display mediante la tastiera in dotazione. L'accesso per la modifica del dato è condizionato alla conoscenza di un codice segreto, a garanzia di eventuali manomissioni.

Caratteristiche costruttive del registrato statico di eventi

L'impianto è così composto:

- n.1 unità centrale completa di modulo di memoria asportabile;
- n.2 tachimetri con totalizzatore chilometrico;
- n.1 totalizzatore chilometrico non azzerabile, posto sull'unità di registrazione;
- n.1 display per la visualizzazione dei km percorsi, di eventuali avarie e dei messaggi vari per l'operatore;
- n.2 rivelatori di velocità, montati su 2 ruote fra loro indipendenti. I rivelatori sono condivisi con il rivelatore di «velocità zero» ed il dispositivo «uomo morto»;

Sono previsti 2 contatti liberi da potenziale, per il comando di eventuali apparecchiature o ampliamento delle funzioni previste.

L'unità centrale di registrazione e controllo è comprensiva dell'installazione dei dispositivi "veglia automatica uomo morto e velocità zero", descritti nei precedenti paragrafi.

Il dispositivo integrerà le seguenti funzioni:

- *alimentazione*: il modulo alimentatore riceverà in ingresso la tensione della batteria di bordo e fornirà in uscita l'alimentazione, stabilizzata e galvanicamente isolata dalla batteria, utile per alimentare tutto il sistema integrato;
- *separatore galvanico dei segnali d'ingresso*: realizzerà la separazione galvanica;
- *controllo del segnale tachimetrico*: l'unità controllerà con continuità il corretto funzionamento del segnale tachimetrico in ingresso e piloterà l'indice del tachimetro. Tramite la tastiera del dispositivo è possibile correggere il diametro ruote. In caso di mancata impostazione di quest'ultimo, il dispositivo si imposterà automaticamente per «default» sul valore medio;
- *autodiagnosi*: il dispositivo provvederà a tutte le operazioni necessarie alle verifiche e controlli per l'autodiagnosi.

- *interfaccia operatore*: il dispositivo è dotato di un display ed una tastiera. Sul display, con veicolo abilitato, sono visibili i km percorsi dal rotabile, il giorno, il mese e l'anno, l'ora, i minuti ed i secondi. La memorizzazione dei precedenti dati è garantita anche con rotabile disabilitato.

È presente un modulo estraibile costituente la memoria statica sulla quale sono registrate le grandezze analogiche e gli eventi logici. In caso di sostituzione del dispositivo è garantita la riprogrammabilità del dato chilometrico visualizzato sul display mediante la tastiera in dotazione. L'accesso per la modifica del dato è condizionato alla conoscenza di un codice segreto, a garanzia di eventuali manomissioni.

29. MANIPOLATORE

Generalità e caratteristiche meccaniche

Il manipolatore di trazione e frenatura comprende tutte le informazioni di comando dedicato alla trazione e alla frenatura.

La leva di comando della trazione/frenatura è interbloccata meccanicamente con la leva del predispositore, che a sua volta è interbloccata con la chiave di abilitazione del manipolatore.

La leva del combinatore non è estraibile, ed interbloccata meccanicamente con la leva del predispositore. Il predispositore è interbloccato con la chiave. La rotazione di 90° della chiave provoca direttamente la chiusura di N° 2 contatti.

La rotazione del predispositore è di 60°, e la sua rotazione provoca direttamente la chiusura di N° 6 contatti.

La trasmissione del movimento fra la leva ed i vari attuatori è realizzata tramite ingranaggi.

La leva manovra, attraverso un sistema a camme, una serie di contatti ausiliari. La leva è accoppiata a un trasduttore angolare elettro-ottico (encoder) di tipo assoluto a 9 bit.

L'interfacciamento elettrico con i circuiti di macchina è realizzato tramite connettore dedicato per il gruppo leva, ed il trasduttore angolare è dotato di connettore proprio.

L'accoppiamento dell'encoder alla leva è effettuato a mezzo ingranaggi con rapporto di trasmissione 1:3,33 per una escursione della leva di 78° l'encoder avrà una escursione di 260°.

Caratteristiche di funzionamento

I requisiti fondamentali di funzionamento del combinatore si possono così riassumere:

la leva predispositore e marcia/frenatura sono abilitate tramite chiave tipo CISA segreto 2314.

In particolare per sbloccare il manipolatore, partendo dalla condizione di manipolatore bloccato, (leva predispositore e leva di trazione/frenatura in posizione di zero) si dovranno effettuare le seguenti manovre.

L'introduzione della chiave di abilitazione e la sua rotazione di 90° in senso orario provoca:

la commutazione dei due micro S826a azionati meccanicamente dalla chiave stessa;

lo sblocco della leva del predispositore, che a questo punto può essere spostata nelle posizioni "ABILITAZIONE" o "CONDOTTA"

Con la leva in posizione "ABILITAZIONE" la leva marcia/frenatura rimane bloccata (N.B.: anche in questa posizione la chiave può essere riportata in posizione "0" ed estratta)

Con la leva in posizione "CONDOTTA" la leva marcia/frenatura può essere spostata liberamente.

La chiave di abilitazione non può essere né ruotata né estratta.

Leva di marcia e frenatura

La leva di marcia e frenatura può essere spostata dalla posizione di "0", solo con predispositore in posizione "CONDOTTA".

La leva ha una escursione totale di 78° di cui :

- Settore trazione
 - 8° zona morta in trazione (da coasting a trazione minima)
 - 22° marcia (da trazione minima a trazione massima)
- Settore frenatura
 - 8° zona morta in frenatura (da coasting a frenatura minima)
 - 32° frenatura di servizio (da frenatura minima a frenatura massima)
 - 8° passaggio in emergenza (da frenatura massima a emergenza)

Nelle zone di lavoro della leva sono inserite delle tacche di marcaposizione che hanno la funzione di far individuare con immediatezza e precisione la posizione esatta della leva di comando di trazione e frenatura in relazione ai comandi che vogliono essere impartiti.

Per migliorare ulteriormente la sensibilità di movimentazione della leva ed evitare errate configurazioni del treno sono stati realizzati marcaposizioni con resistenza al movimento differenziato secondo le caratteristiche di seguito definite :

TRAZIONE MASSIMA – la posizione di trazione massima è individuata da un fine corsa meccanico posto sulla sezione elettromeccanica del manipolatore che impedisce ulteriore rotazione della leva. Tale soluzione, adottata al posto del marcaposizione, permette di avere, specialmente sulla regressione della leva, una maggiore linearità di movimento.

TRAZIONE MINIMA – la posizione di trazione minima dovrà essere marcata con marcaposizioni per essere differenziata dalla posizione di coasting caratterizzata da un marcaposizioni più accentuato. Alla posizione di manovra corrisponde la marcia a velocità 7 km/h. La posizione "TRAZIONE MINIMA" dovrà essere contrassegnata sulla piastra di copertura.

COASTING – la posizione di coasting è individuata con precisione da un marcaposizione. La durezza della posizione è volutamente marcata in quanto devono essere evitati passaggi indebiti da trazione a frenatura e viceversa. Rilasciando la leva dal settore Trazione minima o massima che sia, la stessa deve ritornare automaticamente in "Coasting".

FRENATURA MASSIMA DI SERVIZIO – la posizione di frenatura massima di servizio è individuata da un marcaposizioni decisamente marcato al fine di evitare un'indebita frenatura di emergenza. Il passaggio a tale livello di frenatura richiede al manovratore uno sforzo deciso, che è un chiaro indice della sua precisa volontà di andare in frenatura di emergenza.

EMERGENZA – alla posizione di emergenza corrisponde un fine corsa meccanico. In relazione al lavoro che il fine corsa è chiamato a svolgere ne è garantita la sua massima robustezza meccanica rendendolo adatto a sopportare anche gli sforzi particolarmente decisi esercitati sulla leva quando viene ricercata dal manovratore la posizione di frenatura di emergenza. La posizione di frenatura di emergenza viene individuata dopo la frenatura massima.

Nelle posizioni intermedie, fra manovra e trazione massima e fra frenatura minima e frenatura massima, il movimento della leva è continuativo non essendo previsto alcun ulteriore marcaposizione, né in trazione, né in frenatura.

AZIONAMENTO UOMO MORTO -un pulsante, posizionato sulla manopola della leva M/F provoca la commutazione di due contatti, il cui stato è rilevato dalla centralina Uomo Morto.

AZIONAMENTO CAMPANA - un pulsante, posizionato sulla manopola della leva M/F (lato destro) provoca la commutazione di un contatto di scambio tipo S870, che attiva la campana elettrica.